

sorgfältige Untersuchung und Darstellung der Schuttbildungen vornehmen. Aber auch die Forstämter könnten durch gründliche Beobachtung und Messung des Gekriechs an Wegeinschnitten der Unterscheidung von Gekriech und Solifluktion wesentliche Dienste leisten.

Erklärung zu Tafel I.

Fig. 1. Felsenmeer des Hornblendegranites am Felsberg bei Reichenbach im Odenwald. Die schmale Stromform tritt deutlich hervor. SO.-Seite des Berges. Vgl. S. 36.

Fig. 2. Felsenmeer auf der Nordseite des Königstuhls bei Heidelberg im Odenwald (südlich des Wolfsbrunnens). Material: oberer Geröllhorizont des Buntsandsteins. Die geringe Neigung des Untergrundes und die große Breite des Blockmeeres sind beachtenswert. Vgl. S. 37—38.

Zur Entstehung schmaler Störungszonen.

Von Hans Cloos (Marburg a. L.).

(Mit 7 Textfiguren.)

Bekanntlich fallen auch bei der Bildung von Gebirgen Nebenprodukte ab, die, ausgeschaltet aus dem Spiel der Kräfte und dem isostatischen Haushalt, an der weiteren Entwicklung nicht mehr teilnehmen, für die Erscheinungsweise aber und für das Verständnis der Entstehung des Gebirges nicht ohne Bedeutung sind.

In Schollengebirgen schieben sich so zwischen das Einerlei der Tafeln schmale Streifen oder Zonen »exotischer« Gesteine — ältere, die aus der Tiefe, jüngere, die aus einer, inzwischen zerstörten Höhe stammen. Liegt ein Graben vor, so ist die Erklärung einfach: In eine sich öffnende Zugspalte sind die Ränder, der Schwerkraft folgend, eingesunken. Aber umgekehrt? Welche Kraft hebt schmale Schollen aus großen Tiefen empor und läßt sie in jüngerer Umgebung als Horststreifen und geologische »Achsen« — oft noch mit ebenso schmalen Gräben verzwillingt — sich einnisten? Sind doch solche Schollen meist viel zu klein, als daß sie unmittelbar von unten gehoben oder daß sie allein stehen geblieben sein könnten, während links und rechts kilometerbreite Tafeln in die Tiefe gingen! Man hat die Quelle der Hebung in den größeren Nachbarschollen gesucht und jene schmalen Aufbrüche nur als Sammelinien oder als Ventile breiterer Spannungen angesehen. PHILIPPI dachte noch an isostatischen Ausgleich für sinkende Nachbarschollen, also an radiale Bewegungen, und radial und isostatisch ist auch LACHMANN'S Salzauftrieb. Zumeist aber schließt man auf seitlichen Druck: Entweder würden keilförmige Schollen, als solche schon vorhanden, nach

oben oder unten ausgezwängt, je nach der Stellung ihrer Grenzflächen (TORNQUIST, HAARMANN, WALTHER); oder es würde erst gefaltet und dann in Schollen zerschlagen (STILLE). Für besondere Fälle habe ich vom Harzrande eine Formel abgeleitet: Im Untergrunde kippen ältere Schollen, verschieben sich beim Kippen längs steilen Klüften und ihre Oberfläche dehnt sich oder schrumpft. Zu diesen Bewegungen ihrer Unterlage nimmt eine discordante Decke Stellung, indem sie streichende Schollenstreifen ausscheidet, deren Summe bald breiter, bald schmaler ist, als die unzerschnittene Decke.

Bekanntlich sind aber jenen Erklärungsversuchen Gegner entstanden: Mechanische Einwände haben sich gegen PHILIPPI und LACHMANN, stereometrische gegen STILLE erhoben (LACHMANN) und mit der »Bruchfaltung« steht nach QUIRING der Reibungswiderstand auf den steilen Bewegungsflächen in Widerspruch.

Es läßt sich nun zeigen, daß der geläufige Schluß: »Horststreifen — Seitendruck«, überhaupt nicht bindend ist, sondern daß selbst Schollen von verschwindender Breite ohne Aufpressung, nur durch Hebungen und Senkungen ihrer Nachbarschaft hochkommen können.

Alternierende Bewegungen.

Wenn sich Schollen nebeneinander heben und senken, so gleiten sie bekanntlich an Flächen, die jeweils zur tieferen Scholle einfallen (Fig. 1 I). Zu diesen »normalen Verwerfungen« rechnen CHAMBERLIN und SALISBURY (Geology I, S. 522, 2. Aufl.) etwa 90% aller. Fast jeder Steinbruch, jedes Bergwerk in geeigneter Gegend liefert Beiträge zu dieser Regel; im Basler Tafeljura (Lit. v. HUENE, CLOOS, BUXTORF, v. BUBNOFF¹) entstehen so die nach unten verjüngten Gräben und auch in der Nordfortsetzung des Rheintalgrabens fallen die Verwerfungen (der

¹) CLOOS, Tafel- und Kettenland im Basler Jura usw. Neues Jahrb. für Miner. Beil. Bd. XXX. 1910 — BUXTORF, Über vor- oder altmiocäne Verwerfungen im Basler Tafeljura. Ecl. geol. Helv. 6. I. 1906. — v. BUBNOFF, Die Tektonik der Dinkelberge bei Basel. Mitt. d. geol. Landesanst. Baden. 6, 2. 1912.

Erläuterungen zu Fig. 1, I—IV.

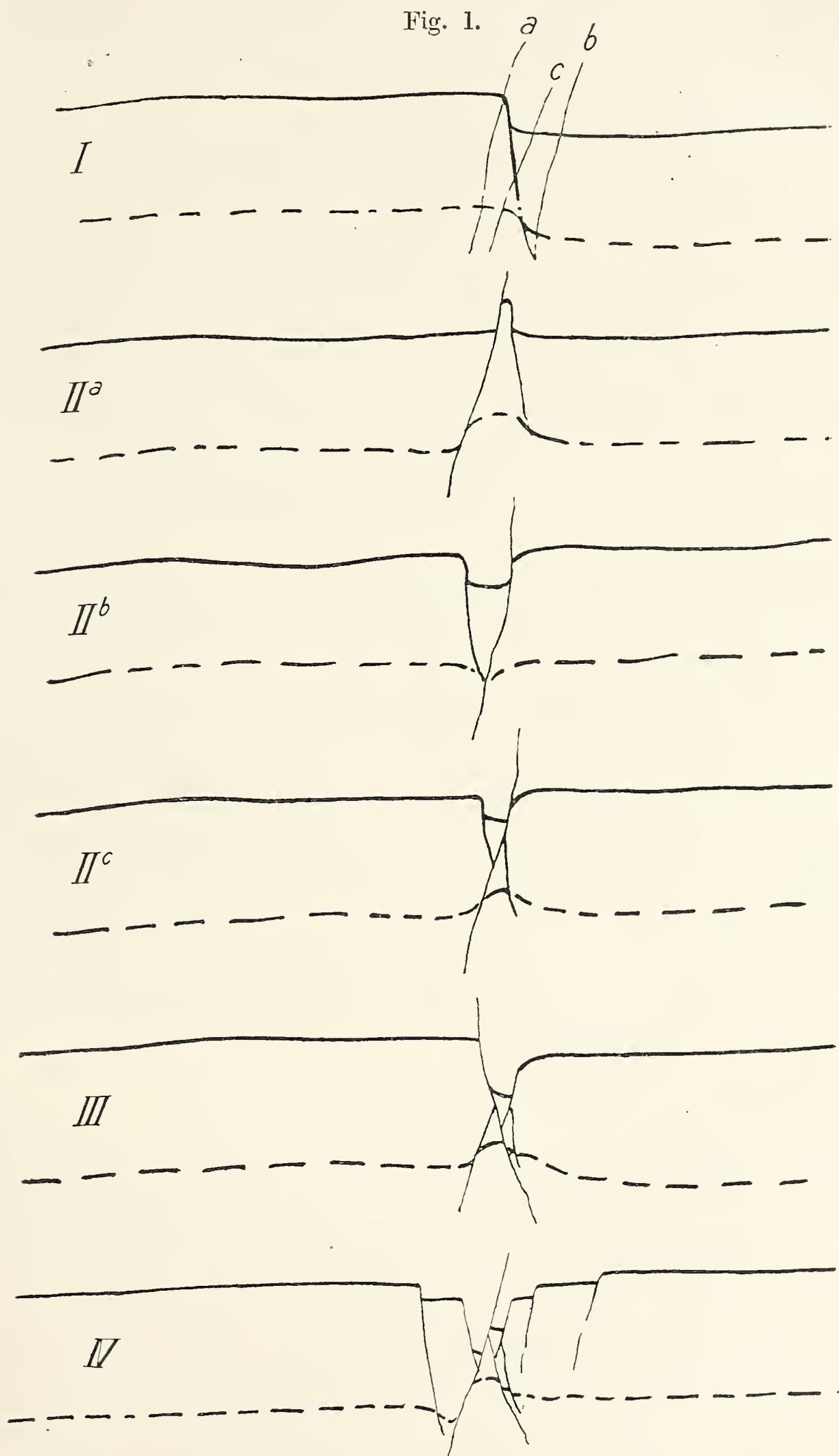
Fig. 1. Schematische Profilreihe, veranschaulicht die Entstehung schmaler Störungszonen durch alternierende Hebungen oder Senkungen zweier Schollen.

I. Sinken der rechten Scholle, Entstehung einer nach rechts fallenden, normalen Verwerfung.

II. a—c. Nachsinken der linken bzw. Wiederaufsteigen der rechten Scholle. Bildung einer nach links fallenden »normalen« Verwerfung an der schwächsten (dünnsten) Stelle. Je nach ihrer Lage schließt diese mit der ersten einen schmalen Horst (a), einen schmalen Graben (b) oder beides nebeneinander ein (c, Sprungkreuzung).

III und IV. Die Bewegungen wiederholen sich, die vorhandenen Spalten reißen neu auf und setzen in unzerschnittene Teile über, neue Spalten treten von den Hauptschollen hinzu: Herausbildung einer komplizierten Störungszone.

hessischen Triastafel — rheinische und hercynische) fast ausnahmslos mit 50, meist 60—80 (selten 90) ° unter die hangende Scholle ein²⁾.



²⁾ Trotzdem (?) trägt fast die Hälfte der von mir beobachteten Verwerfungen flache bis wagerechte Gleitstreifen. Es schließen sich also »Zerrung« und flache

Wie nun, wenn sich die Bewegung zweier Nachbarschollen unterwegs umkehrt, indem die ruhende der bewegten nacheilt oder die bewegte in ihre Ursprungslage zurückkehrt? Was geschieht, indem so die Schollen ihre tektonischen Rollen tauschen, auf ihrer Grenze? Wird die alte Verwerfung wieder benutzt oder eine neue, für die neue Bewegung »normale« Gleitfläche geschaffen?

Die Natur scheint beide Lösungen zu kennen. Harnische mit mehreren Streifenrichtungen verraten ebenso viele oder mehr Bewegungen, Harnische ohne Sprunghöhe rückgängige Bewegungen auf einer Fläche. In flagranti festgehalten wurde ein solcher Vorgang bei Aachen (Lit. HOLZAPFEL¹), wo im Laufe von zwei Jahren auf einer schiefen Kluft 11 cm hin- und fast auch wieder zurückgelegt wurden. Wäre jedoch diese Lösung häufig, so müßte gelegentlich die zweite Bewegung hinter den Ausgangspunkt der ersten zurückgehen und man müßte im Schollengebirge mehr (scheinbare) Überschiebungen (Wechsel) antreffen, als der Fall ist. Es scheint vielmehr, als ob im großen häufiger der zweite Weg beschritten, d. h. eine neue, unabhängige Bewegungsfläche geschaffen oder verwendet würde:

Wenigstens scheint dies hervorzugehen aus dem Vorkommen von Sprungkreuzungen sowie aus gewissen Beobachtungen in dem an alternierenden Bewegungen reichen Schollenfeld der

niederrheinischen Bucht.

Die breite Versenkung hat dort nicht das ganze Feld in einem ergriffen, sondern bald die eine, bald die andere Scholle bevorzugt, und Horste und Gräben haben ihre Rollen häufig getauscht²). So ist die ungewöhnliche Mächtigkeit der Braunkohle im Cölner Vorgebirge nach FLIEGEL³) nur zu verstehen, wenn sich die Scholle, der sie angehört, zur Bildungszeit

Harnische und damit Zerrung und horizontale Schollenbewegung keineswegs aus. Flache Bewegungstreifen habe ich auch mehrfach auf den Randspalten der schmalen Gräben bei Basel beobachtet.

¹) HOLZAPFEL, Die Geologie des Nordabfalles der Eifel usw. Abh. d. k. preuß. geol. Landesanstalt. Nr. 66, 1910.

²) »Senkung des Hangenden an Verwerfungen und Nachsinken des Liegenden und dadurch bedingtes, allgemeines Einsinken des Gebirges« (HOLZAPFEL, 1910, S. 199) ». . . weil die Bewegungen der einzelnen Schollen sich während der verschiedenen Perioden abgelöst haben, wie wir am Niederrhein immer wieder beobachten können« (FLIEGEL, 1910, S. 52). Neuerdings scheint stellenweise im Vorgebirge die Kohle wieder zu sinken; wenigstens deuten darauf, falls nicht der Bergbau die Schuld daran trägt, die zahlreichen Mauerrisse, unter denen die auf der Verwerfungszone stehenden Gebäude der Brikettfabrik Thürnich zu leiden haben. Die Risse fallen z. T. 60° O, d. h. ebenso wie gewisse jüngere Sprünge in der benachbarten Grube. — Vgl. auch W. C. KLEIN, Tekt. und stratigraphische Beobachtungen am SW.-Rande des Limburgischen Kohlenreviers. s'Gravenhage, 1913. (Häufige Schaukelbewegungen der NW.-Schollen in S. Limburg.)

³) FLIEGEL, Die miozäne Braunkohlenformation am Niederrhein. Abh. d. k. preuß. geol. Landesanstalt. Nr. 61, 1910.

gesenkt hat. Erst später ist aus diesem »untermiocänen Flözgraben« die Kohle wieder herausgehoben und in einen diluvialen Horst verwandelt worden. Was sich hierbei auf den Schollengrenzen abgespielt hat, lassen die Grubenaufschlüsse am Westrande erkennen: Der miocäne Graben endigt mit einer steil ostfallenden, der diluviale Horst mit einer steil westfallenden Verwerfung (Fig. 2 vom Hof Schlenderhahn), die zweite Bewegung hat also nicht den Weg der ersten, sondern einen eigenen neuen Weg beschritten. Die beiden Flächen laufen dicht nebeneinander und umschließen eine lange schmale Scholle, die, beide Male nur von den Hochbewegungen ergriffen, ihre zwei Nachbarschollen als Horst überragt¹⁾.

An anderen Stellen greift die jüngere Störung über die ältere hinweg bis auf die tiefere Scholle und nimmt einen Randstreifen von ihr zum zweiten Male mit in die Tiefe, so daß er als schmaler Graben erscheint (Fig. 3, nach den Profilen bei FLIEGEL, das ins Erfttal versunkene Stück ist ergänzt).

Der schmale Horst ist also derjenige Grenzstreifen, der an den Hochbewegungen beider Nachbarschollen, der schmale Graben derjenige, der

Fig. 2.

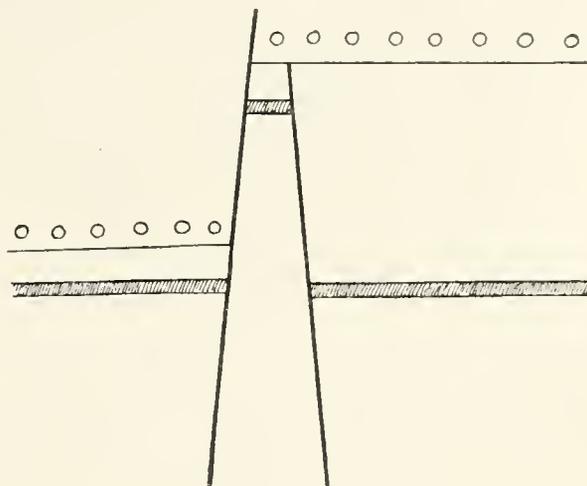


Fig. 3.

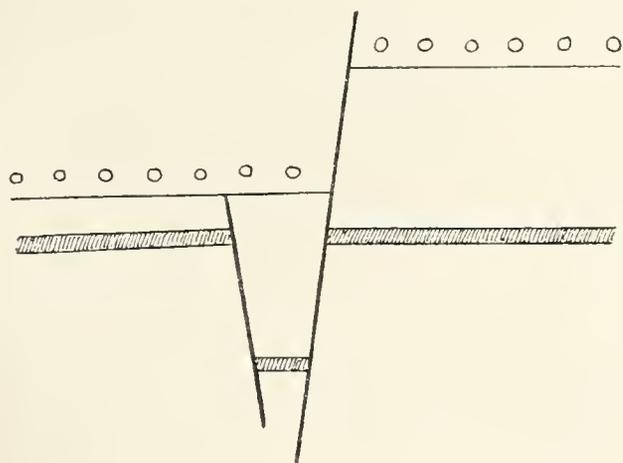
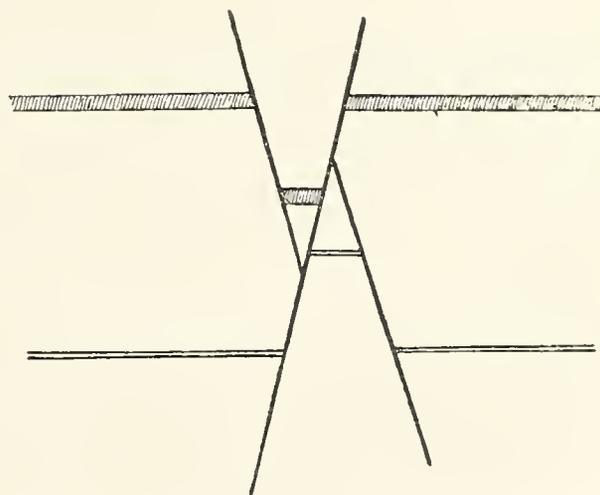


Fig. 4.



an ihren Tiefbewegungen teilgenommen hat. Die Hauptschollen links und rechts verharren in mittlerer Höhenlage.

Zwischen Horst und Graben vermittelt die Sprungkreuzung (Fig. 4). Sprungkreuzungen sind aus jedem Lehrbuch bekannt²⁾ (z. T. auch als Ursache für Horst und Grabenbildung), aber meines Wissens noch nicht von dieser Seite angesehen worden: Sprungkreuzungen entstehen, wenn anstoßende Schollen sich abwechselnd

¹⁾ Dieses findet bzw. fand sich an drei, bis 13 km voneinander entfernten Punkten des Schollenrandes mehr oder weniger vollkommen erschlossen (nach FLIEGEL).

²⁾ KAYSER, STUTZER, STELZNER-BERGEAT, WILCKENS, MARGERIE-HEIM, bes. auch KÖHLER: Die Störungen der Flöze und Lager, u. a.

senken bzw. heben. Jeweils die sinkende Scholle greift auf das Dach, die steigende auf die Sohle der Nachbarscholle über und die entstehenden Bewegungsflächen durchschneiden sich. So kommen zwischen mittelhohe Rahmen oben zweimal versenkte Schollen (Gräben), unten zweimal gehobene Schollen (Horste) zu liegen, in der Mitte gehen Horst und Graben nebeneinander her.

Für Horst und Graben ist also die Sprungkreuzung zugleich der allgemeine Fall: Setzt die zweite Verwerfung über der ersten an, so entsteht ein Horst, setzt sie unterhalb an, ein Graben; was man zu sehen bekommt, mag oft nur von der Aufschlußtiefe abhängen.

Zu gleichen Ergebnissen kommt man auch durch Überlegung: Ist eine Scholle an der anderen abgesunken (Fig. 1, I), so wird ein keilförmiges Stück der tieferen von der höheren getragen. Sinkt nun die höhere nach, so wird sie dort abreißen, wo Ober- und Unterseite beider Schollen sich am nächsten liegen, d. h. im Profil innerhalb eines Parallelogramms, in dessen kurzer Diagonale sich die Schollen berühren. In der Regel wird der Riß so durchsetzen, daß der ganze hangende Teil der Tiefscholle mitgeht (Fig. 1, IIb), einen Graben bildend. Seltener mag dieser Keil ganz oder teilweise stehen bleiben und mit ihm der liegende Keil der Hochscholle — als Horst. Vielleicht ist der Horst überhaupt nur dann in größerem Maßstabe möglich, wenn hinreichend Gewölbspannung vorhanden ist, um zwischen den Hauptschollen einen mangelhaft unterstützten Streifen in der Schwebe zu halten (Fig. 1, IIa).

Zusammengefaßt lehren Theorie und Praxis eine bis dahin bestrittene Möglichkeit: Rein durch Hebungen und Senkungen großer Tafeln können schmale Schollenstreifen in eine höhere — relativ und absolut höhere Lage getragen und in Horste verwandelt werden, seitlichen Druckes und einer Faltung oder Aufpressung bedarf es nicht. Sind doch im Gegenteil, wie die Stellung der Randspalten beweist, die Rahmenschollen sogar ein wenig auseinandergewichen.

Ich betone ausdrücklich: — es können schmale Horste auf diesem Wege entstehen. Daß, ob und wie ähnliche Endbilder außerdem durch Seitendruck erzeugt werden, diese Frage sei hier nicht berührt.

Beispiele.

Nur in diesem Sinne sei es verstanden, wenn ich im folgenden einige Bilder aus dem deutschen Boden in Vergleich ziehe — nur je ein Beispiel für große, bekannte Formengruppen.

Der Seeberg bei Gotha ist seit WALTHER das Paradigma für schmale lange Horste in Schollengebirgen. Ein Lineal von Muschelkalk zwischen kilometerbreiten Keupertafeln — unmöglich können diese gesunken, jenes allein stehen geblieben sein! So macht WALTHER die umrahmenden Tafeln zu Backen eines Schraubstocks, den Horststreifen zum Auspressungskeil und setzt Hebung und Senkung um in Schub von der Seite. Wie nun aber, wenn die Rahmenschollen sich nicht gleich-

zeitig, sondern nacheinander gesenkt hätten, die nördliche mit der südlichen abwechselnd? Wiederholen sich dann nicht die Bedingungen am Erfthtalrande? Können, ja müssen dann nicht ebenfalls Grenzstreifen ausgeschieden werden, die, von beiden Seiten mitgehoben, als Horste, mitgesenkt, als Gräben erscheinen? Beide unkompensiert und von den Nachbarschollen getragen? Und kommen wir also nicht aus mit den vorhandenen Bewegungen: breiten Senkungen und Hebungen großer Hauptschollen zwischen Harz und Thüringer Wald?

Tatsächlich wird der Seeberghorst im Nordwesten (auf dem Galberg) von einem ebenso schmalen Graben abgelöst. Tatsächlich liegen in den Steinbrüchen auf dem Großen Seeberg die Rhätliastafeln ebenso flach und ruhig, wie

die Braunkohlenformation in den Gruben des Vorgebirges¹⁾. Auch die noch immer unsichere Stellung der Randspalten auf dem Seeberg würde — so oder so — die Deutung nicht wesentlich beeinflussen. Strati-graphische Belege, wie am Niederrhein, sind in solcher Aufschlußtiefe natürlich nicht mehr zu erwarten. Die Ähnlichkeit wird aber noch vollständiger, wenn man am Vorgebirge die Randstaffeln mit aufnimmt,

die beide Schollen an die Grenzzone abgegeben haben (Fig. 5a und b). Denn dann verbreitert sich der Grenzstreifen zu einer Grabenzone, die entweder in der Mitte am tiefsten liegt oder aber mitten zwischen versenkten Schollen einen schmalen, oft noch die Rahmenschollen überragenden Horststreifen trägt (Profil CD, Tafel II in FLIEGEL, 1910, Tafel I).

Diese Lagerung ähnelt der, in Mitteldeutschland weitverbreiteten »Symbiose« eines hohen Horststreifens mit einem ebenso tiefen oder etwas tieferen Graben. Von den zahlreichen Beispielen solcher tektonischer Zwillinge auf beiden Seiten des Thüringer Waldes oder im Egge- und Teutoburgerwaldgebiet nenne ich nur STILLES Hoppenbergprofil

¹⁾ 300 m vom NO-Rande des Seeberghorstes kenne ich eine kleine Verwerfung, die mit 60° zum tieferen Flügel einfällt (Zerrung!). Die Braunkohle am Erfthtalrande ist vielfach durch »Stauchung« (FLIEGEL) mit ihrem Hangenden zusammengefaltet. Auf Gr. Maximilian fand ich diese »Faltung« mit Zerrsprüngen gepart.

Fig. 5 a.

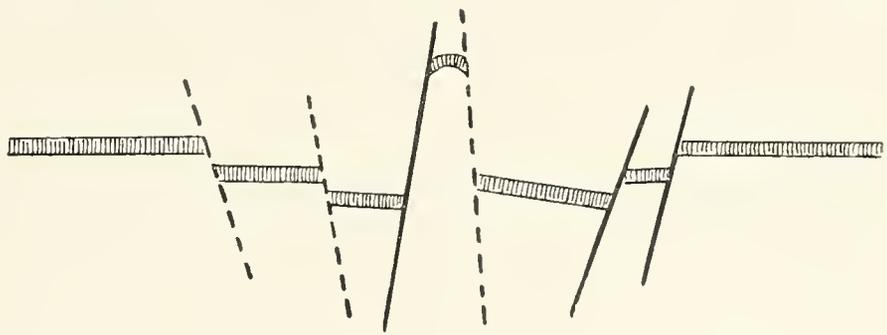
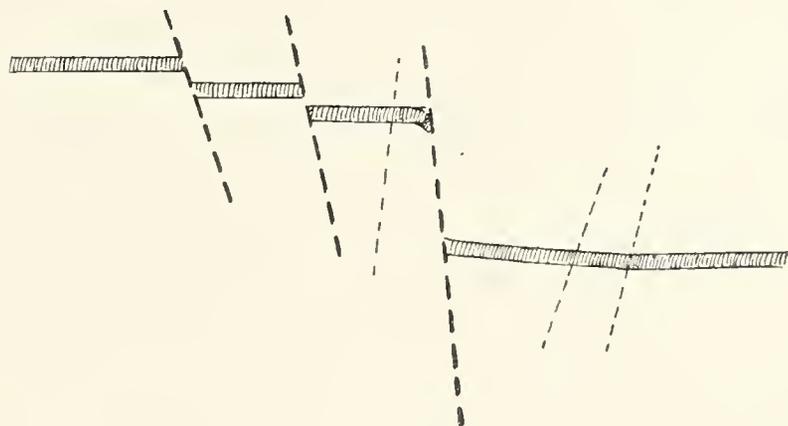
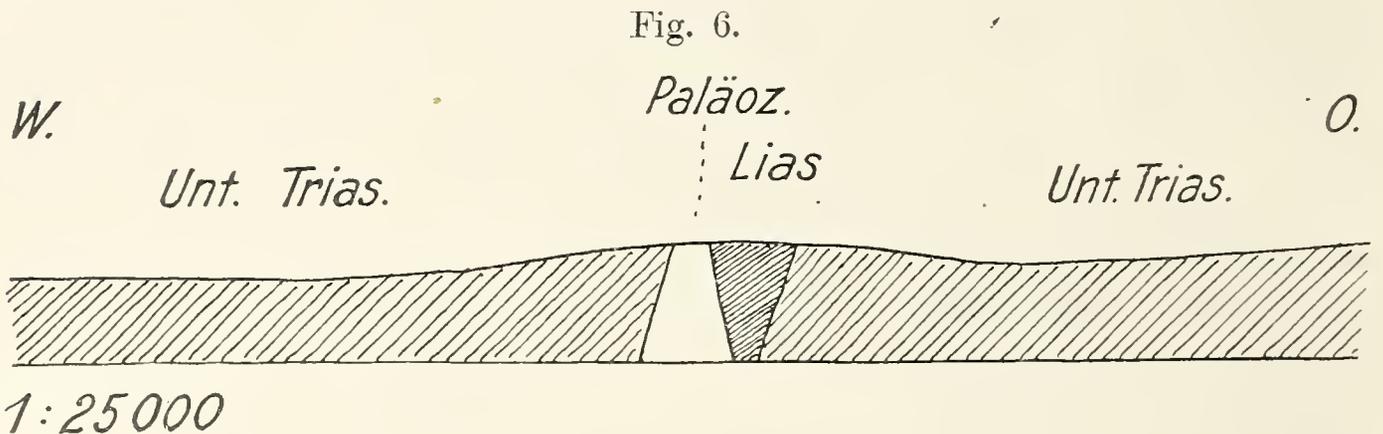


Fig. 5 b.



(Blatt Peckelsheim, Profil Fig. 6). Links und rechts liegen Buntsandstein und Muschelkalk, der Horst ist Zechstein, der Graben Lias. Im großen begegnet uns hier das Bild der Sprungkreuzung (vgl. Fig. 4). Ergänzt man nämlich die Schichten und die Verwerfungen nach oben und unten, so kommen die Verwerfungen viel eher zum Schnitt als zum Erlöschen. Die Richtigkeit der STILLESchen Zeichnung



vorausgesetzt¹⁾ muß also ein Sprung den anderen abschneiden und verwerfen und im Tunnelprofil von Altenbeken ist dies auch unmittelbar zu sehen. Allerdings müßte bei einer reinen, einmaligen Sprungkreuzung der Horst ebenso hoch gehoben sein, wie der Graben gesenkt, während am Hoppenberg und in den meisten anderen Fällen der Graben etwas tiefer liegt. Da müßten also gewöhnliche Senkungen und Hebungen mitgewirkt, insbesondere der Graben sich selbständig durch Zerrung vertieft haben, was ja ohne weiteres verständlich wäre.

Auch kann eine, der Sprungkreuzung ähnliche Schollenverteilung entstehen, wenn ein Graben schon vorhanden ist und nachher daneben ein selbständiger Horst ausgeschieden wird. In Fig. 1, IIb müßte etwa links vom Graben, aber an ihn anschließend, eine zweite linksfallende Verwerfung aufreißen. Umgekehrt könnte auch der Horst zuerst da sein und einem Graben zum Anlaß dienen. Von der Sprungkreuzung unterscheidet, daß die gleichfallenden Verwerfungen voneinander unabhängig sind, und daß ihre Sprunghöhen von vornherein verschieden groß und wesentlich geringer sein können.

Die hochkomplizierten Profile vieler Störungszonen kommen zustande, wenn man die alternierenden Bewegungen nicht beim einfachen Horst-Grabenzwilling stehen bleiben, sondern weiter gehen läßt: Werden die vorhandenen Sprünge neu belebt, so setzen sie an den Sprungkreuzen in unzerschnittene Schollen über und es entspringt eine unversieglige Quelle weiterer Zerstückelung (Fig. 1, III, IV). Das Grenzband wird in immer schmalere und immer zahlreichere Riemen zerschnitten, doch so, daß hohe und tiefe Schollen hart aneinander grenzen und gelegentlich sehr alte Horizonte in schmalen Bändern durch jüngere Nachbarschollen

¹⁾ An der ich im Gegensatz zu HAARMANN um so weniger zweifle, als die aufgeschlossenen Verwerfungen im Altenbekener Tunnel alle als »normale« gezeichnet sind.

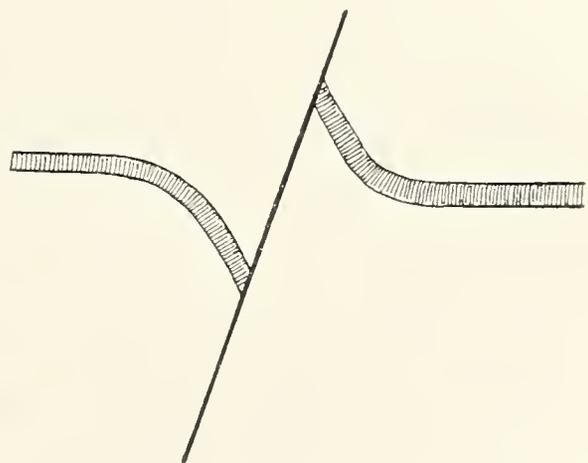
hindurchstoßen. Neue Randstaffeln werden von rechts und links beigesteuert. Breite, wenig gestörte Tafeln von mittlerer Höhenlage umrahmen die zerstückelte Zone.

Angewandt auf die Eggetektonik würde diese Darstellung von einem Widerspruch befreien, den schon LACHMANN, und neuerdings wieder HAARMANN hervorgehoben haben: Der Boden zeigt Schollenbau, die Stellung der Spalten deutet auf Zerrung, aber zahlreiche schmale Hebungsstreifen erinnern an Faltung oder Aufpressung und schienen mit Zug und Senkung unvereinbar. STILLE hat bekanntlich beides angenommen, aber nacheinander — erst Druck und Faltung, dann Senkung und Zerfall an Zugspalten. HAARMANN hilft sich, indem er STILLES Beobachtungen umdeutet, die Verwerfungen in Überschiebungen verwandelnd. Die vorliegende Untersuchung will zeigen, daß gar kein Widerspruch vorzuliegen braucht, sondern daß nötigenfalls mit dem, was wir ohnehin beobachten, auszukommen ist: Breiten Hebungen und Senkungen der beiden Großschollen im Westen und Osten, von denen schmale Grenzstreifen mitgenommen werden. Die Summe aller Hochbewegungen würde dann gleich der Sprunghöhe der höchsten Horste sein, die Summe aller Senkungen dagegen kleiner als die Sprunghöhe der tiefsten Gräben, weil sich an diesen nebenher auch die Schwerkraft, durch Zugspalten befreit, betätigen konnte.

Neben der Sprungkreuzung und ihren beiden Grenzfällen können sich alternierende Bewegungen noch auf eine vierte Weise äußern: Führt nämlich eine Senkung nicht zum Bruch, sondern nur zur Flexur, und geht dann die Bewegung zurück, so wird die Flexur — außerstande, sich wieder auszuglätten — durch Bruch zerissen (Fig. 7). Dieses Bild, als »wider sinnige Schleppung« verbreitet und schon von MARGERIE-HEIM (S. 29) ähnlich erklärt (durch »entgegengesetzte Bewegungen auf einer und derselben Spalte«), findet sich in großem Maßstabe verwirklicht längs der von BÜCKING beschriebenen Spalte im Süden des Thüringer Waldes¹⁾. Mehrere Stellen gleichen noch vollkommen dem Schema²⁾, der Hauptabschnitt dagegen trägt außerdem Spuren seitlichen Druckes.

Hier anknüpfend, möchte ich einem naheliegenden Einwand zu begegnen suchen: Finden sich nicht überall in Mitteldeutschland Druckspuren und machen diese nicht eine Erklärung wie die vorliegende unmöglich oder zum mindesten überflüssig!

Fig. 7.



1) Jahrb. Geol. L.-A. 1880, Taf. II und III.

2) Profile Nr. 4, 6, 8, 13.

Ja, vielleicht, wenn es sich um echte Faltung handelte oder etwa um die, aus Erdölgebieten bekannten Durchspießungssättel?

Aber gegen den ausgezwängten Seebergkeil und damit gegen die ganze »Bruchfaltung« im mittel- und norddeutschen Boden hat doch QUIRING angeführt, daß auf steilen Klüften der Reibungswiderstand viel zu groß sein würde, um Druck von der Seite in Bewegung nach oben (oder unten) umzusetzen. Außerdem sind in Mitteldeutschland ausnahmslos die senkrechten Sprunghöhen ganz ungleich größer als die horizontalen, während in jedem echten Faltengebiet das umgekehrte der Fall ist. Wie denn nun, wenn Senkungen und Hebungen großer Schollen das ursprüngliche wären und wenn sich diese wohl unter gleichzeitigem Seitendruck, aber nicht infolge desselben abgespielt hätten? Dann wären im allgemeinen die Bedingungen gegeben, die zur Sprungkreuzung und am Erfrande zur Ausscheidung tektonischer Grenzstreifen geführt haben, im besonderen aber könnten sehr wohl Druck-, Faltungs- und Überschiebungserscheinungen hinzutreten, die Spalten könnten sich in diesem Sinne umstellen oder einstellen, und fester als unter gleichzeitigem Zuge würden schmale Horste von ihren breiteren Rahmen gefaßt und in der Schwebe gehalten (vgl. oben!)¹).

Im Basler Tafeljura und dem angrenzenden Dinkelberg²) lösen schmale Horste und Gräben fast pedantisch einander ab; die Stellung der Randspalten beweist, daß sie unter Zug oder wenigstens ohne seitliche Beengung entstanden sind³). Im Sinne der vorliegenden Arbeit aufgefaßt, würde sich die tektonische Geschichte des Basler Schollenfeldes etwa so darstellen: Als die Juratafel von den Schultern des aufsteigenden Schwarzwaldes herabsank, war sie zu breit, um die Bewegung in einem ausführen zu können. So sank sie ungleichmäßig und in durch rheinische Linien getrennten Teilen nach und nach. Abwechselnd eilten Schollen voraus oder hinkten nach, allmählich aber glichen sich die Unterschiede so weit aus, daß heute alle Hauptteile wesentlich wieder in eine Front gerückt und zur Ruhe gekommen sind. Aber als unverwischbare Spuren dieser Vorgänge haben sich zwischen den Großschollen Grenzstreifen ausgeschieden und erhalten, auch haben sich die Bewegungsflächen ungleichseitiger Senkungen zu Horsten und Gräben gepaart. Nur wenige Schollen verharren noch heute in halbfertigem Zustand — als Bruchstufen.

In einer älteren Bearbeitung⁴) habe ich die Gräben des Tafeljuras auf Zerrung, die Zerrung auf Verbiegung zurückgeführt, ähnlich wie das später unabhängig und in erweiterter Form QUIRING tut⁵). Ich halte

1) Für die Frage des Seitendruckes an Verwerfungen scheint mir auch der von K. ANDRÉE vorgetragene Gedanke der Überquellung sehr bedeutungsvoll (»Bedingungen der Gebirgsbildung«, S. 64).

2) BÜXTORF, v. HUENE, CLOOS, v. BUBNOFF.

3) CLOOS a. a. O. S. 216ff. BUBNOFF a. a. O. S. 610ff.

4) CLOOS, N. Jahrb. Beilage Bd. XXX, 1910.

5) QUIRING, Die Entstehung der Schollengebirge, Z. d. D. G. Ges. Bd. 65, 1913.

diese Erklärung auch heute noch für die wahrscheinlichste. Aber daneben besitzt doch auch die vorliegende Deutung Vorzüge: Die vollendet aufgeschlossenen Modelle der Juragräben, die ich seiner Zeit in den Ausschachtungen des Wyhlner Kraftwerkes gesehen habe¹⁾, zwingen z. T. stereometrisch zur Annahme verworfener Verwerfungen (vgl. besonders Profil V auf Tafel XXXIII), will man anders die Schichten und die Störungen im Raume unterbringen. Auch sind im ganzen Gebiete die Grabenstreifen so gut erhalten, so scharf und parallel begrenzt, daß es schwer hält, an freien, wenn auch langsamen Fall — gleichzeitig losgelöst von beiden Wänden — zu glauben. Ebenso lassen sich die zahlreichen flachen bis horizontalen Gleitstriemen, die ich auf den Randspalten gesehen habe, besser verstehen, wenn der Grabenkeil abwechselnd mit der linken und mit der rechten Rahmenscholle verwachsen war, als wenn er aus dem Wechsel der aktiven Bewegungen ausgeschaltet und der Schwerkraft überlassen blieb. Endlich kämen wir so wiederum mit den vorhandenen Mitteln aus und könnten auf Hilfskonstruktionen verzichten, wie auf die genannte Verbiegung der Tafel oder eine mechanisch unklare Zerrung seitens des Rheintalgrabens. Wenn nach unten nur wenige Gräben und oft nur mit einer Verwerfung weitergehen (v. BUBNOFF), so käme darin etwa die »plastischere Reaktion« der belasteteren Unterschicht zum Ausdruck, die allmählich alle Brüche in Verbiegungen überführt und dann verheilt.

Zum Schluß noch eine allgemeinere Frage: Sind Bewegungen, wie die angenommenen, überhaupt wahrscheinlich und häufig genug, daß sie so weitverbreitete Lagerungsformen erzeugt haben könnten?

Ich glaube, ja. Denn, ist eine sinkende Tafel sehr breit im Verhältnis zur Dicke, so wird sie, wie das Baseler Bruchfeld, nicht im ganzen, sondern stückweise sinken und sich erst am Ziel wieder zusammen finden. Sinkt eine Scholle rasch, so kann es sein, daß sie über das (isostatische) Ziel hinauschießt und einen Teil ihres Weges zurückgehen muß²⁾. Eine Scholle kann, indem sie sinkt, eine Nachbarscholle vorübergehend aus ihrem Gleichgewicht herausbringen, so daß diese selbständig zurückkehren muß. Wird eine Scholle von einem episodischen Vorgang gehoben oder getragen, so muß sie nach Ablauf desselben in ihre Ursprungslage zurückkehren.

Auch ist die niederrheinische Bucht nicht das einzige Gebiet, wo sich alternierende Vertikalbewegungen unmittelbar, d. h. im Schichtenbau, verraten. Seltener, wegen der größeren Aufschlußtiefe, findet sich ähnliches auch sonst. GRUPE beschreibt, ohne auf unser Thema einzugehen, aus der Sollingegend Tertiärgräben, die vor Ablagerung des Tertiärs

1) BRÄNDLIN, Mitt. Bad. Geol. Landesanstalt 1912.

2) So erklärt sich möglicherweise der Sattelbau vieler Gräben im Basler Tafeljura: Die Grabenscholle, zu tief gesunken, muß sich einschränken, um den Fehler wieder gut zu machen.

Horste gewesen sind. Unter dem Tertiär ist die Trias tiefer erodiert als links und rechts davon (Lenne-Wangelstedt und Eschershausen, Profil im Exc.-Führer D. G. G. 1914, S. 10). Im Hilsgebiet verraten sich oszillierende Hebungen und Senkungen an der ungleichen Erosionstiefe zwischen Jura und Kreide zu beiden Seiten der Leine (v. KOENEN). RENNER erklärt mit dieser Tatsache den verwickelten Bau der Groß-Fredener Antiklinale. Kleinere Beispiele finden sich in der Umgebung von Marburg a. d. Lahn und lassen sich an der Höhe und Unterlage des Tertiärs aus den neuerschienenen Blättern Marburg und Niederwalgern ablesen. Ein Beispiel größten Stiles bietet vielleicht die bekannte Regel, daß in Norddeutschland Tertiär fast nie auf Kreide, sondern meist auf älteren Formationen ruht, die Niedergebiete der Kreidezeit und der Tertiärzeit also einander ausschließen oder ablösen (?). Es sind das nur einige, mir zufällig bekannte Beispiele. Hätten wir mehr Sedimente aus den tektonischen Blütezeiten, so würde sich zweifellos ihre Zahl rasch vermehren. Stammen doch nicht ohne Grund unsere besten Beispiele aus einem Gebiete diluvialer und rezenter Gebirgsbildung. Schließlich erzählt ja fast jede größere Schichtenfolge, wie der Boden auf und abstieg, während die Gesteine anwuchsen.

Zusammenfassung.

Tektonische Wunden sind fast immer unheilbar. Wie die Falte, durch Druck geschaffen, sich nicht wieder ausglättet, wenn an ihren Schenkeln gezogen wird, so hinterlassen auch senkrechte Bewegungen oft Spuren, die bleiben, auch wenn die Bewegung zurückgeht: Bewegen sich Schollen der Erdkruste nicht dauernd in gleicher Richtung, sondern aneinander auf und nieder, so geben sie schmale Gesteinsstreifen wechselweise aneinander ab. Solche Grenzstreifen, die beiderseits an den Hochbewegungen teilnehmen, können weit über die tektonische Höhenlage ihrer Rahmenschollen emporwachsen und werden zu Horsten; nehmen sie nur oder vorwiegend an den Senkungen teil, zu Gräben. Unter besonderen Umständen fallen tiefste Gräben und höchste Horste dicht nebeneinander (z. B. Sprungkreuzung), unter anderen Bedingungen entsteht eine widersinnig zerschnittene Flexur. Dauern die Auf- und Abbewegungen länger an, so wird das Grenzgebiet in immer zahlreichere und immer schmalere Streifen zerschnitten und eine Störungszone entwickelt sich, die, beständig verwickelter und beständig dünner werdend, alle künftigen Spannungen anzieht und in sich zur Auslösung bringt.

So ist es möglich, daß Lagerungsformen, hinter denen man bis dahin Seitendruck und tangentielle Bewegung gesucht hat, nur durch die alltäglichen Kräfte und Vorgänge der Schollengebirge geschaffen werden: durch Hebungen und Senkungen breiter Tafeln und von Druck oder Zug vielleicht beeinflußt, aber nicht abhängig.

Hattonchatel, im Frühjahr 1916.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Cloos Hans

Artikel/Article: [Zur Entstehung schmaler Störungszonen 41-52](#)