

Die Salzstöcke des deutschen <germanischen> und des Alpen-Permsalz-Gebietes; ein allgemein-wissenschaftliches Problem

von

Erich Seidl

Bergassessor a. D., Geheimrat, Dr.-Ing.

Sonderdruck aus „Kali“,
Zeitschrift für Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze
21. Jahrgang, 1927

Verlag von Wilhelm Knapp in Halle (Saale)

Inhalt.

Seite	Seite		
A. Einführung	5	der Trümmerstücke und der Salzmasse zueinander	43
B. Schichtenfolge und Gesteinsbeschaffenheit im deutschen (germanischen) und Alpen-Permsalzgebiet	8	a) Facies und Lagerungsverhältnisse	43
I. Überblick	8	b) Physikalisch-mechanische Beurteilung	46
II. Geologischer Aufbau (Facies)	8	c) Einwirkung der Salzmassen auf die Hindernisse	46
III. Physikalisch-chemische Verhältnisse	15	5. Randzonen größerer Bergtrümmer	49
1. Unterschiedliche Plastizitätsverhältnisse	15	6. Beziehung zwischen Muttersalzmassen und den großen als Berge aus der Salzmasse herausragenden Deckgebirgs-Trümmern	49
a) Gesamte Schichtenfolge des oberen Teils der Erdrinde	15	a) Faciale und tektonische Beurteilung	49
b) Permisches Salzlager	16	b) Physikalisch-mechanische Betrachtung	49
2. Wasserdurchlässigkeit, Auflösbarkeit und Umformbarkeit der Schichten durch Lösungsumsatz	16	7. Beziehung zwischen Grundgebirge und Salzmassen	50
C. Eigentümlichkeiten der Salz-Störungszonen	17	III. Anwendung der Ergebnisse der allgemein-wissenschaftlichen Betrachtungen bei der Deutung der Salz-Störungsbereiche und des Störungsvorganges	50
D. Tektonik der Salzstörungsbereiche (Deckgebirgs-Aufbruch, Salzstock, Grundgebirge) im deutschen Permsalz-Gebiet	17	1. Allgemeines	50
I. Allgemeine geologische und geographische Verhältnisse der Großschollen- und Salzstörungsbereiche	17	2. Störungszone von Ischl-Aussee	50
II. Salzstöcke in Mitteldeutschland ohne belastende Deckgebirgstrümmer	20	3. Störungszone von Berchtesgaden-Dürrenberg	52
1. Aufbruchszonen eines 700 bis 1200 m mächtigen Deckgebirges; einfache Salz-Staumassen	20	4. Als Beispiel für das Flachschollengebiet: Störungszone von Hallstatt	52
a) Formung des Gesamt-Salzkörpers und der Einzelschichten	20	5. Als Beispiel für den westlichen Steil-schollen- bzw. Faltenbereich: Störungszone von Hall	56
b) Unterschiedliche Formänderung und Verformung der verschiedenartigen Schichten des Salzlagers	22	F. Zerstörung und Neubildung von Schichten in den Salz-Störungsbereichen des deutschen und Alpen-Permsalzgebietes	58
2. Aufbruchszonen eines 1200 bis 2000 m mächtigen Deckgebirges; vielfach gefaltete Salzmassen	23	I. Kennzeichnung der Salz-Störungsbereiche; Art der Kraftwirkungen	58
a) Gesamtformung der Salzfaltenmasse	24	II. Allgemeine Abtragungs-Bedingungen; Bedeutung von Wasserscheiden	58
b) Unterschiedliche Formänderung und Verformung der Einzelschichten	24	III. Erosions-Wirkungen	59
c) Randstreifen des Deckgebirges	25	IV. Subrosions- und Zugwirkungen	62
III. Salzstöcke in Mitteldeutschland mit belastenden oder eingeschlossenen Deckgebirgs-Trümmern	28	1. Abtragung des Salzkörpers; Rückstandsbildung	62
IV. Salzstöcke in der Norddeutschen Tiefebene; 2000 bis 3500 m mächtiges Deckgebirge	31	2. Bodenentziehung der Deckgebirgs-Schichten; Zugwirkungen	62
E. Tektonik der Salzstörungsbereiche im Alpen-Permsalzgebiet	31	a) Deutsches Salzgebiet	62
I. Allgemeine geologische und geographische Verhältnisse der Großschollen- und Salz-Störungsbereiche	31	b) Kalkalpen-Salzgebiet	63
II. Klärung der speziellen geologischen Verhältnisse innerhalb der Salzmasse	31	G. Zusammenfassung und Anwendung des Ergebnisses der Untersuchungen	67
1. Grundsätze	35	I. Geologisches Ergebnis	67
2. Muttersalzschichten	36	1. Schichtenaufbau	67
a) Älteres Steinsalz	36	a) Facies	67
b) Grenzzone des älteren und jüngeren Salzlagers; Kalisalzlager	37	b) Physikalisch-chemischer Aufbau	68
c) Hauptanhidrit, Grauer Salzton	38	2. Schichten-Störungen	68
d) Jüngeres Steinsalz	39	a) Kontinental-Tektonik; erstes Störungsstadium	68
3. Haselgebirgs-Bildung	39	b) Salz-Tektonik; zweites Störungsstadium	69
a) Vorgang	39	c) Subrosions-Störungen; drittes Störungsstadium	69
b) Einteilung des Haselgebirgs	43	3. Vergleich mit anderen Auffassungen	70
4. Deckgebirgs-Trümmer, die völlig in Salzmasse eingebettet sind; Verhalten		II. Bedeutung des Untersuchungs-Ergebnisses für die Geographie, die Höhlenforschung, das Vermessungs- und Kartenwesen	70
		III. Bedeutung des Untersuchungs-Ergebnisses für Bergbau und Ingenieurbauten	70
		IV. Allgemein-wissenschaftliche Bedeutung des Untersuchungs-Ergebnisses	71



Bild 1.

Grundriß des Mitteleuropäischen Permsalz-Gebiets.

Germanischer Faciesbereich s. Profil Bild 3, Alpen-Faciesbereich s. Grundriß Bild 2 und Profile Bilder 4 und 5.

Es sind nur folgende geologischen Bereiche unterschieden: 1. Durchbruchsgelände des Magmas und verlagerter und verformter Grundgebirgsschichten [(alte) Rheinische und Böhmisches Massen; (jüngere) Alpenmasse] (schraffierte Flächen). — 2. Längs den Rändern dieser Massen: Gebiete der „Kalkformation“ (Trias- und Jurasformation) (weiße Flächen). — 3. In den dann noch verbleibenden Gebieten tiefster Versenkung: Schichten der Kreideformation und des Tertiärs (punktierte Flächen).

A. Einführung.

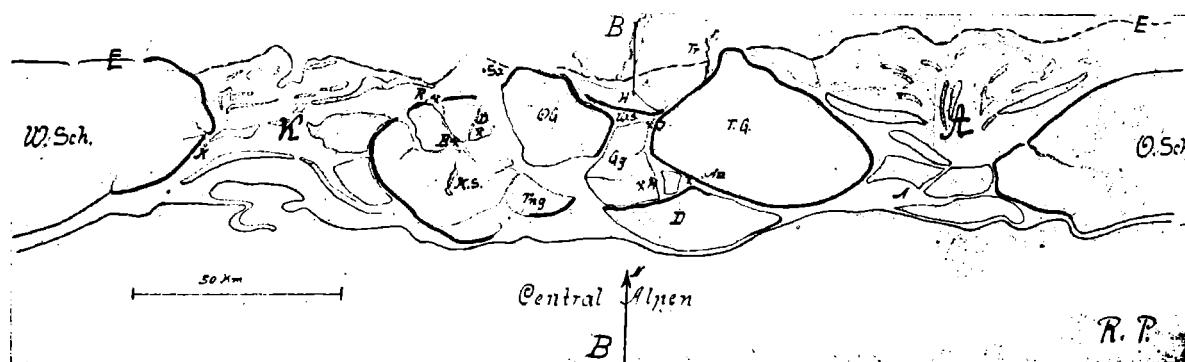
Aufgabe, Arbeitsmethode, untersuchte Gebiete.

In den Jahren 1910 bis 1914 habe ich die Aufschlüsse der meisten damals in Betrieb befindlichen (über 150) Kalisalzbergwerke in Mittel- und

öffentlichten Auffassungen von Gelehrten, die sich mit denselben Salzstöcken bzw. dem Problem der Salzstöcke befaßt haben, in manchen wesentlichen Punkten überein, in mancher Hinsicht ist sie aber grundsätzlich eine andre.¹⁾

In den Jahren 1922 bis 1926 habe ich gemeinsam mit Herrn Marksieder Romed Plank

Bild 2.



Auf Grund von E. v. Hauer, Geol. Übers.-Karte der Ö.-U. Monarchie; M. 1 : 576000, 1867 - 71.

E. Seidl u. R. Plank.

Grundriß des mittleren Teils der Nördlichen Kalkalpen

(vergrößerter Ausschnitt aus dem Grundriß Bild 1).

Es sind nur unterschieden: Schichten (Schollen) der Kalkformation (Trias und Jura) (schraffierte Flächen) und in Störungszonen aufgestiegene Werfener- und (permische) Salz-Massen (weiße Streifen).

1. Mittleres Stück — zwischen den Bereichen von Kufstein (K) und Admont (A) — gekennzeichnet durch flache Lagerung der Großschollen der Kalkformation, die von Salzstörungszonen zerteilt sind. Querschnitt B—B s. Bild 5; zu beiden Seiten der Profillinie B—B siehe die spiegelbildlich symmetrische Anordnung der Großschollen bzw. der Salzstörungszonen.

2. In den Einschlüsse-Bereichen von Kufstein (K) und Admont (A) stärkste Zerrüttung der Kalkschollen zu kleinen, schmalen, steilgestellten Platten. Dolomitisierung der Kalkgesteine wohl unter Einwirkung chlormagnesiumhaltiger Salzlauge.

3. Östlich (OSch.) und westlich (WSch.) anschließend Steinschollen- bzw. Faltenbereiche.

Querschnitt durch das südliche Karwendelgebirge (westlicher Steinschollenbereich) s. Bild 4.

Berchtesgadner und Salzburger Land (im weiteren Sinne)		Salzkammergut (im weiteren Sinne)	
B	Berchtesgaden	Au	Aussee
D	Dürrnberg	Da	Dachsteingruppe
KS	Königssee	GG	Gamsfeldgruppe
OG	Osterhorngruppe	H	Hallstatt
R	Reichenhall	H	Höllengebirge
Sa	Salzburg	I	Ischl
Tng	Tennengebirge	Tr	Traunsee
		TG	Totes Gebirge
		WS	Wolfgangsee

E Granitschwelle, übertrage durch losgerissene Schichten, „Exotika“ gekennzeichnet.

Norddeutschland („germanischer Faciesbereich“, Grundriß Bild 1) aufgenommen und — unter Berücksichtigung der zahlreichen (einige tausend) Tiefbohrungen — eingehende Studien über den Schichtenaufbau und die Tektonik der so einzigartig aufgeschlossenen permischen Salzstöcke getrieben.

Nur ein geringer Teil der Ergebnisse dieser Untersuchungen konnte bisher veröffentlicht werden. Meine Auffassung stimmt mit den inzwischen ver-

sämtlichen durch Bergbau aufgeschlossenen Salzstöcke der Nördlichen Kalkalpen (Alpen-Facies-Bereich, Grundriß Bild 2) aufgenommen.

1) a) Arbeiten über deutsche (germanische) Salzstöcke: Tb. Albrecht, F. Beyschlag, C. Dietz, H. Everding, R. Fulda, E. Geinitz, K. Gripp, E. Harbort, G. Hartwig, R. Lachmann, F. v. Marées, O. Renner, F. Rinne, Fr. Schönorf, E. Seidl, K. Stier, H. Stille, P. Woldstedt u. a. — b) Grundlegende Arbeiten über Salzstöcke: Sv. Arrhenius, D. C. Barton, F. Beyschlag, H. Böckh, Halt, E. Harbort, L. Mrazec, F. Rinne, C. Rubio und A. Marin, E. Seidl, H. Stille u. a.

Die Arbeiten erforderten viel mehr Zeit als seinerzeit in Deutschland, da in jedem der 6 Bergwerke ein Streckennetz von 20 bis 40 km Länge Meter für Meter genau aufzunehmen war. Es mußten außerdem umfangreiche Neuvermessungen des Tagesgeländes vorgenommen werden, da die vorhandenen trigonometrischen Festpunkte untereinander und mit den Grubenvermessungen nicht in Einklang zu bringen waren.

Diese Arbeiten führten zum Erfolg dank des weitgehenden Entgegenkommens der österreichischen und deutschen Berg- und Salinenverwaltungen und der maßgebenden Behörden in Wien und München, sowie dank der verständnisvollen Mithilfe der Betriebsbeamten der Bergwerke. Ich habe daher die ersten Mitteilungen des Ergebnisses dieser Untersuchungen — auf Einladung der Generaldirektion der Österreichischen Salinen — im Kreise dieser Fachleute anlässlich der Herbsttagung der Gesellschaft von Freunden der Leobener Hochschule in Leoben am 19. November 1926 gemacht.¹⁾

Das Ergebnis in den Bergaugebieten selbst war die Feststellung einer sehr einfach gegliederten Schichtenfolge und des permischen Alters der Salzlagerstätte, die Ermittlung einer einfachen und gesetzmäßigen Tektonik und eines gesetzmäßigen Zerfalls der Gebirgsmassen in den Salzstock-Gebieten.

Außerdem habe ich mit Herrn Plank die diese Salz-Störungszonen enthaltenden größeren geologischen Bereiche, die bei weitgehend gleichartigem Schichtenaufbau eine verschiedenartige Tektonik zeigen, eingehend untersucht, nämlich:

den mittleren durch eine offensichtlich geometrisch gesetzmäßige Anordnung der Störungszonen und durch flache Lagerung der von ihnen zerteilten Großschollen gekennzeichneten Bereich der Kalkalpen (50 km breit, 150 km lang), der im Salzkammergut drei und in den Berchtesgaden-Salzburger Alpen zwei Salzbergwerke enthält (Querschnitt Bild 5) und den westlichen Teil der Kalkalpen (50 km breit und 250 km lang), in dessen durch Steil- bzw. Schuppenstellung der Deckgebirgsschollen gekennzeichnetem mittlerem Teil — Südliches Karwendelgebirge — ein Salzbergwerk liegt (Querschnitt Bild 4).

Im einzelnen sind es folgende Gebiete, die untersucht worden sind:

Salzkammergut²⁾ Bergaugebiete von Hallstatt, Ischl und Aussöe, die Störungszonen in den Tälern der Traun, ihrer Nebenflüsse und Seen und die von diesen zerteilten Deckgebirgsschollen (Dachsteingruppe, Gamsfeldgruppe, Totes Gebirge, Höllengebirge).

Salzburg-Berchtesgadener Alpen (im weiteren Sinne)³⁾: die Bergaugebiete von Dürren-

berg und Berchtesgaden; die Störungszonen in den Tälern der Salzach mit ihren Nebenflüssen und Seen und die sie begrenzenden Deckgebirgsschollen (Osterhorngruppe, Tennengebirge, Untersberg, Göll, Steinernes Meer, Hochkalter, Watzmann, Reiteralm, Lattengebirge).

Südliches Karwendelgebirge⁴⁾: Bergaugebiet im Halltal und dessen Nebentäler bis zum Karwendeltal im Norden und Inntal im Süden (Gebiet der sog. Höttinger Breccie [Querschnitt Bild 4]).

Zusammenfassung der Einzelergebnisse.

Das Material an tatsächlichen Feststellungen, das sich im deutschen und Alpen-Permsalzgebiet auf Grund dieser kartographischen Aufnahmen und Vermessungen ergeben hat (belegt durch mehrere tausend Grundriß- und Profilskizzen, aus denen die wissenschaftlichen und praktischen Ergebnisse ablesbar sind), ist so umfangreich, daß die Veröffentlichung der Einzelergebnisse teils regional, teils der Materie nach geordnet noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen wird.

Daher wird hier ein Überblick über das Gesamtergebnis der geologischen Untersuchungen in facieller und tektonischer Hinsicht gegeben. Die Darlegungen werden möglichst durch Abbildungen (zum Teil Grundrisse, meist Querschnitte) belegt und erläutert. Zur Kennzeichnung der Salzstöcke im germanischen Faciesbereich wird aus dem umfangreichen — zum großen Teil von mir selbst — schon veröffentlichten Material eine im Verhältnis zu der Zahl der Salzstöcke und Bergwerke geringe Auswahl mitgeteilt. Hingegen sind sämtliche durch Bergbau aufgeschlossenen Störungszonen der Kalkalpen durch mehrere Abbildungen erläutert worden.

Allgemein-wissenschaftliche Auffassung und Bedeutung des Untersuchungsergebnisses.

Da schließlich über den Tatsachenbefund hinaus sich offensichtlich eine Gesetzmäßigkeit des geologischen Zustandes in den Salz-Störungszonen ergeben hat, die von rein geologischen Momenten in hohem Maße unabhängig ist, so erscheint es empfehlenswert, das Ergebnis dieser Untersuchungen, soweit es von allgemein-wissenschaftlicher Bedeutung ist, mit zu berücksichtigen.

Die geographischen Verhältnisse²⁾ eines Gebiets werden erfahrungsgemäß in den Grundzügen durch dessen geologische Verhältnisse bestimmt. Die geologische Klärung der Salz-Störungszonen bildet daher die Grundlage für die Beurteilung ihrer geographischen Eigentümlichkeiten.

E. Fugger, G. Gillitzer, W. v. Gümbel, F. F. Hahn, F. v. Hauer, H. Krauß, C. Lebling, R. Lepsius, J. Nowak, M. Schlosser, E. Seidl u. a.

1) Arbeiten über das Südliche Karwendelgebirge: A. Ampferer, J. Blaas, A. Boehm, W. Hammer, W. Leuchs, A. Penck, H. Prinzinger, A. R. Schmidt, E. Seidl u. a.

2) Geographische Arbeiten über die Nördlichen Kalkalpen: E. Brückmann, F. Machatzek, A. Penck, E. Seidl, F. Simony u. a. — Höhlenforschung: H. Bock, W. Biese, G. Götzinger, G. Lahner, M. Schlosser, F. Simony, A. Smekal, R. Spöcker.

1) Siehe eine andere Ausarbeitung dieses Vortrages: E. Seidl, Die Bedeutung einer physikalisch-mechanischen Betrachtungsweise in tektonisch gestörten Gebieten; erläutert an den Beispielen: Breccienbildung (Haselgebirge) — Salzstöcke — geologische Zerreißzonen. Naturw. Zeitschrift Lotos, Prag, Juli 1927.

2) Arbeiten über das Salzkammergut: A. Aigner, G. Geyer, F. F. Hahn, F. v. Hauer, E. Haug - M. Lugeon, F. Heritsch, E. Kittl, L. Kober, F. Koßmat, R. Lepsius, E. v. Mojsisovics, H. Reinal, E. Seidl, E. Spengler u. a.

3) Arbeiten über die Berchtesgaden-Salzburger Alpen: A. Agsten, F. Beyschlag, A. Bittner, K. Boden, M. Boese,

Bild 3a (südliches Teilstück).



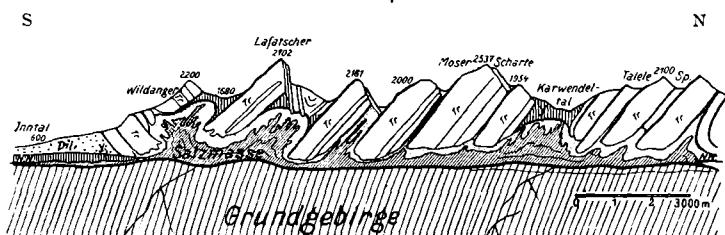
Bild 3a und b. Querschnitt durch das älteste Kalisalz-Gebiet in Mitteldeutschland.

P. Woldstedt.¹⁾

„Staßfurter Becken“ zwischen den Grundgebirgs-Rücken des Harzes und Flechtinger Höhenzuges, Flachlagernde Großschollen, die von Salz-Störungszonen (Salzstöcke) zerteilt sind.

¹⁾ P. Woldstedt, Z. Tektonik d. subherzyn. Beckens; Z. d. D. Geol. Ges. 76, 1926, Abb.: S. 183 ff., Taf. IV; s. auch E. Seidl, Schürfen, Belegen, Archiv f. Lagerst., H. 26, 1912, S. 2, Profil Bild 1a, b.

Bild 4.



E. Seidl und R. Plank.

Querschnitt d. d. Karwendelgebirge; w. Steilschollen - bzw. Faltenbereich d. N. Kalkalpen.

Bild 3b (nördliches Teilstück).

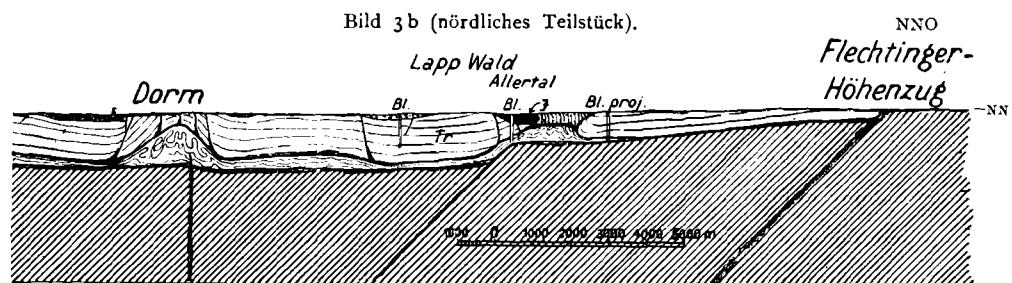
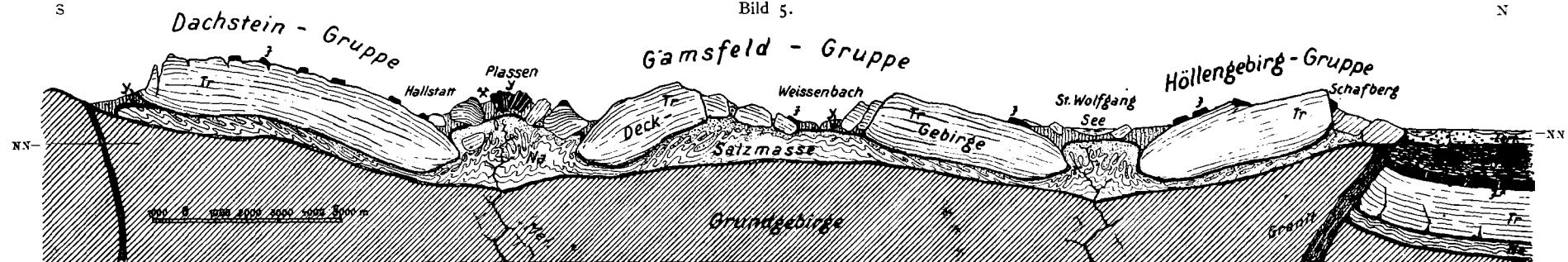


Bild 5.



Profil durch den Flachschollen-Bereich der Nördlichen Kalkalpen (Salzkammergut).

Konstr. E. Seidl und R. Plank.

Flachlagernde Großschollen, die von Salz-Störungszonen (Salzstöcke) zerteilt sind. (S. Grundriß, Bild 2, Profillinie B—B.)

Kennzeichnende Querschnitte durch die vom Bergbau eröffneten Permsalz-Gebiete Mitteldeutschlands und der Nördlichen Kalkalpen.

Na = Perm. Salzlager, Tr = Trias, J = Jura, K = Kreide, tert = Tertiär, dil = Diluvium, y = Salzhut. Unter dem Wort Plassen muß J anstatt y stehen.

Eine Betrachtung und Auswertung des geologischen Befundes unter dem Gesichtspunkt physikalisch-chemischer und mechanischer Gesetzmäßigkeiten erscheint in folgender Hinsicht angezeigt.¹⁾

Die tektonischen Vorgänge, welche die Salzstücke ergaben, sind — mechanisch ausgedrückt — Beanspruchungen eines Verbandes von geschichteten Gesteinsmassen durch Druck- und Zugkräfte, die die Elastizitätsgrenze dieses Materials übersteigen. Die Einwirkungen der Niederschlagswasser, denen die Salz-Störungszonen in so starkem Maße unterliegen, sind mechanische und chemische Einwirkungen.

Bei Kennzeichnung der Schichtenfolge und des tektonischen Zustandes der Störungsbereiche, aus denen die Art und der Verlauf der Störungsvorgänge abzuleiten ist, muß man daher, abgesehen von faciellen Gesichtspunkten, die stofflichen Eigenschaften der Gesteinsmassen (Plastizitäts- und Kohäsionsverhältnisse, spez. Gewicht, Löslichkeit, Wasserdurchlässigkeit) berücksichtigen.

In dem hier der Betrachtung unterzogenen oberen Bereich der Erdrinde — hinabreichend bis auf das Grundgebirge des permischen Salzlagers —, geben den Ausschlag für die kennzeichnende Gestaltung der Salzstörungszonen vornehmlich die bedeutenden Unterschiede der Plastizität, des spez. Gewichts und der Löslichkeit der Salzgesteinssmassen gegenüber den Gesteinssmassen ihres Grund- und Deckgebirges (vornehmlich Kalk-, auch Sand- und Anhydritgesteine).

Bei Betrachtung des tektonischen Zustandes der Störungszonen tut man gut, einen Vergleich zu den Bruchzonen der in der Technik verwandten Materialien (Metalle und Gesteine) anzustreben. Denn bei diesen läßt sich durch Versuche die Entstehung dieses Zustandes vor Augen führen; und es lassen sich daraus dann Schlüsse auf die Entstehung der geologischen Störungszonen und auf den Verlauf der Störungsvorgänge ziehen.²⁾

B. Schichtenfolge und Gesteinsbeschaffenheit im deutschen (germanischen) und Alpen-Permsalzgebiet;

dem geologischen Aufbau nach („Facies“) und in physikalisch-chemischer Hinsicht; Veränderungen durch mechanische und chemische Einwirkungen.

I. Überblick.

Für die Klärung der geologischen Verhältnisse des Permsalz-Gebietes M.- und N.-Deutschlands und

1) Arbeiten einer grundsätzlich mechanischen Behandlung tektonischer Fragen der Alpen: A. Ampferer, W. Deecke, A. Heim, F. Koßmat, B. Sander, E. Sueß, R. Schmidt, E. Seidl u.a.

2) E. Seidl, Probleme der Geologie, insbesondere der Salzlagerstätten, die zugleich Probleme der angewandten

der N. Kalkalpen genügt es, die Schichtenfolge des oberen Teils der Erdrinde, gerechnet bis zum Grundgebirge des permischen Salzlagers, der Betrachtung zu unterziehen.

Einen Eindruck dieser Schichtenfolge in Mitteldeutschland und den Kalkalpen geben die Bilder 6a und b und 25a bis c.

Die Gliederung der permischen Salz Lagerstätte selbst in dem einen und anderen Gebiet zeigen die Bilder 7a bis e.

Schichtentafel I.

Normalprofil der Schichtenfolge der „Kalkformation“ und ihrer Basisschichten in den Nördlichen Kalkalpen (faciell und physikalisch-chemisch) (s. Bild 6a).

Gemeinsam für Großschollen- und Störungsbereiche; s. Ende dieses Abschnittes.

Mächtigkeit m	faciell		physikalisch Wasser- verhältnisse	Plastizitäts- verhältnisse
	J	Juraschichten ver- schiedener Stufen		
300	J	Juraschichten ver- schiedener Stufen	vorwiegend W-tragend	plastisch- spröde
1000	HKo DK	Oberer Hallstätter Kalk Dachsteinkalk Keuper	vorwiegend W-durch- lässig	vorwiegend spröde
[50 300]	R WK	Raibler Horizont Wettersteinkalk; an der Basis: Unterer Hall- stätter Kalk		
200	MK	Muschelkalk im weiteren Sinne	vorwiegend W-durch- lässig	plastisch- spröde
300	Wf t s	Wersener Horizont (Buntsandstein) Tonmassen-Stufe Sandstein-Stufe	W-tragend W-durch- lässig	
500	Na	Permischer Salz lager	Salzhut, W-tragend	vorwiegend plastisch
	G	Grundgebirge		spröde

II. Geologischer Aufbau (Facies);

Verlagerungen, Umformungen.

In geologischer Hinsicht ähnelt die Schichtenfolge in beiden Gebieten einander.

Das Salz lager gehört der Perm-Formation an.

Für die Salz Lagerstätte der Kalkalpen, die bisher der Trias zugerechnet wurde, ist diese Fest-

Mathematik und Mechanik sind. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, Bd. 5, 1925, S. 134/5.

E. Seidl, Die Tektonik der Nördlichen Kalkalpen (Ostalpen) als physikalisch-mechanisches Problem, Vortrag: Internationaler Geologen-Kongreß, Congreso geológico Internation. XIV. Sesión, España, Madrid 1926, Kongreßberichte.

E. Seidl, Geologische, durch Zerreißvorgang entstandene Störungszonen als Probleme der angewandten Mechanik, Vortrag: II. Internationaler Kongreß für technische Mechanik in Zürich, September 1926.

stellung neu.¹⁾ Sie gründet sich hier darauf, daß die tiefsten Trias-Schichten (Werfener Sandstein-Horizont — Seiser Schichten) in allen Salzbergen an der Grenze des Salzlagers gegen das Deckgebirge nachweisbar sind (Bild 21).

Die Mächtigkeit des permischen Salz-Mutterlagers wird für den Hauptteil des deutschen

Jüngeren Salzfolge, die, in chemisch-gesetzmäßiger Weise, sich aus Anhydrit-, Steinsalz-, Kalisalz- und Salzton-Gesteinen aufbauen (Bild 7).¹⁾

Im Alpengebiet vermutete man bisher eine so einfache und gesetzmäßige Zusammensetzung des Salzlagers nicht; man rechnete nur mit „Haselgebirge“ und etwas „Kernsalz“.

Auch im germanischen Permsalz-Gebiet hat es seinerzeit langwieriger Untersuchungen bedurft, um die Einheitlichkeit des Schichtenaufbaues (Staßfurter bzw. Hannöversches Normalprofil) in den verschiedenen Verbreitungsgebieten festzustellen.

Die Beschaffenheit der Salzgesteine stimmt in beiden Vergleichsgebieten annähernd überein.

Zum Vergleich mit den wohlbekannten und vielfach abgebildeten Gesteinsarten des deutschen Salzlagers sind hier Aufnahmen aus den Alpen-Salzbergen von Gesteinen, die nur wenig umgeformt sind, zusammengestellt.²⁾

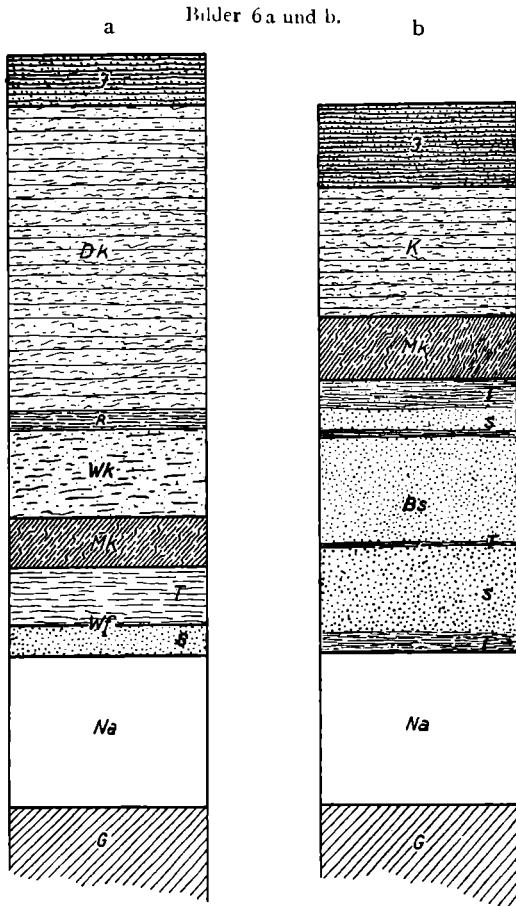
Das Ältere Steinsalz (Bilder 8 und 9) ist in kennzeichnender Weise durch Anhydritfolien („Jahresringe“) in einzelne Steinsalzbänke von 10 bis 25 cm Stärke gegliedert.

Das geschichtete Kalilager besteht wechselseitig aus Kieserit-Steinsalz- und Carnallit-Bänken (Bilder 10, 11, 12). Bei tektonischen Beanspruchungen bildet sich eine Reibungs-Breccie, die hier ebenso wie seinerzeit im deutschen Salzgebiet ein „Konglomerat“ vortäuschte (deutsches Älteres Kalilager Bild 11).

Der bei weitem überwiegende Teil der Salzgesteine und der in dem Salzkörper eingeschlossenen Deckgebirgsgesteine ist jetzt so stark durch tektonische Einwirkungen und durch „Lösungsumsatz“ umgeformt, daß man die ursprüngliche Beschaffenheit nur beim Vergleich einer Gruppe von Gesteinsarten mit Mühe ableiten kann.

Bei Steinsalz- und Anhydrit- z. T. auch bei Tongesteinen ergibt sich bei entsprechenden Bewegungsvorgängen an Stelle der ursprünglich durch Sedimentation entstandenen Schichtung eine — zunächst an diese anschließende — Schichtung durch den Gleitvorgang unter Herausbildung einer „Fließtextur“ des Gesteins (Steinsalz-Fließschichtung Bild 17, Steinsalz-Fließtextur Bilder 14 und 15, Anhydrit-Ton-Fließtextur Bild 13).

Eine eigentümliche als „Haselgebirge“ bezeichnete Gesteinsart (Bilder 16, 18) entsteht überall da, wo plastische Massen (Steinsalz und Tonmassen verschiedener geologischer Horizonte) längs spröderen Schichtengliedern vorbeigleiten. Bruchteile der letzteren werden von den plastischen Massen



Mittlerer Teil der Nördlichen Kalkalpen.

Verzeichnis der Schichten

s: Schichtentafel I.

s: Sandsteinschichten

T: Tongesteinschichten

Mitteldeutschland, nordwestl. Vorland des Harzes.

Juraformation
Trias-formation
Na Permisch Salzlag
G Grundgebirge

K Keuper
Mk Muschelkalk
Bs Buntsandstein

Normalprofile der Schichtenfolge des oberen Teils der Erdrinde — bis zum Grundgebirge des Permischen Salzlagers — im germanischen und Alpen-Faciesbereich.

Salzgebiets zu etwa 500 m angenommen. Für das Salzlag der Kalkalpen ergibt sich auf Grund der Massen-Berechnungen der durch Bergbau aufgeschlossenen Salzstöcke annähernd die nämliche Mächtigkeit.

Auch die Gliederung der Salzlagerrätte ist in beiden Gebieten in den Grundzügen die nämliche. Die Lagerstätte besteht aus einer Älteren und einer

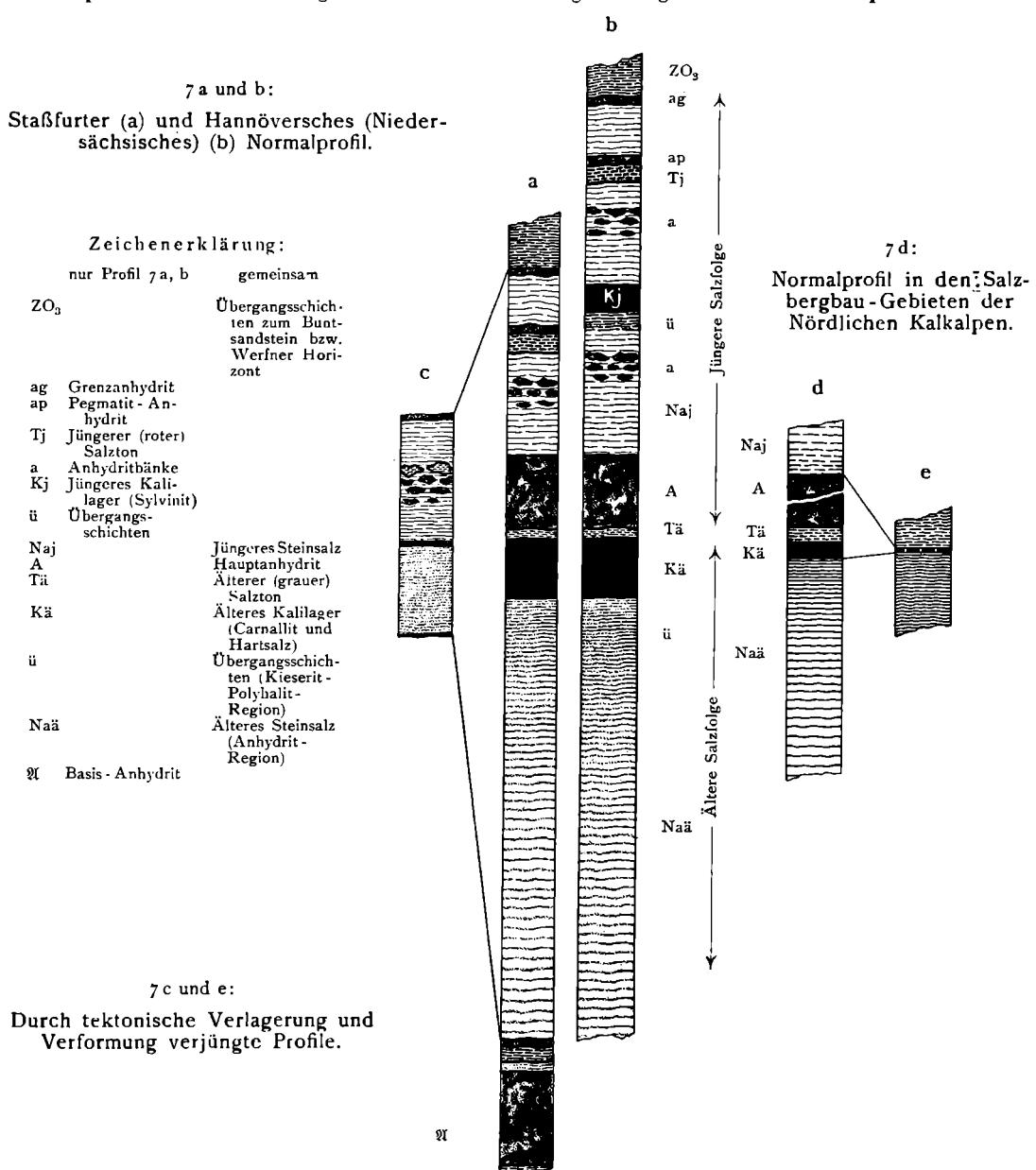
1) Fr. Meyer, Geologisch-mineralogische Studien aus dem Berchtesgadener Land, Geognost. Jahresschriften, München 1912, bat das Salzlag des Berchtesgadener Gebiets als permisch angesprochen, die Auffassung aber nicht begründet.

1) Arbeiten über die Entstehung und Gliederung des permischen Salzlagers: K. Beck, E. Beyrich, F. Beyschlag, H. E. Boeke, v. Carnall, E. Erdmann, H. Erdmannsdörfer, H. Everding, E. Fulda, R. Görgey, J. H. van't Hoff, E. Jänecke, O. Mügge, M. Naumann, C. Ochsenius, J. F. Pompeckj, H. Precht, C. Riemann, F. Rinne, M. Rózsa, F. Schöndorf, F. Schünemann, E. Seidl, E. Zimmermann, J. Walther u. a.

2) Gesteinstufen sind von E. Seidl überwiesen: der Preuß. Geol. Landesanstalt Berlin, der Technischen Hochschule Charlottenburg, der Montanistischen Hochschule Leoben.

Bilder 7 a bis e.

Normalprofile der Schichtenfolge des Permischen Salzlagers im germanischen und Alpen-Faciesbereich.



aufgenommen (Bild 17) und zu einer derben oder durch Fließschichtung gegliederten Gesteinsmasse verarbeitet.

Unter den durch Lösungsumsatz sich ergebenden Salzgesteinen sind die auffälligsten das „Augensalz“, d. h. ein durch Rekristallisation umgewandeltes Steinsalz (Bild 22) und die in Gips übergegangenen Anhydrit- oder Haselgebirgs-massen.

Das Deckgebirge der Salzlagerstätte setzt sich aus folgenden Schichten zusammen: in den Kalkalpen vornehmlich Schichten der Trias- und Juraformation (2000 bis 2500 m Mächtigkeit); im mitteldeutschen Salzgebiet teils nur Triasschichten (1000 bis 1500 m), teils Trias- und Jura- und zum Teil Untere Kreideschichten (2000 bis 2500 m).

Im Bereich der Norddeutschen Tiefebene (und im nördlichen Alpenvorland) treten außerdem noch mächtige Sedimente der Kreide- und Tertiärforma-tion auf (gesamtes Deckgebirge 2500 bis 4000 m).

Mächtige Ablagerungen der Trias-Kalkforma-tion unterscheiden sich in beiden Gebieten bekanntlich ihrer Entstehungsweise und mithin der Ge-steinsbeschaffenheit und Fossiliführung nach insofern, als sie im germanischen Faciesbereich aus einem flachen Meeresteil, im Alpengebiet hingegen aus der Tiefsee abgesetzt worden sind.

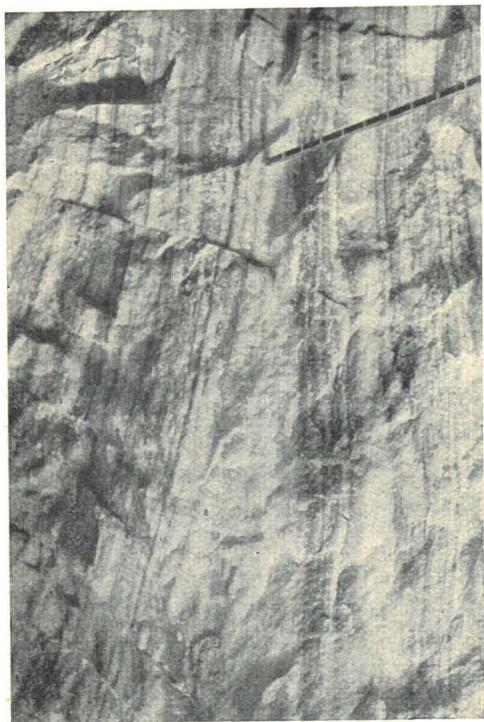
Innerhalb des Bereichs des deutschen Salzgebietes ist die Ausbildung fast der gesamten Trias- und der Juraschichten weithin die nämliche.

Auch für das hier behandelte Gebiet der Nörd-lichen Kalkalpen sind wir — entgegen der



Salzberg von Hallstatt, Ortswände.

Bilder 8 und 9. Älteres Steinsalz (Naä).
Anhydritregion; Steinsalzbänke, durch Anhydrit-Folien abgeteilt.



Salzberg von Hall; Utschneider Sinkwerk, Ortswand.

Bilder 10 und 11. Älteres Kaliolager (Kä).
Carnallit- bzw. Hartsalz-Bänke, gegliedert durch Kieserit- und Steinsalz - Bänke.

bisherigen Annahme einer vielfach innerhalb verhältnismäßig enger Bereiche wechselnden Facies — zu dem Ergebnis einer weitgehend einheitlichen Verbreitung der Haupthorizonte der Kalkformation gekommen. Es gilt dies insbesondere für das untere und obere Viertel derselben, deren Schichten unserer Feststellung nach fast ausschließlich im engeren Bereich der Störungszonen als Trümmer auf der Salzmasse liegen oder in diese eingebettet sind.

Werfener Sandstein- und Tonschichten, Muschelkalkschichten verschiedener Stufen, insbesondere Reichenhaller Kalk (zum Teil bituminös) und die Anhydritregion des Mittleren Muschelkalks haben wir in allen Salzbergen, stellenweise auch Unterer Hallstätter Kalk, teils als Trümmerstücke, teils zu Haselgebirge verarbeitet, inmitten der Salzmasse, manchmal in bedeutenden Massen festgestellt.

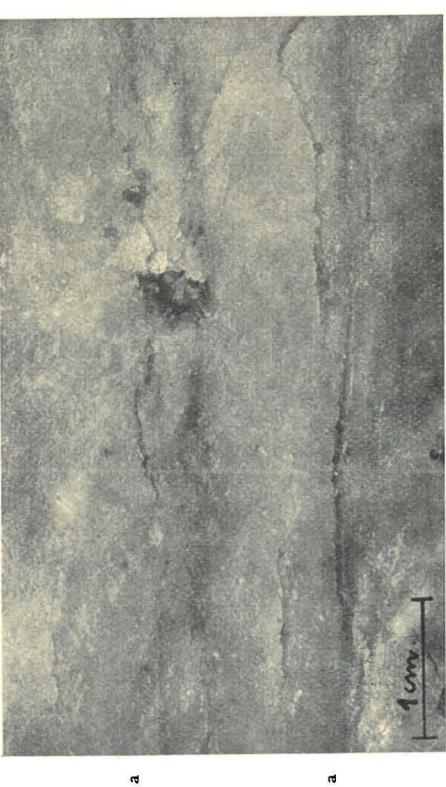


Bild 12. Übergangszone des Älteren Steinsalzes zum Kalihorizont (Kä).
a—a durch Auswaschung sind zwei carnallithitische Schichten
kennlich gemacht.

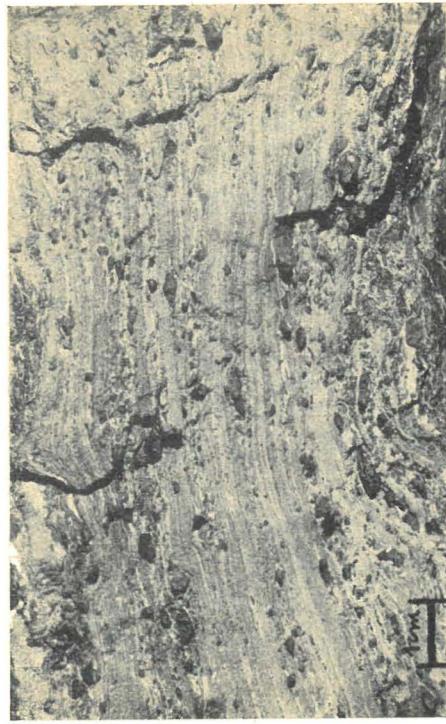


Bild 13. Übergang des Grauen Salztons (Tä) in den Hauptanhydrit (A);
Fließtextur.
Die ursprünglich dickeren Anhydritlagen sind verjüngt (graue Bänder), die
ehemals zusammenhängenden Tonschichten in einzelne Brocken zerissen, die
schichtweise angeordnet sind (schwarze Flecken).



Salzberg Hallstatt, Gesteinstufe.
Bilder 14 u. 15. Älteres Steinsalz (Fließtextur).
Längliche schichtweise angeordnete NaCl-Kristallkörper; zerrissene, zu Linsen ausgezogene Anhydritfolien (Bild 14 bei a—a).
Die Gesteinstufen der Bilder 12, 13, 14 und 22 sind von E. Seidl der geologischen Sammlung der Technischen Hochschule zu Charlottenburg übergeben.



Gesteinstufe aus einem hannoverschen Salzbergwerk.
Bild 14. Älteres Steinsalz (Fließtextur).
„Haselgebirge“ wurde als eine Gebirgsart an sich
aufgefaßt, ohne daß eine Gliederung nach den geo-
logischen Horizonten stattgefunden hätte.

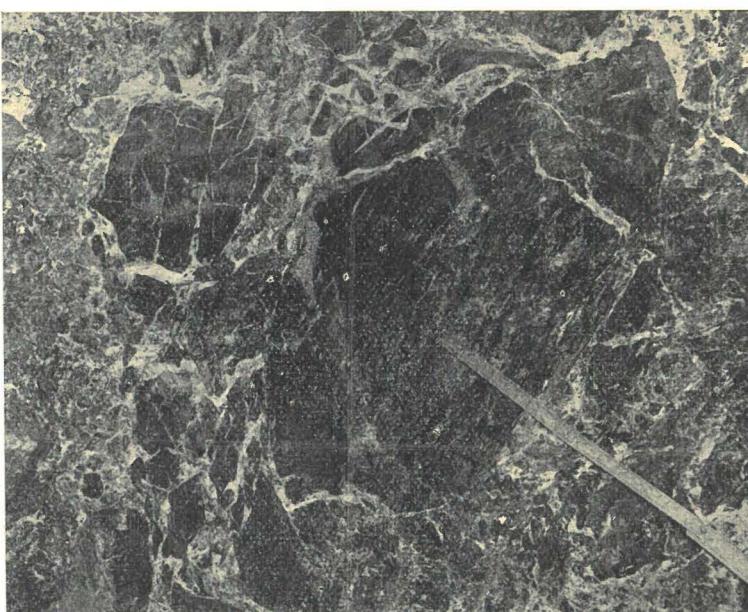
Derartige Trümmerstücke sind bisher vielfach der Beobachtung entgangen, weil die betreffenden Teile der Bergwerke nicht geologisch aufgenommen worden waren; teils auch wurde der Horizont nicht recht erkannt, wenn Anhydrit-Bänke in ein Gips-, oder Kalkbrocken in ein Dolomitgestein umgewandelt waren.

Der Untere Hallstätter Kalk ist, soweit Fossilien keinen Anhalt boten, vielfach mit dem der Gesteinsbeschaffenheit nach ihm sehr ähnlichen Oberen



Hallstatt, Ortswand.

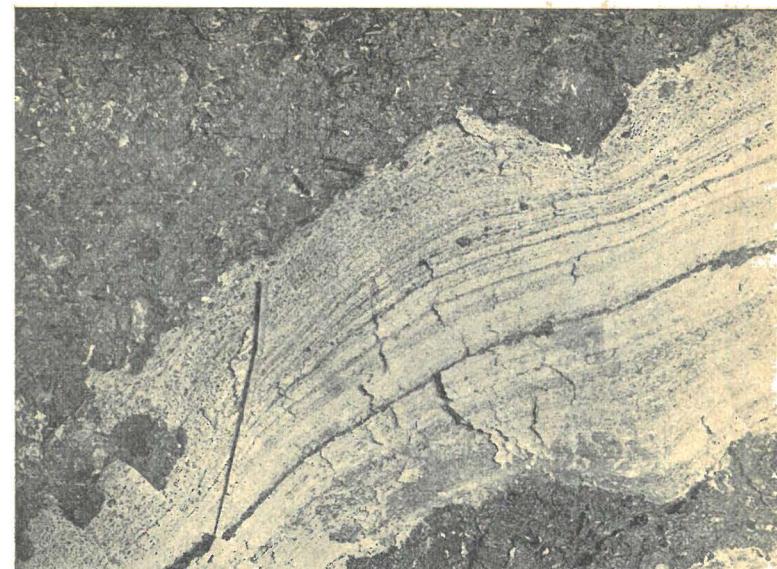
Bild 16. Zerdrückter Grauer Salzton;
an der l. Seite Fließschichtung der beginnenden Haselgebirgsbildung.



Aussee, Ortswand.

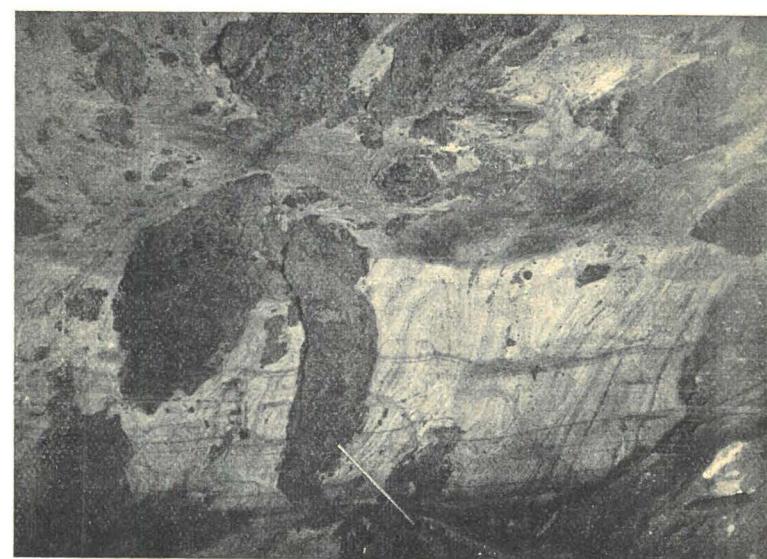
Bild 18. Zerdrückter Hauptanhdyrit;
Salzmasse in die Fugen eindringend.

Maßstab: „Zollstock“-Einteilung in je 10 cm-Abschn.



Hallstatt, Ortswand.

Maßstab: „Zollstock“-Einteilung in je 10 cm-Abschn.
Bild 17. Steinsalzstrang, der von beiden Seiten Brocken von Grauem
Salzton aufgenommen hat, mit Fließschichtung.



Aussee, Wand eines verlassenen Sinkwerks.

Bild 19. Aufwärtsströmende Steinsalzmassen, die große Fetzen von
Hauptanhdyrit und Grauem Salzton umschließen.

Hallstätter Kalk verwechselt worden (Abstand etwa 1000 m).
Auf Grund eines besonders guten Aufschlusses (Weißenbachal in der Gamsfeldgruppe) ergab sich die Einordnung des Unteren Hallstätter Kalks als

Übergangshorizont des Muschelkalks zum Wettersteinkalk (Bild 24).

Bei der Beurteilung der Übergangsschichten der Trias- (Dachsteinkalk) zur Jura-Zeit muß man grundsätzlich ein wichtiges Ergebnis unserer Unter-



Salzbergwerk in Mittel-Deutschland.

Bild 20. Jüngerer (roter) Salzion (Tj) (ehemals 4 m mächtig), durch Fließbewegungen der ihm einschließenden Salzmassen in Bruchstücke zerteilt.



suchungen des Gesamtgebiets bedenken: daß nämlich die Zerteilung des Deckgebirges durch tiefgreifende Störungszonen, die Aufpressung und Ablagung der Salzmassen in diesen Zonen schon um diese Zeit vollendet waren. Es waren also im mittleren Bereich der Nördlichen Kalkalpen damals schon fast in der nämlichen Weise wie jetzt einerseits aus-

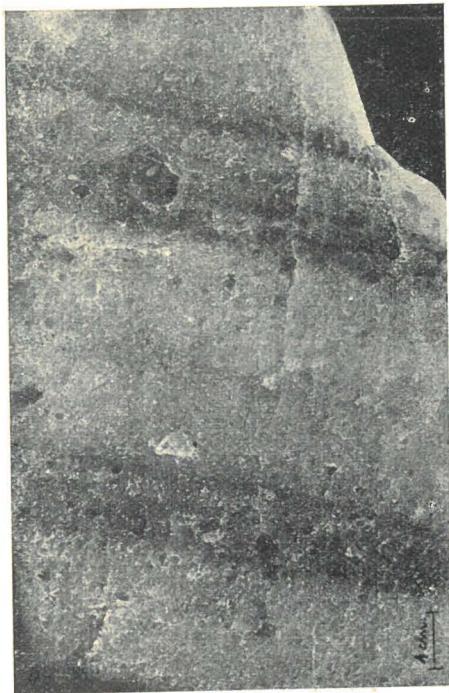
gedehnte Großschollen von verhältnismäßig flacher Lagerung und andererseits zwischen diesen tief eingeschnittene Störungszonen — tiefe Täler — vorhanden.

Bedenkt man das, dann ist ohne weiteres einzusehen, daß schon an der Wende der Trias gegen die Jurazeit in diesen Talzonen eine besondere

Salzbergwerk Aussee, Ortswand.
Bild 21. Werfener Tonmassen mit Brocken von Werfener Sandstein; Fließrichtung; an der Grenze des Salzkörpers liegen das Deckgebirge.

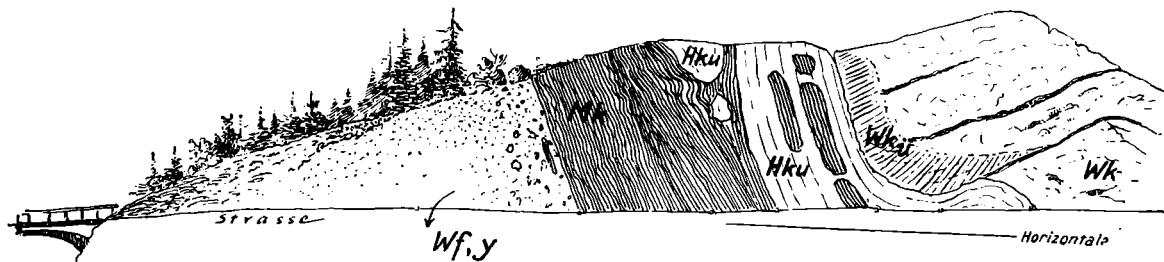


Salzberg Hallstatt, unter dem Plassen, Ortswand.
Bild 22. Geschichtetes Steinsalz, rekristallisiert („Augensalz“-Bildung).



Salzberg Hallstatt, unter dem Plassen, Ortswand.
Bild 23. Gefaltetes Steinsalz; nach der Faltung verworfen; auf der Verwerfungsspalte eingepreßter Salzon.

Bild 24.



Übergang des Muschelkalks (Mk) in Unteren Hallstätter Kalk (Hku) und Wettersteinkalk (Wk).

Aufschluß 1926 an der Fahrstraße im Weissenbachthal (Gamsfeldgruppe, Salzkanmergut); > im Grundriß, Bild 50.

Tiefer unten im Tal sind unterhalb des Muschelkalks Werfener Schichten (Wf) und Rückstandsbildungen des abgelauften Permischen Salzlagers (y) aufgeschlossen. Der Wettersteinkalk ist an der Grenze gegen den Unterer Hallstätter Kalk röthlich (Wk_ü), weiter oben weißlich getönt (Wk).

Facies — die des Oberen Hallstätter Kalks — sich zu bilden vermochte und daß auch während der Jurazeit selbst in diesen Störungszonen und deren Randzonen andersartige Schichten (z. B. während der Tithonzeit der „Plassenkalk“) sich ablagerten als in den Großschollenbereichen (übrige bekannte Jurafacies).¹⁾

Das Grundgebirge des permischen Salzlagers — Älterer Perm, Rotliegendes, Steinkohlenformation — ist nur im deutschen Salzgebiet gut aufgeschlossen. Es wird aber auch in den Kalk-

(unterschiedliche Plastizität, Löslichkeit und Wasserdrückfähigkeit) und die Mächtigkeit der einzelnen Stufen sind für den hier der Betrachtung unterzogenen oberen Teil der Erdrinde in der Schichten-tafel I und den Bildern 25 a, b, c dargestellt.

i. Unterschiedliche Plastizitätsverhältnisse.

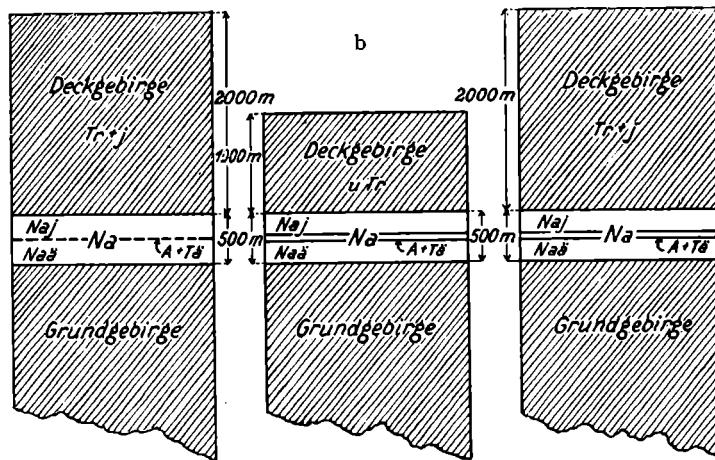
a) Gesamte Schichtenfolge des oberen Teils der Erdrinde.

Eine den Störungsvorgang und die Lagerungsverhältnisse in den Salz-Störungszonen ausschlag-

a

Bild 25 a, b und c.

c



a: Alpen-Faciesbereich.

b und c: Germanischer Faciesbereich.

Verteilung der plastischen (weiße Flächen) und spröden (schraffierte Flächen) Schichten im germanischen und Alpen-Faciesbereich.

b) Mitteldeutschland; Nordrand des Staßfurter Beckens. c) Mitteldeutschland; nördliches Harzvorland.

Zeichenerklärung s. Bilder 6 und 7.

alpen — soweit es bekannt geworden ist — bzw. am Rande derselben von den nämlichen Formationen (Verrucano gleichbedeutend Rotliegendes) gebildet.

III. Physikalisch-chemische Verhältnisse;

Bedeutung für Störungsvorgänge.

Die physikalisch-chemischen Verhältnisse der Schichtenfolge im deutschen und Alpen-Salzgebiet

gebend bestimmende Rolle spielen nur die großen Schichtenmassen. Daher wird hier zunächst nur die permische Salzmasse (insgesamt hochplastisch) gegenüber den Massen des (erheblich spröderen) Grund- und Deckgebirges betrachtet.

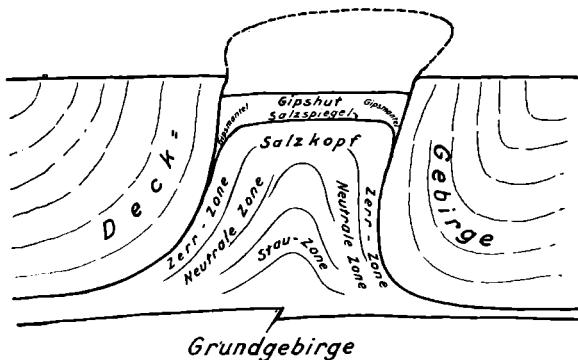
Mit Rücksicht auf ihre große Mächtigkeit werden — vor allem im Alpengebiet — außerdem noch die nahe über dem Salzlager auftretenden Tonmassen des Werfener- bzw. Buntsandsteinhorizonts mit berücksichtigt, welche (durchfeuchtet) sich ebenfalls hochplastisch verhalten.

1) Arbeiten über diese Facies s. insbesondere E. Fugger, G. Geyer, F. v. Hauer, F. F. Hahn, E. v. Mojsisovics, E. Spengler.

Für den Fall, daß durch tektonische Vorgänge diesem oberen Teil der Erdrinde Bewegungen in der Schichtenebene erteilt werden, vermögen Grund- und Deckgebirge zufolge dieser unterschiedlichen Plastizitätsverhältnisse in hohem Maße unabhängig von den Salz- bzw. Tonmassen zu gleiten.

Ergibt der Störungsvorgang eine Zerteilung der spröden Gesteinsmassen des Grund- oder Deck-

Bild 26.



Schema eines Salzstocks;
mit den Bezeichnungen, welche bei der Beschreibung
der Salzstöcke angewendet werden.
Anstatt Gipshut und -mantel ist jetzt die Bezeichnung
Salzhut und -mantel angewendet.

gebirges, so finden ebenfalls Bewegungen dieser spröden Schichtenteile unabhängig von denen der Salz- bzw. Tonmassen statt.

Insbesondere tritt dies bei einer Zerteilung des Deckgebirges in Erscheinung. Denn in diesem Fall finden in den Störungszonen Aufwärtsbewegungen der (plastischen und auch dem spez. Gewicht nach leichten) Salzmassen zufolge der Belastung durch das Deckgebirge statt; es bildet sich ein „Salzstock“ (Bild 26).

Hinsichtlich der Belastungsverhältnisse lassen sich die Verhältnisse in den Kalkalpen wohl am besten mit denen in der Grenzzone des mitteldeutschen gegen das norddeutsche Salzgebiet, in der die Triasschichten zwar von Jurashichten überlagert, aber noch nicht von mächtigeren Sedimenten jüngerer Schichten überdeckt werden, vergleichen. Bei einer Mächtigkeit der Salzmasse von rund 500 m und des Deckgebirges von rund 2000 bis 2500 m ergibt sich für die zu vergleichenden Gebiete ein Verhältnis der belasteten zu den belasteten Massen wie 1:4 bzw. 1:5. Rechnet man zu den belasteten Salzmassen noch die (Werfener) Tonmassen hinzu, so erhöht sich noch die relative Mächtigkeit der plastischen Basismassen und damit deren Wirksamkeit in den Störungsbereichen.

b) Permisches Salzlager.

Analog diesen großen Komplexen unterschiedlich plastischer Gesteinsmassen verhalten sich auch kleinere Einheiten von Schichten unterschiedlicher Plastizität.

Unter diesen sei hier nur die Salzlagerstätte selbst in Betracht gezogen.

Die Einschaltung mächtiger Bänke spröder Anhydrit-Salzton- und Kalisalzgesteine zwischen den plastischen Massen des Älteren und

jüngeren Steinsalzes ergibt eine Unterbrechung der Homogenität der Salzmasse, die für die Bewegungsvorgänge und die Formung der Salzschichten im einzelnen von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Bei Bewegungen, die der Salzmasse in der Schichtenebene erteilt werden, findet ein unterschiedliches Gleiten der spröden Zwischen schichten gegenüber den sie einschließenden plastischen Salzmassen statt. Dabei wird in der Regel das ehedem geschichtete Kalilager zu einer Breccie zer drückt oder ganz aufgerieben.

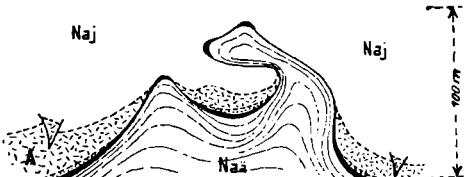
Für den Fall, daß die spröden Gesteinsbänke durch tektonische Vorgänge zerteilt werden, nehmen die Teilstücke allmählich eine zwiebel förmige Gestalt — vorwiegend unter Wirkung mehrseitigen Drucks (Bild 56c) — oder die Gestalt von Linsen — vorwiegend unter der Wirkung von Zug kräften — (Bilder 19 u. 56b) an, während die in den Zwischenräumen aufwärtsströmenden („durchspießen den“) Massen des Älteren Steinsalzes sich in übergreifender Lagerung darüber legen (Bild 27).

Bei Störungs- und Bewegungsvorgängen, die — insbesondere in späteren Stadien der Umformung — quer zur ursprünglichen Schichtung oder in anderem Sinne als die ersten Bewegungs- und Faltungs vorgänge stattfinden, ergeben sich Kreuzschichtungen und Zerspaltungen der Salzmassen (Bild 23).

2. Wasserdurchlässigkeit, Auflösbarkeit und Umformbarkeit der Schichten durch Lösungsumsatz.

Es dürfte bekannt sein, daß spröde Gesteins massen, wie die Kalk-, Sand- und Anhydritgesteine des Deck- und Grundgebirges, die bei tektonischen Vorgängen zerbrechen, die Niederschlagswasser unverzüglich auf Spalten und Klüften nach der Tiefe weiterleiten. Tonmassen andererseits pflegen, für

Bild 27.



Schema einer Durchspülungsfalte des Älteren Stein salzes, die im Jüngeren Steinsalz zum Stehen kommt¹⁾

Zeichenerklärung s. Bild 7.

¹⁾ E. Seidl, Die permische Salzlagerstätte im Graf Moltkeschacht..., Beziehung zwischen Mechanismus der Gebirgsbildung und innerer Um formung der Salzlagerstätte. Archiv für Lagerstättensforschung, Heft 10, 1914. Grundriß- und Profil-Tafeln.

den Fall, daß sie durchfeuchtet sind, wassertragende Horizonte zu bilden (s. Schichtentafel I).

In dieser Hinsicht ergaben sich sinnfällige Eindrücke besonders im Bereich der Kalkalpen, weil dort die Kalkformation durch tief einschneidende Störungszonen bzw. Täler bis fast auf den permischen Salzhorizont hinab zerteilt ist. Man sieht, daß die Niederschlagswasser sich in den Jura- und Trias-Kalkschichten nicht zu halten vermögen, son-

dern auf zahllosen Spalten und Klüften bis auf den tiefsten Tonhorizont (die Werfener Tonmassen) bzw. bis auf die zum Teil ebenfalls wassertragenden Rückstandsbildungen der abgelaugten Salzmassen niedergehen und sich dort als Grundwasser in verschiedenen Höhen sammeln (s. Hutfbildung Bild 26).

Diese eigenartigen hydrologischen Verhältnisse bedingen wesentlich mit das besondere morphologische bzw. geographische Bild dieser Kalkalpengebiete; ihre richtige Einschätzung ist von wesentlicher Bedeutung für das Verständnis der Geologie und Geographie dieses Gebiets überhaupt.

Unter den Veränderungen der Beschaffenheit, die sich durch die Einwirkung von wässerigen Lösungen („Lösungsumsatz“) auf die Gesteine ergeben, seien folgende hervorgehoben:

Kalkgesteinsbrocken erleiden von außen nach innen fortschreitend eine Umsetzung in Dolomit, wohl unter der Einwirkung von chlor-magnesiumhaltigen Salzlauge.¹⁾

Anhydritgesteine (Salzlager oder Mittlerer Muschelkalk) setzen sich — unter Vergrößerung ihres Volumens — in Gipsgesteine um; die Gipsmassen ihrerseits unterliegen dann einer schnellen Zersetzung.

Tongesteine quellen bei Aufnahme von Wasser.

Durchtränkungen der Salzmasse mit Lösungen unter Druck- und Wärmewirkungen führen im Lauf der Zeit zu Umkristallisationen („Rekristallisation“) — „Augensalzbildung“ (Bild 22).

In den Salzbergen der Alpen nennt man eine Gebirgsart, die durch Eindringen von Salzlauge in Nichtsalzgesteine und Ausfällung des Salzgehalts entsteht, ein „gesalzenes Gebirge“; dieses lohnte bei einem Gehalt von über 25% NaCl seinerzeit die Auslauung durch Sinkwerkbetrieb.²⁾ Anderseits kann durch Ersetzung der Steinsalz-Bestandteile der Haselgebirgs- oder Salzmassen durch Anhydrit- und sodann Gipsbestandteile („Lösungsumsatz“) ein Gipsgestein entstehen, das Mutteranhydrit- bzw. Gipsmassen vortäuscht.

Salzmassen, die in den Störungszonen so hoch aufgepreßt sind, daß sie in den Bereich des Grundwasser-Horizonts hineinragen, werden aufgelöst.

Die Rückstandsbildungen der ausgelaugten Salzmasse verwirken sich mit Tonmassen des Werfener Horizonts und Trümmerstücken der

Deckschichten der Kalkformation zu einer besondersartigen in den unteren Partien geschichteten Gebirgsart. Diese bedeckt den Salzkörper wie eine Haube und wird als „Salzhut“ bzw. „Salzmantel“ bezeichnet (Bild 26). Bisher nannte man diese in den Alpen-Salzbergwerken „Salzletten“ und, soweit sie aus rotem Ton (Werfener Schichten) bestanden, „Lebergebirge“, ohne daß jedoch die gesetzmäßige Entstehung und Gestaltung dieser Gebilde beachtet worden wäre.

Die Beschaffenheit dieser Rückstandsbildungen ändert sich stetig. Einerseits erfolgt stets aufs neue eine Zufuhr von Stoff von unten und oben; anderseits werden Gesteinsbestandteile stetig durch fließende Gewässer mechanisch fortgeführt oder chemisch zersetzt.

C. Eigentümlichkeiten der Salz-Störungszonen

(Tektonik, Zerfall, Schichtenbildung);

Bedeutung des jetzigen Zustandes für die Beurteilung des Entstehungs-Vorganges.

Aus den eingangs mitgeteilten großen Querschnitten durch das mitteldeutsche Salzgebiet (Bild 3 a, b) und das Gebiet der Nördlichen Kalkalpen (Bilder 4 und 5) ersieht man, daß die Salz-Störungszonen, die diese Gebiete in Störungsbereiche und Großschollen-Bereiche zerteilen, ihre besondersartigen, von den letzteren grundsätzlich verschiedenen, geologischen und geographischen Verhältnisse haben:

Im Störungsbereich tritt, im Verhältnis zur Deckgebirgssmasse zuviel Salzmasse auf; diese besteht meist aus zahlreichen Falten.

Der Salzkörper ist tiefgreifend abgelaugt; Deckgebirgsschichten, die darauf liegen, sind sehr stark zerstört.

Die Deckgebirgsschichten im Störungsbereich haben eigenartige Lagerungsverhältnisse und bestehen zum Teil aus andern Sedimenten als in den Großschollen-Bereichen.

Eine Gruppe schematischer Abbildungen (Bilder 28 a bis e) gibt einen Eindruck von den verschiedenartigen Formen von Salzstücken im deutschen (a bis d) und Alpen- (e) Salzgebiet; eine weitere Gruppe von Abbildungen (Bilder 29 a bis e) zeigt die Tektonik des Deckgebirges und die innere Gliederung deutscher Salzstücke.

Um auf Grund der Schilderung des jetzt in den Salz-Störungszonen herrschenden geologischen Zustandes sich eine Vorstellung von dem Vorgang des geologischen Geschehens zu den verschiedenen bedeutungsvollen Zeiten bilden zu können, in denen jeweils Schichten-Bildung oder tektonische Vorgänge oder zerstörende Wirkungen vorherrschten, muß man das Augenmerk hauptsächlich auf folgende geologischen und geographischen Erscheinungen richten:

Lagerungsverhältnisse,

soweit sie durch die das ganze Störungsgebiet betreffende Tektonik (z. B. Gebirgsbildung der Alpen) entstanden, „kontinental“ sein können;

1) Kurt Seidl und R. Bartsch: Die Entstehung des Dolomits und der an Dolomit gebundenen Zink- und Bleierzlagerstätten. Veröffentlichung in Vorbereitung. — Die „Dolomitierung“ von Kalkgesteinen (CaCO_3) durch Chlormagnesiumlauge (MgCl_2) geschieht (nicht durch unmittelbare Einwirkung von MgCl_2 auf CaCO_3 , sondern) mittelbar über das wasserlösliche Bikarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, welches entsteht, wenn kohlensäurehaltiges Wasser auf Kalkstein einwirkt. Bei der Umsetzung zwischen Bikarbonat und Chlormagnesium entsteht Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), gleichzeitig aber auch Wasser- und Kohlensäure (CO_2), welche letztere den Anlaß zu weiterer Bikarbonatabbildung geben, so daß der Prozeß selbsttätig weiter läuft.

2) Analoge geologische Verhältnisse im deutschen Salzgebiet: E. Harbort, Über den Salzgehalt der Nebengesteine in den norddeutschen Salzstücken, Z. d. D. Geol. Ges. 65, 1913, Monatsber. S. 108 bis 112.

soweit sie durch das Aufsteigen der Salzmassen unter Druckwirkung des Deckgebirges bedingt sein können.

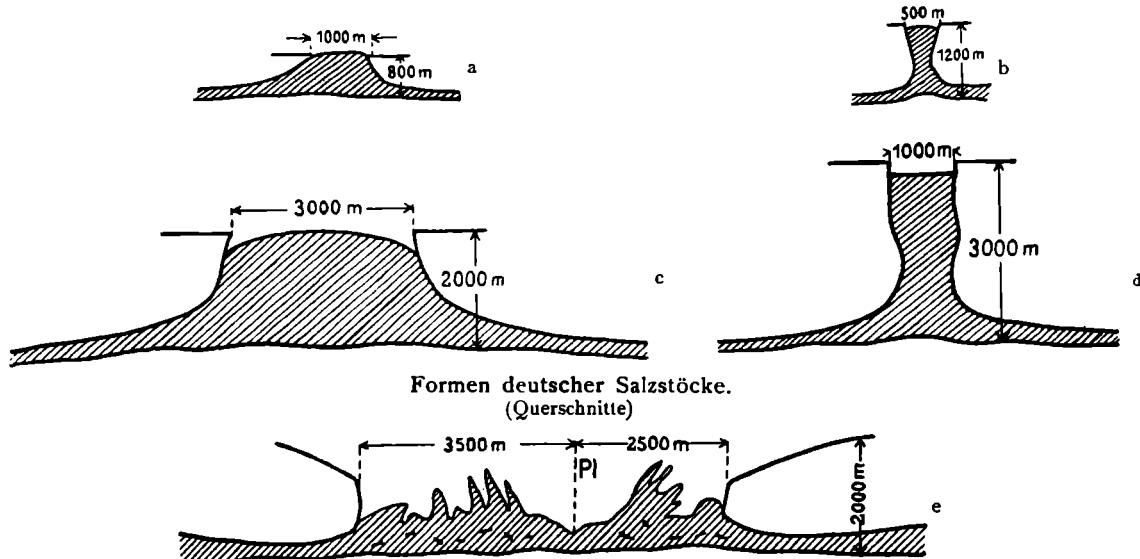
Störungs-Erscheinungen,

soweit sie durch Erosion oder Subrosion (Abtragung der Salzoberfläche und Bodenentziehung des Deckgebirges) in Verbindung mit Zugwirkungen der abwandernden Bodenmassen oder der aufsteigenden Salzmassen hervorgerufen sein können.

Besonderheiten der Schichtbildung nach dem ersten Durchbruch der Salzmassen, die in diesen Eigenarten der Störungsbereiche beruhen können.

dort einmal abgelagerten Schichten auf. Es sind dies nicht nur die Schichten, welche bis zum Durchbruch der Salzmassen in den Störungszonen abgesetzt wurden (Trias, Jura, z. T. Untere Kreide), sondern auch die nach dieser Zeit abgelagerten Sedimente (die gesamte Kreide, Tertiär und mächtiges Diluvium). Das permische Salzlager liegt also im Gebiet der Norddeutschen Tiefebene — die sich nur einige Meter über den Meeresspiegel erhebt — 2000 bis stellenweise 3500 m unterhalb des Meeresspiegels. Manche Störungszonen kündigen sich in der einförmigen Ebene dadurch an, daß die den Salzkörper bedeckenden (mehrere 100 m mächtigen) Gipsmassen als Hügel aufragen (z. B. Gips-

Bilder 28 a bis e.



Form eines Salzstocks der Nördlichen Kalkalpen.

S — N - Querschnitt Hallstätter Zone; Pl = Plassenberg (Mittellinie).

D. Tektonik der Salz-Störungsbereiche (Deckgebirgs-Aufbruch, Salzstock, Grundgebirge) im deutschen Permsalz-Gebiet.

I. Allgemeine geologische und geographische Verhältnisse der Großschollen- und Salzstörungs-Bereiche;

Einteilung der Salzstöße.

Das deutsche Gebiet, das die Salz-Störungszonen enthält, beginnt etwa 400 km nördlich der Alpen, an der Stelle, wo die Ausläufer der Böhmischen und der Rheinischen Masse sich einander nähern; es reicht, etwa 300 km breit, von da bis an den Rand der Nord- und Ostsee. Die Hauptstörungszonen sind in dem Grundriß Bild 1 eingetragen; es empfiehlt sich, auch die Originalkarten¹⁾ einzusehen.

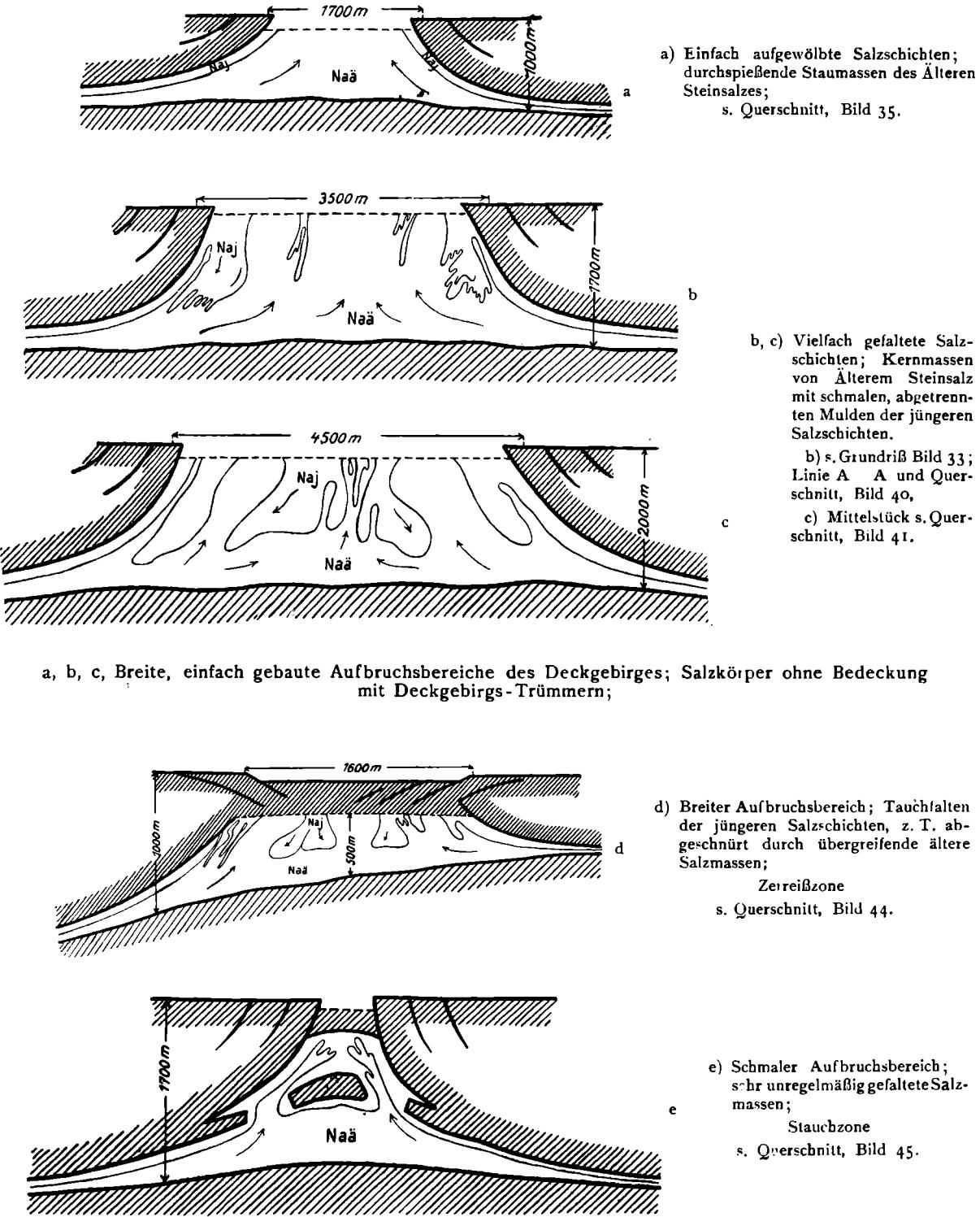
In dem nördlichen, etwa 200 km breiten Teil dieses Gebietes treten über dem permischen Salzlager auch jetzt noch anscheinend sämtliche

berge von Segeberg, Lübbeke, Lüneburg — Querschnitt Bild 49). Anschließend an diese und andere Anzeichen (Erfälle, Talbildungen) ist durch zahlreiche Tiefbohrungen der Verlauf einiger „Salzlinien“, und zwar vorwiegend in NW-, zum Teil in NO-Richtung festgestellt; doch sind nur einige Zonen durch Kalisalz-Bergwerke aufgeschlossen. Daher ist die Tektonik in der Norddeutschen Tiefebene nur in beschränktem Umfang geklärt.

Der südliche etwa 100 km breite Teil des deutschen Salzgebiets erhält die grundlegende Gliederung durch die in NW-Richtung von der Böhmischen Masse ausgehenden Grundgebirgsschwellen. Die permische Salz Lagerstätte tritt hier (gemessen an der Basisfläche) 2000, z. T. bis 1000 m unterhalb des Meeresspiegels auf; längs der Ränder der Grundgebirgsschwellen geht sie zutage aus. In diesem Gebiet, einem Mittelgebirgs- und Hügelland, das jetzt höchstens einige 100 m über dem Meeresspiegel liegt, sind sämtliche Schichten, die etwa nach dem Durchbrechen der permischen Salzmassen abgelagert wurden, jetzt

1) E. Fulda, Übersichtskarte der Deutschen Kalisalz- und Erdölvorkommen; M. 1:450000; herausgeg. v. d. Preuß. Geol. Landesanstalt 1924; ein Profil.

Bilder 29 a bis e.



Tektonik des Deckgebirges und innere Gliederung der Salzstöcke des deutschen Salzgebiets.

Die innere Gliederung wird durch die Grenzfläche (Horizont des Hauptanhidrits A, Grauen Salztons Tä und Kalilagers Kä) zwischen dem Älteren (Naä) und Jüngeren Steinsalz (Naj) bezeichnet.

ganz abgetragen. Nur stellenweise finden sich Streifen von Kreide- oder Tertiärschichten (z. B. die Braunkohle-Tertiärmulden zu beiden Seiten des „Staßfurter Sattels“). Weithin ist auch ein Teil der ehemaligen Jura- und oberen Triasbedeckung abgetragen; über große Flächen hin tritt nunmehr nur in den Großschollenbereichen Buntsandstein als 100 bis 700 m mächtiges Deckgebirge der Salz-lagerstätte auf.

Die durch die Grundgebirgsschwellen der Böhmischen Masse (Thüringer Wald, Harz, Flechtinger Höhenzug) abgeteilten großen Schollenstücke des Deckgebirges sind ebenso wie das in der nord-westlichen Verlängerung dieser Schwellen liegende Gebiet durch mehrere vornehmlich in NW-, zum Teil auch in NNW-, NNO- und NO-Richtung streichende Störungszonen in einzelne Großschollenstreifen unterteilt. Einige Störungszonen sind als Durchbruchszonen der permischen Salzmassen — die jetzt fast bis in Höhe des Meeresspiegels aufragen — 5 km, zum Teil bis 50 km weit verfolgbar. Der Querschnitt Bild 3 a, b kennzeichnet die geologischen Verhältnisse in dem ältesten Bergbaugebiet zwischen Harz und Flechtinger Höhenzug. Die an den Schnittstellen 65 km breite Deckgebirgsplatte ist durch 4 Salzstörungszonen in Großschollenbereiche von 7 bis 20 km Breite aufgeteilt.

Grundsätze für die Einteilung der deutschen Salzstöcke.

Eine Einteilung der verschiedenartigen Salzstörungszonen des deutschen Gebiets zu Nutzen des Bergbaus habe ich früher an anderer Stelle gegeben¹⁾. Hier ist eine Einteilung angewendet, die der allgemein-wissenschaftlichen Betrachtung dient und daher außer geologischen physikalisch-mechanische Gesichtspunkte berücksichtigt. Es sind dies folgende:

Verhältnisse, aus denen der tektonische Vorgang des Deckgebirgs-Aufbruchs erkennbar ist:

Lagerungsform des Deckgebirges in den Großschollenbereichen in Beziehung zu den Randzonen der Störungsbereiche.

Verhältnisse, die für den Salzauftrieb maßgebend gewesen sind:

Mächtigkeit des Deckgebirges in den Großschollenbereichen (etwa gleich der Höhe des Salzkörpers); Form und Abmessungen der Aufbruchsstörung;

etwaige Belastung der Salzkörper durch Deckgebirgstrümmer oder mächtigere jüngere Sedimente.

Eine Einteilung der deutschen Salzstöcke nach diesen Gesichtspunkten berücksichtigt zugleich auch die Besonderheiten der Salz-Störungszonen der Kalkalpen.

II. Salzstöcke in Mitteldeutschland ohne belastende Deckgebirgstrümmer.

In den meisten in Mitteldeutschland durch Bergbau aufgeschlossenen Salz-Störungszonen treten die Salzmassen unmittelbar zutage. Nach der Mächtigkeit und Bauart des aufgebrochenen Deckgebirges und der Art der Salz-Staufalten lassen sich verschiedenartige geologische Verhältnisse unterscheiden.

I. Aufbruchszonen eines 700 bis 1200 m mächtigen Deckgebirges; einfache Salz-Staumassen.

Die einfachst gebauten Salz-Störungszonen gibt es im südlichen Teil des mitteldeutschen Salzgebietes, in dem das permische Salzlager jetzt nur noch von 700 bis 1200 m mächtigen Triasschichten bedeckt ist. Dort treten vielfach sattelförmige Deckgebirgs-Aufbrüche auf.

a) Formung des Gesamt-Salzkörpers und der Einzelschichten.

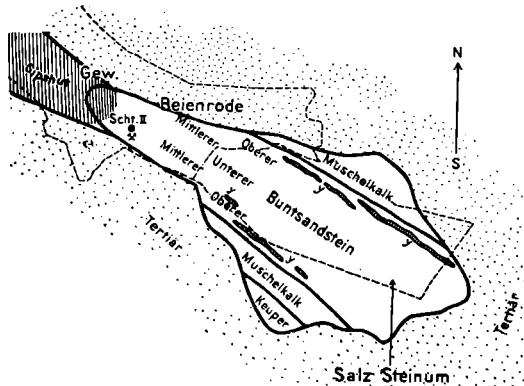
In diesem Gebiet fallen die Salz-Störungszonen im Gelände manchmal durch besondere geologische und geographische Merkmale auf. Einige Zonen (Asse, Hildesheimer Wald, Harlyberg am Harzrand) treten als Bergrücken hervor. Über dem Ausgehen den des Salzlagers steht meist Buntsandstein an; bei Steilstellung der Schichten tritt dessen unterste Stufe, bei flacher Aufwölbung auch noch ein Teil der mittleren und oberen Stufe zutage. Ein Taleinschnitt, der etwa schon durch die Aufspaltung der Deckgebirgsschichten am Kamm der Aufbruchszone entstanden ist, ist meist noch durch Abtragung der dort zutage tretenden Salzmassen vertieft worden. Der Grundriß Bild 30 zeigt einen Buntsandsteinsattel, der am einen Ende unter jüngeren Gebirgsschichten emportaucht und am andern Ende in eine Durchbruchszone der permischen Salzmassen übergeht. Vom Buntsandsteingebiet hebt sich manchmal der schwerer verwitternde Muschelkalk deutlich im Gelände ab (Querschnitt Bild 35).

Die Art der Formung des Gesamt-Salzkörpers hängt wesentlich mit von der Breite des Aufbruchsbereichs ab. Ist dieser schmal (z. B. Asse, Dorm, Staßfurter Sattel bei Westeregeln; Breite in Höhe des Salzspiegels etwa 250 bis 300 m, d. i. $\frac{1}{4}$ der vermutlichen Höhe des Salzkörpers), so sind zwischen den steil aufgerichteten Buntsandstein-Flanken sämtliche Schichten des Salzlagers — zum Teil unter Anstauung des Kalilagers und Älteren Steinsalzes — als schmale Sattelfalte eingeschaltet (Querschnitt Bild 34). Bei größerer Breite des Salzkörpers ergeben sich die durch die Beispiele Grundriß Bild 32 und Querschnitt Bild 35 (Breite in Höhe des Salzspiegels 1200 m, Höhe des Salzkörpers 900 m) gekennzeichneten geologischen Verhältnisse.

Die jüngeren Salzschichten (Jüngeres Steinsalz, Hauptanhidrit, Salzton, Kalilager) sind annähernd gleichartig mit den Buntsandstein-schichten aufgebogen. Das Ältere Steinsalz und das Grundgebirge haben sich jedoch, wie sämtliche

¹⁾ E. Seidl, Schürsen, Belegen und Schachtabteufen auf Deutschen Kalisalzhorsten, Archiv für Lagerstättensforschung, Heft 26, 1921; Zonen von Staßfurter-, Asse- und Hannöver-scher Bauart.

Bilder 30 und 31.



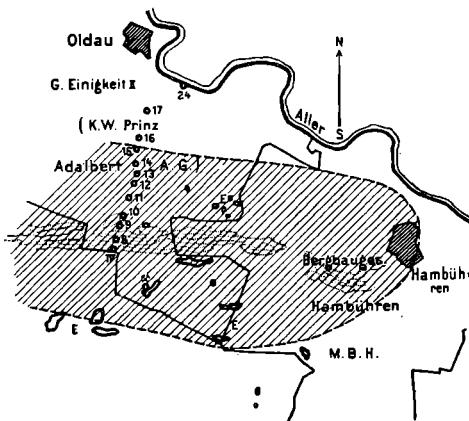
Grundriß, M. 1 : 75 000

nach E. Harbort.

Buntsandsteinsattel in Mitteldeutschland, der am SO-Ende unter jüngeren Gebirgsschichten emportaucht, am NW-Ende in eine Durchbruchszone der Permischen Salzmassen übergeht.

SO-Ende der Zone des Dorms; Bauart an der Übergangsstelle vom offenen Salzkörper zur Buntsandstein-Bedeckung analog Querschnitt Bild 34.

Schraffur = Salzhut-Gebiet des Zechstein-Salzstocks.
y = Gipszonen im oberen Buntsandstein (Röt).



Grundriß, M. 1 : 100 000 nach H. Monke und I. Stöller.

Störungszone in der Norddeutschen Tiefebene.

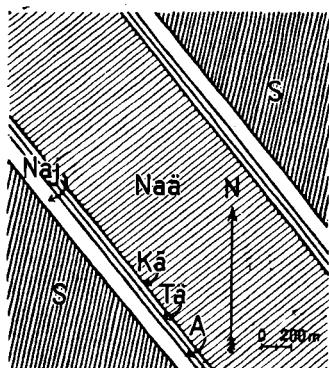
Östlicher Teil der Zone von Wietze-Steinförde.

Salzstock, verdeckt durch Tertiär- und Diluvialschichten; im Gelände angezeigt durch Erdfälle und Senkungen, die den Anlaß zur Abbohrung des Salzhut-Bereiches (Querschnitt Bild 47) und zur Abgrenzung durch geophysikalische Untersuchungen boten.

✗ Schacht Prinz Adalbert; dort ist der Querschnitt Bild 42b aufgenommen

Schraffur = Salzhutgebiet.
E = Erdfälle.

Bild 32.

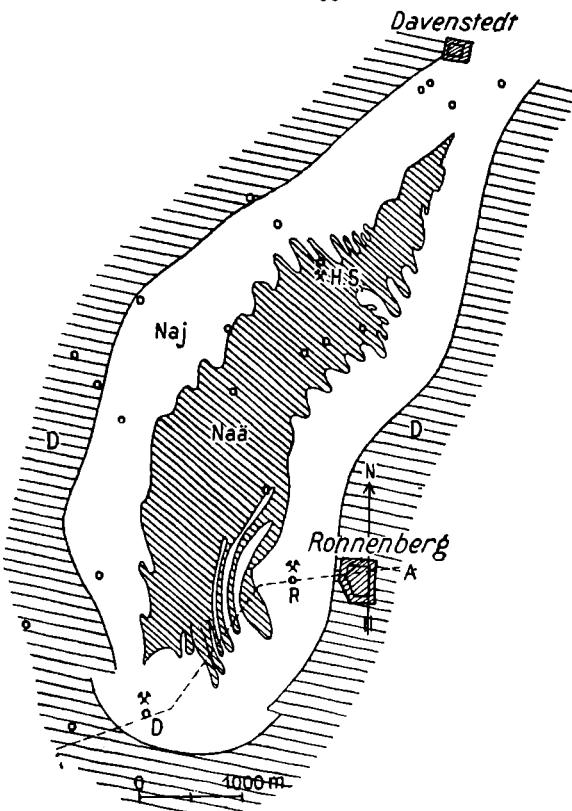


nach K. Keilhack.

Bild 32. Mitteldeutsches Salzgebiet; „Staßfurter Sattel“.

Einfache Aufwölbung der Salzmassen, analog Querschnitt Bild 35.

Bild 33.



nach K. Stier.

Bild 33. Norddeutsches Salzgebiet; Salzstock von Benthe-Ronnenberg bei Hannover.

Vielfach gefaltete Salzmassen; Kernzone von Älterem Steinsalz (Naä)

A-A Querschnitt Bild 40.

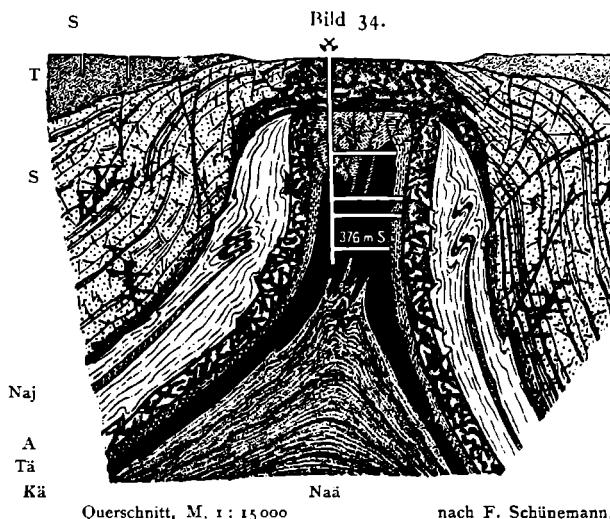
✗ Schächte der Kalibergwerke D = Deutschland, HS = Hansa Silberberg, R = Ronnenberg.
○ ○ = Bohrungen.

Grundrisse von Salzstöcken in Mittel- und Norddeutschland; Schnittebene einige 100 m unterhalb des Salzspiegels.
D = Deckgebirge; Zeichenerklärung der Salzschichten s. Bilder 34 und 35.

Bergbauaufschlüsse, die tiefer in das Ältere Steinsalz eingedrungen sind und Tiefbohrungen, die das Grundgebirge erreichten (z. B. Bohrung Unseburg, Staßfurter Sattel), ergeben haben, ganz anders verhalten (Schema, Bilder 36 u. 37).

Das Grundgebirge ist verhältnismäßig wenig gestört; es scheint vielfach noch fast horizontal zu liegen (Bild 37d). Der Raum zwischen diesem und den aufgebogenen jüngeren Salzschichten (bzw. Deckgebirgsschichten) wird durch eine mächtige Staufalte der Älteren Salzmasse

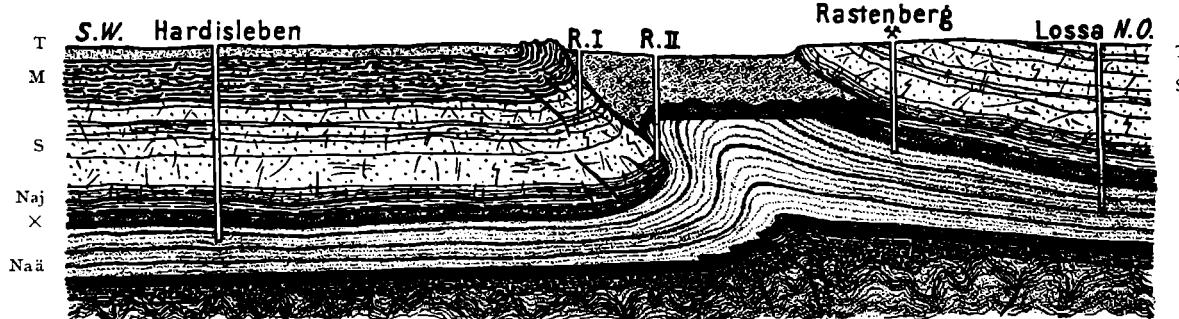
Bilder 36 u. 37). Diese „Durchspießung“ der jüngeren Gebirgsschichten kommt in dem hier mitgeteilten Beispiel (Querschnitt Bild 35) klar zum Ausdruck, da die eine Flanke des Deckgebirges überkippt ist. Bei symmetrischer Bauart der Störungszonen jedoch (z. B. Staßfurter Sattel) ist infolge der Abtragung der Salzschichten das Kennzeichnende verwischt. Es ergibt sich dann bei der Darstellung im Querschnitt das nämliche Bild, wie wenn ein ursprünglich vorhandenes, geschlossenes Gewölbe der Salzschichten durch Abtragung beseitigt worden wäre.



N
T
S
Naj
A
Tä
Kä
Naä

Bild 34. Schmaler Aufbruchsbereich des Deckgebirges, steile Buntsandsteinflanken; schmaler Salzschichten-Sattel.
Staßfurter Zone bei Westeregeln;
Schacht Westeregeln I/II, durch Wasser-
einbruch aus dem Salzbau ersoffen.
Mächtiger Salzbau aus Gipsmassen.

Bild 35.



Aufbruchszonen eines 700 bis 1500 m mächtigen Deckgebirges; einfache Salz-Staumassen.
D = Diluvium, T = Tertiär, Kr = Kreide, J = Jura, Tr = Trias, K = Keuper, M = Muschelkalk, S = Buntsandstein.
Naj = Jüngeres Steinsalz, A = Hauptanhydrit, Tä = Grauer Salzton, Kä = Älteres Kalilager, Naä = Älteres Steinsalz.
X = A + Tä + Kä

ausgefüllt (Bild 37c). In dem Beispiel Bild 35 ist diese etwa 900 m, d. i. dreimal so mächtig als das ursprüngliche Lager. Die zum Aufbau dieser Staufalte benötigten Steinsalzmassen sind offenbar den Randstreifen der Großschollenbereiche entnommen; dort ist mit Bergbau- oder Bohraufschlüssen das Ältere Steinsalz stets sehr verjüngt — zum Teil über 50 m, d. i. kaum den fünften Teil so mächtig, als das Mutterlager — festgestellt.

Bei manchen derartigen Störungszonen sind die jüngeren Salz- und die Deckgebirgsschichten von den sattelförmig aufgewölbten und angestauten Älteren Steinsalzmassen durchbrochen (Schema,

Die durch den tektonischen Vorgang verursachte Formänderung des Gesamtkörpers des oberen, das permische Salzlager enthaltenden Teils der Erdkruste vollzieht sich also unter unterschiedlicher Anteilnahme der verschiedenartigen Hauptgesteinsschichten, u. z. besonders auffällig bei einem Durchspießungsvorgang.

b) Unterschiedliche Formänderung und Verformung der verschiedenartigen Schichten des Salzlagers.

Die verschiedenenartigen Schichten des Salzlagers erleiden bei ihrer Einpassung in die Gesamtform des stockförmigen Salzkörpers eine unterschiedliche

Formänderung und Verformung. Diese hängt ab von den besonderen stofflichen Eigenschaften der Gesteine, vor allem von dem Grade ihrer Plastizität, von der Mächtigkeit der betreffenden Schichten im Verhältnis zu der Mächtigkeit der sie einschließenden, andersartigen Schichten und von der Art der Einschaltung jeweils plastischerer zwischen spröden und spröderer zwischen plastischen Schichten.

Das Ältere Steinsalz tritt, 300 m d. i. mehr als die Hälfte der gesamten Salzlagerstätte mächtig, an der Basis des Salzlagers auf. Es vermag also,

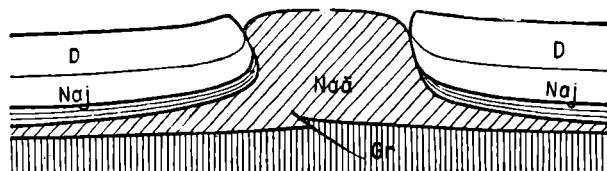


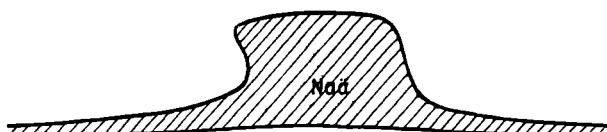
Bild 36 Gesamte Salz-Störungszone.



Bild 37a Aufgebrochenes Deckgebirge.



b Aufgebrochenes jüngeres Salz (nebst Hauptanhidrit, Salzton und Kalilager), das von Älteren Steinsalzmassen durchbrochen ist.



c Durchspießende Staumasse des Älteren Steinsalzes.



d Grundgebirge, wenig gestört.

Bilder 36 und 37a—d

Schema zur Kennzeichnung des unterschiedlichen Verhaltens der Salz-, Grundgebirgs- und Deckgebirgs-Massen im Störungsbereich.

Querschnitte; D = Deckgebirge, Gr = Grundgebirge;
Zeichenerklärung der Salzschichten s. Bilder 34 und 35.

da es aus mehr Masse besteht und stärker belastet ist als die übrigen Salzschichten, diese zu überwältigen. Die Auffaltung und Staumassenbildung des Älteren Steinsalzes ergibt sich in der Weise, daß die Bankstärke von der „neutralen Zone“ aus (Schema Bild 26) gegen den Kern des Salzstocks hin (bzw. nach oben) zunimmt und gegen die Randzonen hin (bzw. nach unten) abnimmt. Das Gefüge des im Kern der Staumasse auftretenden Steinsalzes ist im Vergleich zu dem Salz der „neutralen Zone“ erheblich größer und lockerer. Auch ist das Salz reiner; es besteht stellenweise aus fast reinem Chlor-natrium. Längs der Randzonen hingegen tritt ein sehr zähes Salzgestein („Zerrsalz“) auf, dessen

Kristallkörnchen nur die Größe und Form von Reiskörnern haben und, in der Fließrichtung in dünnen Lagen angeordnet, eine „Fließtextur“ bilden (Bild 15). Der auffallend hohe Gehalt des Steinsalzes dieser Zone an Anhydritbestandteilen erklärt sich dadurch, daß diese Bestandteile infolge der größeren Reibung den wegfließenden Steinsalzbestandteilen nicht schnell genug folgen konnten.

Auch die Gesteinsbeschaffenheit des Jüngeren Steinsalzes ist an der Aufbiegungsstelle in ähnlicher Weise, wenn auch nicht so auffällig, verändert.

Hauptanhidrit und Grauer Salzton treten etwa in der Mitte der Salzlagerstätte, zwischen mächtigen (plastischen) Steinsalzmassen auf; ihre Mächtigkeit beträgt etwa den zehnten Teil der gesamten Salzmasse. Diese Gesteinsbänke verhalten sich unter den Druckverhältnissen, welche in diesen Salzstücken herrschen, spröde. Bei der Biegung des Salzlagers sind sie zerbrochen; die Bruchstücke wurden verschoben.

Beim Hauptanhidrit ergab sich in den Muldenbögen durch Übereinanderlagerung der Bruchstücke gegenüber der ursprünglichen Mächtigkeit des Lagers ein Mehr an Masse, an den Faltenschenkeln durch Erweiterung der Abstände und Aufteilung in kleinere Teilstücke eine Verjüngung.

Die Anpassungsfähigkeit des Grauen Salztons an Biegungen ist erheblich größer, da diese Gesteinsbank sich aus dünnen Anhydrit- und Tonlagen zusammensetzt, die eine weitgehende Verschiebung kleiner Bruchteile in der Schichtenebene ermöglichen.

Das Ältere Kalilager befindet sich gerade an der Grenze der sich schmiegsam nach oben durchpressenden Massen des Älteren Steinsalzes und der spröden Salzton-Hauptanhidritbank, die die Aufwärtsbewegung nur zum Teil mitmacht. Es bildet daher den Horizont, in dem die unterschiedliche Bewegung dieser Gesteinsmassen ausgeglichen wird. Bei geringer Beanspruchung vermag es sich zwar Formänderungen der gesamten Lagerstätte anzupassen, da es aus dünnen Bänken von Steinsalz-Kieserit und Kalisalzgesteinen besteht. Da diese Gesteine aber zum Teil sehr spröde sind, so zerbrechen die Bänke bei stärkerer Beanspruchung in kleine Teile. Die Breccien-Lagerstätte täuschte vielfach ein Konglomerat vor (Gesteinsstufe Bild 11).

Bei kleineren tektonischen Störungen, die zur Zerteilung des Salztons und Hauptanhidrits führten, wird die Breccienmasse teils in die Bruchzone eingepreßt, teils auch in den von den spröden Gesteinsbänken geschützten Muldenfalten angestaut. Die für die Anstauung benötigten Gesteinsmassen sind andern Stellen der Lagerstätte, die dann als verjüngt erscheinen, entzogen (Grundriß, Bild 38).

2. Aufbruchszonen eines 1200 bis 2000 m mächtigen Deckgebirges; vielfach gefaltete Salzmassen.

Die in diesem Abschnitt aus dem nördlichen Teil Mitteldeutschlands angeführten Beispiele betreffen

Salz-Störungszonen mit parallelen Flanken, bei denen die Bauart des — mächtigen — Deckgebirges bislang nicht recht geklärt ist (Zone von Benthe, Grundriß Bild 33, Querschnitt Bild 40; Zone von Sehnde, Querschnitt Bild 39; Zone von Steinförde, Grundriß Bild 31, Querschnitte Bilder 42 a, b u. 47; Zone von Wathlingen, Querschnitt Bild 41). Diese Störungszonen enthalten stockförmig angestaute Salzmassen von 500 bis 4000 m Breite (gemessen in Höhe des Salzspiegels); die Salzstöcke sind 3- bis 4 mal so hoch als das Muttersalzlager mächtig war.

a) Gesamtformung der Salzfaltenmasse.

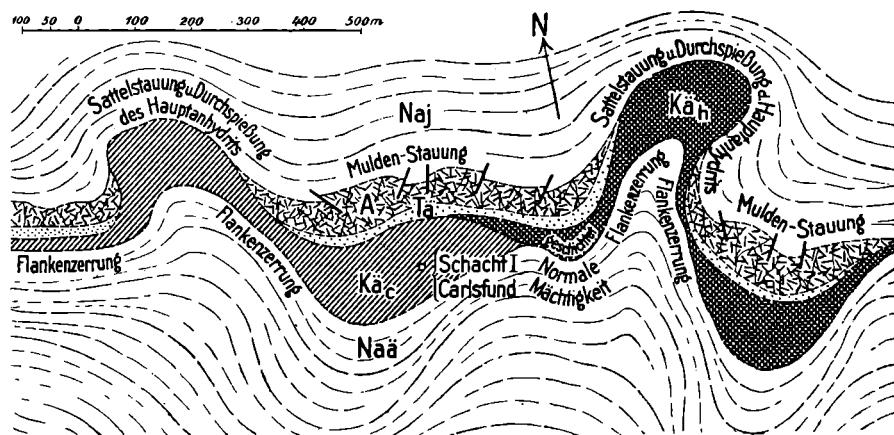
Die Salzkörper bestehen aus zahlreichen Falten, die vornehmlich parallel zu den sie begrenzenden Längsflanken des Deckgebirges stehen (Grundriß Bild 33, Schema Bilder 29 b, c). Die Falten sind in der Weise zusammengeschoben, daß das Ältere Steinsalz, von unten aus einer breit entwickelten

rem Mittelsattel die am Rande auftretenden Sättel des Älteren Steinsalzes breiter ausgebildet.

b) Unterschiedliche Formänderung und Verformung der Einzelschichten.

An Beispielen von Teilaufschlüssen derartiger Salzkörper (Querschnitte Bilder 41, 42 a, b) läßt sich erläutern, welch grundverschiedene Eindrücke sich ergeben, je nachdem Hauptanhidrit, Salzton und Kalilager noch in voller Ausbildung an ihrer Stelle im Schichtenverbande sitzen oder bei der Durchpressung des Älteren Steinsalzes durch die Jüngeren Salzschichten in der Tiefe zurückgeblieben sind. Im letzteren Falle (hauptsächlich Querschnitt Bild 42 a) begleitet die Steinsalzfalten eine schmale, zwischen Älterem und Jüngerem Steinsalz auftretende Schichtfuge, die zerriebene Kalisalzmasse, zum Teil auch Bröckchen von Salzton und Hauptanhidrit enthält. Aus Bild 41 ersieht man, daß bei

Bild 38.



Zerrissene Hauptanhidrit-Salzton-Bank; durchbrochen von Staumassen des Älteren Kalilagers.
Grundriß; Störungszone von Groß-Rhüden; Kaliwerk Carlsfund.

Basismasse kommend, durchspießende Sättel bildet. Das von diesen Durchspießungsfalten durchbrochene Jüngere Steinsalz ist zu Muldenfalten geformt, die miteinander nicht mehr zusammenhängen. Die meisten Sattel- und Muldenfalten stehen steil und haben annähernd parallel gerichtete Flanken. Die Älteren Salzmassen greifen nur selten über die Jüngeren über.

Die Anordnung der Älteren Steinsalzfalten, die die Tektonik des Salzkörpers beherrschen, scheint in Beziehung zur Höhe und Breite des Salzkörpers zu stehen. Bei dem Beispiel (— Schema) Bild 29 b, einem Salzkörper, der 1700 m hoch und 3500 m breit ist, erhebt sich ein breiter, aus mehreren Einzelfalten zusammengesetzter Mittelsattel von Älterem Steinsalz zwischen zwei breiten Einmuldungen der Jüngeren Salzfolge; längs den beiden Flanken des Salzkörpers tritt wiederum ein schmaler Sattelstreifen von Älterem Steinsalz auf. Bei dem Beispiel (— Schema) Bild 29 c, einem Salzkörper, der 2000 m hoch und 4500 m breit ist, sind bei schmale-

derselben Sattelfalte von Älterem Steinsalz an der einen Flanke die Mutterschichtenfolge auftreten kann, während an der andern Älteres und Jüngeres Steinsalz unmittelbar aneinander grenzen. Die Beispiel-Bilder 42 a, b, betreffen Aufschlüsse des selben Salzstocks, die nur einige 100 m von einander entfernt sind. Die eigenartigen schmalen Faltenstränge des Kalilagers, die in dem Aufschluß Bild 42 a, zu beiden Seiten des Schachts zu sehen sind, dürften mit unter der Einwirkung der Deckgebirgstrümmer, die in die Salzmasse tief eintauchen, entstanden sein. Diese geologischen Verhältnisse erinnern an die Alpen-Salzstöcke.

Die Besonderheiten des Faltenwurfs der Jüngeren Salzmasse in den abgeschnittenen Muldenfalten lassen sich am besten am Jüngeren Kalilager (Sylvinit) und Jüngeren (Roten) Salzton erläutern. Diese Schichten bilden im Muldeninnern Staumassen, während sie sich an den Muldenflanken verjüngen oder aus dem Schichtenverband völlig ausscheiden. Staumassen dieses Salztons im Innern

einer größeren Mulde der Jüngeren Salzmasse sind z.B. mit dem Schacht Deutschland (Bild 40), eine tiefgreifende Staumulde des Jüngeren Kalilagers ist z.B. durch den Schacht Ronnenberg (Bild 40) auf-

treten die Unterschiede gegenüber den Muttergesteinen auffälliger hervor. Man vermag sich daher in einem unzureichend aufgeschlossenen Salzkörper vielfach schon an der Gesteinsbeschaffenheit über

Bilder 39 und 40.

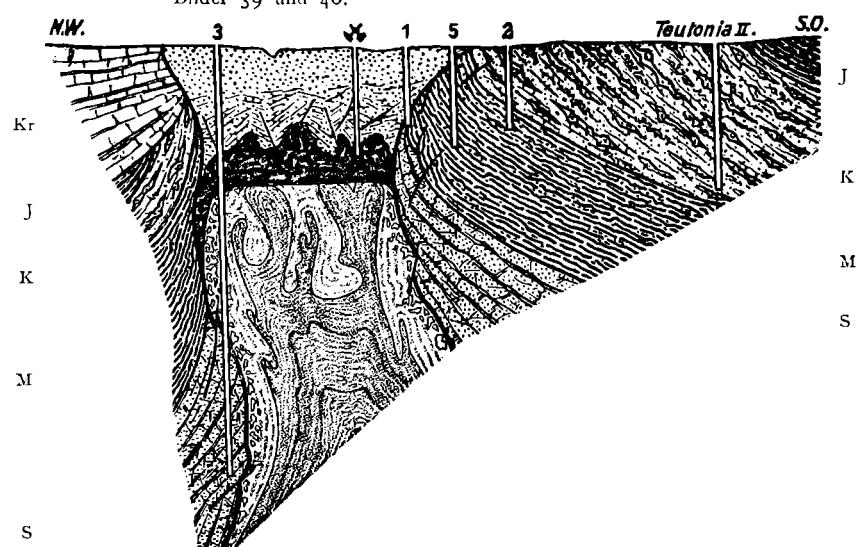
Schmaler Aufbruchsbereich des Deckgebirges.
Verbindungslück zwischen Sehnde-Lehrte-Zone und Sarstedt-Zone.

Buntsandstein der NW-Flanke bis ins Niveau des Keupers emporgeslept (Bohrung 3); nasenförmige Überkippungs-Vor sprünge.

Eng anschließende Salzmassen; Faltenbildung vermutlich analog Querschnitt Bild 42 a.

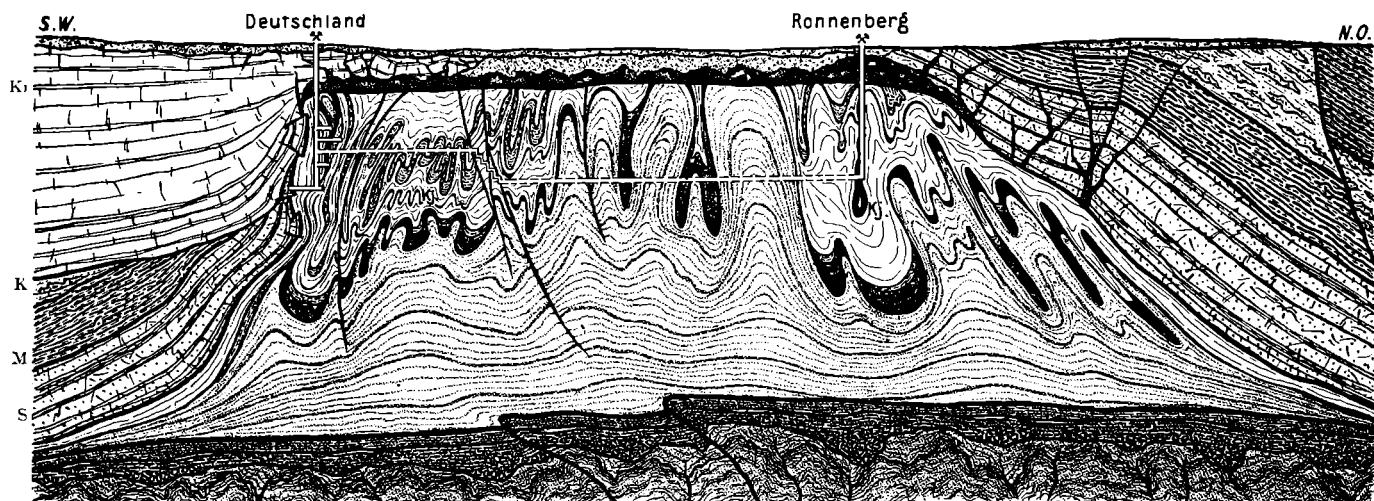
Tiefgreifend abgelauerte Salzoberfläche; bedeckt mit mächtigen Gipsmassen und Tertiärschichten.

✗ Schacht Schieferkauta; im Salzhut erlossen.



Querschnitt, M. 1:15000

E. Seidl, nach Bohraufschlüssen.



Querschnitt, M. 1:30000; Schnitt über Eck durch zwei aneinander grenzende Flanken, s. Grundriß, Bild 33, Linie A-A.

Deckgebirge NO-Flanke nach H. Stille;
Deckgebirge S-Flanke und Salzgebirge nach E. Seidl.**Breiter Aufbruchsbereich des Deckgebirges;**

Zone von Benne-Ronnenberg bei Hannover.

Vielfach gefaltete Salzmassen; breite Kernzone von Älterem Steinsalz.

Schema s. Querschnitt Bild 29 b.

Aufbruchszonen eines 1200 bis 2000 m mächtigen Deckgebirges; vielfach gefaltete Salz-Staumassen.

Zeichenerklärung s. Bilder 34, 35.

geschlossen. Die nämliche Verteilung der verschiedenenartigen Gesteinsmassen sieht man in den Teilausschnitten Bildern 43 a und b.

Die Gesteinsbeschaffenheit der verschiedenartig geformten Schichten der Salzlagerstätte ist hier grundsätzlich dieselbe wie bei den einfach gebauten Salzstöcken (Abschnitt II, 1); doch

die Tektonik der betreffenden Stelle zu unterrichten. Schmale Salzstränge z.B. enthalten nur Zerrsalz.

c) Randstreifen des Deckgebirges.

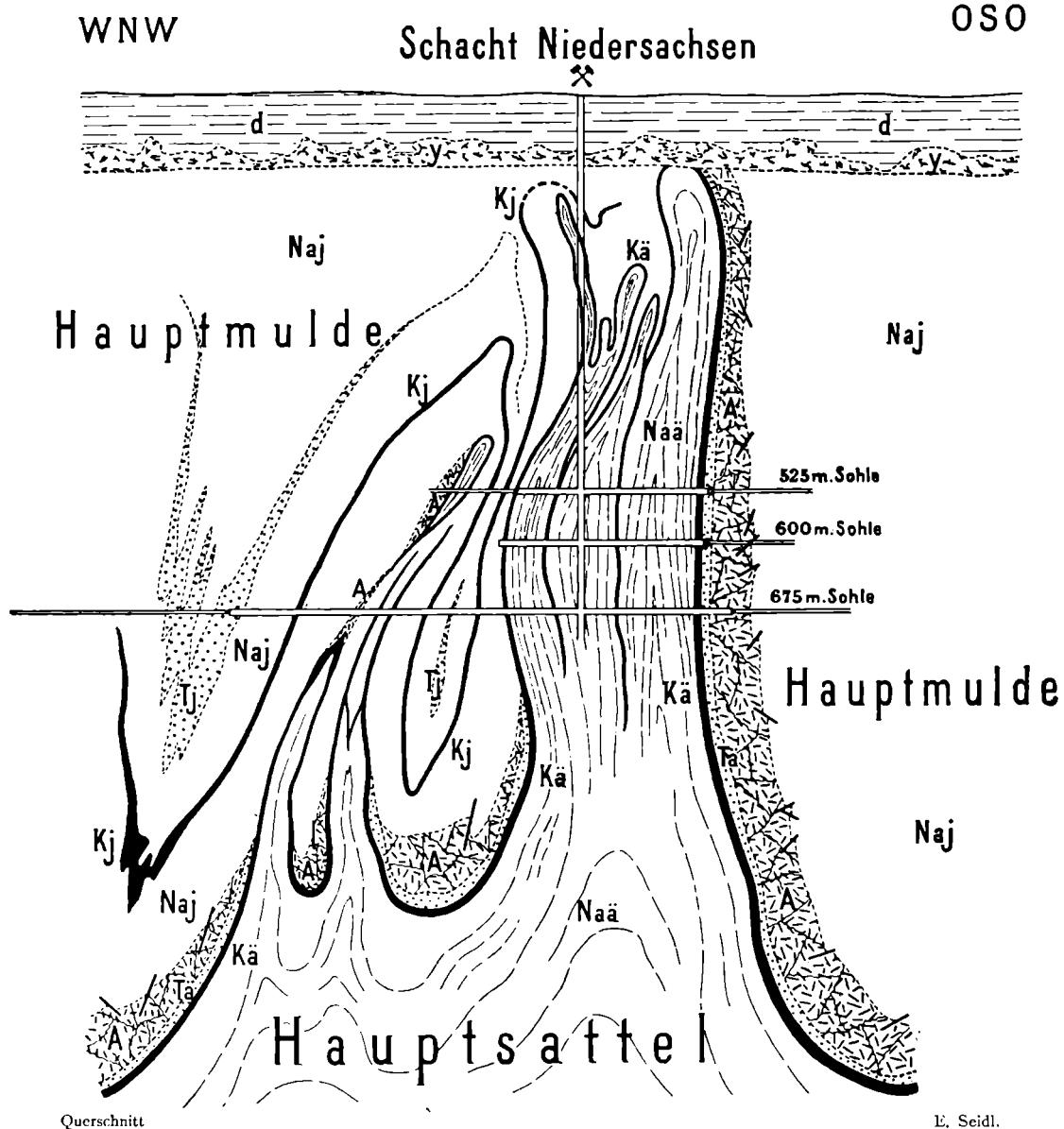
Die eigenartigen geologischen Verhältnisse, die sich bei breiteren Salzkörpern in den Randzonen bei flacher Auflagerung der Deckgebirgsschich-

ten durch Subrosion ergeben haben, sind in dem Abschnitt F, IV besonders geschildert.

Bei manchen in diesem Gebiet auftretenden schmalen Störungszonen jedoch bezeugen die geologischen Verhältnisse, daß die Aufpressung der

aufgerichtet und, zum Teil unter Bildung nasenförmiger Vorsprünge, überkippt gestellt (Querschnitt Bild 39). Gesteinspartien der tiefsten Triasschichten sind manchmal bis ins Niveau der Jura- und Kreideschichten emporgesleppt und mit diesen

Bild 41.



Mittlerer Hauptsattel einer 4500 m breiten Salz-Störungszone in der Norddeutschen Tiefenbene.

Zone von Wathlingen bei Celle.

Schema der gesamten Störungszone s. Querschnitt Bild 29c.

Die Ostflanke des aus 3 Salzsträngen gebildeten Hauptsattels von Älterem Steinsalz enthält die vollständig entwickelte Schichtenfolge (Kalilager, Salzton, Hauptanhydrit); an der Westflanke tritt nur eine mit Kalisubstanz ausgefüllte Schichtfuge auf; anschließend mehrere tiefschreitende z. T. oben abgeschnürte Mulden der Jüngeren Salzfolge.

Salzmassen aus der Tiefe unter hohem Druck erfolgt sein muß, der sich auf die Randschichten des Deckgebirges übertrug.

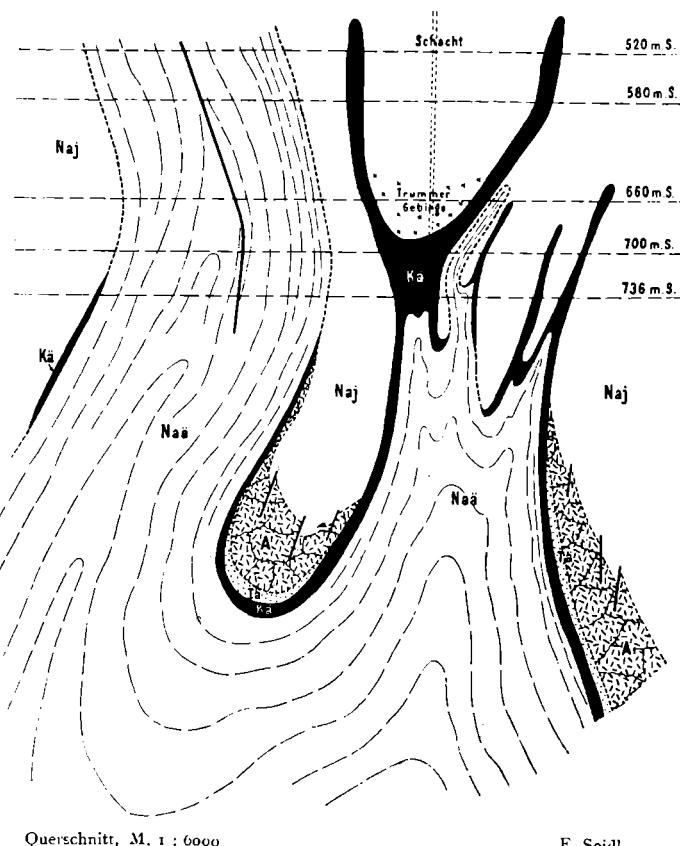
Die Deckgebirgsschichten sind längs des manchmal nur 500 bis 100 m breiten Randstreifens steil

zu einer geschlossenen Masse verknüpft. Derartige Lagerungsverhältnisse haben ehemals zu einer irrtümlichen Beurteilung des Schichtenaufbaus und der Tektonik des Deckgebirges geführt.

Bilder 42 a, b.

WSW

O NO.

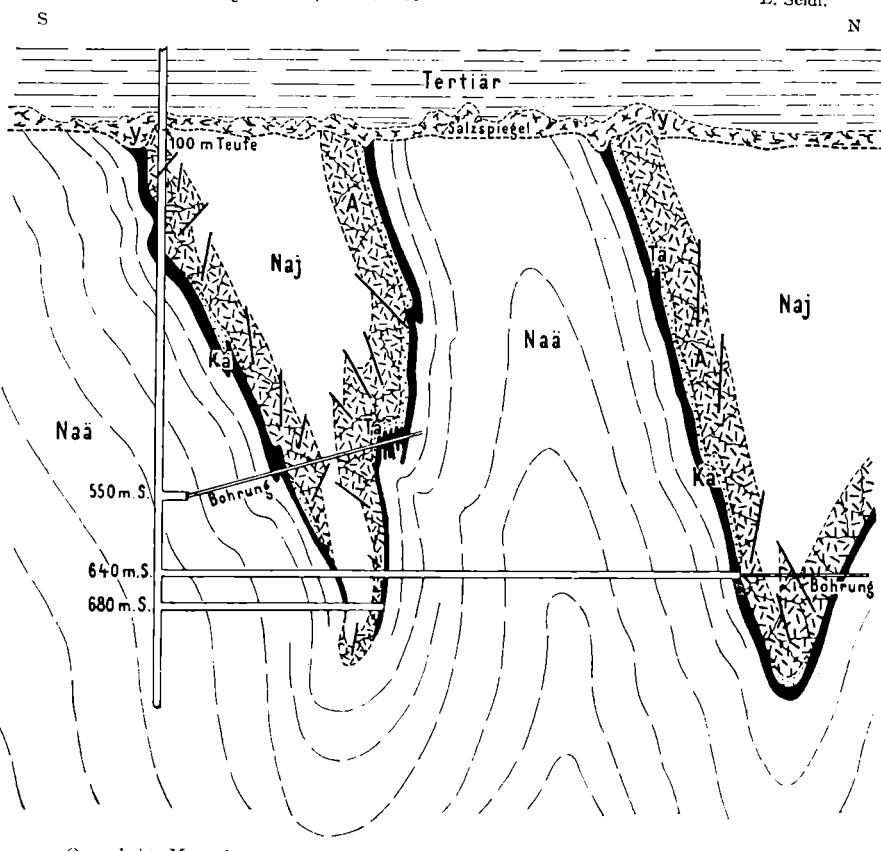


a) In dem nur 1200 m breiten Teil schmale Salzstränge des Älteren Steinsalzes und schmale Falten des Kalihorizonts zu beiden Seiten einer Trümmermasse des Deckgebirges, die durch den Schacht Steinförde aufgeschlossen ist.
Ähnlich manchen Alpen-Salzstöcken.

Querschnitt, M. 1 : 6000

E. Seidl.

N



b) In dem 2500 m breiten Teil breite Falten des Salzlagers mit vollständiger Schichtenfolge;
s. Grundriß Bild 31;
Schacht Prinz Adalbert.

Unterschiedliche Faltenbildung der Salzschichten in zwei verschiedenen gebauten Teilen einer größeren Störungszone der Norddeutschen Tiefebene.

Zone von Wietze-Steinförde
bei Celle.

Querschnitt, M. 1 : 6000

E. Seidl.

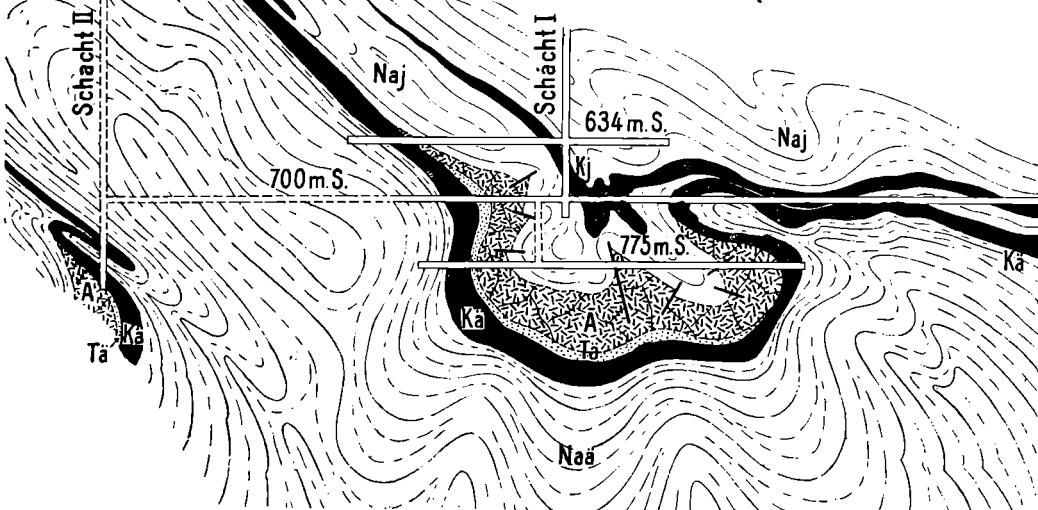
4*

Bilder 43 a und b.



Profil der permischen Salzlagerstätte im Kaliwerk Salzdetfurth.

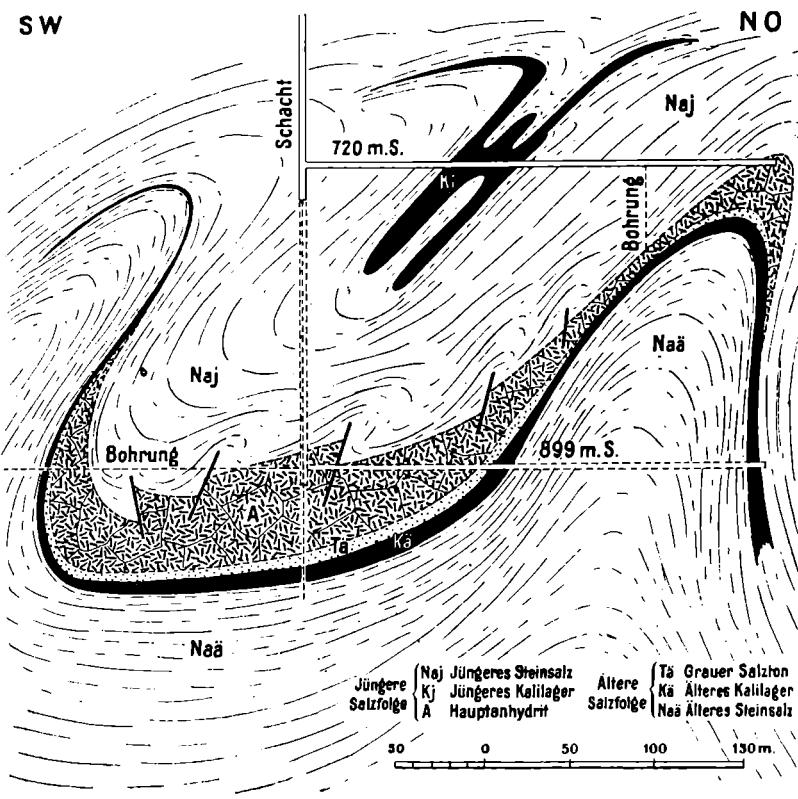
Jüngere Salzfolge {
Naj Jüngeres Steinsalz Ältere Salzfolge {
Kj Jüngeres Kalilager Tä Grauer Salzton
A Hauptanhidrit Kä Älteres Kalilager
y Gipshut su Buntsandsteintrümmer.
Naä Älteres Steinsalz



Querschnitt.

E. Seidl.

Kaliwerk Hildesia.



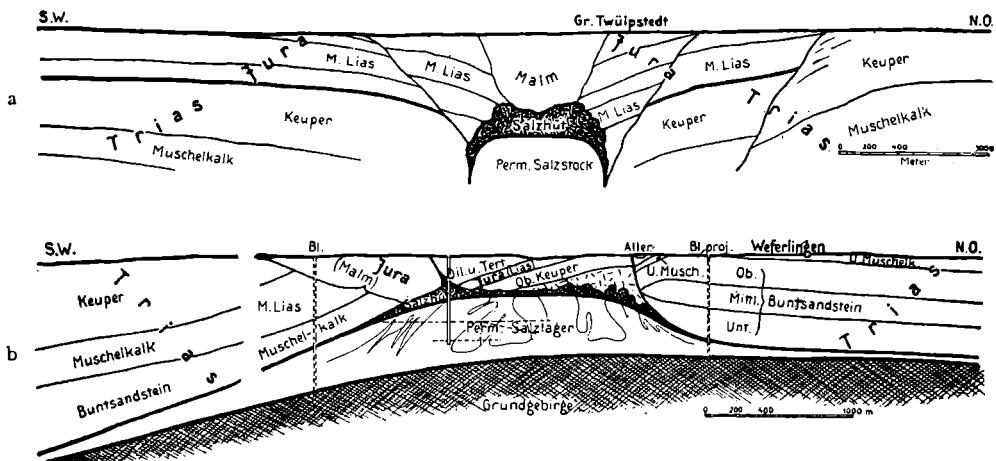
Muldenbildungen jüngerer Salzschichten in einer sattelförmig gebauten Aufbruchszone Mitteldeutschlands; Salzkörper zum Teil mit mächtigeren Deckgebirgs-trümmern bedeckt.

Zone des Hildesheimer Waldes.

Querschnitt.

E. Seidl.

Bilder 44 a und b.



Querschnitt,

Deckgebirge nach A. Mestwerdt und Th. Schmierer; Bergbau-Aufschlüsse E. Seidl.

Trümmerbedeckter Salzkörper einer Störungszone in Mitteldeutschland.

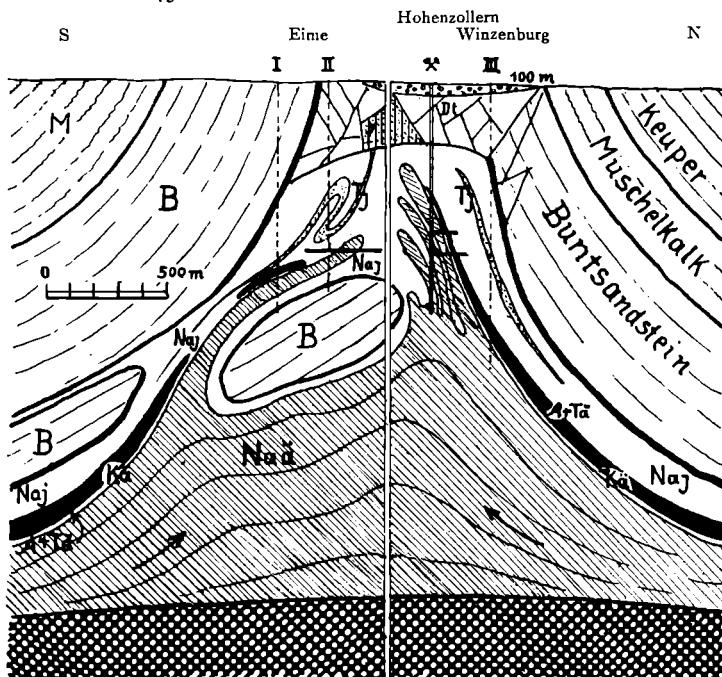
Zone des Oberen Allertals (zwischen Magdeburg und Braunschweig); Querschnitt a 10 km nordwestlich von b.

Schema s. Querschnitt Bild 29d.

Tauchmulden der jüngeren Salzschichten, z. T. abgeschnürt durch übergreifende Durchspießungs-Falten des Älteren Salzlagers.

Älteste Erklärung: als Grabenbruch; spätere Erklärung: als Salzhorst und Salzablauungszone; Erklärung E. Seidl 1925 als typische Zerreißzone mit Salzaufpressung und Salzablauung; gefolgt vornehmlich aus der Anordnung der Deckgebirgs-Trümmer im Störungsbereich und den Lagerungsverhältnissen der Großschollen.

Bild 45.



Querschnitt.

E. Seidl, nach Unterlagen von O. Renner.

**Salzkörper, von Deckgebirgs-Trümmern bedeckt und Bruchstücke einschließend
ähnlich den Alpen-Salzstöcken.**

III. Salzstöcke in Mitteldeutschland mit belastenden oder eingeschlossenen Deckgebirgs-Trümmern.

Im mitteldeutschen Trias - Jura - Gebiet gibt es zahlreiche Störungszonen, in denen die permischen Salzmassen nur ein kurzes Stück oder gar nicht zutage durchgebrochen und noch von Deckgebirgsschichten — meist nur Buntsandstein — bedeckt sind. Von diesen Störungszonen sind nur wenige durch Salzbergbau aufgeschlossen, weil das Deckgebirge als zu mächtig oder die Lagerungsverhältnisse als zu schwierig erschienen.

Die Zonen sind manchmal sattelförmig gebaut (Elm und der nicht durch Bergbau erschlossene Teil des Dorfs im Grundriß Bild 30; Hildesheimer Wald-Zone, der die Querschnitte Bilder 43 a und b entnommen sind). Bei manchen aber deuten die Lagerungsverhältnisse auf tektonische Vorgänge unter Stauchbeanspruchungen (Mittleres Leinetal, Querschnitt Bild 45) oder Zerreißbeanspruchungen des Deckgebirges (Ob. Allertal, Querschnitt Bild 44).¹⁾

Soweit diese Störungszonen durch Bergbau aufgeschlossen sind (z. B. die Zonen, welche hier durch Abbildungen erläutert sind), hat sich ergeben, daß — ebenso wie bei den früher behandelten Zonen mit zutage tretender Salzmasse — das Grundgebirge verhältnismäßig ungestört lagert, sodaß zwischen diesem und dem Deckgebirge die Salzmasse stockförmig angestaut ist. Auch am Aufbau dieser Salzstöcke ist vornehmlich das Ältere Steinsalz beteiligt, während demgegenüber die Jüngeren Salzmassen zurücktreten. Dem Überschuß an Salzmasse im Störungsbereich entspricht auch bei diesen Zonen eine Verjüngung der Salzmasse längs der beiden Flankenstreifen der Großschollen-Bereiche. Jedoch ist die Art der Faltenbildung der Schichten der Salzlagerstätte und die Verformung der Gesteine bei diesen Salzkörpern eine wesentlich andre als bei den zutage durchgebrochenen. Sie deutet auf mehrseitige und stärkere Druckwirkungen, die sich unter der besondern Belastung seitens der Deckgebirgs-Trümmer ergeben haben.

Bei den einzelnen Faltenbildungen pflegen in diesem Falle die durchbrechenden Massen des Älteren Steinsalzes über die Muldenmassen der Jüngeren Salzschichten überzugreifen. Es ergeben sich, wenn die Muldenböden von größeren (fast horizontal liegenden) Platten des Hauptanhydrits und Salztons gebildet werden, Tauchmulden von zwiebelförmiger Gestalt, die manchmal seitens der übergreifenden Fächerfalten des Älteren Steinsalzes ganz abgeschnürt sind.

Eigenartig unterschiedliche Formungen der Salzmasse finden sich in Störungszonen, in denen die Salzmassen nur zum Teil durch das Deckgebirge durchgebrochen sind. Der im Bild 43b mitgeteilte Aufschluß der Störungszone des Hildesheimer

Waldes, der im Bereich der Durchbruchsstelle liegt, zeigt eine normale Muldenbildung des Hauptanhydrits und Salztons, während man bei dem im Bild 43 a wiedergegebenen Aufschluß, der innerhalb des mit Buntsandsteinschichten bedeckten Teiles des Salzkörpers liegt, eine höchst eigenartige Tauchfalte des Hauptanhydrits und Salztons sieht. Die die Mulde auskleidenden Hauptanhydrit- und Salztonmassen sind hier, da für die Formung der Mulde zuviel Masse verbraucht wurde, in den anschließenden Flankenzenen völlig aus der Schichtenfolge ausgeschieden. An dem einen Muldenschinkel ist außerdem noch die gesamte (ursprünglich etwa 100 m mächtige) Steinsalzbank so verjüngt, daß nun das Jüngere und das Ältere Kalilager einander berühren.

Was die Gesteinsbeschaffenheit anlangt, so sind die Salz-Anhydrit- und Ton-Gesteine, die in den fast abgeschnürtenden Tauchmulden auftreten, stärker durch Druck verformt und erheblich dichter als die Gesteine derselben Horizonte, welche in benachbarten, einfach gestalteten Falten auftreten. Der Hauptanhydrit z. B. hat anstatt des ursprünglichen, flockigen Gefüges eine völlig dichte Beschaffenheit; das Ältere Kalilager tritt nur als Hartsalz auf, während benachbarte normale Faltenstrände aus Carnallit bestehen. Diese unterschiedliche Gesteinsbeschaffenheit hat ursprünglich fälschlich zur Annahme verschiedenartiger Salzgesteinsschichten geführt.

Besondere Erwähnung — wegen der Ähnlichkeit mit Alpen-Salzstöcken — verdient schließlich eine durch mehrere Kalibergwerke sehr gut aufgeschlossene Störungszone (Mittleres Leinetal, Bild 45; Schema, Bild 29e), bei der der Salzkörper von größeren Deckgebirgs-Trümmern bedeckt ist und außerdem große Deckgebirgs-Brocken enthält. Derartige Brocken sind mit mehreren Bohrungen nachgewiesen, die ein 20 km langes Stück der Störungszone aufgeschlossen haben. Sie scheinen einer vom unteren Teil des Buntsandsteins abgespaltenen Platte anzugehören. Die Salzmassen sind durch die Lücke zwischen diesen Plattenteilen und den Rändern der beiden die Flanken des Salzkörpers bildenden Großschollen hindurchgeflossen, um den über dem Trümmerstück sich bildenden Hohlraum auszufüllen. Sie schließen daher diese Buntsandsteinplatte in ähnlicher Weise ein, wie die übergreifenden Faltenstrände von Älterem Steinsalz eine abgeschnürtene Tauchmulde von Hauptanhydrit-Salzton.

In diesem Falle bringen Massen des Jüngeren Steinsalzlagers (mit ihren Einlagerungen von Rotem Salzton und Anhydritbänken) den Hauptanteil an Salz-Füllmasse auf. Die Schichten legen sich an beiden Flanken fast gleichmäßig an die Buntsandstein-Decke an. Das Ältere Steinsalz hingegen umkleidet nur in Form unregelmäßiger, ungestalter, zum Teil übermäßig schmaler Faltenstrände den Buntsandsteinbrocken. Auch Hauptanhydrit und Grauer Salzton liegen in Bruchstücken unregelmäßig verteilt. Völlig verzettelt tritt die

1) E. Seidl, Entstehung von Salzstörungszonen durch Zerdrück- und Zerreißvorgänge. Bemerkung anlässlich des Vertrages E. Fulda, „Über Salztektonik“, Z. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 78, 1926, Monatsber. Nr. 11/12; S. 281 bis 84.

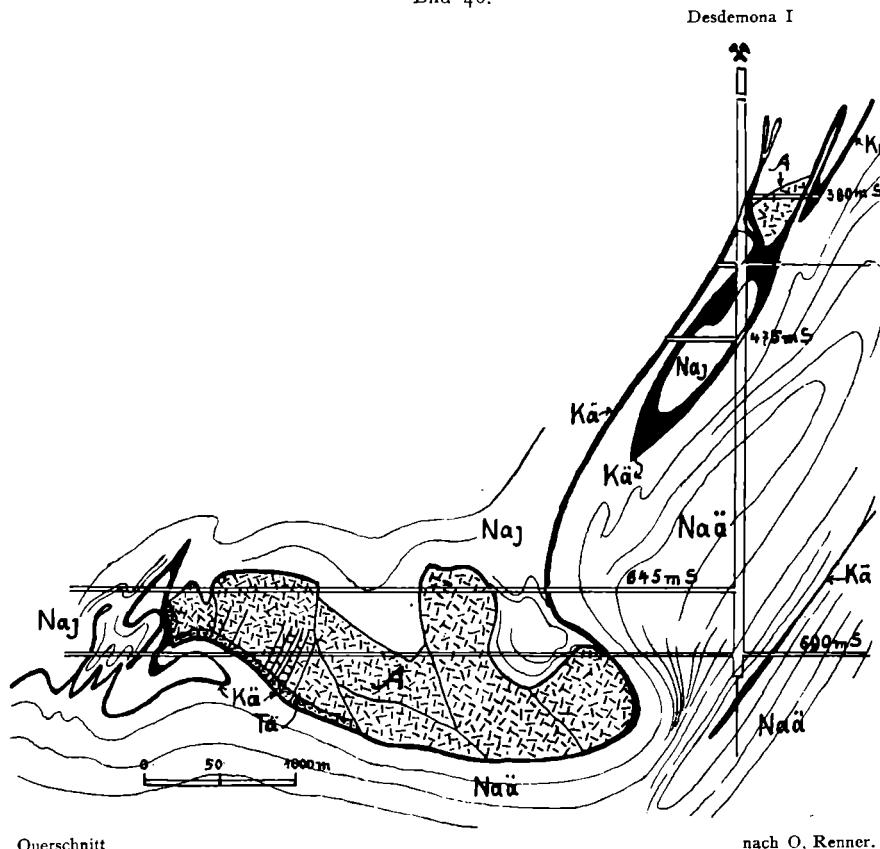
Kalisalzmasse auf. Selbst unter größeren Platten von Hauptanhidrit-Salzton bildet sie oftmals nur die Füllmasse einer Schichtfuge. Unerwartet treten dafür mächtige Staumassen am Ende solcher Platten, unmittelbar begrenzt von Älterem und Jüngerem Steinsalz, auf.

IV. Salzstöcke in der Norddeutschen Tiefebene; 2000 bis 3500 m mächtiges Deckgebirge.

Die in der Norddeutschen Tiefebene auftretenden Salz-Störungszonen sind nur unvollkommen auf-

logischen Erscheinungen, insbesondere (geringmächtige) Trümmermassen von Kreideschichten, die auf manchen Salzkörpern jetzt hoch über dem Niveau der (mächtigen) Kreideablagerungen der Großschollen-Bereiche liegen (Querschnitt Bild 48). Bei den Salz-Störungszonen, die sich über Tage durch Gipshügel ankündigen (Querschnitt Bild 49), muß wohl Salzmasse stetig in solchem Maße aufströmen, daß die durch die Niederschlagswasser verhältnismäßig so leicht zersetzbaren Gips-Rückstandsbildungen nicht entsprechend schnell hinweggeführt werden können.

Bild 46.



Sehr unregelmäßig geformte Salzschichten in der Lücke des Deckgebirgs-Aufbruchs einer durch Stauchvorgang entstandenen Salz-Störungszone.

Zone des Mittleren Leinetals, s. Querschnitt Bild 45.

Unter der Hauptanhidrit-Salztonplatte (A + Tä) tritt anstatt des Kalilagers Kalisalz-Masse z. T. nur als Ausfüllung einer Schichtfuge auf. Am Ende der Platte aufgepreßte, vielfach gefaltete Massen des Älteren Steinsalzes (Naä) und Kalilagers (Kä).

Ein Teilstrich des Maßstabs = 50 m.

geschlossen. Doch ergibt sich aus den Aufschlüssen klar die bedeutungsvolle Tatsache, daß die Salzmassen unter dem hohen Druck der über 2000 bis wohl 3500 m mächtigen Deckgebirgsschichten der Großschollen-Bereiche auch noch nach dem ersten Durchbruch — am Ende der Jurazeit — aufgepreßt wurden, und zwar bis hinein in die Tertiär- und Diluvialzeit, und daß sie auch wohl jetzt noch aufsteigen.

Es deuten hierauf, abgesehen von andern geo-

E. Tektonik der Salz-Störungsbereiche im Alpen-Permsalzgebiet.

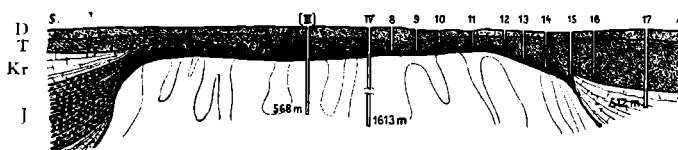
I. Allgemeine geologische und geographische Verhältnisse der Großschollen- und Salz-Störungsbereiche.

In dem etwa 50 km breiten und 400 km langen Streifen der Nördlichen Kalkalpen liegt die Basis des permischen Salzlagers etwa in Höhe des Meerespiegels, während die Oberfläche der „Kalkforma-

tion“ 1000 m, stellenweise bis gegen 3000 m ü. d. M. hoch aufragt¹⁾.

Durch tektonische Einschnitte und Erosions-täler, die zum Teil 600 bis 500 m ü. d. M. tief, d. h. bis auf das Niveau der Seen des Nördlichen Alpen-vorlandes hinabreichen (Hallstätter See, St. Wolfgangsee im Salzkammergut, Eibsee am Wetterstein-gebirge), ist die gesamte Kalkformation zum Teil bis auf die untersten Triasschichten hinab sehr gut aufgeschlossen. Einen Einblick in die oberen Triashorizonte gewähren manchmal ausgedehnte Höhlen, die 1000 bis 1700 m ü. d. M. hoch auftreten.

Bild 47.



Querschnitt, M. 1: 50 000.

H. Monke und I. Stoller.

Störungszonen in der Norddeutschen Tiefebene; verborgen, die durch Tiefbohrungen gut aufgeschlossen sind.

Im Bereich der nördl. Großscholle mächtige Tertiärschichten; im Bereich der südl. Großscholle und über dem Hutgips geringmächtige Tertiärschichten.

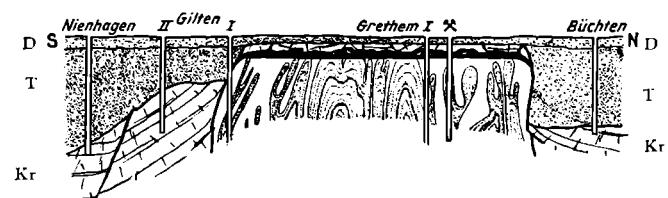
Zone von Wietze-Steinförde;
s. Grundriß Bild 31 und Querschnitt Bild 42 b.

Zeichenerklärung s. Bilder 34 und 35.

Kalk, zur Jura- u. z. zur Tithonzeit Plassenkalk) abgelagert, als in den Großschollen-Bereichen. Zur Kreidezeit schließlich füllten sich die Störungszonen nach einer durchgreifenden Störung der bis dahin abgelagerten Schichten mit „Gosau“-Kreide- und andern eigentümlichen Kreideschichten.

In geographischer Hinsicht sind die Störungsbereiche durch besondersartige Talbildungen mit eigentümlichen Bergtrümmermassen und durch eine bestimmte Art der Abführung der Niederschlagswasser als Tages- und Grundwasser gekennzeichnet.

Bild 48.



Querschnitt, M. 1: 50 000.

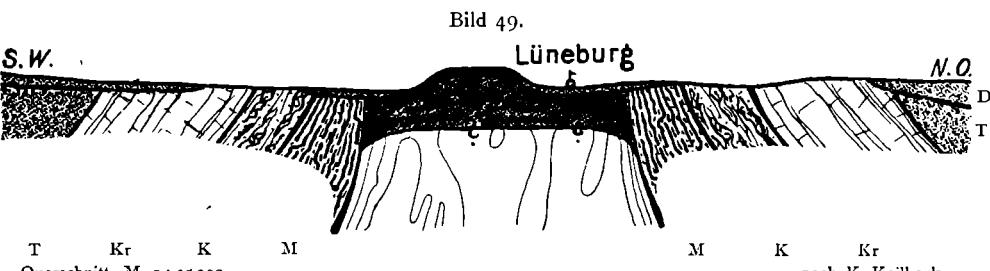
E. Seidl, nach Bobraufschüssen.

Die Kreidedecke über dem Hutgips liegt 300 m oberhalb der Oberfläche der Kreide der südlichen Großscholle.

Zone von Grethem-Büchten-Ahlden; innerhalb der „Salzlinie“ des Unteren Allertals.



Schacht Reichenhall.



Störungszone in der Norddeutschen Tiefebene; über Tage erkennbar durch zu Tage tretende Triasschichten und durch Gipsmassen des Salzhuts, die Hügel aus der Ebene aufragen.

? Höhenlage der Salzoberfläche ist nicht bekannt, da Tiefbohrungen nicht vorhanden sind.

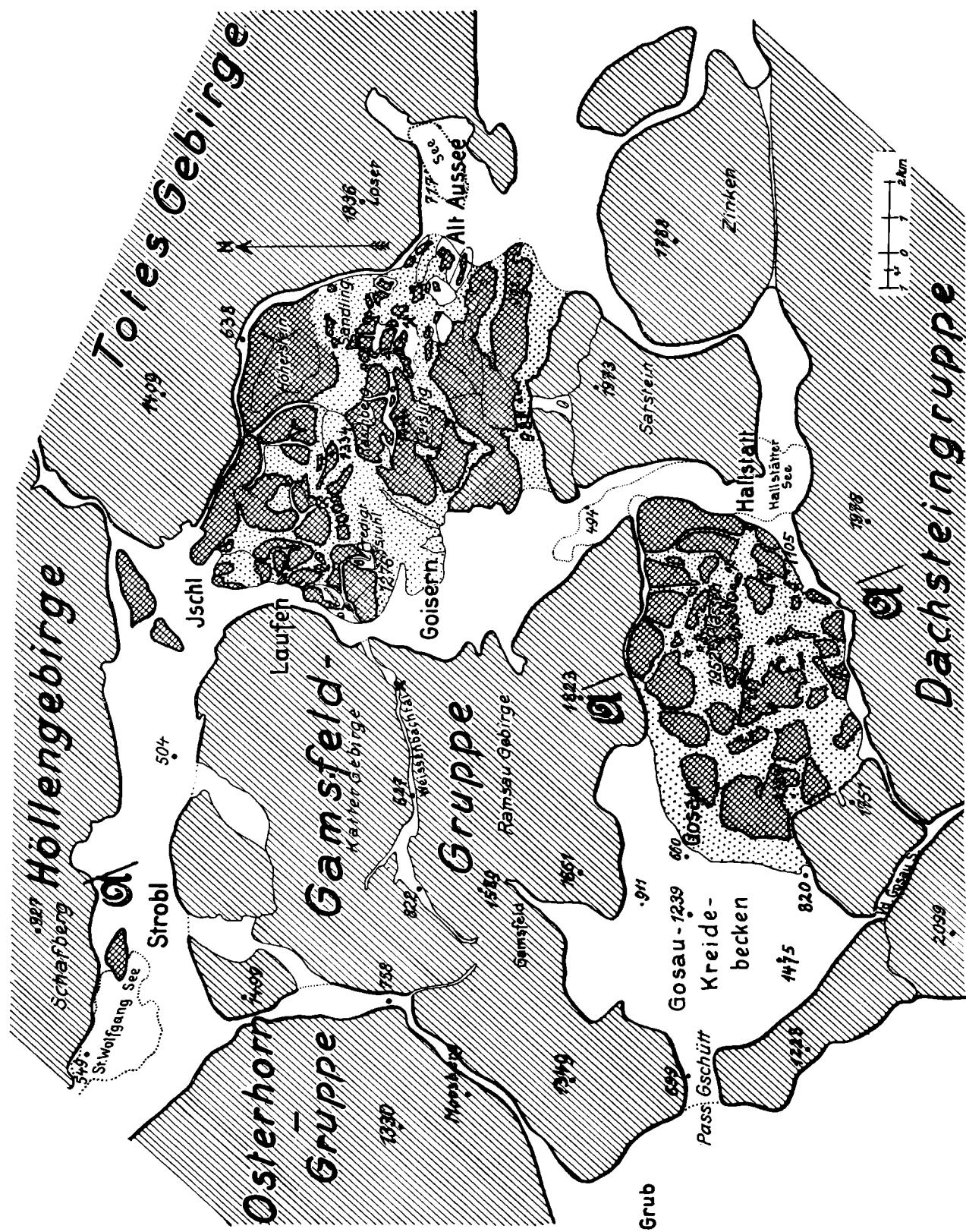
In den meisten Störungszonen sind die permischen Salzmassen nebst den Werfener Tonmassen durchgebrochen und gehen jetzt stellenweise noch über 1000 m ü. d. M. hoch zutage aus. Der Durchbruch dieser Basisschichten der Kalkformation erfolgte im mittleren Bereich der Kalkalpen schon am Ende der Triaszeit, also erheblich früher als im deutschen Salzgebiet (Ende der Jurazeit). In den tief eingeschnittenen Tälern der Störungszonen wurden daher von da ab andersartige Schichten (z. B. am Ende der Triaszeit Oberer Hallstätter

Der Facies nach unterscheiden sie sich von den Großschollen-Bereichen außer durch zutage tretende Rückstands-Bildungen der abgelagerten Salzmassen — nebst Werfener Massen — auch durch eine besondere Ausbildung der jüngeren Kalkschichten.

Auch in physikalisch-mechanischer Hinsicht sind sie besonders gekennzeichnet; nämlich durch zu wenig Deckgebirgs-Masse, zuviel Masse der Basisschichten, also durch das Vorherrschende von Masse von verhältnismäßig geringem spez. Gewicht und hoher Plastizität.

Unter Berücksichtigung all dieser Gesichtspunkte ergibt sich daher bei Darstellung der geologischen Verhältnisse im Grundriß das ein-

1) Westlicher Steilschollenbereich: Lechtaler Alpen, Val-luga 2811 m, Parseierspitze 3038 m; Wettersteingebirge; Zugspitze 2960 m — Flachschollenbereich: Hochkönig 2928 m, Dachstein 2974 m.



Grundriß; Salzkammergut

Bild 50.

E. Seidl und R. Plank.

Aufteilung des Gesamtgebiete in Großschollen-Bereiche (schraffierte Flächen) und Salz-Störung-Bereiche (weiße und punktierte Flächen). — In den Salz-Störungsbereichen Trümmerstücke von Deckgebirgsschichten (kreuzschraffierte Flächen), die in Salzmasse eingebettet sind.

— — — = Querschnitt Bild 5. — × im Weißenbachtal Aufnahmestelle der Ansicht Bild 24.

Bergbaubiete; bei Laufen Ansatzstelle des Erbstollens von Ischl s. Querschnitt Bild 65.

Störungsgebiet des Salzkammerguts; Mittelstück des Flachschollen-Bereichs der Nördlichen Kalkalpen;
Bergbaubiete von Hallstatt und Ischl-Aussee.

fache und kennzeichnende Bild, das die Grundriß-Bilder 2, 50 und 66 a, b zeigen.

Die meisten Salz-Bergwerke befinden sich in dem durch flache Lagerung der Großschollen ausgezeichneten mittleren Teil der Kalkalpen; es sind im Salzkammergut (Grundriß, Bild 50) die Salzberge von Hallstatt, Ischl und Aussee und in den Berchtesgaden-Salzburger Alpen die Salzberge von Berchtesgaden und Dürrnberg. In diesem Gebiet ähneln, wie der Querschnitt Bild 5 zeigt, die Lagerungs-Verhältnisse denen des mitteldeutschen Salzgebiets (Querschnitt, Bild 3 a, b). Jedoch ist die

Störungszonen des Steilschollen- bzw. Faltengebiets der Westlichen Kalkalpen gewährt das im Südlichen Karwendelgebirge befindliche Salzbergwerk von Hall (Grundriß, Bild 72, Querschnitt, Bild 76).

Beim Vergleich der Alpen-Salzstöcke mit denen des deutschen Salzgebiets ergeben sich folgende Unterschiede, die zu berücksichtigen sind:

Unterschied gegenüber den germanischen Salzstöcken.

Die meisten im deutschen Gebiet durch Bergbau aufgeschlossenen Salz-Störungszonen sind frei von

S

Bild 51.

N

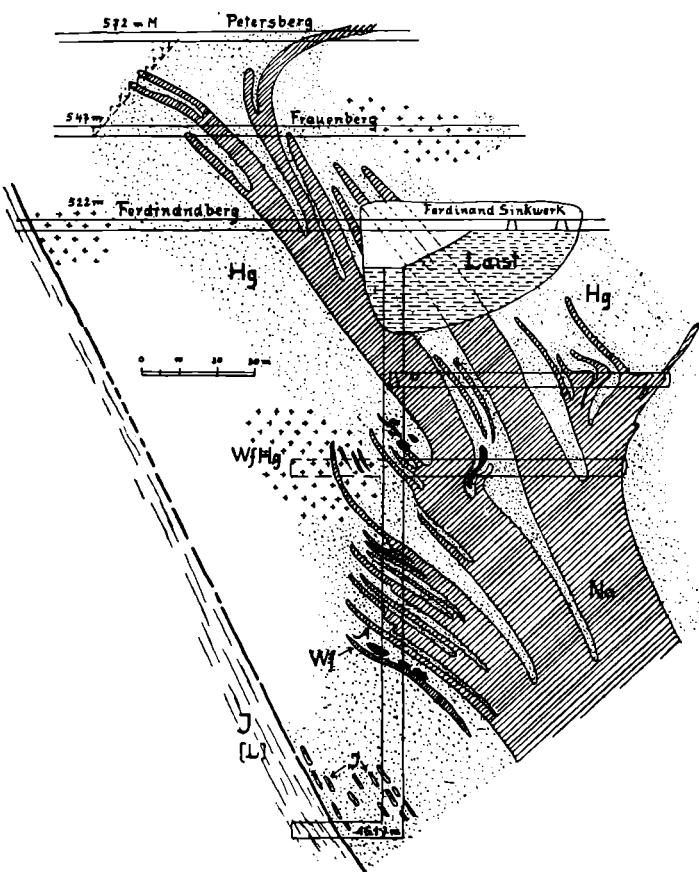


Bild 52.

N

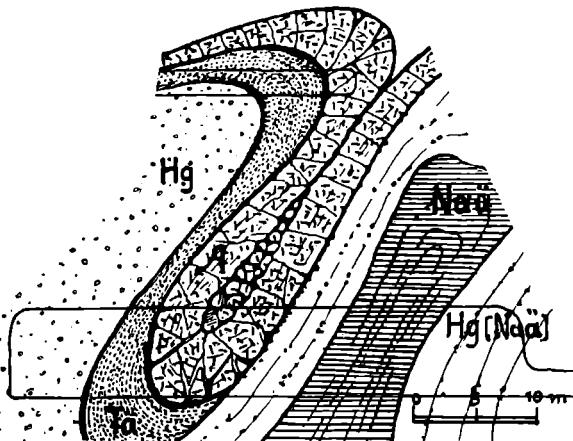


Bild 52. Falte von Hauptanhydrit (H) und Grauem Salzton (Tä) zwischen Älterem Steinsalz (Naä) bzw. Haselgebirge (Hg).

Aufschluß im Südfeld des Bergwerks.

Bild 51. Stränge von Mutter-Steinsalz (Na); aufgepreßt längs einer Scholle von Jurakalk-Schichten J (L);

Haselgebirgs-Bildung (Hg) mit Werfener Schutt (Wf) und Jura-Brocken.

Blind-Schacht; das Ferdinand-Sinkwerk wird z. Zt. Besuchern des Bergwerks gezeigt.

Salzberg Berchtesgaden

s. Grundriß Bild 60 und Querschnitt Bild 61.

Anordnung der Salz-Störungszonen im Verhältnis zum Grundgebirge in beiden Gebieten eine grundsätzlich andere. Während die Haupt-Störungszonen in Mitteldeutschland parallel zu den zutage tretenden Grundgebirgs-Schwellen verlaufen, bilden sie in den Kalkalpen zwischen den Begrenzungszonen derselben ein Netz von gesetzmäßig bestimmter Symmetrie. Manche der durch diese Störungslinien begrenzten Gruppen von Großschollen zeigen dementsprechend eine Gestalt, die eine Beziehung zu andern, ihnen symmetrisch zugeordneten Großschollen-Gruppen erkennen lässt (Totes Gebirge, z. B. entsprechend dem gesamten Schollenbereich der Berchtesgaden-Salzburger Alpen).

Einen Einblick in eine der bedeutenderen Salz-

Deckgebirgs-Trümmern und deren Schutt; der gesamte Aufbruchsräum des Deckgebirges wird von den permischen Salzmassen eingenommen. Bei den Alpen-Salzstöcken tauchen jedoch große Trümmerstücke, die teils von den Großschollen abgespalten sind, teils den besonderen Kalkschichten der Störungsbereiche selbst angehören, tief in die Salzmassen ein. Der Salzkörper besteht nicht nur aus den Mutter-Salzmassen, sondern auch aus „Haselgebirge“ mit Werfener Massen und Trümmerstücken anderer Deckgebirgsschichten.

Bei den deutschen Salzstöcken — die allerdings meist nur 1 bis 2 km breit sind — erstrecken sich die Aufschlüsse vielfach über den ganzen Salzkörper, unmittelbar bis an die Ränder der Groß-

schollen; sie reichen meist über 600 bis 900 m tief. Von den — oft 4 bis 7 km breiten — Salz-Störungszonen der Kalkalpen jedoch sind durch Bergbau nur Teile des mittleren Bereichs, und zwar 200 bis 500 m tief aufgeschlossen.

Gleichwohl ermöglichen auch diese Aufschlüsse schon eine Beurteilung der gesamten Störungsbereiche. Denn die Beziehung zwischen einer Gruppe von Deckgebirgs-Trümmern zu den dazwischen strangförmig aufgepreßten Salzmassen ist in allgemein-wissenschaftlicher Hinsicht die nämliche, wie die eines ganzen Salzstocks zu den ihn begrenzenden Großschollen.

II. Klärung der speziellen geologischen Verhältnisse innerhalb der Salzmasse.

1. Grundsätze.

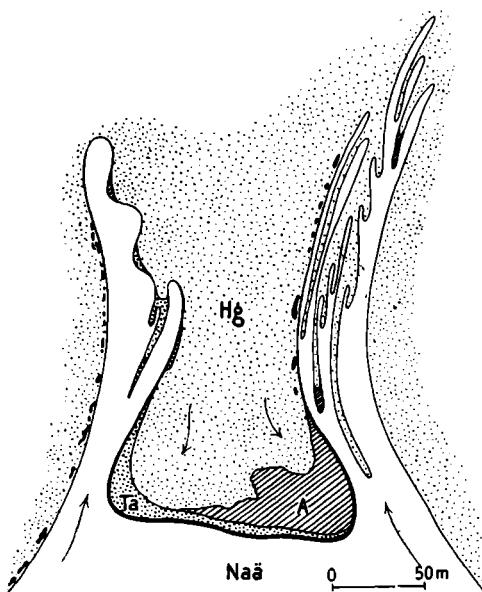
In sämtlichen Abbildungen sieht man deutlich, daß der Salzkörper, d. h. die Gesteinsmassen, in

rungsverhältnisse erfahrungsgemäß eine unterschiedliche Plastizität und ein verschiedenes spez. Gewicht den Ausschlag.

In facieller bzw. tektonischer Hinsicht kommen folgende Erfahrungen zustatten:

Die einzelnen Salz-Horizonte treten auch in den stärkst gestörten bzw. gefalteten Teilen des Salzkörpers entsprechend der Altersfolge der ursprünglichen Ablagerung auf. Das Ältere Steinsalz ist von unten aufgepreßt; die jeweils jüngeren Schichten umkleiden mantelartig dessen Sattelfalten-Stränge. Deckgebirgs-Trümmer tauchen von oben her in die Salzmasse ein. Daher kommt man, wenn man, vom Kern der Älteren Steinsalz-Stränge ausgehend, nach einer Seite oder nach oben hin die Lagerstätte durchquert, in immer jüngere Schichten so lange, bis der Kern einer Mulde (d. h. eine Haselgebirgs-Masse oder ein eintauchender Deckgebirgs-Brocken) oder bis das Ausgehende der Lagerstätte erreicht ist.

Bild 53.



denen die großen als Berge und Kögel zutage tretenden Deckgebirgs-Trümmer eingebettet sind, aus Schichten des eigentlichen Muttersalz-Lagers, ferner aus „Haselgebirge“, aus Werfener Ton- und Sandsteinmassen und kleinen Trümmerstücken anderer Schichten des Deckgebirges besteht (s. insbesondere Bilder 56 a, 61, 62, 65, 68, 69 a, 74, 75 und 76).

Bei der Aufklärung der auf den ersten Blick so verworren erscheinenden geologischen Verhältnisse der Salzkörper lassen sich die bei der Erschließung der deutschen Salzstöcke gewonnenen Erfahrungen mit Vorteil anwenden.

In physikalisch-mechanischer Hinsicht ist das Augenmerk auf die stofflichen Eigenschaften der Gesteinschichten, die miteinander verwirkt sind, die also wechselseitig aufeinander eingewirkt haben müssen, zu richten. Unter diesen geben für die gesetzmäßige Gestaltung der Lage-

Bild 54.

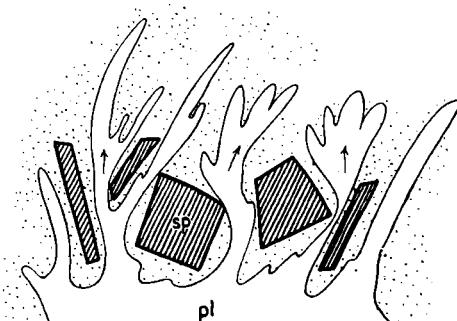


Bild 54. Schema der Aufpressung von plastischen Stein-salz - Massen (pl) zwischen eckigen Bruchstücken spröder Deckgebirgs - Schichten (sp).

Bild 53. Schema der Aufpressung des Älteren Stein-salzes (Naä) zwischen den durchbrochenen — verformten — Schichten des Grauen Salztons (Tä) und Hauptanhydrits (A); Haselgebirgs- Bildung (Hg) mittels kleiner Brocken dieser spröden Gesteine.

Wohlverstandenen können jedoch mächtige Schichtenstufen angestaut oder verjüngt oder auch ganz aus der Schichtenfolge ausgeschieden sein; die Auseinanderfolge innerhalb des verstärkten oder verarmten Profils entspricht aber in jedem Falle der Altersfolge (Schema, Querschnitte, Bilder 53 u. 54).

Schließlich dient der Aufklärung die höchst wichtige Tatsache, daß das „Haselgebirge“, das den aufstrebenden Strängen von Muttersalz - Masse zwischengeschaltet ist, eine Gesteinsbildung ist, deren tektonische Entstehung und facielle Zugehörigkeit sich in der Regel eindeutig bestimmen läßt (s. Abschnitt 3).

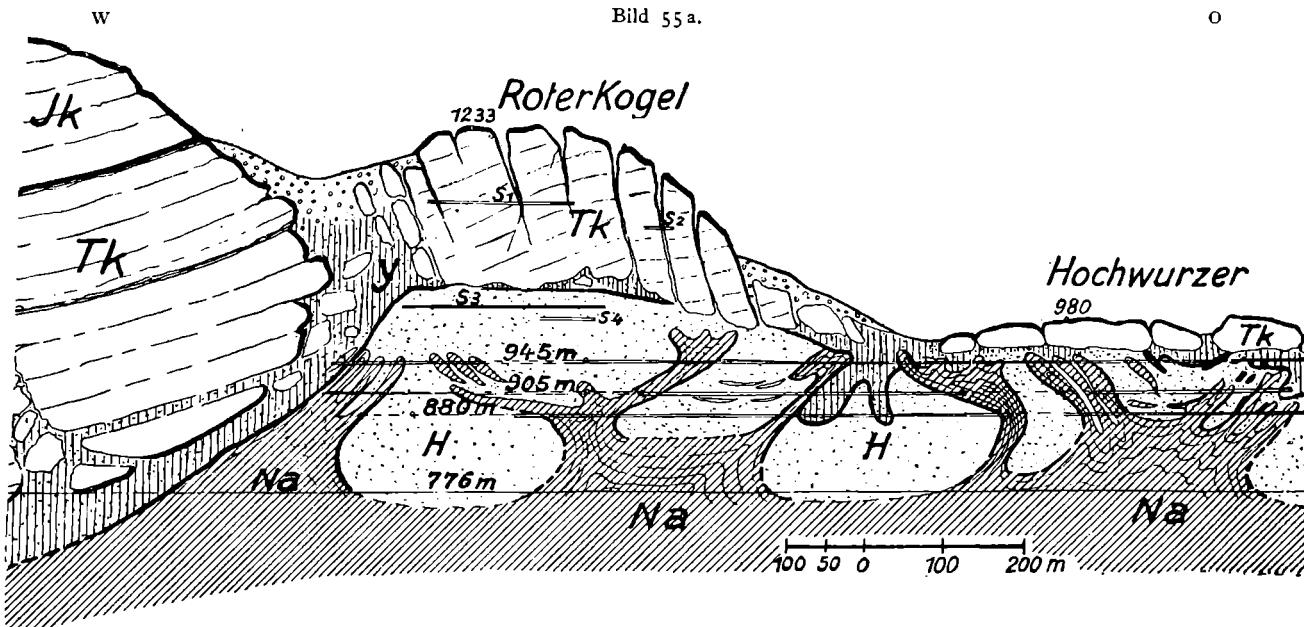
Betrachtet man die hier mitgeteilten Querschnitte der Salzberge unter diesen Gesichtspunkten, so ergibt sich ein verhältnismäßig einfaches Bild von den beim ersten Anblick so verworren erscheinenden geologischen Verhältnissen.

2. Muttersalzschichten.

a) Älteres Steinsalz.

Das Ältere Steinsalz bildet inmitten der vorwiegend aus „Haselgebirge“ bestehenden Salzmassen steil aufragende Stränge. In dem derzeit

als Folge davon, daß die Salzmassen in alle Zwischenräume, die zwischen Trümmerstücken spröder Schichten (der Salzformation und des Deckgebirges) entstanden sind, eingepreßt worden sind. Daher umschließen die Zweige von Muttersalz tiefgreifende schmale Mulden von Haselgebirgsmasse.



Querschnitt; Salzberg von Aussee; s. Querschnitt Bild 6j

E. Seidl und R. Plank.

Aufpressung von Salz- und Worfener Massen in Lücken zwischen einsinkenden Deckgebirgs-Trümmern (Roter Kogel, Hochwurzer), die von einer größeren Deckgebirgsscholle (Sandling-Berg) am Rand abgespalten sind. Zerrüttung der zu Tage liegenden Triaskalk-Schichten durch Subrosion und Zugwirkungen der aufstrebenden Salzstränge.

Verarbeitung der Basisschichten der Trias-(Muschelkalk und Worfener) Schichten zu Haselgebirge und zu Salzletten.

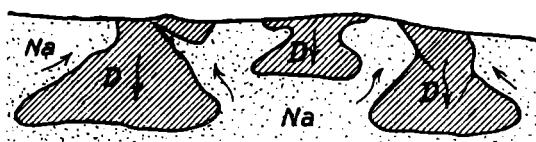
s_1, s_2 = Stollen in den Kalkschichten des Deckgebirges; zur Entwässerung getrieben, ohne daß der Zweck erreicht wurde, weil der Grundwasser-Horizont tiefer im Salzhut (y) sitzt.

s_3 = Stollen im Haselgebirge (H); zur Entwässerung getrieben, ohne daß der Zweck erreicht wurde, weil er zu tief angesetzt wurde.

Stollen	m ü. d. M.
S ₁ = Hinterer Aufschlag-	—
S ₂ = Vorderer Aufschlag-	—
S ₃ = Brennerberg- und Moosberg-	—

Stollen	m ü. d. M.
Steinberg-	945
Ferdinandberg-	905
Franz-	880
Scheiben-	776

Bild 55 b.



Schema der Aufpressung der Worfener- und Salzmassen (Na) zwischen den einsinkenden Deckgebirgsmassen (D).

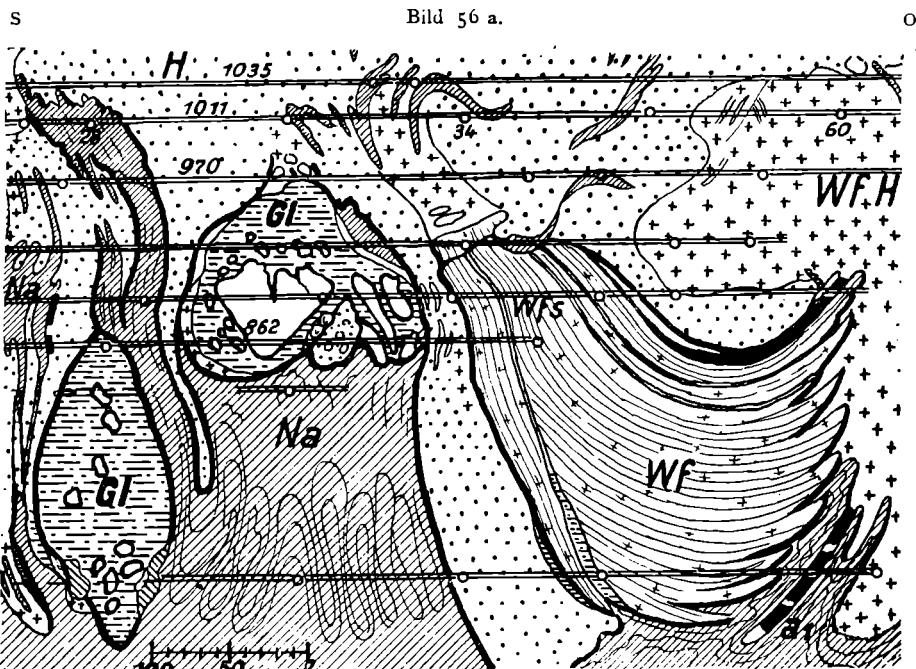
tiefst aufgeschlossenen Niveau — durchschnittlich 300 m, stellenweise 400, auch 600 m unter der Salzoberfläche — sieht man einige dicke Stämme von Muttersalzmassen (Querschnitte, Bilder 51, 55a, 62, 65 u. 69a). Diese verzweigen und verästeln sich desto mehr, je höher die Salzmassen nach oben gedrungen sind. Die Verzweigung ergibt sich offensichtlich

Die Muldenböden und die in der Tiefe unmittelbar an die Salzmasse anschließenden Flankenteile der Salzstränge sind mit Bröckchen von Hauptanhidrit und Grauem Salzton (oder deren Haselgebirge) ausgekleidet. Weiter nach oben stellen sich statt dessen meistens Bestandteile der Worfener Schichten (Ton- und Sandsteinbrocken) und auch jüngere

Deckgebirgsschichten ein (Querschnitte, Bilder 65, 68 u. 74). Hoch aufragende Faltenstränge von Älterem Steinsalz sind manchmal auch unmittelbar mit Schuttmassen jüngerer Schichten des Deckgebirgs-Gewölbes verwirkt. So ist z. B. bei dem im Salzberg von Hall als „Grauer Kern“ bezeichneten sehr reinen Steinsalz das graue Ansehen durch die Beimengung feiner Bestandteile von zerriebenen Ton-

den Haselgebirgs-Massen abgegrenzt. In dieser Grenzzone treten Bruchstücke von Grauem Salzton und Hauptanhidrit (meist durch Salzlauge umkristallisiert), außerdem viel Kieserit- und manche Kalisalze auf.

Der zum Teil bedeutende Kaligehalt dieser Zone ist bisher nicht besonders beachtet worden, wohl weil Sinkwerke, die etwa eine derartige Zone



Querschnitt; Salzberg Hallstatt

E. Seidl und R. Plank.

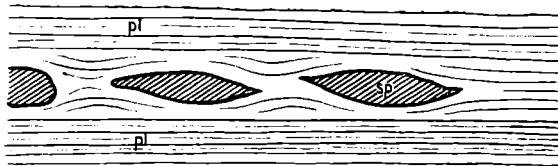
Deckgebirgs-Trümmer (Jura- und Trias-Kalkgesteine, eingebettet in Jura- und Werfener Tonmassen (GI) von oben eintauchend in die aufgepreßten Muttersalz (Na)- und Haselgebirgs (H, Wf H)-Massen und umgeformt zu linsenförmigen oder zwiebelförmigen Körpern (Schema, Bilder 56 b u. c.).

Scholle von — geschichteten — Werfener Sandstein-Schichten (Wfs), die an einer Seite von den aufstrebenden Salzmassen emporgesleppt und aufgespleißt sind;

Verarbeitung des Schutts zu Werfener Haselgebirge (Wf H).

Hallstätter Störungszone; Schnitt parallel zu dem Querschnitt Bild 68.

Bild 56 b.



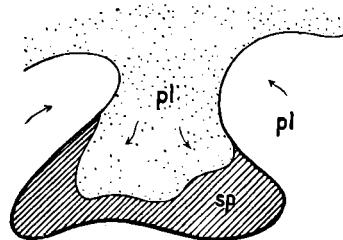
Schema; Erklärung der Linsenform der spröderen Massen (sp) zwischen den plastischeren Salzmassen (pl) durch mehrseitigen Zug (Zerreißvorgang).

und Kalk-Gesteinen des Muschelkalks bedingt (Querschnitte, Bilder 75 u. 76).

b) Grenzzone des älteren und jüngeren Salzlagers; Kalisalzlagere.

Die Hauptstämme dieser Steifalten des Älteren Steinsalzes sind in der Regel durch eine tektonische Zone scharf gegen die sie umkleiden-

Bild 56 c.



Schema; Erklärung der Zwiebelform der spröden Schichten (sp) zwischen den plastischen Schichten (pl) durch mehrseitigen Druck.

anschnitten, aufgegeben wurden, um die Sole nicht zu verunreinigen. Im Salzberg von Aussee befinden sich viele Sinkwerke im Bereich dieser Zone. Die Sole erhält dort so viel Kieserit, daß sie im Winter um mehrere Grade erwärmt werden muß, um ein Ausfällen des Kieserits in den Soleleitungen zu verhindern.

Vereinzelt sind geschichtete Partien des

Kalihorizonts, bestehend aus dünnen Kieserit- und Steinsalzlagen, die mit Carnallitlagen abwechseln, aufgeschlossen; in letzter Zeit z. B. im Salzberg von Hall (Utschneider Sinkwerk, Ortsstoß Bild 10).

Häufiger tritt die als Hartesalz bezeichnete Abart des Kalilagers (wesentlicher Bestandteil KCl ohne Gehalt an $MgCl_2$) auf; sie ist bisher meist der

Beachtung entgangen, da das Salzgestein einem rotbraun getönten Steinsalz ähnelt.

c) Hauptanhydrit, Grauer Salzton.

Größere Trümmerstücke von Hauptanhydrit sind in verschiedenen Salzbergen aufgeschlossen. In Berchtesgaden sieht man diesen Anhydrit

Bild 57.

E. Seidl und R. Plank.

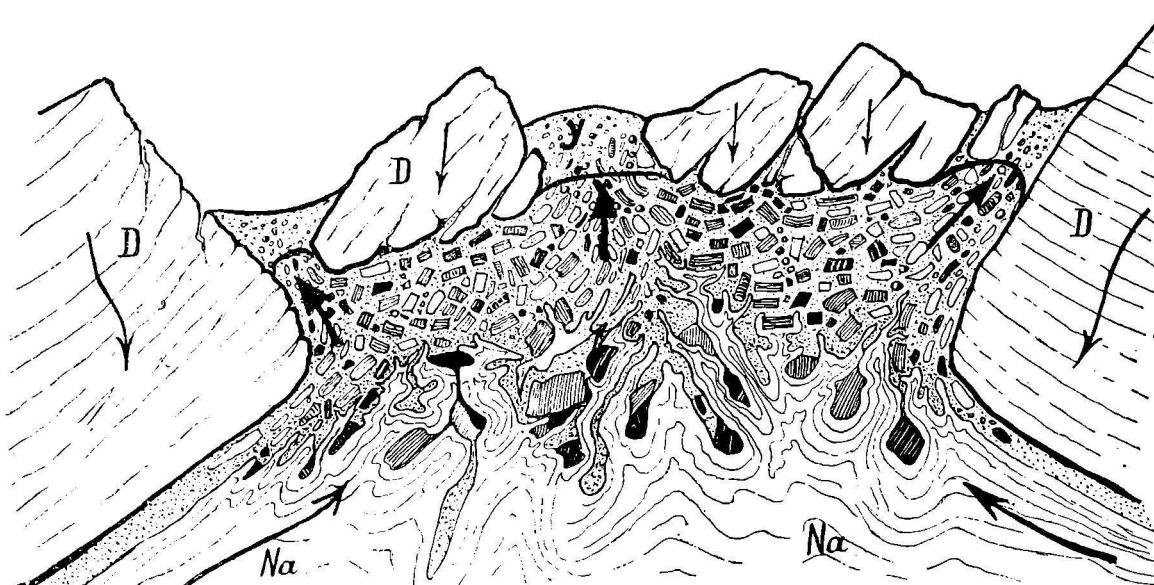
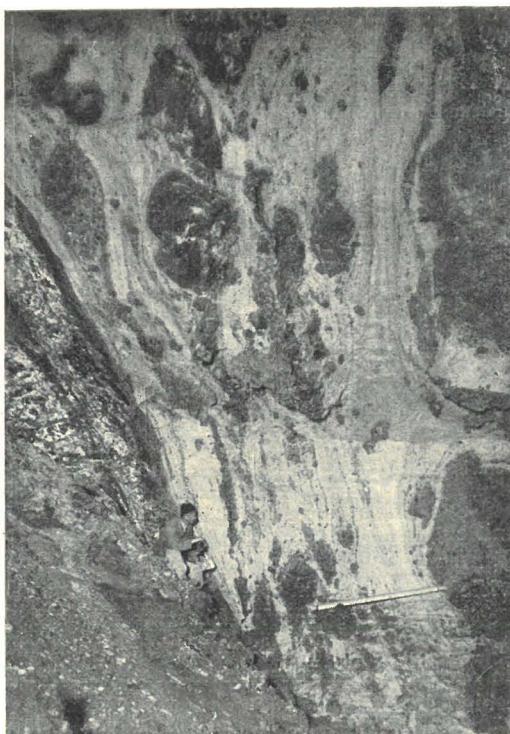


Bild 57. Schema der Bildung von Haselgebirge in den Salz-Störungszonen der Nördlichen Kalkalpen.
Bruchstücke von Deckgebirgs-Schichten (D) werden von den aufströmenden Steinsalz-Massen (Na) mit emporgehoben; sie zerteilen und runden sich dabei und schalten sich in die Fließrichtung der Salzstränge ein.

Bild 58.



Ansicht des Ortsstoßes eines Sinkwerks.

Haselgebirgs-Bildung durch Älteres Steinsalz (weiß), das den Hauptanhydrit und Grauen Salzton (schwarz) durchbrochen hat und die Bruchstücke in der Fließrichtung der Stränge einschließt.

Linsenförmige Umgestaltung der Bruchstücke infolge von Zugwirkungen der vorbeiströmenden Salzmassen (Schema s. Bild 56b).

Zeichenerklärung für sämtliche Bilder.

— = Aufschlüsse, die von dem Querschnitt unmittelbar geschnitten werden.
- - - = Aufschlüsse, die auf die Quersnittebene projiziert sind.

/ / = Fortsetzung tatsächlicher Aufschlüsse; durch Konstruktion ergänzt.

• 20 = Aufschlußstelle im Salzkörper, von der besondere Einzelzeichnungen angefertigt sind.

• 2000 = Höhenpunkte ü. d. M.; zumeist besonders eingemessen.

952 = Höhenzahlen der Stollen-Aufschlüsse; Angabe in Höhe des Stollen-Mundlochs; da die Stollen gegen den das Innere des Salzberges ansteigen, so liegen die tatsächlichen Aufschlußstellen jeweils etwas höher.

- - - - - = Bergbauaufschlüsse

- - - = Stollen-Mundloch

✗ = jetziges Bergbau-Gebiet

✗ = verlassenes Bergbau-Gebiet.

in verschiedenen Stadien der Umformung. Der Querschnitt Bild 52 zeigt eine vom Grauen Salzton umkleidete schmale Anhydrit-Falte. Die Grenzzone des Anhydrits gegen den Salzton ist dort durch stärkere Gesteinsverformung (Fließtextur) gekennzeichnet (Gesteinstufe, Bild 13). Ein bezeichnendes Bild davon, wie größere Trümmerstücke von Hauptanhydrit von den aufströmenden Salzmassen mit der Längsachse in deren Fließrichtung eingerichtet werden, gibt die Ansicht des Ortsstoßes eines Sinkwerks, Bild 58.

Der Graue Salzton ist in der ursprünglich geschichteten Ausbildung nur selten und dann anschließend an größere Schollen von Hauptanhydrit aufgeschlossen (Berchtesgaden, Bild 52). Meist treten die Tonmassen, die sehr mürbe sind, zerdrückt, in kleinen, von übergreifenden Salzmassen eingeschlossenen Mulden auf. Dieser Salzton ist auch erheblich an der Bildung von Haselgebirge beteiligt. Er wurde bisher schlechthin als „Glanz-

Querschnitt, Bild 53). Es ist durch Tönung allein nur selten vom Älteren Steinsalz unterscheidbar. Denn beide Salzgesteine werden bei der Berührung mit Werfener Tonmassen, die viel Eisenoxyd-Verbindungen enthalten, oft in gleicher Weise gelblich oder rötlich gefärbt.

3. Haselgebirgs-Bildung.

a) Vorgang.

Die Haselgebirgs-Massen, die zwischen den aus der Tiefe aufgepreßten Muttersalz-Strängen und den von oben her eintauchenden größeren Deckgebirgs-Trümmern entstanden sind, bilden — in Verbindung mit Werfener Massen, die zum großen Teil ebenfalls als Haselgebirge auftreten — die Hauptmasse des zur Zeit aufgeschlossenen oberen Teils des Salzkörpers.

Dieses Haselgebirge ist ein tektonisch entstandenes Mischgestein aus plastischer Steinsalz- oder Ton-Grund-

Bild 59 a – d.

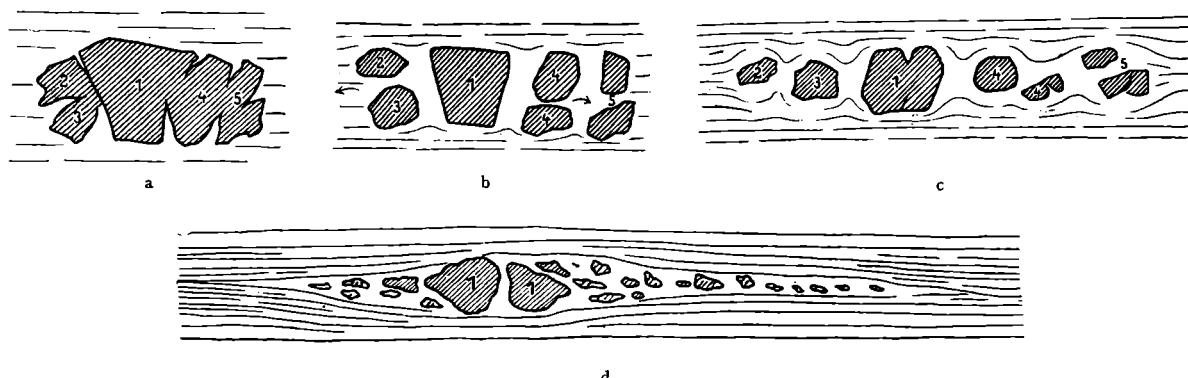


Bild 59. Schema der Bildung von Haselgebirge von plastischen Salz- oder Tonmassen mit spröderen Anhydrit- oder Kalksteins-Brocken.

- a) Zerteilung eines spröden, in der plastischen Masse eingelagerten Bruchstücks unter Druckwirkungen.
- b) c) Trennung der Teilstücke und Einhüllung in die vorbeifließenden Salzmassen.
- d) Zerteilung in kleine Teilchen; Entstehung einer Fließtextur.

schiefer“ bezeichnet und von Tonmassen jüngerer Horizonte (denen man die gleiche Bezeichnung gibt) nicht unterschieden.

Denkt man sich die Ton- und Anhydrit-Bestandteile, die zu Haselgebirge verarbeitet sind, an ihre ursprüngliche Stelle, die Grenze des Jüngeren gegen das Ältere Steinsalz bzw. das Kalisalzlagert zurückversetzt und zusammengefügt, so ergeben sich Gesteinsbänke von mehreren Metern Mächtigkeit (Schema, Querschnitt, Bild 53).

Größere zusammenhängende Platten dieser Gesteine sind zur Zeit wahrscheinlich deshalb nicht aufgeschlossen, weil in dem sehr hohen Niveau der jetzigen Bergbauaufschlüsse die aufreibenden Salzgesteinsschichten auf zu viel Hindernisse von Deckgebirgs-Trümmern stießen und sich an diesen zerschlügen.

d) Jüngeres Steinsalz.

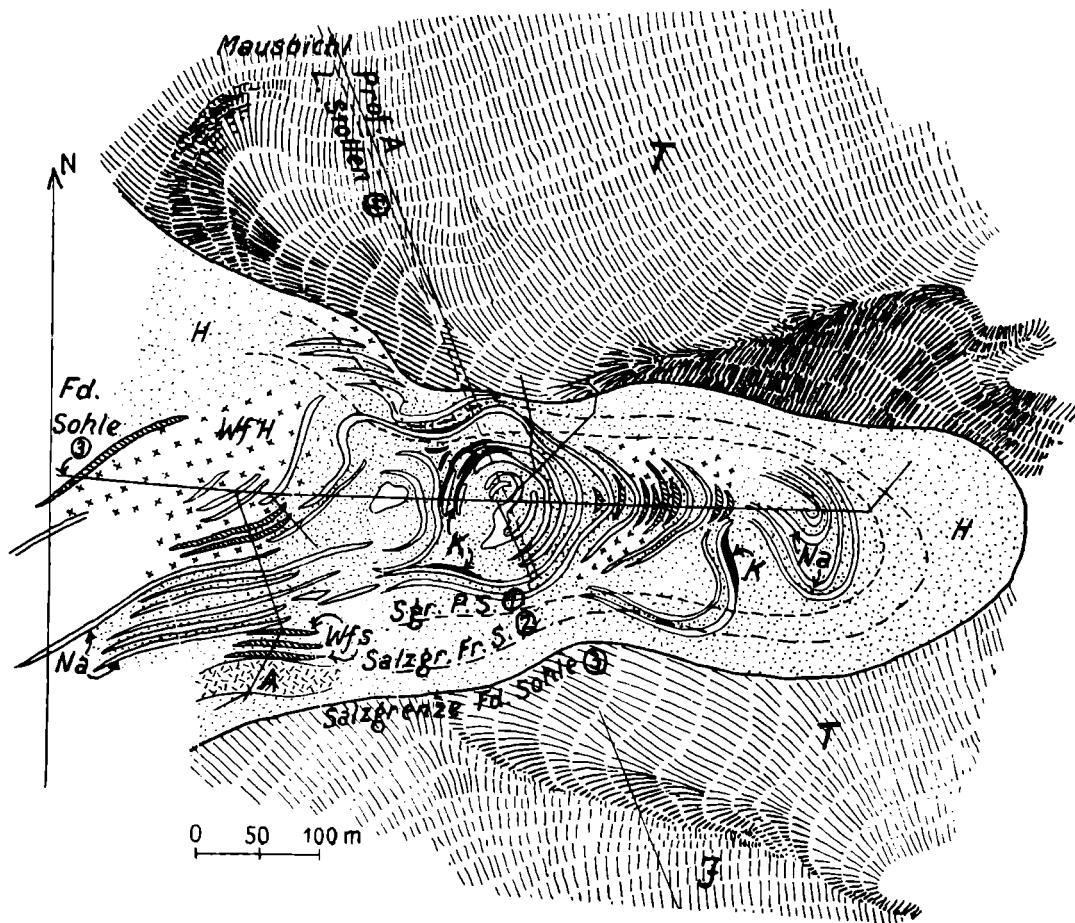
Das Jüngere Steinsalz ist meist für die Bildung von Haselgebirge aufgebraucht (Schema,

masse und Trümmerbestandteile spröderer Gesteine.

In den Salzbergen der Kalkalpen sind einerseits die gesamte Salzmasse mit den angrenzenden Deckgebirgs-Massen (vornehmlich Jüngeres Steinsalz mit Werfener Sand- und Tongesteinen) und andererseits Älteres und Jüngeres Steinsalz und die in sie eingeschalteten spröden Gesteine Hauptanhydrit und Grauer Salzton miteinander verwirkt. Ein grobes, eben aus Hauptanhydrit, Salzton und Salzmasse entstehendes Haselgebirge zeigt die Ansicht eines Ortsstoßes, Bild 58; Werfener Haselgebirge zeigt Bild 21; verschiedene andere Haselgebirgsarten geben die Bilder 16 bis 19 wieder.

Den tektonischen Vorgang in den Kalkalpen im großen erläutert der Querschnitt, Bild 57. Es kommt darin die bemerkenswerte Tatsache mit zum Ausdruck, daß in der Tiefe größere eckige Bruchstücke auftreten, die bei der Aufpressung nach oben allmählich kleiner werden und sich abrunden.

Bild 60.



Grundriss; Salzberg Berchtesgaden; nördliches Drittel des Bergbaus
Einschaltung der Steinsalz-Strähne (Na), der Haselgebirgs-Massen (H) und Trümmerstücke von Werfener Sandstein (Wf S) parallel zu den die Verwerfungs-Zone begrenzenden Deckgebirgs-Schichten Trias = T und Jura = J.

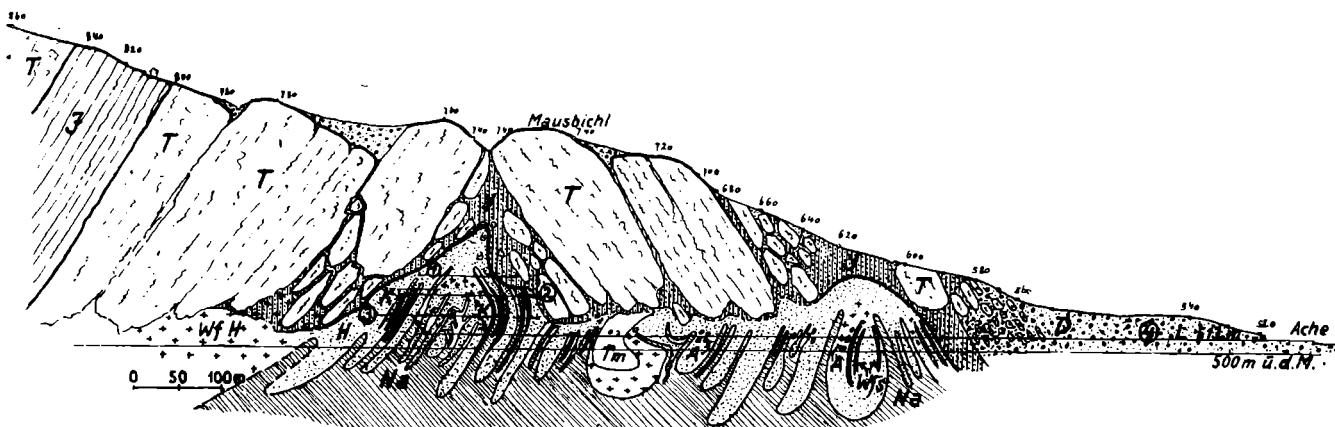
Stollen-Sohle: 1 Petersberg - 2 Franz - 3 Ferdinand - 4 Ludwig-Berg

E. Seidl und R. Plank.

SO

Bild 61.

NW



Querschnitt, Salzberg Berchtesgaden

E. Seidl und R. Plank.

Aufpressung zahlreicher Stränge von Älterem Steinsalz (Na), die zum Teil von Kalisalz-Schichten (K) umgeben sind, in den Lücken zwischen den von oben eintauchenden Deckgebirgs-Trümmern (Trias = T und Jura = J); Verarbeitung kleiner Deckgebirgs-Brocken (Tm) zu Haselgebirge (H).

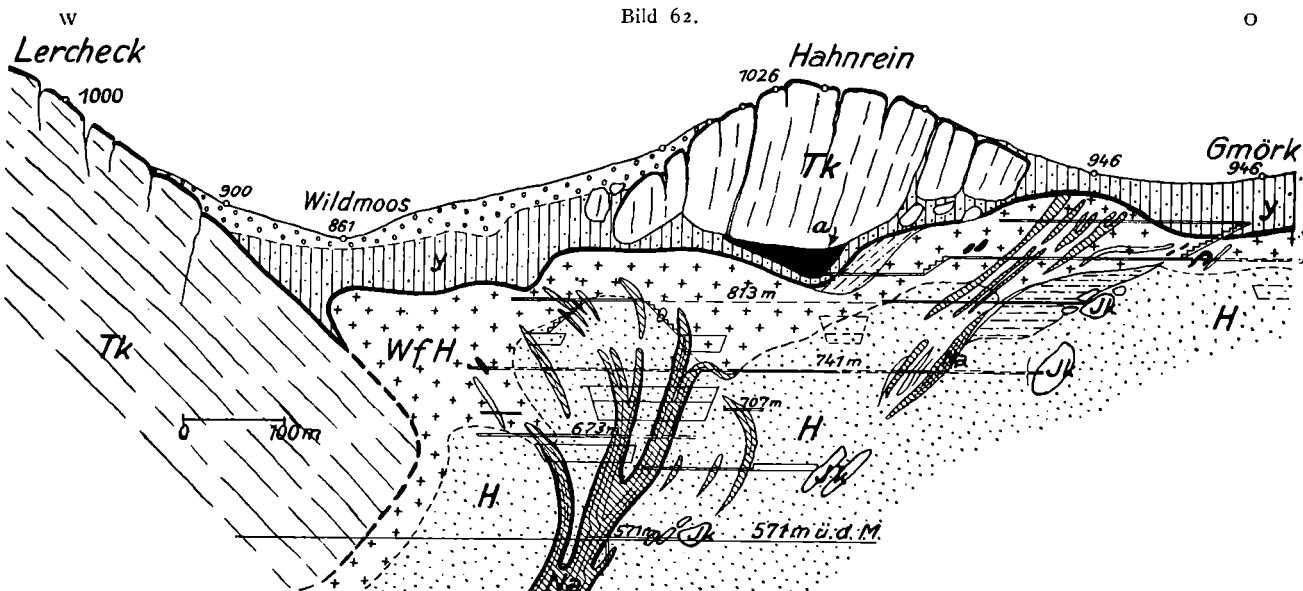
Salzberg von Berchtesgaden; Störungszone im Berchtesgaden-Salzburger Land am Westrande der Göll-Masse zwischen dieser und dem Untersberg; Flachsollbereich der Nördlichen Kalkalpen.

In deutschen Salzstöcken ist Haselgebirge sehr selten aufgeschlossen; Breccien-Massen, die am Rande einiger Salzkörper (Deckgebirgs-Brocken) oder innerhalb der Salzkörper (Bruchstücke der Anhydrit- und Tongesteine des Salzlagers selbst aufgeschlossen wurden, hat man nicht als Haselgebirge bezeichnet.

Die stärkere Haselgebirgs-Bildung in den Kalkalpen erklärt sich hauptsächlich daraus, daß der

Steter Nachschub plastischer Massen erweitert die Spalten und treibt schließlich die zerteilten Gesteinsbrocken völlig auseinander.

Es entsteht so zunächst ein unregelmäßiges Mischgestein, und zwar je nach dem Anteil der beiden Hauptbestandteile entweder eine Trümmermasse spröder Gesteinsbrocken mit Salzadern oder eine plastische Salzmasse mit Bruchstücken spröder Gesteine. Im letzteren Falle werden von



Querschnitt; Salzberg Dürrnberg; Mittelstück

E. Seidl und R. Plank.

Schmaler Strang von Mutter-Steinsalz (Na) längs der Randzone einer tief eintauchenden Triaskalk-Platte (Tk) (Lercheck-Berg).

Zerteilung der obersten Spitzen dieses Salzstranges durch einen kleineren in die Salzmasse eintauchenden Deckgebirgs-Brocken (Hahnrein).

Zerfall dieses über Tage aus Trias-Kalk (Tk), unterirdisch aus Muschelkalk (a) und Wurfener (Wf H) Schichten bestehenden Bergbrockens infolge der Untergrabung durch die Grundwasser des Salzmantel- und Salzmulden-Gebiets (y).

Einschaltung von kleinen Jurakalk-Platten (Jk) in der Fließschichtung des Haselgebirges (H).

Stollen	m ü. d. M.
Scheuchenstuel-	—
Thiensfeld-	—
Georgenberg-	813
Obersteinberg-	741

Stollen	m ü. d. M.
Untersteinberg-	707
Jakobsberg-	673
Rupertsberg-	—
Wolf-Dietrich-	571

Salzberg von Dürrnberg; Störungszone im Berchtesgaden-Salzburger Land

am nördlichsten Ausläufer der Göll-Masse zwischen Untersberg und der Großscholle der Osterhorn-Gruppe; Flachschollen-Bereich der Nördlichen Kalkalpen.

Durchbruch der Salzmassen schon am Ende der Triaszeit erfolgte.

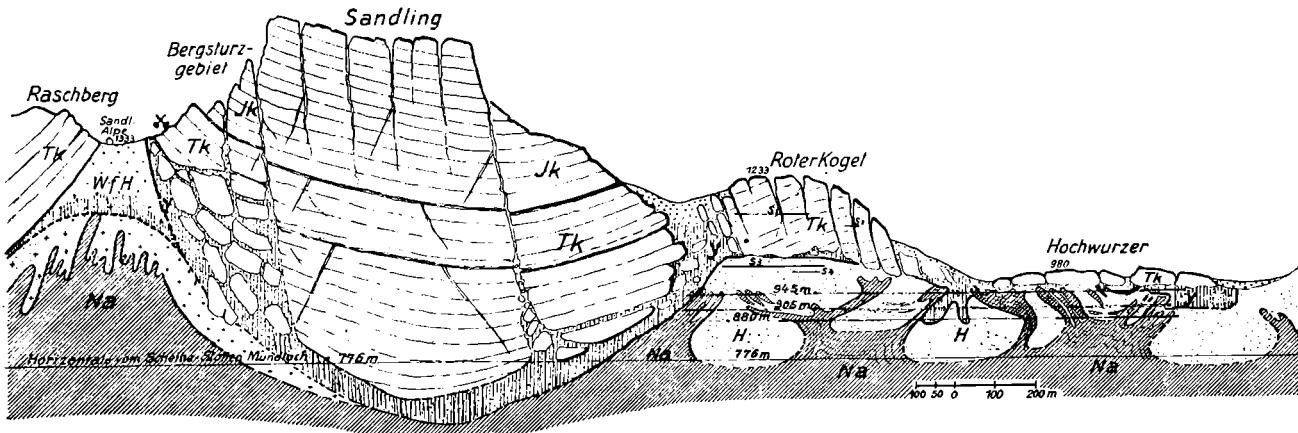
Man kann bei der Haselgebirgs-Bildung folgende wesentlichen Vorgänge unterscheiden (Schema, Bilder 57 u. 59):

Große Bruchstücke spröder Gesteine, die in Salz- oder Tonmassen eingeschlossen sind, zerreißen sich unter den von diesen Massen übertragenen Druckwirkungen („mehrseitiger Druck“).

Durch Einpressung der plastischen Massen in die Spaltchen werden die einzelnen Bruchstücke weiter voneinander abgetrennt.

den zwischen großen Deckgebirgs-Trümmern hindurchgleitenden Salz- oder Tonmassen allmählich die zerkleinerten Bruchstücke mitgenommen und schichtweise derart in die plastischen Massen eingeordnet, daß der Eindruck eines ursprünglich schon geschichteten Gesteins entsteht.

Man darf mithin nicht von einem „Haselgebirge“ an sich sprechen; vielmehr sollte durch eine zusätzliche Bezeichnung der Gesteins-Art oder -Struktur und außerdem die Formation, der die Grundmasse und ihre Einschlüsse angehören, angegeben werden.



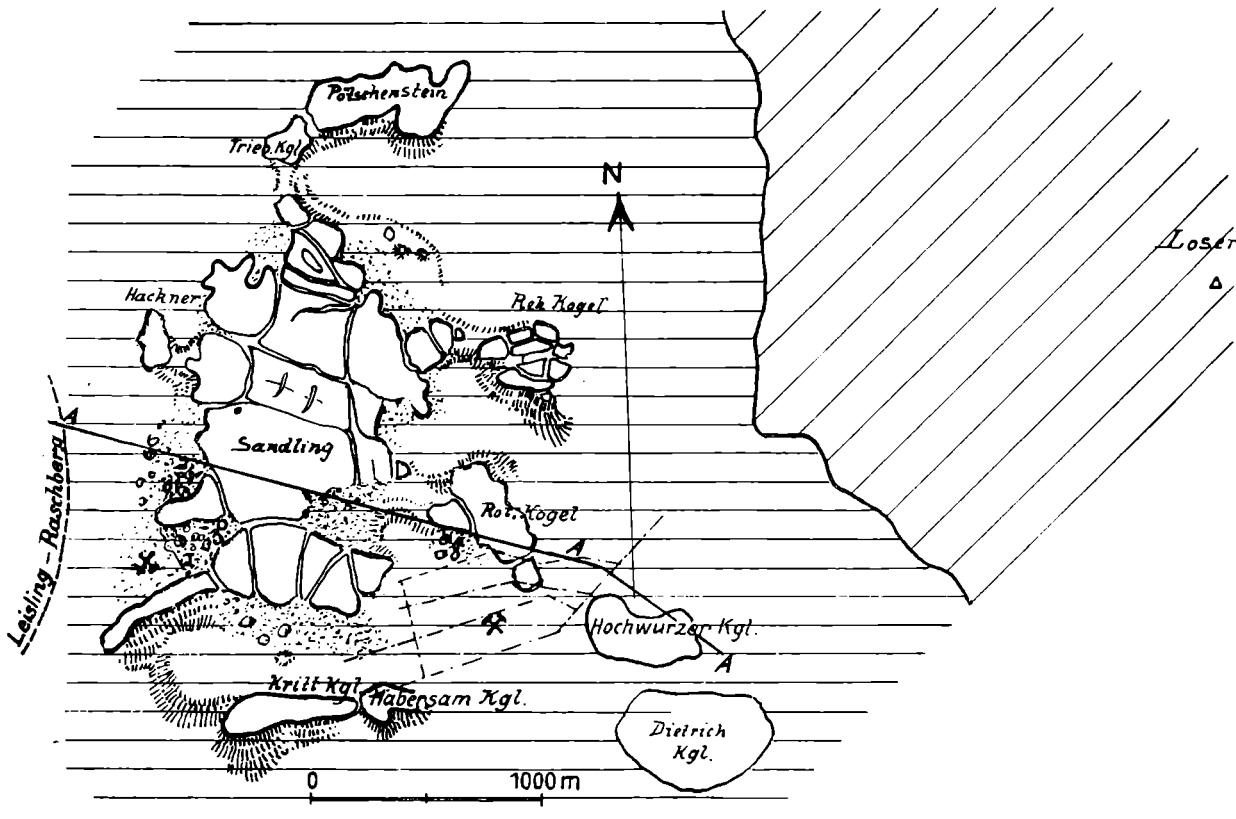
Querschnitt: nördlicher Teil des Salzberges von Aussee;
A-A im Grundriß, Bild 64; s. Querschnitt Bild 55a.

Bild 63.

E. Seidl und R. Plank.

Flach lagerndes Schollenstück aus Trias- und Jurashichten (Sandling), unter dessen Druckwirkungen die Salzmassen an den Rändern steil ausgepreßt und in Spaltzonen der sich zerteilenden kleineren Deckgebirgs-Trümmer (Roter Kogel, Habersam-Kogel) eingepreßt wurden.

Salzmassen in dem schmäleren Raum zwischen Sandling und Raschberg z. Zt. 100 m höher anstehend als in dem breiten Zwischenraum zwischen der Ostseite des Sandlings und der Großscholle (Loser).



Grundriß: Salzberg von Aussee
s. Grundriß Bild 85

Bild 64.

E. Seidl und R. Plank.

Großes Schollenstück (Sandling), abgespalten von der Randzone des Toten Gebirges (Loser).
Zerteilung der Bergmassen an den Rändern durch Zugwirkung der aufstrebenden Salzmassen und Subrosion unter Bildung von Karen. — Zerteilung der Kernmasse mit unter Kerbwirkung. — Zerfall kleiner Bergtrümmer zu Schutt.
Den vermuteten Zustand in einem früheren Stadium des Zerfalls zeigt der Grundriß Fig. 85.

A—A = Querschnitt, Bild 63



❖ Jetzige Bergbauaufschlüsse
❖ ehemaliges Bergbau-Gebiet im 15. Jahrhundert; durch Bergsturz verschüttet; Gebiet des jetzigen Bergsturzes, der in der Ansicht, Bild 88 wiedergegeben ist

Bergaugebiet von Aussee; Randstreifen längs der Großscholle des Toten Gebirges; Störungszone zwischen diesem und einem abgespaltenen Schollenteil.

b) Einteilung des Haselgebirges der Nördlichen Kalkalpen nach Gesteins-Art oder -Struktur und nach Formationen.

Merkmal: Gesteins-Art.

Grundmasse.	Einschlüsse.
Steinsalzmasse	Tongestein
Tonmasse.	Kalkgestein
	Anhydritgestein
	Melaphyrgestein.

Merkmal: Gesteins-Struktur.

	entweder
Hauswerk (ungeschichtet)	Salzmasse überwiegend; feine Bröcken von Einschlüssen an den Schichtgrenzen
etwas Fließschichtung	
ausgeprägte Fließschichtung	oder Einschlüsse überwiegend; meist grob.

Merkmal: Formation.

Grundmasse relativ plastiche. Einschlüsse relativ spröde.

Permische Salzschichten
Werfener Schichten
Muschelkalk-Schichten
Wettersteinkalk-Schichten
Dachsteinkalk-Schichten
Jurakalk-Schichten
Gangmasse (z. B. Melaphyr)

4. Deckgebirgs-Trümmer, die völlig in Salzmasse eingebettet sind; Verhalten der Trümmerstücke und der Salzmasse zu einander.

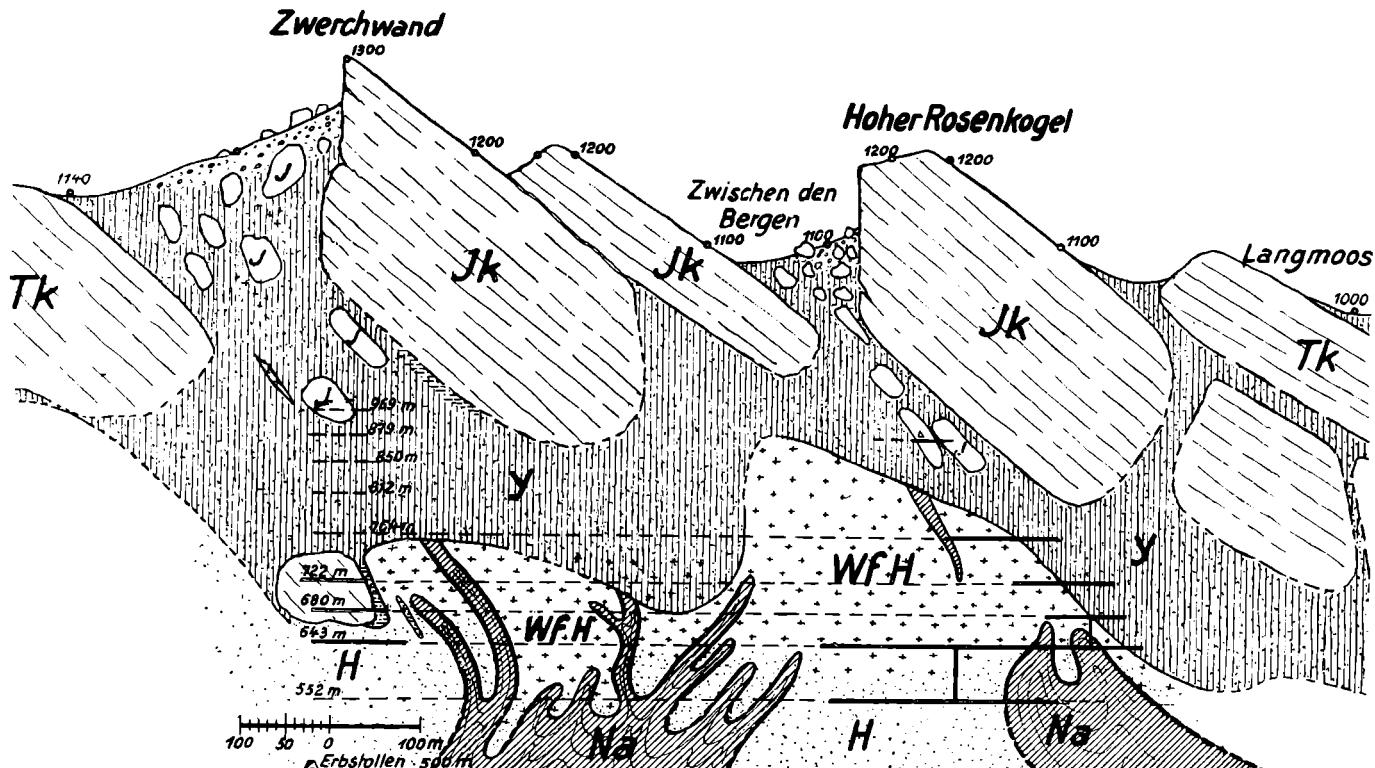
a) Facies und Lagerungsverhältnisse.

Bei den meisten von Salz- und Haselgebirgs-Massen völlig umschlossenen Deckgebirgs-Trüm-

WNW

Bild 65.

ONO



Querschnitt; Mittelstück des Salzbergs von Ischl
s. Grundriß Bild 50

E. Seidl und R. Plank.

Steil stehende Trümmerstücke von Trias- (Tk), Jura- (Jk) und Kreide-Kalkschichten in Werfener Ton- (Wf H) und Salzmassen eingebettet, die von dem Grundwasser des Salzhuts zu Salzletten (y) verarbeitet sind. Aus der Tiefe steil aufströmende, vielfach verzweigte Salzmassen (Na), die vorwiegend mit den Werfener Massen zu Haselgebirge (Wf H) verwirkt sind.

Stollen	m ü. d. M.
Neupert-	969
Frauenholz-	879
Amalien-	850

Stollen	m ü. d. M.
Elisabeth-	812
Ludovika-	764
Josef-	722

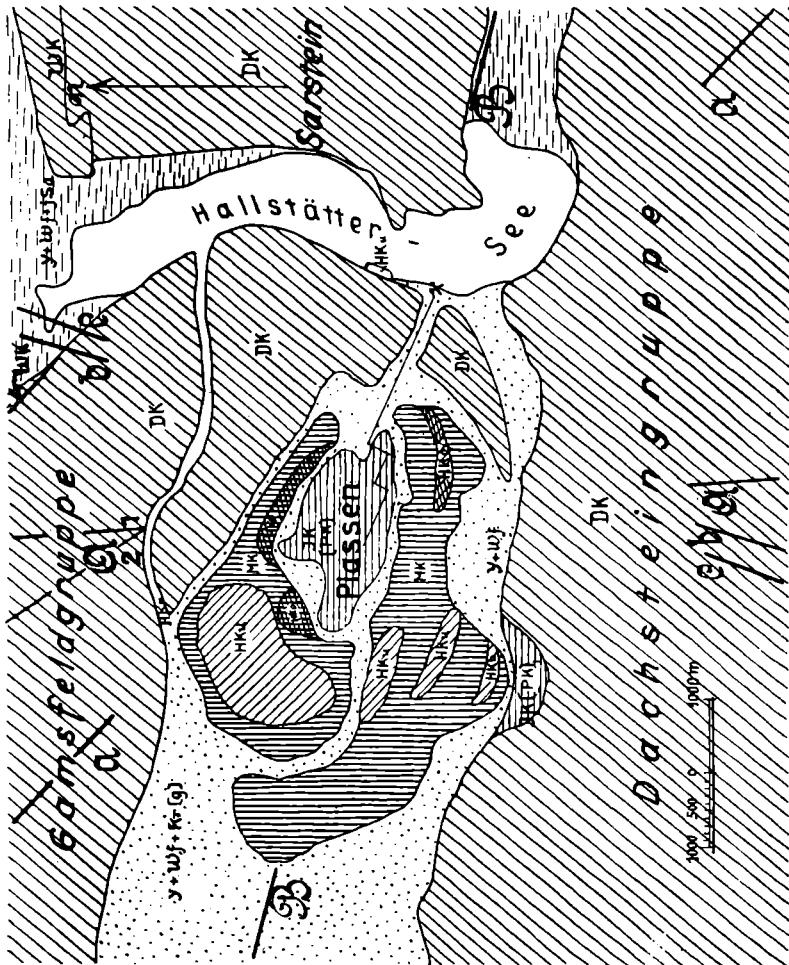
Stollen	m ü. d. M.
Theresia-	680
Leopold-	643
Hankiwitz-	552

Salzberg von Ischl;

Salzkammergut; engste Stelle der Störungszone zwischen den Großschollen des Toten Gebirges und der Gamsfeld-Gruppe; Flachsollbereich der Nördlichen Kalkalpen.

Salzkammergut; Flachsollbereich der Nördlichen Kalkalpen.

Bilder 66 a und b.



Grossschollenbereich:

[Lias - Jura - Schichten]
Dk = Dachsteinkalk
Wk = Wettersteinkalk
HKu = Unterer Hallstätter Kalk
Mk = Muschelkalk; im weiteren Sinne
Wf = Werfener Ton- und Sandsteinschichten.

Zeichen erklärung.

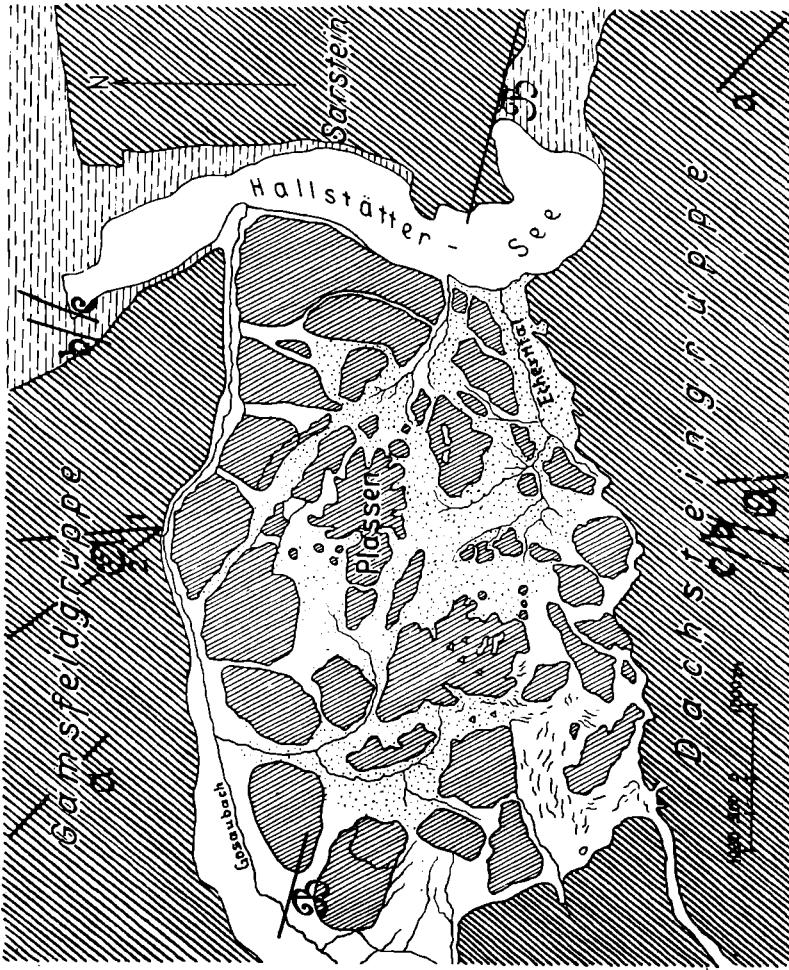
Störungsbereich:

Kr(g) = Gosau - Kreide
JK(PK) = Jurakalk; Tithonstufe (Plassenkalk)
HKo = Oberer Hallstätter Kalk

y + Wf + j. Sd = Rückstands - Bildungen des abgelagerten Salzlagers
nebst Werfener Schichten und jüngeren Sedimenten.

E. Seidl und R. Plank.

a) Geologischer Grundriß.



a - a₁ = Querschnitt Bild 5; im Grundriß Bild 50 = Querschnittslinie a-a

a - a₁ = Querschnitt Bild 69a

B - B = " " 70b

a - a = " " 70a

b - b = " " 68

c - c = " " 56a.

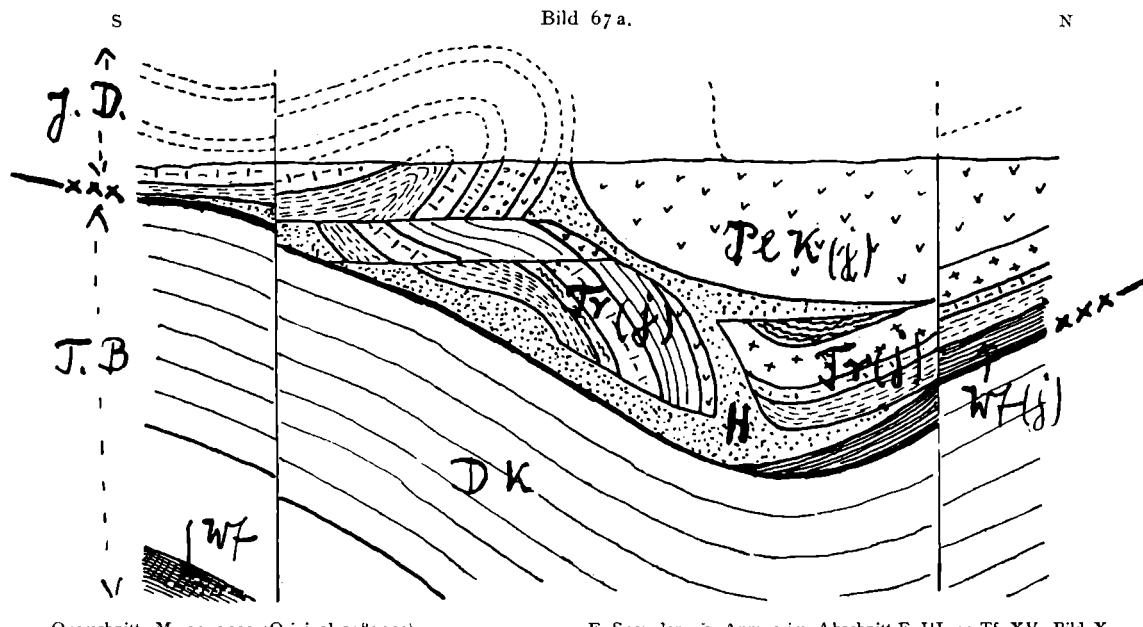
b) Geographischer Grundriß; s. Grundriß Bild 50, E. Seidl und R. Plank.

Störungszone zwischen den Großschollen der Dachstein - Gruppe und der Gamsfeld - Gruppe;
Bergbau - Gebiet von Hallstatt.

mern, die nunmehr Bestandteile des Salzkörpers sind, konnte die Formation, bei vielen auch die Zugehörigkeit zu größeren, aus der Salzmasse als Berge emporragenden Deckgebirgs-Schollen ermittelt werden.

Unter diesen Bruchstücken sind sämtliche zutage tretenden Formations-Glieder, die im nächsten Abschnitt (5) angeführt sind, vertreten, und zwar

handen. Es sind dies Werfener Sandstein und Tongesteine verschiedener unterschiedlicher Horizonte, verschiedene Stufen der Muschelkalkformation (vornehmlich Platten von Reichenhaller Kalk und von Kalk- und Anhydritschichten der Anhydrit-Stufe), schließlich Unterer Hallstätter Kalk und Wettersteinkalk. Die Kalkgesteine sind meist an der Oberfläche, oft auch durch und durch unter



Querschnitt, M. 1:40000 (Original 1:80000)

E. Spengler. 's. Anm. 2 im Abschnitt E, III, 4; Tf. XV, Bild X.

Querschnitt-Schema durch das Hallstätter Störungsgebiet nach Auffassung eines Anhängers der „Deckenlehre“
Erklärung der geologischen Verhältnisse durch „Einschub“ eines „ortsfremden“ „Schubfalls“
nach Art des Schemas Bild 67c.

J. D. „Juavische Deckscholle“
T. B. „Tirolyche Basisscholle“

H	Haselgebirge	DK	Dachsteinkalk der „Tirolychen Basis“
PlK(j)	Plassenkalk (Tithon) der juavischen Deckscholle	Wf	Werfener Schichten der „Tirolychen Basis“
Tr(j)	Triaskalk-Schichten der „juavischen Deckscholle“		
Wf(j)	Werfener Schichten der „juavischen Deckscholle“		

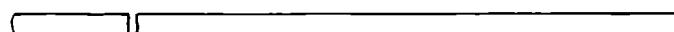


Bild 67b. Ausgangszustand.



Bild 67c. Zustand nach dem „Einschub“ eines Schollenteils.
Schema des „Einschubes“ eines „ortsfremden“ Deckenteils.

Beispiel der Auffassungsweise der „Deckenlehre“.

sowohl Bruchstücke der in den Großschollenbereichen anstehenden Schichten, als auch solche der lediglich in den Störungsbereichen abgelagerten Sedimente. Dachsteinkalk findet sich unter diesen Trümmerstücken nur untergeordnet. Hingegen sind — insbesondere wenn man auch die zu Haselgebirge verarbeiteten Bruchstücke mitrechnet — erhebliche Massen der die Basis der Kalkformation bildenden Schichtenglieder in dem Salzkörper vor-

der Einwirkung von Salzlauge in Dolomit umgewandelt. Die spröderen Gesteinsteile pflegen von den plastischeren umhüllt zu sein.

Diese Trümmermassen der untersten Schichten der Kalkformation bilden die Basis der mit Dachsteinkalk oder Wettersteinkalk oder Unterem Hallstätter Kalk zutage tretenden Bergteile. Sie bilden bemerkenswerterweise aber auch die Basis von Schollentrümmern des Oberen Hallstätter

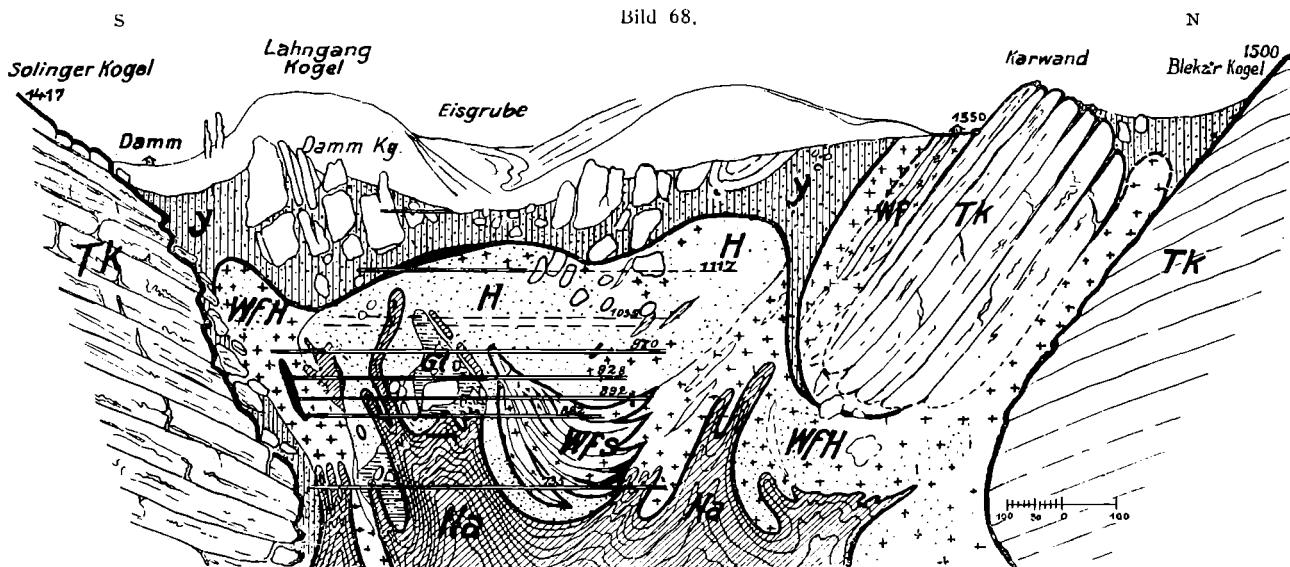
Kalks und Plassenkalks, also derjenigen Schichten, welche erst nach dem Durchbruch der Salzmassen in den Störungsbereichen besonders abgelagert wurden. Diese eigenartigen Lagerungsverhältnisse sind eine Eigentümlichkeit sämtlicher durch Bergbau aufgeschlossenen Teile der Störungsbereiche. Sie sind von grundsätzlicher Bedeutung für die Erklärung der faciellen und tektonischen Verhältnisse in diesem Teil der Nördlichen Kalkalpen überhaupt.

b) Physikalisch-mechanische Beurteilung.

Aus der Anordnung der Deckgebirgs-Trümmer im Verhältnis zum Haselgebirge und den Muttersteinsalz-Strängen und aus der Beschaffenheit der

spröde Gesteinsbrocken (kleine Salzton- und Haupt-anhydritbrocken und größere Bruchstücke von Werfener-, Muschelkalk- und Wettersteinkalk-Schichten) in einer Mulde ein.

In dem Querschnitt Bild 69a (Hallstatt) sieht man, wie drei starke Stränge von Mutter-Steinsalz, die offenbar unter der Belastung durch eine große Bergmasse (Plassen) aufgepreßt wurden, zunächst am Rand derselben ungehindert aufzusteigen vermochten. In der Nähe der Salzoberfläche jedoch stießen sie auf Hindernisse. Der westliche Strang spleißte oben auf; der mittlere bog sich um; der östliche setzt an dem großen Klumpen von Deckgebirgs-Masse, auf den er stieß, ab. Dieser Strang



Querschnitt; Salzberg Hallstatt
b-b im Grundriß Bild 66

Erschwerung des Durchbruchs der Muttersalzmassen durch kleinere Deckgebirgstrümmer in einer zwischen größeren Deckgebirgsschollen (Kögeln) gebildeten Lücke.

Einzelheiten und Zeichenerklärung s. den parallel hierzu gelegten Schnitt, Bild 56a. Salzhutbildung s. Bild 77.

Stollen	m. ü. d. M.	Stollen	m. ü. d. M.	Stollen	m. ü. d. M.
Hoher Wasser-	—	Katharina-	1035	Theresia-	892
Baptist-	—	Leopold-	—	Elisabeth-	862
Ferdinand-	1146	Josef-	970	Tiefbau-	—
Tollinger-	1117	Christina-	928	Franz Josef-	735
Wiesberg-	—				

verformten Gesteinspartien geht hervor, daß diese verschiedenartigen Gesteinsmassen gegenseitig auf einander eingewirkt haben. Unter dem Druck der als Berge aus dem Salzkörper herausragenden Deckgebirgs-Klötzte stiegen die Salzmassen auf, überwanden die kleinen Hinderniß-Brocken und formten sie um. Andererseits hielten die einsinkenden Deckgebirgs-Trümmer die aufströmenden Salzmassen auf oder zwangen sie, sich durch die zwischen ihnen verbleibenden Lücken hindurchzuzwängen.

Wie kleinere Hindernisse von breiteren aufströmenden Salzsträngen umflossen werden, zeigt der Querschnitt Bild 74 (Hall). Der aus der Tiefe aufsteigende nördliche Hauptsalzstrom teilt sich in zwei oder mehrere Stränge, und diese schließen

ist am weitesten vom Plassenberg entfernt und ist daher wohl unter geringeren Druckwirkungen aufgestiegen als die beiden andern.

In den Querschnitten Bilder 56a und 68 (Hallstatt) sieht man, wie in einem ähnlichen Fall die aufwärts strömende Salzmasse sich unter dem Brocken breitet und nur schmale Stränge zwischen diesem und dem Nachbarbrocken hindurch nach oben zu entsenden vermag.

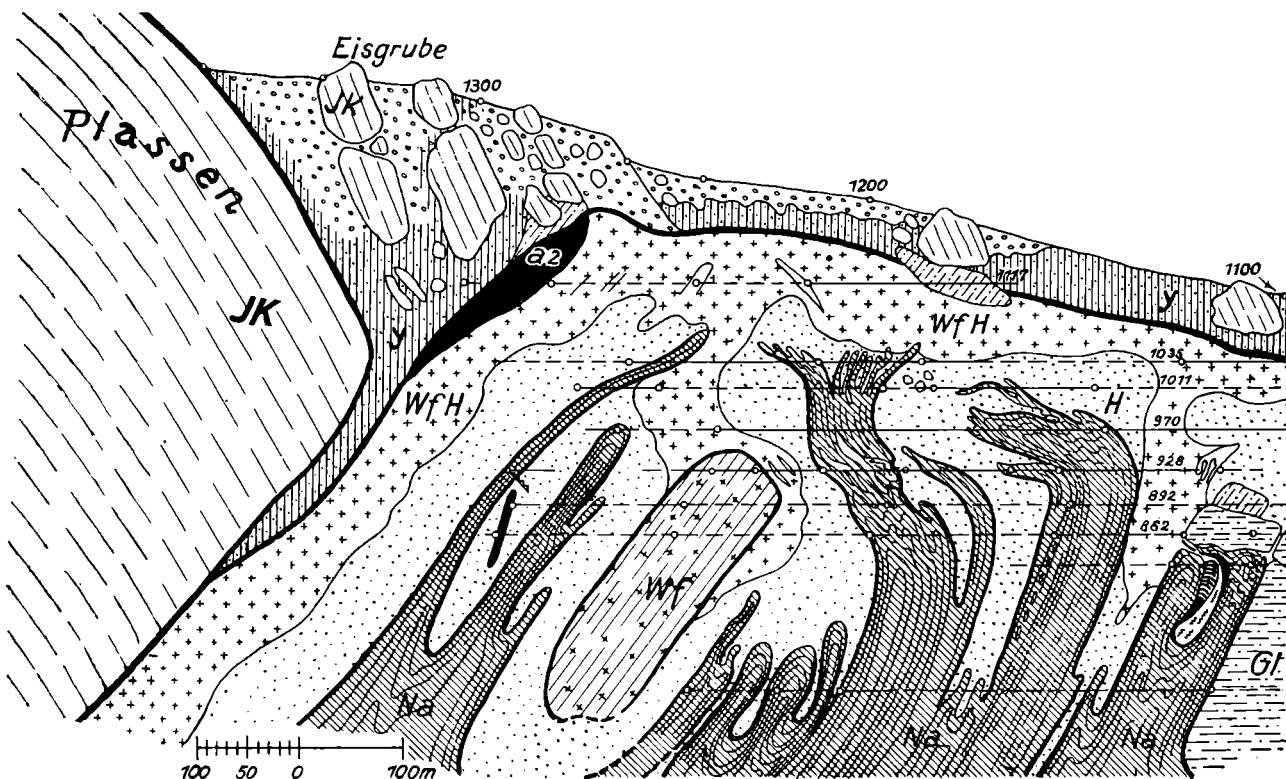
c) Einwirkung der Salzmassen auf die Hindernisse.

Die Einwirkung der Salzmassen auf Hinderniß-Massen hängt anscheinend von der Breite der Salzstränge, bzw. der Stärke des Drucks, unter dem sie aufsteigen, von der Ausweichmöglichkeit in den Lücken zwischen den Hindernissen und — bei platten-

NW

Bild 69a.

SO



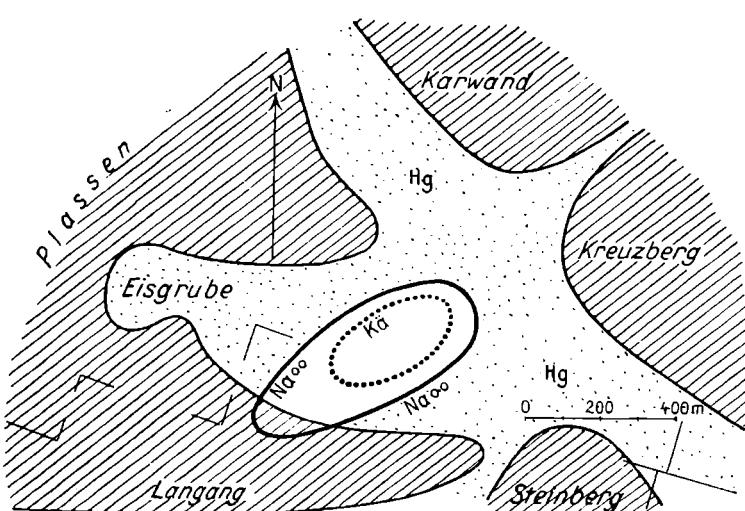
E. Seidl und R. Plank.

Ungehindertes Aufsteigen starker Stränge von Muttersalzmassen (Na) am Ostrand der Plassenmasse (Jurakalk, JK) in einem Karkessel (Eisgrube).

Umbiegen oder Aufspleißen der äußersten Enden der Salzstränge an Hindernissen, die zu „Glanzschiefer“ (Gl) oder Werfener Haselgebirge (WfH) verarbeitet werden. — Übergreifen der Salzstränge über ein Werfener Schollenstück (Wf).

Stollen s. Bild 68.

Bild 69b.



Grundriß; Salzberg Hallstatt
s. Grundriß Bild 66

E. Seidl und R. Plank.

Durchbruchsraum der Salzmassen im Eisgruben-Kar am Ostrand des Plassens; mit einer stockförmigen Gruppe von Muttersalzsträngen.

formigen Trümmerstücken — auch von der Lage der Platten zur Fließrichtung der Salzmassen ab.

Einzelne Platten spröder (geschichteter) Gesteine, die mit der Längsachse annähernd in der Fließrichtung der Salzmassen liegen, werden von dem Saltstrom nur wenig angegriffen. Diese Ge-

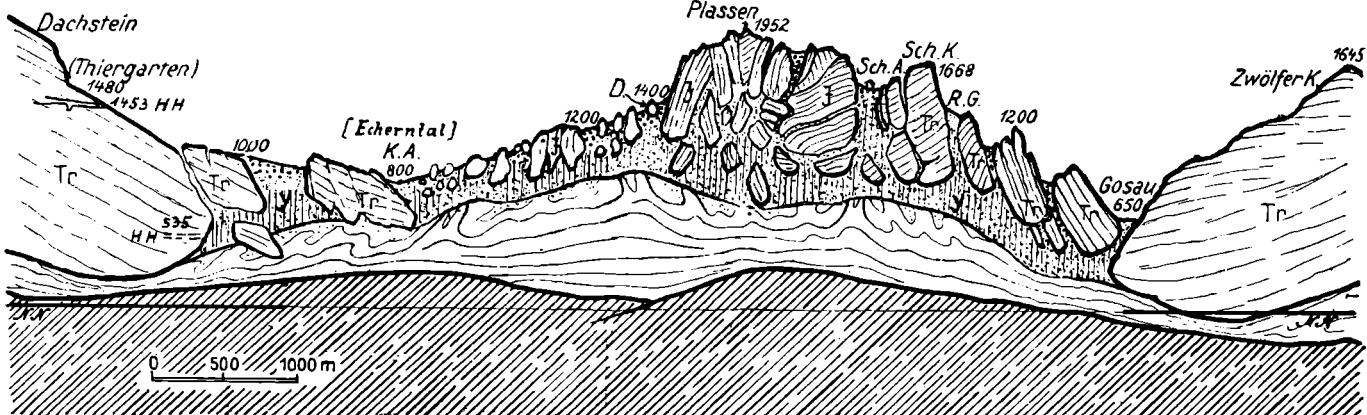
Querschnitt Bild 51 (Berchtesgaden) und der Querschnitt Bild 62 (Dürnb erg).

Platten, die quer zur Fließrichtung der Salzmassen liegen, werden von diesen manchmal erheblich verformt. Größere Plattenteile werden an den Rändern umgebogen und spleißen dann längs der

OSO

Bild 70a.

WNW



Querschnitt
a-a' im Grundriss Bild 66

E. Seidl und R. Plank.

HH 535 m jetzt gebildete Höhlen in Höhe des derzeit tiefsten Grundwasserstandes (Salzspiegel des Hallstätter Sees) der jetzigen Salzoberfläche.

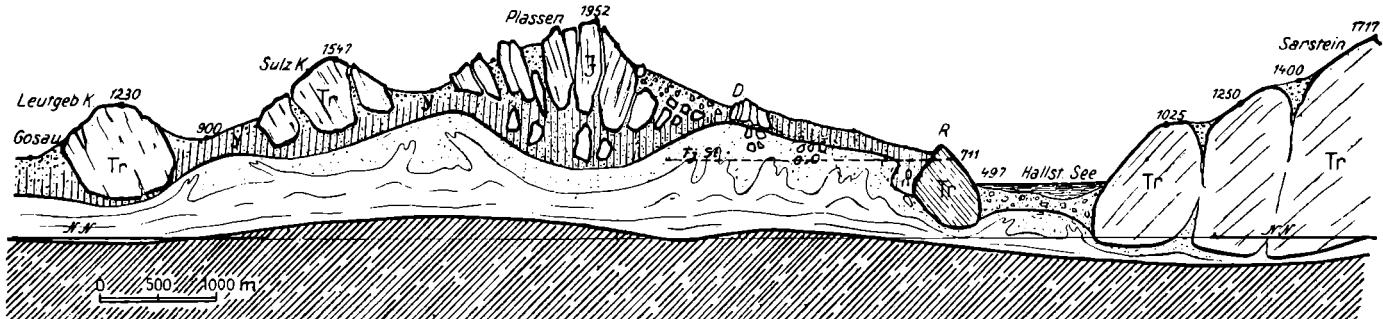
HH 1453 m ehemal gebildete Höhlen in Höhe des ehemals vermutlich allgemeinen — jetzt nur am Rand des Plassens vorhandenen — Grundwasserstandes der vermutlich ehemaligen Salzoberfläche.

K. A. = Klaus-Alpe, D. = Damm-Kogel, Sch. A. = Schichling-Alm, Sch. K. = Schichling-Kogel.

W

Bild 70b.

O



Längsschnitt
B-B' im Grundriss Bild 66

E. Seidl und R. Plank.

Das durch Bergbau aufgeschlossene Gebiet erstreckt sich vom Plassen bis an den Hallstätter See
FjSt = Franz-Josef-Stollen.

Vermutlicher Bau der Hallstätter Salz-Störungszone auf Grund der Feststellung von zuwenig Deckgebirgs-masse und zuviel — zum Teil abgelaugter — Salzmasse im Störungsbereich.

Die Schnitte sind durch die Wasserscheide des Plassens, und zwar durch die Gebiete der stärksten unterirdischen Auslaugung, die über Tage an Erdfällen und Karbildungen erkennbar ist, gelegt.

D = Damm-Kogel, R = Kogel (Barre) Rudolfsturm.

steinsplatten sind vielfach noch scharfkantig begrenzt und nicht auffällig verformt. Doch sind kleine, von ihnen abgestoßene Bruchstücke mit Salz- und Tonmassen zu Haselgebirge verarbeitet. Derartige Platten, und zwar von Muschelkalk-Schichten verschiedener Horizonte, zeigt der Querschnitt Bild 75 (Hall); Platten von Jurashichten zeigen der

Schichtfugen auf. Ein gutes Beispiel der Art sieht man an einer Scholle von Werfener Sandstein-Schichten im Querschnitt Bild 56 a (Hallstatt).

Bedeutendere Tonmassen (Werfener und Jura-Horizont oder Salzton des Salzlagers), in denen manchmal größere Trümmerstücke spröder Gesteine (vornehmlich Kalkgesteine der Trias- oder

Juraformation) enthalten sind, werden zu besondersartigen Körpern umgestaltet. Man sieht entweder tropfenförmige Körper, deren Längsachse in der Fließrichtung der Salzstränge liegt, oder zwiebelförmige Körper, bei denen die Kalktrümmer am Boden des Körpers auftreten, während die Tonmassen den übrigen Teil des Raums einnehmen (Querschnitt, Bild 56 a).

Die tropfenförmigen Körper dürften vorwiegend unter — mehrseitigen — Zugwirkungen der aufströmenden Salzmassen (Schema, Bild 56 b), die zwiebelförmig gestalteten Körper hingegen vorwiegend unter — mehrseitigen — Druckwirkungen der übergreifenden Salzmassen entstanden sein (Schema, Bild 56 c).

5. Randzonen größerer Bergtrümmer.

Längs den Rändern größerer Deckgebirgs-Trümmer, die als Berge aus der Salzmasse herausragen, sieht man, daß von den aufwärts strömenden Salzmassen die (die Basis der Triasformation bildenden) Muschelkalk- und Werfener Schichten Hunderte von Metern hoch über ihr ursprüngliches Niveau emporragen. Die Schichten sind längs der Ränder der Deckgebirgs-Schollen steil aufgerichtet, weiter oben sogar manchmal überkippt gestellt. Unter den hier mitgeteilten Beispielen sieht man das Übergreifen der Werfener Schichten über Unteren Hallstätter Kalk bzw. Dachsteinkalk in den Querschnitten Bild 68 (Karwand) und Bild 62 (Lerchek) und das Übergreifen von Werfener und Muschelkalkschichten über Wettersteinkalk im Querschnitt Bild 76 (Lafatscher). Derartige, bei den deutschen Salzstöcken seit langem bekannte Lagerungsverhältnisse gaben im Alpengebiet vielfach zu Täuschungen über die Altersfolge, den Aufbau und die Mächtigkeit der Schichten Anlaß.

6. Beziehung zwischen Muttersalzmassen und den großen als Berge aus der Salzmasse herausragenden Deckgebirgs-Trümmern.

Die Bilder, Grundrisse 60, 64, 66 und 72 und Querschnitte 61, 62, 63, 65, 68, 70, 74, 75 und 76 bieten bezeichnende Beispiele von größeren Deckgebirgs-Trümmern, die als Berge aus den Salzmassen, in die sie tief eintauchen, herausragen und ferner von den Beziehungen, die zwischen diesen Bergmassen und den vorwiegend an ihrem Rande auftretenden Muttersalz-Strängen bestehen.

a) Facielle und tektonische Beurteilung.

Bei der Bestimmung der Formationen, der diese Bergbrocken angehören und der Klärung ihrer Lagerungsverhältnisse hat sich für die dem Flachschen-Bereich angehörenden Störungszonen folgendes ergeben:

Manche Bergbrocken, die längs der Randzonen der Großschollen auftreten und (nach Bergbau- oder Tagesaufschlüssen) in Salzmassen eingebettet liegen, sind offensichtlich von den Großschollen-Rändern abgespalten. Soweit es Bergteile sind, die mit Dach-

steinkalk — mit etwas Jura-Bedeckung — zutage treten, liegen sie — meist bis über den Wettersteinkalk in Salzmasse versenkt —, fast horizontal. Stärker geneigt pflegen Schollenteile zu sein, die, anschließend an diese Bergbrocken mit Wettersteinkalk, Unterem Hallstätter Kalk oder Muschelkalk zutage treten. Soweit Bergbauaufschlüsse vorhanden sind und tief genug reichen, ließ sich bei allen derartigen Schollentrümmern dieselbe Schichtenfolge wie in den Großschollen-Bereichen (Schichtentafel I) feststellen.

Zwischen diesen Schollentrümmern treten Plattenteile der hangendsten Schichten der Kalkformation, meist in steiler Stellung, auf; und zwar Oberer Hallstätter Kalk, Jurakalk der Tithonstufe in der Ausbildung des Plassenkalks, vielfach auch Schichten der Unteren und Oberen Kreide, die nur in den Störungsbereichen abgelagert worden sind.

Unter derartigen Trümmerstücken traten, soweit in den durch Bergbau aufgeschlossenen Tiefen Beobachtungen gemacht werden konnten, nicht Dachsteinkalk und Wettersteinkalk, sondern nur Werfener Massen oder dazu noch einige Trümmerstücke der Muschelkalk-Formation auf.

In den einzelnen nur wenige Kilometer messenden Bergaugebieten lassen sich diese in facieller und tektonischer Hinsicht merkwürdigen Verhältnisse nicht recht deuten. Eine einleuchtende Erklärung ergibt sich jedoch, sobald man — unter genauer Aufnahme der sehr guten Tagesaufschlüsse — den gesamten Bereich der betreffenden Störungszone oder vielmehr das gesamte Störungsgebiet des mittleren (Flachschen-) Bereichs der Kalkalpen überhaupt betrachtet.

Diese Verhältnisse werden daher, soweit sie nicht eingangs schon in großen Zügen geschildert sind, außer den speziellen Bergbau-Aufschlüssen an einem Beispiel (Hallstätter Störungszone) eingehender erläutert werden.

Geringere Schwierigkeit bot seit jeher die Deutung der geologischen Verhältnisse in dem einzigen Salzbergaugebiet, das es im Steinschollen-Bereich (Südliches Karwendelgebirge) gibt. Auch für dieses Gebiet wird ein Überblick im Großen gegeben werden.

b) Physikalisch-mechanische Betrachtung.

Bei Betrachtung der geologischen Verhältnisse in den Störungsbereichen in physikalisch-mechanischer Hinsicht spielen für die Beurteilung und Kennzeichnung des jetzt in diesen Bereichen herrschenden Zustandes folgende Verhältnisse eine wesentliche Rolle:

Die Massenverhältnisse und die Verteilung spröder, schwerer Gesteinsmassen gegenüber plastischeren Massen von geringerem spez. Gewicht; diese sind beurteilbar nach der Größe des Zwischenraums zwischen einer Gruppe von Deckgebirgs-Trümmern — den man über Tage sieht — bzw. nach dem Inhalt der diesen Raum erfüllenden Salzmassen im Verhältnis zur Masse der Deckgebirgs-Trümmer.

Die Stärke, Anordnung und Richtung von Muttersalz-Strängen im Verhältnis zu den Haselgebirgs-Massen und den großen Deckgebirgs-Trümmern.

Bei Betrachtung der geologischen Verhältnisse unter diesem Gesichtspunkt ergibt sich in sämtlichen — faciell und tektonisch so verschiedenenartigen — Störungsbereichen grundsätzlich das nämliche Bild.

Am Rande derjenigen Deckgebirgs-Trümmer, welche die breitesten Bergmassen bilden und sich am höchsten über den Salzkörper erheben (und entsprechend tief in diesen eintauchen), stehen innerhalb des Störungsbereichs die Salz- und Werfener Massen am höchsten an. Diese Berggebiete wurden daher für die betreffenden Störungsbereiche zu Wasserscheiden (Abschnitt F, II).

Die breitesten Stränge von Muttersalz-Massen treten längs der Ränder jeweils der größten, am tiefsten in die Salzmassen eintauchenden Deckgebirgs-Trümmer auf. Im übrigen ragen in das Häslegebirge, das in dem zur Zeit aufgeschlossenen hohen Niveau die Hauptmasse des Salzkörpers bildet, nur die höchsten Spitzen derartiger Salzstrände aus der Tiefe hinauf.

Die großen Deckgebirgs-Trümmer müssen also derart stark auf die gesamte (aus Haselgebirge, kleinen Deckgebirgs-Trümmern und Salzschichten bestehende) Salzmasse gedrückt haben, daß außer den zur Bildung von Haselgebirge verbrauchten (meist Werfener) Ton- und Salzmassen noch Stränge von reinen Muttersteinsalz-Massen aus der Tiefe emporgepreßt werden konnten.

Diese — im Verhältnis zum gesamten Salzkörper nur schmalen — Stränge von Muttersalz müssen also als die äußersten Spitzen einer ausgedehnten Masse des permischen Muttersalzlagers angesehen werden, das in den Störungsbereichen die Wurzel des Salzkörpers bildet.

Der Zustand innerhalb einer Gruppe von Deckgebirgs-Trümmern mit dazwischen strangförmig aufgepreßten Salzmassen ist mithin in allgemein-wissenschaftlicher Hinsicht grundsätzlich der nämliche wie im deutschen Salzgebiet bei einem zwischen Großschollen auftretenden Salzstock.

Nimmt man an, daß die ursprünglich im ganzen Gebiet dieser Kalkalpen (Großschollen- wie Störungsbereiche) abgelagerten Permsalzschichten 500 m mächtig waren, so steht jetzt wohl doppelt bis dreimal soviel Salzmasse dort an. Es darf also auf Grund unserer Erfahrungen im deutschen Salzgebiet angenommen werden, daß aus den Randzonen der Großschollenbereiche in die Störungsbereiche noch Salzmassen eingeströmt sind.

Bei der Berechnung des Anteils, den permisches Muttersalz an den den Gesamt-Salzkörper bildenden Massen hat, ist außerdem — als Besonderheit des Alpengebiets — zu berücksichtigen, daß auch ein Teil der den Salzkörper umkleidenden Werfener (Ton- und Sandstein-) Massen aus den Randzonen

der Großschollenbereiche in die Störungsräume eingeströmt sein dürfte.

7. Beziehung zwischen Grundgebirge und Salzmassen.

Für die Beurteilung der geologischen Verhältnisse des Grundgebirges, das in der Tiefe verborgen ist, sind folgende Tatsachen von Bedeutung.

In keiner Störungszone des Flachschollenbereichs sind über Tage oder seitens des Bergbaus Gesteinsmassen des Grundgebirges der Permischen Salzformation aufgeschlossen. Eine dem Aufströmen der Salzmassen gleichartige Aufrichtung des Grundgebirges ist also dort nicht erfolgt.

Andererseits aber erscheint es wahrscheinlich, daß die Salz-Störungszonen auch Zerteilungszonen des Grundgebirges sind. Denn in vielen Störungszonen wurden junge basische Eruptivgesteine (Melaphyr, Diabas) über Tage teils scheinbar anstehend, teils als Bruchstücke und Gerölle aufgefunden; im Hallstätter Salzstock wurde sogar inmitten der Salzmasse ein Melaphyrgang angetroffen.

III. Anwendung der Ergebnisse der allgemein-wissenschaftlichen Betrachtungsweise bei der Deutung der Salz-Störungsbereiche und des Störungsvorganges.

I. Allgemeines.

Unter Berücksichtigung der allgemein-wissenschaftlichen Ergebnisse, die bei der speziellen Untersuchung der durch Bergbau aufgeschlossenen Teile der Störungszonen erzielt wurden, vermag man die Verhältnisse auch der weiteren Umgebung derselben und die ganzen Störungsbereiche in verhältnismäßig einfacher Weise zu erklären.

Außer den bisherigen Darlegungen sind dabei auch die im nächsten Abschnitt (F) behandelten Erscheinungen der Zerstörung und Schichten-Neubildung in den Salzstörungsbereichen mit berücksichtigt. Denn sie sind für diese von wesentlicher Bedeutung. Auch sind diese Erscheinungen im Gelände oft so ausgeprägt, daß sie in den nicht durch Bergbau aufgeschlossenen Gebieten einen Einblick in die unterirdischen Verhältnisse gewähren.

2. Störungszone von Ischl-Aussee; zwischen Totem Gebirge und Gamsfeldgruppe; Salzkammergut.

(Grundrisse, Bilder 50, 64 u. 85; Querschnitte, Bilder 63 u. 65.)

In dem über 20 km langen und 3 bis 7 km breiten Störungsbereich, der von den Großschollen des Toten Gebirges und der Gamsfeldgruppe begrenzt wird (Grundriß, Bild 50), gewinnt man durch die Salzberge von Ischl und Aussee Einblick in ganz verschiedenartige geologische Verhältnisse. Das Bergaugebiet von Aussee (Grundrisse, Bilder 64 u. 85, Querschnitte Bilder 63 u. 55 a) liegt nur 1,5 km vom Rande des Toten Gebirges (Loser-Berg) entfernt, am Rande eines von diesem abgespaltenen

größeren Schollenteils. Dieser (Sandling-Berg) besteht aus denselben Trias- und Juraschichten, die die äußerste Randzone der Großscholle bilden und liegt ebenso flach wie diese; doch taucht er etwa 100 m tiefer als diese in die Salzmasse ein (gemessen an der Grenze der Trias- gegen die Jurashichten).

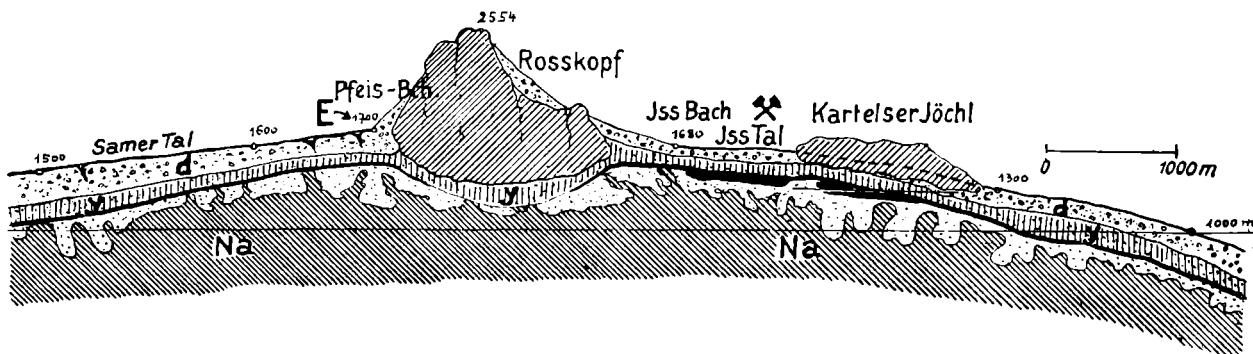
an der Basis der Kögel von Muschelkalk- und Werfener Schichten gebildet. In sämtlichen größeren Spalten, die diese Basisschichten der Trias zertrümmern, befinden sich steil stehende Stränge von Muttersteinsalz.

Das Bergaugebiet von Ischl (Querschnitt, Bild 65) liegt an der engsten Stelle des Störungs-

W

Bild 71.

O

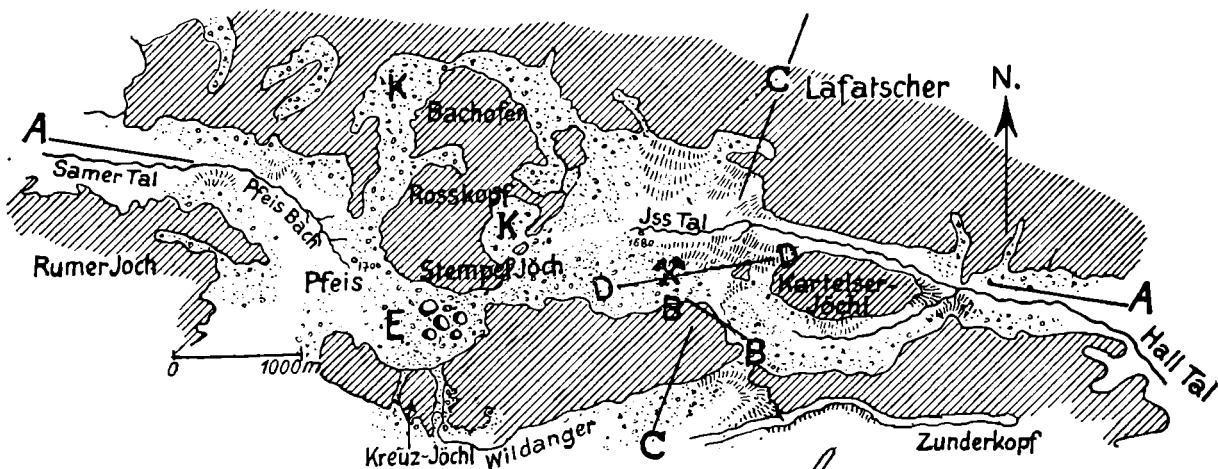


Längsschnitt; A — A im Grundriß Bild 72

E. Seidl und R. Plank.

- Na = Salzkörper
- y = Rückstandsbildungen des Salzhut-, Salzmantel- (unter dem Roßkopf) und Salzmulden- Gebiets
- d = Schotter verschiedener Art.

Bild 72.



Grundriß

- A — A Längsschnitt, Bild 71
- B — B Querschnitt, Bild 74; Ansicht, Bild 73
- C — C " " 76; Querschnitt, Bild 4
- D — D " " 75

E. Seidl und R. Plank.

- Schraffur = Bergmassen
- Punktierung = Trümmermassen
- K = Kar
- E = Erdfallgebiet; Ansicht Bild 87
- ✗ = Bergaugebiet.

Längstal zwischen Lafatscher und Frau Hütte-Wildanger Scholle; Bergaugebiet von Hall.

Salzauftrieb und Salzablauung im Talstreifen; Zerrüttung der Bergmassen längs der Ränder; Roßkopf-Bergmasse als Wasserscheide.

Die stärksten Strände von Muttersteinsalz treten unmittelbar am Rande des Sandlings und längs der von ihm abgespaltenen Bergteile (Roter Kogel, Habersam- und Krittakogel) auf. Im übrigen besteht der in den zwischen diesen „Kögeln“ und dem Rand des Sandlings gebildeten Karzonen auftretende Salzkörper aus Haselgebirge. Dieses wird

bereichs, d. h. dort, wo die beiden Großschollen sich einander am meisten — bis auf 3 km — nähern. Die in diesem Gebiet aus der Salzmasse herausragenden Schollentrümmer sind steil stehende Plattenteile von Trias- oder von Jura- und Kreideschichten, die sämtlich in Werfener Haselgebirgsmassen eingebettet sind. Durch die vom Randtal

(Trauntal) der Gamsfeld-Großscholle aus gegen den Störungsbereich vorgetriebenen tiefsten Stollen („Erbstollen“, 3 km lang), wie durch den eigentlichen Bergbau sind in den Lücken zwischen diesen Schollentrümmern die obersten Spitzen von Muttersalzmassen aufgeschlossen, die nach unten sehr bald in einen mächtigen Stamm geschlossener Salzmasse übergehen.

3. Störungszone von Berchtesgaden-Dürrnberg zwischen Osterhorngruppe, Untersberg und Göll; Berchtesgaden-Salzburger Alpen.

(Grundriß, Bild 60; Querschnitte, Bilder 61 u. 62.)

Von dem Störungsgebiet der Berchtesgaden-Salzburger Alpen ist der von den Großschollen Osterhorn-Gruppe, Untersberg und Göll begrenzte Störungsbereich durch den Bergbau von Berchtesgaden und von Dürrnberg aufgeschlossen.

Der Salzberg von Berchtesgaden (Grundriß, Bild 60, Querschnitt Bild 61) liegt unmittelbar am Westrand der Hauptmasse des Göll-Gebirges. Dieses ist eine gewaltige Triasmasse, an deren Rand mehrere von Juraschichten begrenzte Schollenteile auftreten. Ausgebeutet werden zur Zeit die Salzmassen, welche in zwei etwa 300 m breiten Verwerfungszonen und dem anschließenden etwa 800 m breiten östlichen Uferstreifen des Tals der Ache aufgepreßt sind. Die zahlreichen Stränge von Muttersalzmassen, die in den jetzt neu aufgeschlossenen obersten Niveaus auftreten, schließen sich nach unten zusammen; sie kommen offenbar aus breit entwickelten Muttersalzmassen.

Bei Dürrnberg (Querschnitt, Bild 62) ist ein 1 km breiter Teil eines Salzkörpers zwischen zwei größeren in die Salzmasse eintauchenden Deckengebirgschollen aufgeschlossen. Die eine Scholle, die aus Triaskalkschichten besteht (Lercheck, 1050 m ü. d. M.), ragt 200 m über die Salzoberfläche heraus. Die andere, von Trias-, Jura- und Kreideschichten gebildete Bergmasse (Zinken, 1300 m ü. d. M.), ragt 350 m über die Oberfläche auf.

Längs der Ränder dieser Deckengebirgs-Trümmer sind breite Muttersalzstränge aus der Tiefe aufgepreßt, während der Salzkörper im übrigen von Haselgebirgsmassen gebildet wird, und zwar vorwiegend von solchen aus Werfener und Muschelkalk-, auch aus Juraschutt.

Durch einen kleineren Triasbrocken (Hahnrein), der nur 100 m aus der Salzmasse aufragt und etwa ebenso tief in diese eintaucht, sind die Spitzen dieser Muttersalzmassen abgelenkt und zerteilt worden.

4. Als Beispiel für das Flachsollengebiet: Störungszone von Hallstatt; zwischen Dachstein- und Gamsfeldgruppe; Salzkammergut.

(Grundrisse, Bilder 50, 66 und 69b; Querschnitte, Bilder 68, 69a, 70a und b.)

Unter den im Flachsollengebiet der Nördlichen Kalkalpen vorhandenen Störungszonen er-

scheint die Zone von Hallstatt, die, von den Großschollen der Dachsteingruppe und der Gamsfeldgruppe begrenzt, 6 km breit und 10 km lang ist, (wegen der Einfachheit der geologischen Verhältnisse und der guten Aufschlüsse über und unter Tage) besonders geeignet, um sich ein Bild von dem gesamten Störungsbereich zu machen.

Durch Bergbau ist ein etwa 1,5 km breiter Streifen der Zone annähernd in der Mitte zwischen den parallel verlaufenden Großschollen-Rändern aufgeschlossen. Die Aufschlüsse reichen vom Ostrande der inmitten des Störungsbereichs auftretenden Plassenmasse 2,5 km weit bis an die von Trias-Kögeln gebildete Barre, die den Salzkörper gegen das Talgebiet des Hallstätter Sees (500 m ü. d. M.) abschließt.

Die Hallstätter Störungszone galt bislang als ein unlösbares geologisches Problem. Die Auffassung zur Zeit der klassischen Alpengeologie¹⁾, die durch den Ausspruch gekennzeichnet wird:

„Hier spottet die Natur der in andern Gegenen mit Erfolg angewendeten Beobachtungsmethoden; kombitative und deduktive Schlüsse, welche auf wohlbeobachteten Daten beruhen, sind hier ausgeschlossen; denn nichts scheint Regel zu sein, als der Wechsel der schneidendsten Gegensätze“, gilt auch heute noch.

Die innerhalb dieser Störungsbereiche in scheinbar einzigartiger Beschränktheit auftretende Schichtenfolge hat zunächst zur Annahme einer besonderen, der „Hallstätter“ Facies in diesem Gebiet geführt. Und, seitdem in den Westalpen die „Deckenlehre“ als Erklärungsprinzip für ungewöhnlich erscheinende facielle und tektonische Bereiche Eingang gefunden hat, gilt für die Ostalpen das Hallstätter nebst den benachbarten Störungsbereichen als ein Hauptstützpunkt dieser Lehre.

Eine Vorstellung von der Auffassung der Deckenlehre über den Hallstätter Störungsbereich gibt der Querschnitt, Bild 67a, den Spengler in seiner Monographie über die „Gebirgsgruppe des Plassen und Hallstätter Salzberges“ mitgeteilt hat²⁾.

Die Deckenlehre betrachtet die Lagerungsverhältnisse der Großschollen- und der Störungsbereiche in diesem Gebiete in tektonischer Hinsicht unter der Annahme eines „Einschubes ortsfremder Deckenteile“, in (praktisch) horizontaler Richtung aus andern, z. T. fernliegenden Gebieten. Sie rechnet also mit einer Doppel-lagerung von Schichten, nämlich mit einer grundsätzlich intakten „Basisscholle“ und im Bereich der Störungszone außerdem mit darüber „wurzellos“ auftretenden „Schub-schollen“ (Querschnitte, Schema, Bilder 67b u. c.).

In facieller Hinsicht gilt in der Regel, daß der von fernher eingeschobene Deckenteil aus einem Faciesbereich stammt, dessen Ausbildung von der seiner jetzigen Basisscholle abweicht.

Die Ursache dieser merkwürdigen Verhältnisse sieht die Deckenlehre also in angeblich einfachen, mechanisch aber bisher unerklärten Vorgängen einer Fern-Uberschiebung.

Man vermag sich an Hand der hier mitgeteilten Abbildungen, die aus der großen Zahl der von Herrn

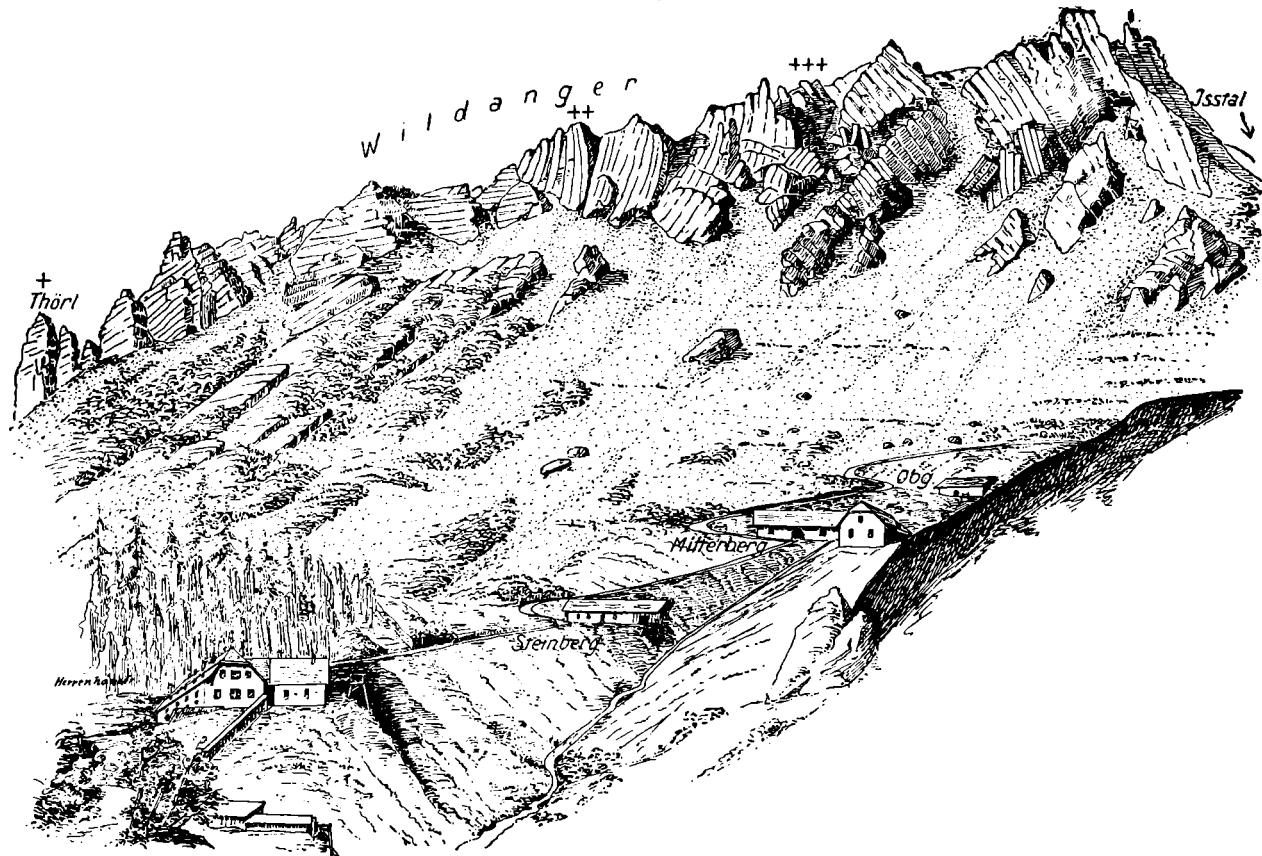
1) E. v. Mojsisovics, Das Gebirge um Hallstatt. Abhandl. d. Geol. R. A., Wien 1875 VI/I, p. III.

2) E. Spengler, Die Gebirgsgruppe des Plassen und Hallstätter Salzberges. Jahrb. Geol. R. A., Wien 1918 LXVIII, S. 285 ff., Zitat von Mojsisovics S. 286, Anm. 2.

SO

Bild 73.

NW



Ausicht; B—B im Grundriß Bild 72

E. Seidl und R. Plank.

Zerrüttete Kalk-Trümmermassen über den in steter Bewegung befindlichen Rückstandsbildungen der abgelauften Salzmassen.

Steinwände, die die Berghäuser, die über den Mundlöchern der Stollen erbaut sind, gegen den starken Steinschlag schützen sollen.

SO

Bild 74.

NW

Muttersalz-Stränge (Na), die in größere zwischen den Deckgebirgs-Trümmern entstandene Lücken eingepreßt sind; umgeben von Werfener (Wf) und Muschelkalk-Massen, die die Basis-Schichten der zutage tretenden Muschelkalk- (Mk) und Wettersteinkalk- (Wk) Schollen bilden.

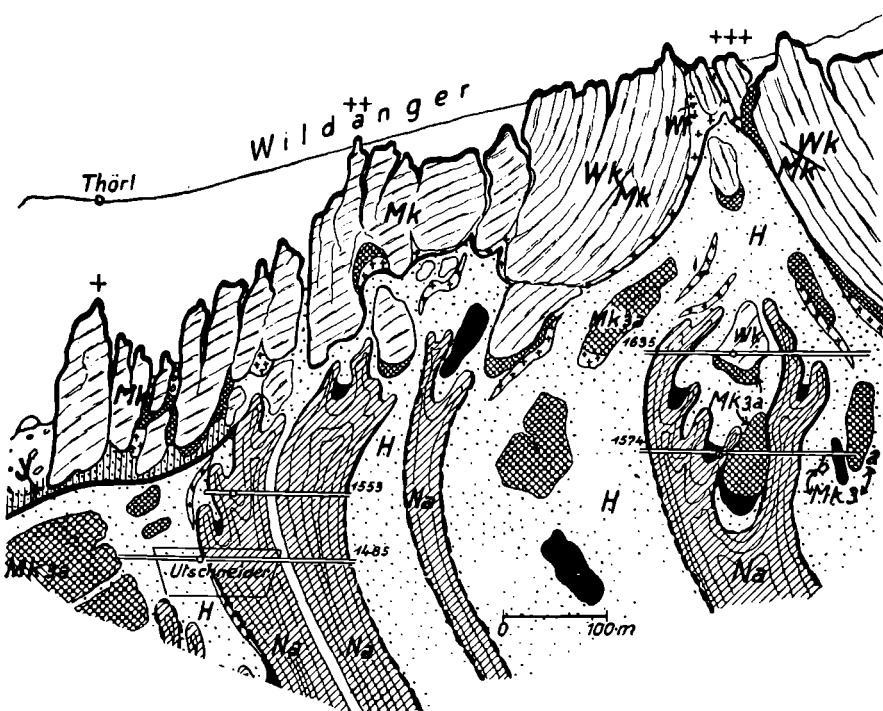
Im Utschneider-Sinkwerk Aufschluß der in Bild 10 abgebildeten Kalizone.

(Mk 3a = Reichenhaller Kalk
Mk 3b = Anhydrit)

Stollen	m ü. d. M.
Wasserberg-	1635
Oberberg-	1607
Mitterberg-	1574
Steinberg-	1533
Königsberg-	1485
Kaiserberg-	1458
Erzherzogsgberg-	1422
Ferdinandberg-	1335

SO-Endstück der Wildanger Scholle;
S-Karwendelgebirge;
Salzauftrieb, Salzablauung (Sub-
rosion) und infolgedessen Zerrütt-
ung der Bergmassen.

+, ++, +++ = Punkte, die in dem
Querschnitt und der Ansicht einander
entsprechen.



Querschnitt; B—B im Grundriß Bild 72

E. Seidl und R. Plank.

Romed Plank und mir verfaßten bildlichen Darstellungen ausgewählt wurden — Grundrisse, Bilder 50, 66 a, b, 69 b, 83 und 84, Querschnitte, Bilder 68, 69 a und 70 a, b, Ansicht, Bild 82 —, eine Vorstellung von den geologischen Verhältnissen im gesamten Störungsbereich zu bilden. Bei der Wiedergabe ist teils mehr Gewicht auf Herausarbeitung geologischer, teils mehr auf Herausarbeitung geographischer Erscheinungen gelegt.

Bei der Konstruktion der Querschnitte sind für den tieferen, nicht aufgeschlossenen Teil folgende zum Teil für die Konstruktion deutscher Salzstöcke allgemein anerkannten Grundsätze und Erfahrungen berücksichtigt:

An allen Stellen des Störungsbereichs, wo Rückstandsbildungen abgelaugter Salzmassen (oder Werfener Massen) zutage treten, sind in der Tiefe Salzmassen anzunehmen.

Die als Berge aus der Salzmasse herausragenden Deckgebirgs-Trümmer, die rings von Salzmassen umgeben sind, tauchen annähernd ebenso tief ein, als sie über die Salzoberfläche hinausragen.

Das Grundgebirge pflegt verhältnismäßig wenig gestört und aufgerichtet zu sein.

Die die Wurzel des Salzkörpers bildenden Salzmassen sind eine bedeutende Staumasse.

In physikalischer Hinsicht (Grundriß, Bild 66 b, Querschnitte, Bilder 70 a und b) ergibt sich, daß in dem von den beiden Großschollen scharf begrenzten Störungsbereich zahlreiche Trümmerstücke des Deckgebirges auftreten, die rings von Salzmasse umgeben sind.

Während die Deckgebirgs-Trümmer — soweit sie hier als besondere Bergmassen („Kögel“) erscheinen — in die Salzmasse von oben her ein-tauchen, streben die plastischen und dem spez. Gewicht nach leichten Salzmassen in Form steil aufragender Faltenstränge zwischen diesen nach oben. Sie werden von den vorangeilten Werfener Massen, deren Tongesteine im Fall der Durchfeuchtung ebenfalls hochplastisch sind, wie von einer Haube umkleidet.

Die Deckgebirgs-Trümmermasse des Plassenberges tritt beherrschend in der Mitte der Störungszone auf. Der Gipfel des Plassens (1952 m ü. d. M.) erhebt sich 700 m über die Oberfläche des Salzkörpers an seiner Peripherie (1200 bis 1300 m ü. d. M.). Die Salzmasse ragt dort fast 400 m höher auf als an den Rändern der beiden Großschollen und der östlichen Barre. Die zahlreichen innerhalb des Salzkörpers auftretenden Deckgebirgs-Trümmer reichen kaum 400 m über die Oberfläche der zwischen ihnen strangförmig aufgepreßten Salzstränge empor.

In geologischer Hinsicht (Grundriß, Bild 66 a, Querschnitt, Bild 68) sieht man über Tage, daß die verschieden-altrigen Schichten der Kalkformation, die im Störungsbereich — in kleine Trümmer zerteilt — auftreten, folgende symmetrische, also offenbar gesetzmäßige Anordnung im

Verhältnis zu den aus Dachsteinkalk bestehenden Großschollen zeigen.

Der mittelste Teil der Störungszonen wird von steil gestellten Platten von Plassenkalk (Tithonkalk) eingenommen; dazu tritt am Nordrand des Plassens ein schmaler Streifen von Oberem Hallstätter Kalk (also Schichten, die nach dem ersten Durchbruch der Salzmassen in dieser Art nur in den Salz-Störungsbereichen abgelagert wurden). Die Plassenmasse nebst dem Streifen von Oberen Hallstätter Kalkschichten umgibt ein Kranz von Trümmerstücken der liegendsten Horizonte der Kalkformation (Wettersteinkalk bzw. -Dolomit. Unterer Hallstätter Kalk und Muschelkalk, also Schichten der Großschollenbereiche). Zwischen diesen Schichten und dem eigentlichen Rand der Großschollen, die mit Dachsteinkalk und etwas Jura-(Lias-) Bedeckung zutage ausgehen, treten als Übergangszone einige größere Trümmerstücke von Dachsteinkalk — ebenfalls mit etwas Jura-(Lias-) Bedeckung auf. Zwischen den Formationsgrenzen und zwischen den einzelnen kleinen Schollen-Trümern, aus denen sich die Formationsbereiche zusammensetzen, treten Werfener Massen nebst Rückstandsbildungen des abgelaugten Salzkörpers zutage.

Durch Bergbau-Aufschlüsse wird dieses Bild in folgender Weise ergänzt. Unter den Jura-Platten der Plassengruppe treten Muschelkalkplatten (vornehmlich Reichenhaller Kalk), eingebettet in Werfener Massen (Ton- und Sandsteinstufe) und Salzmasse auf. Die Salzmassen, die zwischen diesen Köpfen anstehen, bestehen vorwiegend aus Werfener- und Jura-Haselgebirge. Am Ostrand des Plassens, und zwar in dem von dessen Ausläufern gebildeten 300 m breiten Kar („Eisgrube“), sind mehrere Stränge des Muttersalzlagers, die sich nach unten zu einer breiten, stockförmigen Salzmasse vereinigen, aufgeschlossen (Grundriß, Bild 69 b, Querschnitte, Bilder 68 und 69 a).

Die Aufschlüsse über und unter Tage besagen folgendes:

Die mittlere Stufe der Kalkformationen (Dachsteinkalk) tritt inmitten der Störungsbereiche gar nicht oder nur in kleinen Bruchteilen auf.

Die hangendsten Schichten der Kalkformation (und zwar Facies der Störungsbereiche) tauchen von oben her in die Salzmasse ein.

Die liegendsten Schichten der Kalkformation (unteres Drittel der Facies der Großschollenbereiche) ragen, durch die aufströmenden Salzmassen von unten mit emporgetragen, zum Teil aus der Salzmasse zutage auf.

Die Salzmasse nebst den Werfener Massen bildet die Einbettungsmasse der Deckgebirgs-Trümmer, und zwar tritt sie in allen Lücken in Form steiler Sattelfalten auf.

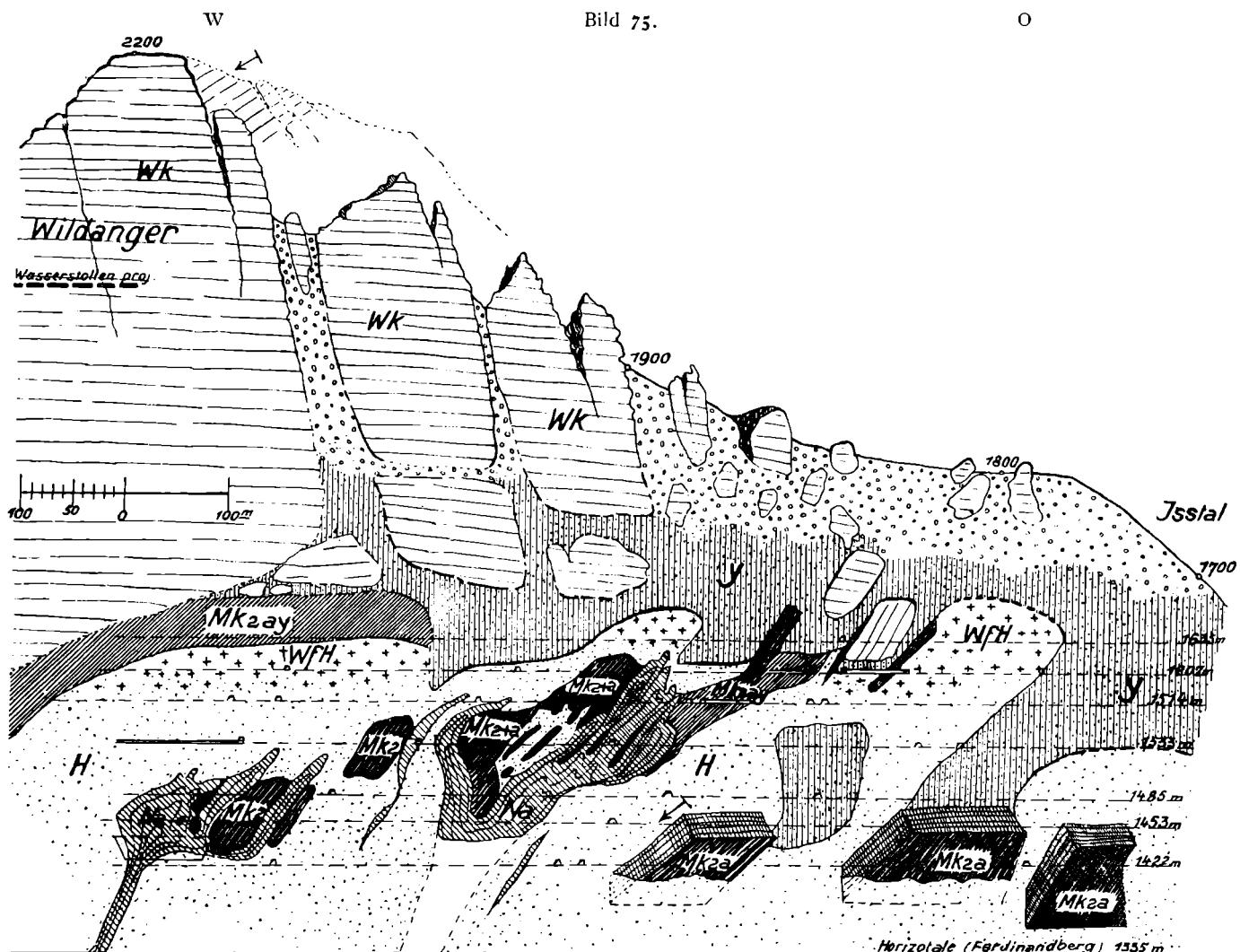
Im Störungsbereich ist also — im Vergleich zu den Großschollenbereichen — zuviel Salz- und Werfener Masse und zuwenig Deckgebirgs-Masse, insbesondere der mittleren Stufe vorhanden.

Schon auf Grund dieser Massenverteilung und der eigentümlichen Lagerungsverhältnisse ergibt

sich als einfachste Erklärung für die Entstehung der Hallstätter Störungszone eine Zerteilung der Deckgebirgsschichten der Salzlagerstätte, die durch Druck- und Zugbeanspruchungen ähnlich stattfand wie bei einem Zerreißvorgang von Materialien, die

die Hallstätter Störungszone im Rahmen des gesamten mittleren Flachschollengebiets der Nördlichen Kalkalpen betrachtet. In den Grundrissen, Bilder 2 und 50, die dieses Gebiet mit einer Zeichengebung darstellen, welche die spröden Deckgebirgs-

Bild 75.



Querschnitt
D-D im Grundriß Bild 72

E. Seidl und R. Plank.

Ostrand des Wildangers. S-Karwendelgebirge.

Zerrüttung des Wetterstein-Kalks (Wk) infolge von Salzauftrieb und Salzablösung im Isstal; zum Teil tiefgreifende Ablösung, Einschließung der Muschelkalk-Schollen-Trümmer (Mk) durch die aufströmenden Mutter-salzmassen (Na).

Mk 2 = Muschelkalk im engern Sinne
Mk 2 + 2a = Muschelkalk und Anhydrit
Mk 2 ay = Anhydrit, in Gips übergegangen

H = Haselgebirge, vorwiegend aus Muschelkalk-Bestandteilen
WfH = Werfener Haselgebirge

Der mittlere Saltzstrang biegt aus der Schnittebene nach Süden ab.
Einzelne Muschelkalk-Brocken sind in der Projektion gezeichnet, damit man das entgegengesetzte Einfallen derselben im Verhältnis zu den Schichten der zutage tretenden Schichten des Wildangers (Querschnitt Bild 76) sieht.

in der Mechanik eine die Elastizitätsgrenze überschreitende Beanspruchung erlitten. Hinzu traten die Aufpressung der plastischen Salz- und Werfener Massen und deren besonders tiefgreifende Abtragung.

Zu demselben Ergebnis kommt man, wenn man

schichten der Kalkformation den plastischen Salz- und Werfener Massen gegenüberstellt, kommt eine Symmetrie der Störungszonen und der von ihnen abgeteilten Großschollenbereiche zum Ausdruck, die ebenfalls auf einen derartigen Zerreißvorgang deutet.

5. Als Beispiel für den westlichen Steilschollen- bzw. Faltenbereich:

Störungszone von Hall; zwischen Lafatscher- und Frau Hütt-Wildanger-Scholle; Südliches Karwendel-Gebirge.
(Grundriß, Bild 72; Querschnitte, Bilder 71, 74, 75 u. 76; Ansichten, Bilder 73 und 88.)

Die geologischen Verhältnisse des zum westlichen Steinschollenbereich der Nördlichen Kalkalpen gehörenden Südlichen Karwendel-Gebirges, in dem der Salzberg von Hall liegt, sind schon von namhaften Gelehrten in geologischen Abhandlungen und Karten dargestellt, die einen ausgezeichneten Einblick in den Schichtenaufbau und die Tektonik dieses Gebietes gewähren. Das Ergebnis unserer Untersuchungen stimmt bezüglich des Schichtenaufbaus der gesamten Trias mit der bisherigen Auffassung in den Grundzügen überein. Als Beispiele aus unserer Sammlung von Abbildungen sind hier mitgeteilt: Grundriß, Bild 72, Querschnitte, Bilder 71, 74, 75 u. 76, Ansichten, Bilder 73 u. 88.

Der Grundriß, Bild 72 und der Längsschnitt, Bild 71 zeigen das durch den Salzberg von Hall aufgeschlossene Gebiet als (1,5 km langes) Stück einer mehrere Kilometer langen, 0,5 km breiten Störungszone, von der ein 10 km langes Stück durch diese Abbildungen dargestellt ist.

Im Bergaugebiet von Hall sind die untersten Schichten der Trias in vollständiger Ausbildung des Normalprofils (Schichtentafel I) aufgeschlossen. Die beiden Großschollen, die den Salzkörper begrenzen, werden von Schichten des unteren Drittels der Kalkformation gebildet. Über Tage stehen vorwiegend Wettersteinkalk-Schichten an. Unter Tage jedoch sind als Einschlüsse in der Salzmasse Schichtenteile verschiedener Horizonte der Muschelkalk- (besonders Reichenhaller Kalk und Anhydritstufe) und der Werfener Formation (Ton- und Sandsteinstufe) aufgeschlossen. Diese Bruchteile liegendster Triasschichten sind nur zum Teil durch nachweisliche Verwerfungen als Abspaltungen von den Hauptschollen gekennzeichnet; zumeist jedoch hat man den Eindruck, daß die aufreibenden Salzmassen sie mit emporgeschleppt haben.

Die Salzlagerstätte, die bisher als eine Einschaltung — von verhältnismäßig geringer Mächtigkeit — innerhalb der Triasschichten galt, ist von uns auch in diesem Gebiet der Kalkalpen als ein mächtiges Lager der Perm-Formation festgestellt worden.

Auch bezüglich der Auffassung der Tektonik des Deckgebirges als Schuppen- bzw. Faltenbildung besteht eine gewisse Übereinstimmung mit der bisherigen Deutung.

Im einzelnen sei folgendes hervorgehoben:

Die den Salzkörper im Halltal begrenzenden Triasschichten gehören einer gegen den Salzkörper geneigten 1000 m über die Salzoberfläche aufragenden Schichtenplatte (Lafatscher, 2700 m ü. d. M.) an, die sich nach W und O noch weit über das Auf-

schlüßgebiet hinaus erstreckt. Die südliche Begrenzung des aufgeschlossenen Teiles des Salzkörpers bildet jedoch das Endstück einer langen, ebenfalls gegen den Salzkörper geneigten Schichtenplatte (Frau Hütt-Wildanger-Scholle). Das Endstück dieser Scholle (Wildanger) zeigt die Ansicht Bild 73; ein annähernd parallel dazu durch die Bergbau-Aufschlüsse gelegter Querschnitt ist Bild 74. Die beiden Abbildungen ergänzen einander zu einer wohl naturgetreuen Darstellung der höchst bezeichnenden geologischen und geographischen Erscheinungen. Am Ende der Deckgebirgs-Scholle, und zwar gerade in den Lücken zwischen einzelnen Trümmern, treten breitere Stränge steil aufwärts strebender Muttersalzmassen auf. Durch die obersten Verzweigungen derselben sind Werfener Schuttmassen und Muschelkalk-Brocken zu Haselgebirge verarbeitet.

An dieser Stelle gewinnt man auch einen besonders bezeichnenden Eindruck von der Aufteilung der Deckgebirgsmasse in einzelne in Salzmasse eingebettete Trümmerstücke und in den Zerfall der Bergmassen.

Der zwischen den beiden Großschollen auftretende Teil des Salzkörpers wird durch die Querschnitte, Bilder 75 und 76 erläutert. Aus diesen Abbildungen geht klar folgendes hervor: Im Gegensatz zu der Tektonik der Deckgebirgsschichten — und im hohen Maße unabhängig von dieser — steht die der Salz- und Werfener Massen. Diese Schichten sind in allen sich bietenden Lücken bis 1600 m ü. d. M. hoch aufgepreßt; sie füllen die Zwischenräume zwischen den Schuppen aus, wiewohl diese gegen einander einfallen, also eine Mulde zu bilden scheinen. Es ergibt sich dadurch ein Übergreifen der Salz- und der Werfener Schichten nebst mitgerissenen Teilen von Muschelkalk-Schichten über Wettersteinkalk und hangendere Triasschichten.

Die Untersuchung des übrigen im Grundriß, Bild 72 und Längsschnitt, Bild 71 dargestellten Störungsstreifens hat folgendes ergeben:

Der Durchbruch der Salzmassen beschränkt sich nicht auf das nur 1,5 km lange Aufschlußgebiet des Salzberges. Zutage tretende Salzletten und Werfener Durchbruchsmassen, kennzeichnende Erosions-Erscheinungen und insbesondere ausgedehnte Erdfallzonen (Ansicht Bild 88 beim Stempeljoch) bezeugen, daß in dem ganzen, etwa 0,5 km breiten Talstreifen zwischen der Lafatscher- und Frau Hütt-Wildanger-Großscholle Salzmassen unter den Talschottern anstehen, die aus der Tiefe aufgepreßt sein müssen. Durch das zwischen beiden Großschollen eingefügte Trümmerstück des Roßkopfs, der das Tal absperrt, und eine Wasserscheide bildet, wird auch der breite strangförmige Salzkörper in zwei Teile geteilt.

Bei dieser Auffassung der Tektonik kommt es im wesentlichen nur auf die Schichtenstellung der beiden Großschollen und auf den Horizont der diese zusammensetzenden Triasschichten an. Die kleineren, den Salzkörper selbst bedeckenden Schollen-

trümmer können demgegenüber vernachlässigt werden, weil sie Bruchteile sind, die teils von oben her zugeführt, teils von den abhobelnden Salzmassen mit emporgeronnen sind.

Von wesentlicher Bedeutung ist sodann, daß trotz der hohen Aufpressung der Permischen Salzmassen das Grundgebirge weder über Tage zu sehen noch mit Bergbau-Aufschlüssen nach-

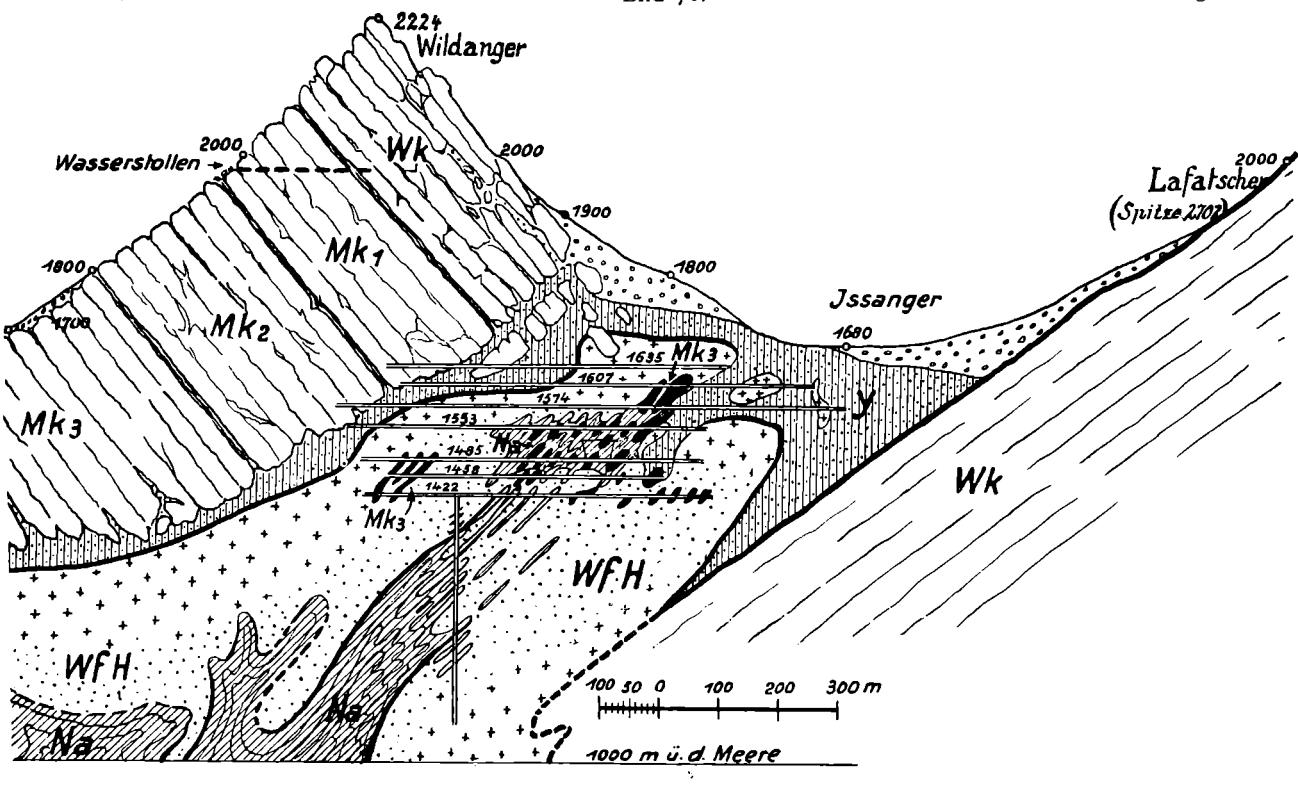
lichen Karwendel-Gebirges hat ergeben, daß die geologischen und geographischen Verhältnisse in den Berg- und Talgebieten grundsätzlich die nämlichen sind wie im Bergaugebiet von Hall und dessen näherer Umgebung.

Eine Anzahl von Schuppen von Triasschichten ist in langen Streifen zum Teil fast parallel zueinander angeordnet; stellenweise sind zwei Nachbar-

W

Bild 76.

O



Querschnitt
C-C im Grundriß Bild 72

E. Seidl und R. Plank

Einsetzung der Salzmassen zwischen Wildangerscholle (unter dieser) und Lafatscherscholle (über diese übergreifend).

Darstellung, ermöglicht durch den etwa 400 m unter die tiefste Stollen-Sohle reichenden Schacht aufschluß.

Lage der Salzstränge parallel zum Einfallen der Lafatscherscholle.

Einschaltung der meisten Muschelkalk-Trümmer, die teils von der Basis der Wildangerscholle teils vom Kartelser Jöchl (zwischen Isstal und Halltal) losgerissen sind, in die Fließrichtung der Mutterstein-Scholle.

Wk = Wettersteinkalk

WfH = Werfener Haselgebirge

Mk₁ = Partnach-Schichten

Na = Muttersteinsalz-Scholle

Mk₂ = Muschelkalk

y = Rückstandsbildungen

Mk₃ = Reichenhaller Kalk

Bergbau-Strecken, die in die Rückstandsbildungen bzw. in die Muschelkalk-Massen des Wildangers getrieben wurden, (in 1635, 1607, 1574, 1553 m Höhe) brachten Wasser- bzw. Laugenzüflüsse; die bei 2000 m in den Deckgebirgs-Kalkschichten angesetzten „Wasserstollen“ jedoch bewirkten die beabsichtigte Entwässerung des Bergbau-Gebiets nicht.

gewiesen ist; es dürfte verhältnismäßig wenig und in anderer Weise tektonisch gestört sein.

Durch Abtragung der in den Tälern zutage tretenden Salzmassen und durch andere eigentümliche Störungerscheinungen wurden schließlich die Lagerungsverhältnisse weiter verändert. Diese Verhältnisse werden im nächsten Abschnitt (F) noch eingehender geschildert.

Die Untersuchung des gesamten Süds-

schuppen einander überschoben, stellenweise auch sind die oberen Schollenteile, indem sie sich von den unteren trennen, von diesen abgegliitten.

In den meisten Haupttälern deuten mancherlei Erscheinungen darauf hin, daß dort Salzmassen durchgebrochen sind.

Man kann sich mithin die Verhältnisse dieses größeren Gebietes nach Art des Querschnitts, Bild 4 vorstellen.

F. Zerstörung und Neubildung von Schichten in den Salz-Störungsbereichen des deutschen und Alpen-Permsalzgebiets.

I. Kennzeichnung der Salz-Störungsbereiche; Art der Kraftwirkungen;

Salzhutgebiet, Salzmantel- und Salzmuldengebiet.

Im deutschen und Alpen-Salzgebiet kennzeichnen sich, wie aus sämtlichen Abbildungen der Abschnitte A bis E hervorgeht, die Salzstörungsbereiche gegenüber den Großschollen-Bereichen schon im Gelände als Zonen der Salzaufpressung und Salzablauung durch eigentümliche geographische und geologische Erscheinungen.

Man sieht im deutschen Salzgebiet eigenartige Längstäler zum Teil mit Sumpfen und Seen (Grundriß, Bild 31, Querschnitte, Bilder 39 und 89), im Alpengebiet Längstäler mit bedeutendem Gefälle (Grundrisse, Bilder 69 a und 72, Querschnitte, Bilder 70 a, b und 71). In den Tälern treten manchmal Gipslager, Salzletten und Solquellen zutage; vielfach sieht man auch Erdfälle (Grundrisse, Bilder 31, 72 und 83, Querschnitte, Bilder 71 und 81, Ansicht, Bild 87). Soweit die Salzmassen von Deckgebirgs-Schichten bedeckt sind — insbesondere längs der Randzonen der Großschollen — sind die Bergmassen sehr stark zerstört.

Diese Erscheinungen ergeben sich durch folgende Kraftwirkungen:

Vielfach herrscht in den Störungs-Zonen eine erheblich stärkere Erosion als in den Großschollen-Bereichen.

Hierzu tritt allenthalben die vom Grundwasser ausgehende — also unterirdische — Erosion, die „Subrosion“. Die tiefsten Grundwasser sind die über der Salzoberfläche anstehenden Salzlaugen.

Unter der Einwirkung der Salzlaugen entstehen die „Salzletten“, Gips- und Dolomitgesteine.

Die Subrosion besteht nicht allein in der Abtragung des Salzkörpers; es wird damit auch den Gebirgsschichten, die diesen bedecken, der Boden entzogen.

Bei der Zerrüttung dieser Bergmassen spielen auch Zugwirkungen eine Rolle. Diese gehen einerseits von den aufgeweichten Tonmassen, die unterirdisch abfließen, anderseits von den Salzmassen aus, die unter dem Druck von Deckgebirgs-Massen aufströmen.

Man kann in den Salz-Störungsbereichen drei verschiedenartige Abschnitte unterscheiden, die Salzhut-, Salzmantel- und Salzmuldenzone.

Die „Salzhutzone“¹⁾ umfaßt den gesamten Salzkörper zwischen den Rändern zweier Groß-

schollen oder auch nur einen Salzstrang zwischen zwei Deckgebirgs-Trümmern. Die „Salzmantelzone“ ist der schmale Streifen an der Grenze der Salzhutzone gegen die Deckgebirgs-Schichten. Diese beiden Abschnitte sind durch das Schema, Bild 77, gekennzeichnet, in dem als Mittelstück des Subrosions-Bereichs der Salzkörper bzw. der Salzdas Schema Bild 78.

Bei einer sehr tiefgreifenden Subrosion kann man von einer „Salzmuldenzone“ sprechen. Nimmt man in diesem Falle als Mittelstück des Subrosions-Bereichs den Deckgebirgs-Brocken, so ergibt sich das Schema, Bild 78.

II. Allgemeine Abtragungs-Bedingungen; Bedeutung von Wasserscheiden.

Die Art und Stärke der Erosion und Subrosion hängt wesentlich mit von den Gefäll-Verhältnissen eines größeren, mehrere Salz-Störungszonen enthaltenden geographischen Bereichs und von den besondern Gefäll-Verhältnissen der betreffenden Störungszone ab.

Die deutschen Salz-Störungszonen entwässern im Anschluß an die Grundwasserbecken der großen Ströme, die mit mäßigem Gefälle zur Nord- und Ostsee fließen. In Mitteldeutschland ist, soweit die Störungszonen im Mittelgebirgsland auftreten, die Abtragung etwas stärker; es sind dann manchmal in der Längsachse der Berg Rücken tiefer Täler eingeschnitten. Bei manchen Störungszonen der Norddeutschen Tiefebene ist die Salzablauung anscheinend geringer. Denn die aus den abgelauften Salzmassen entstandenen Gipsmassen sind noch erhalten geblieben und ragen — unter dem starken Druck des 2500 bis 3000 m mächtigen Deckgebirges — als Hügel aus der Ebene hervor (Gipsberge von Segeberg, Lütheen, Lüneburg; Querschnitt, Bild 49).

In den Kalkalpen herrscht allgemein in den tief eingeschnittenen Salztälern starkes Gefälle. Die Oberfläche der höchsten durch Bergbau aufgeschlossenen Salzkörper (Hallstatt im Salzkammergut, Hall im Karwendelgebirge) liegt 700 bis 800 m über den nur gegen 10 km entfernten Tieffällen; und diese liegen 50 bis 100 m höher als das — 30 bis 50 km entfernte — Seengebiet des Nördlichen Alpenvorlandes, in das sie entwässern.

In manchen hochgelegenen Bergtälern dieser Kalkalpen sind für die Beurteilung der Abtragungs-Verhältnisse Wasserscheiden von Bedeutung, die von den jeweils größten Deckgebirgs-Trümmern inmitten einer Salz-Störungszone gebildet werden.

Im Bereich der Hallstätter Störungszone (Grundriß, Bild 66; Querschnitte, Bilder 70 a u. b) bildet der Plassenberg, eine Gebirgsmasse, die (1952 m ü. d. M.) 700 m über ihre Basiszone emporragt, die Wasserscheide. Von der Basis des Plassens (1200 m ü. d. M.) rinnen die Niederschlagswasser mit mehr als 10° Gefälle nach allen Seiten über den Salzberg zu Tale (Spiegel des Hallstätter Sees 500 m ü. d. M.; Grundriß, Schema, Bild 69 b).

Im Bereich der Störungszone von Hall (Grundriß, Bild 72; Längsschnitt, Bild 71) sperrt der Roßkopf, der (2557 m hoch) 900 m über die Salzoberfläche (an seiner Basis 1600 m ü. d. M.) aufragt, das

1) E. Fulda, Die Oberflächengestaltung in der Umgebung des Kyffhäuser als Folge der Auslaugung der Zechsteinsalze. Zeitschr. f. prakt. Geol. 17, 1909, S. 25 bis 28. — Derselbe, Salzspiegel und Salzhang. Z. d. D. Geol. Ges. 75, 1923, Monatsber. S. 10 bis 14. — Derselbe, Salzauslaugung. Jahrb. d. Halleschen Verbandes 4, 1924, S. 369 bis 379.

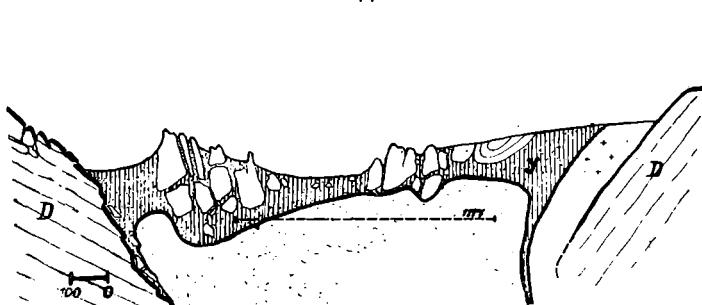
zwischen der Lafatscher-Scholle und der Frau Hütt-Wildanger-Scholle gebildete breite Längstal, in dem die Salzmassen durchgebrochen und abgelauget sind. Von der Basis dieser Bergmasse rinnen die Niederschlagswasser nach der einen Seite (Osten) über das Salzbergbau-Gebiet mit einem Gefälle von 10 bis 20° zu Tale (Niveau des Inntals 600 m ü. d. M.). Nach der andern Seite (Westen) rinnen sie über das durch ein ausgedehntes Erdfall-Gebiet (Ansicht,

Bild 87) ebenfalls als Salz-Durchbruchs- bzw. Auslaugungszone gekennzeichnete Tal zum Inntal mit starkem Gefälle bergabwärts.

III. Erosions-Wirkungen.

Vorwiegend auf Erosion ist die starke Abtragung all derjenigen jüngeren im Salzstörungsbereich abgelagerten Sedimente zurückzuführen,

Bild 77.



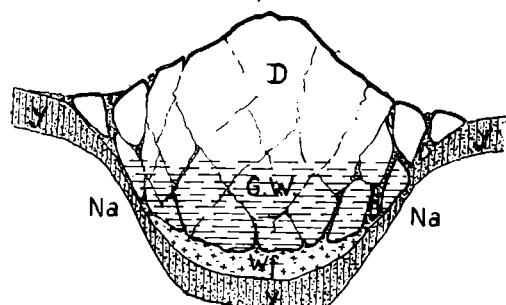
Querschnitt, s. Bild 68

Salzhut- und Salzmantel-Gebiet zwischen zwei in Salzmasse eintauchenden Deckgebirgs-Trümmern.

- D = Deckgebirge
- GW = Grundwasser
- Wf = Wurfener Mulden-Masse
- y = Rückstandsbildungen
- Na = Salzkörper

E. Seidl und R. Plank

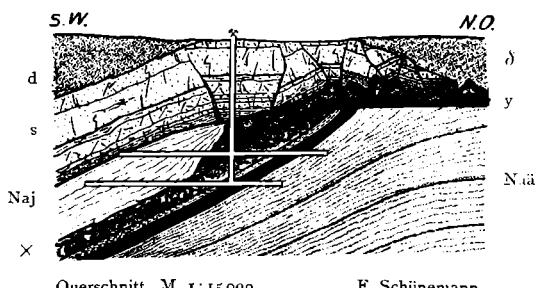
Bild 78.



Querschnitt-Schema, s. Bild 92 E. Seidl u. R. Plank.

Salzmulden- und Salzmantel-Bildung unter einem in Salzmasse eintauchenden — subdrierten — Deckgebirgsbrocken.

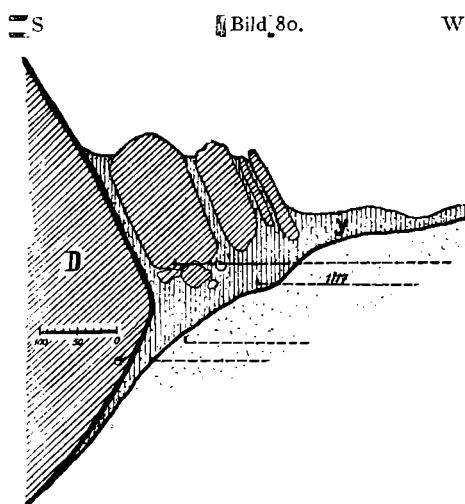
Bild 79.



Querschnitt, M. 1:15000

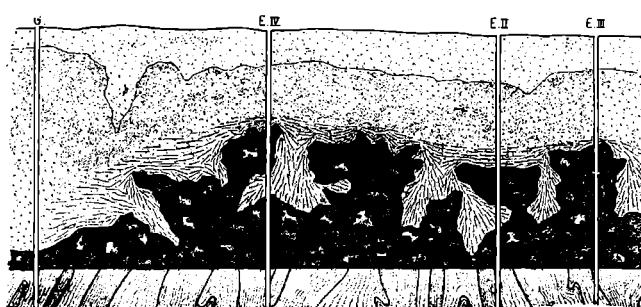
F. Schünemann

Gleichartige Subrosions- und Einsturzerscheinungen längs der Randzone eines deutschen Salzstocks (Bild 79, Staßfurter Sattel, Schacht Neu-Staßfurt IV) und der Randzone eines Deckgebirgs-Brockens in einer Salz-Störungszone der Kalkalpen (Bild 80, Halstätter Zone).



Querschnitt, s. Bild 69a E. Seidl und R. Plank

Bild 81.



Querschnitt, M. 1:4230

nach H. Stille

Über der fast horizontal abgelauften Oberfläche eines deutschen Salzstocks (Benthe-Ronnenberg-Zone) mächtigere Gips-Rückstandsbildungen, in deren Schloten tertiäre und diluviale Sand- und Ton-Massen eingestürzt sind (unterirdische Erdfälle).

welche nicht in Salzmasse eingebettet sind, sondern die Salzoberfläche bedecken.

Es sind dies im deutschen Salzgebiet, wo die Salzmassen erst am Ende der Jurazeit durchbrachen, Kreide-, Tertiär- und Diluvial-Schichten. Diese Schichten sind in Mitteldeutschland zumeist der allgemeinen tiefgreifenden Abtragung mit zum

Opfer gefallen. Nur Streifen von Tertiärschichten treten in bestimmten Störungsgebieten auf (z. B. Tertiär-Braunkohlenlager an den Rändern des „Staßfurter Sattels“; tertiäre Füllmasse mancher scheinbaren „Grabenbrüche“; Querschnitt, Bild 39). Die Störungszonen der Norddeutschen Tiefebene enthalten meist mächtige Tertiär- und Diluvial-

Bilder 82, 83 u. 84.

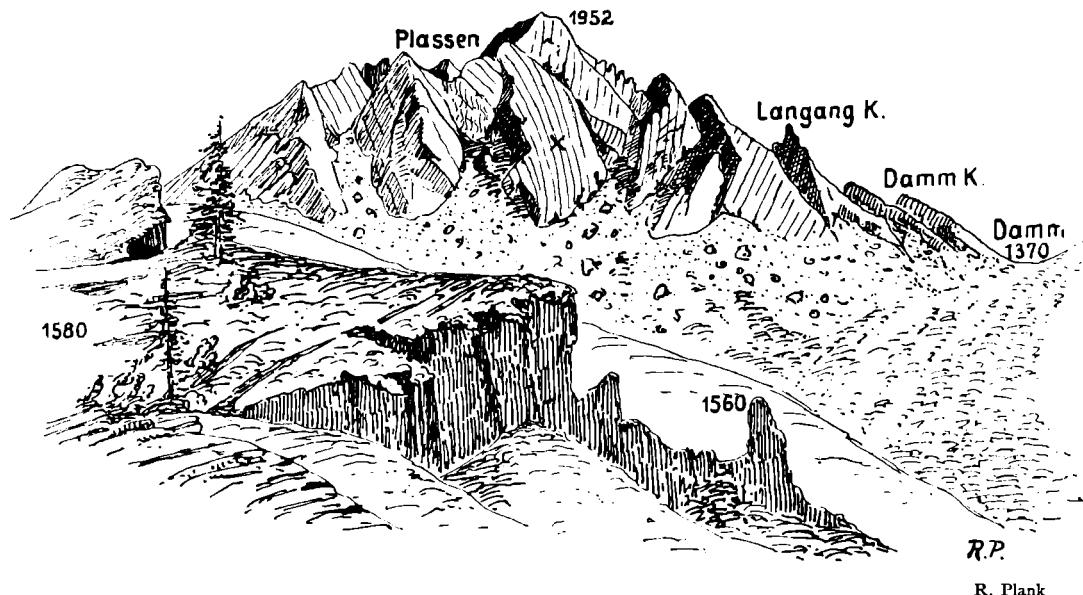


Bild 82. Ansicht der Südseite des Plassen;
aufgenommen vom Kl. Schwarzen Kogel, Dachstein-Nordwand (1772 m ü. d. M.) aus 3500 m Entfernung.

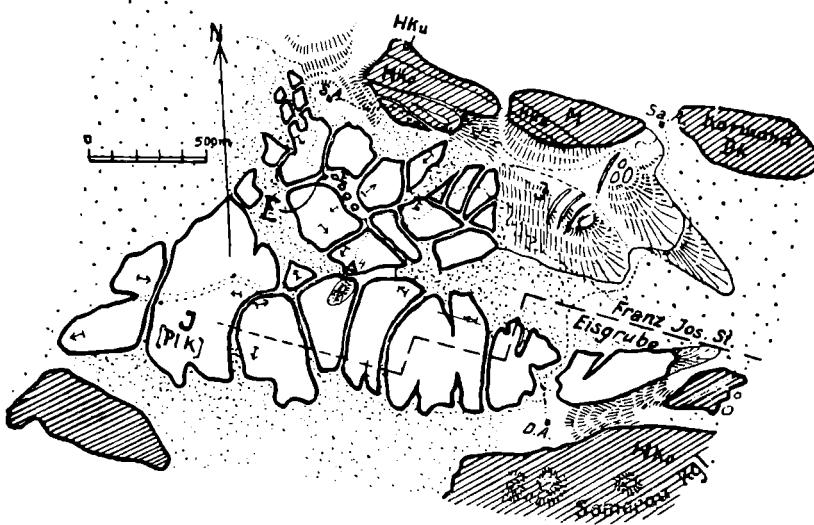


Bild 83. Grundriß der Plassen-Masse und der sie umrahmenden Bergteile.

- | | |
|--------------------------------|--|
| J (PIK) = Plassenkalk | D. A. = Dammalpe |
| Hko = Oberer Hallstätter Kalk | Sa. A. = Sattelalpe |
| Dk = Dachsteinkalk | S. A. = Schichlingalpe |
| Hku = Unterer Hallstätter Kalk | — = Aufschlußgebiet des Franz-Josef-Stollens |
| M = Muschelkalk | |
| E = Erdfälle | |

Zerfall der Plassen-Masse (Hallstätter Störungsbereich) infolge Subrosion und Salzauftrieb.

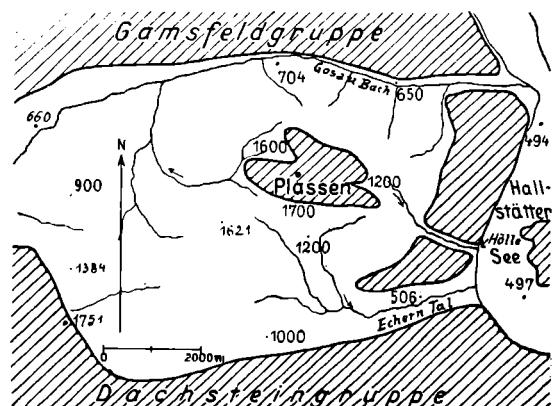


Bild 84. Bedeutung der Plassen-Masse im Hallstätter Störungsbereich als Wasserscheide.
(Grundriß, Bild 66 b.)

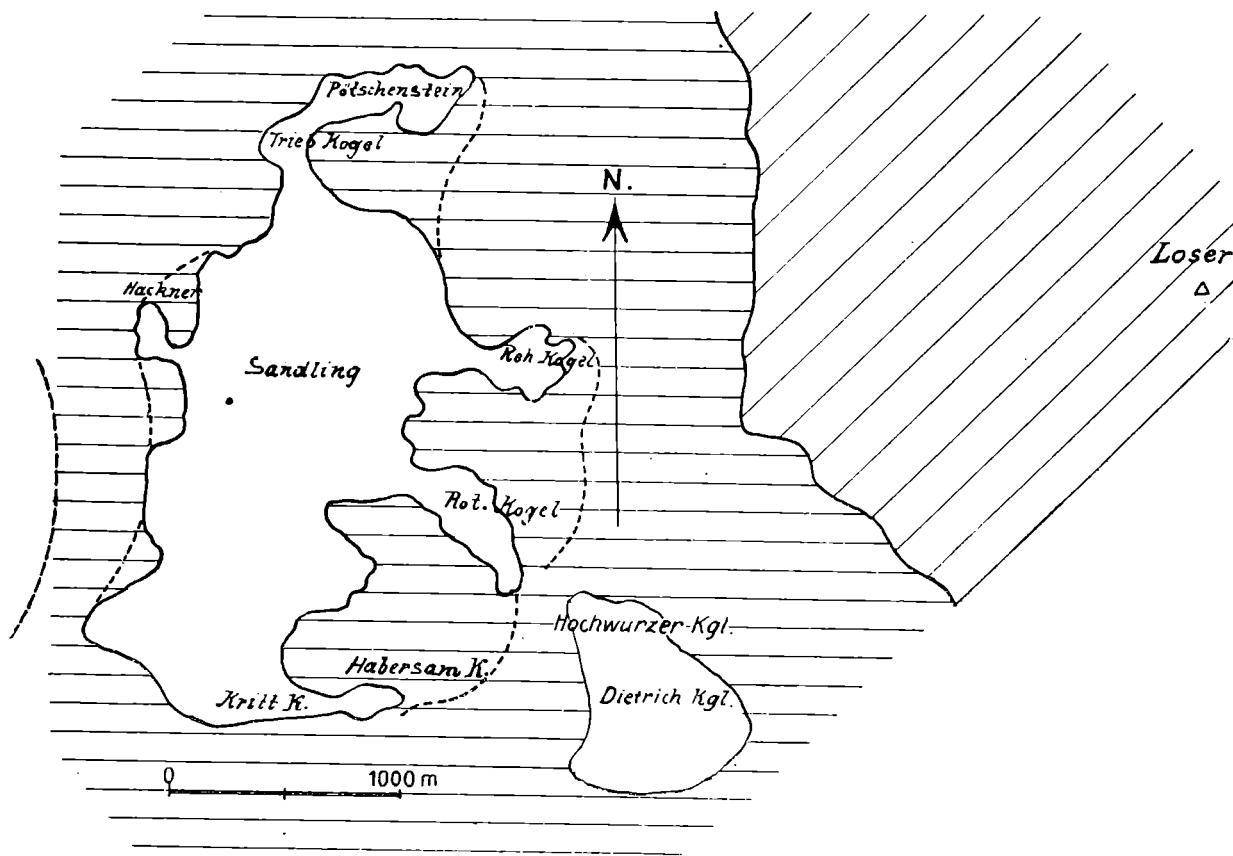
schichten, während Kreideschichten dort in geringerer Mächtigkeit auftreten als in den Großschollen-Bereichen (Querschnitt, Bild 48).

Im Alpengebiet brachen die Salzmassen schon am Ende der Triaszeit durch. Der Obere Hallstätter Kalk und der Plassenkalk (Tithonstufe) wurden zum Teil unmittelbar über Werfener Schichten oder über Salz-Rückstandsbildungen abgelagert. Daher tauchen große Trümmerstücke dieser Schichten von oben her in den Salzkörper ein. Soweit diese über die Salzoberfläche als Berge hinausragen, unterliegen sie an der Peripherie der zersetzen den

treten in derselben Höhe auf, in der man zu der Zeit die Salzoberfläche in den Störungsbereichen annehmen muß. Auch diese Höhlen dürften durch Salz-Grundwasser entstanden sein; die Dolomitzonen dort wären dann durch Einwirkung von Chlormagnesium-Laugen auf den Kalksteinfels zu erklären.

Die Sedimente der Kreide-, Tertiär- und Diluvial-Zeit, die zwischen diesen Trias- und Jura-Trümmern abgelagert wurden, wurden weit weniger mit Salzmassen verknüpft. Sie konnten daher leichter abgetragen werden. Inwieweit sie jetzt

Bild 85.

Grundriß
s. Grundriß Bild 64

E. Seidl und R. Plank

Zerrüttung der Randzonen eines flach auf der Salzmasse lagernden Deckgebirgs-Brockens im Salzkammergut;
ausgehend von mehreren Kar-Kesseln.

Rekonstruktion eines früheren Stadiums der Zerrüttung auf Grund der jetzigen in Bild 64 mitgeteilten Aufschlüsse.

und umbildenden Einwirkung der Salzlaugen (insbesondere Umsetzung von Kalkgesteinen in Dolomit).

Manche Höhlen, die sich in jüngerer Zeit gebildet haben (z. B. Koppenbrüllerhöhle 535 m ü. d. M., am Nordrand der Dachsteingruppe; Querschnitt, Bild 70a), stehen unter der Einwirkung der Salz-Grundwasser (Zone des Hallstätter Sees).

Größere Höhlenbildungen früherer Zeiten, die im Flachsollbereich jetzt 1200 bis 1600 m ü. d. M. auftreten (Dachstein, Tennengebirge, Untersberg),

überhaupt noch vorhanden sind, hängt wesentlich mit von den Gefäll-Verhältnissen bzw. der Lage von Wasserscheiden ab.

In den Hochtälern der Alpen, in denen die Sazberge liegen, pflegt die Decke über dem Salzkörper nur geringmächtig zu sein. Zu Urzeiten, als die Wildbäche noch nicht verbaut waren, traten die Salzmassen stellenweise unmittelbar zutage und boten den ersten Anlaß zur Sol- und Salzgewinnung (in Dürrnberg und Hallstatt, Keltenzeit 900 v. Chr.). Bei den Störungszonen von Hallstatt und Dürrn-

berg treten auf derjenigen Seite der Wasserscheide, welche das stärkere Gefälle hat, Salzletten zutage, während auf der andern Seite noch immer namhafte Reste der chemals stärkeren Bedeckung mit Ablagerungen der Jüngeren (Gosau-) Kreidezeit und Diluvialschotter vorhanden sind. Vielfach sieht man dort „Plaiken“ (Schema, Bild 86 a, b).

Es sind dies Rutschungen des Geländes, die sich bei starken Niederschlägen ergeben, wenn die Gewässer nicht schnell genug abfließen können. Tonmassen gehen dann in einen breiigen Zustand über und bieten (manchmal schon bei einem Neigungswinkel von 20°) den darüber befindlichen Schichten keinen Halt mehr.

In den tieferen Talgebieten liegt die Salzoberfläche unter mächtigen Schottermassen verborgen (z. B. im Salzkammergut: Tal der Traun, Hallstätter See, St. Wolfgangsee).

IV. Subrosions- und Zugwirkungen.

1. Abtragung des Salzkörpers; Rückstandsbildungen.

Das unverkennbare Zeichen der unterirdischen Abtragung eines Salzkörpers sind die Rückstandsbildungen, die die Salzoberfläche bedecken. Es sind dies — manchmal geschichtete — Gesteinsbildung, die sich stetig durch Zuführung neuer Bestandteile von unten her ergänzen. Die Tatsache, daß trotz der langen Zeit, die seit dem ersten Durchbruch der Salzmassen verstrichen ist, auch jetzt noch namhafte Salzmassen in den Störungszonen anstehen, erfordert unter anderm die Annahme eines wiederholten oder stetig fortwirkenden Auftriebs der Salzmassen.

Bei den deutschen Salzstöcken entstehen die Rückstandsbildungen vornehmlich aus Steinsalz- und Anhydrit-Gesteinen, die sich in Gips umsetzen (Bild 81). Auch die Gipsgesteine werden bald durch Salzlaugen zerstört. Die Abtragung schreitet also schnell voran. Manchmal jedoch sind aus Tonmassen des Buntsandsteins mächtigere Letten entstanden, die eine schützende Decke bilden.

In den Alpen bilden sich aus dem „Haselgebirge“ nach Auslaugung des Salzgehalts „Salzletten“. Diese schützen in Verbindung mit den Werfener Tonmassen („Lebergebirge“) den Salzkörper in der Regel gegen schnelle Auslaugung.

2. Bodenentziehung der Deckgebirgs-Schichten; Zugwirkungen.

Die unterirdische Abtragung des Salzkörpers — Subrosion — bedeutet für die überlagernden Gebirgsschichten die Entziehung ihres Untergrundes. Je nach Art der Deckgebirgs-Schichten, den Abtragungs- und insbesondere den Gefäßverhältnissen ergeben sich in den verschiedenartigen Zonen — Salzhut-, Salzmantel- und Salzmuldenzone — verschiedeneartige, höchst eigenümliche Erscheinungen.

a) Deutsches Salzgebiet.

Lose Deckgebirgs-Schichten.

Wenn den Salzkörper (Querschnitt, Bild 81) lose, schüttige Gesteinsmassen bedecken, ent-

stehen im Salzhutgebiet durch Subrosion über Tage Einsturztrichter („Erfälle“, „Pingen“) von 10 bis 50 m Durchmesser. Gruppen von Erdfällen ergeben kesselartige Einsenkungen des Geländes.

In den deutschen Salz-Störungszonen sind die Erdfälle oft durch Kulturarbeiten ausgeglichen. Der Grundriß, Bild 31 zeigt Erdfälle, die in einer durch Tertiär- und Diluvialbedeckung völlig eingebneten Störungszone in deren Längsrichtung angeordnet sind. Bekannter dürften die Erdfallgebiete der Zonen des Hildesheimer Waldes, der Asse und des Harlyberges (Vienenburg) sein.

In den Salz-Störungsbereichen der Kalkalpen sind Erdfälle und Senkungs-Kessel fast überall da zu sehen, wo die Schotterdecke über den Salzletten nur dünn ist. Am besten zugänglich im Flachsollnen-Bereich ist wohl das große Erdfall-Gebiet in der Schönau bei Berchtesgaden längs des Achetal. Die Einsturz-Erscheinungen, die in so auffälliger Weise den Störungsbereich von Golling-Abtenau (zwischen Tennengebirge und Osterhorngruppe) stetig umgestalten, sind schon anschaulich beschrieben worden¹⁾.

Im westlichen Steilschollenbereich sind die am besten zugänglichen Erdfall- und Senkungsgebiete das Karwendeltal und am Nordrand des Wettersteingebirges (Zugspitze) die großen Längstäler, in denen Eibsee und Badersee entstanden sind.

Hoch aus den Bergen (1400 m ü. d. M.) stammt die Ansicht Bild 87 des großen Erdfall- und Senkungsgebiets, das wir im Südlichen Karwendelgebirge in Höhe des Salzberges von Hall feststellen konnten (Grundriß, Bild 72; Längsschnitt, Bild 71).

Feste Deckgebirgs-Schichten.

Ist die Salzoberfläche von Deckgebirgsschichten bedeckt, die aus festen Gesteinsmassen bestehen, so hat die unterirdische Abtragung des Salzkörpers deren Zerrüttung und Senkung zur Folge.

Die bekanntesten Beispiele aus dem deutschen Salzbezirk sind das Kyffhäusergebiet und die Störungszone des Salzigen Sees bei Eisleben (Mansfelder Mulde), wo diese Erscheinungen zuerst studiert wurden.

Aus dem Querschnitt durch das Gebiet des Salzigen Sees (Bild 89) ersieht man, daß die ursprünglich in etwas geneigter Stellung auftretenden Buntsandsteinschichten im Ablaugung-Bereich eine annähernd horizontale Lage angenommen haben, daß sie sehr zertrümmert und zerstört sind.

Bei einem Teil des „Ascherslebener Sattels“ (Querschnitt, Bild 90) ist das gesamte Jüngere Steinsalz (ehemals 200 m mächtig) abgelaugt, so daß der Buntsandstein nun unmittelbar über dem Hauptanhydrit liegt. Da man sich seinerzeit einen so tief auftretenden unterirdischen Gefahren-Horizont nicht vorstellen konnte, so sind in einem und demselben Bergwerksfeld mehrere Kalibergwerke erlossen.

H. Reinl, Das Salzgebirge von Grubach und Abtenau. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen, 58. Jg. 1910, S. 225 bis 227.

Aus dem Querschnitt durch einen Teil des Unterer Eichsfeldes¹⁾ (Bild 91) ersieht man, daß so tiefgreifende Umgestaltungen im Untergrunde der Triasschichten sich nur durch Tiefbohrungen feststellen lassen.

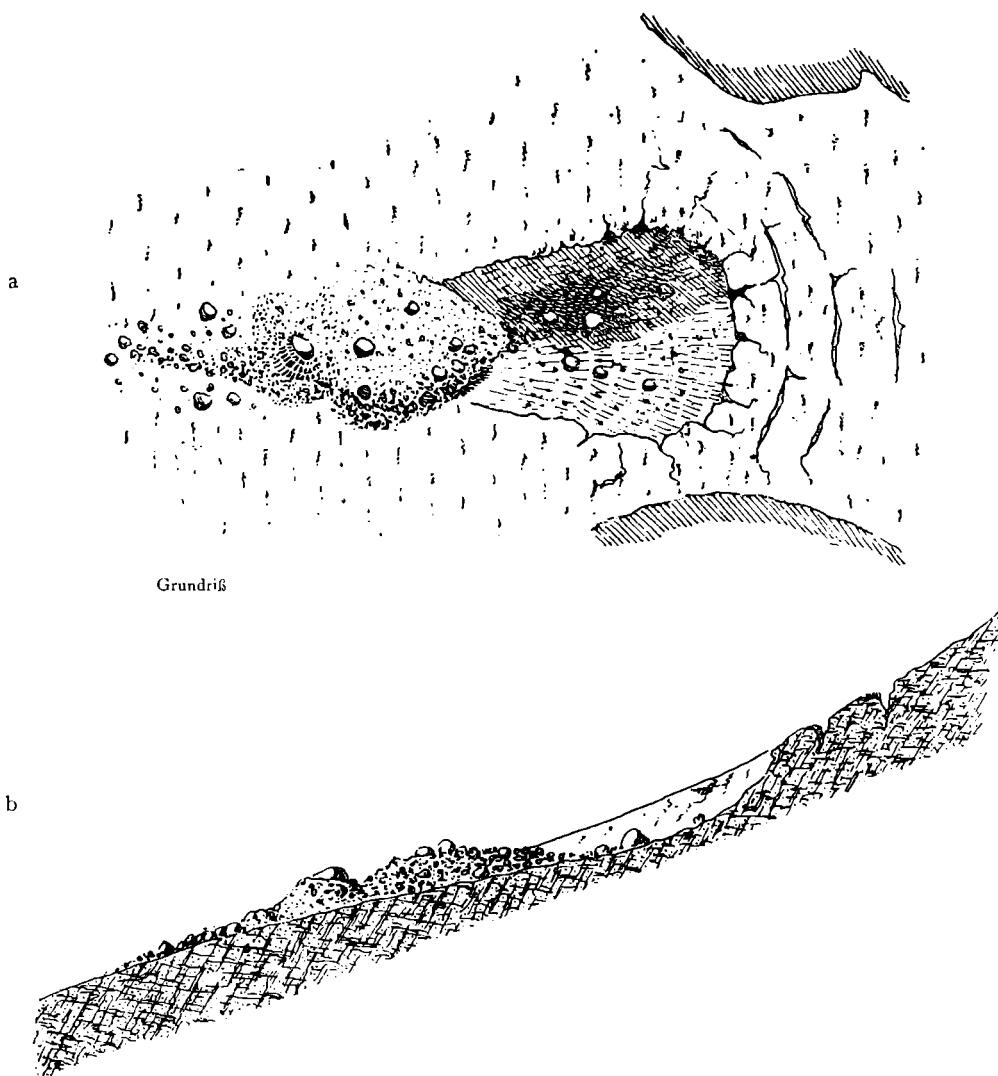
b) Kalkalpen-Salzgebiet.

In den Kalkalpen zeigen sämtliche auf Salzmasse ruhenden Bergteile, die gut aufgeschlossen

Zugwirkungen der abgleitenden Salzletten und der auftreibenden Salzmassen zurückzuführen sind.

Die Niederschlagswasser, die in den Großschollenbereichen oder in den Berggebieten der Störungsbereiche einfallen, gehen unverzüglich auf Klüften der Kalksteinschichten bis auf die Basis derselben bildenden Werfener Tonmassen und Salzletten nieder. Sie dürfen dort, wie aus den hier mitgeteilten Querschnitten (Bilder 62 u. 63) hervor-

Bilder 86a und b.



Schema einer Plaik.

Rutschung der Gelände-Oberfläche infolge Aufweichung des Untergrundes.
Aufnahme im Berchtesgaden-Dürrnberger Salzgebiet (R. Plank).

sind, am Rande und auch im Innern Zerfall-Erscheinungen, die auf Subrosion in Verbindung mit

1) C. Dietz, Tektonik und Salz des Unterer Eichsfeldes Abhandl. d. Preuß. Geol. Landesanstalt, N.F., H. 95, S. 83 bis 109. (N—S-Profil durch das Obmgebirge, Tafel 11; — Grundriß, Tafel 10.)

O. Grupe, Über die Zechsteinformation und ihr Salzlager im Untergrunde des hannoverschen Eichsfeldes und angrenzenden Leinegebietes nach den neueren Bohrergebnissen. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1909, S. 17.

geht, über der schüsselförmig gestalteten Salzoberfläche als Grundwasser anstehen (Schema, Querschnitt, Bild 78).

Mit Bergbauaufschüssen z. B., die bei einem kleineren in Salzmasse eingebetteten Trias-Kalkbrocken (Hahnrein im Störungsgebiet von Dürrnberg, Querschnitt, Bild 92) bis an dessen Wurzel reichen, sind diese Verhältnisse im einzelnen festgestellt.

Auch bei größeren Bergmassen reicht die Abtragung der Salzoberfläche längs der Salzmantel-Zone erfahrungsgemäß in große Tiefe. Wo immer diese Zone durch Grubenbaue angeschnitten wurde, stieß man auf Salzletten („Lebergebirge“), und es ergaben sich Wasser- und Laugenzuflüsse (Hall, Hallstatt, Aussee). Es gilt daher die Regel, diese Randzonen unverrichtzt zu lassen.

Anderseits erfüllten „Wasserstollen“, die in die über der Salzoberfläche bzw. über den Rückstands-

massen ausgehenden Zugwirkung, die schnell fortschreitende Zerrüttung der Bergmassen (Querschnitte, Bilder 70 a, b, 74 und 75).

Im Flachschen-Bereich sieht man längs der Ränder der Großschollen und aller aus der Salzmasse aufragenden Berge bestimmte Zerfalls-Erscheinungen (Grundrisse, Bilder 64 u. 66 b; Querschnitte, Bilder 63 u. 65). Die Erscheinungen lassen sich am besten am Sandling erläutern, einem von der Großscholle des Toten Gebirges abgespaltenen

Bild 87.



Ansicht;
E im Grundriß Bild 72

**Erdfall- und Senkungsgebiet über dem abgelaugten Salzkörper, der zwischen Wildanger und Roßkopf
(S. Karwendelgebirge) auftritt.**

Durchmesser eines Erdfalls etwa 5 m.

Photograph in Hall; im Auftrag von E. Seidl

bildungen anstehenden Kalkgebirgsschichten getrieben wurden, nicht den Zweck, die dem Bergbau schädlichen Tageswässer abzufangen. (Hohe Wasserstollen im Wildangergebirge, Querschnitte, Bilder 75 und 76, in der Eisgrube des Plassens, Querschnitt, Bild 69 a, im Roten Kogel, Querschnitt, Bild 55 a.)

Unter der Annahme einer derart tiefgreifenden unterirdischen Abtragung der Salzoberfläche, die zur Ansammlung von Grundwassern in den muldenförmig gestalteten Basiszonen führt, erklärt sich, in Verbindung mit der von den aufstrebenden Salz-

Schollenteil, dessen eine Seite durch den Bergbau von Aussee aufgeschlossen ist (Grundrisse, Bilder 64 a und 85; Querschnitt, Bild 63). Die zerstörende Wirkung geht von kesselförmigen Talzonen aus. Sie greift von diesen gegen den Berg und nach der Seite um sich. Rückstandsbildungen und kleinere Schollentrümmer, die den Salzkörper bedecken, sind in diesen Karzonen stetig in Bewegung.

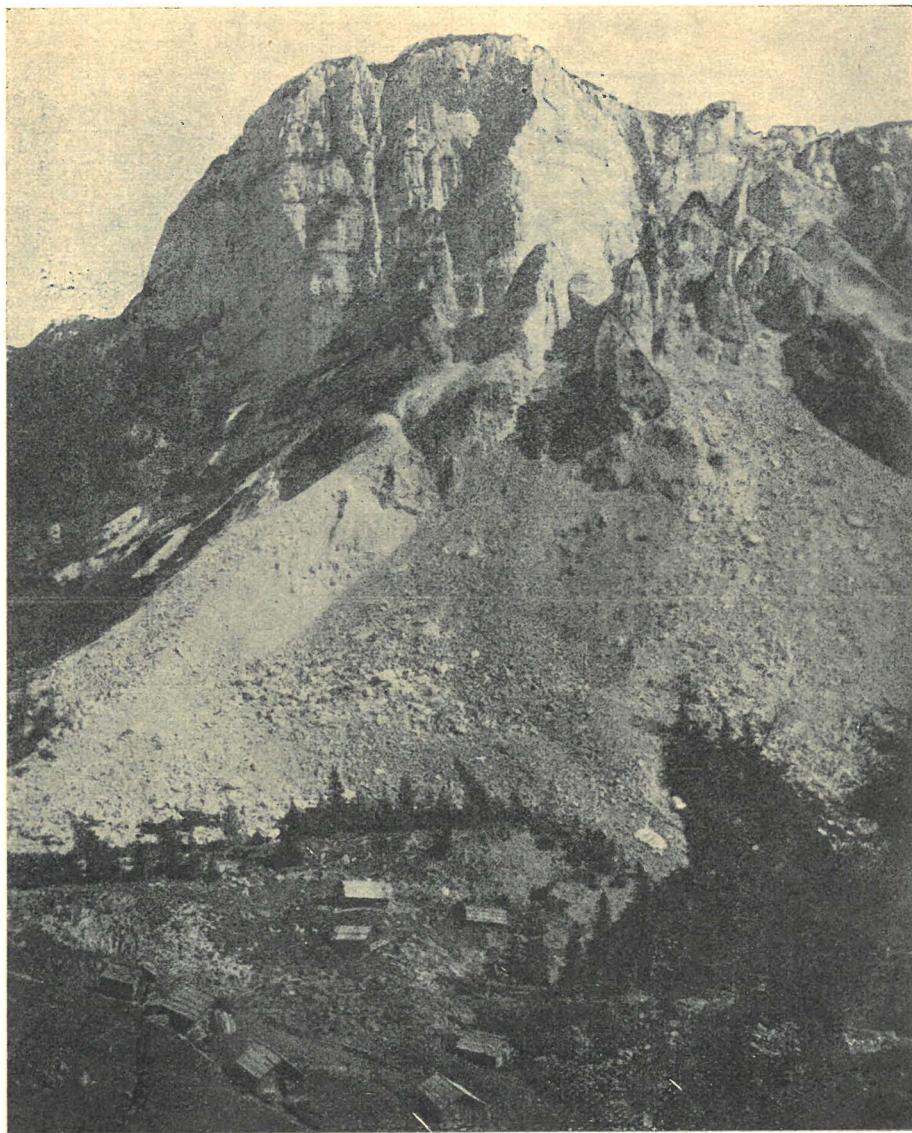
Je zwei benachbarte Kar-Kessel arbeiten einander in der Weise entgegen, daß die dazwischen befindliche Brücke, die die schon halbinselförmig

abgetrennten Teile der Randzone (Roter Kogel, Reh-Kogel, Pötschenstein) noch mit dem Mutterberg (Sandling) verbindet, mehr und mehr untergraben wird. Die Brücke biegt sich allmählich nach unten durch und fällt schließlich in sich zusammen. Damit wird die Halbinsel- zu einer Insel-Bergmasse, die rings von Salzmasse umgeben ist (Kritt - Kogel, Habersam - Kogel). Von da an schreitet die Zerrüttung schnell fort. Kleinere

in einem früheren — im übrigen auch schon weit vorgeschrittenen — Stadium des Zerfalls wieder.

Von Zeit zu Zeit erfolgt eine gewaltsame Auflösung der Überspannungen durch Bergstürze. Ein großer Bergsturz im 15. Jahrhundert am Westrand des Sandlings machte dem Bergbau, der damals dort stattfand, ein Ende. An derselben Stelle ging

Bild 88.



Ansicht;
X im Grundriß Bild 64

Photograph in Aussee

Bergsturz am SW-Hang des Sandlings — Salzkammergut — infolge Subrosion und Salzauftrieb.
Der Bergsturz verheerte im Jahre 1924 das ganze Talgebiet zwischen Sandling und Leisling.

Schollenteile versinken in der Salzmasse. Dem Trümmerfeld sieht man über Tage kaum noch den ehemaligen Zusammenhang mit dem Mutterberg an; nur die Formung der durch Bergbau aufgeschlossenen Basisteile derartiger Trümmerstücke (Hochwurzer-Kogel) bietet einen Einblick in den Gang der Zerstörung.

Der Grundriß, Bild 85, gibt den nach dieser Auffassung zu vermutenden Zustand des Sandlings

im Jahre 1922 der Bergsturz nieder, dessen Ansicht Bild 88 wiedergibt. Damals flossen die gesamten die Salzoberfläche bedeckenden (etwa 30 m mächtigen) Salzletten als gewaltiger Schlammstrom talwärts und verheerten das Land.

Ein eindrucksvolles Bild von der Zerrüttung, die man allenthalben im Steilschollen-Gebiet

Hornburger Sattel

Bild 89.

Oberrisdorfer Schlucht



Querschnitt; M. 1:50000

Nach SW zunehmende Zermürbung und Lettenbildung der zertrümmerten Buntsandstein-Schollen durch Einwirkung zersetzender Salzlauge.

Z = M. u. U. Zechstein Gr. = Grundgebirge.

Bild 89 u. 91

Untergrabung, ausgehend vom Ausgehenden des Salzlagers unter einem Deckgebirge von 700m (Bild 89) bis 700m (Bild 91) Mächtigkeit.

A+Tä+Kä

Bild 90.

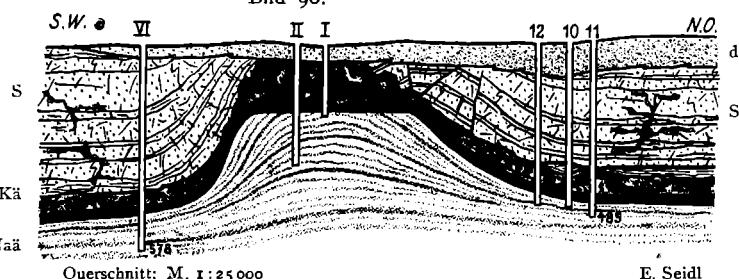


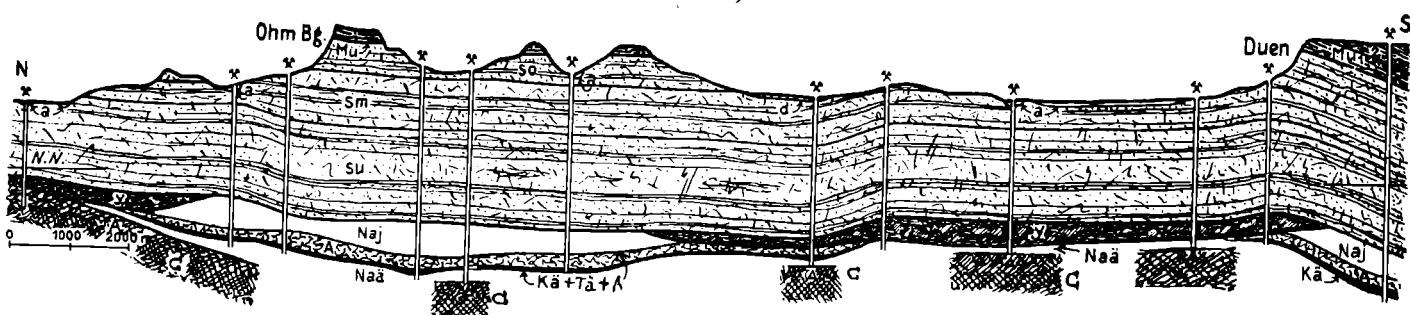
Bild 90.
Untergrabung,
ausgehend vom
Salzhut-Gebiet.

Infolge völliger Beseitigung des Jüngeren Steinsalzes unmittelbare Auflagerung des Buntsandsteins auf dem Hauptanhidrit.

Einförmiges Buntsandstein-Gelände, in dem man die Vorgänge im Untergrunde nicht vermutet.

Ascherslebener Salzstock im Magdeburg-Halberstädter Becken.

Bild 91.

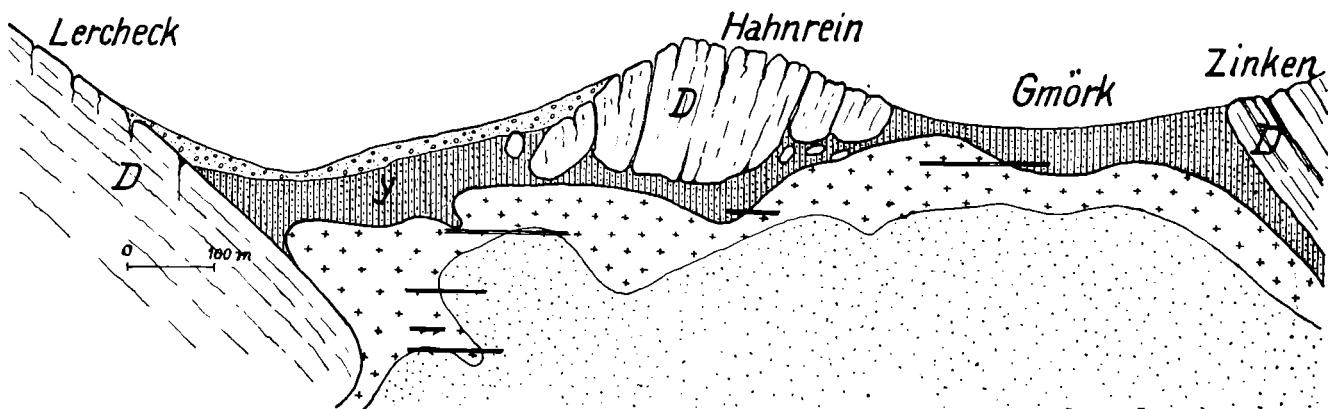


Querschnitt;
Längenmaßstab s. im Bilde; Überhöhung 5fach

Unteres Eichsfeld.

C. Dietz s. Anm. Abschn. F, IV, 2a

Bild 92.



Querschnitt; Salzberg Dürrnberg
s. Bild 62 und Schema Bild 78

Subrosion unter dem Hahnrein; Zerfall des Berges.

Durch Tiefbohrungen und Bergbau nachgewiesene Subrosion, Lageänderung und Zerrüttung des Deckgebirges im deutschen und Alpen-Salzgebiet.

(Karwendel- und Wettersteingebirge) beobachten kann, geben die Abbildungen der Wildangerscholle am Salzberg von Hall (Ansicht, Bild 73; Querschnitte, Bilder 74 und 75). Die zahllosen großen Teilstücke dieser Trümmermasse rutschen offensichtlich zusammen mit dem in „Steinriesen“ stetig neu gebildeten Schutt und den Salz-Rückstandsbildungen auf der stark geneigten Salzoberfläche zum Ißtal (nördlich) und Thörltal (südlich) abwärts. Die Aufpressung der Werfener- und Salzmassen in größeren Lücken fördert (wohl durch die von diesen aufstromenden Massen ausgehenden Zugwirkungen) die Zerteilung und Zerstörung des Deckgebirges.

Manche Salz-Störungszonen der Kalkalpen sind Erdbebengebiete mit nachweislich örtlichen Ursachen der Beben (z. B. das Tal von Reichenhall und der Walchensee). Die Erdbeben ergeben sich vermutlich bei der unterirdischen Auslaugung der Salzmassen infolge davon, daß tragfähige Schichten, die den Salzkörper bedecken, von Zeit zu Zeit einstürzen¹⁾.

G. Zusammenfassung und Anwendung des Ergebnisses der Untersuchungen.

Die hier mitgeteilten Untersuchungen des deutschen und Alpen-Permsalz-Gebiets haben ergeben, daß in beiden Gebieten die geologischen Verhältnisse im wesentlichen übereinstimmen, und zwar insbesondere bei Berücksichtigung der stofflichen Eigenschaften der Schichten und ihres Verhaltens gegenüber chemischen Einwirkungen und mechanischen Beanspruchungen, die die Elastizitätsgrenze der Gesteinsmassen überschreiten. Man vermag daher das Ergebnis der Untersuchungen für beide Gebiete zusammenfassend zu betrachten.

Die Aufschlüsse beider Gebiete ergänzen sich in glücklicher Weise. Die Großschollen-Bereiche sind in den Kalkalpen in Berg und Tal zugänglich, während sie im deutschen Salzgebiet durch Tiefbohrungen geklärt sind. Von den Salzkörpern sind in den Kalkalpen besonders gut die obersten Teile durch Bergbau aufgeschlossen, während mit den Grubenbauen der deutschen Kali-Bergwerke die Salzkörper auch in großer Tiefe untersucht sind.

Eine Anwendung des Untersuchungs-Ergebnisses ist für die spezielle Salz- und die Kalkalpen-Geologie, für die allgemeine Geologie und die Geographie möglich. Sie ergibt sich ferner für Bergbau und Ingenieurbauten. Schließlich dürften diese speziellen Betrachtungen von allgemein-wissenschaftlicher Bedeutung sein.

Bei dieser zusammenfassenden Betrachtung sind neben den in dieser Abhandlung gegebenen Darlegungen auch die Ergebnisse spezieller Untersuchungen der einen oder andern Frage mit berücksichtigt, die in besondern Abhandlungen schon erörtert²⁾ zum Teil auch noch nicht veröffentlicht sind.

1) C. W. Lutz, Erdbeben in Bayern 1908/20. Sitzungsber. d. Bayr. Ak. d. Wiss. M.-ph. Kl. 1921, S. 81 bis 165.

2) S. Anm. zum Abschnitt IV.

I. Geologisches Ergebnis.

1. Schichtenaufbau.

a) Facies.

Das Salzlag er gehört im deutschen und Alpen-Gebiet derselben („Zechstein“, „Perm“-) Formation an. Auch seine Gliederung ist in beiden Gebieten annähernd dieselbe.

Die Schichten-Folge im Alpen-Gebiet erfährt damit eine Bereicherung um ein wichtiges und mächtiges Glied. Wurden doch bisher anstatt eines einheitlichen Salzlagers nur kleine Einzelvorkommen von „Haselgebirge“ als Einlagerungen in der Trias angenommen.

Die Feststellung bedeutet weiterhin, daß das (damit über 1000 km breite) permische Salzmeer sich gegen Süden fast bis ans Mittelmeer erstreckte. Es erhebt sich die Frage, ob etwa dieses Meer (die Tethys) und nicht der Große Ozean das Muttermeer war, aus dem das Zechstein-Becken gespeist wurde.

Die Grundgebirgs-Schichten der Salzlagerrstätte zeigen in beiden Gebieten eine größere Übereinstimmung des Schichten-Aufbaus, als bisher bekannt war.

Die Deckgebirgs-Schichten sind im Bereich der Nördlichen Kalkalpen erheblich einfacher und über größere Gebiete einheitlicher zusammengesetzt als bislang angenommen wurde.

Insbesondere gilt dies für die die Salzlagerrstätte unmittelbar überlagernden (Sand- und Tongesteins-) Schichten der Werfener Stufe und die mannigfach gegliederten Schichten der Muschelkalk-Stufe (im weitern Sinne).

Eine besondersartige Facies im oberen Drittel der Kalk-Formation, die bisher schon im mittleren Gebiet der Nördlichen Kalkalpen aufgefallen und unter Annahme mancher einander widersprechenden Hypothesen erklärt worden war, (insbesondere Oberer Hallstätter Kalk der obersten Trias und Plassen-Kalk der Jura-Tithon-Zeit) hat sich als Eigentümlichkeit der Salz-Störungsbereiche erwiesen. Sie erklärt sich unter anderm als Folge davon, daß im Alpen-Gebiet die erste durchgreifende Herausbildung der Salz-Störungszonen schon am Ausgang der Trias-Zeit und nicht erst, wie im deutschen Salzgebiet, an der Wende der Jura- gegen die Kreide-Zeit stattfand.

Das Haselgebirge, das bisher als eine besondere Salzart angesehen wurde, hat durch die Bestimmung der Facies seiner Grundmasse und ihrer Einschlüsse eine hohe facielle Bedeutung bekommen. Die Aufklärung hat wesentlich mit zur Vervollständigung der Schichtenfolge beigetragen. Manche Verschleierungen des an sich einfachen Schichten-Aufbaus haben sich, wie seiner Zeit im deutschen Salz-Gebiet, nun auch in den Störungszonen der Kalkalpen als Folge der Einpression von Salz- (und Werfener-) Massen zwischen Trümmern jüngerer Schichten und der einschneidenden Erosion und Subrosion ergeben.

Mit diesen Feststellungen entfällt für die betreffenden Gebiete die von mancher Seite bisher an-

genommene „beispiellose Heteropie (= Vielfältigkeit) der Facies“.

b) Physikalisch-chemischer Aufbau.

Bei der Beurteilung des Verhaltens des Gesamt-Schichtenverbandes bei den tektonischen Vorgängen waren in physikalischer Hinsicht drei große Schichtengruppen zu unterscheiden:

Die im Verhältnis zu den einschließenden Gesteins-Massen sehr plastischen und dem spez. Gewicht nach leichten permischen Salzmassen, deren Grundgebirge und Deckgebirge.

Auch bei der Entwirrung der oft verwickelten Lagerungs-Verhältnisse des Salzlagers selbst leistete diese Betrachtungsweise, die die stofflichen Eigenchaften der verschiedenen Schichtstufen berücksichtigt, gute Dienste.

Eine Besonderheit im Alpen-Gebiet sind die Tonmassen des Werfener Horizonts, die sich im Falle der Durchfeuchtung ebenfalls hochplastisch verhalten und die Wirksamkeit der Salzmassen verstärken.

Bei den durch Subrosion sich ergebenden Störungs-Erscheinungen spielt die besonders leichte Auflösbarkeit der Salz-Lagerstätte eine ausschlaggebende Rolle.

Ausgedehnte Dolomitzone des Deckgebirges der Kalkalpen und manche Magnesitlager des Grundgebirges an der Grenze gegen die Zentralalpen sind wahrscheinlich durch Einwirkung von Chlor-magnesium-Laugen des aufgelösten Permsalz-Lagers auf die Kalksteinschichten entstanden.

2. Schichten-Störungen.

Die Darlegungen der Abhandlung selbst beschränkten sich vornehmlich auf die Schilderung des Zustandes, der jetzt in den Störungs- (und Großschollen-) Bereichen herrscht. Der Vorgang der Schichten-Störungen wurde grundsätzlich nur in einzelnen Fällen geschildert.

Es wird nunmehr ein Bild von dem Gesamt-Vorgang der Schichten-Störungen gegeben. Dabei sind der klareren Erfassung und Darstellung des Vorgangs halber folgende Störungsarten scharf unterschieden, die in Wirklichkeit ineinandergriffen und sich wiederholten:

Kontinental-Tektonik, d. h. Schichten-Störungen (Gebirgs-Bildung) und Massen-Wanderungen, die durch Vorgänge im Erdinnern oder im Weltall bedingt sind.

Salztektonik, d. h. Schichten-Störungen und Massen-Wanderungen, die durch die physikalische Besonderheit der Salzmassen (hohe Plastizität und geringes spez. Gewicht) bedingt sind.

Subrosions-Störungen, d. h. Störungen, die durch die leichte Auflösbarkeit der Salzmassen bedingt sind.

a) Kontinental-Tektonik; erstes Störungsstadium.

Die Störungs-Erscheinungen der Kontinental-Tektonik lassen sich richtig nur begreifen, wenn man ein Gebiet ins Auge faßt, das annähernd die

Größe eines Kontinents hat. Im Vergleich dazu sind die hier behandelten Salz-Störungsgebiete sehr klein.

Durchbruchs-Zonen des Magmas (z. B. Kern der Großen Böhmisches Masse und der Alpen), Grundgebirgs-Schwellen (z. B. Ausläufer der Böhmisches Masse) und tiefgreifende Verwerfungszenen (z. B. Nordrand der Nördlichen Kalkalpen) bilden den Rahmen der ausgedehnten Schollen-Bereiche von Deckgebirgs-Schichten der Salz-Lagerstätte.

Gleichzeitig wohl bildete sich in der Grundanlage ein Netzwerk von kleineren Störungs-Zonen, das der Einpassung der großen Schollen-Einheiten in die durch die Groß-Störungen begrenzten Räume diente. Es sind dies die Salz-Störungszonen im ersten Stadium der Entstehung der hier unterschiedenen Störungs- und Groß-Schollenbereiche.

Auch manche dieser Störungszonen dürften die ganze Erdrinde zerteilen (Gangvorkommen von basischen Eruptiv-Gesteinen). Doch ist nur der oberste Teil der Erdrinde der Betrachtung zugänglich, nämlich das Deckgebirge des Permischen Salzlagers, zum Teil auch dieses selbst und stellenweise auch ein Teil seines Grundgebirges.

In diesem obersten Teil der Erdrinde ermöglicht das Permische Salzlager als hochplastische Masse Sonderbewegungen seiner Deckgebirgs-Schichten getrennt von den Grundgebirgs-Schichten; auch die Salzmassen selbst vermögen sich in hohem Maße unabhängig von den sie einschließenden spröderen Schichten-Gliedern zu bewegen.

Aus diesem Grunde darf sich auch eine mechanische Betrachtung speziell auf die Tektonik des Deckgebirges oder die der Salz-Lagerstätte beschränken, gewissermaßen unter Vernachlässigung der Tektonik des Grundgebirges.

Welcher Art im ersten Störungs-Stadium die Beanspruchung dieses Schichten-Verbandes und der Störungs-Vorgang bei den einzelnen Störungs-Zonen war, läßt sich aus den geologischen Verhältnissen des Salzkörpers so gut wie gar nicht entnehmen. Vielmehr geben hierüber folgende Tatsachen Aufschluß:

a) Die Störungs-Form der Zonen.

Sie kennzeichnet sich durch eine besondersartige geometrische Anordnung von Störungs-Linien in Verbindung mit der Lagerung von Schollen-Trümmern, die teils die Randzonen der Großschollen bilden, teils, von diesen abgetrennt, im Störungs-Bereich über oder innerhalb der Salzmassen auftreten. Von besonderer Bedeutung ist außerdem die Menge der im Störungs-Bereich auftretenden Salzmasse im Verhältnis zur Deckgebirgsmasse.

β) Die Lagerungs-Form der eine Störungs-Zone begrenzenden Großschollen.

γ) Die geometrische Anordnung einer Gruppe von Störungs-Zonen, die Lagerungs-Form der von ihnen begrenzten Großschollen und die Beziehung des Netzes der Salz-Störungszonen zur Anordnung der Kontinental-Störungen.

Auf Grund dieser Merkmale hat sich ergeben, daß sich die Salz-Störungszonen im deutschen und

Alpen-Gebiet nicht nur — wie bisher meist angenommen wurde — durch Faltung oder Scher-Vorgänge verschiedener Art (Verwerfungen, Überschiebungen usw.) bildeten, sondern daß ein Teil auch durch Zerdrück- und insbesondere Zerreiß-Vorgänge — manchmal in Verbindung mit Faltung und Scherung — entstanden sind.

Inwieweit eine bestimmte Zone der einen oder andern Entstehung ist, hat sich bisher nur bei einigen sehr gut aufgeschlossenen Zonen ermitteln lassen. Der größere Teil der Zonen harrt noch der Bearbeitung.

In diesem ersten Stadium des Störungs-Vorgangs sind die Salz-Massen mehr passiv an der Gebirgs-Bildung beteiligt; in der Weise, wie es die jeweils plastischeren Bestandteile eines über die Elastizitäts-Grenze hinaus beanspruchten Verbandes von Schichten unterschiedlicher Plastizität zu sein pflegen. Die Bewegungen der Salzmasse sind in diesem Falle gesetzmäßig im Sinne des Gesetzes des örtlichen Masse-Ausgleichs örtlich angreifender Kräfte¹⁾.

Bei Berücksichtigung der faciellen Verhältnisse der Störungs-Bereiche ließ sich auch die Zeit dieses ersten Störungs-Vorgangs feststellen.

b) Salz-Tektonik; zweites Störungsstadium.

Soweit in diesen Störungs-Zonen die Gleichgewichts- bzw. die Belastungs-Verhältnisse irgendwie gegenüber dem ursprünglichen Zustand verändert waren, arbeitet auch nach Beendigung der Kontinental-Tektonik bzw. in der Zwischenzeit bis zum Wiederaufleben derselben eine besondere Salz-Tektonik weiter.

Die Vorgänge während dieses zweiten tektonischen Stadiums können im wesentlichen aus der inneren Formung der Salz-Lagerstätte- und der Verarbeitung etwa eingeschlossener Deckgebirgs-Trümmer gefolgt werden.

Die Salzmassen arbeiten am stärksten, der „Salzauftrieb“ ist am kräftigsten unter folgenden Verhältnissen:

Breite, von Deckgebirgs-Trümmern freie Störungs-Zone.

Mächtige Deckgebirgs-Schichten; verhältnismäßig spröde und von hohem spez. Gewicht.

Mächtige Salzmassen von verhältnismäßig hoher Plastizität und geringem spez. Gewicht.

In den Kalkalpen tritt zum Salzaufstieg noch der Auftrieb der hochplastischen Werfener Massen.

Die aufströmenden Salzmassen üben ihrerseits Druck- und Zugwirkungen auf ihre Umgebung aus und gestalten sich den Störungs-Bereich in bestimmter Weise um. Im Lauf der Zeit bildet sich ein stockförmiger Salzkörper von bestimmter Form mit Flanken, die über die Randzonen der Großschollen übergreifen.

Die äußere Form dieser „Salzstöcke“ bzw. der „Salz-Störungszonen“ ist also nur in der Grund-Anlage durch die Kontinental-Tektonik bestimmt

(erstes Stadium des Störungs-Vorganges); mit der Zeit bildet sich immer mehr eine besondersartige Störungs-Form, der „Salzstock“, heraus (zweites Stadium des Störungs-Vorgangs).

Über Einzelheiten der Entstehungsweise eines stockförmigen Salzkörpers gibt dessen innere Gliederung Auskunft.

Unter den Gesetzmäßigkeiten, die den innern Aufbau eines stockförmigen Salzkörpers beherrschen, verdienen vor allem folgende mit Rücksicht auf ihre allgemein-wissenschaftliche und praktische Bedeutung hervorgehoben zu werden.

a) Das Ältere Steinsalz kommt von unten; es hat also in der Tiefe die breiteste Ausdehnung. Das Ältere Steinsalz ist der mächtigste und tiefste, daher am stärksten belastete Teil des Salzlagers. Es fließt daher mit der größten Stoßkraft, unter den geringsten Reibungen, und bestimmt somit ausschlaggebend die Einformung der von ihm durchstoßenen jüngeren Salz- und Deckgebirgs-Schichten.

b) Sämtliche Bewegungen und Verlagerungen der Salzgestein-Massen vollziehen sich zunächst längs den Schichtflächen, die schließlich zu Gleitflächen werden. Daher entspricht — soweit nicht Querverwerfungen vorhanden sind — auch in den stärkst beanspruchten Teilen eines Salzstocks die Anordnung der verschieden-altrigen Schichten immer der ursprünglichen Altersfolge.

c) Ein Überschuß an Masse — infolge Anstauung der plastischeren oder Verschiebung der spröderen Gesteinsteile — an einer Stelle bedingt eine entsprechende Verminderung der betreffenden Masse an der nächst benachbarten Stelle. Im Bereich einer Störung-Einheit hat man also mit einem Massenausgleich in sich zu rechnen.

Unterschiede der äußeren Form und des inneren Aufbaus der Salz-Störungszonen der Kalkalpen gegenüber den deutschen Salzstöcken ergeben sich wesentlich mit infolge davon, daß der Durchbruch der Salzmassen in den ersteren früher einsetzte und daß daher schon Trümmerstücke von Trias- und Jurakalk-Schichten von den Salzmassen, und zugleich von den Werfener Massen, umschlossen wurden.

Die Herausbildung der Salzstöcke in den Störungs-Bereichen in diesem zweiten Störungs-Stadium beeinflußt auch die Lagerungs-Verhältnisse in den Großschollen-Bereichen. Denn die in den Störungs-Streifen aufströmenden Salzmassen werden den Randzonen der Großschollen entnommen. Es ergeben sich daher Senkungen des Deckgebirges, die erst zur Ruhe kommen, wenn dieses annähernd auf dem Grundgebirge auflagert.

c) Subrosions-Störungen; drittes Störungsstadium.

Sobald die im Störungsbereich auftreibenden Salzmassen mit dem Grundwasser in Berührung kommen, setzt die Ablaugung des Salzkörpers an der Oberfläche ein; sie erstreckt sich nicht nur auf den eigentlichen Störungsbereich, sondern greift an den Rändern der Großschollen auch tief unter die Deckgebirgs-Schichten.

Überwiegt der Salzauftrieb die Fortführung der Rückstands-Bildungen, so bilden diese Erhebungen im Gelände. Ist dagegen die Abtragung stärker, so entstehen Täler.

Die Subrosion hat längs den Randzonen der

1) G. Sachs u. E. Seidl, Örtlicher Massenausgleich unter der Wirkung örtlich angreifender Kräfte in Technik und Geologie, Z. Die Naturwissenschaften, H. 49/50, 1925, Sonderdruck, Berlin.

Großschollen und bei Schollen-Trümmern, die den Salzkörper bedecken, eine weitgehende Zerrüttung zur Folge und ergibt Lagerungs-Verhältnisse, die vielfach zu täuschenden Eindrücken geführt haben.

3. Vergleich mit anderen Auffassungen.

Die hier entwickelte Auffassung von mehreren grundsätzlich zu unterscheidenden Störungsvorgängen, durch die „Salzstöcke“ und „Salz-Störungszonen“ entstehen, unterscheidet sich in wesentlichen Punkten von den beiden Auffassungen, die — als gegensätzlich einander gegenüberstehend — zur Zeit vornehmlich diskutiert werden: denen von E. Harbort und H. Stille. Die unter dem Namen Stilles zusammengefaßten Auffassungen betonen viel zu wenig die selbständige Bedeutung eines Salzauftriebs, während die Harbortsche Auffassung die grundlegende Bedeutung der Kontinental-Tektonik für die Herausbildung bestimmter Störungsformen unterschätzt.

Auch für die Annahme eines selbständigen Salzauftriebs infolge von „Rekristallisation“, wie er von E. Lachmann für das deutsche und das Alpen-Salzgebiet angenommen wurde, bietet sich selbst in den offensichtlich rekristallisierten Teilen von Salzstöcken keinerlei Anhaltspunkt.

Am weitesten von den geologischen Tatsachen jedoch, die sich durch markscheiderische Aufnahme der Salz-Störungsbereiche ergeben haben, entfernt sich die von der „Decken-Lehre“ bzw. „Überfaltungs-Lehre“ vertretene Auffassung: Vorhaudensein „ortsfremder“ Deckenteile, also Doppel-Lagerung von Schichten, die sich durch „Einschub“ von Deckenteilen aus andern, ferner liegenden Gebieten ergeben haben sollen. Abgesehen von einem bestimmten, gesetzmäßig erklärbaren örtlichen Massen-Austausch hat sich gerade in den betreffenden Gebieten ergeben, daß nicht zuviel, sondern zuwenig Deckgebirgs-Masse — gegenüber zuviel Salzmasse — vorhanden ist.

Es sei hierauf besonders hingewiesen, weil H. Stille die schon für das Alpen-Gebiet in unwissenschaftlicher Weise begründete Deckenlehre für Mittel- und Norddeutschland übernommen und zum Teil auch auf Salz-Störungszonen angewendet hat.

II. Bedeutung des Untersuchungs-Ergebnisses für die Geographie, die Höhlenforschung, das Vermessungs- und Kartenwesen.

Die geographische Beurteilung eines Gebiets ist wesentlich mit von der Klärung der geologischen Verhältnisse abhängig. Die hier begründete in wichtigen Punkten von der bisherigen Auffassung abweichende geologische Auffassung eines Teils der Nördlichen Kalkalpen beeinflußt daher auch die bisherige geographische Deutung desselben.

Eine Anzahl von Erscheinungen in Salzstörungstälern, die bisher nur als Wirkung von Gletschern erklärbar erschienen, haben sich als Wirkungen der Salz-Aufpressung und -Ablaugung

ergeben. Sie entstanden also durch Kräfte, die von unten und nicht, der bisherigen Annahme nach, von oben her wirkten. Gerade diejenigen Erscheinungen, welche in derartigen Störungszonen die Annahme einer zweiten Eiszeit begründeten, sind zweifellos als Eigentümlichkeiten der Salz-Störungszonen zu erklären. Die Ermittlung der ehemaligen — höheren — Ablaugungs-Niveaus der Salzkörper dürfte von Bedeutung für die Erklärung mancher Höhlenbildungen der Kalkalpen werden.

Schon aus den hier mitgeteilten Ausschnitten geologisch-geographischer Grundriß-Karten, bei denen eine Darstellungsweise angewendet ist, die die unterschiedlichen stofflichen Eigenschaften der gestörten Schichten berücksichtigt, geht hervor, in wie klarer Weise sich damit zugleich auch eine Kennzeichnung der geographischen Eigentümlichkeiten dieser Gebiete ergibt. Die Salz-Störungsbereiche heben sich von den Berggebieten als Zonen einer besonders starken Erosion und Subrosion, insbesondere im Flach-Schollenbereich, scharf ab. Innerhalb der Salz-Täler wiederum treten die für das Wassernetz ausschlaggebenden Wasserscheiden deutlich hervor.

Schließlich hat sich ergeben, daß bei dem außordentlich schnell fortschreitenden Zerfall der Bergmassen in den Salz-Störungsbereichen Neuvermessungen in weit kürzeren Abständen, als bisher üblich war, vorgenommen werden müssen. Festpunkte darf man meist nur in den Großschollen-Bereichen, aber nicht in den Störungszonen annehmen.

III. Bedeutung des Untersuchungs-Ergebnisses für Bergbau und Ingenieurbauten.

Die große Bedeutung einer markscheiderisch genauen geologischen Aufnahme für die Identifizierung gleichartiger Schichten und die Klärung der Tektonik, die bisher nur im Steinkohlen-Bergbau allgemein anerkannt ist, dürfte durch diese Untersuchungen auch für den Salzbergbau erwiesen sein. Man hat sie bekanntlich bisher — auch jetzt noch — vielfach im deutschen Kalibergbau unterschätzt und im Salzbergbau der Alpen völlig außer acht gelassen.

Aus den hier mitgeteilten Grundrissen und Profilen ergibt sich mit völliger Klarheit, was an Tatsachen bekannt ist und in welcher Richtung — horizontal und nach der Tiefe zu — Aufschlußarbeiten Erfolg versprechen.

Bei Schlußfolgerungen über die tatsächlich aufgeschlossenen Teile hinaus und bei Konstruktionen in dieser Hinsicht kommt einerseits die Einheitlichkeit des Schichtenaufbaus, andererseits die Gesetzmäßigkeit der tektonischen Verlagerungen und Verformung von Schichtenteilen zugute.

Es dürfte bekannt sein, daß unter Anwendung dieser Grundsätze seiner Zeit eine große Anzahl deutscher Kali-Bergwerke mit Erfolg aufgeschlossen wurden; das Solbergwerk „Graf-Moltke-Schacht“

verdankt dieser Arbeitsweise seine Kalivote¹⁾. Die Grundsätze fanden bei der Erbohrung der Salzstöcke in Spanien und im Texas²⁾ Anwendung.

Für den Salzbergbau der Alpen ergeben sich in Zukunft bestimmte Richtlinien.

In der Tiefe sind mächtigere Massen von reinem Steinsalz zu erwarten. In diesem lassen sich Sinkwerke mit größerem Nutzen und geringeren Ausbaukosten als im Haselgebirge anlegen. In diesem Steinsalz könnte auch Bohrlochs-Sole gewonnen werden, die annähernd nur den zehnten Teil der im Sinkwerk-Betrieb gewonnenen Sole kostet.

Da die permischen Salzmassen in den meisten Störungszonen des mittleren Teils der Kalkalpen auftreten, so können für Solbohrlochs-Betriebe Stellen ausgesucht werden, die günstiger als die jetzigen Salzberge zu den vorhandenen Salinen und für deren KohleverSORGUNG liegen.

Inwieweit im Gebiet der Kalkalpen die Hoffnung abbauwürdige Kalisalze aufzuschließen begründet ist, müssen planmäßige Aufschlußarbeiten erst ergeben.

Für Ingenieurbauten in diesem Gebiet der Kalkalpen ergeben sich folgende Hinweise:

Beim Bau von Wasserkraft-Anlagen und Tunnels im Bereich der Salz-Störungszonen sind die besondersartigen Grundwasser-Verhältnisse und die unterirdischen Zonen der Auslaugung zu berücksichtigen. Bei der Anlage von Bergbahnen sind außerdem gesetzmäßig angeordnete Zonen eines besonders starken Zerfalls des Gebirges und Zonen starker Kerbwirkung von Bedeutung.

IV. Allgemein-wissenschaftliche Bedeutung des Untersuchungs-Ergebnisses.

Der bekannte Nutzen einer mehr allgemein-wissenschaftlichen Betrachtungsweise für die Aufdeckung geologischer Probleme dürfte auch durch die hier mitgeteilten Untersuchungen erwiesen sein.

Andererseits geben, soweit sich bisher übersehen läßt, von der Bedeutung dieser geologischen Erkenntnisse für verwandte Wissenszweige folgende Tatsachen einen Eindruck:

Geologische Beobachtungen über Kerbwirkung haben wesentlich mit die mechanische Auffassung dieser Kraftwirkungen beeinflußt³⁾,

1) E. Seidl, Die permische Salzlagerstätte im Graf-Moltke-Schacht. Beziehung zwischen Mechanismus der Gebirgsbildung und innerer Umformung der Salzlagerstätte. Archiv f. Lagerstättensforschung, Heft 10, 1914, Berlin.

2) D. C. Barton, The american salt-dome problem in the light of the roumanian and german salt-domes; Bull. of the Am. Assoc. of Petroleum geologists; Vol. 9, Nr. 9, Dez. 1925, S. 1227—1268.

3) E. Seidl, Kerbwirkung in Technik und Wissenschaft;

Das Studium verformter Gesteins-Massen, insbesondere der Salzgesteine in Bergwerksaufschlüssen hat die allgemeine Plastizitäts-Forschung gefördert¹⁾.

Eigentümliche geologische Störungs-Zonen boten den Anlaß, die Frage von Zerdrück- und Zerreiß-Vorgängen in der Mechanik eingehender zu untersuchen²⁾.

Wesentliche Erkenntnisse der Metallforschung auf dem Gebiete des Gießens und der Verformung der Metalle sind durch das Studium der kristallinen Gesteine, insbesondere der Salzmassen beeinflußt³⁾.

Durch die markscheiderisch genaue — also exakte — Aufnahme geologischer Störungs-Formen hat sich in manchen Störungsbereichen eine gesetzmäßige Geometrie der Störungs-Linien und der Anordnung verlagerter Massen-Teile ergeben, so daß sich für die Angewandte Mathematik und Mechanik die Anregung ergibt, diese Probleme ihrerseits aufzunehmen⁴⁾.

Zuletzt und nicht zum wenigsten ist durch diese vergleichenden Untersuchungen und den Erfolg einer mehr allgemein-wissenschaftlichen Betrachtungsweise der wichtige Grundsatz der Einheitlichkeit der Naturgesetze — auch bei verschiedenen äußeren Erscheinungsformen — gefestigt.

Daher erscheint die planmäßige Gemeinschafts-Arbeit auf Gebieten verwandter Wissenszweige ein erstrebenswertes Arbeitsziel.

Kerbwirkung in der Geologie. Z. d. D. Geol. Ges. 77 1925, Abhandl. Nr. 3; Sonderdrucke.

1) E. Seidl, Über Beziehungen zwischen Materialverformung und tektonischer Gesteinsverformung; Vortrag auf Einladung der Universität Göttingen, gehalten August 1926; noch nicht veröffentlicht.

2) E. Seidl, Geologische, durch Zerreißvorgang entstandene Störungszonen als Probleme der angewandten Mechanik, Vortrag: II. Internationaler Kongreß für technische Mechanik in Zürich, September 1926; Kongreßberichte; Sonderdrucke. — Derselbe, Entstehung von Salz-Störungszonen durch Zerdrück- und Zerreißvorgänge; Z. d. d. Geol. Ges. 78, 1926, Monatsber. 11/12; Sonderdrucke.

3) E. Seidl und E. Schiebold, Das Verhalten inhomogener Aluminium-Gußblöckchen beim Kaltwalzen. Sonderdruck Z. f. Metallkunde 1925. — Dieselben, Das Verhalten von Industiekupfer beim Kaltwalzen. Sonderdruck Z. f. Metallkunde 1926.

4) E. Seidl, Probleme der Geologie, insbesondere der der Salzlagerstätten, die zugleich Probleme der angewandten Mathematik und Mechanik sind. Z. f. angew. Math. u. Mech., Bd. 5, 1925, S. 134/5; Sonderdrucke.