

ÜBER BEOBACHTUNG
UND DARSTELLUNG DER
BEWEGUNGEN
AN VERWERFUNGEN

VON

ERICH HAARMANN

SONDERDRUCK

AUS DEM JAHRBUCH DES HALLESCHEN VERBANDES FÜR DIE ERFORSCHUNG
DER MITTELDEUTSCHEN BODENSCHÄTZE UND IHRER VERWERTUNG. ELFTER
BAND. NEUE FOLGE. SEITE 237 BIS 247.

HALLE A. D. SAALE

VI. Über Beobachtung und Darstellung der Bewegungen an Verwerfungen.¹⁾

Mit 9 Abbildungen.

Von Prof. Dr. Erich Haarmann.

Beobachtung und Darstellung von Krustenbewegungen an Verwerfungen sind wissenschaftlich und praktisch wichtig. Die bisherigen Methoden dafür konnte ich bei meinen tektonischen Untersuchungen ergänzen.

Unter Verwerfungen verstehe ich alle Zerreißen der Erdkruste, an denen die beiderseitigen Gebirgskörper verschoben sind. Die relative Verschiebungsrichtung wird festgestellt an Rutschstreifen und rutschstreifenähnlichen Gebilden, besonders den in der Bewegungsrichtung verlaufenden Wellungen der Verwerfungsfläche.

Die Bedeutung von Rutschstreifenmessungen ist vielfach unter Hinweis darauf angezweifelt worden, daß gelegentlich auf ein und derselben Verwerfungsfläche Rutschstreifen in den verschiedensten Richtungen auftreten und man also eine bestimmte Bewegungsrichtung nicht aus ihnen ablesen könne, im Gegenteil zu falschen Folgerungen verführt werde. Da jedoch die Krustenbewegungen dort stattfinden, wo der geringste Widerstand zu überwinden ist, so gehen neue Bewegungen dann auf alten Verschiebungsflächen vor sich, wenn sie in ihrer Lage ganz oder einigermaßen für die neue Bewegung brauchbar sind. So entstehen auf Verwerfungsflächen Rutschstreifen, die ganz voneinander abweichende Bewegungen anzeigen. Daraus darf man aber nicht schließen, daß Rutschstreifen bedeutungslos für tektonische Untersuchungen sind. Die verschiedenen Streifenrichtungen zeigen nur, daß man aus einer von ihnen nicht immer auf die Lage einer verworfenen Schicht oder Lagerstätte schließen darf, weil möglicherweise an der Gleitfläche noch andere, vielleicht gerade nicht beobachtete Bewegungen stattgefunden haben. Einzelne Rutschstreifenmessungen sind daher oft belanglos und nicht immer kann man aus ihnen zuverlässige Schlüsse ziehen. Erst möglichst viele, übersichtlich aufgetragene Messungen lassen größere Bewegungen nach Richtung und Alter unterscheiden und erlauben tief in den Bewegungsmechanismus der Erdkruste zu sehen.

Um verschiedene Verwerfungssysteme feststellen und unterscheiden zu können, muß man zunächst die Rutschstreifen möglichst aller Gleitflächen messen, und zwar hat das ganz mechanisch zu geschehen, vorerst ohne zu überlegen, zu welchem der vielleicht vermuteten Verwerfungssysteme die gerade beobachtete wohl gehören könne. Die Zusammengehörigkeit der Bewegungsflächen muß sich zwanglos aus der Gesamtheit der Beobachtungen ergeben.

Was ist an Verwerfungsflächen zu messen und zu beobachten?

Die Lage einer Verwerfung im Raum wird, wie die jeder Fläche, durch Streichen und Fallen bestimmt. Außerdem werden die Rutschstreifen gemessen. v. Höfer (1917, 59) hat vorgeschlagen, die Richtung der Rutschstreifenprojektion auf die Horizontale zu messen. Der „Höfersche Winkel“ ist der Winkel zwischen dieser Horizontalprojektion und dem Verwerfungsstreichen (Abb. 1, Winkel abc). Man erkennt daraus die Horizontalbewegung der Krustenstücke — wenn und soweit sie waagrecht bewegt worden sind. Vertikalbewegungen werden durch den Höferschen Winkel nicht ausgedrückt; hat sich ein Krustenstück nur senkrecht bewegt, so daß

¹⁾ Teil eines Vortrags „Über die Tektogenese der Salzstöcke“, gehalten in der Versammlung des Halleschen Verbandes vom 18. März 1932.

an einem Saigersprung Rutschstreifen im Fallen entstehen, so ist die Horizontalprojektion der Rutschstreifen ein Punkt. Es gibt Gebiete, in denen die Krustenstücke sich vorwiegend horizontal bewegt haben, was daran zu erkennen ist, daß die Verwerfungen flach liegen oder an steilen Brüchen annähernd waagrechte Rutschstreifen auftreten. Für solche Verhältnisse gibt die Höfersche Darstellung ein anschauliches Bewegungsbild. An den meisten aufgeschlossenen Verwerfungen haben jedoch

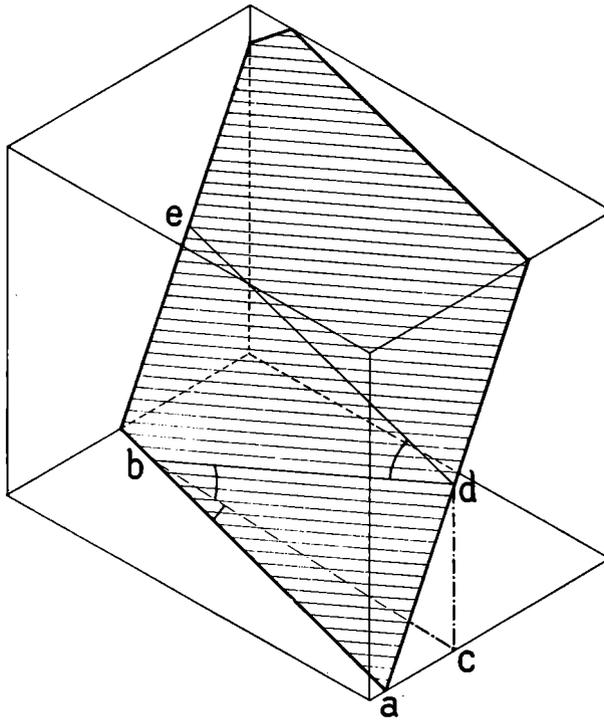


Abb. 1.

Die Messungsmöglichkeiten der Rutschstreifen.
Stereographische Darstellung einer Gleitfläche mit Rutschstreifen.
b d und Parallelen: Rutschstreifen.

b c: Horizontalprojektion der Rutschstreifen.

Winkel a b c: Winkel zwischen der Horizontalprojektion der Rutschstreifen und dem Streichen = Höferscher Winkel (erfaßt nur die Horizontalkomponente der Bewegung).

Winkel c b d: Vertikalwinkel zwischen Rutschstreifen und Horizontalebene = Salomonscher Winkel (erfaßt nur die Vertikalkomponente der Bewegung).

Winkel b d e: Winkel zwischen Rutschstreifen und Streichen = Haarmannscher Winkel.

auch senkrechte Bewegungen stattgefunden, und in manchen Fällen ist daher die Darstellung auch der Vertikalbewegung erwünscht. Nur diese wird erfaßt durch den „Salomonschen Winkel“, der von den Rutschstreifen und ihrer Horizontalprojektion eingeschlossen wird (Winkel d b c in Abb. 1). Der Salomonsche Winkel gibt also nur die senkrechte, nicht die waagerechte Komponente einer Bewegung.

Die Mitte zwischen den beiden Messungen gibt Winkel b d e in Abb. 1, das ist der Winkel zwischen Rutschstreifen und der Horizontalen auf der Verwerfungsfläche, dessen Messung ich vorgeschlagen habe. Man hat diesen Winkel den Haarmannschen Winkel genannt (z. B. Sokol 1927, 133, 134 Fig. 56, 135 Fig. 58, 147, 153, 194, 198 Fig. 104, 199, 200, 204, 205, 207, 211, 213).

Die winkeltreue Eintragung des Haarmannschen Winkels auf einem Grundriß gibt unter gewissen Verhältnissen eine gute Vorstellung von den Bewegungen, die vor sich gegangen sind. Bei söhlicher Lage der Gleitfläche deckt sich der Haarmannsche Winkel mit dem Höferschen; ebenso die Darstellung horizontaler Rutschstreifen bei jedem Fallen. Der Unterschied wird mit steilerem Fallen der Fläche und wachsender Abweichung der Rutschstreifen von der Horizontalen immer größer. Bei steilem Fallen, wie es ja so oft vorkommt, läßt sich zwar, ausgenommen die Deckung zwischen Höferschem und Haarmannschem Winkel, nicht die reine, wohl aber die ungefähre Horizontalrichtung erkennen. Sehr gut ersieht man den in vielen Fällen so wichtigen vertikalen Anteil der Bewegungen.

In jedem Falle ist es bei einiger Übung leicht, sich durch Darstellung des Haarmannschen Winkels auf einem Grundriß die Bewegungen räumlich vorzustellen. Man muß dafür besondere Grundrißblätter nehmen, einmal, damit das Bild nicht durch zu viele andre Einzelheiten unübersichtlich wird, und dann, weil die Markscheider den Haarmannschen Winkel nicht in die eigentlichen Grundrisse eintragen wollen. Mit Recht sagen sie, daß dort grundsätzlich nur Horizontalprojektionen eingezeichnet werden und die Aufnahme eines abweichenden Darstellungsglieds Irrtümer veranlassen würde.

Die beste räumliche Anschauung von der Lage einer Verwerfung und ihrer Rutschstreifen gibt eine stereographische Projektion, wie sie J. Blaas schon 1903 vorgeschlagen hat. Abgesehen von der Mühe kann man diese Methode für die gleichzeitige Darstellung vieler Verwerfungen, wie ich sie empfehle, nicht anwenden, da man die Einzelprojektionen hunderter Klüfte nicht in ein übersichtliches Bild bringen kann. So muß man einen der oben angegebenen Winkel nehmen. Je nach dem Zweck der Arbeiten wird man entweder den Höferschen, den Salomonschen oder den Haarmannschen Winkel darstellen. Der Salomonsche Winkel ist leicht zuverlässig mit dem Klinometer zu messen. Der Höfersche Winkel dagegen kann im allgemeinen nur schwer und oft nicht zuverlässig gemessen werden. Dabei sehe ich ab von markscheiderischen Messungen. Der Markscheider kommt verhältnismäßig selten an die einzelnen Aufschlüsse, viele Grubenbaue sind dann schon versetzt oder verbaut und er kann sich nur auf die Angaben der Leute oder des Steigers verlassen, die in bezug auf die Rutschstreifen, auf genaues Streichen und Fallen der Verwerfungen meistens unzuverlässig sind. Es ist aber besonders wichtig, daß auch der einfachste Bergmann zuverlässige Messungen machen kann — und das ist beim Haarmannschen Winkel möglich. Ein Transporteur wird auf die Rutschfläche gelegt und der Winkel der Streifen mit der Horizontalen festgestellt (vgl. auch Sokol 1927, 134 Fig. 56). Um schnell und zuverlässig messen zu können, hat W. Henke einen Transporteur mit einem Zeigerarm versehen, auf dem eine Libelle angebracht ist. Mit diesem Rutschstreifenmesser, der in Abb. 2 wiedergegeben ist, kann man schnell und genau den Haarmannschen und den Salomonschen Winkel sowie das Fallen messen. Aus dem Haarmannschen Winkel und dem Fallen kann man den Höferschen Winkel berechnen nach der Formel $\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta$, $\alpha =$ Haarmannscher Winkel, $\beta =$ Fallen, $x =$ Höferscher Winkel. Da es 90 Haarmannsche und 90 Fallwinkel gibt, so sind 8100 Rechnungen nötig, um alle Höferschen Winkel zu bekommen. Diese Rechnungen sind ausgeführt; ich werde sie an anderer Stelle tabellenförmig veröffentlichen. Man kann dann Streichen, Fallen, Haarmannschen Winkel messen und nach Wunsch schnell den Höferschen Winkel feststellen.

Eine Darstellung des Höferschen Winkels ist von Bornhardt (1910, 157) vorgeschlagen und vom Normenausschuß übernommen worden (Oberste-Brink 1930, 146). Die von W. Salomon (1911, 512) vorgeschlagene Darstellung seines Winkels halte ich für kompliziert und wenig anschaulich, auch ist es schwer, die Bedeutung der Zeichen zu behalten. Über die Darstellung des Haarmannschen Winkels siehe unten.

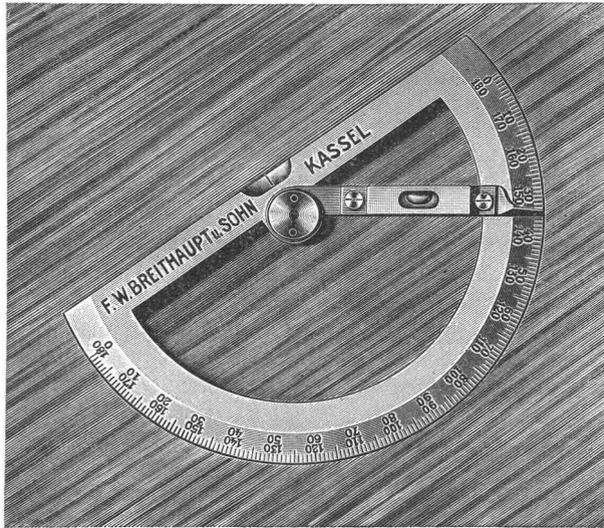


Abb. 2.

Rutschstreifenmesser und Klinometer nach Henke. Zum Messen des Haarmannschen Winkels wird der Messer auf die Gleitfläche und an die Rutschstreifen gelegt, wie Abb. zeigt, zum Messen des Salomonschen Winkels wird er, ebenfalls mit der Kante rutschstreifendeckend, senkrecht auf die Gleitfläche und beim Messen des Fallens auf die Falllinie gestellt.

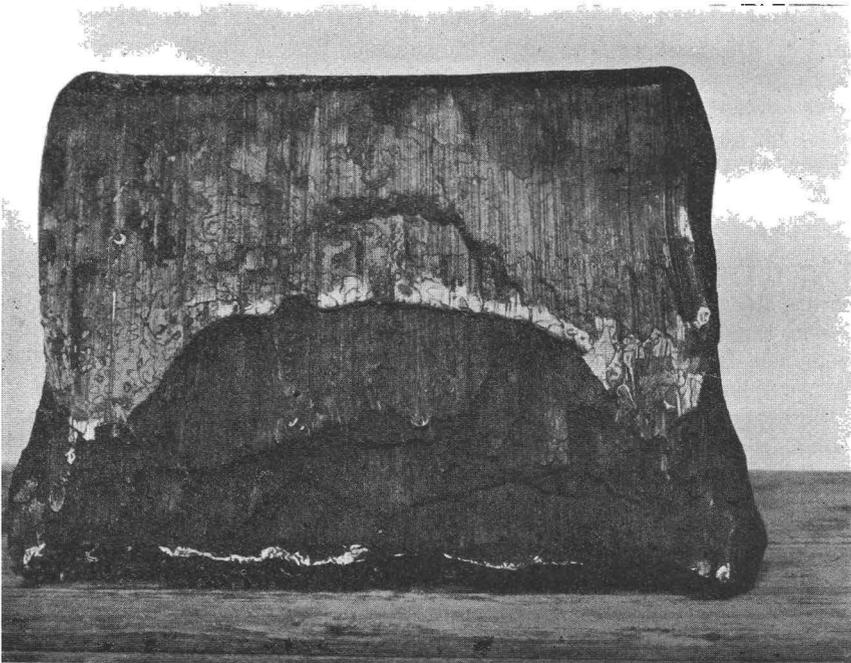


Abb. 3.

Gleitfläche an der Stirn eines rotglühend zerschnittenen Siemens-Martin-Stahlblocks.
1 : 2 $\frac{1}{2}$

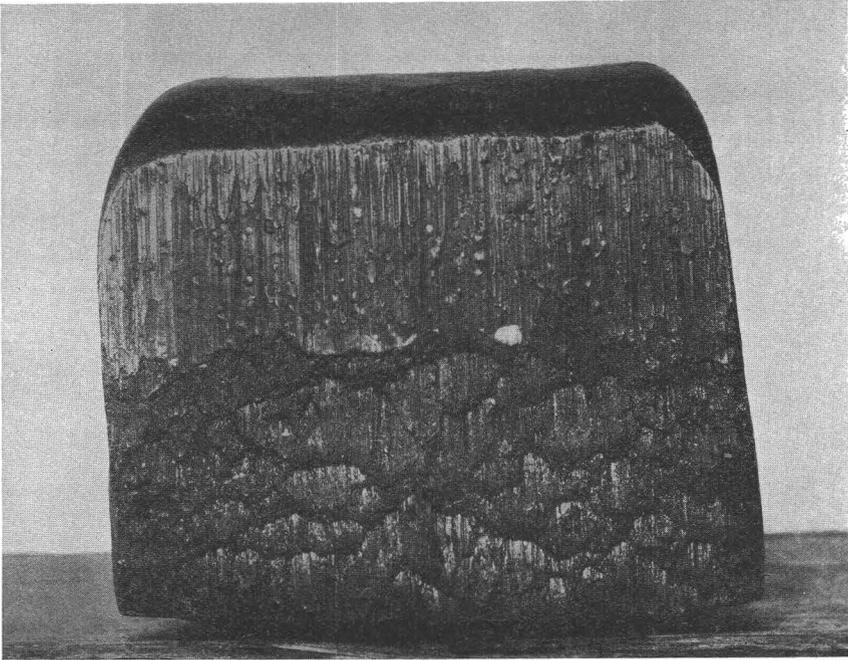


Abb. 4.
Gleitfläche an der Stirn eines rotglühend zerschnittenen Siemens-Martin-Stahlblocks.
Etwas verkleinert.

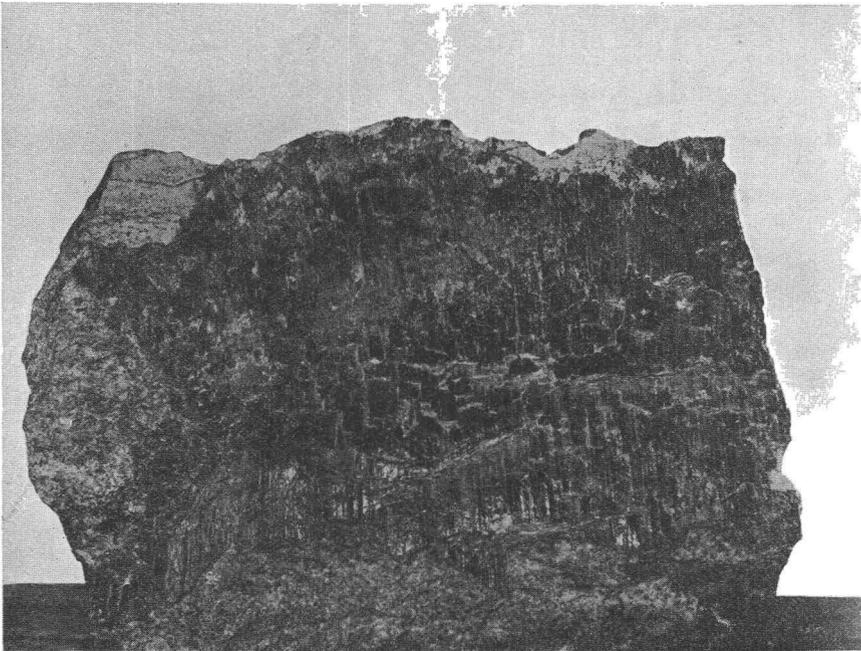


Abb. 5.
Gleitzone in metamorphosiertem Kalk, Mittelschwedisches Grundgebirge, Tuna Hästberg.
Uns zugewandte Scholle nach oben bewegt. 1 : 3.



Abb. 6.

Gleitfläche im Mittelschwedischen Grundgebirge. Idkerberget, 125-m-Sohle, bei Profil 12. Der uns zugewandte Hangendflügel ist relativ gesunken (11. 9. 1925). Die Gesamtheit der Beobachtungen ergab, daß tatsächlich der Liegendflügel gegenüber dem Hangendflügel gehoben ist.

Rutschstreifen erlauben zunächst die Deutung, daß die Gebirgskörper sich an ihnen in zwei Richtungen bewegt haben. Nehmen wir willkürlich für die weiteren Darlegungen an, daß nur der hangende Teil der Verwerfungen sich bewegt hat, der liegende dagegen ruhig lag, so kann dieser hangende Teil sich in zwei Richtungen bewegt haben. Wissenschaftlich und praktisch ist es wichtig, die tatsächliche Bewegungsrichtung angeben zu können. Ob sich wirklich, wie wir festgesetzt haben, der hangende oder ob sich der liegende Teil bewegt hat, ergibt sich oft erst später aus dem Gesamtbild der Beobachtungen, wie etwa bei meinen unten erwähnten Untersuchungen auf Idkerberget in Mittelschweden. Das kann dann sehr wichtig sein.

Für die Feststellung der wirklichen Bewegung hat Höfer (1917, 61) fünf Merkmale angegeben, von denen die ersten vier unbrauchbar sind. Als fünftes gibt er die Rutschlappen an: „der Rutschbelag erscheint manchmal stellenweise ausgewalkt und zeigt dort gelapptes Ende. Wird ein Teig ausgewalkt, so sind seine Ränder in der Richtung der Bewegung der Walze ausgelappt; die konvexen Stellen der Lappen liegen in der Bewegungsrichtung, so auch bei den Rutschlappen. Das Lappenende ist gegen seine Umgebung um wenig, oft nur um einen Bruchteil eines Millimeters, erhaben.“ Mit dieser Beschreibung könnte man wohl einverstanden sein. Sie hat aber eine unglückliche Textumgebung und wird durch eine irreführende schematische Zeichnung erläutert. Eine wirkliche Rutschfläche ist im Zusammenhang mit Darlegungen über die Bewegungsrichtung, soviel ich weiß, noch nicht abgebildet worden.

Auf der Georgsmarienhütte wurden 9 t schwere Martinstahlblöcke vorgeblockt und dann rotglühend in walzfertige Blöcke zerschnitten. Dabei bildeten sich Rutschflächen, besser Scherzonen, die natürlichen Gleitflächen entsprechen. Die Abbildungen 3 und 4 geben solche Scherflächen wieder. Man sieht Rutschstreifen im oberen Teil der Gleitfläche, wo das Material glatt, wenn auch unter hakenschlagförmiger Deformation des Materials, abgeschert worden ist. Nach dieser glatten Abscherung ist das Material weiterhin an der Bewegungsfläche auseinandergerissen: man sieht eine rauhe Fläche, die in der Bewegungsrichtung des Gegenflügels terrassenförmig zerrissen ist. Im Aufblick auf die Scherfläche sieht man eine eigenartige Girlandenförmigkeit der Abreißung. Wenn sich diese auch gelegentlich zu einer mehr oder weniger gleichmäßig gewellten Linie abrundet, so sehen wir doch im allgemeinen Arkaden, deren Öffnungen in der Bewegungsrichtung des Gegenflügels liegen.

Nur wenige Beispiele aus der Natur kann ich in den Abb. 5 bis 8 wiedergeben. Abb. 5 zeigt einen metamorphosierten Kalk aus einer Gleitzone, der durch und durch die in der Abbildung erkennbare Bewegungsstruktur zeigt. Abb. 6 ist ein Beispiel für das häufige Aussehen von Gleitflächen mit Lettenbesteg. Würde man solche „sorgfältig rein“ waschen, wie Höfer (1917, 61) empfiehlt, so würden die Gleitspuren zerstört werden. Diese Scherflächen sind ebenso wie die in Abb. 7 und 8 immer leicht und sicher zu deuten. Überhaupt kann man, wenn nur Rutschstreifen auftreten, fast immer die Bewegungsrichtung feststellen. Auch Markscheider, Grubeningenieur, Steiger, Bergleute verstehen schnell, worauf es ankommt, und können richtig beobachten. Bei zahlreichen Prüfungen selbständig von ihnen gemachter Beobachtungen habe ich nie eine falsche gefunden. Die mir als zweifelhaft vorgeführten Fälle konnte auch ich nicht sicher deuten. Voraussetzung für zuverlässige Beobachtungen einfacher Leute ist genaue Erklärung am Aufschluß.

Es ist an Verwerfungen, auch wenn sie an Schichtflächen verlaufen, also festzustellen:

1. Streichen,
2. Fallen,
3. H a a r m a n n s c h e r Winkel,
4. Bewegungsrichtung des hangenden Flügels.

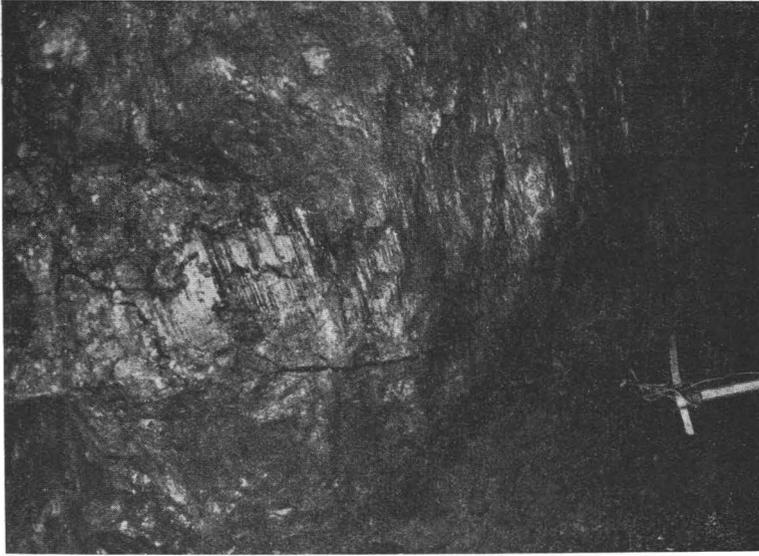


Abb. 7.
Gleitfläche im Rammelsberg. Hangendflügel gesunken.

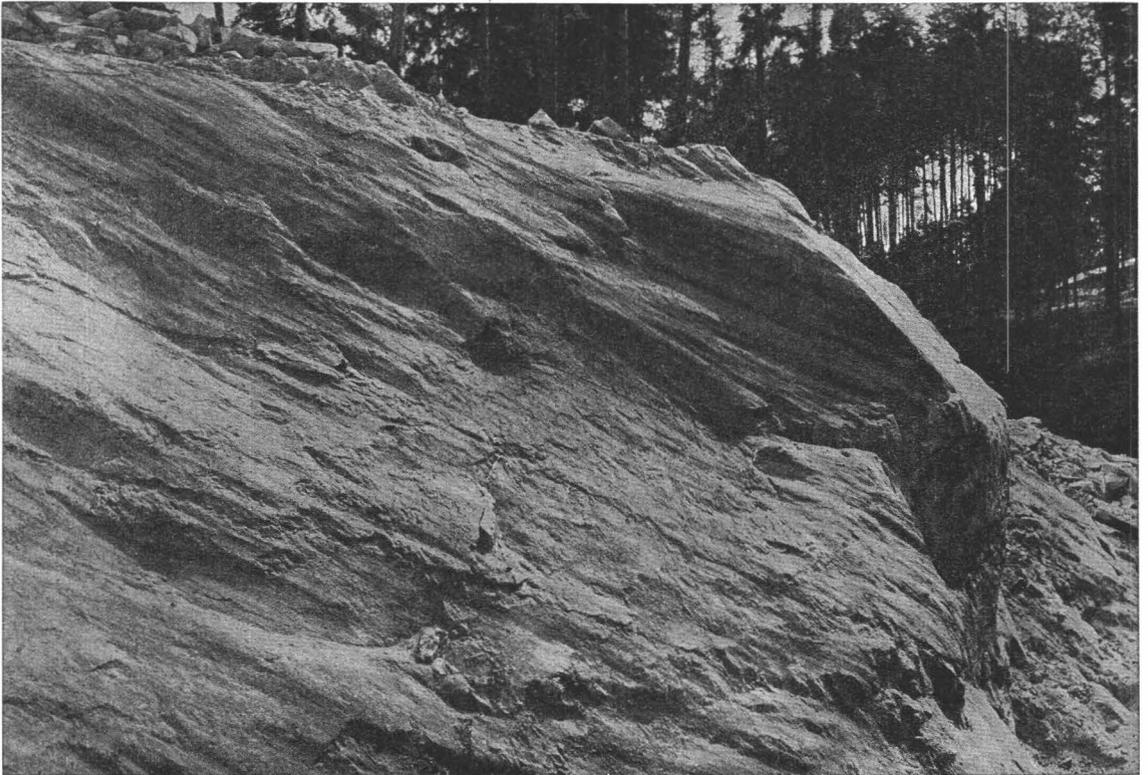


Abb. 8.
Gleitfläche im Quadersandstein an der Wartenbergstraße bei Hohnstein, 1921. Nach Weicker & Wiese.
Hangendflügel nach rechts abwärts bewegt.

Diese Beobachtungen sollen in besondere Notizbücher und auf besonderen Grundrissen eingetragen werden. Die Darstellung muß so einfach wie möglich sein. Ich schlage dafür die folgende Art (Abb. 9) vor, die seit vielen Jahren auf den von mir beratenen Gruben eingeführt ist und sich bewährt hat:

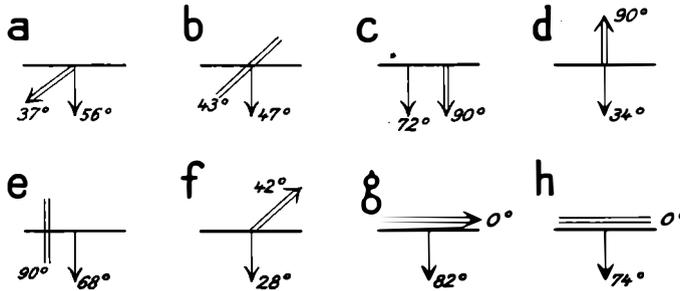


Abb. 9.

Winkeltreue Darstellung des Haarmannschen Winkels im Grundriß. Die Doppellinien bedeuten die Rutschstreifen unter dem von ihnen auf der Gleitfläche mit dem Streichen gebildeten Winkel. Die Pfeile an den Doppellinien geben die Bewegungsrichtung des Hangendflügels an (a, c, d, f, g). Ist diese nicht festzustellen, so werden die Doppellinien ohne Pfeil durchgezogen (b, e, h). a, g, h: Verschiebungen; c: „Sprung“; d, f: „Überschiebungen“.

Die grundrißliche Zusammenstellung möglichst vieler Kluftrmessungen ist oft die einzige Möglichkeit, die Bewegungen eines Gebiets zu erkennen und dadurch sicher auf die heutige Tektonik zu schließen.

Nur so ist es mir gelungen, das schwerste lagerstättenkundliche, aber ebenso wissenschaftlich interessante Rätsel zu lösen, das mir in 25 jähriger Tätigkeit vorgekommen ist. Im mittelschwedischen Grundgebirge treten in sauren Gesteinen basische Skarn- und Magnetitmassen auf. Die in der dortigen Gegend arbeitenden schwedischen Geologen vermuten, daß das schwedische Grundgebirge die ursprüngliche Erstarrungskruste ist und halten die heutige Gesteinsverteilung für die unveränderte ursprüngliche magmatische Ausscheidung. Die zahlreichen Bewegungsflächen mit Rutschstreifen (siehe Abb. 5 und 6) wurden nicht als solche anerkannt oder als bedeutungslos angesehen, weil die Gesteine im großen in chemisch zusammengehöriger Vergesellschaftung auftreten. Die Bewegungsflächen liegen aber in den steilstehenden Gesteinen oft auf den Grenzflächen, stehen also meist steil, so daß die senkrechte Komponente der Bewegungen überwiegt. Ausfall und Mächtigkeitsänderungen von Gesteinen sind oft durch diese Bewegungen verursacht worden. Da sich auch die Großschlieren des Grundgebirges bei der Erstarrung der Kruste nicht ohne Bewegungen bilden konnten, so kommt man ohne solche auf keinen Fall bei der Deutung der Beobachtungen aus und man sollte sich verständigen können. Die von mir nachgewiesenen Bewegungen mögen früh vor sich gegangen sein, immerhin aber erst dann, nachdem die Gesteine soweit erstarrt waren, daß sich Rutschstreifen, Hakenschlag und dergleichen erhalten konnten. Im ganzen darf man aus der relativen Beweglichkeit der Gesteine auf große Teufe bei der Durchformung schließen.

Auf der Magnetitgrube Idkerberget wurden in mühevoller Arbeit auf allen Sohlen die beobachtbaren Klüfte gemessen, die relative Bewegung des Hangendflügels (vgl. auch Abb. 6) festgestellt und auf besonderen Rissen eingetragen. Daraus ergab sich ein einheitliches tektogenetisches Bild: bei dem durchschnittlichen Fallen von annähernd 60° war überall das saure Nebengestein gegenüber dem Magnetit hochbewegt worden. Man wird nicht annehmen dürfen, daß der Magnetit ruhig blieb,

sondern sich mit seinem höheren Fließdruck bei einer allgemeinen Hochbewegung langsamer aufwärts bewegte als das leichter fließende saure Gestein, das ihn allseitig umfloß. Nicht aber leichtflüssig, sondern zäh, wie das die ausgezogene schlierige, oft schichtige Struktur der Gesteine und die Erhaltung von Bewegungsflächen mit sicher deutbaren Bewegungsspuren zeigt. Diese Scherflächen mögen sich erst im letzten Teil des im ganzen mit Erstarrung verknüpften Vorgangs gebildet haben. Es hat also eine Druckaufbereitung der Gesteine stattgefunden: die leichtbeweglichen sauren Gesteine sind nach oben abgequetscht, der trägere Magnetit ist zurückgeblieben und beteiligt sich in der Teufe mehr an der Gesteinszusammensetzung als vor der Durchbewegung. Dieses überraschende Ergebnis ist praktisch wichtig. Man darf annehmen, daß die Magnetitlinsen nach der Teufe zunehmen, und nach dorthin muß man aufschließen.

Jeder Kenner unseres Salzgebirges wird bei vorstehender Schilderung an das Verhalten des Anhydrits in den Salzstöcken gedacht haben. Auch der spröde Anhydrit bleibt bei der Aufwärtsbewegung des Salzgebirges im Salzstock zurück gegenüber den leichter fließenden anderen Salzen. Eine durch Druckaufbereitung ausgegliederte Anhäufung von Anhydrit in der Basisregion war zum Beispiel früher auf Frisch-Glück bei Eime zu sehen. In den Gipfelzonen der Salzstöcke fehlt dementsprechend oft der Anhydrit zwischen Älterem Kalilager und Jüngerem Steinsalz.

Das Salzgebirge wird aber nicht nur durch Ausscheidung von Anhydrit druckaufbereitet, sondern auch die anderen Glieder werden oft getrennt — ausgequetscht und anderswo angestaut. Besonders häufig sind karnallitische Staumassen. Im allgemeinen sind Sulfate weniger beweglich als Chloride.

Meine Darlegungen sollen erneut zur sorgfältigen Beobachtung und Darstellung der Verwerfungen anregen. Die wichtigsten Aufschlüsse von Verwerfungen sind Gruben. Dort werden wohl die Baue auf den Grubenrissen eingezeichnet und auch die „wichtigsten“ Verwerfungen, das heißt diejenigen, die dem aufnehmenden Beamten, meistens also dem Markscheider, wichtig erscheinen. Es sind das vorwiegend solche, welche die Lagerstätte betreffen. Fast alle anderen werden weggelassen, wobei denn einige Markscheider große Geschicklichkeit darin entwickeln, Verwerfungen zu übersehen, die in ein vorgefaßtes System nicht hineinpassen. Die Geologen machen es bei ihren Kartierungen über Tage oft nicht besser, sei es, daß sie Verwerfungen übersehen oder — was noch häufiger ist — sie als Retter aus allen Nöten ansehen und als letzten, oft allzu leicht und gern beschrittenen Ausweg zur Erklärung schwer deutbarer Verhältnisse eine Verwerfung annehmen. Will man sich jedoch ein wirklich genaues Bild der Tektogenese eines Gebiets machen, ein Bild, das auch Schlüsse etwa auf das weitere Verhalten einer Lagerstätte zuläßt, so muß man alle Verwerfungen und Spalten sorgfältig beobachten und aufnehmen, ganz unabhängig von ihrer vermeintlichen Bedeutung. Die wirkliche Bedeutung im Gesamtraum des geologischen Baues stellt sich oft erst sehr viel später heraus. Die im allgemeinen unzureichende Darstellung von Verwerfungen auf Grubenrissen und geologischen Karten wird auch durch einige Ausnahmen nicht geändert. Mir ist wohl bekannt, daß beispielsweise durch W. Henkes so verdienstvolle Bemühungen im Siegerland eine genaue Verwerfungskartierung angestrebt und teilweise durchgeführt wird — und auch sonst gibt es Ausnahmen. Aber im allgemeinen sieht es jammervoll aus. Und doch sind Grubenaufschlüsse ihrer Natur nach einmalig und kosten überdies viel Geld, was an sich schon dazu verpflichten sollte, alles, was sie zu sagen haben, für Wissenschaft und Praxis herauszuholen und sie nicht ungenutzt zu Bruch gehen zu lassen, so wie es heute meist geschieht.

Literatur.

- Bornhardt, W.: Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung. — Teil I, Berlin 1910.
- Höfer, H.: Die Verwerfungen. — Braunschweig 1917.
- Oberste-Brink, K.: Die Darstellung der Tektonik im Grubenbild. — Mitt. aus dem Markscheidewesen, **41**, S. 142—146, 1930.
- Salomon, W.: Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften und Harnischen, mit besonderer Berücksichtigung des Rheintal-Grabens. — Z. deutsch. geol. Ges., **63**, S. 496—521, 1911.
- Sokol, R.: Geologisches Praktikum. — Berlin 1927.
-