

Archiv für Lagerstättenforschung

Heft 57

**Geologisch-petrographische
Untersuchungen der Kalilager
des Werragebietes**

Von
Friedrich Bessert
in Berlin

Mit 8 Tafeln und 6 Textabbildungen

Herausgegeben
von der
Preußischen Geologischen Landesanstalt

BERLIN

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44

1 9 3 3

Archiv für Lagerstättenforschung

	RM
Heft 1. Einecke & Köhler: Die Eisenerzvorräte des Deutschen Reiches. Mit 16 Tafeln und 112 Abb. (1910)	45,—
„ 2. Bornhardt, W.: Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung. Teil I. Mit 3 Tafeln und 81 Textabbildungen. (Teil II siehe: Archivheft 8) vergr. (1911)	22,50
„ 3. Schöppe, W.: Der Holzappeler Gangzug. Mit 7 Tafeln und 10 Abb. (1911)	9,—
„ 4. Heß von Wichdorff: Geschichte des Thüringer Bergbaues. Teil I. Die Goldvorkommen des Thüringer Waldes und Frankenwaldes und die Geschichte des Thüringer Goldbergbaus und der Goldwäschereien (vergr.) Mit 16 Tafeln (1914)	22,50
„ 5. Bartels, W.: Die Spateisenstein-Lagerstätten des Zipser Comitatus in Oberungarn. Mit 9 Tafeln und 22 Abb. (1910)	15,—
„ 6. Denckmann, A.: Neue Beobachtungen über die tektonische Natur der Siegener Spateisensteingänge. Mit 10 Abb. und 1 geologischen Übersichtskarte 1:500 000. (Zu vergl. Heft 25) (1912)	3,—
„ 7. Zeleny, V.: Das Unterdevon im Bensberger Erzdistrikt und seine Beziehungen z. d. Blei-Zinkerzgingen. Mit 8 Abb. u. 4 Taf. (1912)	9,—
„ 8. Bornhardt, W.: Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung. Teil II. (Teil I siehe: Archivheft 2). Mit 58 Abb. und 5 Tafeln. (1912)	30,—
„ 9. Fuchs, A.: Die Gliederung und Tektonik der Oberkoblenzschichten im Quellensattel und im Ganggebiet von Bad Ems. Mit einer geologischen Karte und 2 Tafeln. (1916)	7,50
„ 10. Seidl, E.: Die Permische Salzlagerstätte im Graf-Moltke-Schacht und in der Umgebung von Schönebeck a. d. Elbe. Mit 5 Grundriß- u. Profiltafeln, 32 Tafeln u. 36 Textabbildungen. (1914)	22,50
„ 11. Woldrich, Jos.: Geologische u. montanistische Studien in d. Karpathen nördl. von Dobschau. Mit 5 Taf. u. 3 Textabb.	7,50
„ 12. Stahl, A.: Die Verbreitung der Kaolinlagerstätten in Deutschland. Mit 8 Profilen, 4 Übersichtsskizzen u. 1 Übersichtskarte. (1912)	7,50
„ 13. Renner, O.: Salzlager und Gebirgsbau im Mittleren Leinetal. Mit 12 Tafeln, 8 Karten und 17 Abb. (1914)	18,—
„ 14. Stoller, J.: Das Erdölgebiet Hänigsen-Obershagen in der südl. Lüneburger Heide. Mit 2 Tafeln (vergr.) (1914). Vgl. Heft 36	6,—
„ 15. Böker, H. E.: Die Kohlenvorräte des Deutsch. Reiches. Teil I. Das Niederschles. Steinkohlenbecken. Mit 4 Taf. u. 9 Abb. (1915)	12,—
„ 16. Dörpinghaus, W. T.: Amblygonit-Zinn-Vorkommen von Caceres in Spanien und Eisenerzlagerstätten vom Chamosittypus bei San Miguel de la Duenas. Mit 12 Tafeln. (1914)	18,—
„ 17. Salzmann, W.: Das Braunkohlenvorkommen im Geiseltal. Mit 14 Tafeln und 10 Abb. (vergr.). (1914)	12,—
„ 18. Jongmans, W. J.: Paläobotanisch-stratigraph. Studien im Niederländischen Carbon nebst Vergleichen mit umliegend. Gebieten. — Jongmans, W. J. & Gothan, W.: Bemerkungen über einige der in den niederländischen Bohrungen gefundenen Pflanzen. Mit 6 Tafeln und 1 Abb. (1915)	15,—
„ 19. Denckmann, A.: Geolog. Grundriß- u. Profilbilder als Erläuterungen z. ält. Tektonik d. Siegerlandes. Mit 2 Taf. u. 5 Abb. (1914)	4,50
„ 20. Krafft, Ph.: Über die genetischen Beziehungen des dichten Magnesits zu den Mineralien der Nickelsilikatgruppe. Mit 13 Abb. und 5 Tafeln. (1915)	9,—
„ 21. Tille, W.: Die Braunkohlenformation im Herzogt. Sachsen-Altenburg u. im südl. Teil der Prov. Sachsen. Mit 7 Taf. u. 1 Abb.	12,—
„ 22. Raefler, F.: Die Brauneisenerzlagerstätten Oberschlesiens. Mit 9 Tafeln und 7 Abb. (1915)	9,—
„ 23. Kraiß, A.: Geolog. Untersuchungen über das Ölgebiet von Wietze in der Lüneburger Heide. Mit 4 Taf. u. 1 Abb. (vergr.) (1916)	7,50
„ 24. Kretschmer, F.: Die erzführende Diabas- und Schalsteinzone Sternberg-Bennisch. Mit 1 montangeologischen Karte nebst 1 Blatt Profilkarten und 14 Abb. (1917)	12,—

Archiv
für
Lagerstättenforschung

Heft 57

BERLIN

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt

Berlin N4, Invalidenstraße 44

1 9 3 3

Archiv für Lagerstättenforschung

Heft 57

**Geologisch-petrographische
Untersuchungen der Kalilager
des Werragebietes**

Von
Friedrich Bessert
in Berlin

Mit 8 Tafeln und 6 Textabbildungen

Herausgegeben
von der
Preußischen Geologischen Landesanstalt

BERLIN

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44

1 9 3 3

Inhaltsübersicht

	Seite
Einleitung	5
I. Allgemeiner Teil:	
1. Geologische Übersicht	7
2. Die Untersuchungsmethoden	8
II. Der stratigraphisch-petrographische Aufbau der Kalilager:	
1. Das Obere Kalilager	10
2. Das Begleitflöz des Oberen Kalilagers	12
3. Das Untere Kalilager	14
4. Der Übergang von der Hartsalz- zur Carnallit- ausbildung	15
5. Die Sylviananreicherungen und Verarmungen	17
a) Die Vertaubungen im Oberen Kalilager	
a ₁ Die äußere Form der Vertaubungen	17
a ₂ Die petrographischen Veränderungen an den Vertaubungen	21
b) Die Vertaubungen im Unteren Kalilager	22
6. Ergänzende mikroskopische Untersuchungen	23
III. Die genetische Deutung der Verhältnisse durch Thermometamorphose:	
1. Die im Werragebiet in Betracht kommende Überlagerung der Salzlagerstätte	26
2. Die primär ausgeschiedenen Salze	27
3. Der Verlauf der Umsetzungen	29
IV. Die tektonischen Einwirkungen auf die Salzlagerstätte:	
1. Die vortertiäre Tektonik	31
2. Der Vulkanismus des Miozäns	32
3. Die jüngere Tektonik	33
V. Die hydrometamorphen Umsetzungen in den Kalilagern:	
1. Die Einwirkungen der Basaltdurchbrüche	35
2. Die Umsetzungen am Salzhang	38
3. Die Einwirkungen an jüngeren Schnitten und Klüften	40
VI. Zusammenfassung	42
Literaturverzeichnis	44
Tafel 1—8	



Einleitung

Die Kalisalzlagerstätte des Werragebietes hat bereits verschiedentlich ihre Bearbeitung gefunden. Zu den ersten zusammenfassenden Untersuchungen gehören die von BECK aus dem Jahre 1912, in denen die Kalisalzbildung vom Standpunkt der EVERDING'schen Theorie der „deszendente“ Salzablagerungen betrachtet ist. Während man sich in der nächstfolgenden Zeit mehr der Untersuchung der hannöverschen Salzstöcke zuwandte, blieben die Werrasalze in der Literatur wenig berücksichtigt. Man glaubte sogar die norddeutschen Verhältnisse auch hier vorzufinden und suchte die beiden vorhandenen Kalilager als tektonische Verdoppelung zu erklären, um der Salzfolge des Staffurter „Normalprofils“ auch an der Werra Gültigkeit zu verschaffen (E. SEIDL; 1923). Erst in späterer Zeit, infolge der wachsenden wirtschaftlichen Bedeutung, die das Werrarevier in der Kalisalzförderung einnahm, ist auch ihm eine größere wissenschaftliche Beachtung zugekommen. So wurden von FULDA (1923) die posthumer Umsetzungen am Ausgehenden der Lagerstätte behandelt, die zur Begriffsbildung des „Salzhanges“ führten, und DIETZ (1926) wies die Einflüsse der Tektonik auf den Verlauf dieser Auslaugungszone nach. Dann ist von DIETZ (1928) eine Beschreibung der Aufschlüsse sämtlicher Gruben des Werragebietes geliefert worden, welche eine zusammenfassende Übersicht von der Beschaffenheit der Kalisalzlagerstätte gibt.

Die folgenden Untersuchungen gehen dahin, die Veränderungen in der Salzausbildung zu ergründen. Zu diesem Zweck galt es, den Wechsel in der Mineralführung an den Übergangsstellen zu verfolgen und die äußeren Begleiterscheinungen an diesen Punkten zu ermitteln. Ergeben sich hierin gewisse Gesetzmäßigkeiten, so ist die Möglichkeit vorhanden, aus der Art der äußeren Einwirkung und aus den durch sie hervorgerufenen Salzneubildungen Schlüsse auf die ursprüngliche Ausbildung der Kalisalze zu ziehen. Es ist dann aber auch aus den Veränderungen in der Mineralführung auf die mit diesen eintretenden Begleiterscheinungen zu schließen, ein Umstand, der für den Bergbau von Bedeutung sein kann und bei den Aus- und Vorrichtungsarbeiten Hinweise auf die zu erwartende Lagerausbildung gibt. So liegt das Ziel der folgenden Untersuchungen einerseits in wissenschaftlicher Hinsicht, einen Einblick in die Bildungsverhältnisse der Kalisalz-lagerstätte zu bekommen, andererseits aber auch in bergmännischer Hinsicht, Unterlagen für die bei der Ausrichtung der Kalilagerstätten so wichtige Deutung der verschiedenartigen Salzausbildungen zu gewinnen.

Die Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich Herrn Dr.-Ing. BORCHERT, Assistent am Lagerstätteninstitut der Technischen Hochschule in Charlottenburg. Meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Prof. Dr. W. SCHMIDT und Herrn Prof. Dr. BERNAUER, welche die Arbeit mit Interesse verfolgten und unterstützten, gestatte ich mir auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Die Ausführung der Arbeit wurde durch das Entgegenkommen der Wintershall A.-G. zu Kassel ermöglicht, welche mir die Erlaubnis erteilte, ihre Werke an der Werra zu befahren und die notwendigen Hackproben zu nehmen. Den Herren Direktoren Dr.-Ing. e. h. BEIL und Dipl.-Ing. RUDOLPH bin ich dadurch zu aufrichtigem Dank verpflichtet. Mein ganz besonderer Dank gilt weiterhin Herrn Direktor PINCKVOS, welcher nicht nur die angestellten Untersuchungen von Werkseite außerordentlich förderte, sondern auch verschiedentlich Anregungen und Hinweise für die durchzuführende Arbeit gab. Herr Betriebsführer SCHMITZ vom Kaliwerk „Sachsen-Weimar“ stand mir bei den zahlreichen Grubenfahrten auf diesem Werke hilfreich zur Seite, wofür ich ihm ebenfalls bestens danke.

Bei den Befahrungen der anderen Kaligruben wurde ich bereitwilligst von den Werksverwaltungen und deren Beamten unterstützt, die mir jede gewünschte Auskunft und Hilfe erteilten. Mein Dank gilt hier vor allem den Herren Dipl.-Ing. POLENZ von „Kaiseroda“, Dipl.-Ing. HAMBLOCH von „Heiligenroda“ und Dipl.-Ing. HOPPE von „Wintershall“. Die gravimetrisch-optischen Untersuchungen wurden im Werkslaboratorium von „Sachsen-Weimar“ ausgeführt, für dessen Zurverfügungstellung ich der Werksleitung ebenfalls danke.

I. Allgemeiner Teil

1. Geologische Übersicht

Die Kalisalzlagerstätte des Werragebietes weicht in ihrem Aufbau von den sonst in Mittel- und Norddeutschland vorgefundenen Kalilagerstätten des Zechsteins erheblich ab. In der Älteren Salzfolge des Werragebietes treten zwei Kalilager auf, die durch ein Steinsalzmittel von durchschnittlich 60 m Mächtigkeit getrennt sind. Zudem sind die Werrasalze durch ihre Armut an Anhydrit gekennzeichnet, die Bänderung in den Salzen besteht aus Tonstreifen, die Anhydrit nur in geringen Mengen führen. Es wird angenommen, daß es sich um eine Ablagerung in einem Nebenbecken des Zechsteinmeeres handelt, welches durch eine landfeste Schwelle von dem Hauptablagerungsgebiet im Norden getrennt war. FULDA (1926) hat an Hand von Bohrungen nachgewiesen, daß zur Zechsteinzeit in der Verlängerung des Thüringer Waldes und des Richelsdorfer Gebirges ein Landrücken bestand, den er als „Thüringisches Schwellengebiet“ bezeichnet.

Neuerdings rechnet SCHLÜTER die Hauptablagerung der Werrasalze nicht wie bisher zur Älteren Salzfolge des Oberen Zechsteins, sondern er sieht in ihnen eine Ablagerung des Mittleren Zechsteins, die in Form des Ältesten Steinsalzes im Hauptbecken vorkommt. Die Ältere Salzfolge des Oberen Zechsteins wäre demnach nur durch das stellenweise vorgefundene geringmächtige Jüngere Steinsalz an der Werra vertreten.

Die Schichtenfolge des Werrareviere ist außerdem durch den Plattendolomit gekennzeichnet, der infolge seiner Wasserführung bei den Abteufarbeiten verschiedentlich Schwierigkeiten hervorgerufen hat und in den Hauptanhydrit der norddeutschen Kalivorkommen übergeht.

Im Vergleich zu den übrigen Kalibezirken sind die Lagerungsverhältnisse im Werragebiet besonders regelmäßig. Die Salzlagerstätte streicht im allgemeinen parallel zum Thüringer Wald und fällt mit etwa $1\frac{1}{2}^{\circ}$ Neigung nach Südwesten ein. Sie wird im Nordosten vom Thüringer Wald, im Norden vom Richelsdorfer Gebirge und im Süden von der Rhön begrenzt. Im folgenden ist ein Normalprofil der Salzfolge nach DIETZ (1928) wiedergegeben:

Bröckelschiefer des Unteren Buntsandsteins	
Obere Zechsteinletten	20 m
Plattendolomit	23 „
Untere Zechsteinletten	35 „
Jüngeres Steinsalz	5 „
Anhydrit	10 „
Braunroter Salzton	10 „
Oberes Älteres Steinsalz	100 „
Zone des Oberen Kalilagers (Flöz Hessen)	3 „
Mittleres Älteres Steinsalz	60 „
Zone des Unteren Kalilagers (Flöz Thüringen)	3 „
Unteres Älteres Steinsalz	100 „
Anhydritknotenschiefer des Mittleren Zechsteins.	

Die Mächtigkeiten der einzelnen angegebenen Horizonte unterliegen starken Schwankungen. Das Jüngere Steinsalz ist zum Teil der Auslaugung zum Opfer gefallen und wird nur stellenweise im westlichen Teil des Werra-gebietes vorgefunden. Als besondere Eigenart der Werrasalzlagerstätte gilt das Vorkommen von Basalten, die als nördliche Ausläufer der vulkanischen Tätigkeit der Rhön zur Tertiärzeit anzusehen sind. Sie durchsetzen das Salzgebirge gangartig, wobei sie mehr oder weniger weitgehende Veränderungen der Salze herbeiführen.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen sind die geologisch-petrographischen Verhältnisse der beiden Kalilager.

2. Die Untersuchungsmethoden

Um den petrographischen Aufbau der Kalilager sowie dessen Veränderungen festzustellen, wurden vor allen Dingen mikroskopische Untersuchungen angestellt, damit auch kleine Mengen auftretender Mineralien erfaßt wurden. Zu diesem Zweck sind innerhalb der Kalilager Proben gehackt worden, die in kurzen Abständen seitlich nebeneinander genommen und in einzelne Schichten unterteilt wurden, so daß der Wechsel in der Mineralführung eines Überganges sowohl in horizontaler wie in vertikaler Richtung in mehreren Profilen genau ermittelt werden konnte.

Mit Hilfe der gravimetrisch-optischen Methode sind die Bestandteile der Hackproben qualitativ und quantitativ bestimmt worden. Die Trennung der Salze wurde mit Tetrabromacethylen, welches mit Toluol auf das entsprechende spezifische Gewicht verdünnt wurde, in Harada'schen Scheidetrichtern ausgeführt.

Durch Behandlung der Proben mit der Lösung

s = 2,26: Trennung der schweren Salze
 Anhydrit (2,96) Langbeinit (2,83)
 Polyhalit (2,78) Glaserit (2,70)
 Kieserit (2,57)

von Steinsalz (2,17) und den leichteren Salzen.

s = 2,10: Trennung der leichteren Salze
 Sylvit (1,99) Schönit (2,03)
 Carnallit (1,60)
 von Steinsalz (2,17).

Mit dem Steinsalz gehen Kainit (2,13) und Leonit (2,20). Bei einem großen Kieseritanteil Anwendung der Lösung

s = 2,68: Trennung der schweren Salze
 Anhydrit Langbeinit
 Polyhalit Glaserit
 von Kieserit.

Nach erfolgter Trennung wurden die Fraktionen ausgewogen und die einzelnen Mineralien oder Mineralgruppen mittels der Einbettungsmethode unter dem Mikroskop bestimmt, die Anteile der einzelnen Salzarten geschätzt

oder ausgezählt. Diese Resultate im Zusammenhang mit der ausgewogenen Menge der einzelnen Fraktionen ergaben den Gesamtanteil eines Salzes an der Hackprobe. Die Berechnungen wurden bis zu $\frac{1}{10}$ Gehaltsprozenten durchgeführt, trotzdem diese Genauigkeit als weit übertrieben zu gelten hat. Die genaueren Angaben ergeben jedoch bei geringeren Mineralanteilen ein besseres Bild von den Mengen der einzelnen Salze.

Um die Verwachsungsverhältnisse zu ermitteln, wurden auch Dünnschliffuntersuchungen angestellt. Jedoch ergab meist schon die makroskopische Betrachtung ein eindeutiges Bild, und Einschlüsse wie Verdrängungen konnten auch im Körnerpräparat erkannt werden. Als besonders aufschlußreich erwiesen sich des öfteren Anätzungen nach FERLING, welche bei Hartsalz durch Ätzen mit Überchlorsäure die Verwachsungsverhältnisse des Sylvins erkennen lassen. Der Carnallit erhält beim Erhitzen im Trockenschrank einen weißen, lackartigen Überzug, von dem der mitgeführte Sylvin und das Steinsalz freibleiben, so daß auch hier die Verwachsung deutlich zum Ausdruck kommt.

II. Der stratigraphisch-petrographische Aufbau der Kalilager

1. Das Obere Kalilager

Das Obere Kalilager (Flöz Hessen) besteht hauptsächlich aus weißem bis grauem Hartsalz mit einer Mächtigkeit von 2—3 m und ist durch Ton- und Kieseritstreifen sowie zwischengelagerte Steinsalzbänke gebändert. Der Übergang vom liegenden Steinsalz ist scharf und unvermittelt. Während das Mittlere Ältere Steinsalz nur Spuren von Kieserit und Sylvin in den Tonschnüren eingelagert enthält, setzt das Kalilager sofort mit starker Kieserit- und Sylvinführung ein.

Der untere Lagerteil ist vorwiegend kieseritführend, wobei eine lagenförmige Ausbildung nicht immer zu erkennen ist. Das Salz tritt dann in massiger, porphyränlicher Struktur auf, indem größere Sylvinflocken in feinkörniger kieseritischer Grundmasse liegen, und wird deshalb als Flockensalz bezeichnet. Innerhalb des Flockensalzes treten örtlich einige Tonschnüre auf, zumeist drei an der Zahl, die in sich stark gefältelt sind und den Namen Wurm führen. Die dunklen Streifen werden vorwiegend aus tonhaltigem Sylvin gebildet.

Im mittleren Lagerteil findet eine Zunahme an Steinsalz statt, das zum Teil bankig und von Tonstreifen gebändert auftritt, aber auch stark von Kieserit und Sylvin durchsetzt wird. Hier ordnet sich der Kieserit mehr streifenförmig ein, die Flockensalzstruktur verlassend, während der Sylvin, wie durch Anätzung festgestellt wurde, in unregelmäßiger, oft poikilitischer Verwachsung im Steinsalz sitzt.

Der obere Lagerteil zeigt eine weitere Zunahme an Sylvin, der hier auch bankig auftritt und mit dunkleren Steinsalzbänken wechsellagert, während der Kieserit weiterhin abnimmt. Das Gefüge des Sylvins ist grobkristallin und grobblättrig, er bricht oft in größeren Würfeln aus, während die Größe der einzelnen Kieseritkörner selten über 1—2 mm hinausgeht.

Innerhalb der im allgemeinen guten Schichtung des Oberen Kalilagers schwankt die Mächtigkeit der einzelnen Schichten jedoch bedeutend. Die einzelnen Bänke werden mächtiger und schwächer, keilen bisweilen ganz aus, während neue Schichten wieder einsetzen. Nesterartige Sylvineinlagerungen treten namentlich bei etwas unruhiger, gefalteter Lagerung auf, andererseits können die Sylvinbänke bei ungestörter Lagerung auch gleichmäßig verlaufen. Es wurde deshalb davon abgesehen, eine weitere Unterteilung des Kalilagers in einzelne Bänke vorzunehmen. Auch ist es nicht gelungen, entsprechende „Steinsalzleitbänke“, wie sie von SCHÜNEMANN, LÜCK und RÓZSA im Kalihorizont des Staßfurter Sattels und von TINNES auch für das Unstrut-, Südharz- und benachbarte Gebiet ermittelt wurden, zu finden.

Eine Leitschicht namentlich in bergmännischer Hinsicht ist jedoch im Tonlöser zu sehen, der nahezu im ganzen Revier zu verfolgen ist und das Kalilager hangend beschließt. Wie der Name besagt, tritt der Löser als dünne, oft auch 2—3 cm starke Tonlage auf, die das zusammenhängende

Gefüge des Salzes unterbricht und als ablösende Fläche wirkt. Örtlich kann jedoch der Löser weitgehend von Salz durchsetzt sein und seine ablösende Eigenschaft verlieren. Er tritt auch dann als dunkle Lage hervor.

Neben der reinen Hartsalzausbildung des Oberen Kalilagers tritt im oberen Teil desselben auch Carnallit auf. Bei regelmäßiger Lagerung erscheint der Carnallit an Stelle der Sylvinbänke als geringmächtige Schicht im Hartsalz eingelagert und vom Löser überdeckt. Die Schichtung des Hartsalzes ist bei Carnallitüberlagerung durch das Zurücktreten der Flockensalzstruktur und Überwiegen von Steinsalzbänken im allgemeinen deutlicher, wie überhaupt die Kieseritführung des Hartsalzes bei Carnallitüberlagerung stark abnimmt.

Bei größerer Mächtigkeit der Carnallitschicht wird die Lagerung gestörter. Es treten Staumassen auf und an anderer Stelle ist der Carnallit vollkommen weggepreßt. Hierdurch werden die hangenden Steinsalzbänke mit dem Löser wulstförmig aufgefaltet, während die liegende Hartsalzpartie davon unabhängig die gleichmäßige Schichtung beibehält. Liegt der Carnallit in größeren Mengen vor, so dringt er oft in das hangende Steinsalz ein. Die Steinsalzbänke mit dem noch deutlich erkennbaren Löser schwimmen als zerborstene oder stark zusammengefaltete Schollen in der einheitlichen Carnallitmasse (Fig. 1, Tafel 1).

Im folgenden seien einige Angaben über die petrographische Ausbildung des Oberen Kalilagers gemacht. Das normale Hartsalzprofil zeigt etwa die an einem durchschnittlichen Hartsalz auf „Sachsen-Weimar“ gefundene Zusammensetzung (Profil I, Tafel 6). Es ist zu erkennen, wie der Kieserit im Liegenden des Lagers am stärksten angereichert ist und in den höheren Lagen zugunsten des Sylvins zurücktritt. Als accessorischer Bestandteil tritt Anhydrit in geringen Mengen, selten über 1—2 %, auf. Der Anhydrit ist schon makroskopisch durch seine Ausbildung in Form von kleinen Nadelchen und Leisten zu erkennen, die meist horizontal liegen, aber auch kreuz und quer unregelmäßig eingelagert beim Anleuchten des Stoßes deutlich aufblitzen. Man findet ihn meistens in den im Hartsalz eingelagerten Steinsalzbänken und hier hauptsächlich in der Nähe der Tonschnüre. Aber auch in sehr kieseritreichen Hartsalzpartien tritt der Anhydrit auf, während er im sylvinreichen Hartsalz und im Carnallit weniger zu finden ist. Die geringen Mengen von Polyhalit in den Hackproben sind durch Umsetzung von Anhydrit entstanden, wobei die Anhydritkörner randlich vom Polyhalit verdrängt werden. Unter dem Löser liegt eine geringmächtige, durch einen oder mehrere Tonestreifen unterteilte Steinsalzbank, die fast stets wiederzufinden ist und den Löser liegend begleitet.

Das Profil II, Tafel 6 gibt die Lagerausbildung bei Carnallitführung wieder. Das Carnallitgestein ist durch einen geringen Gehalt an Sylvin gekennzeichnet. Das liegende Hartsalz zeigt die übliche Zusammensetzung, jedoch ist eine Abnahme des Kieseritgehaltes bemerkbar. Der Löser ist auch hier von der geringmächtigen Steinsalzbank begleitet, welche die Faltungen des Lösers mitmacht.

Verschiedentlich sind im kieseritreichen liegenden Lagerteil Kainitbänke zu finden. Im Gegensatz zu FULDA (1928), der die Kainitlagen als primäre Bildung aufzufassen sucht, konnte festgestellt werden, daß das Auftreten der Kainiteinlagerungen stets mit Austritt von Laugen oder Durch-

feuchtung des Kalilagers im Zusammenhang steht. Der Kainit ist infolgedessen auch hier als posthumes Umwandlungsprodukt, entstanden durch Umsetzung von Sylvin und Kieserit, zu erkennen. Das gleiche gilt von dem Auftreten des blauen Sylvinites in den Carnallithorizonten, dessen Abhängigkeit von späteren Laugeneinwirkungen ebenfalls stets zu beobachten ist.

2. Das Begleitflöz des Oberen Kalilagers

Auf einigen Werken setzen über dem Tonlöser des Oberen Kalilagers nach einem sehr verschieden starken Steinsalzmittel nochmals Kalisalze ein. Dieses sogenannte Begleitflöz besteht größtenteils aus weißem Carnallit oder aus grobkristallinem Sylvin, die beide stets massig, nie schichtenförmig ausgebildet sind. Bei geringer Mächtigkeit des Begleitflözes ist die Sylvinausbildung zu finden (Profil I, Tafel 6). Bei Zunahme der Mächtigkeit über 30 bis 50 cm setzt weißer Carnallit über dem Sylvin ein, und eine geringmächtige Sylvinbank unterlagert den Carnallit noch weiterhin, bis bei großen Mächtigkeiten des Begleitflözes der Carnallit allein vorliegt, jedoch neben Steinsalz noch in Spuren von Kieserit und Sylvin durchsetzt (Profil II, Tafel 6). Der Carnallit führt meistens graue Steinsalzeinschlüsse, so daß er als Trümmercarnallit bezeichnet werden kann. Auch größere Schollen des hangenden Steinsalzes, dessen Bänderung noch zu erkennen ist, sind im Carnallit eingelagert.

Es hat sich gezeigt, daß das Begleitflöz überall da auftritt, wo das darunter liegende Kalilager carnallitführend ist, so auf „Wintershall“, „Sachsen-Weimar“, „Hattorf“ und in den westlichen Feldesteilen von „Kaiserroda II/III“. In diesen Fällen besteht das Begleitflöz ebenfalls aus Carnallit, der durch die Zerstörung des Steinsalzmittels mit dem Carnallit des Lagers zusammenhängt. Es treten Staumassen auf, die hangende Steinsalzbänke als Trümmer aufnehmen. So sind auf „Wintershall“ im Oberen Kalilager bei Carnallitführung Mächtigkeiten bis zu 7 m zu finden, und in der südlichen Hauptstrecke von „Sachsen-Weimar“ dringt der weiße Carnallit in mehreren Lagen in das hangende Steinsalz ein (Fig. 2, Tafel 1). Den Abschluß nach dem Hangenden bildet eine Steinsalzdecke, an welcher der Carnallit ablöst, während die auseinandergerissenen Reste des Steinsalzmittels im Carnallit schwimmen. Randlich der Aufpressungen nimmt das Begleitflöz zunächst noch carnallitführend an Mächtigkeit ab und geht in das geringmächtige Sylvinitlager über, das im weiteren Verlauf völlig aufhört. Hierbei ist die sylvinitische Ausbildung des Begleitflözes durch Umsetzungen, auf die weiter unten eingegangen wird, infolge Wegführung des Chlormagnesiums aus dem Carnallit hervorgegangen.

Auf „Kaiserroda II/III“ wird das Begleitflöz nach Osten hin sylvinitisch bei stetiger Abnahme der Mächtigkeit. Auf „Sachsen-Weimar“ findet eine Abnahme des Begleitflözes nach Osten und Westen bis zum vollkommenen Verschwinden statt, während sich in der Mitte des Grubenfeldes eine Carnallitzone nordsüdlich hindurchzieht. Auf „Wintershall“ ist das Obere Kalilager ebenfalls carnallitführend und das Begleitflöz mit großer Mächtigkeit vorhanden. Nach Süden findet es in der Durchschlagsstrecke zur Grube „Heringen“ bei reiner Hartsalzausbildung des Kalilagers seine Be-

endigung. Die Carnallitführung im Begleitflöz kann hierbei weitergehen als im darunter liegenden Kalilager, bzw. sie tritt, von der Hartsalzseite kommend, eher auf.

Die Begrenzung des Begleitflözes gegen das hangende und liegende Steinsalz ist, wie durch Anätzungen festgestellt wurde, sowohl bei Carnallit wie bei Sylvinausbildung eine unregelmäßig verzahnte, indem zunächst kleine Apophysen in das Steinsalz ausgesandt werden, und der Carnallit bzw. Sylvin auf den Korngrenzen des Steinsalzes eindringt. Im weiteren Übergang zum Carnallit geht das Steinsalz mehr und mehr zurück und findet sich in Form von rundlichen, abgenutzten Körnern in der weißen Carnallitgrundmasse.

Es ist verschiedentlich zu beobachten, daß sich das Begleitflöz in die durch die Bänderung des hangenden Steinsalzes angedeutete Schichtung nicht konkordant einlegt, sondern dieses unregelmäßig durchdringt. Hierdurch wird die verschiedene Mächtigkeit des Steinsalzmittels, die zwischen 0,50 und 3 m schwanken kann, hervorgerufen. Auch BECK (1912, S. 146) erwähnt von „Großherzog von Sachsen I“, daß das Carnallitgestein des Begleitflözes diskordant auf dem im Liegenden befindlichen Steinsalz auflagert, wobei er diese Erscheinungen mit Deszendenzen im EVERDING-schen Sinne erklärt.

Wiederholt sind mehrere Carnallitlagen übereinander beobachtet worden, die auch in höheren Horizonten das Obere Ältere Steinsalz durchdringen. So ist auf „Sachsen-Weimar“ in der 2. südl. Abteilung nach Osten durch das Nachschießen der Strecke eine Carnallitlinse im hangenden Steinsalz etwa 5 m über dem Lagerhorizont aufgeschlossen, die mit dem Begleitflöz und weiterhin mit dem Kalilager im Zusammenhang steht.

Die gleiche Bildung ist wohl auch den durch verschiedene Tiefbohrungen im Oberen Älteren Steinsalz 5—20 m über dem eigentlichen Kalilager nachgewiesenen zahlreichen Nebenlagern zuzuschreiben, die in den Bohrungen um „Wintershall“, „Herfa-Neurode“ und „Sachsen-Weimar“ auftreten. Bei den Bohrungen Sachsen-Weimar 1 u. 2 geht die Sylvinitführung bis 20 m über den Horizont des Kalilagers hinaus, und in der Tiefbohrung Wintershall 9 ist die Kaliführung in Form von Carnallit- und Sylvinlagen, unterbrochen durch verschiedene Steinsalzmittel, bis 25 m über dem Oberen Kalilager vorzufinden.

Von Interesse sind die Aufschlüsse von „Sachsen-Weimar“ im Südfeld von Ort 23. Das Begleitflöz ist in die Löserlage des Oberen Kalilagers eingedrungen und hat sich dort ausgebreitet. Der Ton des Lösers ist im weißen Sylvin eingelagert, welcher das beiderseitige Steinsalz verdrängt hat. Die Verwachsung des Sylvins mit dem hangenden und liegenden Steinsalz ist wiederum tropfenartig, der Sylvin dringt in kleinen Apophysen in das Steinsalz ein und führt runde, abgenutzte Steinsalzeinschlüsse.

Diese Erscheinungen lassen darauf schließen, daß das Begleitflöz nicht als eine neue primäre Ausscheidung von Kalisalzen aufzufassen ist, sondern mit den hangenden Nebenlagern, ähnlich dem Flöz „Ronnenberg“ in den hannöverschen Kalilagerstätten, wie sie O. SCHMIDT und FERLING beschrieben haben, ein Injektionslager ist. Mit dem Ronnenberger Lager hat nach den petrographischen Untersuchungen von FERLING das Begleitflöz des Oberen Kalilagers an der Werra, soweit es in sylvinitischer Ausbildung

vorliegt, neben dem Mangel an Kieserit den schichtungslosen, grobkristallinen Charakter ohne Gliederung durch Jahresringe oder Tonlagen sowie den hohen Kaligehalt gemeinsam. Nach FERLING ähnelt auch die von ihm durch Anätzung kenntlich gemachte Struktur des Sylvinites des Begleitflözes dem Gefüge des Ronnenberger Lagers.

DIETZ (1928) deutet das Begleitflöz und die in höheren Horizonten auftretenden Nebenlager als primäre Bildungen, die in dem zentralen Teil der Werra-Kalisalzvorkommen abgelagert sind. Damit im Widerspruch steht die diskordante Einlagerung in das gut gebänderte hangende Steinsalz, der schichtungslose Charakter bei sylvinitischer wie bei carnallitischer Ausbildung und das nur lokale Auftreten in der Nähe größerer Carnallitstau-massen. Wie die Aufschlüsse auf „Sachsen-Weimar“ zeigen, keilt das Begleitflöz nach Osten über die sylvinitische Ausbildung wieder aus, während es nach DIETZ auch hier, nach der Mitte der Ablagerung zu, hätte zur Ausbildung kommen müssen.

3. Das Untere Kalilager

Das Untere Kalilager des Werrabezirkes (Flöz Thüringen) unterscheidet sich in seiner Ausbildung beträchtlich von der des Oberen Kalilagers. Zunächst tritt hier die rote Farbe der Salze hervor. Dann führt das Untere Kalilager einen im Vergleich zum Oberen Lager geringeren Gehalt an Kieserit bei einer im ganzen größeren Lagermächtigkeit. Vor allem überwiegt aber im Flöz Thüringen das Auftreten von Carnallit die reine Hartsalzausbildung. Die Bänderung im Unteren Kalilager tritt deutlicher hervor und verläuft regelmäßiger als im Oberen Lager.

Bei reiner Hartsalzausbildung hat das Kalilager eine Mächtigkeit von etwa 2,50 m. Das Untere Ältere Steinsalz, welches grauweiß gefärbt ist und von dunklen Tonlagen durchsetzt wird, zeigt bei beginnender Sylvinit- und Kieseritführung eine gelbrote Farbe. Die Tonstreifen werden dunkler und bekommen einen roten Anflug, der vom Sylvinit herrührt. Bei weiterer Zunahme des Kaligehaltes werden die roten Streifen stärker, und es finden sich dunkelrote Sylvinitaugen ein.

Im mittleren Lagerteil wird die Bänderung breiter und tritt weniger deutlich hervor. Im oberen Teil des Lagers treten verschiedentlich rote grobkristalline Sylvinitbänke auf, die mit blaßroten Steinsalzbänken wechsel-lagern. Den Abschluß des Kalilagers nach dem Hangenden bildet auch hier eine geringmächtige Steinsalzbank mit einem Tonlöser. Dieser ist im Gegensatz zum Oberen Kalilager weniger deutlich ausgebildet, löst vor allem nicht immer ab, sondern erscheint meistens nur als dunkler Streifen im Hangenden des Lagers.

In den Steinsalzbänken des Mittleren Älteren Steinsalzes im Hangenden des Unteren Kalilagers, die in ihrem liegenden Teil noch die rote Färbung besitzen, treten ebenfalls Andeutungen eines Begleitflözes in Form von sylvinit- und kieserithaltigen Streifen und Schmitzen auf. Sie gelangen jedoch nicht zu den Mächtigkeiten des Begleitflözes des Oberen Kalilagers.

Die Zusammensetzung eines durchschnittlichen Hartsalzes des Flözes Thüringen gibt Profil III, Tafel 6 wieder. Der Anhydritgehalt ist im

Unteren Kalilager um ein geringes höher als im Oberen Kalilager, der Kieseritgehalt niedriger.

Anders verhält sich der Aufbau des Unteren Kalilagers bei Carnallitführung. An Stelle des liegenden roten Hartsalzes tritt ein graues Hartsalz. Diesem folgt über einer stärkeren, weißen Sylvinitbank der Carnallit als Trümmerncarnallit, im Gegensatz zum liegenden Hartsalz rot gefärbt, mit zahlreichen grauen Steinsalzeinschlüssen. Das Hangende des Carnallits bildet meistens ein geringmächtiger grauer Hartsalzstreifen, dem der Löser folgt.

Profil IV, Tafel 6 gibt die Zusammensetzung des Unteren Kalilagers bei Carnallitführung wieder. Das Carnallitgestein ist wiederum durch Sylvinit angereichert.

Wie im Oberen Kalilager, so ist auch im Unteren Kalilager die Lagerung bei Carnallitführung wesentlich gestörter. Es sind Staumassen vorgefunden worden, die auf „Sachsen-Weimar“ bis 8 m, auf „Großherzog von Sachsen II/III“ sogar bis 35 m Mächtigkeit betragen. Bei diesen großen Mächtigkeiten schwimmen im Carnallit größere Steinsalzbänke, welche noch ihre Bänderung besitzen und bei der Zusammenstauchung und Aufpressung der Carnallitmasse als Bruchstücke in diese aufgenommen wurden. Die Begrenzung des Carnallits im Hangenden ist hierbei eine ganz unregelmäßige, und Hochbohrungen auf „Großherzog von Sachsen“ haben gezeigt, daß der Carnallit sackartig bis zu den oben angegebenen Mächtigkeiten in das Hangende eindringt, während die Unterkante des Kalilagers eine viel ruhigere Lagerung aufweist.

Im oberen Teil des Carnallits von „Großherzog von Sachsen II/III“ finden sich Schlieren und Lagen eines reinen, weißen Carnallits, der von rotem Carnallit bänderartig durchzogen wird. Er hat folgende Zusammensetzung:

Anhydrit	0,1 0/0	Steinsalz	1,4 0/0
Kieserit	0,1 0/0	Carnallit	98,4 0/0

und ist demnach wohl in seiner primären Beschaffenheit erhalten, da nach den Angaben VAN'T HOFF's dem primär ausgeschiedenen Carnallit nur ein Gehalt von 2,3—2,8 0/0 Steinsalz beigemischt sein kann. Auch DIETZ (1928, S. 39) hält diesen Carnallit von „Großherzog von Sachsen“ als in seiner primären Ausbildung noch rein erhalten. Mit der Rotfärbung findet eine Zunahme an Steinsalz, Kieserit und Sylvinit statt.

Bei geringer Mächtigkeit der dem Hartsalz auflagernden Carnallitschicht deuten diskordant überlagerte Hartsalzsichten und im Carnallit eingeschlossene, mit verkrümmten Kieseritbändern versehene Hartsalzbruchstücke auf die mechanische Einarbeitung derselben hin. Hierbei ist bei geringer Mächtigkeit der Carnallitschicht die Zertrümmerung des Hartsalzes um so intensiver, je kleiner der Raum ist.

4. Der Übergang von der Hartsalz- zur Carnallitbildung

An einer Anzahl von Aufschlüssen sowohl im Oberen als im Unteren Kalilager ist der Übergang von der reinen Hartsalzausbildung zur Carnallitbildung zu verfolgen. Die Carnallitführung tritt im allgemeinen nur im guten Hartsalz und bei größerer Lagermächtigkeit im oberen Teil des Kalilagers auf. Das Carnallitgestein ist zunächst noch stark von Sylvinit

und Steinsalz durchsetzt und wird bei weiterer Carnallitzunahme reiner. Es wird späterhin der Nachweis erbracht, daß die oberen Sylvinitbänke des Kalilagers aus Carnallit durch Hinwegführung des Chlormagnesiums entstanden sind, so daß in dem im Kalilager auftretenden Carnallitgestein noch nicht umgesetzte Teile eines primären Carnallits zu sehen sind.

Abb. 1 zeigt das Einsetzen des Carnallits im Hartsalz des Oberen Kalilagers, wie es in der 1. südl. Teilstr. nach Westen auf „Sachsen-Weimar“ zu verfolgen ist. Der Carnallit tritt in einer oberen Sylvinitlage auf und schwillt bald zu größerer Mächtigkeit an. Er überlagert das Hartsalz weiterhin mit wechselnder Stärke, während dieses die ungestörte Lagerung beibehält.

Besonders häufig treten in den Übergangszonen von Hartsalz zu Carnallit stärkere Faltungen im Hartsalzlager auf. Die Mineralführung bleibt hierbei die gleiche, nur die Schichtung wird durch die Fäl-

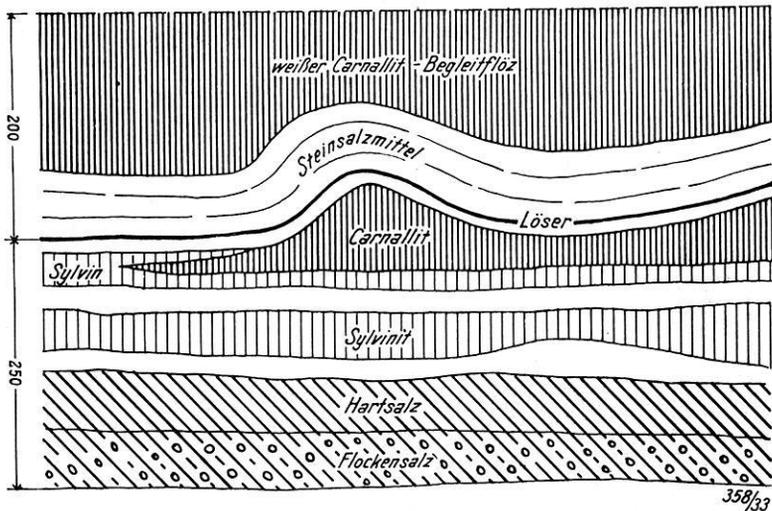


Abb. 1. Einsetzen des Carnallits im Hartsalz des Oberen Kalilagers; „Sachsen-Weimar“ 1. südl. Teilstr. nach Westen.

telung weitgehend gestört. Aus dem Faltengewirr entspringt die Carnallitlage, worauf die Lagerung wieder gleichmäßig geschichtet wird. Die gleichen Beobachtungen haben KIESEL sowie TINNES an den Übergangszonen von Hartsalz zu Carnallit im Unstruttal gemacht, wo es bei größerer Mächtigkeit der Salzfolge zu Einstülpungen in das Liegende kommt. Die Hartsalz- und Carnallitbildung muß hierbei vor dem Einsetzen der tektonischen Kräfte vorgelegen haben, und die Faltung des Hartsalzes ist vielleicht als randliche Auswirkung von Bewegungen der Carnallitmasse innerhalb des Lagerhorizontes zu erklären. Der Wechsel in der Salzart wird hierdurch schon vorher angedeutet.

Ein ähnliches Bild zeigt der Übergang von Hartsalz zu Carnallit im Unteren Kalilager. Mit Annäherung an den Carnallit wird das

Lager reicher und mächtiger. Kurz vor dem Einsetzen des Carnallits tritt eine intensive Faltung mit linsenförmigen Einlagerungen von grobkristallinem Steinsalz und Sylvin auf. Der Löser ist seismogrammartig und in spitzen Faltenwürfen in das Hartsalz eingefaltet. Nach Einsetzen des Carnallits wird das Hartsalz, das bis jetzt eine rote Färbung zeigte, grauweiß und die Lagerung mit der Carnallitschicht im Oberen Teil des Lagers ungestört und gleichmäßig geschichtet. Aus dem Profil V, Tafel 6 ist zu ersehen, daß der Carnallit bei seinem Beginn noch eine größere Menge Sylvin führt, die jedoch im weiteren Verlauf abnimmt. Weiterhin tritt in den Hartsalzschichten eine deutliche Verminderung des Kieseritgehaltes ein.

Die Mächtigkeit beider Kalilager ist bei Carnallitführung bedeutend größer, als bei der reinen Hartsalzausbildung. Wenn auch die angeführten großen Carnallitmächtigkeiten durch örtliche Staumassen hervorgerufen sind, so hat doch in den carnallitischen Lagerteilen ein mengenmäßig größerer Absatz an Kalisalzen stattgefunden, als in den geringer mächtigen Hartsalzlager.

Von DIETZ (1928, S. 31) ist bereits hervorgehoben worden, daß das Hartsalz dort gut ausgebildet ist, wo die Carnallitschicht im Oberen Lagerteil fehlt. Es ergibt sich bei den Aufschlüssen der unteren Sohle auf „Sachsen-Weimar“, daß bei geringer Carnallitüberlagerung die Hartsalmächtigkeit bis 1,50 m beträgt, bei Zunahme der Carnallitmächtigkeit bis auf 0,40 m sinkt. Auch auf „Großherzog von Sachsen II/III“ ist bei den mächtigen Carnallitvorkommen nur ein geringes unterliegendes Hartsalzlager festzustellen.

Die gleiche Beobachtung konnte bei der Carnallitüberlagerung des Hartsalzes des Oberen Kalilagers gemacht werden. Auch dort wird der Carnallit von einem ärmeren Hartsalz unterlagert, das eigentlich nur aus Kieseritstreifen in Steinsalz besteht. Die Untersuchung eines Lagerprofils aus der 6. nördl. Abteilung von „Wintershall“ hatte folgendes Ergebnis:

	Lage	Anhydr. %	Polyh. %	Kieser. %	Carn. %	Sylv. %	Steins. %
1.	1,50 m	0,2	—	7,4	69,8	4,3	18,3
2.	0,55 m	0,1	0,2	11,7	—	1,8	86,2
3.	0,50 m	0,6	—	7,0	—	1,1	91,3
4.	0,60 m	0,1	—	2,1	—	0,2	97,6

5. Die Sylvinanreicherungen und Verarmungen

a) Die Vertaubungen im Oberen Kalilager

a₁ Die äußere Form der Vertaubungen

Die Regelmäßigkeit in den Lagerungsverhältnissen beider Kalilager wird verschiedentlich durch Störungszonen unterbrochen, in denen die Lagermächtigkeit bis auf ein Geringes abnimmt oder ganz verschwindet. Abb. 2 gibt eine Darstellung dieser Störungen, wie sie hauptsächlich im Oberen Kalilager auftreten. Zu beiden Seiten derselben steigt das Kalilager

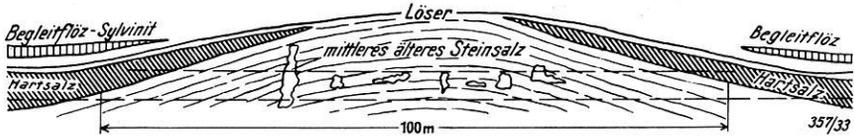


Abb. 2. Vertaubung des Oberen Kalilagers; „Kaiseroda II/III“ 4. südl. Abt. n. Osten.

mit stetiger Abnahme der Lagermächtigkeit etwas an, wobei das liegende Steinsalz, teilweise noch gut gebändert, empordringt. Die Schichtung des Kalilagers wird gestört, es treten Faltungen auf, die einzelnen Bänke werden dünner und keilen für sich aus. Die Kieseritlagen bleiben am längsten erhalten und laufen in einen dünnen Kieseritstreifen aus (Fig. 3, Tafel 1). Das liegende Steinsalz ist in seiner Bänderung und dunkelgrauen Färbung deutlich von dem geringmächtigen Lager zu unterscheiden, und dieses wird vom Löser abgeschlossen, der auch nach dem Auskeilen des Lagers als Leitschnur für den Streckenvortrieb dient.

Infolge des regelmäßigen Aufbaues dieser Störungen, auch Vertaubungen genannt, sind sie auf den Werken von „Kaiseroda“ des öfteren unterfahren worden, indem man beim Ansteigen des Kalilagers die Strecke söhlig weitertrieb und den gegenüberliegenden absteigenden Lagerteil in guter Ausbildung wieder antraf. Durch den fortschreitenden Abbau sind die Vertaubungen von allen Seiten umfahren und abgetastet worden. Dabei zeigte es sich, daß es meist rundliche oder länglich gestreckte Gebilde mit einem Durchmesser von etwa 100—150 m sind. Andererseits gibt es auch Vertaubungszonen, die sich auf weitere Erstreckung rückenartig entlangziehen. Randlich derselben findet sowohl eine mengenmäßige Anreicherung durch eine zur sonstigen Lagerausbildung größere Lagermächtigkeit als auch eine Anreicherung an Sylvinit in Form eingelagerter, starker Sylvinitbänke statt.

Das Profil durch eine Vertaubung auf „Kaiseroda I“ zeigt Abb. 3. Während der nördliche Teil das allmähliche Einsetzen des Hartsalzlagers aufweist, kommt es im südlichen Teil zu größeren Zusammenstauungen des Hartsalzes mit starken, eingelagerten Sylvinitbänken. Auch das liegende Steinsalz macht in seinem oberen Teil die Faltenwürfe mit, die deutlich eine Überschiebung nach Süden erkennen lassen. Die Vertaubung wurde durchfahren und nach etwa 150 m der nördliche Teil des Lagers wieder angetroffen. Hierbei zeigte es sich, daß das liegende Steinsalz von Rissen gangartig durchzogen ist, die mit weißem, grobkristallinem Steinsalz aus-

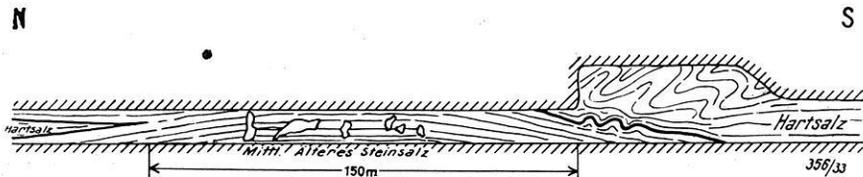


Abb. 3. Vertaubung des Oberen Kalilagers; „Kaiseroda I“, Strecke 3 nach Norden.

gefüllt sind. Die Lagerungsstörung wirkte sich demnach auch auf das liegende Steinsalz aus und hat dieses stellenweise auseinandergetrieben, wobei die Risse durch Lösungen wieder verheilt wurden.

Den gleichen Aufbau zeigt die Vertaubung in der westlichen Hauptstrecke von „Kaiseroda I“ in der Höhe von Strecke 11. Fig. 4, Tafel 1 gibt die Anreicherung in den südlichen Abbauen mit den gefalteten starken Sylvinlagen wieder, deren Faltenwürfe von der Vertaubung hinwegweisen. In der die Vertaubung durchfahrenden Strecke ist zu beobachten, daß aus dem liegenden Teil des Lagers Kieseritlagen in das liegende Steinsalz dringen, von weißem, grobkristallinem Steinsalz begleitet (Fig. 1, Tafel 2). Auf diese Weise können fast ausschließlich kieseritführende Nebenlager auch im liegenden Steinsalz gebildet werden, wie bei der Vertaubung der westlichen Hauptstrecke auf „Sachsen-Weimar“.

Sehr gut aufgeschlossen ist die Vertaubung zwischen der 1. und 2. nördl. Abteilung auf „Kaiseroda II/III“. Das Lager läuft dort in eine mehrmals übereinander gefaltete Kieseritschnur aus, die Langbeinitknollen eingelagert enthält. Die randlichen Anreicherungen lassen eine Fließstruktur des Flockensalzes erkennen, indem, wie Fig. 2, Tafel 2 zeigt, die runden Sylvinflocken sich zu langgezogenen Schnüren anordnen, die von der Vertaubung hinwegströmen. Größere Bruchstücke von Steinsalz liegen in der Kieseritmasse oder werden in diese eingerollt. Das hier vorgefundene Salz, durch die Bittersalzausblühungen in seiner Verwachsung besonders hervorgehoben, ähnelt in seiner Textur sehr den kristallinen Schiefem. Dabei treten diese Deformationen nur innerhalb des Lagerhorizontes auf, während der Löser größtenteils glatt darüber liegt, so daß allein das Lager zwischen der hangenden und liegenden Steinsalzdecke diesen Veränderungen unterlag.

In der südlichen Hauptstrecke von „Kaiseroda II/III“ zwischen der 4. und 5. Abteilung keilt das Kalilager zunächst aus, in dem nachfolgenden Steinsalz sind noch Trümmer und kieserithaltige Reste des Hartsalzes eingelagert. Ähnlich verläuft die Vertaubung in der 3. nördl. Abteilung nach Osten, Abbau 21. Dort bricht das Hartsalz bei einem Ansteigen der Lagerung plötzlich ab, liegendes Steinsalz wird eingefaltet, in welchem Linsen und Bänke von Hartsalz und Sylvin liegen, sowie gefaltete Langbeinitlagen und Kainit, letzterer jedoch lokal an Schnitte gebunden und auf spätere Laugenzirkulation deutend.

Während im allgemeinen die Vertaubungen eine Aufpressung des liegenden Steinsalzes und eine damit verbundene Lagerverdrückung kennzeichnen, zeigt eine Störung von „Wintershall“ in der 4. nördl. Abt. nach Westen eine Muldung des Kalilagers (Abb. 4). Der Carnallit hört vorher auf, an der östlichen Seite zu größeren Aufstauungen führend. In der Mulde hat das Lager geringe Mächtigkeit, der Löser weist stellenweise Faltenwürfe, nach Westen zeigend, auf. Im westlichen Teil ist ein gutes Hartsalz mit einer Mächtigkeit von über 2,50 m zu finden. Die Einmuldung beträgt etwa 8—10 m. Nach Nordosten ist der Verlauf dieser Störungszone in der nördl. Hauptstrecke vor Ort zu erkennen, wo neben der Muldung das Kalilager bis auf 80 cm abnimmt. Der weitere Verlauf ist in den nördlichsten Aufschlüssen von Ort 10 und 11 angefahren.

O

W

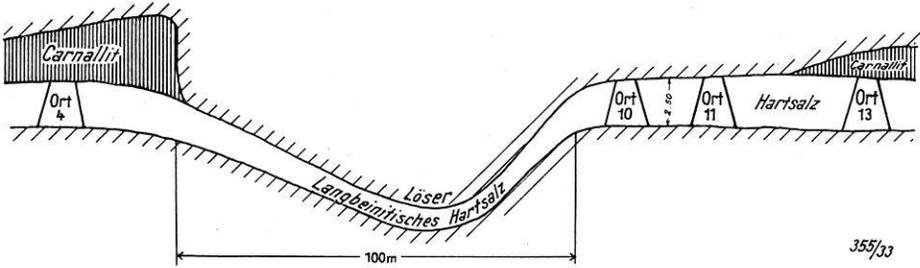


Abb. 4. Verarmung des Oberen Kalilagers in der 4. nördl. Abteilung von „Wintershall“.

Eine langgestreckte Vertaubung durchzieht in herzynischer Richtung die südlichen Grubenbaue von „Alexandershall“. Ihr Aufbau zeigt wiederum ein fingerförmiges Auskeilen des Hartsalzlagers, dem Anreicherungen bis zu 3,50 m Mächtigkeit und 25,8% K_2O vorangehen. Bei der Durchörterung der Störung ist zunächst graues, gebändertes Steinsalz angetroffen worden, in ihrem mittleren Teil ein rötliches Steinsalz, sowie Bruchstücke von Anhydrit, die als hangender Anhydrit gedeutet wurden. Wie die nach einem Profil aus den Werksakten wiedergegebene Abb. 5 zeigt, befindet sich über der Störungszone an der Tagesoberfläche ein in gleicher Richtung verlaufender Taleinschnitt. Diese Tatsache läßt vermuten, daß die Einwirkungen, welche diese Störungen hervorgerufen haben, nicht nur auf die Salzlagerstätte selbst beschränkt waren, sondern auch die hangenden Schichten in Mitleidenschaft gezogen haben.

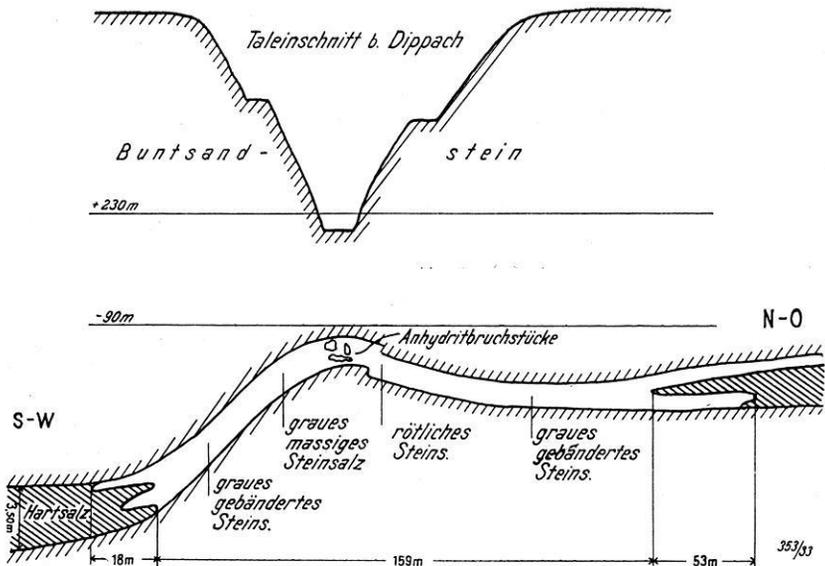


Abb. 5. Profil durch die nordwestlich streichende Störung von „Alexandershall“.

Allgemein wäre noch anzuführen, daß die Verarmungen der Kalilager niemals bei Carnallitüberlagerung eintreten, sondern sich nur aus der reinen Hartsalzausbildung entwickeln. Wie aus dem Profil der Vertaubung von „Wintershall“ zu ersehen ist, tritt zwischen der Carnallitüberlagerung und der Verarmung ein reiner Hartsalzstreifen auf, indem der Carnallit schon bei Beginn der Störung aussetzt, das Hartsalz zunächst noch erhalten bleibt.

Im Vergleich zu den im allgemeinen regelmäßigen Lagerungsverhältnissen der Kalilager fallen diese Erscheinungen auf und lassen eine Entstehung der Vertaubungen auf tektonische Art außer Zweifel sein. Bereits BECK (S. 145) schildert ihre Eigenart und vergleicht sie in ihren beiderseitigen Anreicherungen mit den Rücken der Erzlagerstätten. RÓZSA (1914) hat auf das noch zu behandelnde Vorkommen von Langbeinit in diesen Störungszonen hingewiesen. SEIDL führt an, daß durch tektonische Einwirkungen eine Verstärkung der Mächtigkeit der Lagerstätte durch Stauung eintritt, und daß dieser eine Verminderung der Mächtigkeit durch Zerrung an anderer Stelle gegenübersteht. Andererseits hält aber SEIDL das Auskeilen des Kalilagers in den Vertaubungen für ganz flache Spitzfalten, deren Schenkel fast parallel aneinander liegen. DIETZ (1928, S. 21) hält das Steinsalz der Vertaubungen für vertaubtes Hartsalz und nimmt auch andererseits mit FULDA (1925) eine primäre Entstehung der Vertaubungen an, indem besonders ungünstige Bildungsbedingungen für die Kalilager im Zechsteinmeer an diesen Stellen vorgelegen haben.

a₂ Die petrographischen Veränderungen an den Vertaubungen

Mit der Lagerverdrückung geht gleichzeitig eine Änderung in der Mineralführung vor sich. Profil VI, Tafel 7 gibt das Ergebnis der Untersuchungen von Hackproben der Übergangszone einer Vertaubung wieder. Als neues Mineral tritt im Hartsalz der Langbeinit auf. Reihe I des Profils zeigt, daß bereits in der randlichen Sylvanreicherungszone der Langbeinit im Liegenden des Lagers einsetzt. In dieser Schicht bleibt er bei steter Zunahme, tritt aber auch in die höheren Lagerhorizonte und durchsetzt in Reihe IV das ganze Lagerprofil. Die letzte auskeilende Zunge ist nicht aufgeschlossen. Gleichzeitig geht der Anhydritgehalt bis auf Spuren zurück und wird von Polyhalit ersetzt. Das liegende Steinsalz, dunkelgrau gefärbt, weist noch geringe Mengen von Anhydrit sowie einen hohen Polyhalitanteil auf.

Profil VII, Tafel 7 gibt die Untersuchung einer Vertaubung wieder, die bis in die letzte Spitze und darüber hinaus zu verfolgen war. Der Langbeinit tritt bereits in der Anreicherungszone auf, nimmt bei der weiteren Verminderung des Kalilagers indessen wieder ab, so daß die letzten Teile nur Kieserit neben Steinsalz führen. Das Fehlen von Anhydrit und das Auftreten des Polyhalits ist zu beachten. Auch das liegende Steinsalz zeigt den höheren Polyhalitgehalt, der sonst fehlt. Im weiteren Verlauf der Vertaubung erfüllt dieses graue und bröcklige Steinsalz den ganzen Streckenstoß und ist gangartig von weißem Kristallsalz durchsetzt, einem reinen Steinsalz, dem Kieserit und auch Anhydritkristalle in lokalen Anhäufungen beigemischt sind.

Das Vorkommen des Langbeinit ist besonders kennzeichnend für die Vertaubungen. In ärmeren, geringmächtigen Hartsalzlagerstätten ist wohl stets im liegenden Teil ein geringer Langbeinitgehalt zu finden. An den Vertaubungen tritt jedoch der Langbeinit in stärkerem Maße auf, und es besteht die Regel, daß bei einem schnellen und plötzlichen Aussetzen der Kaliführung der Langbeinit in größeren Anreicherungen zugegen ist, bei einem langsamen Auskeilen des Kalilagers kommt der Langbeinit in geringeren Mengen vor (vgl. Profil VI und VII). Äußerst selten ist der Langbeinit im guten Hartsalzlager nachzuweisen, und niemals tritt er bei carnallitischer Überlagerung des Hartsalzes auf. Der Langbeinit ist demnach ein typisches Mineral der Verarmung. Wie die Untersuchungen einer großen Anzahl von Hackproben zeigten, ist er stets mit Polyhalit vergesellschaftet, während der Anhydritgehalt in den gleichen Proben fast völlig zurückgeht.

Schon makroskopisch ist der Langbeinit durch sein wasserklares, glasiges Aussehen zu erkennen, zudem zeichnet er sich durch große Härte aus und zerbricht beim Zerschlagen in kleine Stücke. Er erscheint gern in knollenförmigen Konkretionen, wobei die Kieseritkörner in der Langbeinitgrundmasse eingebettet sind. Oft zeigen die knollenförmigen Anreicherungen das Bestreben, geradlinig begrenzte, dreieckige oder polyedrische Formen anzunehmen, die besonders bei der Bittersalzausblüfung des Lagerstoßes zu erkennen sind (Fig. 3, Tafel 2).

Weiterhin zeigt sich der Langbeinit an den Vertaubungen in Form von dreieckigen flächenhaften Gebilden in dünnen Kieseritstreifen des hangenden Steinsalzes, oft zu mehreren übereinander und durch schwache Steinsalzbänke getrennt (Fig. 4, Tafel 2). Aber auch im Tonlöser ist der Langbeinit an diesen Stellen zu finden (Fig. 1, Tafel 3). Verschiedentlich sind die Langbeinitdreiecke von grobkristallinem Sylvin ausgefüllt, so Pseudomorphosen von Sylvin nach Langbeinit bildend. Vornehmlich tritt der Langbeinit an Stellen starker Faltung und Pressung auf. Fig. 2, Tafel 3 zeigt, wie aus den gegeneinander gefalteten Hartsalzschichten eine Kieserit-Langbeinitmasse ausgepreßt wird.

Im übrigen ist ein eindeutiges Erkennungsmerkmal des Langbeinites ein grünlich fluoreszierendes Aufleuchten beim Anschlagen mit dem spitzen Hammer. Es ist am abgeblendeten Stoß gut zu beobachten, wobei der Hackstrich, eine kurze Zeit nachleuchtet. Dieser Leuchteffekt ist auf Thermoluminiszenzerscheinungen des Langbeinites zurückzuführen. Werden Langbeinitkörner auf eine erhitzte Platte gestreut, so zeigen sie ein starkes grünliches Aufleuchten. Auch im ultravioletten Licht der Quarzlampe leuchtet der Langbeinit rötlich, was zu seiner schnellen Erkennung ebenfalls von Wert sein kann. Die Leuchterscheinung des Langbeinites beim Anhacken diente als gutes Hilfsmittel zu seinem Nachweis im Kalilager, namentlich wenn die direkte Erkennung durch zu dichte Verwachsung oder bei der leider stets vorzufindenden Vertaubung der Strecken erschwert war.

b) Die Vertaubungen im Unteren Kalilager

Ähnlich treten die Vertaubungen im Unteren Kalilager des Werra-bezirkes auf. Sie sind auch hier durch Mächtigkeitsabnahme und Zer-

störung der sonst gut ausgeprägten Schichtung innerhalb des Kalilagers gekennzeichnet (Fig. 3, Tafel 3). Randlich der Vertaubungen sind lokale Anreicherungen in Form von eingelagerten Sylvinitbänken zu beobachten. Auch hier geht die Vertaubung aus der reinen Hartsalzentwicklung hervor. Von DIETZ (1928, S. 32) ist im unteren carnallitreichen Lager von „Großherzog von Sachsen I“ der parallele Verlauf der Hartsalzentwicklung mit der Vertaubung festgestellt worden. Die Änderung in der Mineralführung ist ebenfalls die gleiche, es findet eine starke Zunahme des Langbeinitgehaltes statt. Die auf Fig. 3, Tafel 3 im oberen Lagerteil ersichtlichen dunklen Knollen und Lagen bestehen aus Langbeinit.

Im Profil VIII, Tafel 7 ist ein Übergang zur Verarmung aus dem Unteren Kalilager wiedergegeben. Die vorhergehende Sylvinitanreicherung kommt darin zum Ausdruck, desgleichen die Zunahme des Langbeinitgehaltes und der auch hier auftretende Polyhalit beim Fehlen von Anhydrit. Entsprechend dem höheren Anhydritgehalt im Unteren Kalilager ist ein höherer Polyhalitgehalt an den Vertaubungszonen zu verzeichnen. Die oberen sylvinithaltigen Lagen gehen in Langbeinit über, die Verarmung des liegenden, kieseritreichen Lagerteiles findet durch direkte Zunahme des Steinsalzes statt. Innerhalb der einzelnen Schicht des liegenden Hartsalzes ist jedoch eine vorhergehende übermäßige Kieseritanreicherung und nachfolgende Mächtigkeitsabnahme zu beobachten. Das liegende Steinsalz steigt aus der Sohle an und führt bei Fehlen von Anhydrit einen hohen Prozentsatz Polyhalit.

Profil IX, Tafel 7 gibt die Ausbildung einer durchörterten Vertaubung wieder und läßt den beiderseitigen gleichmäßigen Aufbau in der Mineralführung erkennen. Bei der größeren Entfernung der einzelnen Hackproben ist das Lagerprofil nur schematisch in einen oberen, mittleren und unteren Teil gegliedert worden. Das Auftreten von Kainit, Glaserit und Carnallit in verschiedenen Hackproben ist auf feuchte Risse zurückzuführen, die diesen Feldesteil durchziehen und örtliche Umsetzungen hervorrufen.

Die Vertaubungen sind in armen Feldesteilen in größerer Zahl zu finden, während bei mächtiger ausgebildeten Kalilagern ein völliges Vertauben derselben seltener eintritt. Die verschiedensten Aufschlüsse zeigen aber auch dann, daß Schwankungen in der Mächtigkeit örtliche Anreicherungen und Verarmungen herbeiführen können, deren tektonische Entstehung zu mindestens innerhalb der carnallitischen Ausbildung von keiner Seite in Zweifel gestellt wird. Im Hinblick auf andere Kalibezirke sei erwähnt, daß auch TINNES (S. 41) dazu neigt, die Vertaubungen des Südharzes sowie des Unstrut- und Kyffhäuserbezirkes mit ihren dort gleichfalls beobachteten parallelen Zonen der Langbeinitisierung, Sylvinitanreicherung und Carnallitierung tektonischen Sonderbewegungen zuzuschreiben.

6. Ergänzende mikroskopische Untersuchungen

(Hierzu die Fig. der Tafeln 4 und 5)

Schon bei der mikroskopischen Bestimmung der Salze im Verlauf der gravimetrisch-optischen Untersuchungen fällt auf, daß der Sylvinit des Hartsalzes der oberen Lagerteile weitgehend Reste von Carnallit führt. Diese nehmen bei einem Hartsalz, das von Carnallit überlagert wird, zu

und verringern sich bei der reinen Hartsalzausbildung des Kalilagers, so daß allein aus der Beschaffenheit des Sylvins verschiedentlich auf das Vorhandensein oder die Nähe des Carnallits im Lager geschlossen werden konnte. Die Carnalliteinschlüsse besitzen zum Teil noch ihre idiomorphe, sechsseitige Ausbildung, meistens sind sie jedoch angefressen und werden vom Sylvin verdrängt. Im polarisierten Licht gleichzeitig auslöschende Teile lassen ihre frühere Zusammengehörigkeit erkennen. Fig. 1, Tafel 4 gibt einen Carnalliteinschluß im Sylvin einer Körnerprobe aus dem Hartsalz des oberen Lagers wieder, wobei der Sylvin den Carnallit in tropfenförmige Einzelteile auflöst.

Ähnliche Beobachtungen führt BECK (S. 135 u. 140) an und findet bei der Untersuchung der Salze des Begleitflözes einen stetigen Übergang vom Carnallitgestein mit Spuren von Sylvin zum Sylvin, der mit unzähligen Resten von Carnallit erfüllt ist, was ihm beweist, daß die Sylviniten des Begleitflözes durch Wegführung des Chlormagnesiums aus dem Carnallit entstanden sind. Weiterhin hält M. NAUMANN (1913, S. 92) auf Grund von Dünnschliffuntersuchungen die Sylvinit- und Hartsalzlager an der Werra für Umkristallisationsprodukte des Carnallits und schließt nach den gleichen Beobachtungen an den Südharzkalisalzen auch auf die dortige Entstehung des Hartsalzes aus Carnallit. REPETZKI hat gefunden, daß an den Übergängen von Carnallit zu Hartsalz der Werrasalze der Sylvin im Vergleich zum Carnallit stets jüngeren Alters und der Sylvin offensichtlich aus Carnallit entstanden ist.

Der Langbeinit ist in seiner konkretionären, sammelkristallinen Ausbildung schon makroskopisch als sekundäre Bildung zu deuten. Dieses bekräftigt auch der mikroskopische Befund. Der Langbeinit führt tropfenartige, im Unteren Kalilager rot gefärbte Steinsalzeinschlüsse, die stark korrodiert in der langbeinitischen Grundmasse liegen (Fig. 2, Tafel 4). Die tropfenförmigen Steinsalzeinlagerungen lassen zum Teil eine schichtige Anordnung erkennen. Die gleiche Verwachsung hat zwischen Langbeinit und Sylvin M. NAUMANN (1911, S. 615) bei den Langbeiniten von „Glückauf-Sondershausen“ und TINNES (S. 46) beim Langbeinit der Unstrutsalze festgestellt.

Der Anhydrit kommt in Form von Leisten und Nadeln vor, an die sich sowohl die runden Kieserite wie auch das Steinsalz anlegen bzw. sie umwachsen (Fig. 3, Tafel 4). Wiederholt ist ein Zerbrechen der größeren Anhydritkristalle zu beobachten, indem eine Anhydritnadel in mehrere Bruchstücke auseinandergezogen ist. Vorwiegend im stark beanspruchten Salzgestein sind auch die Anhydritnadeln zerstört. Fig. 4, Tafel 4 zeigt einen derartig mitgenommenen Anhydrit mit verkrümmten Spaltflächen und randlicher Zerstörung. In seiner Nähe befinden sich abgetrennte Bruchstücke in der Steinsalzgrundmasse eingelagert. Der Kieserit dieses Dünnschliffes tritt in dünnen Streifen auf, wobei die Kieseritkörner lagig gestreckt sind und die Verwachsungsflächen der auftretenden Zwillinge ungefähr parallel zur Schichtung liegen. Die Steinsalzkörner sind mit ihrer Längsrichtung annähernd in die gleiche Richtung eingeordnet.

Aus den Hackprobenuntersuchungen ist zu schließen, daß an den Ver-
taubungen bzw. beim Auftreten von Langbeinit der Anhydrit zu Polyhalit umgewandelt ist. Im Dünnschliff zeigt diese Umbildung Fig. 1,

Tafel 5. In langbeinitischer Grundmasse liegt eine Anhydritleiste, die weitgehend zu Polyhalit umgesetzt ist. Auch in Körnerpräparaten tritt diese Umbildung in Erscheinung. Der neugebildete Polyhalit weist oft noch die Form und Spaltbarkeit des Anhydrits auf, oder der Anhydrit wird randlich und auf Spaltflächen eindringend, von feinkristallinem Polyhalit verdrängt (Fig. 2, Tafel 5). Dieser bildet hierbei gern schwalbenschwanzförmige nadelige Kristalle, die häufig in Zwillingsform vorliegen. Durch Sammelkristallisation geht der feinkristalline Polyhalit in grobkristallinen über, wie er vorwiegend in den langbeinitischen Salzen des Unteren Kalilagers auftritt, durch seine Zwillingsstreifung gekennzeichnet.

Die Dünnschliffuntersuchung der Wurmpartie des Oberen Kalilagers zeigt, daß der Wurm seine Fältelung ebenfalls Umkristallisationsvorgängen verdankt. Die Tonlage des Wurms wird zu flockenartigen Anhäufungen auf den Korngrenzen zurückgedrängt und von größeren Kristallkörnern, wie dem Sylvin in der Mitte des Bildes, durchbrochen (Fig. 3, Tafel 5).

III. Die genetische Deutung der Verhältnisse durch Thermometamorphose

1. Die im Werragebiet in Betracht kommende Überlagerung der Salzlagerstätte

In den Kalilagern des Werragebietes haben nach der Überlagerung des Zechsteins durch die jüngeren Schichtfolgen Umsetzungen stattgefunden, die unter höheren Temperaturen vor sich gingen, wie aus dem Auftreten von Langbeinit zu schließen ist. Die niedrigste Bildungstemperatur des Langbeinites liegt bei 37° und ist zuerst durch Umsetzung von Leonit und Kieserit in Gegenwart von Kainit und Chlornatrium möglich. Bei der Durchtränkung der Salze mit den auftretenden Lösungen hätte es infolgedessen auch zur Kainitbildung kommen müssen, wie es noch heute aus dem Sylvin-Kieseritgemisch des Hartsalzes bei Zutritt von Laugen geschieht. Da dieses nicht der Fall ist und die verschiedentlich an anderen Stellen vorgefundenen Kainitvorkommen stets mit späteren Vorgängen in Verbindung stehen, ist anzunehmen, daß bei den Umsetzungen der Salze eine Temperatur erreicht wurde, die höher liegt als 83°, bei welcher der Kainit nicht mehr existenzfähig ist.

Ein weiterer Zeuge höherer Temperaturen ist in dem in weiter Verbreitung auftretenden kieseritischen Hartsalz überhaupt zu sehen, das für seine Bildung nach VAN'T HOFF eine Minimalwärme von 72° verlangt. Es besteht die Frage, ob für die Werrasalze die Möglichkeit zur Erreichung derartig hoher Temperaturen bei der späteren Sedimentbedeckung und beim Absinken in größere Teufen gegeben war.

Die Kalisalze des Werragebietes sind nach ihrer Ablagerung von dem Oberen Älteren Steinsalz mit einer Mächtigkeit von 100 m und von der Jüngeren Salzfolge und ihren verschiedenen Schichten bis zum Buntsandstein mit nochmals 100 m überdeckt worden. Des weiteren legten sich darüber die Schichten des Buntsandsteins, Muschelkalks und Keupers sowie des Lias. Von der mittleren Jurazeit an ist das Gebiet Festland gewesen und wurde bis zum Keuper und darunter wieder abgetragen, bis zur Tertiärzeit neue Ablagerungen von Sedimenten eintraten. Nach BÜCKING (1916) setzen sich die Ablagerungen in der Rhön mit ihren Mächtigkeiten wie folgt zusammen:

Keuper	120 m
Muschelkalk	200 „
Oberer Buntsandstein	90 „
Hauptbuntsandstein	300 „
Unterer Buntsandstein	300 „
Bröckelschiefer	60 „

hinzukommen:

Jüngere Salzfolge	100 „
Oberes Älteres Steinsalz	100 „
	<hr/>
	1270 m.

Wenn die Liasablagerungen hinzugerechnet werden, kommt eine maximale Überlagerung der Salze von etwa 1400 m zustande.

Bei dem heutigen Normalwert der geothermischen Tiefenstufe von 33 m würde diesem Wert eine Temperatursteigerung von rd. 42° entsprechen. Die geothermische Tiefenstufe ist jedoch großen Schwankungen unterworfen, und es steht nicht fest, ob sie in früheren geologischen Zeiten für dieses Gebiet nicht bedeutend geringer war. Nach KOENIGSBERGER kann sogar eine geringe Tiefenstufe ein Hinweis auf Salz sein, und die Kalilagerstätte des Oberelsaß zeichnet sich durch hohe Temperaturen und eine Tiefenstufe von etwa 20 m für 1° C aus (KOENIGSBERGER, S. 121). Hierbei ist nach neueren Untersuchungen (HAAS & HOFFMANN) das gleichzeitige Vorhandensein von Öl nicht als Ursache der hohen Temperaturen anzusehen, sondern die Wärmezunahme steht mit der Beschaffenheit der Deckschichten im Zusammenhang, welche die Wärmeverluste besser verhüten. Legt man aber eine derartig geringe Tiefenstufe der Berechnung zugrunde, so würde die angegebene Überlagerung der Kalilagerstätte des Werragebietes bei Hinzurechnung einer mittleren Oberflächentemperatur genügen, um die Hartsalz- und Langbeinitbildung in der Tiefe zu erklären.

Jedenfalls wird es nicht zu umgehen sein, in den angeführten Salzparagenesen und Salzumbildungen Produkte nachträglicher hoher Temperaturen und damit der geothermalen Tiefenmetamorphose zu sehen.

2. Die primär ausgeschiedenen Salze

Von D'ANS ist nachgewiesen worden, daß bei der Bildung der Kalisalze Kainit ein wesentliches Salz der Ausscheidungsfolge ist. Die Zusammensetzung der eindunstenden Lauge kann von der des normalen Meeresswassers erheblich abweichen, und trotzdem muß noch eine primäre Bildung von Kainit im Temperaturintervall von 11—83° eintreten. Aus dem Kainit scheint das Flockensalz hervorgegangen zu sein, dessen massige Struktur auf einen Umschmelzungsvorgang hinweist. Das Mengenverhältnis, das bei der Umsetzung des Kainits 35% Sylvin und 65% Kieserit betragen würde, kommt in großer Annäherung dem Sylvin-Kieseritgehalt im Flockensalz gleich, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

	Anhydrit	Polyhalit	Kieserit	Sylvin	Steinsalz
„Sachsen-Weimar“, Ort 31, Querschl. 6, Flockensalz	0,1	Spur	63,5	33,6	2,8
„Sachsen-Weimar“, 4. südl. Abt., Westen, Ort 5, südl. Flockensalz, 70 cm	1,0	0,2	57,4	31,5	9,5
„Sachsen-Weimar“, 1. südl. Teilort n. Westen, Flockensalz, 55 cm	0,3	0,2	50,4	27,7	21,3
„Sachsen-Weimar“, 2. südl. Abt. n. Westen, Hauptstr. vor Ort, unt. Lage 60 cm	0,4	0,1	45,4	23,4	30,7

Auch im Dünnschliff erscheint das Flockensalz als inniges Gemenge von Sylvin, Kieserit und Steinsalz.

Einer weiteren Umsetzung, wie mikroskopisch nachgewiesen ist, verdankt der Sylvin seine Bildung. Die verschiedentlich sowohl im Sylvin des Lagers, hier namentlich in den oberen Sylvinbänken, als auch in dem des Begleitflözes vorgefundenen Reste und Einschlüsse von Carnallit deuten darauf hin, daß der Sylvin aus Carnallit hervorgegangen ist. Demnach ist auch eine primäre Ausscheidung von Carnallit anzunehmen.

Die untersuchten Lagerprofile ergeben weiterhin, daß die liegendsten Teile der Kalilager von Kieseritbänken gebildet werden, die neben Steinsalz bis zu 70% Kieserit führen, so daß auch eine primäre Ausscheidung von Magnesiumsulfat stattgefunden haben muß. Da der Kieserit nach JAENECKE (1915, S. 61) erst bei höheren Temperaturen als 65° primäre Salzausscheidung sein kann, hierbei jedoch der Kainit aus der Kristallisationsbahn verschwindet, ist anzunehmen, daß das Magnesiumsulfat in Form der höher hydratisierten Salze als Reichardtite und Hexahydrat zur Ausscheidung kam.

Zur Bildung von Natriumsulfat und dessen Doppelsalzen ist es jedoch nicht gekommen, da weder Astrakanit noch dessen thermometamorphe Produkte wie Loewit und Vanthoffit gefunden wurden.

Bei dem Vergleich der mutmaßlichen Ausscheidungsfolge mit den von JAENECKE (1915) aufgestellten Sättigungsdiagrammen zeigt sich weitgehende Übereinstimmung. Der Auskristallisation von Reichardtite folgt die von Kainit neben weiterer Ausscheidung von Magnesiumsulfat und dieser die Carnallitbildung. Aus dem Fehlen der Natrium-Magnesiumsulfatausscheidung ist auf eine niedrige Ausscheidungstemperatur zu schließen. Bei dem großen Gehalt an Sulfaten hätte es mit NaCl zur Natriumsulfatbildung oder einer dieses enthaltenden Doppelsalzbildung wie Astrakanit kommen müssen. Nur bei niedrigen Temperaturen ist die Bildungsmöglichkeit von Natriumsulfat am geringsten, wie aus den bei D'ANS wiedergegebenen Polythermen ersichtlich ist. So befindet sich der darstellende Punkt für Meereswasser bei beginnender Kalium-Magnesiumsalzabscheidung von 0—25° im Reichardtitefeld und tritt erst bei 25° in das Astrakanitfeld ein. Auf eine niedrige Temperatur bei Beginn der Ausscheidung deutet nach D'ANS auch die primäre Bildung von Anhydrit, da der Polyhalit bei niedrigeren Temperaturen ein kleines Bildungsgebiet besitzt, das bei höheren Temperaturen seine größte Ausdehnung erreicht.

Es ist jedoch nicht anzunehmen, daß es sich um einen kontinuierlichen Eindampfungsvorgang gehandelt hat. Stellenweise Überflutungen der eintrocknenden Mutterlauge werden vorgekommen sein, wie aus den Einlagerungen von Steinsalzbänken innerhalb der Kalisalze zu ersehen ist. Daß auch periodische Schwankungen in der Temperatur entsprechend der Jahreszeit und damit verbundene jahreszeitliche Niederschläge in einem kleinen Ablagerungsgebiet, wie es der Werrabezirk ist, einen regelmäßigen Wechsel in der Ausscheidung hervorrufen können, ist ebenfalls wahrscheinlich.

Die Kalisalzbildung hat ihren beidesmaligen Abschluß durch den Tonlöser gefunden, indem bei der neuen Überflutung die mitgeschwemmten feinen Tone und Sande Zeit zum Absetzen hatten, ehe die Abscheidung von Steinsalz wieder eintrat. Durch Einwirkung der überflutenden, verdünnteren Laugen auf das Kalilager entstand eine metamorphe Grenzzone in Form der hangendsten, geringmächtigen Steinsalzbänke unter dem Löser.

3. Der Verlauf der Umsetzungen

Die Umsetzungen in den Kalilagern gingen etwa folgendermaßen vor sich: Bei Erreichung einer Temperatur von 48° schmilzt der Reichardtite unter Bildung von Magnesiumsulfathexahydrat und dieses bei 68° unter Bildung von Kieserit. Die infolge der Wasserabspaltung auftretenden Lösungen werden zu einer vollständigen Durchtränkung des Kalilagers führen, hauptsächlich jedoch vom Chlormagnesium des Carnallits gebunden werden und diesen teilweise zu Sylvinit umsetzen.

Der Zerfall des Kainits erfolgt, da es sich ebenfalls um Wasserabspaltung handelt, zuerst bei 72° in Gegenwart des wasserbindenden Carnallits, zur Kieserit-Sylvinitbildung führend. Ist kein Carnallit zugegen, so spaltet der Kainit für sich bei 83° zu einem Gemisch von Kieserit, Sylvinit und Langbeinit, sowie einer an diesen Salzen gesättigten Lösung. Hiermit im Einklang steht das Auftreten des Langbeinites in armen Lagerteilen bei geringem Sylvinitgehalt, sein Fehlen im reichen Lager sowie bei Carnallitführung.

Der Carnallit wird durch Hinzutritt von Lösungen schon bei gewöhnlicher Temperatur zerlegt, indem unter Abscheidung von Chlorkalium eine Anreicherung von Chlormagnesium in der Lösung eintritt. Die an Carnallit gesättigte Lösung hat folgende Zusammensetzung (VAN'T HOFF, S. 15):



d. h. sie enthält überwiegend Chlormagnesium, so daß die einfache Berührung von Carnallit mit Wasser zur Chlorkaliumausscheidung führt, die bei 25° bis zu 98%, bei 100° bis etwa 96% des Gesamtchlorkaliums betragen kann.

Haben die bei der Umsetzung entstehenden Lösungen die oben angegebene Chlormagnesiumanreicherung erreicht, so bleibt der Carnallit in Berührung mit diesen bestehen. Den Carnallit im Liegenden begleitende Sylvinitbänke wie überhaupt seine Durchsetzung mit freiem Sylvinit, Kieserit und Steinsalz deuten auf die Einwirkung der Lösungen hin. Die im Oberen wie im Unteren Kalilager auftretenden reinen weißen Carnallite sind als die von der Umsetzung verschont gebliebenen Reste des primär abgeschiedenen Carnallits anzusehen.

Die chlorkalium- und chlormagnesiumhaltigen Lösungen durchsetzten weiterhin das hangende Steinsalz und werden bei der späteren Abkühlung infolge der Abtragung der Deckschichten ihrem MgCl_2 -Gehalt entsprechend Sylvinit oder Carnallit ausgeschieden haben, wie sie verschiedene Tiefbohrungen als Carnallitstreifen oder Sylvinitinsprengungen bis in die oberen Schichten des Oberen Älteren Steinsalzes nachweisen (Tiefbohrung „Sachsen-Weimar“ 2).

Infolge der Durchtränkung des Carnallitgesteins mit Chlormagnesiumlauge hatte dieses wesentlich plastischere Eigenschaften, wodurch es schon bei geringen Druckeinwirkungen zu lokalen Zusammenstauchungen kommen konnte. Der Carnallit drang in die hangenden Steinsalzschieften ein und breitete sich hier bei deren Aufblätterung lagerartig aus, so das Begleitflöz und die weiteren Nebenlager bildend.

Bei der breiartigen Konsistenz, die auch das Hartsalz infolge der Laugendurchtränkung annahm, konnte dieses ebenfalls an tektonisch gestörten Stellen zwischen den liegenden und hangenden Steinsalzschiechten verdrückt und anderwärts angereichert werden. Der Carnallit, beim Einsetzen der Störung zuerst ausgepreßt, fehlte bei der späteren Kainitumbildung, so daß sich dieser bei 83° zu Langbeinit neben Kieserit und Sylvin umsetzte. Durch Sammelkristallisation bildete der Langbeinit die angeführten Konkretionen im Hartsalzlager. Die auftretenden Lösungen drangen auch hier sowohl in den Löser wie in die Schichtfugen des hangenden Steinsalzes ein und schieden den Langbeinit in Form der großen Dreiecke neben Kieserit und Sylvin aus.

Die Umsetzung von Anhydrit zu Polyhalit in den langbeinithaltigen Lagerteilen deutet ebenfalls auf chlormagnesiumärmere Laugendurchtränkung, so daß der Anhydrit nicht mehr beständig war und durch die Einwirkung kalium- und magnesiumhaltiger Lösungen sich zu Polyhalit umsetzte.

Die gute Schichtung des Hartsalzes, die ja stets wieder als Hauptbeweismittel für eine primäre Bildung des Hartsalzes angeführt wird, ist bei der Abscheidung der Salze entstanden und wird aus einer Wechselagerung von Reichardt-, Kainit-, Carnallit- und Steinsalzbänken bestanden haben. Diese Schichtung wird auch bei den angeführten Umsetzungen erhalten geblieben sein, wobei die zwischengelagerten Steinsalzbänke sich an den Umsetzungen nicht beteiligten und ein Gerippe bildeten, das eine weitere Verwischung der Schichtung verhinderte. Die Schichtung kann sogar während der Metamorphose in erhöhtem Maße ausgeprägt worden sein, indem es an der Grenzfläche zweier Salzschiechten durch Hinzutritt von Lösungen zur Ausfällung eines dritten Salzes kam, wie das bei den Kieseritstreifen, die eine Sylvinschicht gegen eine Steinsalzbank abgrenzen, der Fall zu sein scheint. Beim Auftreffen von magnesiumsulfathaltigen Lösungen auf die Carnallitschicht erfolgte durch Aufnahme von Chlormagnesium in die Lösung an der Grenzfläche eine Abscheidung von Kieserit.

Die ursprünglich sedimentäre Schichtung wird jedoch bei den Lagerungsstörungen und Injektionen verloren gegangen sein, wie es beim Hartsalz an den Vertaubungen und beim Eindringen des Begleitflözes in das hangende Steinsalz geschieht. Die primäre Schichtung ist weiterhin im Carnallitgestein verloren gegangen, da der Carnallit infolge der Durchtränkung mit Chlormagnesiumlauge hochmobil gewesen ist und die randlichen wie eingelagerten Steinsalz- und Hartsalzbänke zusammenfaltete und zerbrach. So zeigt es sich, daß die ursprüngliche, sedimentäre Schichtung im metamorphen Hartsalz am besten erhalten geblieben ist, während sie im nicht umgesetzten Carnallitgestein fast ganz verloren gegangen ist.

IV. Die tektonischen Einwirkungen auf die Salzlagerstätte

1. Die vortertiäre Tektonik

Die tektonischen Einwirkungen auf die Salzlagerstätte, welche auch die Vertaubungen verursacht haben, müssen zu einer Zeit eingetreten sein, als infolge der weiteren Sedimentbedeckung die Temperaturen in den Kalilagern so weit gestiegen waren, daß die angeführten Umsetzungen der Salze gleichzeitig vor sich gehen konnten. Während die Trias als Zeit der Ruhe gilt, tritt gegen Ende Jura die erste Phase der saxonischen Gebirgsbildung auf. Im Gebiet der Rhön sind grabenförmige Einsenkungen von jüngeren Triassedimenten mit nordwestlichem (herzynischem) oder nordnordöstlichem (rheinischem) bis nördlichem (rhönischem) Verlauf im Bereich des Buntsandsteins verschiedentlich zu finden. Sie sind vor den Tertiärablagerungen entstanden, und GRUPE (1911/1913) hält sie mit den Dislokationssystemen der niederhessischen Senke einer jungjurassischen Störungsphase angehörend. Im Gebiet der Vorderrhön und der Kalilagerstätte befindet sich der rheinisch gerichtete Grabenbruch Vacha—Oberzella—Vitzeroda, dem DIETZ (1928, S. 17) die gleiche Entstehung zuschreibt.

Im Verlauf dieser tektonischen Vorgänge werden die Störungen in der Salzlagerstätte erfolgt sein, und in der Tat haben die Vertaubungszonen verschiedentlich eine gleichlaufende Erstreckung, wobei die nord-südliche und rheinische Richtung wiederholt zu beobachten ist. Daneben treten Vertaubungen herzynischer und nordöstlicher oder variscischer Richtung auf, und selten kommen sie völlig unabhängig voneinander vor.

Im Grubenfeld von „Sachsen-Weimar“ sind im östlichen und westlichen Feldesteil Vertaubungen angefahren, deren nordsüdliche Erstreckung über mehrere Abteilungsstrecken verfolgt werden kann. Sie ziehen sich rückenförmig durch die Grubenbaue hindurch, wobei ihre Stärke von wechselndem Betrage ist. Auf „Kaiseroda II/III“ lassen sich mehrere Vertaubungszonen von etwa nordsüdlicher Richtung festlegen. Eine Vertaubungszone in nordöstlicher Richtung verlaufend befindet sich im Südfeld von „Heiligenroda I“, in den östlichen und westlichen Feldesteilen scheinen wiederum solche nordsüdliche Richtung einzuhalten. Die nordsüdliche Einordnung der Vertaubungen tritt auch in den Grubenaufschlüssen von „Großherzog von Sachsen I“ hervor.

Es besteht ebenfalls ein Zusammenhang in der Ausbildung des Oberen und Unteren Kalilagers. Im Grubenfeld von „Heiligenroda I“ decken sich sowohl die westlichen Vertaubungen wie die im Südostfeld variscisch streichenden Vertaubungszonen beider Sohlen. Weitgehende Übereinstimmung zeigen die Grubenbilder beider Kalilager von „Großherzog von Sachsen I“. Die wenigen Aufschlüsse des Unteren Kalilagers von „Sachsen-Weimar“ lassen einen tektonischen Zusammenhang mit dem Oberen Kalilager erkennen, und wie Tiefbohrungen von der oberen zur unteren Sohle auf „Kaiseroda II/III“ ergeben, besitzt das Untere Kalilager in der Nähe von Vertaubungen des oberen Lagers ebenfalls geringe Mächtigkeit bzw. einen geringen K_2O -Gehalt.

DIETZ (1928, S. 47) beschreibt eine Störungszone, die mit etwa 100 m Breite und rheinischem Streichen einen Teil des Abbaufeldes der unteren Sohle des Kaliwerkes „Hattorf“ durchzieht. Nach dem an der gleichen Stelle wiedergegebenen Profil findet auch hier eine Verdrückung des Kalilagers statt, wobei darauf hingewiesen wird, daß sich das liegende Steinsalz vom hangenden Steinsalz durch die verschiedene Färbung deutlich unterscheidet. Mit SEIDL erklärt DIETZ diese Störung durch seitlichen Druck entstanden, mißt aber diesen Erscheinungen, obgleich er auf ähnliche Störungsformen von „Kaiseroda I“ hinweist, keine weitere Bedeutung bei.

Eine Vertaubung mit rheinischem Verlauf im Nordfeld der Gewerkschaft „Wintershall“ ist auf S. 19 beschrieben. Die eigenartige Ausbildung durch Einmuldung des Kalilagers legt den Gedanken nahe, ihre Entstehung Zerrungserscheinungen zuzuschreiben. Nach STILLE treten Zerrungsvorgänge besonders in den rheinischen Dislokationen der saxonischen Gebirgsbildung auf. Das plastische Salz reagierte auf diese Bewegungen durch eine mehr bruchlose Auseinanderzerrung, während es im Liegenden und Hangenden der Salzlagerstätte zur Bruchbildung kam. Vielleicht sind überhaupt die Vertaubungen, soweit sie sich im allmählichen Auskeilen der Kalilager zeigen, durch Zerrung hervorgerufen. Darauf deutet die gangartige Zerspaltung des Steinsalzes an diesen Stellen ebenfalls hin.

Das zweifellose Auftreten von Zerrsprüngen liegt bei der von „Alexandershall“ beschriebenen Vertaubung vor (S. 20), bei der es zum Einsturz hangender Anhydritbruchstücke und roten Steinsalzes kam. Auch die Triassschichten wurden weitgehend zerrüttet, so daß die einsetzende Erosion zur gleichläufigen Talbildung führte. Desgleichen ist in der westlichen, rheinisch streichenden Vertaubung von „Heiligenroda I“ braunroter Ton der Unteren Zechsteinletten angetroffen worden. Auch hier findet eine vorherige Vertaubung des Kalilagers durch Mächtigkeitsverminderung über Langbeinit statt.

2. Der Vulkanismus des Miocäns

Zur Zeit des Miocäns erfolgten die vulkanischen Eruptionen in der Rhön, die ihre nördlichen Ausläufer bis in das Kaligebiet sandten und es mit einer Anzahl meist nordsüdlich verlaufender Basaltspalten durchsetzten. Sie durchdringen das Salz gangartig und lassen sich in gerader Richtung auf große Erstreckung durch die Grubenbaue verfolgen. Die Basaltspalten zeigen keinerlei Ablenkung durch die Kleinfaltung der Kalilager. Ihre Begleiterscheinungen wie Kohlensäure und juvenile Wässer wirkten auf die Kalisalze ein und veränderten sie. Daraus ist zu schließen, daß die Kalisalze zu dieser Zeit ihre heutige Ausbildung bereits hatten, vor allem auch, daß sie wieder verfestigt waren und als einheitliches Ganzes aufrissen.

Die Basalte kommen vorwiegend in den Vertaubungszonen vor, wobei die Vertaubungen nicht erst durch die Begleiterscheinungen des Basaltaufstieges verursacht wurden. Setzen die Basalte durch das gute Hartsalzlager, so zeigt sich, daß die Kaliführung im allgemeinen bis dicht an den Basalt herangeht. Die Vertaubungen andererseits haben den typischen Aufbau mit Abnahme der Lagermächtigkeit, Langbeinitführung und vorhergehender Anreicherung.

In diesem Zusammenhang treten die Basalte im Westfeld von „Heiligenroda I“ auf, sowie der Basalt in der 2. nördl. und 5. südl. Abteilung von „Kaiseroda II/III“. In den Grubenbauen der 4. südl. Abt. dieses Werkes geht der Basaltgang mit geringer Umwandlungszone durch das gute Hartsalzlager hindurch und läuft bald in eine mit Ton ausgefüllte Kluft aus. Durch die nordsüdlich streichende Vertaubungszone im Westfeld von „Sachsen-Weimar“ setzt ebenfalls ein Basaltgang hindurch, desgleichen in der 3. südl. Abteilung dieses Werkes östlich der Hauptstrecke, wo der Basalt eine Mächtigkeit von über 90 m erreicht. Auch hier ist die Vertaubung als solche vorher angelegt und erstreckt sich, wie aus der Mineralführung zu schließen ist, zwischen der 2. und 4. nördl. Abteilung. Nördlich und südlich setzt der Basalt durch gutes Salz, wobei seine Mächtigkeit in den nördlichen Grubenbauen bis auf 0,5 m abnimmt.

Mithin haben die Basaltgänge vorwiegend die in der Vorzeit entstandenen tektonischen Störungszonen zu ihrem Aufstieg benutzt. GRUPE (1911, 1913) hat die gleichen Beobachtungen bei den Basaltergüssen in der Hohen Rhön gemacht. Auch dort treten die Basalte in Abhängigkeit von den Spalten auf, die mit den eingangs erwähnten Grabenbrüchen angelegt wurden. Desgleichen nimmt E. NAUMANN (1914) für die Basalte der Vorderrhön an, daß sich hier alte Nordspalten öffneten, in welche die Basalte eindringen. Es haben sich somit beim Wiedereinsetzen der Tektonik in der Jungtertiärzeit, die in ihrer Stärke hinter der jungjurassischen erheblich zurückstand, auf vorher im Untergrunde angelegten Schwächezonen, die bei ihrer Entstehung im angegebenen Maße auf die Salzlagerstätte einwirkten, wiederum Zerrspalten und Risse geöffnet, auf denen die basaltischen Magmen emporstiegen.

Nicht immer sind die Spalten basaltführend, oft sind sie nur mit schwarzem Ton ausgefüllt oder ein dünner rötlicher Kainitstreifen zeigt ihren Verlauf an. Kohlensäureracheln, die an diese Schnitte geknüpft sind, deuten auf den Zusammenhang mit den Basalten hin.

3. Die jüngere Tektonik

Das Salzgebirge ist weiterhin von einer Unmenge von sogenannten Schnitten oder Schlechten durchzogen, die größtenteils parallel zueinander verlaufen, oft sich auch spitzwinklig schneiden oder ineinanderlaufen. Sie durchsetzen vertikal ohne Ablenkung die Faltungen der Schichten. Ihre Richtung ist in einem bestimmten Gebiet bis auf wenige Abweichungen die gleiche, wobei die nordsüdliche Richtung vorherrscht. Es werden aber auch wie auf „Sachsen-Weimar“, „Wintershall“ und „Alexandershall“ herzynische Spaltensysteme vorgefunden.

Die Entstehung dieser Schnitte und Spalten ist auf jüngere Tektonik zurückzuführen. Im Gegensatz zu den mit den Basalten aufgebrochenen Spalten führen sie noch Laugen. Sie stehen vielleicht mit den diluvialen Krustenbewegungen im Zusammenhang, die, wie GRUPE (1922) erwähnt, im hessisch-hannoverschen Berglande in geringem Umfange auftraten. Im Zusammenhang mit der STILLE'schen Rahmenfaltung wären Druckeinwirkungen auch auf das Werragebiet zu dieser Zeit denkbar, die mit dem Aufreißen von Sprüngen und Rissen im Salzgebirge verknüpft waren.

Aber auch hier scheint die Richtung der Spalten endogen vorgezeichnet zu sein, wie aus dem oft gleichförmigen Verlauf mit den Vertaubungszonen hervorgeht. Die Spalten sind an den Vertaubungen besonders häufig anzutreffen, dort zu einem klüftigen, blockartigen Ausbrechen des Salzes führend. So sind sie im Ostfeld von „Kaiseroda II/III“ mit nord-nordwestlicher Richtung entsprechend einer etwa gleichlaufenden Verarmungszone im Osten zu finden. Auf „Alexandershall“, wo die beschriebene Vertaubung einen herzynischen Verlauf hat, ist auch die Richtung der Schnitte herzynisch.

Des weiteren kommen die Schnitte sehr oft in den gefalteten Hart-salzlagerteilen vor dem Einsetzen des Carnallits vor, da diese Stellen im Sinne von KIESEL ebenfalls Schwächezonen bilden.

V. Die hydrometamorphen Umsetzungen in den Kalilagern

1. Die Einwirkungen der Basaltdurchbrüche

Der Aufstieg der Basalte im Gebiet der Werrasalzvorkommen hat mit seinen Begleiterscheinungen in den Kalilagern Umsetzungen von verschiedensten Ausmaßen hervorgerufen. Die Einwirkung geschieht hauptsächlich auf die beiden Kalilager selbst, weniger auf das hangende und liegende Steinsalz, das der Basalt mit beiderseitig geringen, rötlich gefärbten Kontaktzonen durchdringt.

Die den Aufstieg des Magmas begleitenden Lösungen haben die Kalisalze verändert und das Salz mit Kohlensäure durchtränkt, welche beim Anfahren dieser Zonen in Form von Gasausbrüchen entweicht. Racheln, in denen das Salz schalige, blättrige Absonderungen aufweist, zeigen die Herde solcher Ausbrüche an. Es besteht ein direktes Verhältnis zwischen dem Ausmaß der Umbildungen der Salze und der Größe der Rachelfelder. Liegen die Kohlensäureracheln in geringer Anzahl vor, so sind die Umsetzungen in den Kalilagern ebenfalls geringfügig.

Am Basalt besitzt das Salz eine feinkörnige Struktur und große Zähigkeit. Charakteristisch sind die Anhydrit- und Polyhaliteinsprengungen, die das Salz in großer Menge führt. Es ist ein feinkristalliner Anhydrit mit grünen Interferenzfarben, welcher strahlig das Steinsalz durchdringt. Oft nehmen die Anhydriteinsprengungen so zu, daß das Salz einen hellbläulichen Farbton besitzt und schon makroskopisch der stenglig-strahlige Anhydrit zu erkennen ist. Der Polyhalit hat eine braunrote Färbung. Die Anreicherung kann bis zu starken Polyhalitbänken gehen, die ebenso wie der Anhydrit das Salz unregelmäßig lagenförmig durchdringen. U. d. M. ist ein feinkristalliner, wollig-faserig im Steinsalz eingewachsener Polyhalit zu erkennen.

Stellenweise geht das Hartsalz in guter Ausbildung bis nahe an den Basalt heran. Andererseits haben auch infolge größerer Laugeneinwirkung gekennzeichnet durch ausgedehnte Rachelzonen, weitgehende Umsetzungen innerhalb der Kalilager stattgefunden, ohne daß ein Vertauben eingetreten ist. Auf „Sachsen-Weimar“ weist der Basaltgang in der 3. südl. Abteilung nach Westen eine größere Umsetzungszone auf, die westlich des Basaltes sich auf über 10 m, östlich über 80 m erstreckt (Profil X, Tafel 8).

In der Umsetzungszone treten Leonit und Glaserit auf. Der Glaserit tritt bei der gravimetrisch-optischen Untersuchung durch sein hohes spezifisches Gewicht ($> 2,68$) hervor. Sein Lichtbrechungsindex liegt teils über, teils unter demjenigen von Toluol (1,497), wobei die Glaseritkörner oft eine bräunliche Umrandung aufweisen. Das Achsenbild zeigt den fast einachsigen, positiven Charakter. Mikrochemisch gibt ein Glaseritkorn mit Platinchlorid eine einwandfreie Kalireaktion. Beim Leonit wurde ein spezifisches Gewicht von 2,20 gefunden. Die Lichtbrechung ist annähernd derjenigen von Leinöl (1,485). Das Achsenbild ist zweiachsig negativ mit großem Achsenwinkel. Mit Platinchlorid gibt ein Leonitkorn eine schnelle

und starke Kalireaktion zum Unterschied vom Astrakanit. Der Kainitgehalt beträgt in diesen Lagerteilen bis über 30%. Hierbei ist die Kainitbildung als Umsetzung des Hartsalzes ein gutes Beispiel für die Rückwandlungen, denen die thermometamorph entstandenen Salze unterhalb ihrer Bildungstemperatur bei Hinzutritt von Lösungen wieder unterworfen sind.

Besonders hervorzuheben ist das Auftreten von Glaserit sowohl hier wie an anderen Durchlaugungszonen an Vertaubungen. Das bei der Zersetzung des Langbeinitis freiwerdende Kaliumsulfat ist bei Anwesenheit von Chlor-natrium nicht existenzfähig und bildet mit diesem das Doppelsalz Glaserit unter Übergang von Kaliumchlorid in die Lösung. Der Leonit kann aus dem Kainit hervorgehen und sich bei weiterem Zutritt von Lauge in Schönit umsetzen, welcher verschiedentlich in Tropfsteinform an Laugenaustrittsstellen zu finden ist.

Des weiteren wird bei der Laugeneinwirkung der Anhydrit zu Polyhalit umgesetzt. Die Form des hier auftretenden Polyhalits ist von dem in den Langbeinitzonen vorgefundenen zu unterscheiden. Während jener u. d. M. einen mehr grobkristallinen Charakter hat und in größeren Individuen oft verzwilligt vorkommt, bildet dieser posthume Polyhalit eine trübe, kryptokristalline Masse ohne einheitliche Auslöschung. Ebenso unterscheidet er sich von den an den Basalten auftretenden roten Polyhaliteinsprengungen, die durch ihre wollig-faserige Verwachsung besonders gekennzeichnet sind. Den posthum gebildeten Polyhalit findet man an vielen Stellen der Kalilager, wo diese hydrometamorphen Umsetzungsvorgängen unterworfen waren.

Durchsetzt der Basalt vertaubte Lagerteile, so kann naturgemäß keine Kainitbildung vor sich gegangen sein. Die Kohlensäureracheln sitzen im Steinsalz, das durch seine bröcklige Beschaffenheit zur Durchtränkung mit Kohlensäure besonders geeignet war. Die Bänderung des Steinsalzes ist auch dann noch deutlich wahrnehmbar.

Auf „Sachsen-Weimar“ tritt der Basalt der 3. südl. Abteilung östlich der Hauptstrecke mit der Mächtigkeit von 90 m in einer Vertaubungszone auf (Profil XI, Tafel 8). Etwa 80 m westlich des Basaltes sind bei noch guter Sylvinführung bereits geringe Mengen von Kainit zu finden, in deren Nähe die ersten Kohlensäureracheln vorkommen, desgleichen ein hoher Polyhalitgehalt von oben beschriebener wollig-faseriger Art. In weiterer Annäherung an den Basalt geht die Kaliführung bis auf Spuren zurück, während der Polyhalit in Form der braunroten Einlagerungen, zu welchen sich der feinkristalline strahlige Anhydrit in hellblauen Bänken einfindet, auf 20 und mehr Prozent zunimmt. Das Salz in der Nähe des Basaltes ist vollkommen mit Anhydrit durchsetzt. Es ist anzunehmen, daß die mit den Basalteruptionen aufsteigenden Wässer stark kalziumsulfathaltig waren, so daß bei der Erkaltung und Auskristallisation der Anhydrit mit ausschied. Östlich des Basaltes setzt die Kaliführung bereits nach 15 m wieder ein. Ein hoher Langbeinitgehalt ist der Beweis für die vorher angelegte Vertaubung dieses Lagerteiles. Die Hackprobe 50 m östlich des Basaltes befindet sich bei intaktem Hartsalzlager mit 41% KCl in der der Vertaubung östlich vorgelagerten Anreicherungszone.

Auf „Kaiseroda II/III“ tritt der Basalt der 5. südl. Abteilung nach Westen ebenfalls in einer Vertaubung auf (Abb. 6). Er liegt auf halber Höhe des Sattels, der von einem Tunnel unterfahren wurde. Die auf-

tretenden Lösungen bewirkten lokale Umsetzungen zu Polyhalit und Kainit. Die Umsetzungszone ist jedoch gering und besteht meistens aus Polyhaliteinlagerungen, da Sylvin und die kieseritischen Salze zur weiteren Kainitbildung fehlten. In den Abbauen der 4. südl. Abteilung geht das Hartsalz bis an den Basalt heran, im Kontakt tritt lagenweise Kainit, Polyhalit und roter Carnallit auf. Kohlensäureracheln sind kaum zu finden, demgemäß ist die Umsetzungszone auch gering. Bald darauf läuft der Basaltgang aus und findet seine Fortsetzung in einer mit Ton ausgefüllten schmalen Kluft.

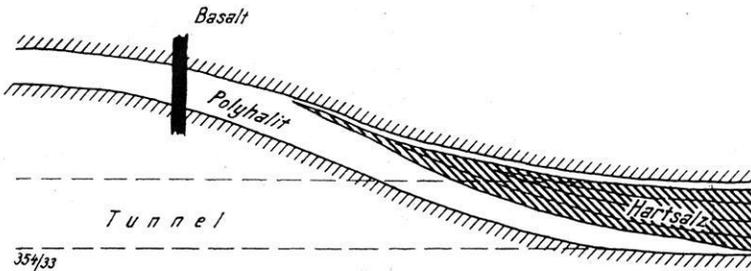


Abb. 6. Basaltgang in der 5. südl. Abteilung von „Kaiseroda II/III“, Oberes Kalilager.

Von besonderem Interesse ist das Vorkommen von Magnesit in der nördlichen Hauptstrecke von „Kaiseroda II/III“. Er tritt als weiße, feinkörnige Masse, ähnlich dem Polyhalit teils vereinzelt eingesprengt, teils lagen- und nesterartig auf. Zweifellos steht auch die Magnesitbildung mit dem westlich sich befindenden Basaltdurchbruch und den begleitenden Kohlensäureexhalationen im Zusammenhang. Durch Einwirkung der Kohlensäure auf die Mg-haltigen Lösungen ist es zur Karbonatbildung gekommen.

Setzt der Basalt durch carnallitführende Lagerteile hindurch, so sind die Umsetzungen entsprechend andersartig. Es wurde bereits dargelegt, daß der Carnallit bei Hinzutritt von chlormagnesiumarmen Lösungen in Sylvin und Chlormagnesium zerfällt, wobei sich der Sylvin als festes Salz abscheidet, das Chlormagnesium mit den Laugen fortgeführt wird. In der gleichen Richtung verlaufen die durch die einwirkenden juvenilen Lösungen in dem Carnallitgestein hervorgerufenen Veränderungen. Infolge der leichten Löslichkeit des Carnallits sind die Umsetzungen ausgedehnter und verbreiten sich auf weitere Erstreckungen als beim Hartsalz beiderseits des Basalts. Der entstehende Sylvinit ist von roter oder blauer Färbung, teilweise behält er auch eine weißgraue Farbe und ist nur vereinzelt von blauen Steinsalzkristallen durchsetzt.

Ein roter Sylvinit ist im Begleitflözhorizont des Oberen Kalilagers im Kontakt mit dem Basalt in Ort 27 von „Sachsen-Weimar“ zu finden. Die Rotfärbung zeigt nur der Sylvin, der weitgehend von Polyhalit durchsetzt ist. Der Sylvingehalt beträgt 57,6 $\frac{0}{0}$, auf die posthume Umsetzung deutet ein geringer Kainitgehalt von 3,3 $\frac{0}{0}$, sowie der kryptokristalline Polyhalit bei Fehlen von Anhydrit. Stellenweise sind im Begleitflöz noch Linsen des weißen primären Carnallits erhalten geblieben.

Nördlich dieses Vorkommens sowie in den östlichen Abbauen der 3. südl. Abteilung von „Sachsen-Weimar“ tritt blauer Sylvinit im Lagerhorizont

unter dem Löser auf. Ein stets wiederkehrender Kainitgehalt sowie Polyhalit an Stelle von Anhydrit weisen auf die posthume Bildung hin. Die Blaufärbung zeigt sich hier im Gegensatz zur Rotfärbung im Steinsalz, das zonar angeordnete Streifungen von dilut blauer Färbung führt. U. d. M. sind im Sylvinit wie auch im Steinsalz Einschlüsse von Carnallit in großer Zahl zu finden.

Ein roter Sylvinit kommt weiterhin in der nördlichen Hauptstrecke von „Sachsen-Weimar“ in der Nähe von Kohlensäureausbrüchen vor. Das Salz ist stark von strahligem Polyhalit und Anhydrit durchsetzt. Der Polyhalitgehalt geht bis zu 27,5%, Kieserit sowie Kainit sind nur in Spuren vorhanden. Die Rotfärbung weist nur der Sylvinit auf und die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß sie vorwiegend um den eingewachsenen Polyhalit anzutreffen ist, den ein rot gefärbter Hof umgibt.

Beim Zerschlagen hat der blaue wie der rote Sylvinit einen außerordentlich starken Geruch nach Merkaptan, der jedoch bald verfliegt. Beim Lösen im Wasser knistert das Salz, ebenso beim Zerkleinern. Allein schon durch das Zerdrücken des Salzes in der Hand oder beim Darauftreten ist das scharfe Knacken zu beobachten.

Diese Feststellungen, die sich nur auf die Veränderungen im Oberen Kalilager beziehen, treffen auch für das Untere Kalilager zu. So zeigt sich auf der unteren Sohle von „Sachsen-Weimar“ mit Annäherung an den östlichen Basalt in den Hackproben ein sehr hoher Sylvinitgehalt mit nur wenig Kieserit. Der in der oberen Lage von Ort 1 auftretende Kainit ist der Beweis für sekundäre Umsetzungen. Desgleichen beschreibt DIETZ (1928, S. 20) ein im Westen der unteren Sohle des Kaliwerkes „Hattorf“ im Carnallithorizont vorkommendes Racheffeld, in welchem ein lockeres Gemenge von blauem Sylvinit zu finden ist.

2. Die Umsetzungen am Salzhang

Unter diesen Abschnitt fallen im allgemeinen die Erscheinungen der Auslaugung vom Ausgehenden der Lagerstätte her, die FULDA (1923) und DIETZ (1928) auf den Kaliwerken „Alexandershall“, „Abteroda“ und „Heiligenroda“ untersucht haben, wobei FULDA den Begriff des Salzhanges geprägt hat. Die Salzlagerstätte wird nach dem Auslaugungsgebiet zu, das von der Heraushebung der Schichten am Thüringer Wald nach Südwesten vordringt, nicht von einer horizontalen Auslaugungsebene, dem Salzspiegel, begrenzt, sondern von einer nach dem Ausgehenden zu geneigten Fläche, dem Salzhang.

Infolge der leichtlöslichen Beschaffenheit der Kalisalze finden die Umsetzungen innerhalb der Kalilager bis weit in das normale Gebiet hin statt. Die Neubildungen werden hierbei durch die bisherige petrographische Zusammensetzung der Kalisalze bedingt, indem sich aus dem Hartsalz wiederum im wesentlichen Kainit bildet und das carnallitische Salz unter Fortführung des Chlormagnesiums in Sylvinit verwandelt wird.

Eine größere Umsetzungszone ist im Nordfeld von „Heiligenroda I“ angetroffen. Das Obere Kalilager hat in carnallitischer Ausbildung vorgelegen, wobei der weiße Carnallit größtenteils zu blauem Sylvinit verwandelt ist. Reste des primären Carnallits sind noch verschiedentlich im ursprüng-

lichen Schichtenzusammenhang innerhalb des Kalilagers zu finden. Der weiße Carnallit ist vollkommen trocken und zeigt keine Spuren von Laugendurchtränkung oder Umsetzung. Mikroskopisch nachgewiesen führt das Carnallitgestein Kieserit und Anhydrit bei Fehlen von Kainit und Polyhalit, so daß eine Neubildung des Carnallits in Verbindung mit der Auslaugung des Hartsalzes, wie es DIETZ annimmt, nicht wahrscheinlich ist.

Es ist anzunehmen, daß bei den ersten tektonischen Einwirkungen es auch hier zu Einpressungen des Carnallits in höhere Schichten und zur Bildung von hangenden Nebenlagern kam. Die in späteren geologischen Zeiten beginnende Ablaugung fand in den Carnallitinjektionen des hangenden Steinsalzes leichtlösliche Salze, durch deren Umsetzung sie am weitesten vorgreifen konnte. Auf diese Weise entstanden die prachtvollen Kristallschlotten im Hangenden des Kalilagers, ausgefüllt mit Resten von weißem Carnallit sowie von Sylvin und großen blau und violett gefärbten Steinsalzwürfeln. Naturgemäß bot auch der Löser, sofern er glatt gelagert war, eine gute Leitschicht für die eindringenden Laugen. Von hier aus fand die Durchtränkung der nordöstlichen carnallitführenden Feldesteile schon abseits der eigentlichen Schlottenzone statt, zu den mächtigen blauen Sylvinitlagen innerhalb des Kalilagers führend (Fig. 4, Tafel 3).

Wichtig ist die Feststellung, daß dem Salzhang entsprechende Erscheinungen auf Gruben vorliegen, deren Entfernung vom Auslaugungsrande und größere Teufe derartige Einwirkungen nicht ohne weiteres vermuten lassen. Auf „Sachsen-Weimar“ ist im Nordfeld von Ort 23 eine Kristallschlotte zu finden, die als Vorläufer eines nördlichen mit der Durchschlagsstrecke nach „Hattorf“ angefahrenen Einbruchgebietes aufzufassen ist. Im Hartsalz erscheinende Kainitstreifen von geringer Mächtigkeit, aber großer flächenhafter Ausdehnung kennzeichnen die Einwirkung der Lösungen. Die Dünnschliffuntersuchung zeigt, wie der Kainit zwischen den Korngrenzen des Steinsalzes vordringt und in dieses zum Teil idiomorphe, sechsseitig ausgebildete Kristalle aussendet (Fig. 4, Tafel 5). Der feinkörnige Kieserit muß ein außerordentlich guter Leithorizont für eindringende Laugen sein, da die Kainitstreifen von nur einigen Zentimetern Breite in großer Horizontbeständigkeit weitab von der eigentlichen Störung auftreten und primäre Einlagerungen vortäuschen können.

Eine weitere lokale Auslaugung befindet sich im Grubenfeld von „Wintershall“ in Höhe der 2. und 3. nördlichen Abteilung östlich der Hauptstrecke. Mit Annäherung an die Störung setzt blauer Sylvinit über dem Carnallit des Begleitflözes zugleich mit Kainitlagen im Hartsalz ein. In der 2. nördl. Abteilung ist eine Kristallschlotte mit umkristallisiertem weißen, grobspätigen Steinsalz angefahren.

Sowohl die Störung im Nordfeld von „Sachsen-Weimar“ als auch die Auslaugung im Grubenfeld von „Wintershall“ scheinen eine gewisse Uranlage im Salzgebirge zu finden. Die nördlichsten Aufschlüsse von „Sachsen-Weimar“ dringen in eine Verarmung ein, durch die Abnahme der Lagermächtigkeit gekennzeichnet. Spuren von Langbeinit, verbunden mit einem Glaseritgehalt, geben für die Lagerverdrückung den rein mineralogischen Beweis. Infolge der tektonischen Anlage der Vererbung wird auch das hangende Salzgebirge eine starke Zerrüttung aufweisen, durch welche hangende Laugen Zutritt fanden. Ein über Tage an dieser

Stelle auftretender Kesselbruch, zu dem die randlichen Buntsandsteinschichten ein Einfallen, entgegengesetzt zum Generaleinfallen, besitzen, bestärkt diese Annahme. Ähnliche Verhältnisse liegen bei der Störung auf „Wintershall“ vor. Die letzten Aufschlüsse der 2. und 3. Abteilung an der Verarmung zeigen ein deutliches Ansteigen des Kalilagers mit plötzlicher Abnahme der Lagermächtigkeit. Auch hier ist die Annahme berechtigt, daß mit der einmaligen Vertaubung eine gleichzeitige Zerrüttung und Schwächung des Deckgebirges stattfand, so daß späterhin die hangenden Wässer leicht eindringen konnten.

Der blaue Sylvinit ist einwandfrei als posthume Bildung zu erkennen. Neben einem Kainitgehalt treten Reste von Carnallit auf. Der Sylvingehalt kann sehr verschieden sein. Feinkristalliner posthumer Polyhalit ist in allen Proben zu finden.

Der blaue Sylvinit zeigt im allgemeinen ein deutliches Knistern beim Lösen in Wasser sowie beim Zerkleinern und besitzt einen merkbar bituminösen Geruch. Das weißgraue grobkristalline Steinsalz der Schlotten und das umkristallisierte Steinsalz des Salzhanges riecht und knistert hingegen nicht. Die Erscheinung des Knisterns ist demnach nicht nur, wie bisher angenommen wurde, auf das von Kohlensäure durchtränkte Salz der Rachelzone beschränkt. Das Knistern des Salzes tritt, wie diese letztgeschilderten Vorkommen zeigen, meistens dort auf, wo posthume Umsetzungen stattgefunden haben, und hier ist es hauptsächlich an den grobkristallinen posthumen Sylvinit gebunden.

Bezüglich der Blaufärbung des Steinsalzes ist es auffällig, daß sich diese fast ausschließlich in dem aus Carnallit hervorgegangenen posthumen Sylvinit zeigt. Bei den Umsetzungen des Hartsalzes behält das entstehende Kainitgestein im allgemeinen die graue Färbung bei, in der Nähe der Basalte ist es auch rötlich gefärbt. Bei beginnender Einwirkung hinzutretender Lösungen auf das weiße Carnallitgestein geht die Farbänderung über grünlich-gelb in rot infolge Eisenoxydeinlagerungen über. Bei weiterer Laugeneinwirkung entsteht hieraus entweder ein roter Sylvinit, in welchem der Sylvinit-Träger der Rotfärbung ist, oder blauer Sylvinit, wobei der Sylvinit farblos bleibt und das Steinsalz die blaue Färbung aufweist.

3. Die Einwirkungen an jüngeren Schnitten und Klüften

Die jüngeren Schnitte und Klüfte im Salzgebirge zeichnen sich durch ihre weißen Ausblühungen, die meistens aus Steinsalz und Bittersalz bestehen, besonders an der dunklen Löserfläche ab. Sie sind bei größerer Breite von grobspätigem Steinsalz und Carnallit aber auch von Gips und Polyhalit ausgefüllt. Bei geringerer Stärke, die bis zu Haarrissen geht, ist eine Füllmasse kaum nachweisbar.

Die im Nordostfeld von „Sachsen-Weimar“ anzutreffenden, nordwestlich streichenden Klüfte besitzen im hangenden Steinsalz Ausfüllungen von grobkristallinem Steinsalz und Carnallit. Das völlige Eintrocknen der ursprünglichen Tropfstellen ist ein Zeichen für die Zukristallisation und Verheilung der Klüfte. Diese wird in den Horizonten, in denen die Spalten durch Ton- und Lettenschichten setzen, durch deren Aufquellen begünstigt sein. Die auslaufenden Laugenmengen werden zu den geschaffenen Hohl-

räumen im Verhältnis stehen und nach deren Leerlaufen versiegen. Die an den Tropfstellen gebildeten Stalaktiten bestehen aus Schönit und Steinsalz.

Die Einwirkungen der Schnitte und Klüfte auf die Kalilager sind entsprechend den zusickernden Laugenmengen sehr verschieden und äußern sich im Hartsalzlager wiederum durch Kainitbildung, im carnallitführenden Lager durch Auftreten des blauen Steinsalzes im Carnallit. Bei größeren Laugenmengen sind die Umsetzungen weitläufiger und können zur Kainitisierung ganzer Lagerteile führen, während bei kleinen, engen Rissen nur ein schmaler Kainitstreifen die Laugeneinwirkung nachweist.

Eine in der 1. nördl. Abteilung nach Osten auf „Sachsen-Weimar“ genommene Hackprobe hat folgende Zusammensetzung:

Anhydrit	—	Kainit	5,9 ⁰ / ₀
Polyhalit	0,3 ⁰ / ₀	Glaserit	17,2 ⁰ / ₀
Kieserit	17,9 ⁰ / ₀	Sylvin	23,4 ⁰ / ₀
Steinsalz	35,3 ⁰ / ₀ .		

Wie der Glaseritgehalt zeigt, findet die Durchlaugung im Bereich der Vertaubung statt, die mit der östlichen Hauptstrecke angefahren ist. Die nordwestlich streichenden Klüfte dieses Feldesteiles weisen zu dieser Störung hin eine zunehmende Weite und stärkeres Auseinanderklaffen auf.

Im Nordostfeld von „Kaiseroda II/III“ sind zahlreiche Schnitte anzutreffen, die in nord-nordwestlicher Richtung parallel zueinander verlaufen und im Hartsalz vertikale, zentimeterbreite Streifen von Kainit bilden. Sie folgen einer in gleicher Richtung hindurchziehenden Vertaubungszone, die in der 1. nördl. Abteilung einsetzt und sich über die 2. und 3. nördliche Abteilung im Osten erstreckt. In der 3. nördl. Abteilung führen die Schnitte breite Kainitierungszonen, ein Hinweis auf die Anwesenheit größerer Laugenmengen. Eine dort entnommene Hackprobe hat folgende Zusammensetzung:

Anhydrit	—	Kainit	77,2 ⁰ / ₀
Polyhalit	0,3 ⁰ / ₀	Carnallit	3,5 ⁰ / ₀
Kieserit	Spuren	Sylvin	0,1 ⁰ / ₀
Steinsalz	18,9 ⁰ / ₀ .		

Diese Stellen sind als Schwachpunkte zu betrachten, an welchen bei Bewegungen im Salzgebirge Klüfte aufrissen, die hangenden Wässern den Zutritt gestatteten. Infolge der Zerrüttung des Salzgebirges können sich auch größere Laugenmengen ansammeln, deren Anfahren für den Bergbau immerhin von einiger Gefahr ist.

VI. Zusammenfassung

1. Beide Kalilager des Werragebietes treten in reiner Hartsalzausbildung und mit Carnallitführung auf. Bei carnallitischer Ausbildung ist die durchschnittliche Lagermächtigkeit größer als bei der reinen Hartsalzausbildung. Das Carnallitgestein wird im allgemeinen von einem ärmeren Hartsalz unterlagert, das bei weitgehender Carnallitüberlagerung geringe Mächtigkeit besitzt und im Grenzfall nur aus wenigen Kieseritlagen besteht. Der Übergang vom Hartsalz zur Carnallitführung tritt bei guter Kaliführung des Hartsalzes und größerer Lagermächtigkeit ein und wird durch eine stärkere Faltung in der Schichtung des Hartsalzlagers oft vorher angedeutet.

2. Das Begleitflöz des Oberen Kalilagers besteht größtenteils aus Carnallit und ist ein aus dem Hauptlager hervorgegangenes Nebenlager. Es tritt auf, wo das Kalilager carnallitische Ausbildung und große Lagermächtigkeit besitzt und in die hangenden Steinsalzschiechten eindringt, dort sich lagerartig ausbreitend. Randlich geht das Begleitflöz bei steter Abnahme der Mächtigkeit in ein Sylvinitlager über.

3. Die Vertaubungen der Kalilager sind tektonisch hervorgerufene Störungen der regelmäßigen Lagerausbildung. Das Hartsalz vertaubt durch Auskeilen in einen schmalen Kieseritreifen oder durch plötzliches Abreißen der Lagerung, wobei noch Schollen des Hartsalzes im liegenden Steinsalz eingelagert sind. Randlich sind den Vertaubungen Anreicherungen vorgelagert, durch größere Lagermächtigkeit und eingefaltete Sylvinitbänke gekennzeichnet. In carnallitischen Feldesteilen geht den Vertaubungen ein reiner Hartsalzbereich voraus. Vor den Vertaubungen tritt Langbeinit in größeren Mengen auf, dadurch die Vertaubung vorher anzeigend.

4. Die angestellten Untersuchungen zwingen zu dem Schluß, daß die Kalilager nach ihrer Bildung in der Zechsteinzeit einer geothermalen Umwandlung unterlegen haben, die einerseits die nachträgliche Langbeinitbildung unter Ausschluß von Kainit in den Lagerungsstörungen ermöglichte, andererseits zur Bildung des weitverbreiteten kieseritischen Hartsalzes führte. Nur wo die Kalisalze als Carnallit in größerer Menge vorlagen, ist dieser noch teilweise in seiner primären Beschaffenheit erhalten geblieben.

5. In der nachpermischen Zeit haben verschiedentlich tektonische Vorgänge auf die Salzlagerstätte des Werragebietes eingewirkt. Gegen Ende des Jura, zur Zeit der größten Sedimentüberdeckung der Kalilager, tritt die erste Phase der saxonischen Gebirgsbildung in diesem Gebiet auf, welcher die Entstehung der Vertaubungen wie überhaupt die jetzige unregelmäßige Ausbildung der Kalilagerstätte zuzuschreiben ist. Es sind Vertaubungszonen von rheinischer bis nordsüdlicher und herzynischer Richtung zu verfolgen. Der in diesen vorgefundene hangende Ton und Anhydrit sind Beweise für die tektonische Anlage. Die basaltischen Gänge und Spalten, die im Miocän aufbrachen, haben posthum die vorher an-

gelegten Schwächezonen benutzt und kommen im Salzgebirge in den tektonisch gestörten Gebieten, zu denen die Vertaubungen gehören, vor. Die jüngeren Schnitte und Schlechten sind auf spätere (diluviale?) Krustenbewegungen zurückzuführen, finden aber ihren Verlauf zum Teil durch die vorhandene Tektonik im Salzgebirge vorgezeichnet, indem sie oft eine zu den Vertaubungszonen parallele Richtung einschlagen.

6. Endlich haben hydrometamorphe, posthume Umsetzungen in den Kalilagern stattgefunden. Der Aufstieg der Basalte mit den Begleiterscheinungen in Form juveniler, mit Kohlensäure getränkter Wässer hat im Hartsalz zur Kainitbildung, im carnallitischen Lager zur Bildung von rotem oder blauem Sylvinit geführt. Im Kontakt mit den Basalten tritt derber roter Polyhalit oder blau-grau gefärbter Anhydrit auf. Die Umsetzungen vom Ausgehenden der Salzlagerstätte her äußern sich im Hartsalzlager wiederum durch Kainitisierung, im carnallitischen Lager durch Bildung von grauem oder blauem Sylvinit. Derartige Auslaugungsgebiete sind auch in tiefer liegenden Feldesteilen zu finden, wobei ihre Anlage durch Zerrüttung des Hangendgebirges an Störungszonen gegeben ist. Die das Salzgebirge durchsetzenden Schnitte und Klüfte führen fast stets noch Lauge, die meistens nach dem Freilegen der Kluft ausläuft und versiegt. Umsetzungen in Form von Kainit im Hartsalz oder blauem Steinsalz im Carnallit geben einen Hinweis auf die Stärke der Kluft und die dahintersitzende Laugenmenge.

Literaturverzeichnis

- D'ANS, J.: Untersuchungen über die Salzsysteme ozeanischer Salzablagerungen. — Kali, 1915.
- BECK, K.: Petrographisch-geologische Untersuchungen des Salzgebirges im Werra-Fulda-Gebiet der deutschen Kalisalzagerstätten. — Z. prakt. Geol., 1912.
- BOEKE, H. E. und ERTEL, W.: Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie, 2. Aufl., Berlin, 1923.
- BÜCKING, H.: Über vor- und nachbasaltische Dislokationen und die vorbasaltische Landoberfläche in der Rhön. — Z. deutsch. geol. Ges., 1912.
—: Geologischer Führer durch die Rhön, Berlin, 1916.
- DIETZ, C.: Einflüsse der Tektonik auf die Auslaugung im Gebiete des Werra-Kalireviers. — Sber. preuß. geol. L.-A., 1926.
—: Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes. — Arch. Lagerstättenforsch., 40, 1928.
- FERLING, W.: Über einige neue Untersuchungsmethoden an Salzgesteinen und ihre Anwendung im Kalibergbau unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse auf dem Kaliwerk „Wilhelmshall-Ölsburg“. — Kali, 1930.
- FULDA, E.: Salzspiegel und Salzhang. — Z. deutsch. geol. Ges., 1923.
—: Studie über die Entstehung der Kalilagerstätten des deutschen Zechsteins. — Z. deutsch. geol. Ges., 1924.
—: Temperatur und Übersättigung der Laugen bei der Bildung von Kalisalzagerstätten. — Z. deutsch. geol. Ges., 1925.
—: Die Stratigraphie des thüringischen Zechsteins nach Tiefbohrergebnissen. — Jb. preuß. geol. Landesanst., 1926.
—: Das Kali, II. Teil, Stuttgart, 1928.
- GRUPE, O.: Über das Alter der Dislokationen des hannoversch-hessischen Berglandes und ihren Einfluß auf Talbildung und Basalteruptionen. — Z. deutsch. geol. Ges., 1911.
—: Studien über Scholleneinbrüche und Vulkanausbrüche in der Rhön. — Jb. preuß. geol. Landesanst., 1913.
—: Über das Altersverhältnis der herzynischen und rheinischen Dislokationen. — Z. deutsch. geol. Ges., 1922.
- HAAS, J. O. und HOFFMANN, C. R.: Temperature Gradient in Pechelbronn Oilbearing Region, Lower Alsace: its determination and relation to oil reserves. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 13, 1929 (Z. prakt. Geol., 1930, S. 127).
- VAN'T HOFF, J. H.: Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen. Leipzig 1912.
- JAENECKE, E.: Die Entstehung der deutschen Kalisalzager. Braunschweig 1915.
—: Vollständige Übersicht über die Lösungen ozeanischer Salze. — Z. anorg. u. allgem. Chemie, 100—103, 1917.
- KIESEL, A.: Beziehungen zwischen der Auswirkung tektonischer Druckkräfte und der Übergangszone von Hartsalz zu Carnallit. — Kali 1924.
- KOENIGSBERGER, J. und MÜHLBERG, M.: Über Messungen der geothermischen Tiefenstufe, deren Technik und Verwertung zur geologischen Prognose, und über neue Messungen in Mexiko, Borneo und Mitteleuropa. — N. Jb. Min., 31, 1911.
- NAUMANN, E.: Basaltvorkommen im Salzlager des Schachtes der Gewerkschaft Heldburg. — Z. deutsch. geol. Ges., 1910.
—: Über zwei neue Vorkommen von Basalt in Gangform bei Bermbach und Dankmarshausen a. d. Werra. — Z. deutsch. geol. Ges., 1914.
- NAUMANN, M.: Beitrag zur petrographischen Kenntnis der Salzlagerstätte von „Glückauf-Sondershausen“. — N. Jb. Min., 32, 1911.
—: Die Entstehung des „konglomeratischen“ Carnallitgesteins und des Hartsalzes sowie die einheitliche Bildung der deutschen Zechsteinsalzlager ohne Deszendenzperioden. — Kali, 1913.
- REPETZKI, K.: Beiträge zur Frage der Metamorphose, insbesondere der Thermodynamometamorphose der Salzgesteine der deutschen Zechsteinsalzlager und ihrer Mineralparagenese. — Kali, 1926.

- RINNE, F.: Die Entstehung der kieseritischen Sylvinalite durch Pressungsmetamorphose. — N. Jb. Min., 1916.
- : Die geothermischen Metamorphosen und Dislokationen der deutschen Kalisalzlagerstätten. — Fortschr. Min., 1920.
- RÓZSA, M.: Über posthume Umwandlungen der Kali- und Magnesiumsalze in den Salzablagerungen der Werragegend. — Z. anorg. u. allgem. Chemie, **88**, 1914.
- : Die Entstehung des Hartsalzes. — Z. anorg. u. allgem. Chemie, **91**, 1915.
- : Über Ausscheidung und Thermometamorphose der Zechsteinsalze Bischofit, Kainit und Astrakanit. — Z. anorg. u. allgem. Chemie, **97**, 1916 (1916a).
- : Das Vorkommen und die Entstehung des Hartsalzkainitits. — Centralbl. Min., 1916 (1916b).
- : Das Vorkommen des Polyhalits im Älteren Zechsteinkalisalzlager, im Zusammenhang mit den Angaben VAN'T HOFFS. — Z. anorg. u. allgem. Chemie, **105**, 1918 (1918a).
- : Zusammenfassende Übersicht der Gliederungsverhältnisse und Umwandlungsvorgänge im Älteren Zechsteinkalisalzlager. — Centralbl. Min., 1918 (1918b).
- SCHLÜTER, H.: Die Eingliederung der Werra-Serie in das deutsche Zechsteinprofil. — Kali 1932.
- SCHMIDT, O.: Die Kalisalzlagerstätte von Habighorst-Höfer bei Celle, ein Beitrag zur Metamorphose und Tektonik der Salzgesteine in den norddeutschen Salzstöcken. — Kali, 1929.
- SEIDL, E.: Die geologischen Gesetzmäßigkeiten, welche im Hessisch-Thüringischen (Werra-Fulda-) Gebiet für den Zechstein-Kalisalzbergbau maßgebend sein müssen. — Kali, 1923.
- STILLE, H.: Die saxonischen Brüche. — Abh. preuß. geol. Landesanst., **95**, 1923—1925.
- TINNES, A.: Die ältere Salzfolge Mitteldeutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Unstrutgebietes. — Arch. Lagerstättenforsch., **38**, 1928.

Druckfertig eingereicht am 5. Mai 1933

Imprimatur erteilt am 17. November 1933

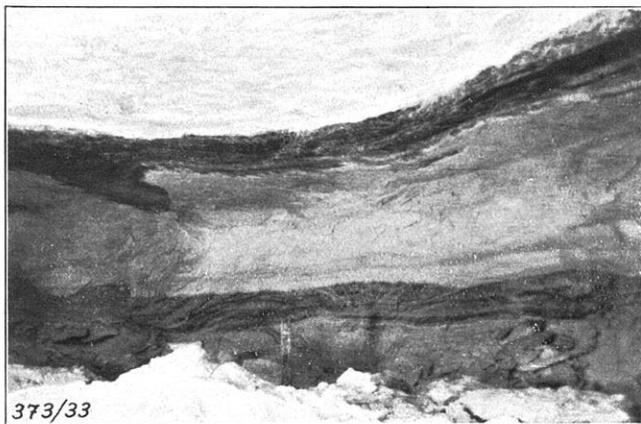
Tafel 1

- Fig. 1. Gefaltete Steinsalzbank im weißen Carnallit des Oberen Kalilagers; Kaliwerk „Wintershall“.
- Fig. 2. Der weiße Carnallit des Oberen Lagers durchsetzt in mehreren Schichten das hangende Steinsalz; „Sachsen-Weimar“, Hauptstr. n. Süden.
- Fig. 3. Auskeilen des Oberen Kalilagers; „Kaiseroda II/III“, 1. nördl. Abtlg. n. Osten (aus ca. 3 m Entfernung gesehen).
- Fig. 4. Sylvinitbänke in der Anreicherungszone vor der Vertaubung, Oberes Kalilager; „Kaiseroda I“, westl. Hauptstrecke, Strecke 11 südlich (Entfernung ca. 8 m).



Fig. 1

Weißer
Carnallit
Steinsalzbank



Weißer
Carnallit

← Steinsalz-
mittel m. Löser

Kalilager

Fig. 2

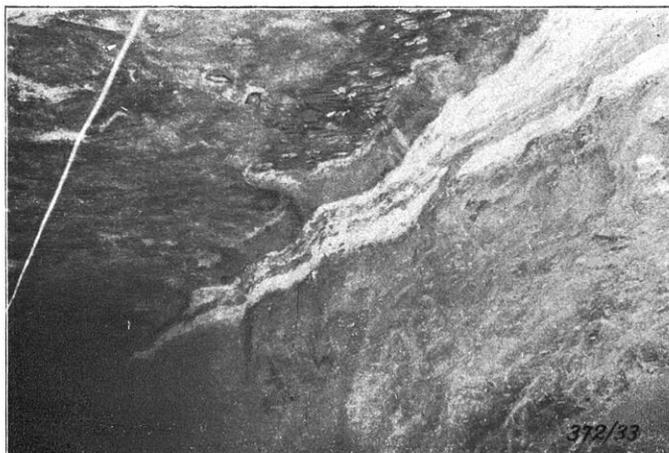


Fig. 3



Fig. 4

Tafel 2

- Fig. 1. Kieseritlagen im liegenden Steinsalz der Vertaubung; „Kaiseroda I“, oberes Lager, Strecke 11 n. Norden (Entfernung ca. 3 m).
- Fig. 2. Fließstruktur des Flockensalzes; „Kaiseroda II/III“, oberes Lager, 1. nördl. Abt. n. Osten (Entfernung ca. 3 m).
- Fig. 3. Langbeiniteinlagerungen im verarmten Hartsalz des Oberen Kalilagers; Vertaubung „Wintershall“, nördl. Hauptstr. (aus ca. 3 m Entfernung gesehen).
- Fig. 4. Flächenhafte Langbeinitkristalle (dunkel) in Kieseritlagen des hangenden Steinsalzes; „Kaiseroda I“, oberes Lager, 1. nördl. Abt., Str. 10. (Blick auf die Schichtfläche; Kantenlänge der Dreiecke 10—20 cm.)

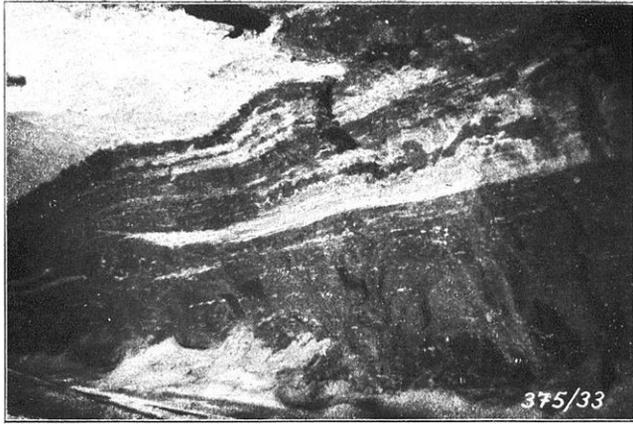


Fig. 1

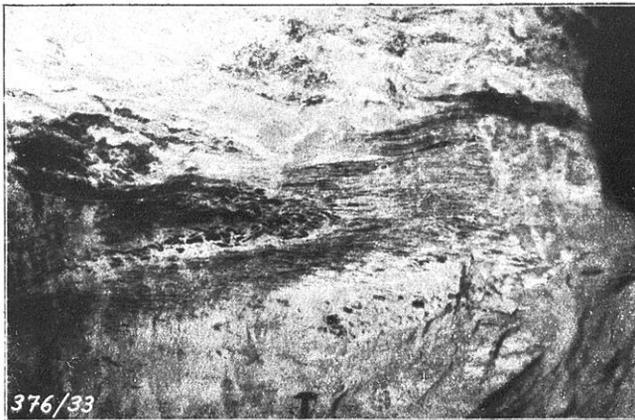


Fig. 2

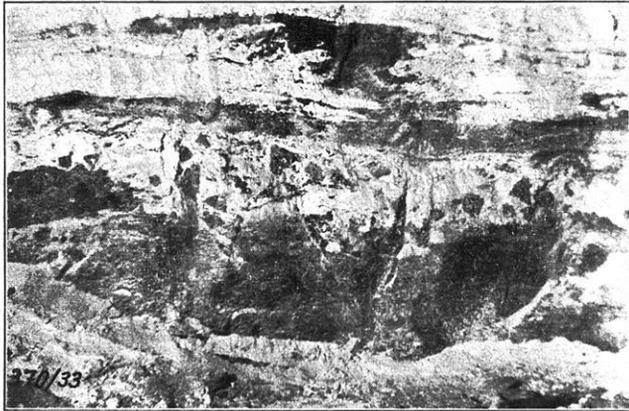


Fig. 3



Fig. 4

Tafel 3

- Fig. 1. Flächenhafte Langbeinitkristalle (hell) in der Löserfläche; „Kaiseroda I“, oberes Lager, 1. nördl. Abtlg.
- Fig. 2. Langbeinit im Hartsalz; „Kaiseroda I“, oberes Lager, 2. nördl. Abtl., Strecke 4.
- Fig. 3. Langbeinitführung des Unteren Kalilagers vor der Vertaubung; „Heiligenroda I“, 2. südl. Abtl., Querschlag 22 (Entfernung ca. 4 m).
- Fig. 4. Posthume Sylvinitbildung im Oberen Kalilager; „Heiligenroda I“, Ort 28 Osten (Dunkleres Salz = blauer Sylvinit; hellere Lagen = Steinsalz und Carnallit, Entfernung ca. 10 m).

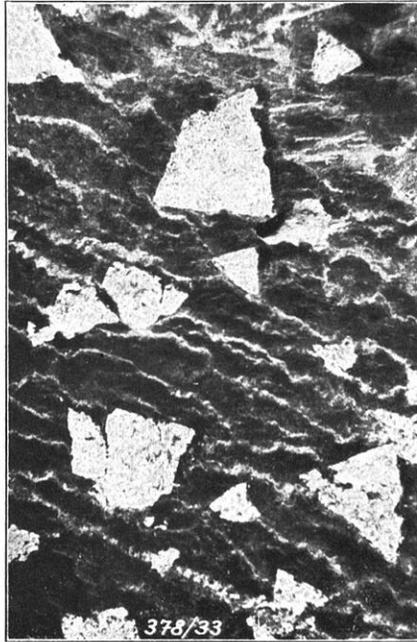


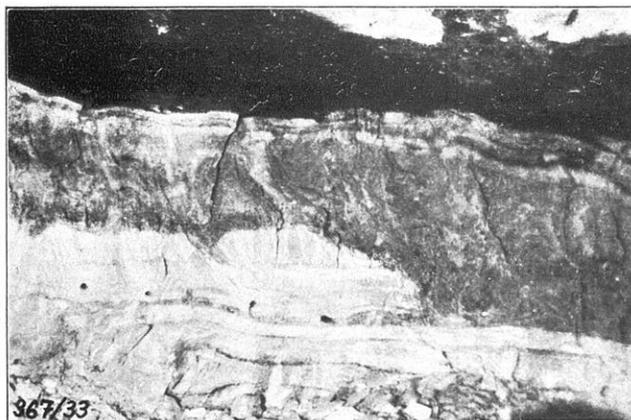
Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Löserfläche

blauer Sylvinit

Fig. 4

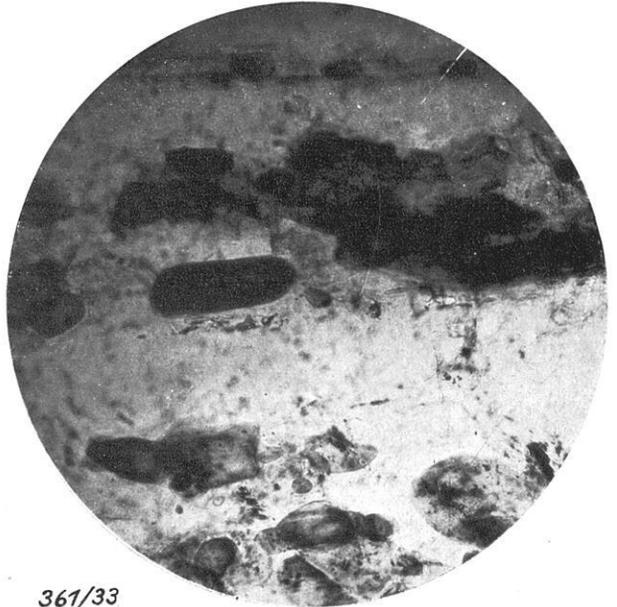
Tafel 4

- Fig. 1. Sylvinkorn mit Carnalliteinschlüssen (hell); Körnerpräparat, Vergr. 60-fach. — „Sachsen-Weimar“, Oberes Kalilager, Hauptstr. nach Süden.
- Fig. 2. Langbeinit mit tropfenförmigen Steinsalzeinschlüssen; Dünnschliff, Vergr. 60-fach. — „Heiligenroda I“, Unteres Kalilager, Querschl. 22.
- Fig. 3. Anhydritleisten im kieseritreichen Hartsalz (hell=Kieserit; dunkel=Steinsalz und Sylvin); Dünnschliff Vergr. 20-fach. — „Kaiseroda II/III“, Oberes Kalilager.
- Fig. 4. Zerstörter Anhydrit (A) im Hartsalz (K = Kieserit; Grundmasse Sylvin und Steinsalz); Dünnschliff, Vergr. 20-fach. — „Heiligenroda I“, Unteres Kalilager, Osten, Ort 9 Norden.



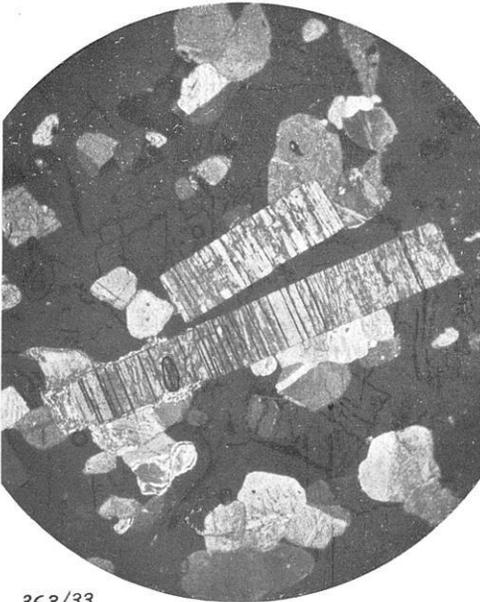
364/33

Fig. 1



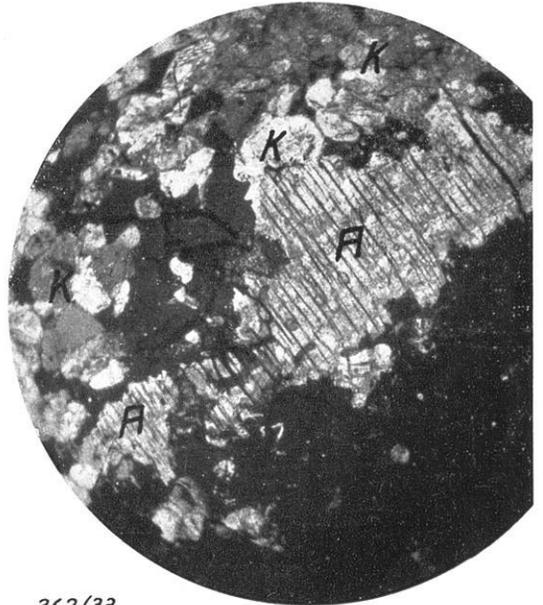
361/33

Fig. 2



363/33

Fig. 3

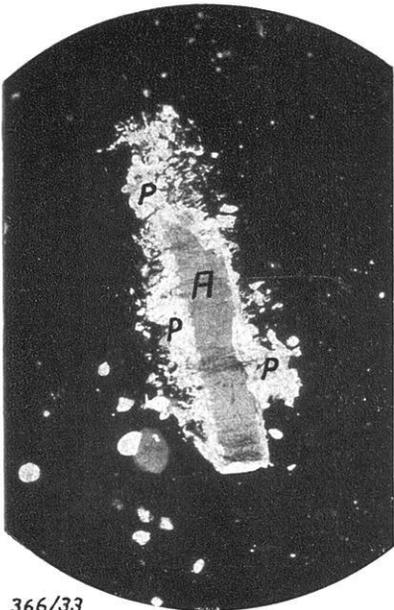


362/33

Fig. 4

Tafel 5

- Fig. 1. Umsetzung des Anhydrits (A) zu Polyhalit (P) im langbeinitischen Salz (dunkel); Dünnschliff, Vergr. 20-fach. — „Kaiseroda II/III“, Oberes Kalilager.
- Fig. 2. Anhydrit von feinkristallinem Polyhalit (hell) korrodiert; Körnerpräparat, Vergr. 80-fach. — „Kaiseroda II/III“, Oberes Kalilager, Vertaubung der 1. nördl. Abt.
- Fig. 3. Liegendes Flockensalz mit „Wurm“ (schwarz) (hell = Kieseritkörner, dunkel = Steinsalz und Sylvin); Dünnschliff, Vergr. 20-fach. — „Sachsen-Weimar“, Oberes Kalilager, Hauptstr. n. Westen.
- Fig. 4. Kainit (hell) in zum Teil idiomorphen Kristallen auf den Korngrenzen des Steinsalzes (dunkel); Dünnschliff, Vergr. 20-fach. — „Sachsen-Weimar“, Oberes Kalilager, Ort 22 Norden.



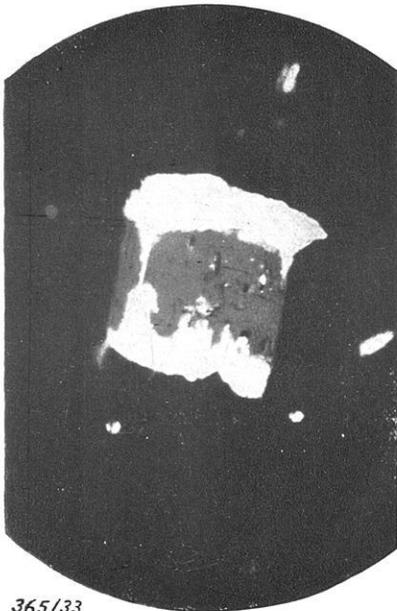
366/33

Fig. 1



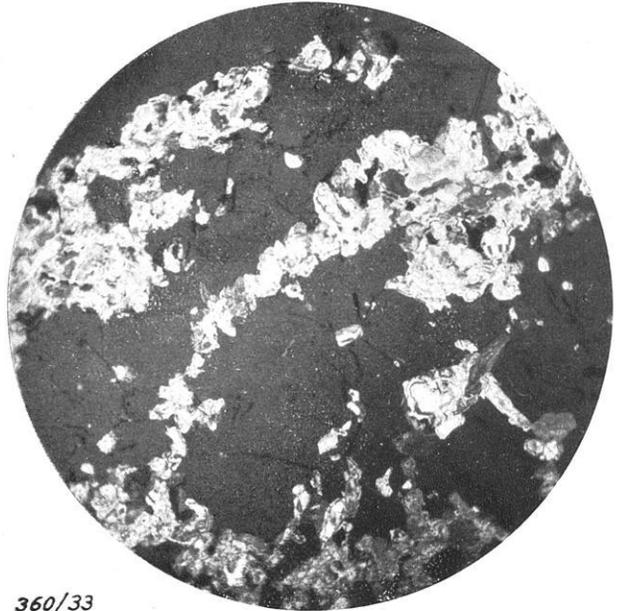
359/33

Fig. 3



365/33

Fig. 2

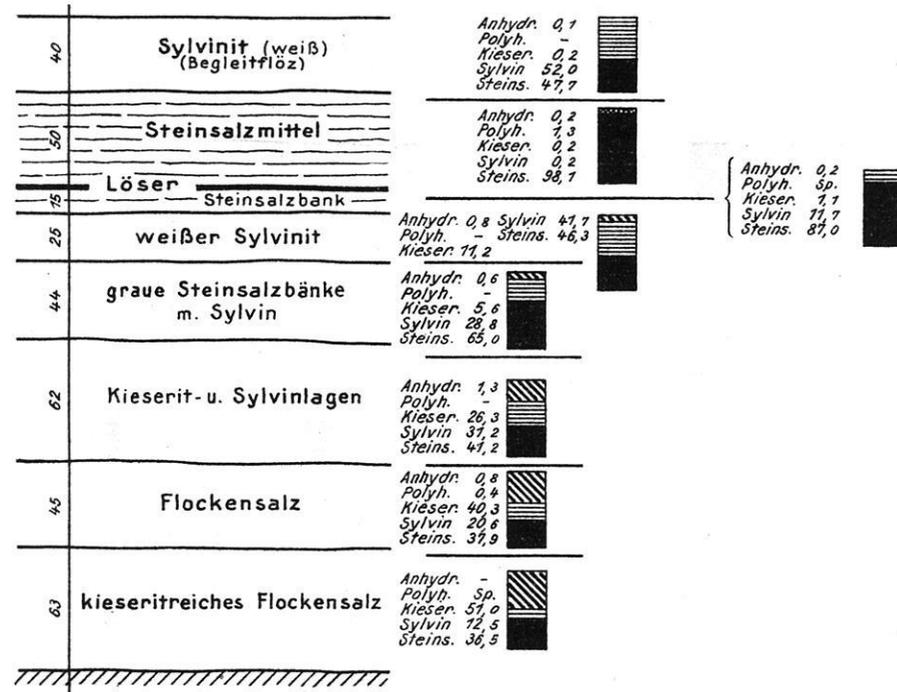


360/33

Fig. 4

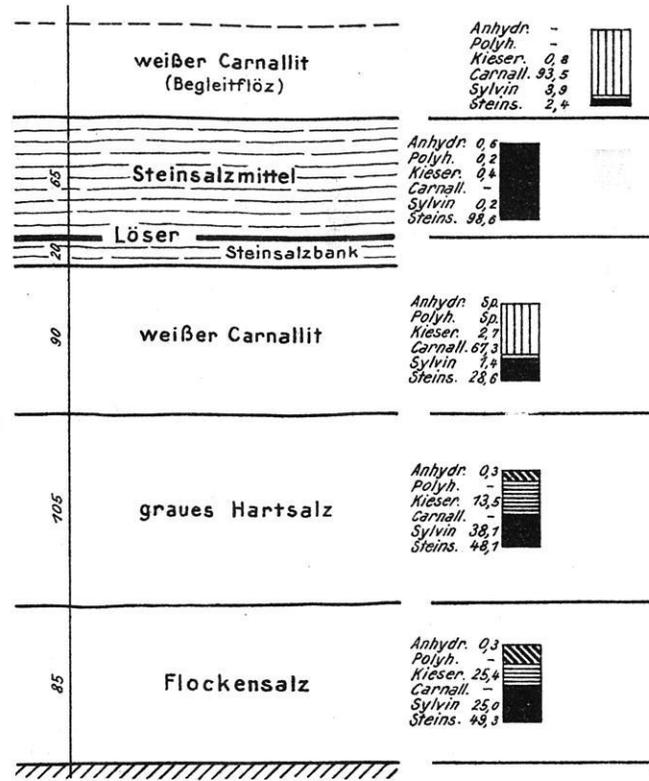
Profil I
Oberes Kalilager — Hartsalz — Sachsen-Weimar,
nördl. Hauptstr.

Maßstab: Mächtigkeiten 1:40



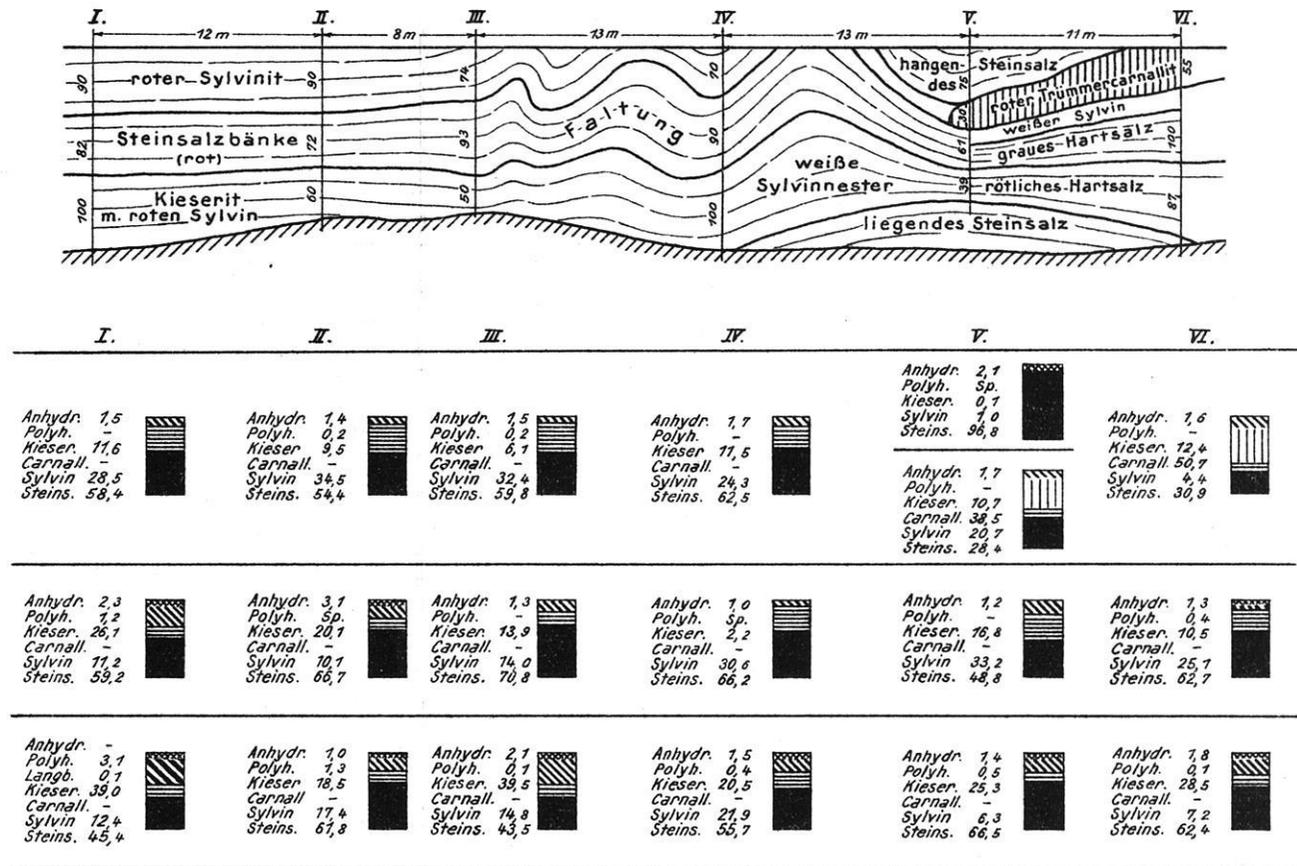
Profil II
Oberes Kalilager — Hartsalz mit Carnallit —
Sachsen-Weimar 1. süd. Teilstr. n. Westen

Maßstab: Mächtigkeiten 1:40



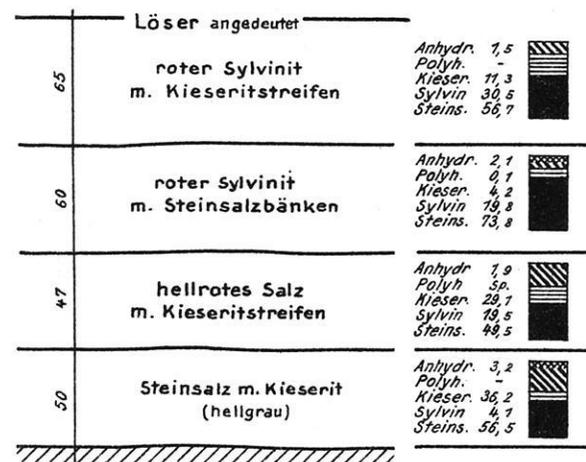
Profil V
Carnallitübergang — Heiligenroda I, Unteres Kalilager, Ort 15, Osten

Maßstab: Längen 1:400, Mächtigkeiten 1:100



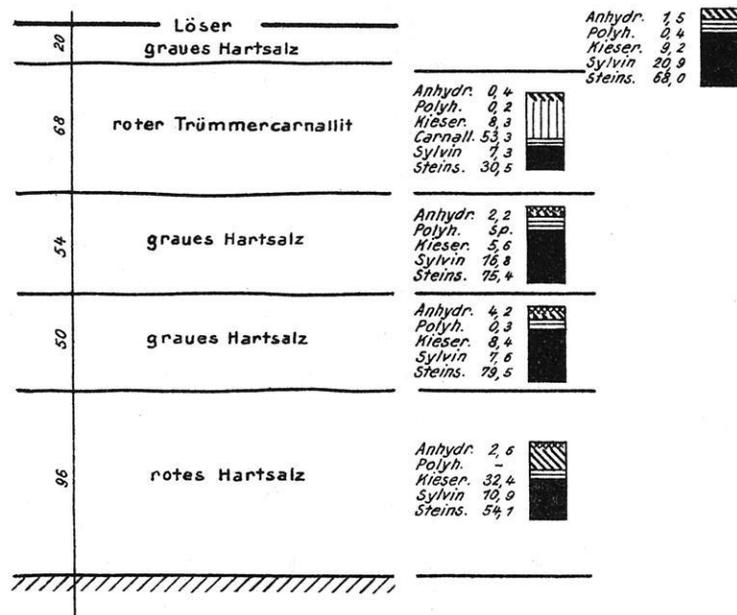
Profil III
Unteres Kalilager — Hartsalz — Heiligenroda I,
Qu. 10, Süden, Ort 8

Maßstab: Mächtigkeiten 1:40

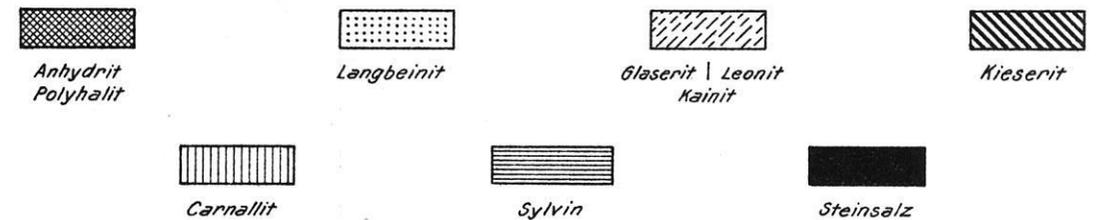


Profil IV
Unteres Kalilager — Hartsalz mit Carnallit —
Heiligenroda I, Ort 10, Norden

Maßstab: Mächtigkeiten 1:40



Zeichenerklärung



Profil VI
Vertaubung — Kaiseroda II-III, Oberes Kalilager, 5. südl. Abteilung nach Osten
Maßstab: Längen 1:100, Mächtigkeiten 1:40

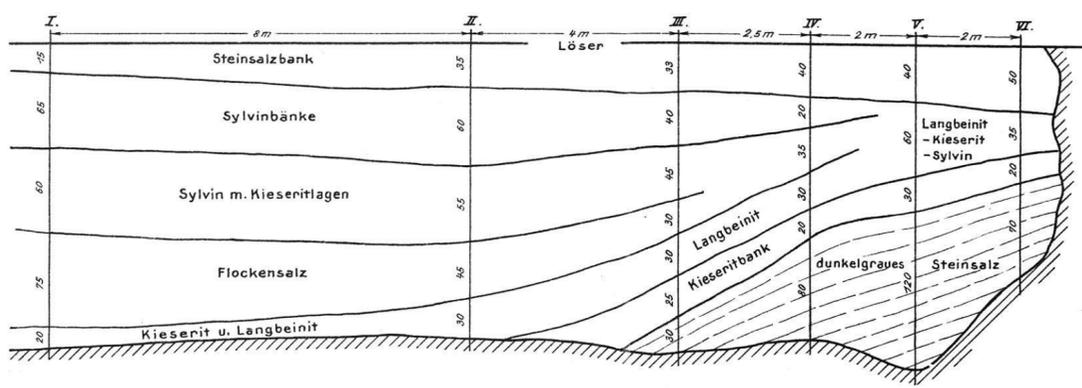


Table of mineral composition for Profile VI, listing Anhydr., Polyh., Langb., Kieser., Sylvinit, and Steins. percentages for each section (I-VI).

Profil VII
Vertaubung — Kaiseroda II-III, Oberes Kalilager, 1. nördl. Abteilung nach Osten
Maßstab: Längen 1:200, Mächtigkeiten 1:40

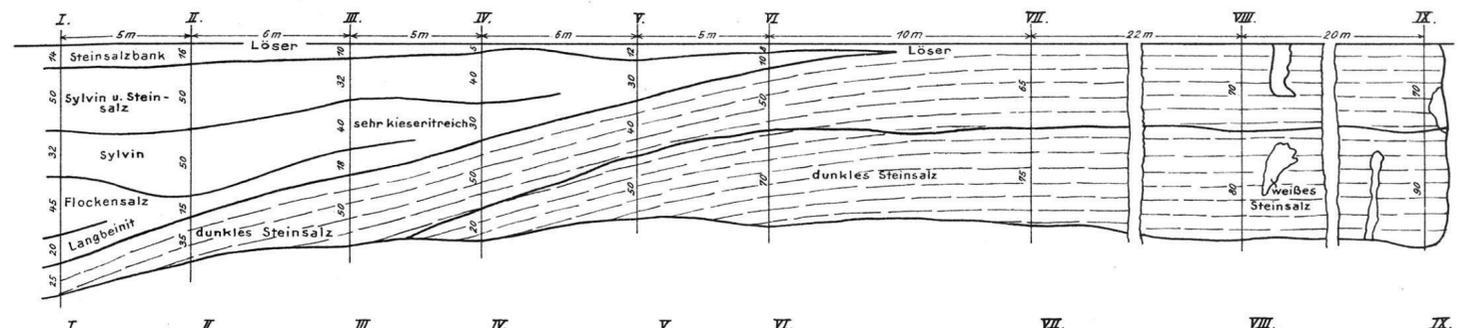


Table of mineral composition for Profile VII, including a note 'Die hangende Steinsalzbank ist fortgelassen!' and listing percentages for Anhydr., Polyh., Langb., Kieser., Sylvinit, and Steins. for sections I-IX.

Profil VIII
Vertaubung — Heiligenroda I, Unteres Kalilager, südl. Hauptstr., Querschlag 22
Maßstab: Längen und Mächtigkeiten 1:100

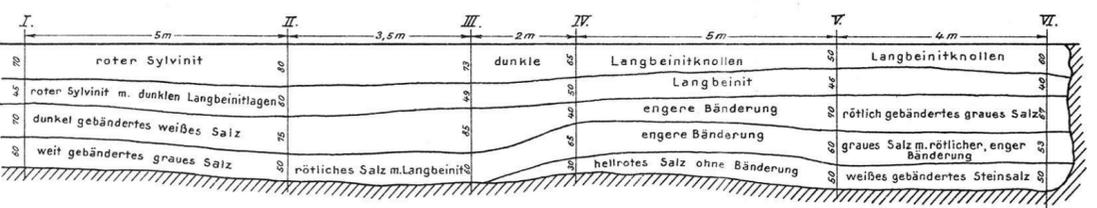


Table of mineral composition for Profile VIII, listing percentages for Anhydr., Polyh., Langb., Kieser., Sylvinit, and Steins. for sections I-VII.

Profil IX
Vertaubung — Heiligenroda I, Unteres Kalilager, südl. Hauptstrecke
Maßstab: Längen 1:1000, Mächtigkeiten 1:100

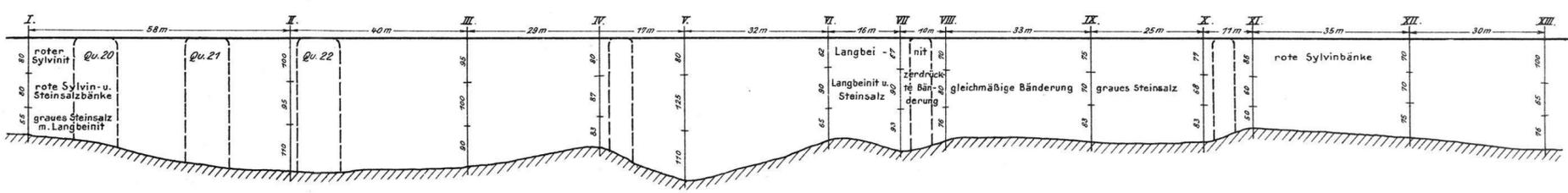
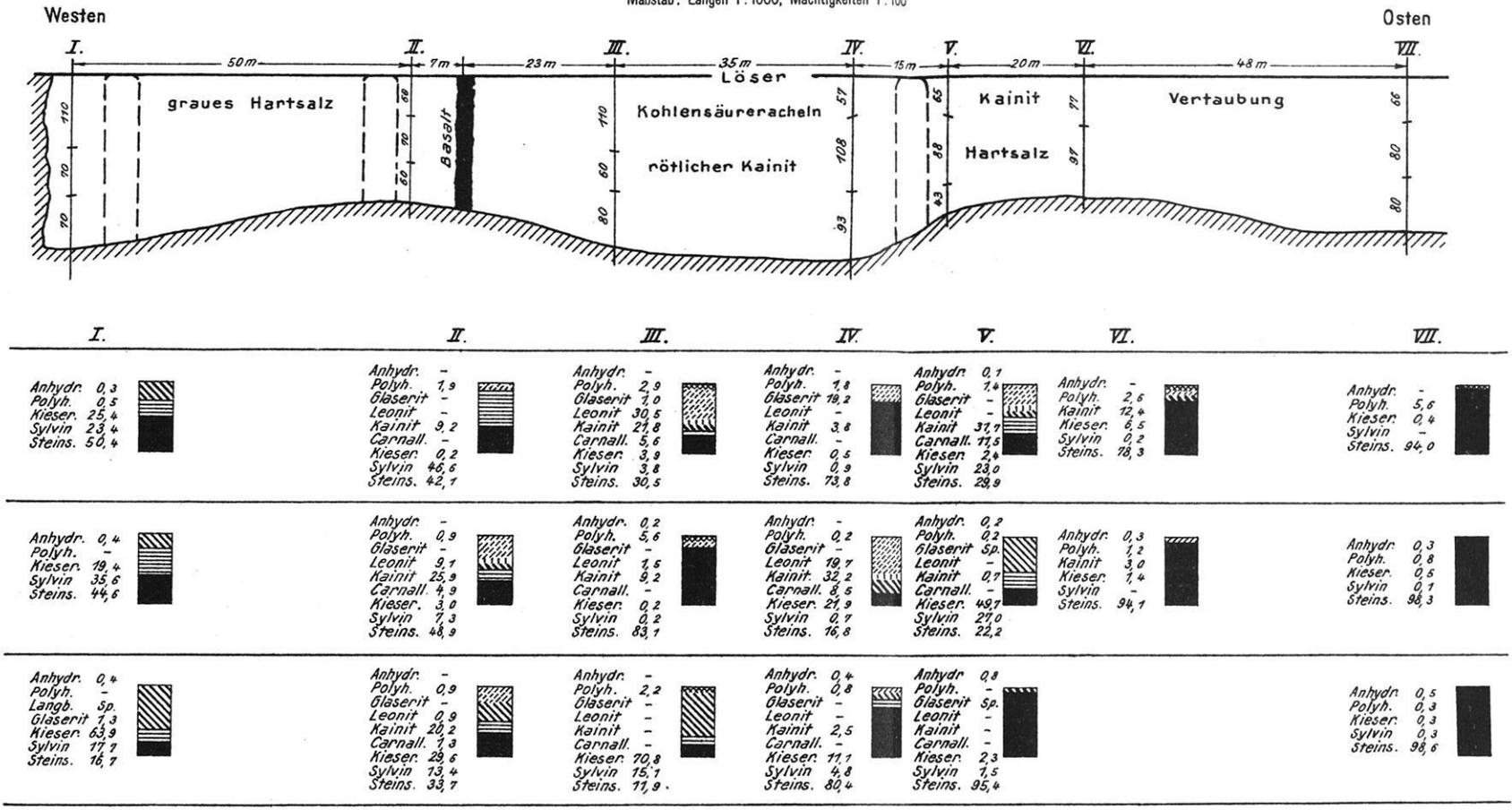


Table of mineral composition for Profile IX, listing percentages for Anhydr., Polyh., Langb., Kieser., Sylvinit, and Steins. for sections I-XIII.

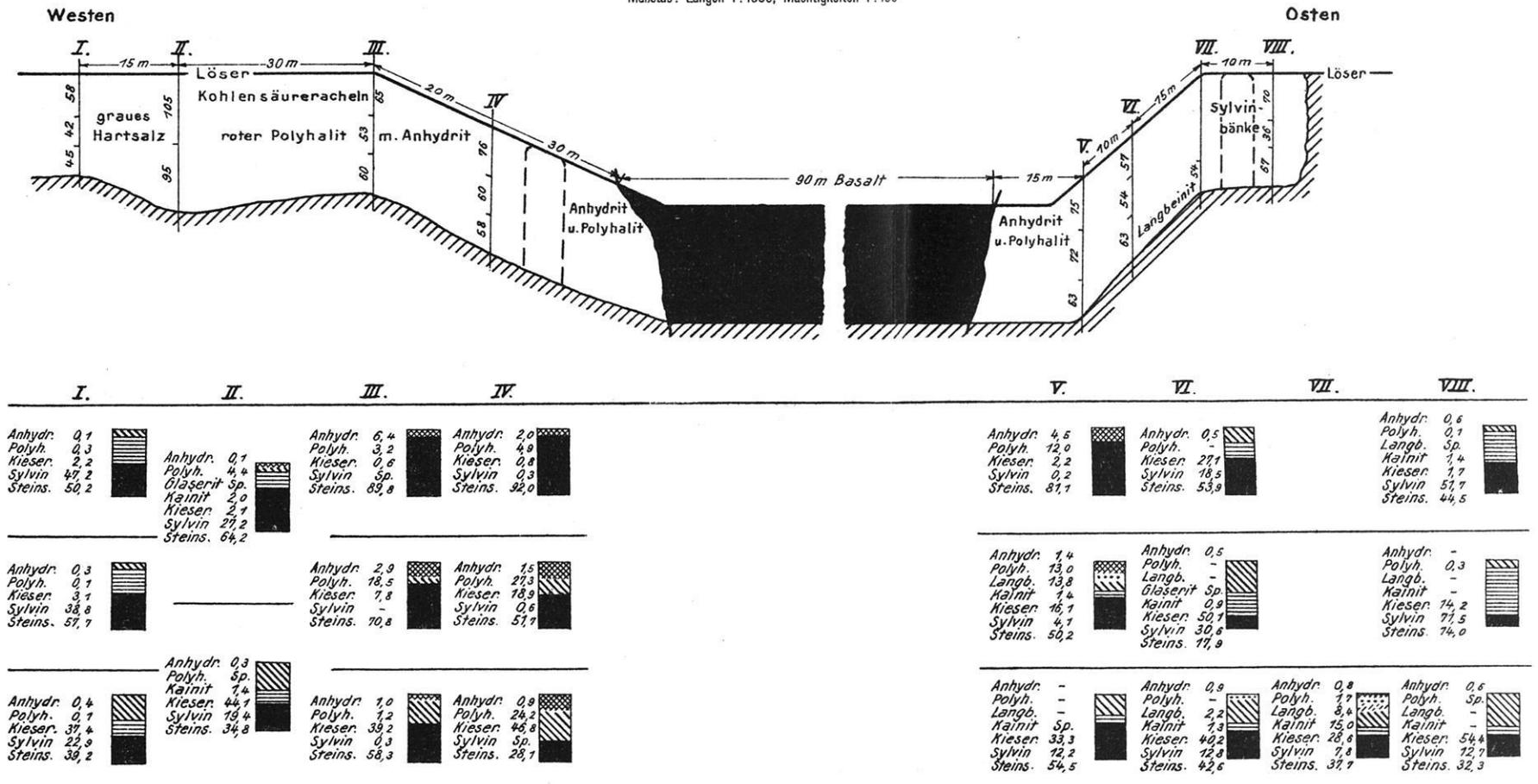
Profil X
Einwirkung des Basaltes — Sachsen-Weimar, Oberes Kalilager, 3. süd. Abteilung nach Westen

Maßstab: Längen 1:1000, Mächtigkeiten 1:100



Profil XI
Einwirkung des Basaltes — Sachsen-Weimar, Oberes Kalilager, 3. süd. Abteilung nach Osten

Maßstab: Längen 1:1000, Mächtigkeiten 1:100



Heft 25.	Denckmann, A.: Neue Beobachtungen über die tektonische Natur der Siegener Spateisensteingänge. Teil II. Stratigraphie und Tektonik. (Zu vergl. Heft 6.) Mit 16 Abb. (1918)	RM 9,—
„ 26.	Seidl, E.: Schürfen, Belegen u. Schachtabteufen auf deutschen Zechstein-Salzhorsten. Mit 1 Übersichtskarte u. 58 Abb. (1921)	12,—
„ 27.	Stahl, A.: Die Gänge des Oberharzes und ihre Beziehungen zur Tektonik des Ganggebietes. Mit 3 Tafeln und 2 Abb. (1922)	6,—
„ 28.	Berg, G.: Die Rolle d. Phosphors im Mineralreich. Mit 2 Taf. (1922)	6,—
„ 29.	König, H.: Beiträge zur Kenntnis d. paragenetischen Verhältnisse des östl. Teils vom Silbernaaler Gangzug. Mit 2 Taf. (1923)	4,50
„ 30.	Quiring, H.: Die Manganerzvorkommen in den krystallinen Schieferen der bukowinischen Waldkarpathen. Mit 2 Tafeln. (1922)	6,—
„ 31.	Böhne, E.: Die Eisenerzlagerstätte des Stahlberges bei Schmalkalden am Südwestrand d. Thüringer Waldes. Mit 6 Taf. (1925)	9,—
„ 32.	Beyschlag & Schriegl: Das Gold der Eder. Mit 1 Tafel. (1923)	2,25
„ 33.	Quiring, H.: Das Gesetz des Einschiebens und der Vertaubung der Spateisenstein- und Eisenglanzgänge des Siegerlandes. Mit 6 Tafeln. (1924)	6,—
„ 34.	Ramdohr, P.: Beobachtungen an opaken Erzen. Mit 8 Taf. (1924)	7,50
„ 35.	Wing Easton, N.: Die wichtigsten Edelmetall-Lagerstätten Sumatras. Mit 3 Tafeln. (1926)	4,50
„ 36.	Stoller, J.: Das Erdölgebiet Hänigsen—Obershagen—Nienhagen in der südlichen Lüneburger Heide. (Neubearbeitung von Heft 14.) Mit 7 Tafeln. (1927)	12,—
„ 37.	Krümmer, A.: Die türkischen Bodenschätze. Mit 2 Taf. (1928)	1,50
„ 38.	Tinnes, A.: Die Ältere Salzfolge Mitteldeutschlands. Mit 9 Taf. (1928)	9,—
„ 39.	Eisfelder, H.: Das Vorkommen des Kupferkieses auf d. Gängen der Blei-Zinkerzformation. Mit 1 Übersichtskarte u. 3 Taf. (1928)	4,50
„ 40.	Dietz, C.: Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes. Mit 3 Tafeln. (1928)	11,25
„ 41.	Stappenbeck, R.: Ausbildung und Ursprung der oberschlesischen Blei-Zinkerzlagerstätten. Mit 9 Tafeln. (1928)	12,—
„ 42.	von Linstow, O.: Die im Mitteldevon auftretenden Mineralquellen a. Westrand d. Russisch-Galizischen Tafel. Mit 4 Karten. (1929)	4,50
„ 43.	Fischer, G.: Über Genese und zukünftige Abbaumöglichkeit der mitteldevonischen Roteisenerze der Gegend von Brilon. Mit 3 Tafeln. (1929)	3,—
„ 44.	Brune, A.: Beitrag zur Geologie des Produktiven Karbons der Bochumer Mulde zwischen Dortmund und Kamen. Mit 8 Taf.	22,50
„ 45.	von Braunnühl, H.: Über die Entstehung der Lagerstätten dichten Magnesits vom Typus Kraubath. (1930)	3,75
„ 46.	Hesemann, J.: Die Erzbezirke des Ramberges und von Tilkerode im Harz. Mit 6 Tafeln. (1930)	6,—
„ 47.	Burre, O.: Das Oberoligozän und die Quarzitlagerstätten unmittelbar östlich des Siebengebirges. Mit Beiträgen v. E. Zimmermann. Mit 4 Tafeln. (1930)	4,50
„ 48.	Middendorf, E.: Ältere Salzfolge des Zechsteins zwischen Staßfurt und Hildesheim. Mit 1 Tafel. (1930)	3,—
„ 49.	Böhne, E.: Die Kupfererzgänge von Mitterberg in Salzburg. Gangverhalten und Erzfolge. Mit 6 Tafeln. (1931)	11,25
„ 50.	Gäberl, C.: Erden, Steine, Grundwasser. Mit 3 Kart. Meyerhoff, K.: Die Rechtsverhältnisse des mitteldeutschen Bergbaus	15,—
„ 51.	Nieder, R.: Zusammenhang zw. Tektonik u. Lagerausbildung in Roteisensteinlagern a. d. Lahn. (1931)	3,—
„ 52.	Bornhardt, W.: Geschichte des Rammelsberger Bergbaues von seiner Aufnahme bis zur Neuzeit. Mit 11 Taf. (1931)	15,—
„ 53.	Wernicke, Fr.: Die primären Erzminerale der Deutsch-Bleichscharley-Grube bei Beuthen O.-S. Mit 10 Taf. (1931)	8,—
„ 54.	Behrend, Fritz: Uranerzführende Pegmatitgänge in Südafrika und ihre Geochemie. Mit 4 Tafeln. (1933)	4,50
„ 55.	Hahne, Carl: Die Paläogeographie und Ablagerungsverhältnisse des Indegebietes bei Aachen, insbesondere des Feldes der Grube Eschweiler Reserve, zur Fettkohlenzeit. Mit 7 Taf. (1933)	3,75
„ 56.	Neuhaus, A.: Die Arsen-Golderzlagerstätten von Reichenstein i. Schles. (1933)	4,50

C. DIETZ

Die Salzlagerstätte des Werra-Kaligebietes

Archiv für Lagerstättenforschung, **Heft 40**. Herausgegeben von der
Preußischen Geologischen Landesanstalt, Berlin N 4, Invalidenstr. 44

Berlin 1928

Der Verfasser beginnt mit einem allgemeinen Überblick. Neu ist darin besonders die Feststellung des zentralen Auslaugungsgebietes von Oberzella. Sodann werden die Aufschlüsse der Kaliwerke Heldburg, Kaiseroda, Großherzog von Sachsen, Sachsen-Weimar, Hattorf, Wintershall, Herfa-Neurode, Heiligenroda, Alexandershall usw. im einzelnen eingehend beschrieben. Stratigraphische Besonderheiten, Basaltaufschlüsse, Kohlensäurevorkommen, Tektonik werden mit Hilfe von Tabellen, Grundriß- und Profildarstellungen und photographischen Aufnahme erläutert. Auf Anreicherungszonen und Vertaubungen in den Kalilagern, Verbreitung von carnallitischen Salzen, metamorphe Erscheinungen an Basaltgängen, Schlechten, Auslaugungserscheinungen usw. wird bei den Einzeldarstellungen hingewiesen. Besonders berücksichtigt wird das Verbreitungsgebiet und die petrographische Ausbildung des Begleitflözes zum oberen Kalilager.

Im dritten Teil werden 139 Schichtverzeichnisse von Tiefbohrungen und Schächten mitgeteilt.

Der Arbeit sind drei Übersichtskarten im Maßstab 1:100 000 beigelegt. Die erste zeigt die Geologie der Erdoberfläche, die Lage des Salzhanges und die Grenzen der Grubenfelder. In der zweiten wird die Lage der Basaltvorkommen hervorgehoben. Außerdem werden die Verbreitungsgebiete der beiden Kalilager und des Begleitflözes, Höhenlinien für die Oberkante des Plattendolomites und die Lage der Tiefbohrungen und Schächte dargestellt.

Das Werk ist die erste ausführliche monographische Darstellung eines bergbaulich sehr wichtigen Mineralvorkommens. Inhaltlich geht es vielfach über die bergbaulichen Teile in den Erläuterungen der Blätter Berka, Vacha, Friedewald und Lengsfeld hinaus, deren Ergebnisse es im übrigen zusammenhängend darstellt.