

Über den inneren Bau der Vulcane und über Miniatur-Vulcane aus Schwefel;

ein Versuch, vulcanische Eruptionen und vulcanische Kegelbildung im Kleinen nachzuahmen.

Von

Herrn Professor Dr. Ferd. v. Hochstetter.

Mit 3 Holzschnitten.

Es ist bekannt, welche wichtige Rolle der Wasserdampf bei den Eruptionen der Vulcane spielt. Wasserdämpfe sind es, welche die Lava im Kraterschlund heben, Wasserdämpfe werden von den Lavaströmen noch ausgehaucht, lange nachdem sie schon zu fliesen aufgehört haben, oft in solcher Menge, dass sie zu kleinen secundären Eruptionen auf den Lavaströmen selbst Veranlassung geben. Von eingeschlossenen Wasserdämpfen rührt auch die blasige Structur der Lava her, wenn sie unter geringem Druck erstarrt. Alle diese Thatſachen beweisen, dass in den unterirdischen Herden der vulcanischen Thätigkeit die Gesteinsmassen nicht in einem Zustande von trockener Schmelzung, wie geschmolzenes Metall, sich befinden, sondern in einem Zustande wässeriger Schmelzung unter hohem Druck überhitzter Wasserdämpfe.

Die neueren Ansichten über den Vulcanismus der Erde, wie sie von HOPKINS und POULETT SCROPE und in ähnlicher Weise auch von STERRY HUNT entwickelt worden sind, supponiren daher zwischen einem festen wasserfreien Erdkerne und der festen äusseren Erdkruste eine Zwischenlagerung von mit Wasser imprägnirten Gesteinsmassen, die sich im Zustande wässeriger Schmel-

zung befinden, sei es in der Form isolirter Reservoirs oder in der Form einer continuirlichen Schichte. Die Tiefenlage dieser Schichte, in welcher der Sitz der vulcanischen Thätigkeit zu suchen ist, entspricht nach diesen Ansichten der Tiefe, bis zu welcher das Wasser von der Oberfläche der Erde einzudringen vermag.

In Bezug auf die Bildung der vulcanischen Kegelberge und ihrer Ringgebirge hat die ältere Erhebungs-Theorie LEOPOLD VON BUCH's längst der neueren Aufschüttungs-Theorie und der Ansicht, dass die ringförmigen vulcanischen Gebirge durch Einsenkungen, durch Einsturz früher gebildeter Kegel entstanden sind, weichen müssen.

Man kann sich nun die Aufgabe stellen, diese Ansichten über den Vulcanismus und die vulcanische Kegelbildung experimentell zu bestätigen, und die vulcanischen Processe im Kleinen nachzuahmen. Alle Versuche, wirkliche Lava in wässrigem Schmelzfluss, wie ihn die Natur bietet, durch künstliche Schmelzung von Gesteinsmaterialien darzustellen, müssen an dem hohen Schmelzpunkt der Lava und dem ungeheuren Druck, der zu ihrer Schmelzung in Wasser nothwendig wäre, scheitern. Es handelt sich also darum, eine Masse zu finden, die bei niedrigerer Temperatur, unter verhältnissmässig niedrigem Druck im Wasser schmelzbar ist, und dabei die Eigenschaft besitzt, im geschmolzenen Zustand in ähnlicher Weise Wasser in sich aufzunehmen oder zu binden, wie die Lava, und dieses Wasser erst dann wieder in Dampfform nach und nach frei werden zu lassen, wenn die Masse erstarrt. Gelingt es, eine solche Masse zu finden, so wird sich auch der vulcanische Process in seinen HAUPTerscheinungen im Kleinen nachahmen lassen.

Der Zufall hat mir gezeigt, dass Schwefel alle zu jenem Zwecke nothwendigen Eigenschaften besitzt. Bei einem kürzlichen Besuche der „österreichischen Soda-Fabrik“ in Hruschau bei Mährisch-Ostrau, machte mich Herr Dr. VICTOR V. MILLER darauf aufmerksam, dass bei dem Schwefel, welcher aus den Sodarückständen wieder gewonnen wird, nachdem derselbe in geschmolzenem Zustande aus dem Dampf-Schmelzapparate abgelassen worden ist, während der Erstarrung desselben auf der Oberfläche oft kleine vulcanähnliche Kegelformen sich bilden.

Diess gab mir Veranlassung, die Sache näher zu untersuchen und den Process der Bildung dieser Kegelformen zu beobachten. Ich überzeugte mich alsbald, dass dabei Erscheinungen auftreten, die im Kleinen vollkommen analog sind den Vorgängen bei vulcanischen Eruptionen im Grossen, und dass es bei einiger Nachhilfe möglich sein müsse, die hübschesten Miniatur-Vulcane aus Schwefel vor den Augen des Beobachters entstehen zu lassen.

Der Vorgang bei der Schwefelgewinnung und die Erscheinungen bei der Erstarrung des Schwefels sind nämlich in Kürze folgende:

Der aus den Sodarückständen, welche im Wesentlichen aus einfach Schwefelcalcium bestehen, in der Form eines unreinen, mit Gyps gemengten Pulvers gewonnene Schwefel wird, um ihn von dem beigemengten Gyps zu reinigen, in einem Dampfschmelzapparate in Wasser unter einem Dampfdruck von 2—3 Atmosphären und einer dieser Dampfspannung entsprechenden Temperatur von 128° Cels. geschmolzen. Der Gyps bleibt im Wasser theils gelöst, theils suspendirt, und der geschmolzene Schwefel wird von Zeit zu Zeit unter Druck in hölzerne Tröge abgelassen. Die Temperatur des aus dem Schmelzapparat ausfliessenden Schwefels beträgt circa 122° C. Die Tröge oder die Holzformen, in welche der Schwefel ausgegossen wird, sind 23 Zoll tief, 15 Zoll breit und 23 Zoll lang; sie fassen ungefähr $1\frac{1}{2}$ Ctr. Schwefel. Gleich nach dem Ausguss, zum Theil schon während desselben, bildet sich an der Oberfläche in Folge der Abkühlung eine feste Schwefelkruste. In dieser Kruste bleiben jedoch in der Regel an mehreren Puncten kleinere oder grössere Stellen offen, in welchen der Schwefel eine Zeit lang ziemlich stark kochend aufwallt. Sobald diese Öffnungen bei fortschreitender Erstarrung des Schwefels kleiner werden, beginnen förmliche Eruptionen durch die offen gebliebenen Stellen.

Es zeigt sich nämlich, dass der geschmolzene Schwefel in dem Schmelzapparat eine gewisse Menge Wasser in sich aufgenommen und förmlich gebunden hat, und dass dieses so gebundene Wasser nur ganz allmählich in der Form von Dampf wieder frei wird, wie es scheint, in demselben Maasse, als der Schwefel aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht. Dieser aus der geschmolzenen Schwefelmasse sich nach und nach ent-

wickelnde Wasserdampf, dem auch ein wenig Schwefelwasserstoffgas beigemengt ist, ist die Ursache der Eruptionen, die in periodischen Intervallen von einer halben bis zu zwei Minuten stattfinden. Dabei werden Theile der geschmolzenen Schwefelmasse durch die Öffnung emporgepresst und breiten sich auf der oberen Schwefelkruste deckenförmig aus, bis sie erstarren. Durch die fortdauernden Eruptionen wird nach und nach ein immer mehr sich erhöhender Kegel gebildet. Wie der Kegel wächst gestaltet sich der Ausflusscanal mehr und mehr zu einem kleinen Krater, die Eruptionen werden lebhafter, mehr explosionsartig, und der geschmolzene Schwefel fliesst in förmlichen Strömen, wie Lavaströme, an den Abhängen des gebildeten Kegels herab, dabei bilden sich auf den Schwefelströmen Canäle wie die Schlackencanäle der Lavaströme, und es finden kleine secundäre Eruptionen auf den Schwefelströmen statt, indem denselben noch während der Erstarrung kleine Dampfblasen entweichen. Unmittelbar nach einer Eruption ist der Krater vollständig leer, und man kann beobachten, wie der geschmolzene Schwefel allmählich im Krater wieder steigt, endlich den Gipfel erreicht und mit einer plötzlichen stärkeren Dampfentwicklung, die sich durch eine kleine Dampfwolke bemerkbar macht, ausgestossen wird. Gegen das Ende des Processes wird der Schwefel auch in flüssigen Tropfen, die in grösserer oder geringerer Entfernung vom Krater, vulcanischen Bomben ähnlich, niederfallen, ausgeworfen. Der Eruptionsprocess dauert, wenn man in der oberen Schwefelkruste nur eine Öffnung offen gelassen hat, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden, und endet, wenn man ihn nicht unterbricht, damit, dass der Krater, nachdem sich ein Kegel von $1-1\frac{1}{2}$ Fuss Durchmesser an der Basis und $2-3\frac{1}{2}$ Zoll Höhe gebildet hat, durch erstarrenden Schwefel schliesst. Während der ganzen Dauer der Eruptionen bleibt die Temperatur der geschmolzenen Schwefelmasse unter der äusseren Kruste constant auf 116° Celsius, und die Erstarrung des Schwefels geht so langsam vor sich, dass noch nach mehreren Stunden ein Theil des Schwefels im Innern der Form im flüssigen Zustande ist.

Die auf diese Art durch einen dem vulcanischen Eruptionsprocess völlig analogen Eruptionsvorgang gebildeten Schwefelkegel sind wahre Modelle vulcanischer Kegelbildung, welche die

Aufschüttungstheorie in der vollständigsten Weise illustriren. Man erhält sie in der vollkommensten Weise, wenn man dem natürlichen Vorgange künstlich etwas nachhilft. Die erste Kruste, welche sich theilweise schon während des Ausflusses des Schwefels aus dem Apparate bildet, ist uneben und rauh und in Folge dessen sind die Öffnungen, welche bleiben, sehr unregelmässig. Man thut deshalb gut, die erste Kruste vollständig zu entfernen, und eine neue ebene Kruste sich bilden zu lassen. Die Öffnungen, welche sich gewöhnlich in der Nähe des Randes der Holzform von selbst bilden, kann man leicht durch Abkühlung schliessen, und dann in die Mitte der Holzform eine künstliche Öffnung machen, damit die Eruptionen durch diese stattfinden und der Kegel sich nach allen Richtungen gleichmässig ausbilden kann. Bemalt man die Kruste gleich zu Anfang z. B. mit grüner Farbe, so hebt sich dann der durch Eruption gebildete Kegel um so deutlicher von seiner Basis ab.

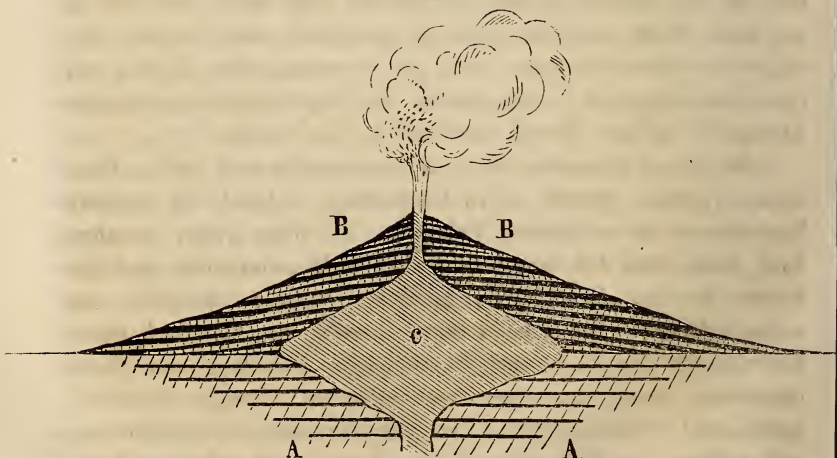
Die Aschen- und Lapilli-Auswürfe der Vulcane, deren Material die Lavaströme überdeckt und zur Bildung der Tuff- und Aschenschichten zwischen den Lavaströmen Veranlassung gibt, kann man dadurch nachahmen, dass man von Zeit zu Zeit durch ein feines Gittersieb den Schwefelkegel mit Farbstaub überstreut. Die Farbe bleibt auf den frisch ausgeflossenen Schwefelströmen, so lange sie noch warm und nicht vollständig erhärtet sind, haften, auf den älteren gänzlich erstarrten aber nicht, so dass es auf diese Weise möglich wird, die periodisch nach einander erfolgenden Schwefelergüsse auch durch verschiedene Farben zu charakterisiren, und so den Aufbau des Kegels durch periodische Ausbrüche an dem Modell anschaulicher zu machen.

Bei diesen Versuchen hat sich ferner noch eine andere Thatsache ergeben, welche einen Rückschluss erlaubt auf ähnliche Verhältnisse bei wirklichen Vulkanen. Ich habe früher erwähnt, dass, wenn man den Eruptionsprocess nicht unterbricht, sich der Krater des auf diese Weise gebildeten Kegels allmählich von selbst schliesst. Ein solcher Kegel besteht, wie man sich durch Zerschlagen desselben nach vollständiger Erkältung der Masse überzeugen kann, aus einer fast compacten körnigen Schwefelmasse, auf deren Querbruch man die einzelnen Schwefelströme, aus welchen er sich gebildet hat, kaum mehr erkennen kann.

Man kann aber den Process auch unterbrechen. Öffnet man nämlich am Rande der Holzform in der Schwefelkruste ein anderes Loch, so hören die Eruptionen durch den Krater augenblicklich auf und der in das Innere des Kegels aus der Tiefe emporgepresste geschmolzene Schwefel sinkt zurück. Untersucht man dann einen solchen Kegel, so findet man, dass er inwendig hohl ist, man findet die Innenseite mit spiessigen durchsichtigen monoklinen Schwefelkrystallen besetzt, die bei vollständiger Erkalting der Masse in Folge der Paramorphose in rhombischen Schwefel trübe werden. Es ist also klar, dass während der Dauer der Eruptionen im Innern des Kegels ein Theil des durch die früheren Eruptionen zu Tage geförderten und bereits erstarrt gewesenen Materiales, und zwar der der Eruptionsöffnung zunächst liegende Theil mit einem Theile der zuerst gebildeten Kruste wieder umgeschmolzen worden ist, so dass der äussere Kegel nur eine Hohlform oder einen Mantel darstellt, der sich kurz vor einer Eruption durch die von unten emporgepresste flüssige Masse füllt, nach der Eruption aber in Folge des Zurücksinkens der geschmolzenen Masse wieder leert.

Ich meine nun, ganz ähnlich müsse sich die Sache auch bei wirklichen Vulkanen verhalten, und würde demgemäss den Durchschnitt eines thätigen Vulcans in folgender Weise zeichnen:

Fig. 1.



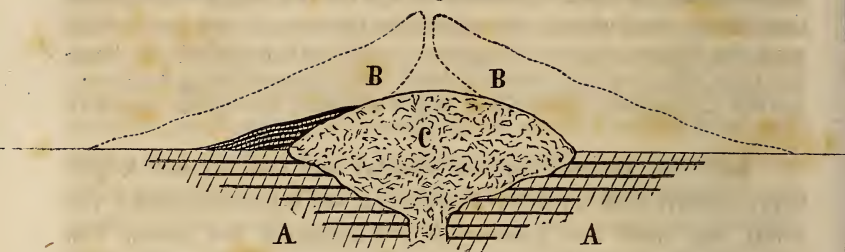
A das durchbrochene Grundgebirge, B der aus ausgeflossenem und

ausgeworfenem Materiale allmählich in Schichten aufgebaute kegelförmige Mantel des Vulcans, das vulcanische Gerüste, *C* der innere Hohlraum des Vulcans oder der Lavaraum, welcher sich periodisch mit flüssiger Lava füllt, und sich seitwärts durch Wiederumschmelzung bereits erstarrter Lavamassen entsprechend dem Wachsthum des Vulcans erweitert.

Bei einer solchen inneren Structur der vulcanischen Kegelberge erklärt sich auch die Möglichkeit seitlicher Ausbrüche von selbst, die nach der gewöhnlichen Vorstellung bei einem von oben nach unten trichterförmig sich verengenden Schlund kaum denkbar wären. Ebenso leicht lassen sich nach unserer Vorstellung die beiden in ihrer äusseren Form so ganz entgegengesetzten Grundtypen, in welchen erloschene Vulcane oder „Vulcan-Ruinen“ vorkommen, erklären, ich meine die „Dom-Vulcane“ nach der Bezeichnung Herrn v. SEEBACH's und die vulcanischen Ringgebirge oder die Kesselkratere, die „Erhebungskratere“ nach der älteren Anschauung.

Wie es nach dem oben Gesagten bei den Schwefeleruptionen der Fall ist, so sind auch bei Vulcanen am Schlusse der Eruptionen zwei Fälle denkbar. Erstens, der Krater des Vulcans schliesst sich allmählich, der Druck von unten reicht noch hin, den inneren kegelförmigen Hohlraum des Vulcans mit feurig-flüssiger Gesteinsmasse zu erfüllen, ohne dass aber ein Durchbruch durch den Krater oder durch die Seitenwände stattfindet. In diesem Falle wird sich bei der Erkaltung dieser Massen im Innern des geschichteten Mantels ein massiver Kern von gleichartiger petrographischer Beschaffenheit bilden, der bei der äusserst langsamen Abkühlung und Erstarrung unter der schützenden Hülle des Mantels in der Regel auch ein viel deutlicheres krystallinisches Gefüge zeigen wird, als die früher ausgeflossenen rasch erstarrten Laven, und daher petrographisch von diesen verschieden sein wird. Solche Vulcane mit einem massiven inneren Kern sind definitiv erloschen. Durch Abwitterung des leicht zerstörbaren geschichteten äusseren Mantels wird dann im Laufe der Zeiten der massige innere Kern blossgelegt werden, und als Endresultat des Denudationsprocesses wird eine massive Kuppe oder ein Dom vielleicht noch mit Resten des geschichteten Mantels am Fusse desselben übrig bleiben, wie es Fig. 2 darstellt.

Fig. 2.



A das durchbrochene Grundgebirge, *B* Rest des geschichteten Vulcanmantels, *C* innerer Vulkankern, aus ungeschichtetem krystallinischem Massengestein bestehend.

Auf diese Weise denke ich mir die Entstehung der trichterförmig oder keilförmig in die Tiefe fortsetzenden * dom- oder kegelförmigen Trachyt-, Phonolith-, Domit- und Basaltkuppen, überhaupt die Entstehung der sogenannten „homogenen Dom-Vulcane“ v. SEEBACH's**, die man bisher meistens als Massenausbrüche zähflüssiger, ihrem Erstarrungspuncte nahen Laven betrachtet hat. Es ist einleuchtend, dass sich dieselbe Theorie auf die Bildung der Porphy-, Melaphyr-, Diorit-Kuppen u. s. w. anwenden lässt, indem wir in denselben nur die übrig gebliebenen Kernmassen der Vulcane früherer Perioden erkennen, deren geschichteter Mantel vollständig zerstört wurde. Es sind diess Ansichten, von denen ich recht wohl weiss, dass sie nicht neu sind, sondern dass sie schon von vielen Geologen, namentlich auch

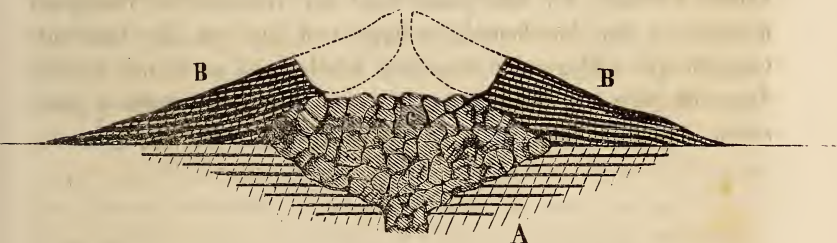
* Dr. VOGELSANG (die Vulcane der Eifel, Haarlem, 1864) bemerkt: „So weit wir über die Ausdehnung der Trachyt- und Basaltkegel nach der Tiefe zu Kenntniss haben, wissen wir, dass dieselben trichterförmig nach unten sich verengen; diese Trichterform wurde zuerst bei dem Druidenstein im Siegen'schen durch bergmännische Arbeiten festgestellt, später aber durch Steinbruchbetrieb bei mehreren rheinischen Basaltkuppen nachgewiesen, so dass eine derartige Fortsetzung nach der Tiefe wohl als allen diesen vulcanischen Kegelbergen gemeinsam angenommen werden kann. Als charakteristische Beispiele zur Beobachtung dieser unteren Trichter sind anzuführen: der Weilberg im Siebengebirge, der Scheidskopf bei Remagen und der Perlenkopf (ein Nosean-Phonolith-Kegel), bei Hannebach in der Nähe des Laacher-See's.“

** v. SEEBACH, Vorläufige Mittheilung über die typischen Verschiedenheiten im Bau der Vulcane, und über deren Ursache, Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 1866.

VON VOGELSANG, wenn gleich mit anderer Begründung, ausgesprochen wurden. Auch soll damit das wirkliche Vorkommen von Masseneruptionen in keiner Weise geleugnet werden.

Den zweiten Typus erloschener Vulcane bilden die eingestürzten Strato-Vulcane^a, die vulcanischen Ringgebirge oder Kesselkratere. Wenn die eruptive Thätigkeit eines Vulcans nach einer grösseren Eruption plötzlich unterbrochen wird, sei es in der Folge von Erdbeben *, oder durch die Öffnung benachbarter Kratere, so wird die Lava im Innern des Vulcans zurücksinken und der Vulcan wird bei offenem, oder nur oberflächlich verschüttetem Krater hohl sein. Dann sind jene gewaltigen Einstürze denkbar, bei welchen hohe Vulcankegel in sich selbst zusammenbrechen und in die Tiefe sinken, und nur der äussere Fuss in der Form eines geschichteten Ringgebirges mit colossalem Einsturzkrater stehen bleibt, wie es Fig. 3 zeigt.

Fig. 3.



A durchbrochenes Grundgebirge, *B* Ruine des geschichteten Vulcanmantels als Ringgebirge, *C* eingestürzte Massen des ursprünglichen Kegels.

Solche Vulcane sind in der Regel nicht vollständig erloschen, sondern nach einer kürzeren oder längeren Periode vollständiger Ruhe kann die Eruptionsthätigkeit von Neuem beginnen, und es bildet sich dann im Inneren des Ringgebirges ein neuer Aufschüttungskegel, wie das das Beispiel so vieler Vulcane zeigt.

Auch dieser Fall lässt sich vollständig bei der Bildung der Vulcanmodelle aus Schwefel nachahmen. Ich besitze mehrere Modelle dieser Art, bei deren Darstellung mir Herr Dr. OPL,

* Bei den Versuchen mit Schwefel hat sich nämlich auch ergeben, dass die geringste Erschütterung oder Bewegung der Holzform hinreicht, um die Eruptionserscheinungen für eine Periode von mehreren Minuten zu unterbrechen.

Chemiker der Hruschauer Sodafabrik, behilflich war, die im Kleinen vollkommen die Verhältnisse des Vesuvs mit der Somma, oder des Piks von Teneriffa mit seinem Circus darstellen. Diese Modelle mit Ringgebirgen wurden dadurch erhalten, dass wir unmittelbar nach einer Eruption den hohlen Schwefelkegel vorsichtig einbrachen, die Bruchstücke entfernten, und nun die Eruptionen von Neuem durch die frühere Öffnung oder durch eine etwas seitwärts von der früheren Öffnung angebrachte neue Öffnung beginnen liessen, um einen etwas excentrischen zweiten Kegel zu erhalten.

Die Modelle sind so täuschend naturähnlich, so wahre Miniaturbilder wirklicher Vulcane, dass jeder, der dieselben sieht, zuerst der Ansicht sein wird, dass dieselben in einer künstlich mit aller Sorgfalt nach dem Bild eines wirklichen Vulcanes geformten Matrice gegossen seien, und doch kann man sie vor seinen Augen in Zeit einer Stunde entstehen sehen. Ich kenne keinen Versuch, der das ganze Spiel der vulcanischen Thätigkeit instructiver zur Anschauung bringen und zugleich die Aufschüttungstheorie schlagender beweisen würde, und es ist nur schade, dass sich dieser hübsche Versuch wegen der nothwendigen grösseren Apparate nicht in jedem Laboratorium anstellen lässt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1871

Band/Volume: [1871](#)

Autor(en)/Author(s): Hochstetter Christian Gottlob Ferdinand

Artikel/Article: [Über den inneren Bau der Vulcane und über Miniatur-Vulcane aus Schwefel 469-478](#)