

## 7. Die stereographische Darstellung tektonischer Formen im „Würfeldiagramm“ auf „Stereo-Millimeterpapier“.

Von Herrn ERICH STACH, Berlin-Pankow.

(Mit 31 Textfiguren.)

### Vorwort.

Die Anregung zu der nachstehenden Arbeit erhielt ich durch Untersuchung der Störungen im östlichen Teil des Ruhrkohlenbeckens, die ich auf Veranlassung von Herrn Prof. ERICH HAARMANN unternommen habe und deren Ergebnisse ich an anderer Stelle veröffentlichen werde. Herr Prof. HAARMANN legte stets besonderen Wert auf eine anschauliche Darstellungsart der Störungen. Bei der Suche nach einer solchen fand ich unter den bisherigen keine, die mich befriedigt hätte. Nach mancherlei Versuchen kam ich schließlich auf die nachstehend beschriebene Darstellung von Störungen im „Würfeldiagramm“, mit der ich eine Lösung der wissenschaftlich und praktisch gleichbedeutsamen Aufgabe zu geben glaube. Noch muß ich den Herren Geheimrat Prof. Dr. J. F. POMPECKJ und Prof. JOHNSEN ebenso wie Herrn Prof. HAARMANN danken für ihr großes Interesse und den wertvollen Rat, mit dem sie meine Arbeit wesentlich gefördert haben.

Geol.-Paläont. Institut der Universität, im April 1922.

### Einleitung.

Es ist oft außerordentlich schwer, tektonische Vorgänge und Bilder durch die bloße Vorstellung sich selbst wie auch durch Beschreibung allein anderen dem Verständnis näherzubringen. Deswegen ist es zweckmäßig, bei der Erklärung schwieriger tektonischer Verhältnisse die zeichnerische Darstellung zur Hilfe zu nehmen. Arbeiten, die Gebiete der Tektonik behandeln, sind deshalb auch zumeist von Zeichnungen begleitet, die ein rascheres Verständnis der vorliegenden Fragen vermitteln sollen.

Dies wird indessen nicht immer erreicht, da meist nur Flächenzeichnungen, wie Grundriß, Quer- und Längsprofil getrennt dargestellt werden. Ein bei weitem anschaulicheres Bild einer Störung läßt sich dadurch hervorrufen, daß man diese drei Flächenzeichnun-

gen zu einer stereographischen Darstellung zusammenfaßt. Solche Zeichnungen haben sich als äußerst praktisch und manchmal geradezu als notwendig erwiesen. Ich habe nun versucht, eine Methode zur Konstruktion schematischer stereographischer Abbildungen zu finden.

Die Arbeiten von W. SALOMON<sup>1)</sup>, W. SPITZ<sup>2)</sup>, O. SEITZ<sup>3)</sup> u. a., welche die Darstellung von Klüften und Harnischen behandeln, geben in der Hauptsache schematische Hilfsmittel für die Kartierung, die den Überblick über eine große Anzahl von Kluft- und Harnischbeobachtungen erleichtern sollen. Im Gegensatz und in Ergänzung dazu soll hier die zeichnerisch-räumliche Abbildung von Verwerfungen und Rutschstreifen behandelt werden, wodurch sie perspektivisch dargestellt werden. Stereographische Darstellungen von Störungen sind teilweise von R. DANNENBERG<sup>4)</sup> gegeben worden, indessen werden dort von den tektonischen Formen nur einzelne Sprünge und Wechsel, nicht aber Kombinationen von Störungen, Störungen in gefalteten Schichten oder Rutschstreifen abgebildet.

### Beschreibung des Würfelendiagramms.

Der Weg, sich eines räumlichen Diagramms zur Veranschaulichung von Lagerungsverhältnissen bzw. Störungsvorgängen zu bedienen, ist wohl zuerst von den Amerikanern beschritten worden. Es sind jedoch solche „Blockdiagramme“ in erster Linie für die Morphologie der Erdoberfläche angewandt worden.

Für die Tektonik im besonderen wird dieses Hilfsmittel seltenerweise verhältnismäßig wenig benutzt. Aber gerade für die Tektonik liefert es, wie im folgenden zu zeigen versucht werden soll, eine Möglichkeit für besonders anschauliche Darstellung.

<sup>1)</sup> W. SALOMON, Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften und Harnischen mit besonderer Berücksichtigung des Rheintalgrabens. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 63, Heft 4, 1911.

<sup>2)</sup> W. SPITZ, Versuche, eines Schemas zur Darstellung von Kluft- und Harnischbeobachtungen. Jahresber. des Oberrhein. Geol. Ver. 1913. Neue Folge, Bd. III, Heft 1, S. 48—57.

<sup>3)</sup> O. SEITZ, Ueber die Tektonik der Lügauer Alpen. Verhandl. d. Naturh.-mediz. Ver. zu Heidelberg. Bd. 13, S. 533, 1917.

<sup>4)</sup> R. DANNENBERG, Über Verwerfungen. Ber. über die Bergschulen im Bezirke der Königl. Bergwerksdirektion zu Saarbrücken. Saarbrücken 1883.

Zur Ermöglichung sowohl der zeichnerischen Konstruktion als auch des Ablesens der Winkel, unter denen eine Fläche im Raume steht, habe ich für das Diagramm nicht die Form eines Blocks mit ungleichen Kanten, sondern die eines Würfels gewählt. (Fig. 1.) Der Würfel ist so gestellt, daß drei in einer Ecke aufeinander senkrecht stehende Kanten nach vorn gerichtet sind und im Mittelpunkt der Figur zusammenstoßen. Die Ecke A liegt also dem Beschauer von allen Würfecken am nächsten. Die Würfecken B, C, D, E, F und G liegen bei dieser symmetrischen Projektion auf einem Kreis. Es ist dies ein parallelperspektivisches Bild des Würfels, bei dem also die gleichgerichteten Kanten untereinander parallel sind, im Gegensatz zum zentralperspektivischen, bei dem parallele Kanten nach einem Fluchtpunkt hin zusammenlaufen. Sämtliche Kanten des Würfels sind bei dieser symmetrischen Stellung auch in der Figur

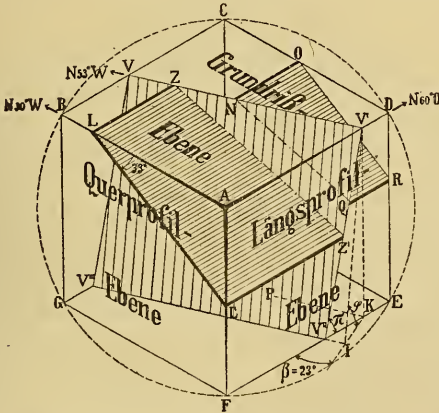


Fig. 1. Konstruktion eines Sprunges im Würfel-Diagramm.

untereinander gleich lang. Die obere Würfel-Fläche bezeichne ich als Grundrißebene, die darunterliegenden als Quer- und Längsprofilebenen. Dann haben Grundriß-, Quer- und Längsprofilfläche in der Zeichnung untereinander den gleichen Flächeninhalt. Keine Fläche ist bevorzugt oder benachteiligt durch abweichende Größe, die bei unsymmetrischer Stellung des Würfels auftreten und stören würde. Es sind alle drei Zeichnungen gleichmäßig perspektivisch verzerrt und kommen also gleichmäßig zur Geltung. Die drei vorderen gleich langen Kanten entsprechen den

drei aufeinander senkrechten, einander gleichwertigen Koordinaten des Raumes. AF bezeichnet die Vertikale. Schreibt man an die Kanten AB und AD noch die Himmelsrichtung, so ist eine Fläche, die man durch den Würfel legt, in bezug auf ihre Lage im Raum eindeutig bestimmt. Die Hilfszeichnung des Würfels hat nun den Zweck, sowohl die Konstruktion einer Störung zu ermöglichen als auch ihre Zeichnung nach Augenmaß zu erleichtern, wobei die Würfelkanten dem Auge einen Anhalt bieten sollen.

Um Winkel und Strecken auf den drei vorderen Würfelflächen in ihrer perspektivischen Projektion getreu eintragen zu können, sind diese drei Flächen netzförmig eingeteilt, wie es Fig. 2 zeigt. Für die Eintragung von Streichen und Fallen einer Fläche, also von Winkeln, sind die Würfelflächen je mit einer Einteilung in viermal  $90^\circ$

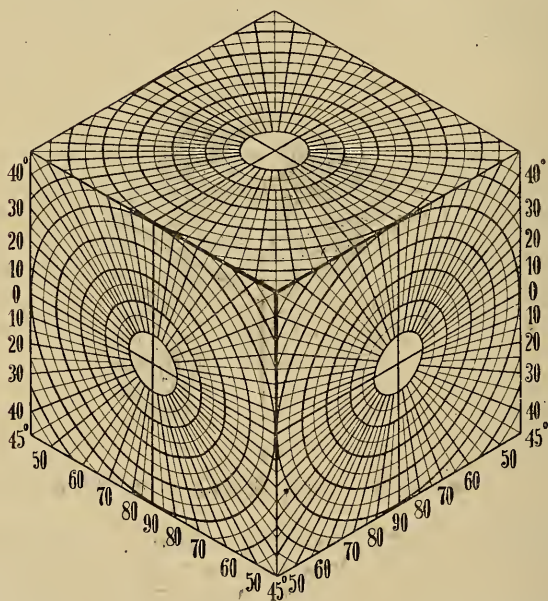


Fig. 2. Würfelendiagramm mit Konstruktionsnetz.

versehen. Die Bezifferung der Gradeinteilung des Grundrisses ist fortgelassen, da sie sich nach dem betreffenden Fall richtet, den man darstellen will, wogegen Quer- und Längsprofil ihre Einteilung immer beibehalten. Für die Eintragung von Strecken sind auf die Würfelflächen konzen-



trische Kreise aufgetragen, die gleiche Abstände voneinander besitzen und sich in der Figur als konzentrische und ähnliche Ellipsen projizieren. Die Anzahl der Kreise ist so gewählt, daß z. B. die im Querprofil mit O bezeichnete Horizontale (und mithin die Würfelkante) in zehn gleiche Teile eingeteilt wird (durch fünf stärker ausgezogene Ellipsen). Jede Strecke in einer der drei Ebenen wird bei einer Drehung in der betreffenden Ebene entweder verkürzt oder verlängert, je nachdem, ob die Strecke sich einer dem kleineren oder größeren Ellipsendurchmesser parallelen Lage nähert. In dieses Schema<sup>5)</sup> (Fig. 2) lassen sich nun die Störungsbilder einzeichnen.

### Konstruktion eines Sprunges und seiner Rutschstreifen.

Als Beispiel will ich die Konstruktion eines Sprunges mit Streichen N 53° W und Fallen 78° SW der eine Leitschicht oder ein Flöz mit Streichen N 60° O und Fallen 33° SO verwirft, durchführen. Querprofile werden bekanntlich zweckmäßig möglichst genau senkrecht zum Streichen der Schichten und Längsprofile parallel zu letzteren gelegt. Wählt man z. B. den linken Rhombus des Würfel-diagramms zur Querprofilebene, so muß die auf ihr senkrecht stehende Würfelkante AD (Fig. 1) mit der Streichrichtung der Schichten, also mit N 60° O bezeichnet werden, wenn man die Windrose in viermal 90° einteilt. Damit ist die Orientierung des Würfels und die Bezifferung der Gradeinteilung des Grundrisses festgelegt. Die Bezifferung läßt sich am oberen Rand des Diagramms eintragen und richtet sich also nach dem jeweiligen Schichtenstreichen. Um den Sprung im Grundriß einzuzichnen, hat man nur zu der Richtung N 53° W eine Parallele VV' in geeigneter Lage zu ziehen. Auf dieser trägt man die gegebene Größe der horizontalen Sprungweite ZN ab, deren perspektivische Verzerrung sich aus der Einteilung des VV' parallelen Ellipsendurchmessers ergibt. Das Streichen der

<sup>5)</sup> S. den Nachtrag!

Will man vorhandene Grundrisse und Profile in ein Würfel-diagramm bringen, so läßt sich das dadurch bewerkstelligen, daß man diese in gleich große Quadrate einteilt. Die Würfel-flächen müssen dann in die entsprechende Anzahl voneinander gleichen Rhomben zerlegt werden. Mit Hilfe dieser Netze überträgt man nun die Zeichnungen auf die Würfel-flächen. Die Genauigkeit wird um so größer, je engmaschiger das Netz gewählt wird.

Leitschicht ist N 60° O, also müssen die Ausstrichlinien derselben, LZ und NO parallel der Würfelkante AD verlaufen. Damit ist das perspektivische Bild des Grundrisses konstruiert.

Das Querprofil ist dadurch gegeben, daß man durch den Punkt L eine Parallele LL' zu der Richtung 33° SO in der Querprofilebene legt. In dieser erscheint die Falllinie der Leitschicht.

Das Einfallen des Sprunges im Längsprofil läßt sich nicht ohne weiteres genau einzeichnen, da die Sprungfläche die Längsprofilebene in diesem Fall nicht senkrecht schneidet, sondern schräg zu ihr steht. Es treten daher im Längsprofil nicht der wahre Fallwinkel und die Falllinie des Sprunges auf, sondern ein Winkel von kleinerem Wert, der sog. Profilwinkel.

Den Profilwinkel  $\pi$ , den der Sprung im Längsprofil mit der Horizontalen bildet, findet man rechnerisch nach der Formel:

$$\operatorname{tg} \pi = \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

worin  $\varphi$  den wahren Fallwinkel des Sprunges (in unserem Fall 78°) und  $\beta$  den Winkel bezeichnet, welchen die Fallrichtung KI mit der Würfelkante EF bildet.

Die Ableitung dieser Formel, die z. B. bei Tunnel- und Stollenbauten zur Bestimmung des sogenannten Profilverflächens verwendet wird, sei hier kurz wiedergegeben (Fig. 1).

$$\frac{V'K}{IK} = \operatorname{tg} \varphi$$

$$V'K = IK \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$\frac{V'K}{V''K} = \operatorname{tg} \pi$$

$$V'K = V''K \cdot \operatorname{tg} \pi$$

folglich ist

$$V''K \cdot \operatorname{tg} \pi = IK \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$\operatorname{tg} \pi = \frac{IK}{V''K} \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Im Dreieck IKV'' ist  $\frac{IK}{V''K} = \cos \beta$ :

$$\operatorname{tg} \pi = \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

PK parallel VV' (N 53° W) bildet mit der Würfelkante FE (N 60° O) den Winkel PKF von 67°. Da die Fallrichtung KI senkrecht zum Streichen des Sprunges steht,

so muß der Winkel  $\beta$  den Winkel PKF zu  $90^\circ$  ergänzen, also  $23^\circ$  betragen. Setzt man die Werte für  $\varphi$  und  $\beta$  in die Formel ein, so erhält man  $\pi = 77^\circ$ . Das Einfallen des Sprunges im Längsprofil beträgt also  $77^\circ$  und läßt sich nun als Parallele zu der Richtung  $77^\circ$  SW durch den Punkt V' in die Längsprofilebene einzeichnen. Damit ist die Lage der Verwerfungsfläche  $VV'V''V'''$  und der Leitschicht im Würfeldiagramm bestimmt, denn die Schnittlinien dieser Flächen mit parallelen Würfel­flächen sind natürlich einander parallel. OR ist parallel LL'. Im Längsprofil müssen QR und L'Z' parallel AD verlaufen. Die Kreuzlinien NQ und ZZ', die Schnittlinien der Verwerfungsfläche mit den Teilen der Leitschicht ergeben sich dann von selbst und sind einander parallel, wenn keine Drehung der Schollen stattfindet.

Sollen Rutschstreifen dargestellt werden, die in der Falllinie liegen, so muß diese konstruiert werden. Man fällt zu diesem Zweck von V' auf FE die Senkrechte V'K. In der unteren Würfebene trägt man in K einen Winkel  $\beta = 23^\circ$  an, der den Winkel PKF zu  $90^\circ$  ergänzt, dann ist KI die Fallrichtung und V'I die Falllinie. Die Rutschstreifen müssen dann parallel V'I in die Sprungfläche eingezeichnet werden.

Die Harnischstreifen bilden häufig einen Winkel mit der Falllinie. Wegen der großen Bedeutung der Gleitstreifen für tektonische Untersuchungen sei hier kurz auf ihre stereometrischen Verhältnisse und deren Darstellung eingegangen. Die Lage der Rutschstreifen im Raum wird eindeutig bestimmt durch zwei Faktoren, die Streifenrichtung (V'R in Fig. 3), das ist die Himmelsrichtung, nach welcher der Streifen einfällt, und den Streifenwinkel ( $\sigma$  in Fig. 3), das ist der Winkel, den ein Streifen auf der Gleitfläche mit seiner Projektion auf die horizontale Ebene bildet. Ist die Streifenrichtung gleich dem Kluftstreichen, und ist der Streifenwinkel Null, so liegen die Gleitstreifen horizontal. Ist die Streifenrichtung um  $90^\circ$  gegen das Verwerfungsstreichen gedreht, so liegen die Streifen in der Fallrichtung. Im Felde wird man in seltenen Fällen die Möglichkeit haben, beide Daten an derselben Fläche genau messen zu können. Bei flachliegenden Verwerfungsflächen wird sich immer die Streifenrichtung, bei steilstehenden der Streifenwinkel leichter messen lassen.

Das Würfeldiagramm bietet die Möglichkeit, aus der gemessenen Streifenrichtung den Streifenwinkel auf äußerst

einfache Weise zu konstruieren. Die Streifenrichtung  $V'R$  läßt sich wie jede andere Richtung in der Grundrißebene festlegen. Fällt man von  $R$  das Lot  $RW$  auf die Störungsfläche, d. h. zieht man durch  $R$  eine Parallele zu der Würfelkante  $BG$ , so erhält man die Streifenlage  $V'W$

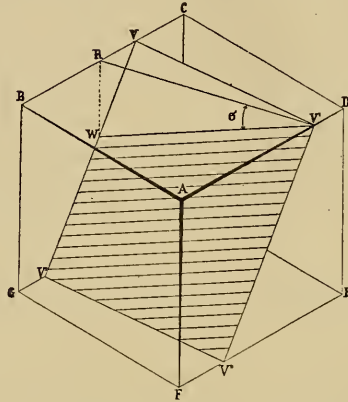


Fig. 3. Darstellung der Rutschstreifen.

auf der Verwerfungsfläche und mithin den Streifenwinkel  $\sigma$  ( $RV'W$ ), d. h. den Winkel, den die Streifenrichtung mit dem senkrecht unter ihr liegenden Streifen bildet.

Statt Streifenrichtung und Streifenwinkel zu messen, hat es sich nach dem Vorschlag von E. HAARMANN als praktischer erwiesen, den Winkel zu messen, den die Streifenlage  $V'W$  mit dem Streichen  $V'V$  einschließt, der also auf der Verwerfungsfläche liegt ( $VV'W$ ). Im Diagramm läßt er sich in der Weise eintragen, daß man durch  $V$  die Fallinie der Störungsfläche legt, wodurch bei  $V$  ein rechter Winkel entsteht, und ihn mit Hilfe seiner Tangensfunktion einzeichnet.

In sehr vielen Fällen wird es indessen überhaupt nicht erforderlich sein, die einzelnen im Felde oder unter Tage gemessenen Daten mit mathematischer Genauigkeit einzutragen. Es wird vielmehr eine Zeichnung nach Augenmaß den gleichen Zweck, nämlich ein anschauliches räumliches Bild hervorzurufen, erfüllen können. Mathematische Genauigkeit ist oft aus dem Grunde nicht erforderlich, weil die bei solchen Messungen oft nicht zu vermeidenden Fehler in viel weiteren Grenzen schwanken, als die bei einer



zeichnerischen Konstruktion vorkommenden Ungenauigkeiten. Hierauf ist schon von R. DANNENBERG (a. a. O. S. 6) aufmerksam gemacht worden.

### Darstellung von Verwerfungen in geneigten Schichten.

Im folgenden seien einige Beispiele häufiger auftretender Verwerfungen und einige Spezialfälle durch Würfel-diagramme erläutert.

Man unterscheidet von jeher in stereometrischer Hinsicht querschlägige, spießwinklige und streichende Verwerfungen. Diese können rechtsinniges und widersinniges Einfallen aufweisen, und die Verwerfungsfläche kann ein stärkeres Einfallen besitzen als die Lagerstätte, bzw. die Leitschicht, und umgekehrt.

#### Sprünge.

Fig. 4 zeigt einen Sprung, der genau querschlägig verläuft, d. h. sein Streichen steht rechtwinklig zu dem der Leitschicht. Im Gegensatz zu Fig 1 liegen hier die Falllinie und der wahre Fallwinkel des Sprunges im

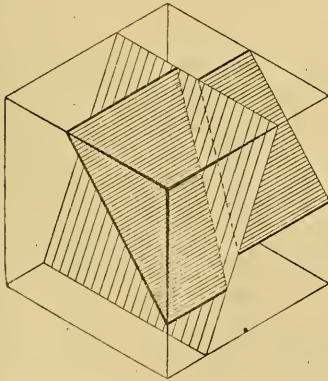


Fig. 4. Querschlägiger Sprung.

Längsprofil. Im Grundriß kommt die seitliche Verstellung der Leitschicht bei vertikalem Absinken des Hangenden, die sogenannte Sprungweite zum Ausdruck. Die Sprungweite ist abhängig von der Sprunghöhe, den Einfallswinkeln des Sprunges und der Leitschicht und dem Winkel, den die Streichlinien beider miteinander bilden. Auch die Größe des Sprungwinkels ist ersichtlich. Als Sprung-

winkel wird der Winkel der Kreuzlinie mit der Streichlinie der Verwerfung im Hangenden der Leitschicht bezeichnet<sup>6)</sup>. Ein derartiges Diagramm mag auch zur Veranschaulichung der SCHMIDT-ZIMMERMANN'schen Regel für die Ausrichtung der Sprünge dienen. Die Schraffur der Sprungfläche stellt die Rutschstreifen, d. h. also die Bewegungsrichtung dar<sup>7)</sup>.

Die Bewegungsrichtung stimmt bei Fig. 4 wie bei den meisten hier wiedergegebenen Beispielen mit der Fallrichtung überein.

Die Größe und Richtung der Bewegungsbahn ist gegeben durch die in der Fallinie liegende Strecke, welche durch die beiden Kreuzlinien begrenzt ist. Längs dieser Bahn soll sich der abgleitende vordere Flügel bewegt haben. Seine dargestellte Lage kann er jedoch auch auf andere Weise als durch senkrecht Abrutschen erhalten<sup>8)</sup>. Be-

<sup>6)</sup> Die praktische Bedeutung des Sprungwinkels für die Ausrichtung von Störungen ist von E. SCHAPER in einem vom rein stereometrischen Standpunkt geschriebenen mit zahlreichen Zeichnungen ausgestatteten Büchlein behandelt worden: Anleitung zum Erkennen und Ausrichten der Sprünge und Wechsel im Steinkohlengebirge. Gelsenkirchen, Verlag von CARL BERTENBURG 1900.

<sup>7)</sup> Dabei muß betont werden, daß Rutschstreifen in der Natur an allen Verwerfungsarten vorkommen können und für gewöhnlich auch vorhanden sind, also auch an Sprüngen, an Dehnungsstörungen. Rutschstreifen sind keineswegs auf Druckstörungen beschränkt, wie JOHANNES WALTHER annimmt, der aus dem Auftreten von Gleitstreifen auf Pressungsstörungen schließt. (Über tektonische Druckspalten und Zugspalten. Diese Zeitschr. 1914, Bd. 66, Monatsber. S. 291: „Endlich aber sehen wir auf den meisten Verwerfungsspalten so häufige und deutliche Harnische und Rutschstreifen, daß wir mit Sicherheit nach ihnen einen auf die Spaltenfläche wirkenden seitlichen Druck annehmen müssen.“) Der Druck der abgleitenden hangenden Scholle allein auf die liegende genügt vollkommen, um solche Streifen und Rillen zu erzeugen. In den folgenden Darstellungen sind in jedem Falle Rutschstreifen abgebildet worden.

<sup>8)</sup> B. SROČES, Wann kann die Bewegungsbahn bei den Verwerfungen angegeben werden? Berg- u. hüttenmänn. Jahrb. 1918, Bd. 66, S. 181. SROČES gibt hier eine sehr einfache und übersichtliche zeichnerische Konstruktion, mit Hilfe deren beispielsweise bei Verwerfungen in Sätteln und Mulden die Bewegungsbahn auch ohne Kenntnis der Rutschstreifen ermittelt werden kann. Diese Konstruktion kann für den Geologen wichtig werden, wenn weder Aufschlüsse unter Tage vorhanden, noch Rutschstreifen über Tage an der Verwerfung zu beobachten sind. Bei ebenen geneigten Schichten läßt sich ohne Kenntnis der Rutschstreifen die Bewegungsbahn nicht feststellen.

trachtet man (Fig. 5) einen bestimmten Punkt  $P$  der Kreuzlinie  $KK'$  des stehengebliebenen Flözteils, so muß diesem Punkt ein anderer auf der zweiten Kreuzlinie (oder Scharlungsline)  $kk'$  entsprechen. Sind keine Rutschstreifen vorhanden, so kann nicht ohne weiteres angegeben werden, wie

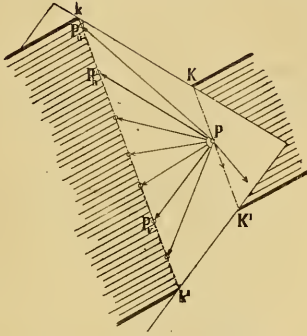


Fig. 5. Bewegungsbahnen auf einer Verwerfungsfläche.

die Bewegungsbahn verläuft, und welche Größe sie besitzt. Es kann sich z. B. auch durch eine horizontale Verschiebung ( $PP_h$ ) die gleiche Verstellung der Schollen gegeneinander ergeben, wie bei vertikalem Absinken ( $PP_v$ ). Aus diesem Grunde werden Horizontalverschiebungen vielfach nicht als solche erkannt, sondern als einfache Sprünge angesehen. Durch schräges Abgleiten in einer der angegebenen Pfeilrichtungen entsteht ein sog. *schräger Sprung*<sup>9)</sup>. Alle diese Bewegungsbahnen haben nicht nur verschiedene Richtung, sondern auch verschiedene Länge. Durch verschieden gerichtete und verschieden lange Bewegungsbahnen kann also das gleiche Endbild entstehen. Dieses kann sogar eine *schräge Überschiebung* darstellen, falls die aufwärts gerichtete Bewegungsbahn flacher einfällt als die Kreuzlinie ( $PP_h$ ). Verläuft die Bewegungsrichtung der Kreuzlinie parallel, d. h. liegt sie in der Ebene der Leitschicht, so tritt überhaupt keine Verstellung der letzteren ein. Die Teile der Leitschicht sind lediglich im Fallen gegeneinander verschoben. Fällt die abwärts gerichtete Bewegungsbahn flacher ein als die Kreuzlinie, so erscheint im Grundriß wie im Längsprofil das gewöhnliche Bild einer Überschiebung, obgleich ein *schräger Sprung*

<sup>9)</sup> H. v. HÖFER, Die Verwerfungen. Braunschweig 1917.

vorliegt. Sind Einfallen der Leitschicht und der Bewegungsrichtung gleichsinnig, so sucht die horizontale Bewegungskomponente die Leitschicht in entgegengesetzter Richtung zu verstellen wie die vertikale.

Unter den Sprüngen lassen sich verschiedene Formen unterscheiden. Bei einem Sprung, bei dem die Sprungfläche saiger steht (Saigersprung) läßt es sich nicht ohne weiteres feststellen, ob die eine Scholle gesunken, oder aber die andere gehoben worden ist. Auch eine Seitenverschiebung oder Horizontalverschiebung kann vorliegen. In diesem Fall müßten die Harnischstreifen horizontal verlaufen.

In Fig. 6 ist ein Liegendsprung (BORNHARDT) abgebildet. Die mittlere Scholle ist beim Absinken in das

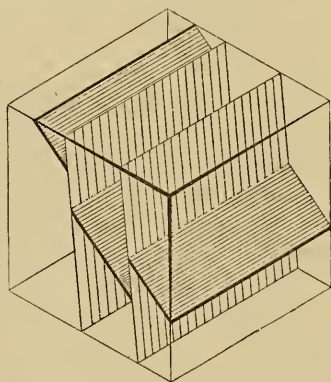


Fig. 6. Streichender Liegendsprung.

Liegende einer stehengebliebenen Scholle geraten. Man erhält hier das Bild einer Über- bzw. Unterschiebung. Daß man es nicht mit einer Überschiebung zu tun hat, ergibt sich aus der Beschaffenheit der Störungskluft. Den Liegendsprung als Unterschiebung zu bezeichnen, erscheint deswegen als nicht zweckmäßig, weil man dann versucht sein könnte, in der Verwerfung eine Pressungsstörung zu sehen, während man es beim Liegendsprung wie bei jedem Sprung mit einer Dehnungsstörung zu tun hat. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß bei schrägem Absinken der Liegendscholle die Störung als schräger Liegendsprung<sup>10)</sup> bezeichnet werden kann.

<sup>10)</sup> H. v. HÖFER, Die Verwerfungen.



Hat das Fallen des Sprunges den entgegengesetzten Sinn wie das Fallen der Schichten, so tritt das Bild eines widersinnigen oder abfallenden Sprunges auf (Fig. 7). Verlaufen Kluft- und Lagerstättenstreichen miteinander parallel, so ergibt sich die Unterscheidung von recht-

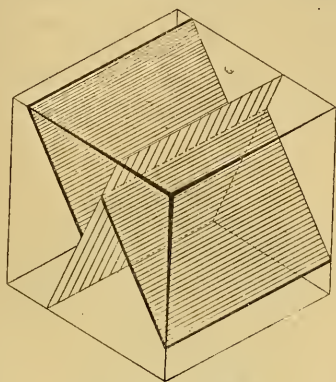


Fig. 7. Streichender widersinniger Sprung.

sinnigem und widersinnigem Einfallen von selbst. Ist jedoch das Streichen verschieden, d. h. verläuft die Störung spießwinklig, so ist das Fallen rechtsinnig; wenn die Fallrichtungen innerhalb derselben Quadranten nach ein- und derselben Seite sich in die Tiefe erstrecken, widersinnig dagegen, wenn sie nach verschiedenen Seiten gerichtet sind<sup>11)</sup>. Bei querschlägigem Verlauf hört der Unterschied zwischen rechtsinnigem und widersinnigem Einfallen auf.

In Fig. 8 sind Grundriß und Profil einer Verwerfung abgebildet, die nach dem Profil als Sprung angesehen werden

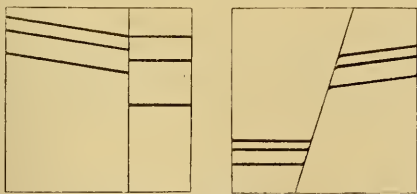


Fig. 8.

das Streichen und also auch die Fallrichtung der Schichten kann. Im Grundriß ist zu erkennen, daß durch den Sprung

<sup>11)</sup> R. DANNENBERG, Über Verwerfungen.

geändert worden ist, wie dies auch das Profil und der verschiedene Abstand der Schichten beiderseits des Sprunges im Grundriß und im Profil zeigt. Das Abgleiten an der Verwerfung kann also nicht als Parallelverschiebung der Schollen vor sich gegangen sein, sondern mit dem Absinken muß eine drehende Bewegung verbunden gewesen sein.

Das folgende Bild (Fig. 9) zeigt nun die Lagerungsverhältnisse von Fig. 8 im Würfeldiagramm dargestellt. Dieses liefert das räumliche Bild eines Drehverwurfs<sup>12)</sup>, in diesem Falle eines Drehsprungs, bei dem nur die

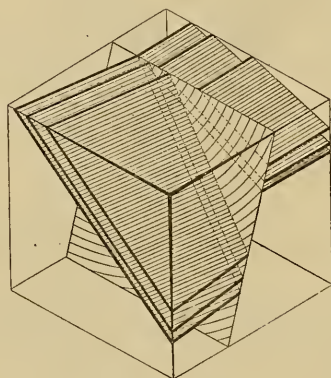


Fig. 9. Drehsprung.

Wirkung der drehenden Bewegung ohne vertikales Absinken dargestellt ist. In diesem Fall beschreiben die Rutschstreifen Kreisbögen um den im Grundriß liegenden Drehungspunkt. Die Kreuzlinien verlaufen nicht mehr einander parallel, sondern konvergieren und schließen miteinander den größten Winkel ein, um welchen die Schollen gegeneinander gedreht sind. Der Winkel, um den die Schollen in horizontaler Richtung gegeneinander verschoben sind, läßt sich zeichnerisch im Würfeldiagramm leicht konstruieren.

Denkt man sich den Schichtenkomplex und die Verwerfung mit den Kreuzlinien nach oben hin fortgesetzt, so geht der Sprung in eine Überschiebung über und man erhält einen sog. zweiseitigen Drehverwurf (HÖFER).

<sup>12)</sup> H. v. HÖFER, Die Verwerfungen.

Als Beweis einer stattgehabten Drehbewegung gibt HÖFER zwei Merkmale an: „1. Die Divergenz des Streichens und Verflächens einer Leitschicht beiderseits des Verwerfers und 2. die Konvergenz der Kreuzlinien im Verwerfer.“ Verschiedenes Einfallen der Schichten zu beiden Seiten einer Störung, wie es im Ruhrgebiet häufig zu beobachten ist, läßt zuweilen eine Drehung der betreffenden Schollen erkennen.

### Sprungkreuzungen.

Ein etwas komplizierteres Bild zeigt sich bei der Durchkreuzung mehrerer Sprünge. Von den hierbei entstehenden nicht immer leicht vorstellbaren Lagerungsverhältnissen läßt sich durch stereographische Darstellung ein klares Bild gewinnen. Zu dem in Fig. 4 wiedergegebenen querschlägigen Sprung ist in Fig 10 ein zweiter, nach der entgegengesetzten Seite hin einfallender

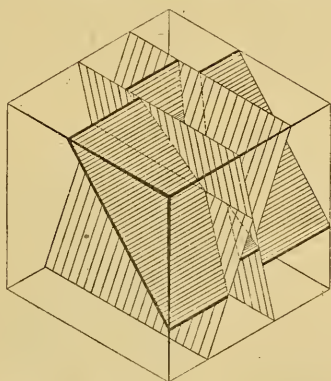


Fig. 10. Kreuzung zweier querschlägiger Sprünge.

hinzugekommen. Dadurch ist der erste, ältere Sprung mitverworfen. Im Grundriß ist durch die Kreuzung der beiden Sprünge das Bild eines Grabens entstanden. Die Bildung von Sprungkreuzungen ist von H. Cloos<sup>13)</sup> genauer beschrieben worden. „Sprungkreuzungen entstehen, wenn anstoßende Schollen sich abwechselnd senken bzw. heben. 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 ab-

<sup>13)</sup> H. Cloos, Zur Entstehung schmaler Störungszonen. Geol. Rundschau, Bd. VII, Heft 1—2, 1916.

hängen.“ Eine Mittelstellung zwischen Horst und Graben nimmt die Sprungkreuzung ein. Man kann die Sprungkreuzung mit Cloos als „allgemeinen Fall für Horst und Graben“ bezeichnen. Je nachdem man ein Niveau betrachtet, das über oder unter den (in unserem Fall horizontalen) Schnittlinien der beiden Sprungflächen liegt, sieht man einen Graben oder einen Horst. In einem Niveau zwischen diesen beiden Schnittlinien werden nebeneinander Horst und Graben angetroffen. Die beiden Sprünge streichen in diesem Fall parallel; das Bild kompliziert sich noch weiter, wenn zwei sich auch im Grundriß durchschneidende Sprünge dargestellt werden.

### Überschiebungen.

Bei einer querschlägigen Überschiebung, bei der also die hangende Scholle über die liegende in der Fallrichtung hinaufgeschoben wurde, entstehen im Grundriß und Längsprofil die entgegengesetzten Verstellungen der Leitschicht wie bei einem querschlägigen Sprung (Fig. 11). Im Grundriß erscheint die horizontale Querverschiebung,

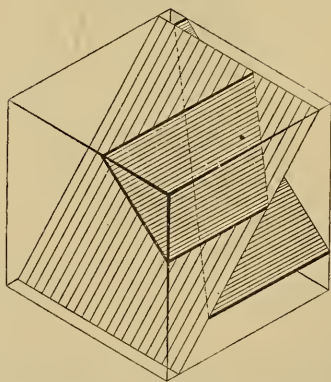


Fig. 11. Querschlägige Überschiebung.

im Querprofil die flache Schubhöhe, aus der sich die saigere Schubhöhe konstruieren läßt. Die Überschiebung ist „deckend“. Deckung erfolgt, wenn die Überschiebung steiler einfällt als die Schichten. Die Deckung wird besonders groß, wenn sich das Einfallen des Wechsels dem der Schichten nähert. Fällt die Überschiebung flacher ein, so kommt es im Gegenteil zu einer Trennung und Auseinanderziehung der Schichten (s. Fig. 14 b).



Querschlägige Überschiebungen sind selten. Hauptsächlich findet man streichende und spießwinklige Überschiebungen (Fig. 12). Bei spießwinkligen Überschiebungen, die steiler einfallen als die Schichten, macht sich auch im Grundriß eine Verdoppelung der verworfenen Schichten bemerkbar. Je spießwinkliger der Wechsel die

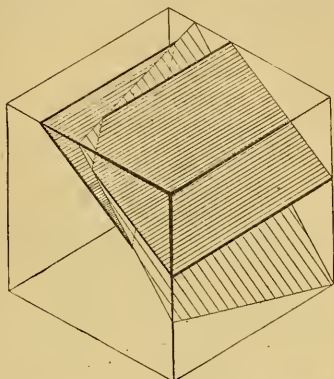


Fig. 12. Spießwinklige deckende Überschiebung.

Schichten in der Horizontalen durchsetzt, um so größer ist die seitliche Verstellung im Grundriß. Die flache Schubhöhe liegt in diesem Fall nicht genau im Querprofil, sondern in der Vertikalebene, die durch die Falllinie der Verwerfungsfläche geht. Ebenso wie bei Sprüngen kann auch bei Überschiebungen die Bewegung schräg zur Fallrichtung vor sich gegangen sein, was aus der Richtung der Rutschstreifen zu erkennen ist. Für schräge Überschiebungen gilt entsprechend das für schräge Sprünge (S. 00) Gesagte. Durch Überschiebungen kann ein Bild entstehen, das einem häufigen Sprungbilde gleichkommt.

#### Kreuzung von Überschiebungen.

In Fig. 13 ist eine Durchkreuzung zweier querschlägiger Überschiebungen dargestellt. Zu dem in Fig. 11 gezeichneten Querwechsel ist noch ein zweiter, nach der entgegengesetzten Seite hin einfallender, hinzugekommen. Im Grundriß und Querprofil entstehen die entgegengesetzten Bilder wie bei der Durchkreuzung zweier Sprünge (Fig. 10). E. HAARMANN<sup>14)</sup> hat nachgewiesen, daß

<sup>14)</sup> E. HAARMANN, Über Stauung und Zerrung durch einmalige und wiederholte Störungen, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1920, Bd. 72, Abhandl. S. 227.

nicht nur bei Sprungkreuzungen (für die Cloos es gezeigt hat), sondern auch bei Kreuzungen von Kompressionsstörungen (Überschiebungen) je nach der Lage des Horizontalschnittes Gräben oder Horste oder beide unmittelbar nebeneinander entstehen können. In Fig. 13 zeigt der Grundriß einen Horst, der bei flacherer Lagerung der Schichten noch deutlicher in die Erscheinung treten würde.

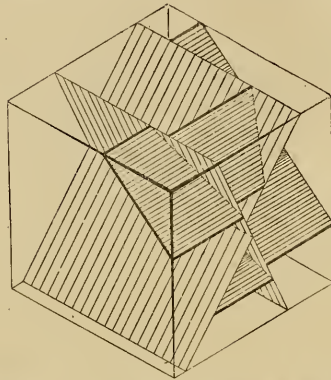


Fig. 13. Überschiebungskreuzung.

#### Sprünge und Überschiebungen mit gleichem Grundriß.

Wie notwendig eine stereographische Darstellung für die richtige Erkennung der Verwerfungsart werden kann, sollen die folgenden Figuren 14 und 15 erläutern. In Fig. 14 sind zwei verschiedene Verwerfungen konstruiert, welche

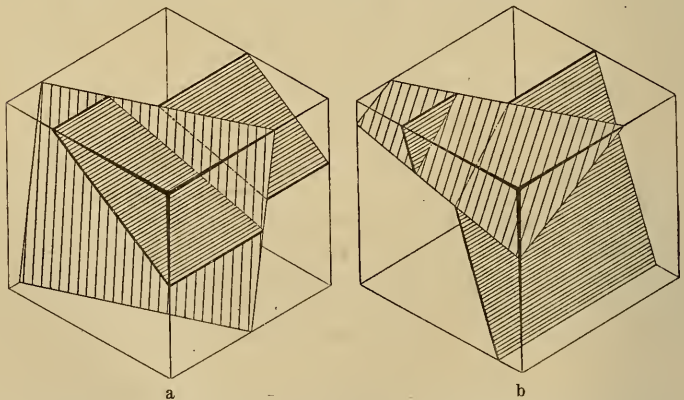


Fig. 14. Sprung und Überschiebung mit gleichem Grundriß.

den gleichen Grundriß zeigen. Nicht nur das Streichen der Verwerfung und der Leitschicht in Fig. 14a ist gleich dem in 14b, sondern auch die entsprechenden Fallrichtungen stimmen überein. Trotzdem sind die Charaktere der beiden Störungen voneinander völlig andersartig. Die erste ist ein Sprung, also eine Dehnungsverwerfung, die zweite eine Überschiebung, eine Preßungsstörung; es liegen also zwei Dislokationen vor, die ihrer Entstehung nach grundverschieden sind. Würden nun einem Geologen zur Beurteilung dieser beiden Verwerfungen nur die Grundrißbilder zur Verfügung stehen, was bei Oberflächenkartierungen häufig der Fall ist, so wäre er nicht ohne weiteres in der Lage, anzugeben, ob ein Sprung oder eine Überschiebung vorliegt. Daß diese beiden Verwerfungen, durch entgegengesetzt gerichtete Bewegungen parallel der Falllinie des Verwerfers entstanden, das gleiche Grundrißbild zeigen, erklärt sich aus dem verschiedenen Verhältnis des Einfallens der Störung zu dem Einfallen der Leitschicht. Der Sprung in Fig. 14a fällt steiler, die Überschiebung in 14b flacher ein als die Schichten. Den Einfallswinkel in den Grundrissen müssen also die Fallwinkel sowohl der Verwerfung als auch der Schichten beigegeben werden, um die Erkennung eines Sprungs oder einer Überschiebung zu ermöglichen. Aber auch dann noch wird die Beurteilung schwierig sein. Eine klare, sichere Vorstellung erhält man erst dann, wenn man diese Verhältnisse räumlich darstellt. Fig. 14a stellt eine in der Natur sehr häufig vorkommende Verwerfung dar, während eine Überschiebung wie in Fig. 14b nicht so häufig, aber doch auch verschiedentlich beobachtet werden kann. Bei Außerachtlassung der Größe der Fallwinkel würde man daher zunächst geneigt sein, auch den Grundriß in Fig. 14b einem Sprung zuzuschreiben. Die umgekehrten Verhältnisse sind in Fig. 15a und b wiedergegeben, wo gleichfalls zwei verschieden geartete Verwerfungen mit gleichem Grundriß dargestellt sind. Die Überschiebung in 15a fällt steiler, der Sprung in 15b flacher ein als die Leitschicht. Die spießwinklige Überschiebung ist die von beiden häufiger zu beobachtende Verwerfung. Deswegen könnte man bei flüchtiger Beurteilung des Grundrisses in Fig. 15b leicht zu dem falschen Schluß kommen, eine Überschiebung vor sich zu haben. In allen Fällen ist angenommen, daß die Bewegung längs der Falllinie der Verwerfung stattgefunden hat. Wie bereits (S. 00)

erwähnt, sind die durch eine Verwerfung entstehenden Grundrisse und Profile auch abhängig von der Richtung und Länge der Bewegungsbahn. Diese muß also gleichfalls in dem stereographischen Bild enthalten sein. Erst aus der Richtung der Bewegungsbahn auf der Verwerfungsfläche wird man dann erkennen können, welcher Art die vorliegende Dislokation ist. Zum Beispiel kann Fig. 14 b. auch durch eine Horizontalverschiebung oder sogar durch einen schrägen Sprung entstehen; desgleichen läßt sich Fig. 14 a als durch schräge Ueberschiebung entstanden erklären. Hierüber muß die Bewegungsbahn, die meist mit Hilfe der Rutschstreifen gefunden wird, Aufschluß geben.

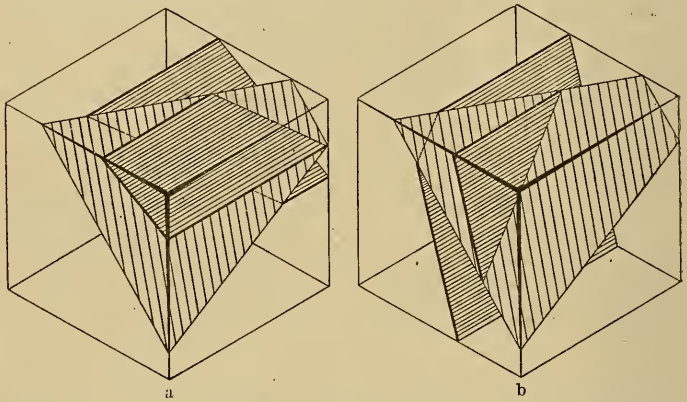


Fig. 15. Überschiebung und Sprung mit gleichem Grundriß.

#### Beispiel einer Verwerfungskreuzung.

In Fig. 16 links ist ein aus der Natur genommenes Beispiel einer Kombination zweier Dislokationen dargestellt. Dieses Profil fand sich in einem Steinbruch der oberen

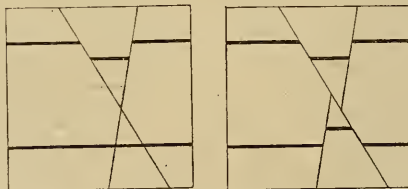


Fig. 16. Verwerfungskreuzungen.

Trias von Dürnberg bei Hallein. Auf die Eigenart dieses Profils, das im ersten Augenblick schwer erklärlich scheint,



wurde von J. F. POMPECKJ aufmerksam gemacht. Eine Sprungkreuzung in der Art, wie sie in Fig. 10 abgebildet worden ist, kann nicht vorliegen, da nicht die entsprechenden Verschiebungen der Leitschicht vorhanden sind. Zum Vergleich ist das Profil einer Sprungkreuzung daneben gestellt. Hier ist erstens ein Sprung mitverworfen und zweitens auch die untere Leitschicht verschoben. Dagegen kreuzen sich die Verwerfungen im Profil links ohne gegenseitige Verschiebung und ferner ist die Lage der unteren Leitschicht durch die Klüfte unverändert geblieben.

Eine mögliche Erklärung dieses Profils (nach POMPECKJ) soll Fig. 17 bieten. Nur die obere keilförmige Scholle hat sich, wie die Gleitstreifen anzeigen sollen, längs-

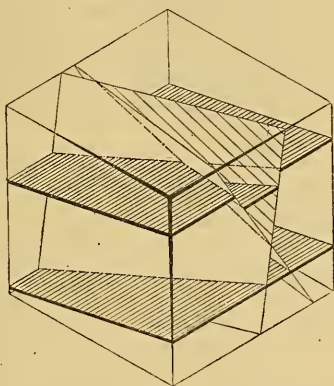


Fig. 17.

der Klüftflächen nach vorn abwärts bewegt. Die übrige von den Klüften durchsetzte Schichtenmasse ist stehen geblieben. Dieser Bewegungsvorgang, dessen Ursache eine verschiedenartige gewesen sein kann, ist durchaus leicht vorstellbar und erklärt das beobachtete Profil vollkommen.

#### Horizontalverschiebungen.

In Fig. 18 ist eine Horizontalverschiebung wiedergegeben. Der Grundriß ist der einer Überschiebung. Würde die Störungsfläche nach der entgegengesetzten Seite einfallen, so würde der Grundriß einen Sprung zeigen.

#### Gänge.

Sind Klüfte und Verwerfungsspalten durch Ausfüllung mit Mineralien oder Erzen in Gänge umgewandelt, so ist

die Gestalt eines solchen Erzkörpers außer von der Form und Weite der Kluft auch von der Beschaffenheit des Nebengesteins abhängig, das ja bekanntlich ein wichtiger Faktor für die Ausfällung von Mineralien in Gangklüften ist. Sind nun die vom Gang durchsetzten Schichten geneigt, so wird die Gangmasse auf der Störungsfläche sich nicht gleichmäßig in die Tiefe erstrecken, sondern schräg zur

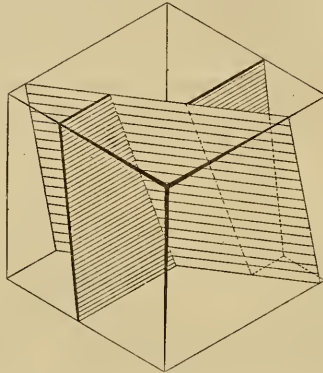


Fig. 18. Horizontalverschiebung.

Fallinie, und zwar parallel den Kreuzlinien zwischen Verwerfungsfläche und den Schichtflächen des Nebengesteins. Man bezeichnet dieses Verhalten als das „Einschieben der Gänge“. In Fig. 19 a—d sind die Stereogramme

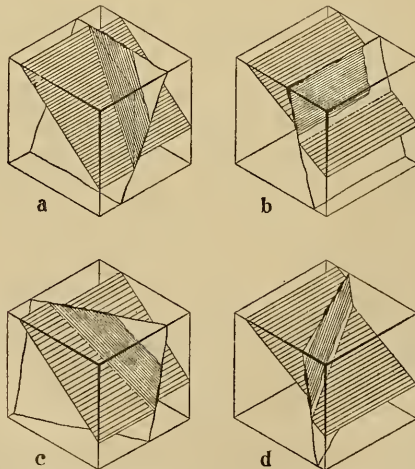


Fig. 19. Einschieben von Gängen.  
(Nach Skizzen von W. BORNHARDT.)

für das Einschieben der Siegerländer Gänge nach den Skizzen von W. BORNHARDT<sup>15)</sup> wiedergegeben worden. Die Schichten besitzen hier hauptsächlich SW—NO-Streichen und fallen nach SO ein. Je nachdem, wie die Kluft die Schichten streichend schneidet und einfällt, ergibt sich die Himmelsrichtung, in welcher der Gang „einschiebt“. In Fig. 19 a ist die Richtung des Einschiebens, d. h. der Kreuzlinie, auf den Grundriß projiziert. Bei Fig. 19 b ist das Einschieben horizontal, da die Kreuzlinie horizontal verläuft, in Fig. 19 c schiebt der Gang nach SO, in Fig. 19 d nach SSW ein.

### Darstellung von Verwerfungen in Sätteln und Mulden.

Verwerfungen in horizontalen Falten.

In gleicher Weise wie in ebenen geneigten Schichten lassen sich auch Verwerfungen in gefalteten Schichten in Sätteln und Mulden stereographisch im Würfeldiagramm darstellen.

Den Blockdiagrammen gegenüber, in denen diese Verhältnisse zum Teil schon dargestellt worden sind<sup>16)</sup>, haben diese Bilder die Eigenschaft, daß in ihnen die Kreuzlinien und überhaupt die Verwerfungs- und Schichtflächen innerhalb des Blocks zum Ausdruck kommen. Fig. 20 gibt

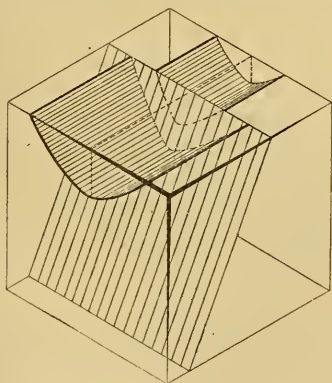


Fig. 20. Querschlägiger Sprung durch eine gleichschenklige Mulde.

<sup>15)</sup> W. BORNHARDT, Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung. Archiv f. Lagerstättenforschung. Heft 2, 1910, Teil I, S. 41, Fig. 8.

<sup>16)</sup> E. KAYSER, Lehrbuch der Geologie, Teil I, 5. Aufl., S. 243 und 244 und 6. Aufl., S. 268, und CHAMBERLAIN-SALISBURY, Geology. Processes and their results. London. Second Edition 1908, S. 522.

die Lagerungsverhältnisse wieder, die beim Durchsetzen eines querschlägigen Sprunges durch eine gleichschenklige Mulde entstehen. Da die Mulde gleichschenklige, d. h. symmetrisch gebaut ist, so ist auch die seitliche Verstellung der beiden Muldenflügel im Grundriß symmetrisch. Die Muldenflügel haben sich von der Muldenachse<sup>17)</sup> nach beiden Seiten hin gleichweit voneinander entfernt. Die Verschiebung der Muldenschenkel im Grundriß hängt ebenfalls, wie die Verstellung in ebenen geneigten Schichten, von der Sprunghöhe ab, ferner von den Fallwinkeln des Sprunges und der Muldenflügel und dem Winkel, den die Streichlinien der Verwerfung und der Mulde miteinander bilden. Die Muldenachse hat bei vertikalem Absinken ihre Lage im Grundriß nicht verändert. Würde der Sprung spießwinklig verlaufen (stumpfer Sprungswinkel), so würde auch bei vertikalem Abgleiten die Muldenachse seitlich verschoben werden. Also auch bei gleichem Einfallen der Muldenschenkel, d. h. bei vertikal stehender Achsenebene, kann (bei einem spießwinkligen Sprung) ein Verspringen der Muldenachse auftreten, denn die Achsenebene verhält sich bei dem Verwurf wie eine Schicht und muß infolgedessen bei einem Saigerverwurf an einer Sprungfläche mit stumpfem Sprungswinkel wie jede Schicht eine seitliche Verstellung im Grundriß erfahren.

Durchschneidet ein querschlägiger Sprung einen Sattel (Fig. 21), so rücken in der abgesunkenen Scholle die Ausstrichlinien näher zusammen, bis sie zu einer Linie, der Sattelachse, zusammenfallen. Geht das Absinken noch weiter, so erreicht die dargestellte Leitschicht das Grundrißniveau nicht mehr, würde also in dem betreffenden Grundriß nicht mehr auftreten. Aus dem Querprofil ist dann zu ersehen, in welcher Tiefe sich die Leitschicht im abgesunkenen Teil befindet.

In Fig. 22 ist dieser Sprung durch einen zweiten, nach der entgegengesetzten Richtung einfallenden, um einen geringen Betrag verworfen worden. Am meisten abgesunken ist der unmittelbar unter dem Grundrißniveau zwischen den beiden Sprüngen liegende Teil des Sattels. Er ist durch

<sup>17)</sup> Unter Faltenachse (Sattelachse, Muldenachse) verstehe ich mit E. HAARMANN die Linie, welche an der Biegung einer gefalteten Schicht entlang laufend gedacht wird. E. HAARMANN, Zur Terminologie der Falten und Flexuren. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1922. Monatsber. 3/4, S. 121.



den ersten Sprung nach vorn abwärts, dann durch den zweiten Sprung nach hinten abwärts bewegt worden. Die geringe Sprunghöhe reicht schon aus, um die Leitschicht an dieser Stelle nicht mehr im Grundriß erscheinen zu lassen.

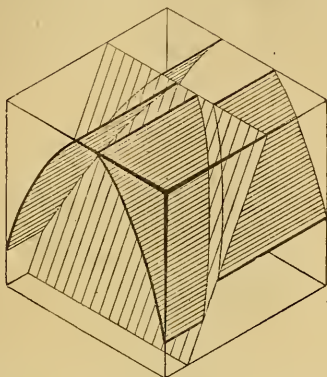


Fig. 21. Querschlägiger Sprung durch einen gleichschenkligen Sattel.

lassen. Der Grundriß läßt einen querschlägigen Graben in dem Sattel erkennen. Der zwischen und unter den beiden Sprüngen sitzende Teil des Sattels ist in seiner ursprüng-

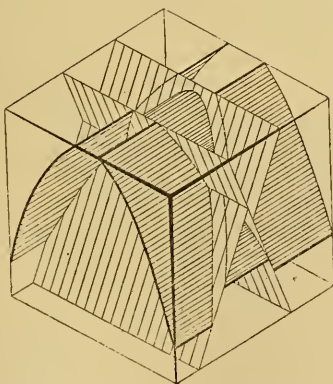


Fig. 22. Kreuzung zweier querschlägiger Sprünge in einem gleichschenkligen Sattel.

lichen Lage geblieben, da er durch keine von beiden Verwerfungen bewegt worden ist. Ein Horizontalschnitt in diesem Niveau gelegt, würde einen querschlägigen Horst in

dem Sattel aufweisen. Da ein gleichschenkliger Sattel vorliegt, ist die Verstellung der Leitschicht im Grundriß eines jeden Niveaus symmetrisch.

Die Verstellung wird unsymmetrisch, d. h. ungleich groß, wenn die Verwerfung einen ungleichschenkligen Sattel oder eine solche Mulde durchschneidet. (Fig. 23.) Je steiler die Mulden- bzw. Sattelflügel stehen, desto geringer, und je flacher, desto größer ist die seitliche Verschiebung bei

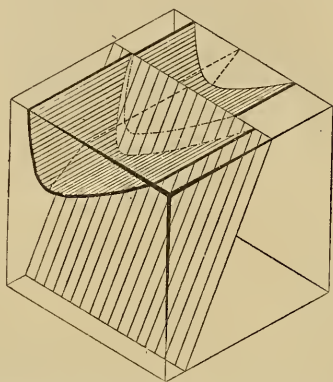


Fig. 23. Querschlägiger Sprung durch eine schiefe Mulde.

gleichem Saigerverwurf. Jedoch ist aus dem Grundriß nicht ohne weiteres zu ersehen, ob man es mit einer symmetrischen oder unsymmetrischen Mulde zu tun hat, da auch durch schräges Absinken oder durch Drehung der hangenden Scholle ein gleiches Verspringen der Mulden-schenkel stattfindet. Die Kreuzlinien verlaufen bei einer schiefen Mulde nicht mehr überall im gleichen Abstand voneinander, sondern sind an dem steiler einfallenden Flügel einander mehr genähert, als an dem flacher einfallenden. Die Achsen-ebene und mithin die Muldenachse ist beim Saigerverwurf seitlich verschoben.

Die Verschiebung der Muldenachse wird noch größer, wenn der Sprung in der in Fig. 24 gezeichneten Weise spießwinklig durch die schiefe Mulde setzt. Bei spießwinkliger Lage des Sprunges wird die seitliche Verstellung der Muldenflügel noch unsymmetrischer. Ist die Richtung des vertikalen Abgleitens dem flacher einfallenden Flügel zugekehrt, so wird die ohnehin schon größere seitliche Verschiebung des flachen Flügels noch größer, während das Verspringen des steileren Flügels geringer wird. Ist

das Abgleiten gegen den steileren Flügel gerichtet, so ist die Veränderung umgekehrt wie im ersten Fall. Es wird dann die Verstellung der steileren Partie etwas größer und die der flacheren etwas geringer als bei vertikalem Absinken an einem genau querschlägigen Sprung.

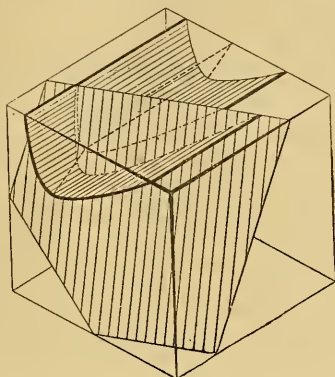


Fig. 24. Spießwinkliger Sprung durch eine schiefe Mulde.

Ist in ebenen geneigten Schichten eine Horizontalverschiebung ohne Kenntniss der Rutschstreifen aus dem Grundriß nicht festzustellen, so läßt sie sich in gefalteten Schichten aus diesem sofort erkennen. In Fig. 25

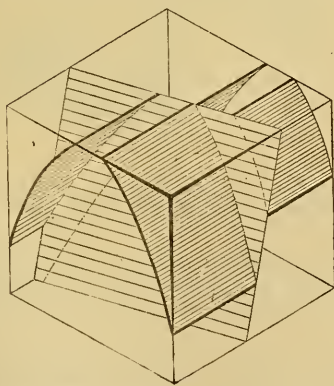


Fig. 25. Horizontalverschiebung durch einen gleichschenkligen Sattel.

ist eine spießwinklige Horizontalverschiebung durch einen gleichschenkligen Sattel gezeichnet. Die Entfernung der beiden Sattel- bzw. Muldenflügel voneinander muß bei einer

reinen Horizontalverschiebung im Grundriß unmittelbar an der Verwerfung beiderseits derselben die gleiche sein. Es ist also aus dem Grundriß ohne Kenntnis der horizontalen Rutschstreifen zu ersehen, daß es sich um eine reine seitliche Verschiebung handelt, bei der der Sattel im gleichen Niveau geblieben ist. Die Sattelachse ist um die volle Schublänge mit verschoben.

#### Verwerfungen in geneigtachsigen Sätteln und Mulden.

Bisher sind Sättel und Mulden betrachtet worden, bei denen die Achse horizontal lag. In den Figuren 26 bis 29 ist die Sattel- bzw. Muldenachse geneigt; sie ist aus der horizontalen Lage herausgekippt worden. Diese Formen bezeichnet HAARMANN<sup>18)</sup> treffend als geneigtachsige Sättel und Mulden. Einen solchen geneigtachsigen Sattel zeigt Fig. 26. Hierbei ist ganz besonders beachtenswert, daß sich beim Einsenken des Sattels das Streichen

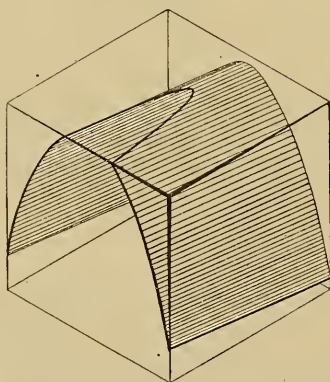


Fig. 26. Gleichschenkliger geneigtachsiger Sattel.

in den beiden Sattelflügeln ändert, was im Grundriß naturgemäß zum Ausdruck kommt. In der Richtung des Einsenkens oder der Neigung konvergieren die Streichlinien, um sich an der Stelle, wo die oberste Sattelachse die Grundrißebene schneidet, wo also der Sattel unter das Grundrißniveau völlig untertaucht, durch umlaufendes Streichen (Sattel- bzw. Muldenwendung) zu vereinigen. In umgekehrter Weise ändert sich das Streichen

<sup>18)</sup> E. HAARMANN, Zur Terminologie usw.



der Muldenflügel bei einer geneigtachsigen Mulde. Die Streichlinien divergieren in der Richtung der Neigung. (Fig. 27.) Die Stärke des Konvergierens bzw. Divergierens richtet sich natürlich nach der Größe des Neigungswinkels.

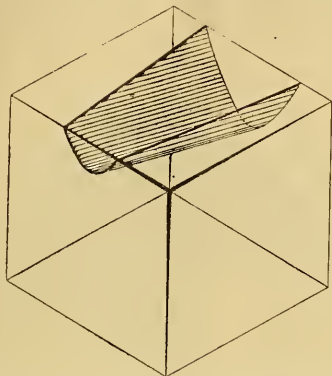


Fig. 27. Gleichschenklige geneigtachsige Mulde.

Fällt die Mulden- oder Sattelachse sehr flach ein, so weichen auch die Streichrichtungen nicht sehr voneinander ab und umgekehrt. Je nachdem wie stark also die Falten in ihrer Längsrichtung geneigt sind, können beliebige Streichrichtungen auftreten. In dieser Weise geneigt werden Falten z. B. dadurch, daß sie von einem anders gerichteten Faltensystem gekreuzt werden, und zwar wird die Veränderung um so größer sein, je senkrechter die beiden Faltungsrichtungen aufeinander stehen. Bei sich kreuzenden Faltensystemen kann also, worauf besonders von HAARMANN<sup>19)</sup> aufmerksam gemacht worden ist, jede beliebige Streichrichtung vorkommen.

Aus Fig. 28 ist das Grundrißbild zu ersehen, das entsteht, wenn eine streichende Überschiebung einen geneigtachsigen Sattel durchsetzt. Die seitliche Verstellung der Leitschicht im Grundriß ist in diesem Fall außer von den übrigen oben erwähnten Faktoren auch noch von dem Nei-

<sup>19)</sup> E. HAARMANN, Über Stauung und Zerrung durch einmalige und wiederholte Störungen, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1920, Bd. 72, Abhandl. S. 235. Die praktische Bedeutung und Wichtigkeit dieser Tatsache ist an dieser Stelle eingehend gewürdigt worden. „Die Unkenntnis der wichtigen Tatsache, daß zwei sich kreuzende Faltungen von ganz bestimmter Richtung alle möglichen Schichtenstreichen hervorrufen können, hat oft zu Irrtümern Anlaß gegeben.“

gungswinkel der Faltenachse abhängig. Je flacher dieser ist, um so größer wird die horizontale Verschiebung und umgekehrt.

In Fig. 29 ist ein ganz allgemeiner Fall, ein querschlägiger schräger Sprung durch einen

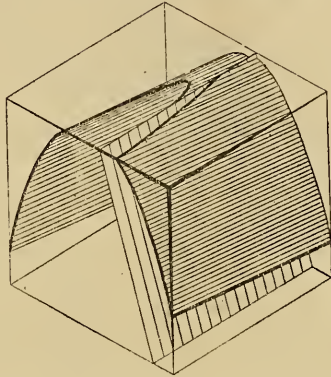


Fig. 28. Streichende Überschiebung durch einen geneigtachsigen Sattel.

gleichschenkligen geneigtachsigen Sattel dargestellt. Das Abgleiten der Hangenscholle auf der Sprungfläche ist in schräger Richtung vor sich gegangen. Die

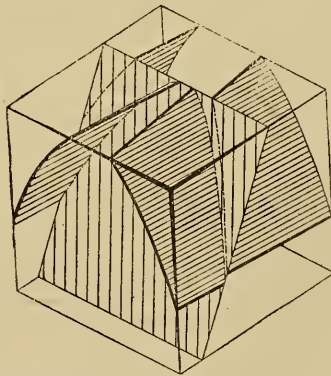


Fig. 29. Querschlägiger schräger Sprung durch einen gleichschenkligen geneigtachsigen Sattel.

stärker ausgezogenen Verbindungslinien der beiden Kreuzlinien stellen die Richtung und Größe der Bewegungsbahn dar. Diese läßt sich im vorliegenden Fall konstruktiv

auch ohne Kenntnis der Rutschstreifen ermitteln<sup>20)</sup>. Da der Sattel gleichschenkelig ist, so müßte bei Saigerverwurf die Verstellung der Leitschicht symmetrisch sein. In diesem Fall läßt sich also aus dem Grundriß — im Gegensatz zu ebenen geneigten Schichten — schon erkennen, daß ein s c h r ä g e r Sprung vorhanden ist.

### Schluß.

Im Vorstehenden habe ich eine kleine Auswahl tektonischer Formen im Würfeldiagramm abgebildet, um die weitgehende Verwendbarkeit dieser Darstellungsmethode nachzuweisen. Die vorliegenden Zeichnungen<sup>21)</sup> dürften genügen, die Art und Weise der Anwendung des Würfeldiagramms zu zeigen. Bei einiger Übung wird es auch dem Nichtzeichner gelingen, zur Lösung oder Klärung tektonischer Fragen kompliziertere tektonische Verhältnisse unter Zuhilfenahme des Würfeldiagramms für sich abzubilden und dadurch ein klareres Bild der in Frage stehenden Lagerungsverhältnisse zu gewinnen. So mag die durch diese Darstellungsmethode erleichterte Vorstellungsmöglichkeit tektonischer Formen schließlich auch die Tektonik selbst fördern, die häufig gerade durch den Mangel an räumlichem Vorstellungsvermögen so schwer verstanden wird.

<sup>20)</sup> B. Stočes, Wann kann die Bewegungsbahn bei den Verwerfungen angegeben werden?

<sup>21)</sup> Von den Abbildungen sind, mit Ausnahme der Figuren 5, 8, 11, 16, 17, 19 und 24, von der Firma „Dr. FRANZ STOEDTNER, Institut für wissenschaftliche Projektion“ (Berlin NW 7, Universitätsstr. 3b) Diapositive hergestellt worden, die für Unterrichts- und Vortragszwecke von der genannten Firma bezogen werden können.

[Manuskript eingegangen am 15. April 1922.]

### Nachtrag.

Zur Erleichterung der Zeichnung von „Würfel-  
diagrammen“ habe ich für den Gebrauch in der Praxis ein Milli-  
meterpapier für Stereogramme („Stereo-Millimeter-  
papier“) (D. R. P. a.) entworfen, das in Bogen und auch in  
Form von Abreißblocks von der Firma F. W. Breithaupt & Sohn,  
Kassel, demnächst in den Handel gebracht werden wird. Das  
Netz dieses Stereo-Millimeterpapiers besteht aus drei sich ein-  
ander unter dem Winkel von  $60^\circ$  schneidenden Liniensystemen  
(Fig. 30). Darin lassen sich Würfel von verschiedener Größe  
und auch Blöcke von verschiedener Form und Größe ein-

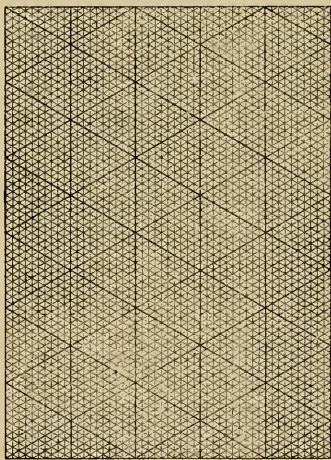


Fig. 30.

zeichnen. Diese Blöcke, die auch als „Würfel-  
diagramme“ bezeichnet werden können, da sie sich aus vielen kleinen  
Würfeln zusammensetzen, unterscheiden sich von den Block-  
diagrammen ganz wesentlich durch ihre besondere räum-  
liche Stellung, welche alle Blockflächen gleichmäßig parallel-  
perspektivisch verzerrt erscheinen läßt, so daß diese also  
auch alle gleichmäßig gut zur Darstellung gelangen, was  
bei den bisher üblichen Blockdiagrammen nicht der Fall  
ist. Es lassen sich nun von gewöhnlichem Millimeter-  
papier Grundrisse und Profile auf das Stereo-Milli-



meterpapier übertragen und dadurch auf leichte mechanische Weise parallelperspektivische Bilder der drei Flächen erzeugen, die sich zu einem räumlichen Bild zusammenschließen.

Um in die Darstellungen auf dem Stereo-Millimeterpapier Winkel und Strecken in ihrer betreffenden parallelperspektivischen Verzerrung eintragen oder sie ablesen zu können, wird ebenfalls von F. W. Breithaupt & Sohn ein elliptischer Transporteur aus Zelluloid (D. R. P. a.) (Fig. 31) geliefert, der das in Fig. 2 gezeichnete Schema

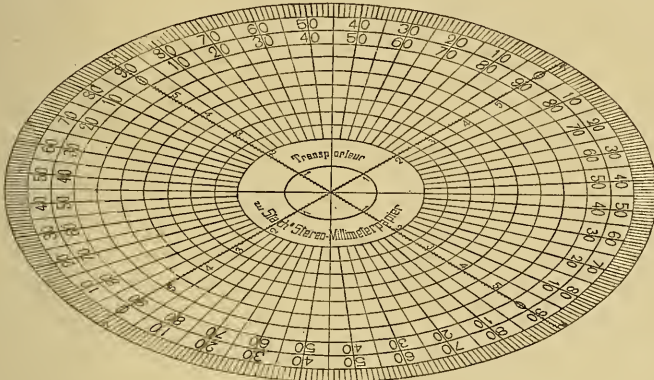


Fig. 31.

ersetzt. Die äußere Bezifferung dient zur Konstruktion auf der einen Seitenfläche, die innere Bezifferung gilt für die andere Seitenfläche des Würfels. Der Transporteur wird so aufgelegt, daß die 0°- und 90°-Teilstriche den Kanten der betreffenden Block- oder Würfelfläche parallel gehen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [74](#)

Autor(en)/Author(s): Stach Erich

Artikel/Article: [7. Die stereographische Darstellung tektonischer Formen im „Würfeldiagramm“ auf „Stereo-Millimeterpapier“. 277-309](#)