Ergänzter Sonderabdruck aus
„Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch“
Band 75, Heft 3/4, Jahrgang 1927

Das Verwerferproblem im Lichte des Markscheiders

Von

Dipl. Ing. Dr. mont. A. Hornoch

a. o. Professor der Geodäsie und Markscheidekunde an der
kön. ung. Montan- und Forsthochschule zu Sopron

Wien / Verlag von Julius Springer / 1927

ISBN-13:978-3-7091-9749-3 e-ISBN-13:978-3-7091-9996-1
DOI: 10.1007/978-3-7091-9996-1

MEINEM

HOCHVEREHRTEN LEHRER UND MEISTER,

HERRN ING. DR. TECHN. FRANZ AUBELL

IN TIEFER DANKBARKEIT GEWIDMET

Vorwort

Gegenstand der folgenden Untersuchungen bildet die Geometrie der Verwerfungen und deren Anwendung auf die Ausrichtung der Verwerfungen. Es handelt sich deshalb um die Untersuchung der räumlichen Verhältnisse und um die gegenseitigen Beziehungen einzelner Größen zueinander. An dem Ausspruche Höfers halten wir auch fest: Genetische Fragen sollen dem Markscheider fernestehen (Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 169); sie gehören in das Gebiet der Geologie, daher zur geologischen Frage des Verwerferproblems. Im Lichte des Markscheiders erscheint der mathematische Teil der Verwerfungen und deren Folgerungen auf das Verhalten des verworfenen Lagerstättenteiles.

Während die geologische Seite der Verwerfungen sehr eingehend geprüft und gewürdigt wurde, läßt sich dies von der geometrischen Seite, trotz mancher darüber erschienenen Untersuchungen noch immer nicht behaupten. Schon ein Vergleich der Benennungen der einzelnen Größen, wobei unter derselben Bezeichnung von den einzelnen Autoren oft verschiedene Größen verstanden werden, während dieselben Größen unter anderen Bezeichnungen erscheinen, zeigt uns deutlich, daß von einer genaueren Systematik in der Nomenklatur nicht gesprochen werden kann. Unsere Aufmerksamkeit erstreckt sich daher auch auf die Nebeneinanderstellung dieser Bezeichnungen, um dann nach Aufstellung einer eindeutigen Definition die zutreffendste anzuwenden.

Die weiteren Untersuchungen beweisen uns ferner, wie die durch die Mathematik gewonnenen Ergebnisse jenen auf Grund bloß räumlicher Vorstellung erhaltenen überlegen sind. In erster Richtung sind dadurch auch die oft nicht ganz zutreffenden Bemerkungen mancher Bücher zu erklären. Im Vollbewußtsein der großen Verdienste dieser Autoren gedenke ich ihrer stets mit größter Hochachtung, weshalb es mir um so schwerer fiel, die notwendig empfundenen Ergänzungen bzw. Richtigstellungen anzufügen. Wenn ich dies vorgenommen habe, so tat ich es in der Hoffnung, dadurch zur Klärung des Verwerferproblems auch etwas beigetragen zu haben. Sie sind nur eine Rechtfertigung für die Notwendigkeit der angestellten Untersuchungen, die vorzunehmen auch seitens der Geologen angeregt wurde.

Tiefen Eindruck übte auf mich Quiring, der auf Grund wahrgenommener Unstimmigkeiten die räumliche Behandlung der Frage empfiehlt, mit seinem Ausspruche: „Vielleicht findet sich eine markscheiderisch geschulte Persönlichkeit, die dieser Frage ein besonderes Interesse entgegenbringt und ihre erschöpfende Bearbeitung übernimmt." (Zeitschr. für praktischen Geologie 1921, S .90). Weit davon entfernt, zu glauben, daß durch folgende Untersuchungen dies geschehen ist, glaube ich dennoch annehmen zu dürfen, einiges dazu beigetragen zu haben.

Auf die Aufarbeitung der zur Verfügung stehenden Literatur wurde die größte Sorgfalt verwendet, auf die Angabe der Quellen an den einzelnen Stellen, besonders wenn sie später mehr Bedeutung erlangt haben, ein besonderes Augenmerk gerichtet. Durch diese Bestrebung möge auch unsere vielleicht zu häufige Bezugnahme auf die bisherigen Autoren entschuldigt werden.

Besonders gedankt sei an dieser Stelle meinem hochverehrten Professor, Ing. Dr. techn. Franz Aubell, der meinen Bestrebungen gegenüber schon zu meiner Studienzeit das größte Entgegenkommen zeigte und von welchem ich auch zur Bearbeitung dieser Probleme wertvolle Anregungen erhielt.

Leoben, im Frühjahr 1926.

Der Verfasser

Vorliegende Abhandlung wurde nach ihrer Fertigstellung als Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi an der Leobner Montanistischen Hochschule eingereiht. Nach erfolgter Approbation, kurz vor der Beendigung seiner Habilitation, erhielt Verfasser den ehrenvollen Ruf an die nunmehr in Sopron befindliche Schemnitzer Berghochschule. Die mit der Übernahme einer Lehrkanzel verbundenen Arbeiten verhinderten eine frühere Drucklegung, weshalb diese mit einiger Verspätung erst jetzt erfolgen kann.

Inhalt

Einleitung

Die Behandlung der Verwerfungen und die Ermittlung der Ausrichtungsgrößen ist mit den eigentlichen Markscheideraufgaben nahe verwandt, wenn auch das ganze Gebiet mit der Geologie bzw. Lagerstättenlehre und Bergbaukunde viel inniger verknüpft ist als die übrigen Aufgaben. Schon aus diesem Grund erhält die Behandlung dieser Fragen eine Sonderstellung. Und diese Sonderstellung hat es auch mit sich gebracht, daß das Verwerferproblem unabhängig von den übrigen Aufgaben bereits ausführlich behandelt wurde, besonders was die Frage der Richtung der Ausrichtung anbelangt (Schmidt, Zimmermann, Carnall bereits in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts), während die Frage nach der Größe der Ausrichtungslänge, folglich die rechnerische oder zeichnerische Bestimmung des mathematischen Teiles der Aufgaben, zurückgetreten ist. Carnalls grundlegende Arbeiten begnügen sich mit mehr oder weniger Andeutungen von Berechnungen, ebenso Zimmermann; Dannenberg geht in dieser Beziehung nicht viel weiter, Schapper und Köhler bleiben bei den zeichnerischen Lösungen und alle zusammen beschränken sich auf den Fall des reinen Sprunges, die schräge Verschiebungsrichtung des verworfenen Teiles nicht in Erwägung ziehend. Allein Haußes längere Arbeit (1903) erstreckt sich auch auf den letzteren Fall, und es werden auch die verschiedenen Ausrichtungsarten angegeben. Eine Reihe von — infolge Versehen entstandenen — Trugschlüssen und fehlerhaften Berechnungen machen es jedoch noch immer notwendig, die ganze Frage einer genaueren Betrachtung zu unterziehen, und dies um so eher, da die Frage nach der wirtschaftlichsten Ausrichtungsart in den einzelnen Fällen in keiner bisher erschienenen Arbeit in Erwägung gezogen wird.

Gewählt wird dazu der rechnerische Weg. Wenn auch unzweifelhaft ist, daß infolge der Unebenheiten der Lagerstättenformen auch die zeichnerische Lösung entsprechend genau zum Ziele führt, erscheint uns der erstere Weg dennoch vorteilhafter. Denn nur der rechnerische Vorgang gewährt uns einen klaren Einblick, welchen Einfluß die einzelnen Größen und deren Änderungen auf die gesuchten Bestimmungsstücke ausüben. Ferner wird der rechnerische Vorgang — besonders mit innerhalb der zulässigen Grenzen abgerundeten Werten — noch immer rascher zum Ziele führen, als wenn man durch genau vorzunehmende zeichnerische Konstruktionen, und zwar infolge der räumlichen Verhältnisse in verschiedenen Ebenen, die gesuchte Größe bestimmt. Hauptsächlich aber erscheint uns der zeichnerische Lösungsvorgang als vollkommen ungeeignet in den Fällen, wo man von mehreren Möglichkeiten durch Vergleiche die günstigste Art heraussuchen will, da die so erhaltenen Ergebnisse unübersichtlich und schwer handlich sind.

Zweck vorliegender Untersuchungen ist somit, beim Anfahren eines Verwerfers in der Grube auf rechnerischem Wege den günstigsten Weg anzugeben, welcher zur Wiederauffindung des verworfenen Lagerstättenflügels führt, oder kurz die Ausrichtung der Verwerfung auf dem günstigsten Wege zu ermöglichen. Dadurch ist auch die natürliche Einteilung dieser Abhandlung gegeben. Zuerst müssen allgemein die Elemente der Verwerfung ermittelt werden, ferner die verschiedenen Möglichkeiten der Ausrichtung und deren Anwendbarkeit untersucht werden. Dann ist die Frage nach der wirtschaftlichsten von den möglichen Ausrichtungsarten zu beantworten und endlich nach dieser Entscheidung die Richtung anzugeben, in welcher der verworfene Lagerstättenflügel zu suchen ist.

1. Die Grundlagen des Ausrichtungsproblemes

Betrachten wir für unsere Untersuchungen innerhalb des Berechnungsbereiches die in der Natur vorkommenden Lagerstätten als angenäherte Ebenen, wie dies bei plattenförmigen Gängen und Sedimentlagerstätten meist zulässig erscheint, ebenso die sie treffenden Verwerfungen, so handelt es sich hiebei um Beziehungen, welche aus der gegenseitigen Lage beider Ebenen sich ergeben. Da jedoch die durch den Verwerfer abgeschnittene Lagerstätte hinter dem Verwerfer nicht in der ursprünglichen Lage fortsetzt (sonst wäre keine Verwerfung vorhanden), sondern verworfen, d. h. in einer zu bestimmenden Richtung in der Verwerferebene verschoben wurde, so haben wir immer zwei Lagerstättenebenen, und zwar den stehengebliebenen und den verworfenen Lagerstättenflügel, wie diese in der Abb. 1 mit L_1 und L_2 angenommen wurden; der Verwerfer wurde hiebei mit V bezeichnet.

Vom markscheiderischen Standpunkt ist es gleichgültig, durch welche Ursachen die Verwerfung hervorgebracht wurde, ebenso der Umstand, ob diese Lage der beiden Flügel durch Hebung des einen oder Senkung des anderen Flügels entstand. Es kommt hiebei immer lediglich auf die gegenseitige Lage an und wir betrachten im Laufe unserer Untersuchungen als den stehengebliebenen Flözteil immer denjenigen Flügel, auf dem wir uns augenblicklich befinden, und den verworfenen als denjenigen, um dessen Aufsuchung es sich handelt. Jeder Lagerstättenflügel endigt an dem Verwerfer und schließt hier in der mit dem Verwerfer gebildeten Schnittlinie S_1 und S_2, der Kreuzlinie (oder Scharungslinie) ab. Entsprechend den beiden Lagerstättenflügeln können wir somit auch von zwei Kreuzlinien sprechen.

a) Die Einteilung der Verwerfungen

Nach der gegenseitigen Lage der Lagerstätte und des Verwerfers (auch Kluft genannt), nach der Art des Abgleitens des verworfenen Lagerstättenteiles usw. werden verschiedene Verwerfungsarten unterschieden. Die erste Unterscheidung trifft man nach der gegenseitigen Lage der beiden Kreuzlinien und trennt dadurch die Verwerfungen in zwei Gruppen:

a) wo beide Kreuzlinien parallel sind, d. h. der Verwurf geradlinig erfolgte, somit ein jeder Punkt eine gerade Bewegungsbahn beschrieb: die geradlinigen Verwerfungen;

b) wo beide Kreuzlinien sich schneiden, d. h. die verworfene Scholle eine Drehung erlitt, somit ein jeder Punkt eine kreisförmige Bewegung zurückgelegt hat: die drehenden Verwerfungen[1]).

Es ist noch ein Zusammentreffen der beiden Verwerfungsarten möglich, wodurch die kombinierten Verwerfungen entstehen, doch ist es leicht zu beweisen, daß eine jede solche aus beiden zusammengesetzte Bewegung geometrisch als eine rein drehende aufgefaßt werden kann, weshalb sie nicht näher betrachtet werden soll. Überhaupt ist die Bedeutung der drehenden Verwerfungen im Vergleich zur ersten Gruppe nur eine untergeordnete und beschränkt sich nur auf Einzelfälle. Zwar erwähnt sie schon Charpentier[1a]), Carnall[2]) und Beer[3]), doch nur als Sonderfälle, und es werden selbst in der neuesten Zeit Stimmen laut, welche deren Ausscheidung als eine besondere Verwerfungsart unzulässig erklären, weil dadurch „die Grundzüge der Tektonik verschleiert werden"[4]). Aus diesen Gründen scheiden auch wir die drehenden Verwerfungen aus der Gruppe der übrigen aus und betrachten sie zum Schluß unserer Ausführungen nur anhangsweise.

Nach der gegenseitigen Lage der Streichlinien beider Ebenen unterscheidet man nach Waldauf[5]) streichende, spießeckige und querschlägige Verwerfungen (eine Einteilung, welche bereits aus Schmidts „Theorie der Verschiebungen älterer Gänge" [1810][6]) entnommen werden kann, wenn auch hier die Benennung mit eigenen Namen unterlassen wird), je nachdem, ob das Streichen beider Ebenen parallel ist, einen spitzen oder einen rechten Winkel einschließt. Oft werden sie auch als Längsverwerfer, scharkreuzbildende und winkelkreuzbildende Verwerfungen bezeichnet[7]). Seltener werden die Namen parallel streichende und spitzwinklig streichende, rechtwinklig streichende Verwerfungen verwendet[8]), obwohl sie eigentlich als die richtigsten erscheinen.

Nach der gegenseitigen Lage der Fallrichtungen können ferner gleichsinnige (auch rechtsinnig genannt) und widersinnige Verwerfungen unterschieden werden, je nachdem, ob diese Richtungen einen spitzen oder stumpfen Winkel miteinander einschließen, ein von Schmidt zuerst wahrgenommenes Unterscheidungsmerkmal[9]), welches auch von Zimmermann[10]) und Carnall[11]) übernommen wurde. Auch Dannenberg[12]) hält an dieser Unterteilung fest, indem die Verwerfung als rechtsinnig betrachtet wird, „wenn die Fallrichtungen innerhalb desselben Quadranten nach ein und derselben Seite sich in die Tiefe erstrecken, widersinnig dagegen, wenn sie nach verschiedenen Seiten gerichtet sind".

Er gibt weiters eine Regel an, wonach die Art der Verwerfung aus dem Streichen und aus der Weltgegend der Fallrichtung bestimmt werden soll: „Verlaufen die sich in den nördlichen oder südlichen Halbkreis erstreckenden Teile der Streichlinien unter einem stumpfen Winkel, so ist ein rechtsinniges Einfallen vorhanden, wenn das beiderseitige Einfallen nach Nord oder Süd gerichtet ist; dagegen ist das Einfallen widersinnig, wenn die eine Fallrichtung nach Nord, die andere nach Süd hinweist; verlaufen dagegen die sich in den nördlichen oder südlichen Halbkreis erstreckenden Teile der Streichlinien unter einem spitzen Winkel, so kommen vorstehende Angaben umgekehrt zur Anwendung." Diese Regel wäre zur Unterteilung beim stumpfen Winkel noch anwendbar, dagegen ist sie beim spitzen Winkel gänzlich unbrauchbar, denn ein und dieselbe Verwerfung müßte je nachdem, ob die Nordrichtung innerhalb des spitzen Winkels liegt oder außerhalb desselben, einmal als widersinnig, das andere Mal aber als rechtsinnig bezeichnet werden, wie dies auch aus Abb. 2 ersichtlich ist, wobei für N_1 als Nordrichtung dieselbe Verwerfung nach dieser Regel widersinnig, für N_2 dagegen rechtsinnig wäre. Da jedoch die Art der Verwerfung nur von der gegenseitigen Lage der Lagerstätte und des Verwerfers abhängt, kann die eben erwähnte Regel nicht richtig sein und konnte nur dadurch entstehen, daß in den von Dannenberg als

[1]) Nicht zu verwechseln mit den Drehverwerfungen bei Emm. Margerie und Dr. Heim (Die Dislokationen der Erdrinde, Zürich 1888, S.40), worunter sie das Zusammentreffen zweier ineinander übergehenden Verwerfungen verstehen.

[1a]) Beobachtungen über die Lagerstätten der Erze, 1799, S. 168.

[2]) Die Sprünge im Steinkohlengebirge. Karstens Archiv 1836, S. 102, § 172.

[3]) Lehrbuch der Markscheidekunst, Prag 1856, S. 277, § 147.

[4]) Lehmann, Über schräge Verwerfungen und Drehverwerfungen im links- und rechtsrheinischen Steinkohlengebiet, Mittlg. a. d. Markscheidew. 1919, S. 30.

[5]) Die besonderen Lagerstätten der nutzbaren Minerale, 1824, S. 47.

[6]) §§ 23 bis 26, S. 36 bis 40 behandelt die streichenden Verwerfungen, während die spießeckigen und querschlägigen u. a. auf Seite 21 und 22 erwähnt werden.

[7]) Beer, Lehrbuch der Markscheidekunst, 1856, § 137, S. 266.

[8]) Beer, a. a. O. § 160, S. 302. Bei Margerie und Heim auch streichende, schiefstreichende (auch diagonale) und Querverwerfungen genannt. (Die Dislokationen der Erdrinde, S. 21.)

[9]) Theorie der Verschiebung älterer Gänge, § 16, S. 27.

[10]) Die Wiederausrichtung verworfener Gänge, Lager und Flöze, 1828, S. 53, Abs. 2.

[11]) Die Sprünge im Steinkohlengebirge, Karstens Archiv 1836, § 50, S. 33.

[12]) Über Verwerfungen, 1884. S. 5, Abs. 1.

Beispiele angeführten Abb. 9 bis 26 für den Verwerfer überall dasselbe Streichen angenommen und die bei diesem Streichen der Kluft zutreffenden Eigenschaften als allgemein gültig auf sämtliche Verwerfungen ausgedehnt wurden.

Eine weitere Unterteilung bedingt die Richtung des Abgleitens des verworfenen Flügels. Dieses kann, wie uns die Geologie lehrt, eine jede Richtung in der Verwerferebene einnehmen, folglich in der Richtung des Fallens, in der Richtung des Steigens des Verwerfers, horizontal oder diagonal liegen. Entsprechend dieser Möglichkeiten werden sie in Sprünge, Übersprünge, Plattverschiebungen und diagonale Verwerfungen unterteilt, falls die relativ bewegte Scholle im Hangenden des Verwerfers liegt. Die Diagonalverwerfungen können je nach der Lage wieder in Diagonalsprung und Diagonalwechsel unterschieden werden[13]). Die Sprünge werden häufig nur als „Verwerfungen im engeren Sinne bezeichnet[14]), auch die Namen reine Sprünge oder normale Sprünge[15]) finden sich oft. Uns erscheint der Ausdruck „reiner Sprung" am zutreffendsten. Die Übersprünge (eine von Carnall zuerst eingeführte Bezeichnung, an der wir festhalten)[16]) führen oft den Namen Wechsel, Überschiebung, auch Faltenverwerfung (Treptow), die Diagonalverwerfungen erscheinen dagegen oft unter der Benennung Schrägverwerfungen[17]), wobei der schräge Sprung auch als allgemeiner Sprung und der schräge Wechsel als allgemeiner Wechsel anzutreffen ist[18]). Die Bezeichnungen „Schrägverwerfungen" und „allgemeine Verwerfungen" erscheinen uns gleichberechtigt.

Die Begriffe Liegendsprung, wenn die Liegendscholle am Verwerfer abgerutscht ist (und das Gegenstück dazu: der Liegendwechsel, wenn die Liegendscholle gehoben wurde), ergänzt durch den schrägen Liegendsprung[19]), haben dagegen für uns keine Bedeutung, da es hier nur auf die relative Lage der beiden Flügel zueinander ankommt, und in dieser Beziehung sie das gewöhnliche Bild eines Wechsels (Übersprunges) bzw. eines Sprunges oder eines schrägen Wechsels zeigen. Diese Ausscheidung erscheint um so gerechtfertigter, da man in der Natur in den seltensten Fällen feststellen kann, welcher Teil wirklich und nicht relativ bewegt wurde: „Es läßt sich fast nie feststellen, welche Scholle sich bewegte und welche in Ruhe blieb, oder ob sich vielleicht beide bewegt haben."[20]) Dagegen wird es aus später noch zu erörternden Gründen vorteilhaft erscheinen, die Schrägverwerfungen noch weiter zu unterteilen, je nachdem, ob das Gleiten im Hangenden des Verwerfers von der Kreuzlinie auf die durch die Fallinie angezeigte Seite des Verwerfers fällt oder auf die entgegengesetzte Seite. In ersterem Falle könnten wir von einer „selbstseitigen", im zweiten Falle von einer „gegenseitigen" Verwerfung sprechen. Endlich ist es zur Beurteilung der Verwerfung wünschenswert, eine weitere Unterteilung nach der Größe des Verflächens (des Neigungswinkels) beider Ebenen (auch Einfallen genannt) zu treffen, wie dies bereits von Carnall angedeutet wurde[21]), je nachdem, ob die Neigung des Verwerfers kleiner oder größer ist als jene der Lagerstätte. Die Bezeichnungen Flachsprung, Flachwechsel (flacher Übersprung), Steilsprung, Steilwechsel (steiler Übersprung) dürften vielleicht zum Ausdrucke dieser Eigenschaften am passendsten sein. Eine weitere Unterteilung der Steilsprünge und Steilwechsel nach dem Verwurfswinkel wird noch später betrachtet.

Auf Grund der hier getroffenen Unterteilung erscheint zur eindeutigen Bestimmung des Verhaltens eines Verwerfers die Angabe von fünf Bestimmungsstücken notwendig: 1. die gegenseitige Lage beider Kreuzlinien, 2. die der Streichlinien, 3. die der Fallrichtungen, 4. ferner die Angabe der Gleitrichtung in bezug auf die Kreuzlinie, 5. die Angabe der Größe der Neigung des Verwerfers im Vergleich zur Lagerstätte. Somit z. B. geradliniger, spießeckiger, gleichsinniger, selbstseitiger, schräger Flachsprung. Nur beim reinen Sprung und Übersprung ist durch die Bezeichnung der Sprungart die Gleitrichtung auch angegeben, wodurch die Bezeichnung „selbstseitig" bzw. „gegenseitig" entfällt. Mit Hilfe der Kombinationslehre sind wir nun imstande, aus obigen Möglichkeiten alle sich ergebenden Fälle herzuleiten. Sollen für sämtliche Verwerfungen allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten aufgestellt werden, so ist es unerläßlich, deren Richtigkeit in sämtlichen so erhaltenen Fällen zu prüfen. Solange dies nicht der Fall ist, ist es unvermeidlich, daß sich Widersprüche mit den in der Natur beobachteten Erscheinungen einstellen.

b) Die Bestimmung der Kreuzlinie

Es handelt sich im folgenden darum, mathematische Beziehungen zwischen der Lagerstätten- und Verwerferebene sowie der Lage der Schnittgeraden beider Ebenen zu erhalten, unter der Voraussetzung, daß die Ebenen durch je einen Punkt, durch die Richtung und Größe des Verflächens der Ebenen gegeben sind. Da man bei einer Verwerfung zwei Lagerstättenflügel unterscheiden kann, so sind auch zwei Kreuzlinien vorhanden, wie die Schnittgerade von Lempe[22]), Beer[23]), Dannenberg[24]) usw. bezeichnet wurde. Zimmermann[25]) spricht dagegen von der Durchschnittlinie, während Carnall[26]) sie

[13]) Höfer, Die Verwerfungen, 1917, S. 47 bis 48. Nicht zu verwechseln mit den diagonalen Verwerfungen Heims (S. 21), worunter er die spießeckigen Verwerfungen versteht.

[14]) Keilhack, Lehrbuch der praktischen Geologie, Bd. I, S. 85 (1921).

[15]) Hauße, Die Verwerfungen, insbesondere ihre Konstruktion, Berechnung und Ausrichtung. Ztschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preuß. Staate 1903, § 4, S. 9.

[16]) a. a. O. § 23, S. 17.

[17]) Höfer, Die Verwerfungen, 1917, § 47.

[18]) Hauße, a. a. O. § 70, S. 160 und § 78, S. 170.

[19]) Höfer, a. a. O. S. 46, S. 49.

[20]) Stočes, Tektonische Geologie, 1923, S. 57, 2. Randbemerkung und S. 59, Pkt. 1.

[21]) § 99, S. 51. Auch bei Dannenberg, S. 5, Abs. 1.

[22]) Gründliche Anleitung zur Markscheidekunst, 1782, § 484, S. 290.

[23]) Lehrbuch der Markscheidekunst, 1856, § 138, S. 267.

[24]) Die Verwerfungen, 1884, S. 6, Abs. 4.

[25]) S. 10, Abs. 1.

[26]) S. 34, Anm.

einfach als die Schnittlinie bezeichnet. Höfers Bezeichnung[27]) Scharungslinie ist vom Worte Scharung entlehnt, worunter man jedoch ursprünglich nur einen spießeckigen Durchschnitt verstand (vgl. Beer, S. 267, Abs. 4).

Bemerkt sei, daß die Bestimmung der Kreuzlinie nicht nur bei der Ausrichtung der Verwerfungen eine Rolle spielt, sondern unabhängig von den Verwerfungen als eine selbständige Markscheideraufgabe vorkommen kann, wenn es sich z. B. darum handelt, beim Durchschnitte zweier Gänge eine Adelszone zu ermitteln. Während sie im letzten Falle zur Aufsuchung der Anreicherungszonen dient, gibt sie bei den Verwerfungen jene Linien an, in welchen die einzelnen Lagerstättenflügel aufhören. Die Berechnung der Kreuzlinien ist somit schon aus diesem Grund erforderlich.

Bei den folgenden Berechnungen hat der Winkel δ der Abb. 3 eine erhöhte Bedeutung. Es ist dies jener Winkel zwischen den Streichlinien der beiden Ebenen, innerhalb welcher die Kreuzlinie zu liegen kommt. Es wird durch die einspringende oder ausspringende Ecke beider Ebenen bestimmt[28]) und kann somit in keinem Falle größer als 180° sein, Dieser Definition entspricht auch der von Carnall in seinen Berechnungen verfolgte Grundsatz[29]), welchen Dannenberg in folgende Regel faßt[30]): Beim rechtsinnigen Einfallen ist der stumpfe, beim widersinnigen Einfallen der spitze Winkel für δ in die Berechnung einzuführen. Lempe läßt δ unbestimmt, macht aber den Neigungswinkel der Ebenen veränderlich, indem er bemerkt[31]): Bei widersinnig fallenden Ebenen soll die Neigung der Ebenen durch den stumpfen Winkel ausgedrückt werden, was allerdings nach seinen Abb. 101, 102 umgekehrt gerechtfertigt wäre, wie dies Zimmermann auch tatsächlich anwendet[32]), indem bei ihm δ immer als spitzer Winkel einzuführen ist[33]). Es läßt sich jedoch leicht beweisen, daß Carnalls und Zimmermanns Verfahren zu demselben Ergebnis führen.

Seiner Bedeutung halber erhielt der Winkel δ einen eigenen Namen. Carnall[34]) schlägt die Bezeichnung Streichwinkel vor, Zimmermann[35]) nennt ihn den Streichungswinkel, während Beer[36]) die Benennung Schnittwinkel vorzieht. Bei Lempe[37]) wird einfach von dem söhligen Winkel gesprochen. Uns erscheint Carnalls Streichwinkel am zutreffendsten.

Die rechnungsmäßige Lösung der Aufgabe ist eine einfache. Da die Schnittlinie gleichzeitig eine Gerade beider Ebenen ist, in jeder dieser Ebenen jedoch im allgemeinen, weder in der Fall- noch in der Streichlinie liegt, so stellt sie eine Diagonalstrecke beider Ebenen vor. Bezeichnet man in der Abb. 3 die Neigung der Lagerstätte mit v_L, die des Verwerfers mit v_V, ferner die Winkel, welche die Projektion der Kreuzlinie mit dem Streichen des Verwerfers und der Lagerstätte einschließen, mit δ_V und δ_L, so erhält man aus den beiden entstehenden rechtwinkligen sphärischen Dreiecken:

$$\sin \delta_L = \frac{\operatorname{tg} \varphi_K}{\operatorname{tg} v_L} \text{ und } \sin \delta_V = \frac{\operatorname{tg} \varphi_K}{\operatorname{tg} v_V} \qquad (1)$$

wobei φ_K die Neigung der Kreuzlinie bedeutet. Nachdem jedoch $\delta_L = \delta - \delta_V$ und $\delta_V = \delta - \delta_L$ ist, erhält man nach Division beider Gleichungen:

$$\frac{\sin(\delta - \delta_V)}{\sin \delta_V} = \frac{\operatorname{tg} v_V}{\operatorname{tg} v_L} \text{ bzw. } \frac{\sin(\delta - \delta_L)}{\sin \delta_L} = \frac{\operatorname{tg} v_L}{\operatorname{tg} v_V}$$

woraus wieder:

$$\operatorname{ctg} \delta_V = \frac{\operatorname{tg} v_V}{\operatorname{tg} v_L \sin \delta} + \operatorname{ctg} \delta, \text{ bzw.}$$

$$\operatorname{ctg} \delta_L = \frac{\operatorname{tg} v_L}{\operatorname{tg} v_V \sin \delta} + \operatorname{ctg} \delta \qquad (2)$$

erhalten wird, somit Gleichungen, die bereits von Kästner[38]) in 1775, Lempe[39]) (mit der sphär. Trigon.), Zimmermann[40]) (sphär. Trigon.) und Carnall[41]) (sphär. Trigon.) angegeben werden. Nach der Ermittlung von δ_V bzw. δ_L kann die Neigung der Kreuzlinie nach Gleichung 1 gerechnet werden. Zur vollständigen Festlegung der Kreuzlinie ist außerdem noch die Angabe eines ihrer Punkte notwendig. Der Schnittpunkt zweier gleich hoch angenommener Streichlinien der Lagerstätte und des Verwerfers gibt offenbar einen solchen.

Es bleibt noch die Frage offen, wie man mit Hilfe des ermittelten Winkels δ_V bzw. δ_L aus dem Streichen der Lagerstätte bzw. des Verwerfers die Richtung der Kreuzlinie erhalten kann. Diese kann durch Addition oder Subtraktion des gerechneten Winkels zu den gegebenen Richtungen der Streichlinien geschehen. Ferner ist noch zur Richtungsbestimmung der Kreuzlinie die Angabe der ansteigenden Seite der Kreuzlinie notwendig. Da für die Berechnung nach Gleichungen 2 jener Teil der Streichlinie herangezogen wird, welcher den einspringenden Winkel bildet, so muß zur Bestimmung der Kreuzlinie mit Hilfe von δ_L bzw. δ_V derselbe Teil verwendet werden, und zwar derart, daß die Kreuzlinie von dem entsprechenden Teile der Streichlinie nach der Seite des einspringenden Winkels (das ist der Winkel, wohin die Fallrichtungen der beiden Ebenen hinweisen) mit dem gerechneten Betrag δ_L bzw. δ_V abweicht. Zu demselben Ergebnis gelangt man, wenn an Stelle des einspringenden Winkels der ausspringende (das ist, wohin die Steigrichtungen hin-

[27]) Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 168.

[28]) Nach Prof. Aubell, Vorlesungen aus der Markscheidekunde.

[29]) § 288, S. 196.

[30]) S. 10, Abs. 2.

[31]) § 488, S. 293.

[32]) S. 86, letzter Absatz.

[33]) S. 90, unten.

[34]) § 288, S. 196.

[35]) S. 12, Abs. 1.

[36]) § 138, S. 267.

[37]) Fortsetzung zur gründlichen Anleitung zur Markscheidekunst, 1792, S. 29.

[38]) Anmerkungen über die Markscheidekunst 1775, S. 193, Anm. 30.

[39]) Gründliche Anleitung zur Markscheidekunst, 1782, § 486, S. 293.

[40]) S. 86, Abs. 2.

[41]) § 295, S. 199.

weisen) verwendet wird. Dadurch ist es unschwer zu entscheiden, ob in einem gegebenen Falle der Winkel zu addieren oder zu subtrahieren ist. Die steigende Seite der Kreuzlinie wird dann ebenfalls aus der gegenseitigen räumlichen Lage der beiden Ebenen erhalten.

Wesentlich einfacher gelangt man zum Ziele, wenn man zum Ausgangspunkt die Fallrichtungen der gegebenen Ebenen nimmt, die in der Abb. 3 mit ϱ_L und ϱ_V bezeichnet wurden, und als Unbekannte sofort die gesuchte Richtung der Kreuzlinie $= \varrho_K$ wählt. Da die Neigung der Diagonalstrecken durch das Verflächen der Ebene und den eingeschlossenen Winkel mit Hilfe einer einfachen Beziehung[42]) gegeben ist, folgt auch hier, daß:

$$-\cos(\varrho_K - \varrho_L) = \frac{\operatorname{tg}\varphi_K}{\operatorname{tg} v_L} \text{ und } -\cos(\varrho_V - \varrho_K) = \frac{\operatorname{tg}\varphi_K}{\operatorname{tg} v_V} \quad (3)$$

bzw. durch Division beider Gleichungen:

$$\frac{\cos(\varrho_K - \varrho_L)}{\cos(\varrho_V - \varrho_K)} = \frac{\operatorname{tg} v_V}{\operatorname{tg} v_L} = k$$

wobei k eine gegebene Konstante bedeutet. Nach Entwicklung der Klammerausdrücke und nach erfolgter Kürzung durch $\cos\varrho_K$ erhält man für $\operatorname{tg}\varrho_K$ den Ausdruck:

$$\operatorname{tg}\varrho_K = \frac{k\cos\varrho_V - \cos\varrho_L}{k\sin\varrho_V - \sin\varrho_L} \quad (4)$$

somit eine Gleichung, welche zur unmittelbaren Berechnung der Richtung der Kreuzlinie verwendet werden kann. Da letzterer Ausdruck unabhängig davon, ob die Grundrißwinkel der Gleichungen 3 durch $(\varrho_L - \varrho_K)$ oder durch $(\varrho_K - \varrho_L)$ bzw. $(\varrho_V - \varrho_K)$ oder $(\varrho_K - \varrho_V)$ gebildet werden, Gültigkeit hat, so erhält man die Lage der Kreuzlinie ohne andere Überlegungen aus der Rechnung allein. Da die Tangensfunktion in Gleichung 4 die Richtung der ansteigenden Seite der Kreuzlinie noch offen läßt, so ist kurz zu bemerken, daß diese Richtung durch die Bedingung gegeben ist, daß sie mit der Fallrichtung beider Ebenen einen stumpfen Winkel einschließen muß.

Auf diese Erscheinungen näher hinzuweisen, erscheint uns aus dem Grunde für wichtig, da eine einfache und richtige Beantwortung der Frage nach der Lage der Kreuzlinie bisher vermißt werden mußte. Zwar fehlt es seit längerer Zeit nicht an Versuchen, dieser Frage näher zu treten, allein wenn man an der Forderung nach Einfachheit und Richtigkeit festhält, müssen alle diese als nichtentsprechend betrachtet werden, besonders was die Angabe der Richtung des ansteigenden Teiles der Kreuzlinie anlangt. So wird schon von Lempe versucht[43]), durch längere Untersuchungen die Lage der Kreuzlinien in bezug auf das Streichen der gegebenen Ebenen zu bestimmen, und er kommt in Pkt. 12, S. 50, zu einem nicht viel sagenden Ergebnis: Wenn die Streichlinie der ersten Ebene linker Hand der Kreuzstreichlinie liegt, so ist der (in unserer Abb. 3 mit δ_L bezeichnete) Winkel zu addieren, liegt sie aber rechter Hand, so hat man zu subtrahieren. Dadurch bleibt die Richtung der Kreuzlinie jedoch noch immer unbestimmt, abgesehen davon, daß die Lage der Kreuzstreichlinie (welche bei Lempe nach Pkt. 2, S. 45, die Grundrißprojektion der Kreuzlinie bedeutet) eben zu suchen, daher unbekannt ist. Auch Zimmermann bemüht sich, die Bestimmung der Lage der Kreuzlinien zu ermöglichen[44]). „Bei rechtsinnig fallenden Gängen liegt der Durchschnitt innerhalb des stumpfen Streichungswinkels, worin die Hangenden der beiden Gänge gegeneinander gekehrt sind; bei widersinnig fallenden Gängen aber im spitzen Winkel, innerhalb dessen sie gleichfalls der beiden Gänge zufallen.“[45]) Für die Beurteilung der rechnungsmäßig erhaltenen Ergebnisse wird auf S. 90 weiter angeführt: „Um Verwechslungen zu vermeiden, ist in jedem Falle der spitze Streichwinkel auf der Seite anzunehmen, wo der Verwerfer im Hangenden des durchsetzten Ganges liegt, alsdann ergibt sich das Streichen des Durchschnittes, indem vom Durchsetzer ab gemessen wird“, eine Einschränkung, welche uns nicht notwendig erscheint. Es kann ebenso der im Liegenden befindliche spitze Streichwinkel herangezogen werden, nur muß in diesem Falle zur Zählung des gerechneten Winkels natürlich auch dieser Teil der Streichlinie verwendet werden. Die Richtung der ansteigenden Seite der Kreuzlinie bleibt jedoch auch bei dieser Berechnung unentschieden, wie dies auch schon aus Abs. 1, S. 92 a. a. O. ersichtlich ist, wo für dieselbe Kreuzlinie zwei voneinander um 180° abweichende Richtungen angegeben werden.

Dannenberg bestimmt die Lage der Kreuzlinie durch Addition bzw. Subtraktion des gerechneten Winkels vom Streichen der Kluft[46]). Zu diesem Zwecke werden entweder der in unserer Abb. 3 mit δ_V bezeichnete Winkel oder die zu δ_V und δ_L komplementären Winkel verwendet und auf S. 12 eine Tabelle aufgestellt, woraus zu entnehmen ist, wann die einzelnen Winkel zu addieren und wann zu subtrahieren sind. Abgesehen davon, daß die Handhabung einer solchen Tabelle schwerfällig ist, sind die aufgestellten Regeln auch fehlerhaft, da bei ihm die Berechnung von der Lage der Verwerfungen zu den Weltgegenden abhängig gemacht wird (siehe unsere früheren Bemerkungen und Abb. 2), während in der Wirklichkeit nur von der gegenseitigen Lage des Verwerfers und der Lagerstätte beeinflußt wird. Die Unrichtigkeit soll in Abb. 4 in einem Falle gezeigt werden. Da hier die in den nördlichen Halbkreis verlaufenden Teile der Streichlinien einen stumpfen Winkel bilden und das Einfallen beiderseits nach Süd gerichtet ist, so müßte nach der Regel das Streichen der Kreuzlinie aus dem Streichen der Kluft durch Addition des Winkels δ_V erhalten werden, während in der Wirklichkeit dies durch Subtraktion geschieht. Die Unzulänglichkeit der Tabelle kann auch aus der III. und IV. Kolonne ersehen werden, wo

[42]) Vgl. Hornoch, Neue Gesichtspunkte zur rechnerischen Lösung der Markscheideraufgaben. Berg- und Hüttenmännisches Jahrb., Leoben 1925, S. 160, Gl. 135.

[43]) Gründliche Anleitung zur Markscheidekunst, §§ 485 bis 489, S. 291 bis 295 und Fortsetzung zur gründlichen Anleitung, S. 45 bis 50.

[44]) S. 70 bis 95.

[45]) S. 71, Abs. 2.

[46]) S. 11, Abs. 1.

unter der Spalte „rechtsinnig, wenn beiderseitiges Fallen nach ein und derselben Weltgegend oder das eine nach Nord und das andere nach Süd gerichtet ist," und unter der Spalte widersinnig, „wenn beiderseitiges Fallen nach entgegengesetzten Weltgegenden oder beide nach Nord oder Süd gerichtet sind", zu finden ist. Da Nord und Süd auch Weltgegenden sind, ist in einem gegebenen Falle nicht zu entscheiden, welche Spalte herangezogen werden soll. Aus allem ist aber ersichtlich, daß die Richtungsberechnung nach Gleichung 4, wo alle diese Regeln und Erwägungen wegfallen, den übrigen Berechnungsarten der Kreuzlinie vorzuziehen ist.

Besondere Lagen der Kreuzlinie

Aus den erhaltenen Gleichungen kann ersehen werden, welchen Einfluß die einzelnen Größen auf die Lage der Kreuzlinie ausüben. Die Gleichungen 2 besagen uns z. B., daß die Kreuzlinie dem Streichen der stärker geneigten Ebene näher liegt als der schwächer geneigten und bei seigerer Stellung ganz in ersteres fällt, bei gleicher Neigung der Ebenen dagegen den Streichwinkel halbiert. Ebenso ist ferner ersichtlich, daß die Neigung der Kreuzlinie wie einer jeden Diagonalstrecke kleiner ist als das Verflächen der schwächer geneigten Ebene und erreicht dieses als Grenzwert nur bei der seigeren und querschlägigen Stellung der zweiten Ebene. Dann ist z. B. v_V und $\delta = 90^0$, weshalb nach Gleichungen 2 δ_V dann 0^0 und $\delta_L = 90^0$ wird. Aus Gleichung 1 wird in diesem Fall auch $\frac{\operatorname{tg} \varphi_K}{\operatorname{tg} v_L} = 1$, d. h. φ_K muß gleich v_L sein.

Die Projektion der Kreuzlinie fällt in das Streichen der einen Ebene. Da muß entweder δ_V oder δ_L gleich 0^0 sein. Nach Gleichung 2 ist dies dann der Fall, wenn die eine Ebene seiger oder die andere söhlig ist, endlich wenn der Streichwinkel 0^0 oder 180^0 ist. In diesen Fällen liegt nach Gleichung 1 auch die Kreuzlinie horizontal.

Die Kreuzlinie steht vertikal. Da wird $\varphi_K = 90^0$, was nach Gleichung 1 nur dann möglich ist, wenn sowohl v_V, als auch v_L vertikal stehen.

c) Der Verwurfswinkel

Bei der Berechnung aller Ausrichtungsgrößen spielt ein räumlicher Winkel eine besondere Rolle, welcher in unserer Abb. 3 mit σ_V bezeichnet wurde und welchen die Kreuzlinie mit dem Streichen der Verwerfer einschließt, und dessen Bedeutung schon von Schmidt[47]) erkannt wurde. Wegen seiner Wichtigkeit soll er mit einem eigenen Namen belegt werden. Carnall bezeichnet ihn als den „Sprungwinkel" und gibt auch dessen eindeutige Definition an[48]). Es wird darunter immer jener Winkel verstanden, den die nach aufwärts verlängerte Kreuzlinie mit dem in das Liegende der Lagerstätte verlängerten Streichen des Verwerfers einschließt. Carnall versteht somit unter dem Sprungwinkel einen räumlichen Winkel (siehe auch Abb. 21 Carnalls), während Dannenberg[49]) mit derselben Bezeichnung die Projektion des Carnallschen Sprungwinkels auf die Horizontalebene definiert. Auch Hauße[50]) nimmt als Sprungwinkel die wagrechte Projektion an, nur wird hier eine ziemlich umständliche Definition für jenen Teil des Streichens des Verwerfers gewählt, welcher für die Zählung des Sprungwinkels in Betracht kommt. Um zu erreichen, daß der Sprungwinkel für den stehengebliebenen und verworfenen Lagerstättenflügel gleich groß sei (was nach der Carnallschen Definition ohnedies zutrifft), gibt Hauße zwei Beschreibungen des Sprungwinkels an, welche jedoch untereinander nicht übereinstimmen. „Man nehme immer denjenigen Teil als Schenkel des Sprungwinkels an, der nach derjenigen Seite hin liegt, nach der sich die Schnittlinie vom Anfahrungspunkte der Kluft erstreckt, und mißt beide Winkel stets in der Richtung der Drehung des Uhrzeigers von dem Schenkel ab, der in diesem Drehungskreis den ersten Schenkel bildet (?), so ergeben sich die Sprungwinkel zufolge des Parallelismus der beiden Kluft- und Schnittlinien, die die Schenkel dieser Winkel bilden, als Wechselwinkel für beide Flügel gleich groß." Weiters: „Ebenso fallen die Sprungwinkel beider Flügel für alle Verwerfungen gleich groß aus, wenn man für den Sprungwinkel des unteren Flügels den vom Anfahrungspunkte nach der Sohle der Lagerstätte oder dem Flözliegenden gerichteten Teil der Kluftstreichlinie als Schenkel dieses Winkels und für den Sprungwinkel des oberen Flügels den vom anderen Anfahrungspunkte nach dem Dache der Lagerstätte oder dem Flözhangenden sich verlaufenden Teil der Kluftstreichlinie als Schenkel wählt." — Wir schließen uns in den folgenden Untersuchungen schon der Einfachheit halber der Definition Carnalls an und bemerken nur, daß uns mit Rücksicht auf die allgemeinen Verwerfungen an Stelle der Bezeichnung Sprungwinkel (vom Worte „Sprung" abgeleitet) die Benennung „Verwurfswinkel" richtiger erscheint, wenn auch der Ausdruck „Sprungwinkel" sich sehr eingebürgert hat. Erwähnt sei auch, daß für die Unterscheidung, ob der Verwurfswinkel spitz oder stumpf ist, auch der von Dannenberg verstandene Sprungwinkel herangezogen werden kann, und zwar aus dem Grunde, weil der eine gemeinsame Winkelschenkel, die Streichlinie des Verwerfers, wagrecht liegt.

Für die rechnungsmäßige Bestimmung des Verwurfswinkels kann das in der Abb. 3 enthaltene sphärische Dreieck verwendet werden. Mit Hilfe des sphärischen Ctg-Satzes erhält man:

$$\operatorname{ctg} \sigma_V = \frac{\cos v_V \cos \delta + \sin v_V \operatorname{ctg} v_L}{\sin \delta} \qquad (5)$$

eine Gleichung, welche in den von Lempe[51]) angegebenen Beziehungen bereits enthalten ist. Ähnlich wird auch von Zimmermann (S. 107) angegeben. Bei beiden Autoren erhält das zweite Glied des Zählers ein doppeltes Vorzeichen. Diese zwei Möglichkeiten

[47]) Theorie der Verschiebung älterer Gänge, 1810, S. 110.

[48]) § 57, S. 47.

[49]) S. 6.

[50]) S. 18, § 10.

[51]) Fortsetzung zur Gründlichen Anleitung zur Markscheidekunst, P. 13, S. 51.

sind in unserer Definition des einzuführenden Streichwinkels berücksichtigt, während Lempe und Zimmermann stets den spitzen Streichwinkel nehmen, weshalb bei gleichsinnigen Verwerfungen ein Vorzeichenwechsel erforderlich ist.

Der zweite Winkel, welchen die Kreuzlinie mit dem Streichen der Lagerstätte einschließt (in Abb. 3 mit σ_L bezeichnet), hat eine geringere Bedeutung. Werden die Grubenkarten in Flachriß dargestellt, was besonders bei gangförmigen Lagerstätten mit regelmäßigem Verhalten oft der Fall ist, so wird er zur Eintragung der Kreuzlinie in die Karte verwendet. Carnall[52]) schlägt die Bezeichnung „Flözwinkel" vor, welche jedoch mit Rücksicht auf die Verwerfungen, welche gangförmige Lagerstätten treffen, nicht ganz richtig gewählt erscheint und besser vielleicht als „Flügelwinkel" zu bezeichnen wäre. Für diesen lassen sich ähnliche Beziehungen wie für den Verwurfswinkel aufstellen, nur werden v_V und v_L vertauscht.

Um die logarithmische Auswertung bequemer zu gestalten, kann folgende Substitution verwendet werden. Setzt man

$$\frac{\operatorname{ctg} v_L}{\cos \delta} = \operatorname{tg} \lambda,$$

also gleich der Tangente eines Hilfswinkels λ, so wird der Verwurfswinkel durch die Beziehung ausgedrückt:

$$\operatorname{ctg} \sigma_V = \frac{\cos (v_V - \lambda)}{\cos \lambda \operatorname{tg} \delta} \qquad (6)$$

Bemerkt sei, daß diese Substitution jederzeit zulässig erscheint, da λ nur ein Winkel zwischen 0^0 und 180^0 sein kann, in diesen Quadranten jedoch $\cos \delta$ und $\operatorname{tg} \delta$ dieselben Vorzeichen haben, und weil λ stets das Vorzeichen von δ übernimmt (v_V und v_L liegen immer im ersten Quadranten, beeinflussen das Vorzeichen daher nicht). Eine besondere Berücksichtigung des stumpfen Streichwinkels ist daher nicht notwendig. Aus diesem Grunde fallen auch die von Carnall[53]) gegen die Einführung von Hilfswinkeln bei der Berechnung erhobenen Bedenken hier weg, weshalb die Gleichung 6 den von ihm angegebenen Neperschen Gleichungen vorzuziehen wäre, falls es sich nur um die Ermittlung des Verwurfswinkels handelt. Bei gleichzeitig notwendigen Berechnungen der beiden Winkel bleiben dagegen die Neperschen Gleichungen weiterhin vorteilhafter, die bekanntlich lauten:

$$\operatorname{tg} \frac{\sigma_V + \sigma_L}{2} = \frac{\cos \frac{v_L - v_V}{2}}{\cos \frac{v_L + v_V}{2}} \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}$$

und $\qquad (6\,a)$

$$\operatorname{tg} \frac{\sigma_V - \sigma_L}{2} = \frac{\sin \frac{v_L - v_V}{2}}{\sin \frac{v_L + v_V}{2}} \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}.$$

Die von Hauße für die Projektion des Sprungwinkels aufgestellte Gleichung 11 (S. 27, § 18) gibt trotz der Haußeschen umständlichen Definition des Sprungwinkels keine einheitlichen Beziehungen. Während z. B. bei der dort angewendeten Ableitung mit seinen Bezeichnungen $M_2 S_u = - h \operatorname{ctg} \alpha \cos \gamma$ zu setzen wäre, wodurch dann richtig $\operatorname{ctg} \delta = \frac{\operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha \sin \gamma} - \operatorname{ctg} \gamma$ (und nicht $+ \operatorname{ctg} \gamma$) sich ergäbe, erhält man z. B. aus Abb. 12 (Tafel I) wiederum das positive Vorzeichen. Haußes langwierige Definition des Sprungwinkels ist somit nicht nur nicht praktisch, sondern auch unbrauchbar, und zwar um so eher, da der in die Berechnung einzuführende Streichwinkel trotz der in § 11, S. 18 bis 19, angestellten Untersuchungen keine einheitliche Regelung erfuhr.

Untersuchung der Änderung des Verwurfswinkels bei der Änderung der Neigung der Lagerstätte und des Verwerfers sowie des Streichwinkels. Betrachtet man in Gleichung 5 v_L als die unabhängige Veränderliche, σ_V dagegen als deren Funktion, so fragt es sich, wie sich σ_V bei der Vergrößerung von v_L verhält. Entweder ist der Zähler der Gleichung 5 positiv, so wird in diesem Falle, da $\sin v_V \operatorname{ctg} v_L$ immer positiv ist, eine Vergrößerung von v_L zu einer Verkleinerung des Zählers, somit zu einer Vergrößerung von σ_V führen; ist dagegen der Zähler negativ, so führt eine Vergrößerung von v_L zu einer Verkleinerung des (kleineren) positiven Gliedes. Der absolute Wert des Bruches nimmt zu und σ_V, da der Verwurfswinkel hier ein Winkel des II. Quadranten ist, wird ebenfalls größer. Wir stellen somit fest: Bei der Vergrößerung der Neigung der Lagerstätte wächst der Verwurfswinkel beständig, unabhängig davon, ob die Verwerfung eine gleich- oder widersinnige ist.

Wird in der Gleichung 5 die Neigung des Verwerfers als die Veränderliche angenommen, so erhält man die möglichen Extremwerte des Verwurfswinkels mit Hilfe der Differentialrechnung. Hat der Zähler ein Maximum bei der Veränderung von v_V, so muß in diesem Falle der Verwurfswinkel ein Minimum besitzen, gleichgültig ob der Bruch ein positiver oder negativer ist. Wir bilden die erste Ableitung des Zählers nach v_V und setzen sie gleich Null:

$$-\cos \delta \sin v_V + \cos v_V \operatorname{ctg} v_L = 0$$

woraus dann

$$\operatorname{tg} v_V = \frac{\operatorname{ctg} v_L}{\cos \delta} \qquad (7)$$

die möglichen Stellen des Extremwertes des Zählers angibt. Da die zweite Ableitung an dieser Stelle $-(\cos \delta \cos v_V + \sin v_V \operatorname{ctg} v_L) < 0$ (der Fall, wo $\cos \delta$ negativ ist, kann nach Gleichung 7 nicht vorkommen) wird, hat der Zähler an dieser Stelle ein Maximum und der Verwurfswinkel daher ein Minimum seines Wertes. Da bei der Änderung der Neigung des Verwerfers der Verwurfswinkel einen Grenzwert annimmt, so ist hier die Änderung keine beständige. Bis zu einer Neigung (die durch Gleichung 7 bestimmt ist) nimmt der Verwurfswinkel mit der Vergrößerung von v_V ab, dann wieder zu, wie diese Unbeständigkeit mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie bereits von Carnall[54]) erkannt wurde und auch von Dannenberg[55]) angeführt erscheint, bei letzterem allerdings auf die Grundrißprojektion bezogen. Dies

[52]) § 288, S. 196.
[53]) § 289, S. 196.
[54]) § 60, Pkt. 3, S. 38.
[55]) S. 8, Abs. 1.

gilt von den widersinnig fallenden Verwerfungen, während bei den rechtsinnigen, wo $\delta > 90^0$, die Änderung keine Extremwerte aufzuweisen hat; die Änderung ist eine beständige: je größer die Neigung des Verwerfers, um so kleiner der Verwurfswinkel.

Betrachtet man den Streichwinkel δ als die unabhängige Veränderliche, so erhält man für die Beurteilung des Zusammenhanges der Änderung folgende Ergebnisse. Wir bilden die erste Ableitung und setzen sie gleich Null:

$$\frac{d\,(\mathrm{ctg}\,\sigma_V)}{d\,\delta} = \frac{-\,(\cos v_V + \sin v_V \,\mathrm{ctg}\, v_L \cos\delta)}{\sin^2\delta} = 0$$

Da in diesem Ausdruck der Nenner nicht unendlich sein kann, muß der Zähler Null werden. Daraus ergibt sich:

$$\cos\delta = -\frac{\mathrm{tg}\, v_L}{\mathrm{tg}\, v_V} \tag{8}$$

d. h. da $\mathrm{tg}\, v_L$ und $\mathrm{tg}\, v_V$ immer positive Größen sind, ist ein Extremum nur bei gleichsinnigen Verwerfungen möglich, wo $\delta > 90^0$ und die Neigung des Verwerfers größer ist als die der Lagerstätte. Die Art des Extremums entscheidet die zweite Ableitung an der durch die erste ermittelte Stelle:

$$\frac{d^2\,(\mathrm{ctg}\,\sigma_V)}{d\,\delta^2} = + \frac{\sin v_V \,\mathrm{ctg}\, v_L}{\sin\delta} > 0$$

da δ niemals größer als 180^0 sein kann und v_V sowie v_L im ersten Quadranten liegen. Wir haben somit an dieser Stelle ein Minimum der Kotangente und ein Maximum des Verwurfswinkels vor uns. Bei gleichsinnigen Verwerfungen wächst daher der Verwurfswinkel zuerst mit der Vergrößerung des Streichwinkels, bis der maximale Wert erreicht ist, und nimmt dann von hier wieder ab. Die von Carnall (§ 60, S. 38) aufgestellte Gesetzmäßigkeit: „Der Sprungwinkel (bei uns Verwurfswinkel genannt) erscheint um so spitzer, je mehr sich die Streichlinie der Kluft derjenigen des Flözes annähert," muß somit im Sinne der hier angeführten richtiggestellt werden.

Wir ersehen somit, daß bei der Änderung der Neigung der Lagerstätte der Verwurfswinkel sich im gleichen Sinne verändert, bei der Änderung der Neigung des Verwerfers dagegen er ein Minimum, bei der Änderung des Streichwinkels dagegen ein Maximum des Wertes haben kann. Für die Änderung des Verwurfswinkels läßt sich keine allgemein gültige beständig zu- bzw. abnehmende Proportion mit der Änderung der gegebenen Bestimmungsstücke angeben. Sämtliche Änderungen von Längenabmessungen (siehe Abschnitt 2, S. 12), welche mit Hilfe des Verwurfswinkels ausgedrückt werden, sind somit auch unbeständig.

Ist der Zähler der Gleichung 5 negativ, so wird die Kotangente des Verwurfswinkels negativ: der Verwurfswinkel wird stumpf, wie diese Möglichkeit zuerst von Zimmermann[56]) erkannt wurde. Die Bedingung des Stumpfwerdens ist somit durch die Ungleichung:

$$\cos v_V \cos\delta + \sin v_V \,\mathrm{ctg}\, v_L < 0 \tag{9}$$

ausgedrückt. Daraus berechnet sich:

$$\cos\delta < -\frac{\mathrm{tg}\, v_V}{\mathrm{tg}\, v_L} \tag{10}$$

Da die Neigungen immer im ersten Quadranten liegen, ist der stumpfe Verwurfswinkel nur bei rechtsinnigen Sprüngen möglich, und zwar nur bei solchen, bei welchen die Neigung des Verwerfers kleiner ist als die der Lagerstätte und der Winkel δ der in der Ungleichung 10 ausgesprochenen Bedingung genügt. Da das absolut größere Glied in Gleichung 5 in diesem Falle $\cos v_V \cos\delta$ ist und σ_V im zweiten Quadranten liegt, ferner, da die unter Gleichung 7 und 8 erhaltenen Bedingungen der Extremwerte nicht erfüllt werden, folgt: Je größer der Streichwinkel, je kleiner das Verflächen des Verwerfers, und je steiler die Lagerstätte einfällt, um so stumpfer wird der Verwurfswinkel[57]). (Durch Vergrößerung von δ wird der absolute Wert des Zählers, folglich auch der stumpfe Verwurfswinkel vergrößert; da ferner das Glied mit $\mathrm{ctg}\, v_L$ positiv ist, verkleinert dieses das absolut größere Glied, und zwar mit um so weniger, je größer v_L ist; weiters da das Stumpfwerden bedingende Glied den Faktor $\cos v_V$ enthält, so wird eine Verkleinerung von v_V ebenfalls zur Vergrößerung des Verwurfswinkels beitragen.)

Ist der Zählerausdruck in Gleichung 5 gleich Null, so wird der Sprungwinkel 90^0. Für diesen Fall erhält man somit:

$$\cos\delta = -\frac{\mathrm{tg}\, v_V}{\mathrm{tg}\, v_L} \tag{11}$$

Bei diesem Anlaß ist zu bemerken, daß querschlägige Verwerfungen, wo der Verwerfer seiger steht und in Gleichung 5 für δ und v_V 90^0 einzusetzen ist — im Gegensatze zu Carnall[58]) —, der Verwurfswinkel im allgemeinen nicht 90^0, sondern gleich der Neigung der Lagerstätte wird. Nur wenn letztere auch seiger steht, kann der Verwurfswinkel ein rechter sein.

Der Verwurfswinkel ist Null, wenn $\mathrm{ctg}\,\sigma_V = \infty$ ist. Aus Gleichung 5 ist dies dann der Fall, wenn 1. v_L gleich Null wird, d. h. bei wagrechter Lagerstätte, 2. wenn $\delta = 0^0$ ist, d. h. bei widersinnig streichenden Verwerfungen, 3. wenn $\delta = 180^0$ ist und der Zähler gleichzeitig positiv bleibt, d. h. wenn $v_V > v_L$ ist. Der Verwurfswinkel ist 180^0: da muß $\mathrm{ctg}\,\sigma_V = -\infty$ werden. Dies kann bei $\delta = 180^0$ nur dann eintreten, wenn der Zähler der Gleichung 5 negativ wird, d. h. wenn $v_V < v_L$. Der Fall tritt somit bei gleichsinnigen Verwerfungen auf, wo die Neigung des Flözes größer ist als jene des Verwerfers. Ist die Neigung der Lagerstätte und des Verwerfers gleich, so erhält man bei $\delta = 180^0$ für σ_V den Ausdruck $\frac{0}{0}$ d. h. der Verwurfswinkel ist unbestimmt.

Die von Haußе für die Projektion unseres Verwurfswinkels angegebenen Beziehungen sind im Sinne des oben Angeführten richtigzustellen. Die Projektion des Verwurfswinkels (dort mit δ bezeichnet) wird beim Streichwinkel $= 180^0$ nicht immer Null[59]), sondern nur dann, wenn $v_V > v_L$. Ferner kann man bei

[56]) S. 73, Abs. 1.

[57]) Eine bereits von Carnall (§ 62, S. 39) erkannte Eigenschaft.

[58]) § 134, S. 68.

[59]) § 18 S, 27, Pkt. 2.

horizontaler Lage des Verwerfers von keinem rechtwinkligen Verwurfswinkel sprechen, weil das Streichen des Verwerfers unbestimmt ist und der Verwurfswinkel somit eine jede Lage annehmen kann[60]. Auch ist es unmöglich, eine bestimmte Lagerstätte vorzustellen, welche mit dem horizontalen Verwerfer einen Streichwinkel von 90^0 einschließt. Ebenso kann der Verwurfswinkel nicht als 90^0 angesehen werden, wenn der Streichwinkel 180^0 beträgt und $v_V = v_L$ ist[61]. Es darf nicht übersehen werden, daß in der dazu verwendeten Gleichung $\left(\operatorname{ctg}\delta = \frac{1+\cos\gamma}{\sin\gamma}\right)$ bei $\gamma = 180^0$ nicht allein der Zähler Null wird (wodurch man $\delta = 90^0$ erhalten würde), sondern auch der Nenner, weshalb die unbestimmte Form $\frac{0}{0}$ entsteht.

Die hier entwickelten Eigenschaften des Verwurfswinkels können wir auch aus der unter Gleichung 6 angegebenen Substitutionsformel leicht erhalten. Da bei einem stumpfen Streichwinkel δ auch λ stumpf sein muß, wird der Nenner immer positiv und es kann nur der Zähler negativ sein. Da v_V stets ein spitzer Winkel ist, kann der Zähler nur dann negativ sein, wenn $v_V - \lambda < -90^0$, bzw. $v_V < \lambda - 90^0$ wird. Daraus erhält man die erforderliche Ungleichung $\operatorname{ctg} v_V < -\operatorname{tg}\lambda$ oder wenn man für $\operatorname{tg}\lambda = \frac{\operatorname{ctg} v_L}{\cos\delta}$ einsetzt $\cos\delta < -\frac{\operatorname{tg} v_V}{\operatorname{tg} v_L}$, eine der unter 10 erhaltenen Ungleichung entsprechende Bedingung. Der Verwurfswinkel wird Null für $\operatorname{ctg}\sigma_V = \infty$. Dies trifft zu 1. bei $\delta = 0$ d. h. bei widersinnigen streichenden Verwerfungen, da in Gleichung 6 $\operatorname{tg}\delta$ Null wird; 2. bei $\lambda = 90^0$, da $\cos\lambda$ Null wird, was aus $\operatorname{tg}\lambda = \frac{\operatorname{ctg} v_L}{\cos\delta}$ außer $\delta = 0$ nur bei $v_V = 0$ d. h. bei horizontaler Lagerstätte möglich ist; 3. bei $\delta = 180^0$, wenn gleichzeitig $\cos(v_V - \lambda)$ negativ wird, falls somit $\cos 180^0 < -\frac{\operatorname{tg} v_V}{\operatorname{tg} v_L}$ ist, d. h. bei gleichsinnig fallenden streichenden Verwerfungen, wo die Neigung der Lagerstätte größer ist als jene des Verwerfers. Ähnlich lassen sich auch die übrigen Sonderfälle herleiten.

Auch Dannenberg verwendet zur Beurteilung der Lage und der Größe des Verwurfswinkels Hilfsformeln. Es werden zur Vermeidung der unbequemen logarithmischen Auswertung der Gleichung (unserer Gleichung 2 entsprechend) zwei Hilfswinkel x und y eingeführt[62] (in Abb. 3 für $(\varrho_V + 180^0 - \varrho_K)$ und $(\varrho_K - \varrho_L - 180^0)$ entsprechend), die die Kreuzlinie mit dem Streichen des Verwerfers und der Lagerstätte bildet wobei x als der komplementäre Winkel zur Projektion des Verwurfswinkels erscheint. Neben der leichteren logarithmischen Berechnung erhält man ferner zwei Größen, deren absolute Größe, gegenseitige Lage und Vorzeichen nach Ansicht Dannenbergs die Verwerfungserscheinungen wesentlich beeinflussen[63] und ein richtiges Bild von der Art der Verwerfung geben[64]. Da jedoch in seinen Berechnungen x und y ohne nähere Definition nur als zwischen Streichen und Kreuzlinie gelegener Winkel angenommen wurde, geht der erhoffte Vorteil zum Großteil verloren; die für unsere Betrachtungen herangezogene Gleichung 5 gibt z. B. über den stumpfen Verwurfswinkel sofort ein klares Bild, während hier der stumpfe Verwurfswinkel durch die Erwägung erhalten wird[65]: Hat $x-y$ einen negativen Wert und ist größer als $x+y$, so erhält x einen negativen Wert, d. h. x liegt über y und ist kleiner als y und bewirkt, daß der Sprungwinkel (die Projektion unseres Verwurfswinkels) stumpf wird (Sprungwinkel $= 90^0 - (-x) = 90^0 + x$). Ähnlich verhält sich auch die Erwägung der Lage der Kreuzlinie im Vergleiche zu Gleichung 4. Es sei ferner bemerkt, daß aus der Gleichung[66] (durch unsere Bezeichnungen ersetzt) $\operatorname{ctg}\frac{x-y}{2} = \frac{\sin(v_V + v_L)}{\sin(v_V - v_L)}\operatorname{ctg}\frac{\delta}{2}$ man im Falle, wo $v_L > v_V$ ist, $\frac{x-y}{2}$ Werte zwischen 90^0 bis 180^0 und 270^0 bis 360^0 erhält, wodurch dann $x-y$ ein zwischen 180^0 und 360^0, bzw. im Falle des echten Bruches der Ausgangsgleichung zwischen 270^0 bis 360^0 liegender Winkel ist und nicht, wie bei Dannenberg angegeben[67]: „Ist der Wert der rechten Seite der Gleichung negativ, so wird $x-y$ gleich dem Supplement des positiven Wertes, also im vorliegenden Falle $180^0 - 90^0$.“ Daß diese Außerachtlassung bei den weiteren Berechnungen ohne wesentlichen Einfluß blieb, hat ihren Grund darin, daß das Streichen der Ebenen als ungerichtete Größe selbst die Unsicherheit von $\pm 180^0$ an sich trägt. Unzulässig ist weiters, zu erklären[68], daß die rechte Seite der oben erwähnten Gleichung ein echter Bruch ist und $x-y$ daher zwischen 90^0 und 180^0 liegt, wenn $\operatorname{ctg}\frac{\delta}{2}$ ein echter Bruch ist, d. h. $\frac{\delta}{2}$ die Werte 45^0 bis 90^0 annimmt, denn der Faktor $\frac{\sin(v_V + v_L)}{\sin(v_V - v_L)}$, wie auf Seite 14 (Abs. 2) selbst erkannt wurde, ein unechter Bruch ist, weshalb die rechte Seite trotz $\operatorname{ctg}\frac{\delta}{2} < 1$ noch immer größer ist als 1 sein kann. Ebenso berücksichtigt die auf S. 16 (Abs. 2) ausgesprochene Bemerkung: „$x-y$ wird größer, je kleiner der Wert von $\frac{\sin(v_V + v_L)}{\sin(v_V - v_L)}$ ist, d. h. mit zunehmendem Unterschiede zwischen Einfallen der Kluft und Lagerstätte,“ nicht die Möglichkeit des Negativwerdens, was aber stattfindet, wenn $v_L > v_V$ ist. In diesem Falle wird eine Vergrößerung des Unterschiedes zwischen beiden Einfallen zu einer Verkleinerung von $x-y$ und so nach dem vorhergehenden Absatz auch zu einer Verkleinerung der Ausrichtungsgröße führen.

60) § 18, S. 28, Abs. 3.
61) § 18, S. 28, Abs. 3.
62) S. 9, Abs. 3.
63) S. 13, vorletzter Abs.
64) S. 15, letzter Abs.
65) S. 17, letzter Abs.
66) S. 9, Gl. II.
67) S. 15, Abs. 1.
68) S. 15, Abs. 3.

d) Die Ermittlung der Gleitrichtung

Zur richtigen Beurteilung der Art der Verwerfung ist, wie bereits darauf hingewiesen wurde, die Kenntnis der Gleitrichtung erforderlich. Die Beantwortung der Frage ist in erster Richtung eine geologische. Schleppungen, Bruchstücke der Lagerstättenausfüllung und die Rutschstreifen können dazu wichtige Anhaltspunkte geben. Besonders „die Rutschstreifen gestatten einen klaren Einblick in das Wesen der Verwerfungen“[69], da sie „die verkörperten Spuren der Bewegungsrichtung“ darstellen[70], wodurch sie zur Ermittlung der Richtung des Abgleitens verwendet werden können, indem sie in der Richtung des Gleitens sich glatter anfühlen. Bei diesem Anlaß ist aber besonders hervorzuheben, daß man bei einer jeden Verwerfung zwei Systeme von Rutschstreifen unterscheiden muß, und zwar die am stehengebliebenen und jene am verworfenen Teil, entsprechend der Entstehung der Rutschstreifen „durch Aneinanderreiben der beiden bewegten Salbänder der Verwerfer, wobei die Rauhigkeiten dieser Wände sich aneinander abrieben und härtere Gesteinsteilchen des einen Salbandes in das andere eingruben, die Rutschstreifen erzeugend“[71]. Diese Anschauung entspricht übrigens vollkommen der mechanischen Vorstellung vom Wesen der Reibung als doppelt wirkender Kraft: auf den bewegten Körper im entgegengesetzten Sinne der Bewegung, auf den stehengebliebenen Körper im Sinne der Bewegung. Stoßen z. B. in Abb. 5 zwei Körper A und B entlang einer schiefen Fläche aneinander, so entstehen bei der Abwärtsbewegung von A dieselben Rutschstreifen, als beim Aufwärtsbewegen von B, d. h. die Rutschstreifen am Körper B fühlen sich beim Abwärtsgleiten darüber mit dem Finger glatt, beim Aufwärtsgleiten rauh an, umgekehrt jene von A (vgl. Höfer 1886, S. 351, Stočes Tekt. Geologie, S. 79). Eine Entscheidung, welcher Teil sich bewegt hatte, ist somit aus den Rutschstreifen nicht zu entnehmen[72], wohl aber die relative Lage der beiden Körper zueinander im Raume, was für uns aber vollkommen genügt. Betrachtet man den einen Teil der Lagerstätte, und zwar jenen, in welchem man sich befindet, als den stehengebliebenen, so entsprechen die an demselben erscheinenden Rutschstreifen der Gleitrichtung nach dem verworfenen Flügel; werden die Rutschstreifen dagegen jenseits des Verwerfers angetroffen, so ist die Gleitrichtung zum verworfenen Teil um 180° entgegengesetzt. Somit erscheint der Satz begründet:

Die Rutschstreifen am diesseitigen Salband geben die Gleitrichtung, die Rutschstreifen aber am entgegengesetzten Salband weichen von der Gleitrichtung um 180° ab.

Analog zu den Rutschstreifen können wir bei einer Verwerfung auch zwei Gleitrichtungen unterscheiden. Betrachtet man z. B. in Abb. 6 F_1 als den relativ stehengebliebenen Flügel, so zeigt die Gleitrichtung nach dem im Hangenden des Verwerfers befindlichen Flügel, falls der dem Punkt A entsprechende Punkt durch die Verwerfung nach B kam, in der Richtung $\overrightarrow{AB}$. Wird der Flügel F_2 als der stehengebliebene angesehen, so gibt die Richtung $\overrightarrow{BA}$ das Gleiten um 180° verschieden an. Wir können somit von einer Hangend- und von einer Liegendgleitrichtung sprechen, je nachdem, ob diese nach dem im Hangenden oder Liegenden des Verwerfers befindlichen Lagerstättenflügel zeigt.

Dies gilt natürlich unter der Voraussetzung, daß das Abgleiten geradlinig und nicht zickzackförmig erfolgte. Auch Wiederholungen von Verwerfungen können das Bild verschleiern[73] und falsche Richtung vortäuschen. Durch Beobachtung der Rutschstreifen an mehreren Stellen kann jedoch im Fall ihrer Übereinstimmung mit großer Sicherheit ein richtiges Bild von der Gleitrichtung erhalten werden.

Nun ist jedoch die Feststellung der Gleitrichtung mit Hilfe der Rutschstreifen nicht immer möglich, man kann sogar sagen, bei dem größeren Teile der Verwerfungen wird die Bestimmung, besonders der Richtung des Gleitens, trotz der verschiedenen Hilfsmittel[74] doch versagen. Unter Umständen kann da eine mittelbare Methode herangezogen werden. Gelingt es, in der Verwerferebene an dem stehengebliebenen und an dem verworfenen Flügel zwei Punkte zu erhalten, die vor dem Verwurf zusammengehörig waren, so gibt die gerade Verbindung beider Punkte offenbar die Richtung der resultierenden Bewegung an. (Man nennt solche einander entsprechende Punkte auch homologe oder — nach Stočes — korrespondierende Punkte[75]. So macht auch Hauße aufmerksam[76]: War ein Flöz bereits vor seiner Verwerfung z. B. von einem Rücken durchsetzt, so wurde dieser von der Verschiebung des Flözes mit betroffen; aus der Lage seiner beiden Durchschnittspunkte mit den Schnittlinien der Verwerfung bestimmt sich sonach die Richtung, in der die Bewegung des Hangenden erfolgte.

Die direkte Auffindung von homologen Punkten ist im allgemeinen seltener. Häufiger können zwei Paar homologer Gerader angegeben werden, deren Schnitt je einen homologen Punkt liefert. Von dieser Erwägung ausgehend, wurde von Stočes ein sehr sinnreiches graphisches Verfahren zur Ermittlung der Gleitrichtung ausgearbeitet[77], welche unter denselben Voraussetzungen auch rechnerisch leicht erhalten werden können. In der Abb. 6 bedeute A einen Punkt irgend einer charakteristischen Schichte, welche von der Verwerferebene V abgeschnitten und nach B verworfen wurde. Infolge des geradlinigen Verwurfes muß durch diesen Punkt die zweite Kreuzlinie parallel zur ersteren hindurchgehen, wodurch auch die Lage des verworfenen Flügels bestimmt wurde. Bezeichnet man den im Streichen des Verwerfers gemessenen Ab-

[69] Höfer, Die Verwerfungen, S. 66, Abs. 4.

[70] S. 61, Abs. 2, in Höfers Verwerfungen.

[71] S. 58, Abs. 3.

[72] Vgl. zum Unterschiede von Höfer, Die Verwerfungen, S. 20, Abs. 4.

[73] Stočes, Tektonische Geologie, 1923, S. 79, Pkt. 4.

[74] Höfer, Die Verwerfungen. S. 61 gibt z. B. solche an.

[75] Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. **1918**, S. 183, Abs. 4.

[76] § 2, S. 6, Abs. 1.

[77] Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1918. Wie kann die Bewegungsbahn bei den Verwerfungen angegeben werden. S. 181 bis 208.

stand der beiden Kreuzlinien mit a, die Länge $\overline{AB}$ mit x, den uns nach Gleichung 5 bekannten Verwurfswinkel mit σ_V und den Winkel, den die Gleitrichtung mit dem Streichen des Verwerfers bildet, mit λ, so kann die Größe a durch die Beziehung ausgedrückt werden:

$$a = \frac{x \cdot \sin(\sigma_V - \lambda)}{\sin \sigma_V} \qquad (12)$$

In letzterer Gleichung sind x und λ unbekannt; daraus folgt, daß aus der gegenseitigen Lage zweier Kreuzlinien die Gleitrichtung niemals festgestellt werden kann. Der verworfene Flügel kann dieselbe Lage im Raume durch verschiedene Bewegungsvorgänge erhalten. Gelingt es jedoch, entlang des Verwerfers noch eine zweite Entfernung zweier entsprechender Kreuzlinien festzustellen, die aber mit den früheren nicht parallel sein dürfen, so kann für dieselben Unbekannten x und λ, die ja entlang desselben Verwerfers beim geradlinigen Verwurf überall die gleichen sind, eine ähnliche zweite Beziehung aufgestellt werden:

$$a' = \frac{\sin(\sigma_V' - \lambda)}{\sin \sigma_V'} x \qquad (12\,a)$$

wobei σ_V' den Verwurfswinkel und a' die Entfernung dieses zweiten Kreuzlinienpaares bedeutet. Durch Division der Gleichungen 12 und 12a erhält man dann:

$$\frac{\sin \sigma_V \cos \lambda - \cos \sigma_V \sin \lambda}{\sin \sigma_V' \cos \lambda - \cos \sigma_V' \sin \lambda} = \frac{a \cdot \sin \sigma_V}{a' \cdot \sin \sigma_V'}$$

woraus wieder:

$$\operatorname{ctg} \lambda = \frac{a \cdot \operatorname{ctg} \sigma_V' - a' \cdot \operatorname{ctg} \sigma_V}{a - a'} \qquad (13)$$

erhalten wird. Die Gleichung 13 gibt somit jenen Winkel an, welchen die Gleitrichtung mit dem Streichen des Verwerfers einschließt. Man könnte für diesen Winkel deshalb die Bezeichnung „Gleitwinkel" wählen.

In einem praktischen Fall werden natürlich die Größen a und a' zur Ermittlung der Gleitrichtung nicht unmittelbar zur Verfügung stehen, sondern müssen erst selbst erhalten werden. Hat man z. B. durch eine geologische Kartierung in der Abb. 7 eine bei A bekannte charakteristische Schichte in B wiedergefunden, ebenso eine in C beobachtete in D, wobei die Neigung und das Streichen der Schichten mitbestimmt wurden, hat man ferner in der Grube den Verwerfer angefahren, so daß auch dessen Lage bekannt ist, so lassen sich nach Reduzierung sämtlicher Bestimmungsstücke auf denselben Horizont die Größen a und a' sowie σ_V und σ_V' bestimmen, wodurch die Gleitrichtung an diesem Verwerfer für sämtliche Schichten, somit auch für die Lagerstätte, deren Fortsetzung zu suchen ist, gegeben ist. Die Auffindung solcher korrespondierender Schichten an den Ausbißstellen an der Tagesoberfläche wird in vielen Fällen möglich sein, da letztere leichter zugänglich und übersichtlich ist, während der Grubenbetrieb unter der Tagesoberfläche neue Aufschlüsse immer nur durch kostspielige Arbeiten ermöglichen kann.

Nur bezüglich der Anwendung der Gleichung 13 sei noch einiges erwähnt. Wie ersichtlich, kann aus der Ctg.-Funktion die Richtung des Gleitens nur mit der Unsicherheit von 180° entnommen werden. Ferner ist noch zu entscheiden, welcher Teil der Streichlinie des Verwerfers für die Zählung des Gleitwinkels herangezogen werden soll, ebenso wie die Vorzeichen von a und a' einzusetzen sind.

Für die Zählung des Gleitwinkels nehmen wir immer denjenigen Teil der Streichlinie zur Hilfe, welcher bei der Aufstellung der Gleichungen 12 und 12a verwendet wurde: den in das Hangende der Lagerstätte verlängerten Teil der Streichlinie des Verwerfers und messen den Winkel immer im fallenden Sinne des Verwerfers. Da im Falle, wo der Gleitwinkel größer ist, als der Verwurfswinkel, in Gleichung 12 an Stelle von $(\sigma_V - \lambda)$ hier $(\lambda - \sigma_V)$ erscheint und dadurch ein Vorzeichenwechsel verursacht wird, muß dieser Umstand in der Rechnung dadurch berücksichtigt werden, daß im Falle, wo die betreffende verworfene charakteristische Schichte im Liegenden des stehengebliebenen Flügels erscheint, die entsprechende Größe a bzw. a' in die Gleichung 13 mit entgegengesetztem Vorzeichen einzuführen ist. Betrachtet man z. B. in Abb. 7 F_1 als den stehengebliebenen Flügel, so sind a und a' positiv und Gleichung 13 bleibt unverändert; würde dagegen C die in Klammer gesetzte Lage haben (im Liegenden erscheinen), so müßte das Vorzeichen von a' geändert werden. Die Entscheidung endlich, ob die Richtung des Gleitens ab- oder aufwärts gerichtet ist, kann durch eine einfache Überlegung getroffen werden. Damit die Bedingung für das Positiv- bzw. Negativwerden der gegebenen Größen a und a' erfüllt wird, ist es notwendig, daß die Richtung des Gleitens von der Kreuzlinie im ersten Falle nach dem Hangenden, im zweiten Falle nach dem Liegenden der Lagerstätte abweiche. Dadurch ist auch die Zweideutigkeit der Ctg.-Funktion beseitigt und Gleichung 13 kann somit in jedem Falle angewendet werden. Nur wenn $\sigma_V = \sigma_V'$, somit beide Verwurfswinkel gleich sind, wird die Methode unbestimmt.

Da die Angaben vom Streichen und Verflächen der ermittelten Ausbisse nur ungenau erfolgen können, so wird die daraus gerechnete Gleitrichtung auch mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet sein. Werden jedoch mit Hilfe des Gleitwinkels, wie noch später betrachtet wird, Längenabmessungen für die Ausrichtungsgrößen gerechnet, so ist es vorteilhaft, die Unsicherheit zu wissen, mit welcher die gerechneten Größen angegeben werden können, um zu entscheiden, wann beim Nichtantreffen des verworfenen Flügels der weitere Vortrieb aussichtslos zu werden beginnt. Mit Hilfe des Fehlerfortpflanzungsgesetzes läßt sich aus der Unsicherheit der einzelnen gegebenen Bestimmungsstücke auch die Ungenauigkeit der abgeleiteten Größen angeben. Man hat somit die Fehlerfortpflanzungstheorie auf dieses Gebiet anzuwenden, um hier wichtige Anhaltspunkte für die Fortsetzung der Ausrichtungsarbeiten zu erhalten. Natürlich muß auch das unregelmäßige Verhalten der Lagerstätte mitberücksichtigt werden. Indes würde die Weiterbehandlung dieser Fragen zu weit führen, weshalb wir uns mit diesen Andeutungen begnügen wollen.

Gelingt weder die unmittelbare noch die mittelbare Festlegung der Gleitrichtung, so folgt auf Grund der hier angestellten Untersuchungen, daß man die Art der Verwerfung, ob ein Sprung oder Übersprung vorhanden ist, nicht angeben kann, selbst dann nicht, wenn man den verworfenen Teil der Lagerstätte wieder aufgefunden hat und kennt. Ferner ist auch einzusehen, daß man selbst nur die Richtung der Ausrichtung eines Verwerfers auch dann nicht angeben kann, wenn entlang dieses Verwerfers eine andere Lagerstätte bereits ausgerichtet würde, es sei denn, daß beide Lagerstätten räumlich parallel sind[78]). Denn wie aus vorstehendem ersichtlich ist, kann es leicht möglich sein, daß sogar zwei gleichsinnig fallende Lagerstätten, welche durch denselben Verwerfer durchsetzt werden, auch bei geradliniger Verwerfung in entgegengesetzten Richtungen ausgerichtet werden, und zwar ist dies immer dann der Fall, wenn der Gleitwinkel einen Wert erhält, der zwischen jenen der beiden Verwurfswinkel zu liegen kommt; bei zwei widersinnig fallenden Lagerstätten wird dies sogar meist der Fall sein.

Bei der Behandlung der Verwerfungen sind die Fälle, je nachdem, ob die Gleitrichtung festgestellt werden kann oder nicht, getrennten Untersuchungen zu unterziehen.

2. Die Berechnung der Ausrichtungsgrößen

Man versteht darunter die Längenabmessungen der die zwei Trümmer verbindenden Ausrichtungsstrecken, deren Kenntnis für die Wiederauffindung des verworfenen Lagerstättenflügels von Wichtigkeit ist. Die Aufsuchung des verworfenen Lagerstättenteiles kann nämlich auf verschiedenem Wege geschehen. Entweder in der Verwerferebene selbst oder aber durch das Nebengestein des verworfenen Teiles der Lagerstätte (von Carnall auch das Quergestein genannt)[79]). Beide Fälle lassen wieder mehrere Möglichkeiten zu. Im Verwerfer selbst (bzw. richtiger nach Durchbrechen des Verwerfers parallel zum Verwerfer) kann die Ausrichtung entweder streichend oder in der Fallinie oder normal zur Kreuzlinie geschehen, und wir unterscheiden demnach eine kluftstreichende, eine kluftfallende[80]) und eine kluftkürzeste Ausrichtung. Die Ausrichtung durch das Nebengestein der Lagerstätte kann wieder entweder söhlig normal zum Streichen der Lagerstätte oder räumlich normal zu dieser und endlich vertikal geschehen. Dementsprechend sind wieder eine querschlägige, eine allerkürzeste[81]) und eine seigere Ausrichtung möglich.

Sollen Längenabmessungen gerechnet werden, so ist die Kenntnis einer Länge notwendig. Letztere Größe kann verschieden gegeben sein, und dadurch ändert sich auch die Berechnung der übrigen Längenabmessungen. Häufig erscheint, besonders in der Geologie, die Angabe der flachen Sprunghöhe (nach Carnall [§ 68, S. 41, Pkt. 1] und Beer [S. 278, Abs. 3] einfach Sprunghöhe, nach Treptow [Grundzüge der Bergbaukunde, 1917, S. 35, Abs. 6] flache Verwerfungshöhe). Höfers Definition der flachen Sprunghöhe[82]) (welche sich an jene von Carnall: Die Entfernung der Schnittlinien nach dem Einfallen der Kluft, anschließt), die Entfernung der verworfenen Leitschichte von der stehengebliebenen in der Falllinie des Verwerfers gemessen, dürfte nur für reine Sprünge vorteilhaft sein; im Fall eines allgemeinen Sprunges wäre als die flache Sprunghöhe richtiger der in der Verwerferebene gemessene Abstand zweier homologer Punkte zu definieren, womit auch die von Hauße (§ 70, S. 160) gegebene Definition: der in der Verschiebungsrichtung gemessene Abstand beider Flügelränder, übereinstimmt. Diese Sprunghöhe der Schrägverwerfungen könnten wir zur Unterscheidung von der flachen Sprunghöhe der reinen Sprünge als schräge flache Sprunghöhe oder nach Hauße (§ 70, S. 160) als allgemeine flache Sprunghöhe bezeichnen, während jene in der Fallinie des Verwerfers bis zur Kreuzlinie des verworfenen Flügels gemessene Sprunghöhe als die „reduzierte flache Sprunghöhe" anzusehen wäre (Haußes in der Kluftfallinie gemessene flache Sprunghöhe)[83]). Nur bei einem reinen Sprung, wo das Abgleiten in der Falllinie des Verwerfers erfolgte, fallen beide Längenabmessungen zusammen, sonst aber sind sie verschieden, und zwar kann die reduzierte flache Sprunghöhe sowohl größer als auch kleiner sein als die schräge flache Sprunghöhe. Da jedoch diese Längenabmessungen nicht nur bei den Sprüngen, sondern auch bei den Übersprüngen, also allgemein bei allen Verwerfungen von Wichtigkeit sind, dürfte es vorteilhaft erscheinen, an Stelle der „Sprunghöhe" die Bezeichnung „Verwurfshöhe" einzuführen. Wir können somit von einer „flachen Verwurfshöhe", von einer „schrägen flachen Verwurfshöhe" und von einer „reduzierten flachen Verwurfshöhe" sprechen.

Eine weitere Bezeichnung ist die seigere Sprunghöhe bzw. die seigere Verwurfshöhe, die Vertikalprojektion der flachen, d. h. der Höhenabstand zweier homologer Punkte im Verwerfer. Bei den allgemeinen Verwerfungen müssen wir hier ebenfalls eine „reduzierte seigere Verwurfshöhe" einführen, die die Vertikalprojektion der reduzierten flachen Verwurfshöhe darstellt (Haußes auf das Querprofil der Kluft sich beziehende seigere Sprunghöhe)[84]), bei Keilhack einfach Sprunghöhe, indem darunter der Betrag verstanden wird, um welchen bei einer Verwerfung eine Schichte senkrecht gegen die andere verschoben ist[85]), von Weißbach „die Größe der Senkung des Hangenden" genannt[86]). Carnall nennt die bei den

[78]) Vgl. zum Unterschiede von Höfer, Die Verwerfungen, 1917, S. 116, Abs. 3.

[79]) § 238, S. 167.

[80]) Nach Carnall (§ 240, S. 168) die tonlägige, nach Hauße (§ 68, S. 53) die Ausrichtung nach der flachen Sprunghöhe. — Die Bezeichnung „kluftstreichend" auch bei Hauße (§ 20, S. 30).

[81]) Nach Hauße, Ausrichtung nach der Sprunghöhe senkrecht zur Schichtung, § 49, S. 53.

[82]) Die Verwerfungen, S. 21, letzter Abs.

[83]) § 73, S. 163.

[84]) § 75, S. 166.

[85]) Lehrbuch der praktischen Geologie, 1922, S. 85.

[86]) Abriß der Markscheidekunst, 1873, S. 128.

reinen Sprüngen vorkommende seigere Sprunghöhe die „senkrechte Entfernung“[87]), womit der senkrechte (richtiger lotrechte) Abstand der beiden Schnittlinien bezeichnet wird.

Die Sohle der Verwerfung[88]) ist die Horizontalprojektion der flachen Verwurfshöhe, d. h. der Grundrißabstand zweier homologer Punkte. Die von Höfer[89]) für denselben Begriff eingeführte Bezeichnung „söhlige Sprungbreite“ oder von Stočes[90]) angewendete Benennung „söhlige Sprungweite“ (bei Beck[91]) und Treptow[92]) einfach „Sprungweite“) ist aus später noch zu erörternden Gründen nur bei streichenden Sprüngen zutreffend. Bei den allgemeinen Verwerfungen ist unseren früheren Ausführungen gemäß noch der Begriff der „Sohle der allgemeinen Verwerfung“ einzuführen. Wenn in der Abb. 8 F_1 den stehengebliebenen und F_2 den verworfenen Flügel der Lagerstätte bedeutet, wobei der Punkt a beim Abgleiten nach a′ kam, so entspricht $\overline{(a')\,(a)}$ der Sohle der allgemeinen Verwerfung, während die „reduzierte Sohle der Verwerfung“ durch $\overline{a''(a)}$ bezeichnet wurde, entsprechend der Projektion der reduzierten flachen Verwurfshöhe $\overline{aa''}$.

Als weitere Begriffe kommen noch die stratigraphische Verwurfshöhe und die stratigraphische Verwurfsbreite in Betracht. (Nach Margerie und Heim auch Sprunghöhe senkrecht zur Schichtung und Sprungweite in der Schichtebene genannt[93]).) Man versteht unter dem ersteren den kürzesten Abstand der beiden Ebenen ein und derselben Schichte beiderseits der Verwerfung; unter der stratigraphischen Verwurfsweite dagegen den kürzesten Abstand der beiden auf diese Schichte projizierten verworfenen Flügel. Höfers Definition[94]): „die stratigraphische Sprunghöhe ist die Normale von einer Leitschichte zu der verlängerten anderen“, ist auch für allgemeine Verwerfungen eindeutig und wird in Abb. 8 durch $\overline{ab}$ dargestellt (bei Köhler[95]) einfach als seigere Sprunghöhe bezeichnet, was mit Rücksicht auf die allgemein übliche Bedeutung dieses Ausdruckes irreführend ist); dagegen bedarf die Definition der stratigraphischen Verwurfsweite (dort Sprungbreite): „ist die Projektion der flachen Sprunghöhe auf die verworfene Leitschichte“ (Köhlers söhlige Sprungweite) eine wesentliche Ergänzung, wenn es sich nicht um streichende reine Sprünge handelt. Im Fall eines reinen Sprunges würde nach dieser Definition die Länge $\overline{a''b}$ (die Projektion der flachen Verwurfshöhe auf die Lagerstätte) als die stratigraphische Verwurfsweite erscheinen; im Fall eines allgemeinen Sprunges jedoch die Größe $\overline{a'b}$ Will man aber unter der stratigraphischen Verwurfsweite, wie früher angegeben, den Abstand der beiden Lagerstättenflügel, gemessen in der Lagerstättenebene selbst, verstehen (wie überhaupt das Wort „Verwurfsweite“ bei uns den Abstand beider Flügelränder bedeuten möge), so ist der Abstand der auf die Lagerstättenebene projizierten zweiten Kreuzlinie K'_1 von der darin befindlichen ersten Kreuzlinie K_2 maßgebend. (Hauße scheint nach § 26, S. 36: „Die Deckung in der Schichtebene ist identisch mit der Sprungweite in der Schichtebene“, dasselbe zu verstehen, schon auch deshalb, weil das Wort „Sprungweite“ auch bei ihm immer den Abstand der beiden Kreuzlinien bedeutet, was in § 10, S. 17, ausdrücklich hervorgehoben wird und welcher Umstand nach seinen Gleichungen 23 und 24 (S. 33) bei ihm der Berechnung zugrunde gelegt wurde; allerdings steht die auf S. 25 (§ 17) gegebene Definition, „die Projektion der flachen Sprunghöhe auf die Flözfallinie,“ damit in Widerspruch, insofern sie nicht nur für rein streichende Sprünge Gültigkeit hat.)

Analog kann man noch von einer flachen Verwurfsweite sprechen[96]), worunter der in der Verwerferebene gemessene kürzeste Abstand der beiden Kreuzlinien verstanden wird; von Carnall[97]) auch die „wahre Entfernung der Schnittlinien“ genannt. Als Gegenstück dazu ist noch der kürzeste Abstand der Projektionen beider Kreuzlinien im Grundriß anzuführen, weil davon die Größe der Überdeckung der beiden Lagerstättenflügel bzw. die Größe der flözleeren Zone abhängt. Mit Naumann[98]) bezeichnen wir ihn als die „söhlige Sprungweite“, welche somit nur bei rein streichenden Verwerfungen mit der Sohle des Sprunges identisch ist, weshalb eine Zusammenziehung beider Begriffe im allgemeinen unzulässig erscheint. Bezüglich der von Hauße[99]) eingeführten Bezeichnung „streichende Sprungweite“ für den im Streichen des Verwerfers gemessenen horizontalen Abstand der beiden Kreuzlinien wäre noch zu bemerken, daß sie mit Rücksicht auf unsere, der Bezeichnung „Verwurfsweite“ gegebenen Bedeutung nicht ganz zutreffend erscheint und eher als „streichende Verschiebung“ zu bezeichnen wäre. Die von Höfer[100]) für die „Sprungweite“ gegebene Definition: „die im Verwerfer gemessene horizontale Entfernung der beiden verworfenen Leitschichten“ würde diese dem Inhalte nach mit unserer streichenden Verschiebung identisch machen.

Wenn man eine der hier angeführten Größen kennt, so lassen sich daraus mit Hilfe noch herzuleitender Beziehungen alle anderen, somit auch die Größen der verschiedenen Ausrichtungsarten berechnen. Für unsere folgenden Untersuchungen diene als Annahme, daß immer die seigere Verwurfshöhe gegeben erscheint, woraus die anderen gerechnet wer-

87) § 68, S. 42.
88) § 147, S. 278, Abs. 3 bei Beer.
89) Die Verwerfungen, S. 21, Abs. 1.
90) Tektonische Geologie, S. 65, Abb. 178.
91) Lehre von den Erzlagerstätten, 1909, Bd. I, S. 201, Abs. 1.
92) Bergbaukunde, 1917, S. 36, Abs. 1
93) S. 18 bis 19. — Ähnlich bei Hauße, „Sprunghöhe normal zur Schichtebene“ und „Sprungweite parallel zur Schichtebene“ (§§ 24 bis 25, S. 33 bis 34).
94) S. 21, Abs. 1.
95) Bergbaukunde, 1886, S. 27. Bei Kayser (Lehrbuch der Geologie, 1921, Bd. I, S. 246) wieder „seigere Sprunghöhe“ genannt.
96) Nach Hauße, § 23, S. 32.
97) § 68, S. 32.
98) Lehrbuch der Geognosie, 1872, I p. 926, auch Hauße (§ 22, S. 31).
99) § 20, S. 30.
100) Die Verwerfungen, S. 21, Abs. 1.

den sollen. Die Berechnung soll zunächst für reine Sprünge durchgeführt werden, woraus dann die für allgemeine Verwerfungen geltenden Beziehungen durch Einführung des Gleitwinkels abgeleitet werden. Dabei möge auf die richtige Art der Erweiterung eine besondere Sorgfalt gelegt werden, da in dieser Hinsicht bisher die meisten Fehler begangen wurden.

a) Die Ausrichtungsgrößen der reinen Sprünge

Aus mathematischen Gründen muß hier in der Behandlung der Ausrichtungsgrößen eine andere Reihenfolge gewählt werden, als früher angegeben wurde.

α) Die Ausrichtung in der Fallinie des Verwerfers: die kluftfallende Ausrichtung

Sie wird von Carnall[101]) auch die Ausrichtung in der Fallinie der Kluft oder auch die tonlägige Ausrichtung[102]), von Hauße[103]) auch die Ausrichtung nach der flachen Sprunghöhe, von Zimmermann[104]) einfach die Wiederausrichtung durch Absinken oder Übersichbrechen genannt. Ist die seigere Verwurfshöhe h (in Abb. 9) gegeben, so berechnet sich daraus die flache Verwurfshöhe, somit auch die kluftfallende Ausrichtungslänge $= l_f$ durch die Beziehung:

$$l_f = \frac{h}{\sin v_V} \tag{14}$$

Dasselbe gilt natürlich von einem Übersprung, sobald die Verwurfshöhe des Übersprunges bekannt ist. Führen wir die aufwärts gerichtete Verwurfshöhe mit negativem Vorzeichen ein, so ändert auch l_f das Vorzeichen. Dadurch kann, wie dies später noch angewendet wird, auch mathematisch zum Ausdrucke gebracht werden, daß die Richtung der Ausrichtung der reinen Übersprünge jener der reinen Sprünge entgegengesetzt ist.

β) Die kluftstreichende Ausrichtung

Diese sehr häufig vorkommende Ausrichtung wird, wie schon der Name sagt, im Streichen des Verwerfers vorgenommen. Mathematisch entspricht somit deren Größe dem Abstand der beiden Kreuzlinien im Streichen des Verwerfers gemessen, also der streichenden Verschiebung (Carnalls „horizontale Entfernung“[105]), Beers[106]) „söhlige Länge der Verwerfung“, Schmids[107]), Heims und Dannenbergs[108]) „seitliche Verschiebung“, Weisbachs[109]) „horizontale Verrückung in der Richtung des Verwerfers“). Wenn in der Abb. 9 h die seigere und l_f die flache Verwurfshöhe bezeichnet, so ergibt sich für die streichende Ausrichtungslänge $= l_s$ aus dem rechtwinkligen Dreieck aa'c die Beziehung:

$$l_s = \overline{ac} = l_f \cdot \operatorname{ctg} \sigma_V = \frac{h \operatorname{ctg} \sigma_V}{\sin v_V} =$$

$$= \frac{\operatorname{ctg} v_V \cos \delta + \operatorname{ctg} v_L}{\sin \delta} \cdot h \tag{15}$$

101) § 240, S. 168.
102) § 247, S. 173.
103) § 48, S. 53.
104) S. 39.
105) § 68, S. 42.
106) § 147, S. 278, Abs. 3.
107) § 12, S. 18.
108) S. 19 bei Heim bzw. S. 8, Abs. 5 bei Dannenberg.
109) Abriß der Markscheidekunst, Freiberg 1873, S. 128.

indem für l_f Gleichung 14, für $\operatorname{ctg} \sigma_V$ Gleichung 5 eingesetzt wurde. Die erste Andeutung dieser Berechnung erscheint bereits von Schmidt[110]) angegeben, während Zimmermann[111]) sie bereits in einer Formel zusammenfaßt, allerdings mit Hilfe der flachen Verwurfshöhe ausgedrückt.

Eine von Hauße anders abgeleitete Gleichung 33 (dort S. 38) unterscheidet sich von unserer Gleichung 15 dadurch, daß das Glied $\cos \delta \operatorname{ctg} v_V$ ein negatives Vorzeichen hat. Der Grund hiefür liegt darin, wie bereits darauf hingewiesen wurde, daß bei Hauße der Streichwinkel keine einheitliche Bedeutung hat. Würde man z. B. zur Ableitung der Haußeschen Gleichung seine Abb. 10, 11, 12, 13 der Tafel I oder die Abb. 2 bis 9 der Tafel II verwenden, so erschiene auch in der Haußeschen Gleichung das positive Vorzeichen, in anderen Fällen wieder, wie auch in der zur Ableitung herangezogenen Abbildung, das entgegengesetzte.

Bezüglich des Verhaltens der streichenden Ausrichtungslänge bei der Änderung der Bestimmungsstücke läßt sich folgendes sagen. Nur bei widersinnigen Sprüngen ($\delta < 90^0$), wo sämtliche Glieder des Bruches der Gleichung 15 positiv sind, kann von einer beständig zu- bzw. abnehmenden Änderung gesprochen werden, und zwar ist in diesem Falle die Ausrichtungslänge um so kleiner, 1. je steiler die Lagerstätte, 2. je steiler der Verwerfer und 3. je größer der Streichwinkel δ ist. Bei rechtsinnig fallenden Verwerfungen ($\delta > 90^0$) dagegen ist die Änderung der Ausrichtungslänge keine beständige, denn die Funktion weist Extremstellen auf. Da es sich hiebei um die absolut genommenen Längen der Ausrichtungsstrecken handelt, ohne Rücksicht auf deren Vorzeichen, so ist an Stelle von l_s das Quadrat der Ausrichtungslänge einzuführen.

Es soll die streichende Ausrichtungslänge in Abhängigkeit von der Neigung der Lagerstätte untersucht werden: Um die möglichen Extremstellen zu erhalten, bildet man die erste Ableitung:

$$\frac{d\,(l_s^2)}{d\,v_L} = 2\,h^2 \left(\frac{\operatorname{ctg} v_V \cos \delta + \operatorname{ctg} v_L}{\sin \delta}\right) \left(\frac{-1}{\sin \delta \sin^2 v_L}\right) = 0$$

Da der Nenner nirgends unendlich sein kann, muß der Zähler Null werden und daraus:

$$\operatorname{ctg} v_L = -\cos \delta \operatorname{ctg} v_V \tag{16}$$

gibt die mögliche Stelle des Extremums. Da $\operatorname{ctg} v_L$ und $\operatorname{ctg} v_V$ immer positiv sein müssen, kann δ nur ein Winkel des zweiten Quadranten sein: die Verwerfung muß gleichsinnig sein. Die Art des Extremums entscheidet die zweite Ableitung an der durch die erste ermittelte Stelle:

$$\frac{d^2\,(l_s^2)}{d\,{v_L}^2} = 2\,h^2 \left(\frac{-1}{\sin \delta \sin^2 v_L}\right)^2 > 0$$

folglich ist ein Minimum der Ausrichtungslänge vorhanden, wenn die Neigung der Lagerstätte den Wert nach Gleichung 16 annimmt.

Die streichende Ausrichtungslänge ergibt sich

110) S. 117.
111) S. 108, Abs. 4.

in Abhängigkeit von der Neigung des Verwerfers nach folgendem:

$$\frac{d\,(l_s^2)}{d v_V} = 2h^2 \left(\frac{\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L}{\sin\delta}\right)\left(\frac{\operatorname{ctg}\delta}{-\sin^2 v_V}\right) = 0$$

Bei gegebenen Größen δ und v_L kann nur der Zähler des ersten Faktors 0 werden, woraus man:

$$\operatorname{ctg} v_V = -\frac{\operatorname{ctg} v_L}{\cos\delta} \tag{17}$$

erhält, als die Stelle des möglichen Extremums. Die zweite Ableitung an dieser Stelle wird:

$$\frac{d^2\,(l_s^2)}{d\,v_V^2} = 2h^2\left(\frac{\operatorname{ctg}\delta}{-\sin^2 v_V}\right)^2 > 0$$

folglich hat die Ausrichtungslänge bei der Neigung des Verwerfers nach 17 ein Minimum.

Es soll weiters die streichende Ausrichtungslänge in Abhängigkeit vom Streichwinkel betrachtet werden. Wir bilden die erste Ableitung und setzen sie gleich Null:

$$\frac{d\,(l_s^2)}{d\delta} = 2h^2\left(\frac{\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L}{\sin\delta}\right) \cdot \left(\frac{-\sin^2\delta \operatorname{ctg} v_V - \cos^2\delta \operatorname{ctg} v_V - \cos\delta \operatorname{ctg} v_L}{\sin^2\delta}\right) = 0$$

Durch Nullsetzen des ersten Klammerausdruckes erhält man:

$$\cos\delta = -\frac{\operatorname{tg} v_V}{\operatorname{tg} v_L} \tag{18a}$$

und analog durch Nullsetzen des zweiten Klammerausdruckes:

$$\cos\delta = -\frac{\operatorname{tg} v_L}{\operatorname{tg} v_V} \tag{18b}$$

Man hat somit hier zwei Möglichkeiten für den Extremwert; da jedoch der Streichwinkel einen reellen Wert annehmen muß, so wird je nachdem, ob $v_L \gtrless v_V$, entweder nur an Stelle 18a oder nur an der Stelle 18b ein Extremwert möglich sein, und zwar immer nur bei rechtsinnigen Verwerfungen.

Wir bilden die zweite Ableitung:

$$\frac{d^2\,(l_s^2)}{d\delta^2} = 2h^2\left\{\left(\frac{\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L}{\sin\delta}\right) \cdot \left(\frac{\sin^3\delta \operatorname{ctg} v_L + (\operatorname{ctg} v_V + \operatorname{ctg} v_L \cos\delta)\, 2\cos\delta\sin\delta}{\sin^4\delta}\right) + \left(\frac{-\operatorname{ctg} v_V - \operatorname{ctg} v_L \cos\delta}{\sin^2\delta}\right)^2\right\}$$

Wird der erste Klammerausdruck der ersten Ableitung Null gesetzt, d. h. an der durch 18a gegebenen Stelle ist:

$$\frac{d^2\,(l_s^2)}{d\delta^2} = 2h^2\left(\frac{-\operatorname{ctg} v_V - \operatorname{ctg} v_L \cos\delta}{\sin^2\delta}\right)^2 > 0$$

weshalb ein Minimum der Ausrichtungslänge vorhanden ist. Wird der zweite Klammerausdruck Null gesetzt, d. h. an der durch 18b gegebenen Stelle ist:

$$\frac{d^2\,(l_s^2)}{d\delta^2} = \frac{2h^2}{\sin^4\delta}(\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L)(\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L + \operatorname{ctg} v_L \cos^2\delta + \operatorname{ctg} v_V \cos\delta) = \frac{2h^2}{\sin^4\delta} \cdot (\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L)^2 \left(1 + \frac{\operatorname{ctg} v_L \cos^2\delta + \operatorname{ctg} v_V \cos\delta}{\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L}\right)$$

Die beiden ersten Faktoren sind auf alle Fälle positiv; es fragt sich daher nur, was für Vorzeichen der dritte Faktor erhält, wenn für $\cos\delta$ die Gleichung 18b eingesetzt wird:

$$1 + \frac{\operatorname{ctg} v_L \dfrac{\operatorname{tg}^2 v_L}{\operatorname{tg}^2 v_V} - \operatorname{ctg} v_V \dfrac{\operatorname{tg} v_L}{\operatorname{tg} v_V}}{-\operatorname{ctg} v_V \dfrac{\operatorname{tg} v_L}{\operatorname{tg} v_V} + \operatorname{ctg} v_L} = 1 + \frac{0}{-\operatorname{tg} v_L + \operatorname{ctg} v_L \operatorname{tg}^2 v_V} = +1 > 0$$

Es wird daher auch dieser Ausdruck positiv und wir haben somit an der durch 18b ermittelten Stelle auch ein Minimum der Ausrichtungslänge. Es zeigt sich somit sowohl bei $v_L > v_V$ als auch bei $v_L < v_V$ bei gleichsinnigen Verwerfungen ein Minimum der streichenden Ausrichtungslänge. Mit dieser Tatsache hängt auch die von Hauße wahrgenommene „merkwürdige" Erscheinung[112]) in der Ab- und dann Zunahme der streichenden Ausrichtungslänge zusammen. Vergleichend mit den Extremwerten des Verwurfswinkels ist es auffallend, daß hier bei der Änderung von v_L und v_V bei rechtsinnigen Sprüngen ein Minimum auftritt, während beim Verwurfswinkel bei der Änderung von v_L kein Extremum, bei der Änderung von v_V dagegen nur im Fall eines widersinnigen Sprunges ein Extremum möglich ist, endlich daß bei Änderung von δ beim Verwurfswinkel die Möglichkeit des Extremwertes auf $v_L > v_V$ beschränkt war, während er hier auch bei $v_L < v_V$ vorhanden ist. Die Erklärung hiefür ist im rechten Verwurfswinkel ($\sigma_V = 90^0$) zu suchen, welcher Wert für den Verwurfswinkel kein Extremum bedeutet, wohl aber für die Ausrichtungslänge (letztere wird dabei Null).

Aus Gleichung 15 ist weiters ersichtlich, daß je mehr $\sin\delta$ sich dem Werte Null nähert, somit der Nenner verkleinert wird, um so größer die Ausrichtungsstrecken ausfallen, wenn gleichzeitig auch der Zähler vergrößert wird, d. h. δ sich dem Werte Null nähert. Dagegen haben wir bei einer Annäherung an 180^0, da im zweiten Quadranten in diesem Falle $\cos\delta$ negativ wird, in jedem Fall ein Minimum der Ausrichtungslänge, und zwar liegt diese Extremstelle nach 18a und 18b um so näher dem Werte $\delta = 180^0$, je weniger die Neigungen beider Ebenen verschieden sind. Wir stellen somit fest: Gleichsinnige, selbst stark spießeckige Verwerfungen können vorteilhaft streichend ausgerichtet werden, wenn die Neigungen der Lagerstätte und des Verwerfers wenig verschieden sind. Für $\delta = 180^0$ (d. h. bei streichenden rechtsinnigen Verwerfungen) wird jedoch die Ausrichtungslänge, ebenso wie bei den widersinnigen Verwerfungen, unendlich lang, da auch hier der Nenner Null wird. Streichende Verwerfungen lassen sich somit, gleichgültig ob gleich- oder widersinnig, streichend nicht ausrichten.

Aus Gleichung 15 ist ferner ersichtlich, daß die streichende Ausrichtungslänge auch dann unendlich wird, wenn entweder v_L oder v_V gleich Null ist, d. h. bei horizontaler Lage der Lagerstätte oder des Verwerfers. Der letzte Fall trifft allerdings nur

112) § 28, S. 39.

theoretisch zu, da in diesem Fall auch die seigere Verwurfshöhe Null sein muß, wodurch auf der rechten Seite der Gleichung 15 die unbestimmte Form $0 \cdot \infty$ entsteht, weshalb die Gleichung unbrauchbar wird. Da auch bei der Änderung der Neigung der Lagerstätte ein Minimum der Ausrichtungslänge entstehen kann, so können unter Umständen flachfallende gleichsinnige Lagerstätten auch streichend vorteilhaft ausgerichtet werden, vorausgesetzt, daß die Neigung der Lagerstätte wenig von der durch die Beziehung 16 gegebenen abweicht.

Bemerkt sei endlich, daß im Falle, wo $v_L = v_V$ man aus der Gleichung 15 die Beziehung: $l_s = \frac{\operatorname{ctg} v_V (\cos\delta + 1)}{\sin\delta}$ erhält. Die von Haußе für diesen Fall angegebene Gleichung[113]), wo der Nenner $\sin\delta$ fehlt, bedarf somit dieser Ergänzung. Ist die Neigung des Verwerfers $= 90^0$, so wird: $l_s = \frac{h \operatorname{ctg} v_L}{\sin\delta}$; ist dagegen die Lagerstätte seiger: $l_s = h \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg}\delta$. Eine von Hauße für den letzteren Fall angegebene Gleichung[114]), in welcher an Stelle der Ctg. des Streichwinkels der Cos. erscheint, ist somit unrichtig, was besonders bei $\delta = 180^0$ offenkundig wird, wo die streichende Ausrichtungslänge unendlich sein muß und nicht, wie dort angegeben: $- h \operatorname{ctg} v$.

γ) Die querschlägige Ausrichtung

Im Sinne der bereits früher gegebenen Definition wird darunter eine horizontale, oder nahezu wagrechte, normal zum Streichen der Lagerstätte getriebene Ausrichtung verstanden, wie diese Ausrichtungsart und deren Benennung bereits von Carnall[115]) angegeben wurde. — Vom bergmännischen Standpunkte hat sie hauptsächlich deshalb eine besondere Bedeutung, weil sie die kürzeste söhlige Ausrichtung darstellt und daher im allgemeinen, wo sie nur anwendbar ist, sie der anderen horizontalen Ausrichtung, der streichenden vorzuziehen ist.

Die Berechnung der querschlägigen Ausrichtungslänge kann, wie Abb. 10 zeigt, sofort aus der streichenden erfolgen. Infolge der Annahme ist der Winkel bei d im Dreieck acd ein rechter, der bei c $180^0 - \delta$. Man erhält somit:

$$l_q = \overline{ad} = \overline{ac} \cdot \sin\delta = h (\operatorname{ctg} v_L + \operatorname{ctg} v_V \cos\delta) \qquad (19)$$

indem $\overline{ac}$ nach Gleichung 15 eingesetzt wurde. Zu demselben Ergebnis gelangt man durch die Auflösung der Aufgabe der Durchstoßpunktbestimmung einer Geraden mit einer Ebene, falls man den Punkt a' als einen Punkt der Ebene, den Punkt a dagegen als den gegebenen Punkt einer wagrechten Geraden betrachtet, deren Durchstoßpunkt zu ermitteln ist. Unter Berücksichtigung, daß in der für die Durchstoßpunktbestimmung geltenden Gleichung[116]) in diesem Falle für die Neigung der Geraden Null, für den mit dem Streichen der Ebene eingeschlossenen Winkel 90^0 einzusetzen ist, erhält man auch die obige Gleichung 19. Wird die Ausrichtung nicht ganz wagrecht vorgenommen, wie dies wegen Wasserführung und Förderung oft geschieht, so ist bei genaueren Berechnungen die Gleichung für die Durchstoßpunktbestimmung, wobei für φ die angenommene Neigung der Ausrichtungsstrecke gesetzt wird, der Gleichung 19 vorzuziehen und man erhält somit:

$$l'_q = \frac{h (1 + \operatorname{ctg} v_V \operatorname{tg} v_L \cos\delta)}{\sin\varphi \pm \operatorname{tg} v_L \cos\varphi} \qquad (19\,a)$$

Eine von Carnall für die querschlägige Ausrichtung angegebene Länge, die aus der seigeren Verwurfshöhe gerechnet wird[117]), ist insofern richtigzustellen, daß man durch eine Bohrung im allgemeinen nicht die seigere Verwurfshöhe (diese ist ja der Höhenabstand zweier homologer Punkte) erhält, wodurch die dort angegebene Beziehung, auf unrichtiger Voraussetzung fußend, unbrauchbar wird. Bezüglich der von Hauße[118]) angegebenen Gleichung 32 für die querschlägige Ausrichtungslänge ist zu bemerken, daß sie insofern unrichtig ist, als in der Ausgangsberechnung $\overline{S_0 M_1}$ (nach der dortigen Bezeichnung) richtig negativ einzusetzen wäre. Im übrigen wurde bereits darauf hingewiesen (vgl. S. 7), daß infolge seiner nicht einheitlichen Bezeichnung des Streichwinkels aus anderen Abbildungen man wieder das positive Vorzeichen erhalten würde.

Der funktionelle Zusammenhang der einzelnen Größen ist aus Gleichung 19 zu ersehen. Solange $\delta < 90^0$, nimmt die Ausrichtungslänge mit der Zunahme von v_V und v_L sowie δ beständig ab. Bei gleichsinnigen Verwerfungen dagegen, wo wegen $\delta > 90^0$ $\cos\delta$ negativ wird, müssen zwei Fälle getrennt untersucht werden. Solange die Ungleichung $|\operatorname{ctg} v_L| > |\operatorname{ctg} v_V \cos\delta|$ besteht, führt eine Vergrößerung von v_L und δ sowie eine Verkleinerung von v_V zu einer Verkleinerung der Ausrichtungslänge; bei $|\operatorname{ctg} v_L| = |\operatorname{ctg} v_V \cdot \cos\delta|$ ist die querschlägige Ausrichtungslänge Null, und weiter, wo $|\operatorname{ctg} v_V \cos\delta| > |\operatorname{ctg} v_L|$, kehrt sich die Abhängigkeit um: eine Verkleinerung von v_L sowie von δ und eine Vergrößerung von v_V bedingen eine Verkürzung der querschlägigen Ausrichtungslänge. — Das von Hauße aufgestellte Abhängigkeitsverhältnis[119]): je flacher das Flöz und die Sprungkluft einfallen und je spitzer beide Flächen aufeinander stoßen, um so größer fällt die querschlägige Ausrichtungslänge aus, hat somit für rechtfallende (d. h. rechtsinnige) Verwerfungen nur eine beschränkte Gültigkeit, und zwar bis zum Verwurfswinkel $= 90^0$. Dasselbe gilt auch von der von Kayser[120]) über die spießeckigen Verwerfungen angeführten Bemerkung bezüglich der Querverschiebung der Schichten. Da die Größe der Querverschiebung offenkundig mit der querschlägigen Ausrichtungslänge identisch ist, so wird sie nur bei widersinnigen Verwerfungen ohne Einschränkung um so stärker, je flacher die Schichten fallen und je mehr sich die Verwerfung einer streichenden nähert.

113) § 28, S. 39, Abs. 4.
114) § 28, S. 40, Abs. 3.
115) § 253, S. 177.
116) Neue Gesichtspunkte zur rechnerischen Lösung der Markscheideraufgaben, Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 161, Gl. 141.
117) § 297, S. 201.
118) § 27, S. 38.
119) § 27, S. 38.
120) Kayser, Lehrbuch der Geologie, 1921, S. 267, Abs. 1

Bei streichenden Verwerfungen, wo $\delta = 0^0$ bzw. 180^0 ist, erhält man für die widersinnige bzw. rechtsinnige Verwerfung die Gleichungen:

$$l_q = h\,(\operatorname{ctg} v_L + \operatorname{ctg} v_V) \text{ bzw. } l_q = h\,(\operatorname{ctg} v_L - \operatorname{ctg} v_V) \quad (19\,b)$$

Für querschlägige Verwerfungen, wo $\delta = 90^0$ ist, wird

$$l_q = h \operatorname{ctg} v_L \quad (19\,c)$$

und für seigere Verwerfungen analog:

$$l_q = h \operatorname{ctg} v_L \quad (19\,d)$$

Aus Gleichung 19 ist ferner ersichtlich, daß für $v_L = 0^0$ die Ausrichtungslänge unendlich lang wird. Söhlige Lagerstätten kann man somit auch querschlägig nicht ausrichten, schon aus dem Grunde nicht, weil die querschlägige Ausrichtungsrichtung (normal zum Streichen) hier unbestimmt wird. — Bei söhliger Lage des Verwerfers würde die Gleichung 19 zwar auch unendlich geben; da jedoch in diesem Falle die seigere Verwurfshöhe immer Null sein muß, entsteht der unbestimmte Ausdruck $0 . \infty$, welcher sämtliche endliche Werte annehmen kann. Die zahlenmäßige Bestimmung kann jedoch aus der flachen Verwurfshöhe vorgenommen werden, indem man die Fallrichtung des Verwerfers (die hier unbestimmt ist) normal zum Streichen der Lagerstätte annimmt, als ob eine streichende Verwerfung vorhanden wäre. Die hier horizontal liegende flache Verwurfshöhe liefert dann die querschlägige Ausrichtungslänge.

Zu bemerken ist, daß alle diese Längen nur vom mathematischen Standpunkte gerechnete Größen sind, ohne Rücksicht darauf, ob die querschlägige Ausrichtung tatsächlich angewendet werden kann, oder, ob sie nicht etwa nur die geometrisch und nicht wirklich vorhandene Fortsetzung des verworfenen Lagerstättenteiles treffen würde. Ob man mit einer querschlägigen Ausrichtungsstrecke den verworfenen Flügel tatsächlich treffen kann, ist einer späteren getrennten Untersuchung vorbehalten.

δ) *Die allerkürzeste Ausrichtung*

Sie wird auch die Ausrichtung nach der „Sprunghöhe senkrecht zur Schichtung“[121] oder nach der stratigraphischen Verwurfshöhe genannt. Die allerkürzeste Verbindung eines Punktes mit einer Ebene liefert bekanntlich das von diesem Punkt auf die Ebene gefällte Lot; dessen Grundrißprojektion steht somit normal zum Streichen der Lagerstätte, die Neigung dagegen ist komplementär zu deren Verflächen. Unter dieser Voraussetzung läßt sich aus der für die Durchstoßpunktbestimmung angegebenen Gleichung 19a die Länge der allerkürzesten Ausrichtung angeben, insofern man für φ hier $90^0 - v_L$ setzt. Man erhält somit:

$$l_k = h\,(\cos v_L + \operatorname{ctg} v_V \sin v_L \cos \delta) \quad (20)$$

Letztere Gleichung kann auch mit Zuhilfenahme der Gleichung 19 erhalten werden, wenn man durch die querschlägige Ausrichtungslänge ad der Abb. 11 eine zum Streichen der Lagerstätte normale Ebene legt. In dieser erscheint dann die querschlägige Ausrichtungslänge horizontal, während die allerkürzeste, $\overline{ab}$ normal zum Flözfallen steht. Aus der Abbildung wird dann:

$$l_k = \overline{ab} = \overline{ad} \sin v_L = h\,(\cos v_L + \operatorname{ctg} v_V \sin v_L \cos \delta) \quad (20\,a)$$

also die oben erhaltene Gleichung.

Die allerkürzeste Ausrichtungslänge entspricht somit dem Normalabstande der durch beide Flözflügel gelegten Ebenen und ist daher identisch mit der Verwurfshöhe normal zur Schichtebene Haußes. Die von letzterem für die Verwurfshöhe normal zur Schichtebene aufgestellte Gleichung 29[122]).

$$h_s = \frac{h \cos \delta}{\sin \alpha} \cdot \cos\,[(\alpha + \beta) \mp 90^0]$$

wobei δ mit unseren Bezeichnungen durch δ_V, α durch v_V und β durch v_L zu ersetzen wäre, steht mit unserer Gleichung 20 in Widerspruch. Haußes Gleichung ist unrichtig, da sie durch eine fehlerhafte Verallgemeinerung der für den streichenden Sprung geltenden Gleichung entstanden ist. Die dort berechnete Größe stellt nämlich überhaupt keine räumliche Länge dar. Erstens ist die flache Verwurfshöhe nach unserer Gleichung 14 (dort in der vorangehenden Berechnung § 24, S. 33 mit $\overline{AB}$ bezeichnet) $= \dfrac{h}{\sin v_V}$ allgemein gültig, weshalb die Hauße für die flache Verwurfshöhe angegebene Beziehung (zwischen Gleichung 22 und 23), worin diese noch von der Grundrißprojektion des Verwurfswinkels abhängt, fehlerhaft ist und der unrichtigen Vorstellung entspringt, daß der Grundrißabstand der beiden Kreuzlinien, geteilt durch den Sinus des Verflächens allgemein die flache Verwurfshöhe liefert, während dies in Wirklichkeit nur bei den streichenden Verwerfungen zutrifft. Legt man ferner durch die flache Verwurfshöhe normal zum Lagerstättenflügel eine Ebene (da erscheint die allerkürzeste Ausrichtungslänge als die Kathete eines rechtwinkeligen Dreieckes, dessen Hypotenuse die flache Verwurfshöhe darstellt), so schneidet diese Ebene den Verwerfer und die Lagerstätte nach Geraden, deren Neigung allgemein nicht gleich ist dem Verflächen des Verwerfers und der Lagerstätte, da sie ja in letzteren diagonal liegen (sie sind nur bei streichenden Verwerfungen identisch). Aus diesem Grund ist auch die Einführung der Neigungen der beiden Ebenen beim allgemeinen Sprung ebenfalls unrichtig. Offenkundig treten diese Fehler in Sonderfällen zutage. So kann z. B. im Falle, wo der Verwerfer seiger steht, die Länge der allerkürzesten Ausrichtung, wie aus Abb. 12 ersichtlich ist (wo der Schnitt einer durch die seigere Verwurfshöhe normal zur Lagerstätte gelegten Ebene gezeichnet wurde), sofort durch die Beziehung $l_k = h \cos v_L$ angegeben werden, im Gegensatze zur von Hauße für diesen Sonderfall aufgestellten Gleichung[123]).

Die Gleichung für die allerkürzeste Ausrichtungslänge kann noch durch Einführung des Verwurfswinkels anders ausgedrückt werden. Die streichende

[121]) Hauße, § 49, S. 53.

[122]) § 25, S. 34.

[123]) § 24, S. 34, nach Gl. 29.

Ausrichtungslänge wurde unter 15 mit $l_s = \frac{h \operatorname{ctg} \sigma_V}{\sin v_V}$ ermittelt; die querschlägige wird nach Gleichung 19 deshalb:

$$l_q = \frac{h}{\sin v_V} \operatorname{ctg} \sigma_V \sin \delta$$

und die allerkürzeste nach Gleichung 20a

$$l_k = \frac{h}{\sin v_V} \operatorname{ctg} \sigma_V \sin \delta \sin v_L \tag{20b}$$

oder indem man statt des Verwurfswinkels dessen Projektion durch die Beziehung (Abb. 3 sphär. rechtwinkliges Dreieck) $\operatorname{tg} \delta_V = \cos v_V \operatorname{tg} \sigma_V$ einführt:

$$l_k = h \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg} \delta_V \sin \delta \sin v_L \tag{20c}$$

Letztere Gleichung kann jedoch bei streichenden Sprüngen nicht angewendet werden, da infolge $\sin \delta = 0$ und $\operatorname{ctg} \delta_V = \infty$ die Gleichung unbestimmt wird; Gleichung 20 ist jedoch immer anwendbar.

ε) Die seigere Ausrichtung

Es können Fälle vorkommen, in denen man die Ausrichtung der Verwerfung durch ein Abteufen, oder Übersichbrechen bewerkstelligen will. Dies wird besonders bei flach fallenden Lagerstätten und Verwerferebenen vorkommen können, wo der söhlige Weg meist sehr lang ausfallen würde, der tonlägige dagegen zur Vermeidung der Bremsbergförderung umgangen werden soll. Handelt es sich übrigens nur um die Aufsuchung des verworfenen Lagerstättenflügels, so wird oft auch die Bohrarbeit herangezogen, um auf seigerem Wege den verlorenen Lagerstättenteil wiederzufinden. Die seigere Bohrung ist in diesem Fall aber als eine seigere Ausrichtung zu bewerten, deren Länge somit aus den folgenden Berechnungen erhalten werden kann.

Die Berechnung kann durch Zurückführung auf die Durchstoßpunktbestimmungsaufgabe sofort angegeben werden. Vom Punkt a der Abb. 15 ist der Durchstoßpunkt p einer vertikalen Geraden mit der durch a′, durch die Richtung und Größe der Neigung bestimmten verworfenen Lagerstätte zu bestimmen. Unter sinngemäßer Berücksichtigung der entsprechenden Gleichung[124]) erhält man dann die vertikale Ausrichtungslänge $\overline{ap}$:

$$l_V = h\,(1 + \operatorname{ctg} v_V \operatorname{tg} v_L \cos \delta) \tag{21}$$

wobei h, wie bekannt, die seigere Verwurfshöhe bedeutet. Aus obiger Gleichung ist somit ersichtlich, das die seigere Ausrichtungslänge nicht nur von der seigeren Verwurfshöhe, sondern auch von der Neigung des Verwerfers und der Lagerstätte, ferner vom Streichwinkel abhängt. Die von Carnall[125]) aufgestellte Gesetzmäßigkeit: „Die Länge des Lotes hängt lediglich von der Seigerhöhe des Sprunges und dem Fallen des Flözes ab“, ist somit im Sinne des vorstehenden zu ergänzen. Gleichung 21 besagt ferner, daß die seigere Verwurfshöhe und die vertikale Ausrichtungslänge im allgemeinen nicht identisch sind.

Man erhält somit durch einen Aufschluß mit Hilfe der Bohrung — im Gegensatz zu Carnall[126]) und Beer[127]) — nicht die seigere Verwurfshöhe, sondern lediglich die Länge des Lotes. Aus diesem Grund ist auch die vom ersteren angegebene Länge der streichenden und querschlägigen Ausrichtung nicht mit Zuhilfenahme der seigeren Höhe des Sprunges, sondern des Lotes ausgedrückt. Nur dann, wenn $\operatorname{ctg} v_V \cdot \operatorname{tg} v_L \cdot \cos \delta = 0$ ist, sind beide identisch. Die seigere Verwurfshöhe und die seigere Ausrichtungslänge sind folglich nur in folgenden Fällen gleich: 1. bei wagrechter Lagerstätte, 2. bei seigerer Verwerfung und 3. bei querschlägigen Verwerfungen ($\delta = 90°$). Ist in der Gleichung 21 $\cos \delta$ negativ, so wird die seigere Ausrichtung kürzer als die seigere Verwurfshöhe; ist dagegen $\cos \delta$ positiv, so trifft das umgekehrte zu. Daraus folgt somit, daß bei widersinnigen Verwerfungen die Lotlänge größer, bei gleichsinnigen Verwerfungen aber kleiner ist, als die seigere Verwurfshöhe, und zwar in beiden Fällen um so mehr, je größer die Neigung der Lagerstätte, je kleiner die Neigung des Verwerfers ist und je mehr sich der Streichwinkel dem der streichenden Verwerfung annähert, und zwar bei widersinnigen Verwerfungen dem Werte $\delta = 0$, bei rechtsinnigen dagegen dem Werte $\delta = 180°$.

ζ) Die kluftkürzeste Ausrichtung

Sie wird auch die Ausrichtung nach der flachen Sprungweite[128]) genannt. Nach der in den vorhergehenden Betrachtungen aufgestellten Definition stellt die flache Verwurfsweite den in der Verwerferebene gemessenen Abstand der beiden Lagerstättenflügel dar. Diese Größe ist somit gleich dem kürzesten Abstande der beiden Kreuzlinien in der Verwerferebene, und stellt daher die kürzeste mögliche Ausrichtungslinie im Verwerfer dar. Die Berechnung der kluftnormalen Ausrichtungslänge ergibt sich aus der Abb. 13, wo $\overline{ae}$ als eine vom Anfahrungspunkt a normal zur Kreuzlinie gezogene Gerade diese Größe vorstellt. Im rechtwinkligen Dreieck ace erscheint auch die streichende Ausrichtungslänge $\overline{ac}$, die früher unter Gleichung 15 mit $\overline{ac} = l_s = \frac{h}{\sin v_V} \operatorname{ctg} \sigma_V$ ermittelt wurde, ferner der ebenfalls bekannte Verwurfswinkel bei c. Man erhält somit die Länge der kluftkürzesten Ausrichtung:

$$l_{kk} = \overline{ac} \cdot \sin \sigma_V = \frac{h}{\sin v_V} \cos \sigma_V \tag{22}$$

eine von Carnall bereits angedeutete Gleichung[129]).

Will man den Verwurfswinkel, der ja ein räumlicher Winkel ist, ausschalten und mit Hilfe von im Grundriß und Aufriß gegebenen Winkeln ausdrücken, so wird an Stelle des Verwurfswinkels dessen Projektion δ_V eingeführt, wobei zwischen σ_V, δ_V und v_V nach Abb. 3 die Beziehung besteht: $\cos v_V = \frac{\operatorname{tg} \delta_V}{\operatorname{tg} \sigma_V}$.

---

[124]) Berg- u. Hüttenmännisches Jahrb. **1925**, S. **162**, Gl. **148** a.
[125]) § 300, S. 202.

[126]) § 297, S. 201.
[127]) § 150, S. 284, Abs. 1.
[128]) Hauße, § 47, S. 52.
[129]) § 72, S. 43.

Nachdem jedoch

$$\cos \sigma_V = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \sigma_V}}$$

ist, folgt nach dem Einsetzen von $tg\,\sigma_V$ obiger Gleichung:

$$\cos \sigma_V = \frac{\cos v_V}{\sqrt{\cos^2 v_V + tg^2 \delta_V}}$$

Indem man diesen Ausdruck für $\cos \sigma_V$ in die Gleichung 22 einführt, erhält man daraus:

$$l_{kk} = \frac{h \, ctg \, v_V}{\sqrt{\cos^2 v_V + tg^2 \delta_V}} \qquad (22a)$$

Die von Hauße für diesen Wert abgeleitete Gleichung 21[130]) (durch unsere Bezeichnungen ersetzt): $h \cos \delta_V \sqrt{ctg^2 \delta_V + \cos^2 \delta_V}$ ist unrichtig und entstand aus der fehlerhaften Annahme, daß zwei im Raume zueinander normal stehende Gerade auch in ihren Grundrißprojektionen zueinander normal sind (siehe auch § 21 Haußes, wo unter dieser unrichtigen Annahme die Richtung der flachen Verwurfsweite angegeben wurde), während in der Wirklichkeit deren Grundrißrichtung durch den Winkel ε bestimmt wird, dessen Größe, wie aus den Markscheideraufgaben ersehen werden kann[131]), durch die die Beziehung gegeben ist:

$$ctg \, \varepsilon = \frac{2\,(tg^2 \varphi_k + \sin^2 \delta_V)}{\sin 2\,\delta_V} \qquad (23)$$

wobei φ_K, d. i. die Neigung der Kreuzlinie durch Gleichung 1 bestimmt wird. Die Neigung der kluftkürzesten Ausrichtung wird dann[132]):

$$tg \, \varphi_{kk} = \frac{\sin \varepsilon \, tg \, \varphi_K}{\sin \delta_V} \qquad (24)$$

Bezüglich des Verhaltens der kluftkürzesten Ausrichtungslänge ist zu bemerken, daß diese sich von der streichenden Ausrichtungslänge dadurch unterscheidet, daß hier $\cos \sigma_V$ an Stelle von $ctg\,\sigma_V$ tritt. Nachdem jedoch beide: die cos- und ctg-Funktion mit der Zunahme des Verwurfswinkels beständig abnehmen, zu gleicher Zeit Null und dann negativ werden, folgt daraus, daß die kluftkürzeste Ausrichtungslänge immer dann zunehmen wird, wenn die streichende zunimmt und umgekehrt, wie dies bereits von Carnall[133]) bemerkt wurde. Besonders zu betrachten sind nur die Grenzwerte, da nämlich bei der Zu- bzw. Abnahme $ctg\,\sigma_V$ Werte von $-\infty$ bis $+\infty$ annehmen kann, ist die für $\cos \sigma_V$ mit -1 und $+1$ begrenzt. Deshalb wird in den Grenzlagen, wo die streichende Ausrichtungslänge einen unendlichen Wert erhält, die flache Verwurfsweite noch immer endliche Werte liefern. Bei streichenden Verwerfungen, bei denen also der Verwurfswinkel 0° oder 180° ist, erhält man somit:

$$l_{kk} = \frac{h}{\sin v_V} \quad \text{bzw.} \quad l_{kk} = \frac{-h}{\sin v_V}$$

d. h. die flache Verwurfshöhe. Das negative Vorzeichen beim Verwurfswinkel 180° erklärt sich dadurch, daß bereits die streichende Ausrichtungslänge beim stumpfen Verwurfswinkel nach Gleichung 15 negativ wird, zum Zeichen, daß auch die Richtung der Ausrichtung sich hiebei ändert. Die daraus abgeleitete kluftkürzeste Ausrichtungslänge bleibt daher in diesem Fall auch negativ.

η) Die söhlige Verwurfsweite

Anschließend an die bisher durchgeführten Berechnungen sollen noch zwei Längenausmaße berechnet werden, die zwar keine Ausrichtungsgrößen darstellen, für die Beurteilung der Anwendbarkeit der einzelnen Ausrichtungsarten jedoch von größter Wichtigkeit sind. Als erste ist die söhlige Verwurfsweite zu nennen, d. h. der Grundrißabstand der beiden Lagerstättenflügel. Sie ist somit identisch mit dem kürzesten Abstand der Grundrißprojektionen beider Kreuzlinien.

Bezeichnet man in der Abb. 14 mit $\overline{a'f}$ die Größe der kluftstreichenden Ausrichtung, so ergibt sich aus dem rechtwinkligen Dreieck a'fg:

$$\overline{a'g} = \overline{a'f} \sin \delta_V = \frac{h}{\sin v_V} \, ctg \, \sigma_V \sin \delta_V$$

oder nachdem $ctg\,\sigma_V$ aus der Abb. 3 durch $\cos \cdot v_V \, ctg \, \delta_V$ ersetzt wurde, die söhlige Verwurfsweite:

$$W_S = \overline{a'g} = h \, ctg \, v_V \cos \delta_V \qquad (25)$$

als eine der von Hauße erwähnten[134]) analoge Gleichung. Dort wird auch auf die praktische Bedeutung dieser Größe hingewiesen: bei der Berechnung des Lagerstättenvorrates der Grubenfelder gibt diese Größe die Breite jenes Streifens an, in welchem die Lagerstätte doppelt bzw. überhaupt nicht vorkommt. Im ersteren Falle spricht man von einer Deckung, indem man darunter in irgend einer Richtung das teilweise Übereinandergreifen von zwei zusammengehörigen Stücken einer Lagerstätte versteht (nach Carnall)[135]), und zwar hier von einer Deckung im Grundriß. Im zweiten Falle liegt eine Verwurfsweite im wahren Sinne des Wortes vor.

Bei der Bestimmung der Ausrichtungsgrößen hat die söhlige Verwurfsweite besonders deshalb eine Bedeutung, da die seigere Ausrichtung nur dann vorteilhaft vorgenommen werden kann, wenn eine Überlagerung der beiden Lagerstättenflügel vorliegt, d. h. eine Deckung im Grundriß vorhanden ist. In diesem Falle muß nämlich ein jedes im Anfahrungspunkte des Verwerfers errichtete Lot den verworfenen Flügel treffen: Es ist eine Deckung nach dem Lote vorhanden[136]).

Eine mit Hilfe der sphär. Trigonometrie angegebene Berechnung der söhligen Verwurfsweite ist

---

130) § 23, S. 32.

131) Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 73, Gl. 69.

132) a. a. O. Nach Gl. 69.

133) § 82, S. 46.

134) § 22, S. 31.

135) § 83, S. 46.

136) Carnall, § 84, S. 46, Hauße, § 26, S. 35.

bei Carnall[137]) zu treffen, hier als „Horizontalentfernung der Schnittlinien“ bezeichnet. Durch beide Kreuzlinien werden lotrechte Ebenen gelegt und der Abstand beider mit Hilfe der streichenden Ausrichtungsgröße und der Grundrißprojektion des Vorwurfswinkels angegeben.

ϑ) Die stratigraphische Verwurfsweite

Sie wird auch Sprungweite in der Schichtebene genannt[138]). Auf Grund der früher angestellten Betrachtungen verstehen wir somit darunter den kürzesten Abstand der Projektionen der Kreuzlinien auf die Lagerstätte und erhält dadurch die Länge, in welcher in der Richtung normal zur Lagerstätte gesehen, ein Übergreifen beider Lagerstättenflügel stattfindet, oder durch welche eine flözleere Zone bestimmt ist. Diese Größe hat folglich mit der früher behandelten söhligen Verwurfsweite große Ähnlichkeit, unterscheidet sich nur dadurch, daß hier die Kreuzlinien nicht auf den Grundriß, sondern auf einen der beiden Lagerstättenflügel projiziert werden. Dementsprechend wird diese Art des Übergreifens der Lagerstättenflügel zum früheren als die Deckung in der Schichtebene[139]), oder die Deckung nach dem Perpendikel[140]) genannt.

Die Beurteilung des Vorhandenseins einer Deckung in der Schichtebene ist für die Ausrichtung deshalb von Wichtigkeit, da eine zur Lagerstätte senkrechte, d. h. allerkürzeste Ausrichtung nur bei einer Deckung in der Schichtebene möglich ist, denn nur hier kann die im Anfahrungspunkte des Verwerfers errichtete Normale den verworfenen Flügel tatsächlich treffen. Die Größe der Verwurfsweite in der Schichtebene ist ferner bei der Darstellung der Lagerstätte im Flachriß von größerer Wichtigkeit, wenn es sich darum handelt, eine angefahrene Verwerfung und den verworfenen Flügel nach deren Ausrichtung auf der Grubenkarte darzustellen. Die Kreuzlinie des verworfenen Flügels ist in diesem Falle von der Kreuzlinie des stehen gebliebenen Flügels um den Betrag der Verwurfsweite in der Schichtebene weiter zu zeichnen. Dort beginnt dann im Flachriß auch der verworfene Flügel der Lagerstätte.

Es bedeuten in der Abb. 16 K_1 und K_2 die beiden Kreuzlinien und es handelt sich z. B. K_1 in der Ebene des Flügels F_2 darzustellen. Wenn man einen Punkt a der Kreuzlinie K_1 normal auf F_2 projiziert und so einen Punkt b erhält, so muß auch die Projektion von K_1 in dieser Ebene $= K_1''$ durch diesen Punkt gehen, und zwar parallel zu K_2 liegen, da sämtliche Projektionen zweier räumlich parallelen Geraden K_2 und K_1 auch parallel sein müssen. Der Normalabstand $\overline{bk}$ des Punktes b von der Kreuzlinie K_2 stellt bereits die gesuchte stratigraphische Verwurfsweite dar. Die Bestimmung dieser Größe kann durch Zurückführung der Aufgabe auf die Berechnung des kürzesten Abstandes zweier räumlicher Geraden erfolgen. Betrachtet man nämlich die von a gegen F_2 gefällte Normale als die eine Gerade, die durch a, durch die Richtung und Größe des Steigens gegeben ist ($\varphi_1 = 90^0 - v_L$, $\varrho_g = \varrho_L$) falls φ_1 die Neigung, ϱ_g die Richtung der Geraden und ϱ_L die Fallrichtung der Ebenen bedeutet, ferner die Kreuzlinie K_2 die zweite Gerade, die ebenfalls durch einen Punkt (z. B. a′ oder c), durch die Richtung und Größe des Steigens der Kreuzlinie gegeben ist, so entspricht der allerkürzeste Abstand der beiden Geraden der gesuchten Verwurfsweite in der Schichtebene $\overline{kb}$. Denn bekanntlich steht der allerkürzeste Abstand zweier Geraden zu beiden normal. Somit wird der ermittelte allerkürzeste Abstand normal zu $\overline{ab}$, also normal zu der Normalen auf F_2 stehen, d. h. er muß eine Gerade der Ebene F_2 sein; da er ferner auch zu K_2 normal steht, so entspricht er der für die Verwurfsweite in der Schichtebene gegebenen Definition.

Die Ermittlung des allerkürzesten Abstandes zweier Geraden ist aber eine bekannte Markscheideraufgabe[141]). Wir bestimmen aus den Punkten a und c durch Vorwärtseinschneiden mit den gegebenen Richtungen den Grundrißkreuzungspunkt der Geraden und berechnen die an dieser Stelle zwischen beiden Geraden vorhandene Höhe h. Dann ist die Größe der Verwurfsweite in der Schichtebene:

$$W_{sch} = h \sin \varphi \tag{26}$$

wobei φ als die Neigung des allerkürzesten Abstandes durch[142])

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \varphi_K} \text{ und } \alpha \text{ durch: } \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_K}{\operatorname{ctg} v_L}$$

sowie $\alpha + \beta$ durch den von beiden Geraden eingeschlossenen Winkel gegeben erscheint.

Eine andere Rechnungsart ist die folgende. Mit Hilfe der Kreuzlinie K_1 und der gegebenen Normalen $\overline{ab}$ bestimmt man eine Ebene, indem man die Richtung und Größe des Steigens dieser Ebene ermittelt. Bringt man diese Ebene mit dem Lagerstättenflügel F_2 zum Schnitte, so erhält man als Schnittlinie offenkundig die gesuchte Kreuzlinie K_1''. Der Abstand der beiden parallelen Geraden ist dann die gesuchte Sprungweite in der Schichtebene.

Für die Ermittlung der Verwurfsweite in der Schichtebene gibt bereits Carnall eine Methode an[143]), die er mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie löst. Seine Berechnungen beziehen sich auf die Ermittlung des Abstandes der beiden perpendikulären Ebenen, die normal zur Lagerstätte durch beide Kreuzlinien gelegt werden. Auf Grund der oben angegebenen Definition entspricht diese vollkommen der stratigraphischen Verwurfsweite. Indem Carnall zuerst die durch K_1 normal zu F_2 gelegte Ebenen bestimmt, wird die Länge des von c darauf gefällten Lotes ermittelt, und zwar letzteres mit Zuhilfenahme der aus

137) § 88, S. 47.

138) Margerie und Heim S. 18. Hauße, § 26, S. 35, Abs. 1.

139) Hauße, § 26, S. 35, Abs. 1.

140) Carnall, § 92, S. 48, ferner Dannenberg, S. 7 Abs. 1.

141) Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 74, Gl. 70.

142) a. a. O. S. 61, Gl. 17 b, und S. 60, Gl. 10.

143) § 96, S. 50.

$\overline{ac}$ gerechneten, normal zum Streichen der ermittelten Ebene stehenden wagrechten Länge.

Dagegen ist die von Hauße in § 24, S. 33, angestellte, mit Hilfe der ebenen Trigonometrie durchgeführte Berechnung infolge der unrichtig vorgenommenen Erweiterung der bei den streichenden Sprüngen erhaltenen Beziehungen[144]) fehlerhaft und somit unbrauchbar. Die für die flache Verwurfshöhe aufgestellte Beziehung: söhlige Verwurfsweite geteilt durch den Cosinus der Neigung des Verwerfers hat naturgemäß nur solange Gültigkeit, als beide Kreuzlinien wagrecht liegen, d. h. für streichende Verwerfungen. Sobald man für die söhlige Verwurfsweite den allgemeinen Wert einführt, wird die oben angegebene Beziehung fehlerhaft, was übrigens schon aus der Betrachtung der dort angeführten Sonderfälle sich ergibt. Daß für den Sonderfall $v_V = v_L = 45^0$ die stratigraphische Verwurfsweite nicht Null ist[145]), ist leicht einzusehen. Die erhaltenen Gleichungen müssen aber noch aus einem weiteren Grund unrichtig sein. Nur bei einem streichenden Sprung ist es gestattet, aus Haußes Gleichung 22 den Winkel BAC (dortige Abb. 1/I. Taf.), durch die Summe der Verflächen $(v_L + v_V - 90^0)$ zu ersetzen[146]), in einem jeden anderen Fall erscheint im Profil ein anderer Winkel, entsprechend der Neigung der Diagonalstrecken, die durch eine zur Kreuzlinie normale Ebene aus der Lagerstätte und dem Verwerfer herausgeschnitten wurden.

Auf diese letztere Fehlerquelle soll hauptsächlich deshalb hingewiesen werden, da diese sehr oft übersehen wird. So gelten z. B. die von Höfer[147]) angegebenen Beziehungen zwischen den einzelnen Verwurfsgrößen (Sohle des Sprunges usw.) lediglich für streichende Verwerfungen, insofern man unter α und φ in den dort angeführten Beziehungen das Verflächen des Verwerfers und der Lagerstärke versteht. Aus demselben Grunde gelten die dort angegebenen Definitionen, wie darauf bereits hingewiesen wurde, nur für streichende Verwerfungen.

Der Sonderfall der reinen streichenden Sprünge soll hier noch einer kurzen Betrachtung unterzogen werden. Da in diesem Falle die Kreuzlinien horizontal und im Streichen des Verwerfers und auch der Lagerstätte liegen, so wird das von a auf F_2 gefällte Lot in der durch a normal zum Streichen der beiden Ebenen gerichteten Vertikalebene liegen. Im Profile dieser Ebenen (Abb. 17) erscheint dann das Lot $\overline{ab}$ und da wird (aber nur in diesem Sonderfall) der kürzeste Abstand zwischen $\overline{ab}$ und K_2 auch im Profile des Verwerfers erscheinen. Dessen Größe kann somit durch:

$$\overline{a'b} = \text{Wsch} = \frac{h}{\sin v_V} \cos (v_V - v_L)$$

bei gleichsinnigen, und durch

$$\text{Wsch} = \frac{h}{\sin v_V} \cos (180^0 - v_V - v_L)$$

bei widersinnigen Verwerfungen angegeben werden. Erstere Gleichung gilt, wenn $v_V > v_L$, letztere dagegen, wenn $v_V > 90^0 - v_L$. Im umgekehrten Falle würde man

$$\text{Wsch} = \frac{h}{\sin v_V} \cos (v_L - v_V) \text{ bzw.}$$

$$\text{Wsch} = \frac{h}{\sin v_V} \cos (v_V + v_L)$$

erhalten, wie diese für streichende Verwerfungen geltenden Beziehungen zuerst von Carnall[148]) näher betrachtet und berechnet[149]), dann von Hauße ebenfalls angeführt erscheinen[150]).

Die Beantwortung der Frage, wann beide Lagerstättenflügel in der Schichtebene eine flözleere Zone einschließen und wann eine Deckung vorhanden ist, soll späteren Untersuchungen vorbehalten sein.

b) Die Ausrichtungsgrößen der allgemeinen Sprünge

Allen bisher abgeleiteten Ausrichtungsgrößen lag die Voraussetzung zugrunde, daß das Abgleiten des verworfenen Lagerstättenflügels in der Fallinie des Verwerfers erfolgte. Es wurde jedoch bereits bei der Einteilung der Verwerfungen darauf hingewiesen, daß das Abgleiten des verworfenen Flügels, wenn außer der Schwerkraft noch andere Kräfte tätig waren, in jeder Richtung erfolgen kann, wodurch die Schrägverwerfungen, oder allgemeinen Verwerfungen (Diagonalverwerfungen) entstehen. Unter Festhaltung an der für die seigere Verwurfshöhe gegebenen Definition, als dem Höhenunterschied zweier homologer Punkte, werden die für die reinen Sprünge bisher aufgestellten Gleichungen auf die Ausrichtungsgrößen der allgemeinen Sprünge keine Gültigkeit haben, sondern sie müssen erst durch eigene Erwägung erhalten werden. Wenn man in der Abb. 18 a und a″ als zwei homologe Punkte betrachtet, d. h. der dem Punkt a entsprechende Punkt des verworfenen Flügels in der Gleitrichtung herabgerutscht ist und nach a″ kam, so ist der Höhenunterschied zwischen a und a″, d. i. $\overline{aa_1}$ gleich der allgemeinen seigeren Verwurfshöhe, während $\overline{aa''}$ nach unserer Definition die flache allgemeine Verwurfshöhe darstellt. Auf die Ermittlung der Gleitrichtung wurde bereits hingewiesen; es handelt sich deshalb jetzt nur darum, die Ausrichtungsgrößen für den allgemeinen Fall zu bestimmen.

Mit Hilfe der Aufgabe über die Durchstoßpunktbestimmung könnten wir die einzelnen Größen ohneweiters berechnen. Wenn wir nämlich mit Hilfe der allgemeinen flachen Verwurfshöhe $\overline{aa''}$ und des Gleitwinkels λ den Punkt a″ des verworfenen Flügels bestimmt haben, so ist durch diesen Punkt und durch die Richtung, sowie Neigung der Lagerstätte F_2 eine Ebene bestimmt; der Durchstoßpunkt eines jeden von a geführten Ausrichtungsbaues kann somit mit Hilfe einer bekannten Markscheideraufgabe angegeben

144) Gl. 6, S. 25.
145) § 24, S. 34.
146) Gl. 23, S. 33.
147) Die Verwerfungen, S. 21, Abs. 2.
148) § 93, S. 49.
149) § 287, S. 195.
150) § 17, S. 25.

werden, wodurch auch sämtliche Ausrichtungsgrößen bestimmt werden können. Um jedoch den Einfluß des Gleitwinkels im Vergleiche zum reinen Sprunge besser zum Ausdrucke bringen zu können, soll ein anderer Weg eingeschlagen werden.

Die Bestimmung der streichenden Ausrichtungslänge kann auch so vorgenommen werden, daß man die streichende Ausrichtungslänge $\overline{ac} = \overline{a''m}$ der allgemeinen Sprünge in zwei Teile zerlegt $= \overline{mn}$ und $\overline{na''}$. Die Länge $\overline{mn}$ wäre die Größe der Ausrichtung bei einem reinen Sprunge, während $\overline{a''n}$ die Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Ausrichtungslänge des reinen Sprunges ist, bedingt durch das von der Falllinie verschiedene Abgleiten. Die Berechnung von $\overline{mn}$ ist, wenn die seigere Verwurfshöhe bekannt ist, bereits unter Gleichung 15 angegeben worden, während die Ermittlung von $\overline{a''n}$, wenn infolge der Bestimmung der Gleitrichtung der Gleitwinkel bekannt ist, aus dem rechtwinkligen Dreieck a″na ebenfalls möglich ist:

$$\overline{a''n} = \frac{\overline{an}}{\operatorname{tg}(\lambda - 90^0)} = \frac{-\operatorname{h ctg} \lambda}{\sin v_V}$$

folglich die Gesamtlänge:

$$\overline{ac} = \overline{a''m} = \frac{h}{\sin v_V} (\operatorname{ctg} \sigma_V - \operatorname{ctg} \lambda) \tag{27}$$

gibt die Größe der streichenden Ausrichtungslänge im Falle des allgemeinen Sprunges.

Die Berechnung könnte auch aus den im Grundrisse gegebenen Größen vorgenommen werden. Indem die beiden rechtwinkligen Dreiecke $a''a_1n$ und a_1nm, mit dem rechten Winkel bei n zu Hilfe genommen werden, kann die Ausrichtungslänge mit Hilfe der Grundrißprojektion des Gleitwinkels (bei a_1) und der Projektion des Verwurfswinkels (bei m) aus $\overline{a_1n} = h.\operatorname{ctg} v_V$ ausgedrückt werden, wie dies zuerst von Prof. Aubell angegeben wird[151]).

Die hier betrachteten Berechnungsarten können bei der streichenden Ausrichtungsart vorteilhaft angewendet werden. Der Ausbau aller hier behandelten Lösungsmethoden für die weiteren Ausrichtungsgrößen würde zu umständlichen Ableitungen führen, weshalb es vorteilhaft erscheint, eine allgemeinere Lösungsmöglichkeit in Erwägung zu ziehen. Aus der Abb. 18 ersieht man, daß ganz gleichgültig, durch welche Bewegungsvorgänge der verworfene Flügel F_2 in die gezeichnete Lage kam, in der Fallinie der Verwerfung es immer einen Punkt a′ geben wird, der dann der homologe Punkt zu a wäre, wenn der verworfene Flügel seine Lage durch Abwärtsgleiten in der Fallinie erhalten hätte. Ist jedoch dies nicht der Fall, so hat die Größe $\overline{aa'}$ geometrisch dennoch dieselbe Bedeutung, als die frühere flache Verwurfshöhe des reinen Sprunges: Ein jeder allgemeine Sprung läßt sich geometrisch als eine reine Verwerfung, nämlich entweder als reiner Sprung oder als reiner Übersprung darstellen, und zwar dadurch, daß man an der Stelle der allgemeinen flachen Verwurfshöhe $\overline{aa''}$ die in der Fallrichtung gemessene flache Verwurfshöhe $\overline{aa'}$ (die daher nur eine geometrische Bedeutung hat) einführt, — eine bereits von Höfer angedeutete Erscheinung[152]). Man reduziert somit den allgemeinen Sprung zu einer geometrischen reinen Verwerfung, weshalb die Größe $\overline{aa'}$, wie schon früher angegeben, als die „reduzierte flache Verwurfshöhe" zu bezeichnen ist. Berechnet man aus der allgemeinen seigeren Verwurfshöhe $\overline{aa_1} = h$ und aus dem Gleitwinkel die zur reduzierten flachen Verwurfshöhe gehörige seigere Höhe $\overline{a(a)}$, so erhält man die „reduzierte seigere Verwurfshöhe" $= h_r$, welche geometrisch vollkommen der früheren seigeren Verwurfshöhe des reinen Sprunges entspricht, weshalb sämtliche in den vorhergehenden Berechnungen für die reinen Sprünge angegebenen Beziehungen auch für die allgemeinen Sprünge Gültigkeit haben, wenn man in die dort erhaltenen Gleichungen an Stelle der Verwurfshöhe des reinen Sprunges (h) die reduzierte Verwurfshöhe (h_r) einführt.

Die Zurückführung des allgemeinen Sprunges auf den reinen Sprung wurde zuerst von Hauße[153]) ausführlich dargetan und darauf hingewiesen, daß die Konstruktion einer allgemeinen Verwerfung, welche gewöhnlich aus der Verschiebungsrichtung und der allgemeinen Verwurfshöhe erfolgt, auch aus der im Querprofil der Kluft gemessenen Verwurfshöhe und der Verschiebungsrichtung in der Kluftfallinie vorgenommen werden kann. Auf Grund dieser Vorstellung gibt er in § 75, S. 166, die Ausmaße für die allgemeinen Sprünge an, und zwar mit Hilfe der in der Fallinie erscheinenden flachen Verwurfshöhe, bzw. der dieser entsprechenden seigeren Verwurfshöhe. Letztere Größe wird durch Einführung des Schubwinkels (= o, der Winkel, welchen die Grundrißprojektion der Gleitrichtung mit jener der Fallinie einschließt), durch die Neigung der Gleitrichtung φ (bei Hauße: α_1) aus der allgemeinen seigeren Verwurfshöhe in der Form ausgedrückt:

$$h_r = \overline{a(a)} = \frac{\cos(o - \delta_V) \operatorname{ctg} \varphi}{\cos \delta_V \operatorname{ctg} v_V} h$$

Bezüglich dieser Art der Berechnung ist zu bemerken, daß die Einführung des Schubwinkels, als einer im Grundriß erscheinenden Größe aus zwei Gründen unbequem wird. Erstens wird zur Festlegung der Gleitrichtung in der Natur der räumliche Winkel verwendet[154]), weshalb für obige Gleichung

[151]) Vorlesungen aus der Markscheidekunde.

[152]) Die Ausrichtung der Verwerfungen, Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 168.

[153]) § 73, S. 163 bis 164.

[154]) Stočes, Tektonische Geologie, S. 68. Zur Festlegung der Rutschstreifen wird der räumliche Winkel verwendet, „welchen die Rutschstreifen mit der Streichlinie in der Natur einschließen".

der Schubwinkel erst gerechnet werden müßte. Zweitens wird durch die Angabe des Schubwinkels die Gleitrichtung noch immer zweideutig, da der Schubwinkel links oder rechts von der Fallinie liegen kann. Auch die Kontinuität der Berechnung wird, wie dies noch später gezeigt werden soll, dadurch nachteilig beeinflußt. Aus diesen Gründen erscheint es zweckmäßiger, zur Berechnung der reduzierten Verwurfshöhe unseren räumlichen Gleitwinkel einzuführen und den im Grundriß erscheinenden Schubwinkel, ebenso den Neigungswinkel der Gleitrichtung, der ebenfalls in der Regel erst durch Umrechnung erhalten werden kann[155]), auszuschalten. Die Hangendgleitrichtung kann hiebei eine jede beliebige Lage in der Verwerferebene einnehmen, z. B. mit der Fallinie zusammenfallen, streichend oder aufwärts gerichtet sein, wodurch als Sonderfälle: „der reine Sprung, die Plattverschiebung und der Übersprung" entstehen. Der reine Sprung ist somit nur ein Sonderfall des allgemeinen Sprunges, ebenso der reine Übersprung. Beim letzteren fällt z. B. die Hangendgleitrichtung ebenfalls in die Fallinie des Verwerfers, ist aber aufwärts gerichtet; die mathematischen Beziehungen der allgemeinen Sprünge bleiben auch hier weiter gültig, nur ist der Gleitwinkel entsprechend der Annahme einzusetzen. Die Ausrichtungsgrößen der Übersprünge ergeben sich somit aus den Beziehungen der allgemeinen Sprünge als Sonderfälle; deren getrennte Untersuchung erübrigt sich daher.

Aus Abb. 18 können die Beziehungen erhalten werden:

$$\overline{aa'} = \frac{\overline{aa''} \sin[180^0 - (\lambda - \sigma_V)]}{\sin(90^0 - \sigma_V)}$$

wobei $\overline{aa'} \sin v_V = h_r$ während $\overline{aa''} = \dfrac{h}{\sin\varphi}$ ist.

Für $\sin\varphi$ kann aus den rechtwinkligen Dreiecken $aa''n$, $aa''a_1$ und aa_1n die Beziehung erhalten werden:

$$\sin(180^0 - \lambda) = \frac{\overline{an}}{\overline{aa''}} = \frac{h\dfrac{1}{\sin v_V}}{h\dfrac{1}{\sin\varphi}} = \frac{\sin\varphi}{\sin v_V}$$

welche Gleichung aus dem sphärischen Dreiecke bei a'' auch unmittelbar erhalten werden kann. Wird nach dieser Gleichung $\sin\varphi$ durch $\sin v_V . \sin\lambda$ in der ersteren Gleichung ersetzt, so erhält man daraus die Gleichung für die reduzierte seigere Verwurfshöhe:

$$h_r = h\,(1 - \operatorname{ctg}\lambda \operatorname{tg}\sigma_V) \qquad (28)$$

Der Klammerausdruck der Gleichung 28 kann hiebei als Reduktionsfaktor angesehen werden und $\gtreqless 1$ sein, woraus ersichtlich ist, daß die Reduktion sowohl zu einer Vergrößerung als auch zu einer Verkleinerung der allgemeinen seigeren Verwurfshöhe führen kann. Da in unseren früheren Gleichungen die einzelnen Ausrichtungsgrößen der reinen Sprünge immer linear von h abhängig waren, somit mit der Vergrößerung der Verwurfshöhe zu-, mit der Verkleinerung abnahmen, diese Verwurfshöhe aber für den allgemeinen Sprung nach Gleichung 28 vergrößert oder verkleinert werden kann, folgt unmittelbar, daß das von der Fallinie verschiedene Abgleiten des verworfenen Teiles sowohl zu einer Vergrößerung als auch zu einer Verkleinerung der für dieselbe Verwurfshöhe des reinen Sprunges entsprechender Ausrichtungsgröße führen kann.

Gleichung 28 besagt uns weiters, daß im Falle, wo $\operatorname{ctg}\lambda \operatorname{tg}\sigma_V$ größer als 1 ist, die reduzierte Verwurfshöhe ein entgegengesetztes Vorzeichen erhält, als die allgemeine Verwurfshöhe hatte. Das heißt, wenn auch der homologe Punkt a″ nach dem Abgleiten eine tiefere Lage eingenommen hat als der stehengebliebene Punkt a, so wird der in der Fallinie getroffene Punkt a′ des verworfenen Flügels dennoch höher liegen als der Punkt a. Es sind somit allgemeine Sprünge möglich, die als reine Verwerfungen betrachtet, das Bild eines reinen Übersprunges liefern, und umgekehrt ist es möglich, daß allgemeine Übersprünge das Bild eines reinen Sprunges geben. Dies ist immer der Fall, wenn $\dfrac{\operatorname{tg}\sigma_V}{\operatorname{tg}\lambda} > 1$, d. h. wenn der Gleitwinkel entweder kleiner als der Verwurfswinkel oder größer als $\sigma_V + 180$ ist. Betrachtet man ferner h als positiv, wenn der verworfene Punkt tiefer, dagegen negativ, wenn der verworfene Punkt höher liegt (h ist somit der Höhenunterschied des verworfenen Punktes vom stehengebliebenen Punkt) und versteht man sinngemäß unter einer positiven reduzierten seigeren Verwurfshöhe den Höhenunterschied eines in der Fallinie tiefer liegenden Punktes des verworfenen Flügels vom stehengebliebenen und die umgekehrte Erscheinung unter einer negativen reduzierten seigeren Verwurfshöhe, so läßt sich unter Berücksichtigung des vorher Betrachteten sagen: Ein jeder allgemeine Sprung muß, in der Falllinie betrachtet, als Übersprung erscheinen, wenn die Hangendgleitlinie von der Kreuzlinie auf die entgegengesetzte Seite der Fallrichtung abweicht, und umgekehrt ein jeder Übersprung liefert das geometrische Bild eines reinen Sprunges, wenn die Hangendgleitrichtung bezüglich der Kreuzlinie auf die Seite der Fallinie zu liegen kommt. Kurz: Gegenseitige Sprünge erscheinen geometrisch als reine Übersprünge, während selbstseitige Übersprünge als reine Sprünge aufgefaßt werden können.

Sonach ist auch selbstverständlich, daß auch Horizontalverschiebungen (oder Plattverschiebungen), falls die Hangendgleitrichtung von der Kreuzlinie nach der entgegengesetzten Seite der Falllinie abweicht, geometrisch das Bild eines Übersprunges zeigen müssen. Die von Köhler beschriebene Horizontalverschiebung[156]) als (reiner)

[155]) Aus der Neigung des Verwerfers mit Hilfe des Schubwinkels. Dessen Beobachtung in der Natur ist somit im Gegensatze zu Hauße (§ 75, S. 166, Abs. 4) nicht erforderlich.

[156]) Ztschr. f. d. Berg-, Hütten und Salinenwesen 1880, S. 203, Abs. 6.

Übersprüng im Sinne der Carnallschen Nomenklatur ist daher ohneweiters denkbar, woraus jedoch noch immer nicht folgt, daß sämtliche Übersprünge solche Verschiebungen sein müssen, und umgekehrt, daß „Verschiebungen" (wie Köhler die Horizontalverschiebungen nennt) nur Bilder von Übersprüngen liefern[157]). Horizontalverschiebungen können somit das Bild eines Sprunges oder eines Übersprunges zeigen und bilden lediglich den Grenzfall der allgemeinen Verwerfungen, indem die Gebirgsmassen wagrecht auseinander gezogen wurden[158]). Ihre Ausscheidung als getrennte Verwerfungsart ist somit vom geometrischen Standpunkte nicht gerechtfertigt, noch weniger, wenn man sie durch die Definition[159]) bestimmt: „Verschiebungen sind diejenigen Störungen, bei denen ein Teil der bereits gefalteten oder aufgerichteten Gebirgsschichten mit den darin eingeschlossenen Lagerstätten von einem anderen Gebirgsteil abgerissen und fortgeschoben wurde." Sehr richtig weist schon Hauße[160]) darauf hin: „Spaltenverwerfungen haben sich vor und nach der Ausrichtung und vor und nach der Faltung der Gebirgsschichten gebildet, so daß in ihren beiden Flügeln die Schichten entweder noch ihre ursprüngliche Lage besitzen, oder aufgerichtet, oder gefaltet sein können, welche Beschaffenheit aber keinen Einfluß auf die gegenseitige Flügelstellung hat, keine Merkmale zur Unterscheidung der Verwerfungen, wenigstens nicht nach Klassen, abgibt."

Da mit der Veränderung des Vorzeichens bei der Reduktion der Verwurfshöhe nach Gleichung 28 sich auch die Richtung der Ausrichtung ändern muß, folgt, daß durch die Gleitrichtung nicht nur die Größe, sondern auch die Richtung der Ausrichtung geändert werden kann. Die von Hauße aufgestellte Bemerkung, worauf er dann seine Ausrichtungsregel für die allgemeinen Sprünge stützte: „Nicht die Richtung, sondern nur die Größe der Ausrichtungslinien verändert sich mit der Verschiebungsrichtung im Hangenden"[161]) muß somit unrichtig sein und entstand durch Übersehen des möglichen Vorzeichenwechsels in der Reduktion der Sprunghöhe, verursacht vornehmlich durch die Unkontinuität des Schubwinkels, der von der Fallinie links oder rechts abweichen kann und daher der abgesetzten Bezifferung der Höhenkreise ähnlich ist, zum Unterschiede von der durchlaufenden, die sich bei der Zählung des Gleitwinkels ergibt.

Führt man die reduzierte seigere Verwurfshöhe nach Gleichung 28 an Stelle von h in die Gleichungen der Ausrichtungsgrößen der reinen Sprünge, so erhält man daraus der Reihe nach die Ausrichtungsgrößen der allgemeinen Verwerfungen. So erhält man:

Für die kluftfallende Ausrichtungsgröße der allgemeinen Verwerfung:

$$l_f^a = \frac{h_r}{\sin v_V} = \frac{h\,(1 - \operatorname{ctg}\lambda \operatorname{tg}\sigma_V)}{\sin v_V} \tag{29}$$

für die streichende Ausrichtungsgröße:

$$l_s^a = h_r \frac{\operatorname{ctg} v_V \cos\delta + \operatorname{ctg} v_L}{\sin\delta} = h_r \frac{\operatorname{ctg}\sigma_V}{\sin v_V} = \frac{h\,(\operatorname{ctg}\sigma_V - \operatorname{ctg}\lambda)}{\sin v_V} \tag{30}$$

für die querschlägige Ausrichtungslänge:

$$l_q^a = h_r \frac{\operatorname{ctg}\sigma_V}{\sin v_V} \sin\delta = \frac{h\,(\operatorname{ctg}\sigma_V - \operatorname{ctg}\lambda)\sin\delta}{\sin v_V} \tag{31}$$

für die allerkürzeste Ausrichtung:

$$l_k^a = h_r \frac{\operatorname{ctg}\sigma_V \sin v_L \sin\delta}{\sin v_V} = \frac{h\,(\operatorname{ctg}\sigma_V - \operatorname{ctg}\lambda)\sin v_L \sin\delta}{\sin v_V} \tag{32}$$

für die seigere Ausrichtung:

$$l_v^a = h_r\,(1 + \operatorname{ctg} v_V \cos\delta \operatorname{tg} v_L) = \frac{h\,(\operatorname{ctg}\sigma_V - \operatorname{ctg}\lambda)\operatorname{tg} v_L \sin\delta}{\sin v_V} \tag{33}$$

für die kluftkürzeste Ausrichtung:

$$l_{kk}^a = h_r \frac{\cos\sigma_V}{\sin v_V} = \frac{h\,(\cos\sigma_V - \operatorname{ctg}\lambda \sin\sigma_V)}{\sin v_V} \tag{34}$$

Endlich wird die söhlige Verwurfsweite der allgemeinen Verwerfung:

$$W_s^a = h_r \operatorname{ctg} v_V \cos\delta_V = \frac{h\,(\cos v_V \cos\delta_V - \operatorname{ctg}\lambda \sin\delta_V)}{\sin v_V} \tag{35}$$

Die Größe der „Verwurfsweite in der Schichtebene" oder der stratigraphischen Verwurfsweite kann mit Hilfe der Aufgabe über die Bestimmung des kürzesten Abstandes zweier Geraden, ebenso wie beim reinen Sprung angegeben werden, insofern man den Punkt a″ als den gegebenen Punkt der verworfenen Lagerstätte (die durch diesen gezogene Kreuzlinie ist die eine Gerade) betrachtet und von a auf den verworfenen Flügel die Normale fällt (diese ist die zweite Gerade).

Haußes für die allgemeinen Sprünge bzw. Übersprünge angegebenen Gleichungen 44, 45, 46, 47, 48[162]) und 55[163]) sind unrichtig, da ihre für die reinen Sprünge geltenden Ausgangsgleichungen fehlerhaft aufgestellt wurden.

---

157) S. 204, Abs. 2.

158) Treptow, Grundzüge der Bergbaukunde, 1917, S. 34, vorletzter Abs.

159) Köhler, 1880, S. 204, Abs. 2 bis 3. Bemerkt sei auch, daß der nach Taf. XVII, Abs. 13 dargestellte Verwurfswinkel ein stumpfer und nicht ein spitzer ist.

160) § 4, S. 8, Abs. 1.

161) § 76, S. 169, Abs. 1.

162) Gl. 44 bis 48 für Übersprünge, § 33, S. 43.

163) § 75, S. 167.

c) Bestimmung der Ausrichtungsgrößen, wenn die Gleitrichtung unbekannt ist.

Wie bereits darauf hingewiesen wurde, bleibt die Art der Verwerfung, wenn die Gleitrichtung weder unmittelbar noch mittelbar bestimmt werden kann, auch unbekannt. Unter bestimmter Voraussetzung gelingt es aber in diesem Falle doch, die Größen für die einzelnen Ausrichtungsarten anzugeben. Es ist dies immer dann möglich, wenn man entweder einen Punkt des verworfenen Lagerstättenflügels kennt oder wenn man nach dem Durchbrechen des Verwerfers bestimmen kann, welche Schichte des verworfenen Teiles angefahren wurde.

α) Ein Punkt des verworfenen Flügels ist bekannt

Ein Punkt der verworfenen Lagerstätte kann oft durch Bohrungen erhalten werden, indem man, um die verworfene Fortsetzung der Lagerstätte wieder zu finden, hinter dem Verwerfer Schurfbohrungen anlegt und so auf den verworfenen Flügel stößt. Unter der Voraussetzung der geradlinigen Verwerfung muß dann der verworfene Flügel die Richtung und die Neigung des stehengebliebenen Flügels beibehalten, wodurch der verworfene Flügel räumlich eindeutig festgelegt wurde. Gelingt es, dabei noch die Größe der Neigung der angetroffenen Lagerstätte zu bestimmen, was in den meisten Fällen möglich sein wird, so hat man in der Gleichheit der Neigungen gleichzeitig die einfachste Kontrolle dafür, daß keine Drehung des verworfenen Flügels eingetreten ist.

Wurde nun, wie in Abb. 19 angenommen ist, der Verwerfer im Punkt a angefahren und ein Punkt B des verworfenen Flügels wiedergefunden, so ist es unschwer, die Länge einer jeden beliebigen Ausrichtung zu ermitteln, indem man nur aus dem Punkt a mit der gewünschten Richtung und Neigung eine Gerade führt und deren Durchstoßpunkt mit der durch B und durch die Richtung und Größe der Neigung der Lagerstätte bestimmten Ebene sucht. Dies ist bereits eine bekannte Aufgabe.

In anderen Fällen wieder wird ein Punkt des verworfenen Lagerstättenflügels dadurch gefunden, daß man vor der eigentlichen Ausrichtung durch eine nur flüchtig ausgezimmerte, im Verwerfer selbst getriebene Strecke den verworfenen Teil aufsucht und einen Punkt sicherstellt. Nachdem der verworfene Teil wiedergefunden wurde, wird die eigentliche Ausrichtung mit einem stabilen Ausbau vorgenommen[164]), so daß für letzteren bereits ein Punkt der Lagerstätte ebenfalls bekannt ist, und zwar in diesem Fall in der Verwerferebene selbst. Die Durchstoßpunktbestimmung einer jeden Geraden (entsprechend der möglichen Lagen der stabilen Ausrichtungsstrecke) und somit die Länge der Ausrichtungsstrecken kann daher ebenfalls angegeben werden.

In beiden Fällen wird es jedoch vorteilhafter erscheinen, um die Längen der einzelnen möglichen Ausrichtungsstrecken miteinander vergleichen zu können, die in der Fallinie erscheinende Größe $\overline{a\,a'}$ und den Höhenunterschied dieser Endpunkte: $h = \overline{aa'} \sin v_V$ zu ermitteln, wodurch die Aufgabe geometrisch auf den Fall des reinen Sprunges zurückgeführt wurde. Für die rechnerische Ausmittlung der einzelnen Ausrichtungsgrößen übernimmt hier h der Abb. 19 die Rolle der Verwurfshöhe, weshalb die vorher für den reinen Sprung angegebenen Beziehungen nach der Berechnung von h, die hier die Eigenschaft einer reduzierten Verwurfshöhe besitzt, sofort angewendet werden können. Die Reduktion der seigeren Verwurfshöhe erfolgte hier jedoch, da die Gleitrichtung als unbekannt vorausgesetzt wurde, aus einem angetroffenen Punkt des verworfenen Lagerstättenteiles.

Die Berechnung von h kann in diesem Fall am einfachsten dadurch geschehen, daß man den Durchstoßpunkt einer in der Fallrichtung der Verwerferebene angenommenen Geraden $\overline{aa'}$ mit dem zweiten Lagerstättenflügel ermittelt. Dadurch erscheint die reduzierte flache Verwurfshöhe gegeben, woraus wieder die reduzierte seigere Verwurfshöhe erhalten wird. Man könnte auch folgend verfahren. Wir ermitteln den Durchstoßpunkt der durch B geführten streichenden Geraden mit der Verwerferebene. Durch diesen Punkt muß die Kreuzlinie des verworfenen Flügels gehen. Mit Hilfe dieser Kreuzlinie und der Fallinie des Verwerfers in a kann dann durch Vorwärtseinschneiden a′ bestimmt werden und aus $\overline{aa'}$ die reduzierte seigere Verwurfshöhe.

β) Die hinter dem Verwerfer angefahrene Schichte wurde identifiziert

Ist die Reihenfolge und die Mächtigkeit der einzelnen Schichten bekannt, so kann aus deren Summe die stratigraphische Verwurfshöhe bestimmt werden, welche gleichzeitig der Länge der allerkürzesten Ausrichtung entspricht. Wurde z. B. aus Abb. 20 nach dem Durchbrechen des Verwerfers bei a eine Schichte angetroffen, welche im stehengebliebenen Teile bereits bekannt ist und deren normaler Abstand von der Lagerstätte der Summe der Schichtmächtigkeiten entspricht, so ist in diesem Falle der verworfene Flügel um denselben Betrag, normal zur Lagerstätte entfernt. Bezeichnet man diese Größe gleich der allerkürzesten Ausrichtungsgröße nach Gleichung 20 mit l_k so kann die seigere Verwurfshöhe durch Umkehrung genannter Gleichungen der Form:

$$h = \frac{l_k}{\cos v_L + \operatorname{ctg} v_V \sin v_L \cos \delta} = \frac{l_k \sin v_V \operatorname{tg} \sigma_V}{\sin v_L \sin \delta} \qquad (36)$$

ausgedrückt werden. Diese Größe h ist ebenfalls nur eine geometrische Verwurfshöhe, indem für die rechnerische Ausmittlung die in der Fallinie des Verwerfers erscheinende Verwurfshöhe, somit das Bild einer reinen Verwerfung herangezogen wurde. Denn die Größe h wird nur dann die tatsächliche seigere Verwurfshöhe (der Höhenunterschied zweier homologer Punkte), wenn das Abgleiten des verworfenen Flügels in der Fallinie erfolgte, sonst aber nicht. Wohl läßt sich aus dieser Größe auch die seigere allgemeine Verwurfshöhe dann herleiten, wenn es gelingt, die Gleitrichtung, somit den Gleitwinkel zu bestimmen. Mit Hilfe des Gleitwinkels kann dann durch Umkehrung der Gleichung 28 die seigere allgemeine Verwurfs-

[164]) Carnall, § 253, S. 178; Stočes, Tektonische Geologie, S. 84 bis 85.

höhe aus der in der Fallinie erscheinenden (reduzierten) seigeren bzw. flachen Verwurfshöhe angegeben werden. Zur Festlegung der Verwurfshöhe der allgemeinen Verwerfung genügt somit weder die Kenntnis der Gleitrichtung noch eines Punktes des verworfenen Flügels allein, sondern es müssen (mittelbar oder unmittelbar) beide gegeben sein.

Die zu unseren Berechnungen erforderliche reduzierte seigere Verwurfshöhe kann auch noch auf andere Arten erhalten werden, als mit Hilfe der stratigraphischen Verwurfshöhe. So z. B. auch dann, wenn man beim Anfahren des Verwerfers in a der Abb. 20 weiß. daß die dort angetroffene Schichte des verworfenen Flügels im stehengebliebenen Flügel in der streichenden Entfernung $\overline{aS}$ zu finden ist, es ist dann anzunehmen, daß die Lagerstätte in der entgegengesetzten Richtung der Streichlinie ebenfalls um denselben Betrag entfernt in S′ zu suchen sein wird. Hier ist dann die streichende Ausrichtungslänge gegeben und die zur Berechnung der Ausrichtungsgrößen erforderliche seigere Verwurfshöhe kann dann durch Umkehrung der Gleichung 15 erhalten werden.

Hat man mit Hilfe der Identifizierung der Schichten die reduzierte seigere Verwurfshöhe ermittelt, so können alle anderen Ausrichtungsgrößen durch Heranziehung der für die reinen Sprünge angegebenen Gleichungen gerechnet werden, wodurch auch dieser Fall auf die früher betrachteten zurückgeführt wurde.

Anmerkung

Sowohl im Falle des reinen Sprunges als auch bei den allgemeinen Verwerfungen wurden bisher nur sechs bestimmte Arten der Ausrichtungsmöglichkeit in Erwägung gezogen und deren Größe näher betrachtet. Nun kann es vorkommen, daß der technische Betrieb oder andere zu berücksichtigende Umstände eine andere Ausrichtungsart erfordern; es fragt sich daher nach der Größe der Ausrichtungsstrecke bei einer bestimmten Neigung φ und bei einer allgemein angenommenen Richtung, welche mit der Fallinie der Lagerstätte den Winkel α einschließe. Ganz gleichgültig, ob eine reine oder eine allgemeine Verwerfung vorliegt, ferner bei letzterer, ob man die Gleitrichtung oder die Zugehörigkeit der angefahrenen Schichte ermitteln konnte, wird die Berechnungsart stets dieselbe bleiben, falls man, wie vorher gezeigt wurde, aus den gegebenen Bestimmungsstücken die reduzierte seigere Verwurfshöhe ermittelt hat, welcher Umstand für die folgende Berechnung angenommen sei.

Wurde in der Abb. 21 im Punkt a der Verwerfer angefahren und ist der Punkt a′ des verworfenen Flügels nach durchgeführter Reduktion bekannt, so lautet die Aufgabe: Es ist die Länge einer von a gegen die durch a′ sowie Richtung und Größe der Neigung gegebene Ebene F_2 geführte Strecke zu ermitteln. Da gilt somit die in den Markscheideraufgaben bekannte Gleichung für die Durchstoßpunktbestimmung[165]), die wir hier in etwas abgeänderter Form wiedergeben:

$$l = \overline{aD} = \frac{h_r\,(1 + \operatorname{ctg} v_V \operatorname{tg} v_L \cos\delta)}{\sin\varphi + \cos\alpha\cos\varphi \operatorname{tg} v_L} \qquad (37)$$

wobei α immer den von der Fallrichtung der Lagerstätte und der Streckenrichtung eingeschlossenen kleineren Winkel bedeutet.

3. Die Anwendbarkeit der einzelnen Ausrichtungsarten

Bei allen bisher betrachteten Berechnungen der Ausrichtungsgrößen wurde der verworfene Teil der Lagerstätte als eine unbegrenzte Ebene angesehen, die somit mit einer jeden Ausrichtungsstrecke einen Durchstoßpunkt gab. Nun ist jedoch zu bedenken, daß sowohl der stehengebliebene als auch der verworfene Lagerstättenflügel durch den Verwerfer begrenzt wird und in den beiden Kreuzlinien das Ende hat. Treibt man somit aus dem Anfahrungspunkt des Verwerfers verschiedene Ausrichtungsstrecken, so wird nicht eine jede von diesen den verworfenen Teil wirklich treffen, sondern nur jene, die vom Verwerfer auf die Seite des verworfenen Flügels abweicht. Aus diesem Grund erscheint es notwendig, die Frage zu untersuchen, in welchen Fällen die einzelnen bisher betrachteten Ausrichtungsarten überhaupt angewendet werden können, um dann von sämtlichen anwendbaren die wirtschaftlichste herausfinden zu können. Hiebei müssen wieder zwei Fälle auseinandergehalten werden, nämlich ob die Richtung des Gleitens bekannt vorausgesetzt werden kann oder ob diese unbestimmbar ist. Nur bei den in der Verwerferebene selbst vorgenommenen Ausrichtungen, insofern man die Kreuzlinien als die Begrenzungen der Lagerstätten betrachtet, kann diese Untersuchung entfallen, da eine jede in dieser Ebene liegende Gerade (mit Ausnahme der zur Kreuzlinie parallelen) die Kreuzlinie und somit den verworfenen Teil der Lagerstätte treffen muß. Die Erwägung der Anwendbarkeit beschränkt sich somit auf den Fall der allerkürzesten, der querschlägigen und der seigeren Ausrichtung.

a) Die Gleitrichtung des verworfenen Flügels ist bekannt

Dadurch ist auch die Frage beantwortet, ob ein reiner Sprung oder eine allgemeine Verwerfung vorliegt. Für die folgenden Betrachtungen sei nur die letztere einer genaueren Untersuchung unterworfen; die reinen Sprünge sollen als Sonderfälle daraus erhalten werden, indem bei jenen die Hangendgleitrichtung mit der Fallinie des Verwerfers zusammenfallend angenommen wird.

α) Die Anwendbarkeit der allerkürzesten Ausrichtung

Bereits bei der Behandlung der „Verwurfsweite in der Schichtebene“ (S. 20) wurde darauf hingewiesen, daß eine allerkürzeste Ausrichtung nur dann möglich ist, wenn ein Übergreifen der beiden Lagerstättenflügel, d. h. eine „Deckung in der Schichtebene“ („nach dem Perpendikel“) stattfindet. Nur dann, wenn

[165]) Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 162, Gl. 148.

die durch die stehengebliebene Kreuzlinie normal zum verworfenen Flügel gelegte Ebene den verworfenen Teil tatsächlich trifft, kann auch eine in dieser Ebene normal zur Lagerstätte getriebene Strecke den verworfenen Flügel treffen. Die Beantwortung der Frage nach Anwendbarkeit der allerkürzesten Ausrichtung ist daher identisch mit der Frage nach der Deckung in der Schichtebene.

Würde der Verwerfer räumlich normal zur Lagerstätte stehen, daß der Eckwinkel, den beide Ebenen in der Kreuzlinie miteinander einschließen, gleich 90^0 wäre, so müßte die Normale im Anfahrungspunkte des Verwerfers auf den verworfenen Flügel selbst in der Verwerferebene liegen; die Projektion der durch a der Abb. 21 gehenden Kreuzlinie auf die Schichtebene fällt in diesem Falle mit der zweiten Kreuzlinie zusammen: es liegt der Grenzfall der Deckung vor, eine allerkürzeste Ausrichtung wäre noch eben möglich. Ist dagegen dieser Winkel größer als 90^0, so weicht die in a gegen den verworfenen Flügel errichtete Normale von der Verwerferebene nach der Seite des stehengebliebenen Flügels ab, weshalb die allerkürzeste Ausrichtung in diesem Falle den verworfenen Lagerstättenteil niemals treffen kann. Umgekehrt, ist dieser Winkel kleiner als 90^0, so weicht die im Punkt a gegen den verworfenen Teil errichtete Normale vom Verwerfer auf die Seite des verworfenen Flügels ab, die verworfene Lagerstätte muß in diesem Fall angetroffen werden. Wegen der Wichtigkeit dieses Winkels soll er mit einem besonderen Namen belegt werden. Am zweckmäßigsten erscheint uns in Ermanglung eines anderen die Bezeichnung „Kreuzwinkel". (Nicht zu verwechseln mit dem Kreuzwinkel L e m p e s, der darunter den Winkel versteht, welchen die Grundrißprojektion der Kreuzlinie mit dem Streichen der Lagerstätte bzw. des Verwerfers einschließt und welcher in unseren Berechnungen mit δ_L bzw. δ_V bezeichnet wurde.)[166] Er ist jener Winkel, dem in den von C a r n a l l gegebenen Bezeichnungen der $\sphericalangle C$ entspricht[167]), ohne einen besonderen Namen zu erhalten.

Nun ist ferner zu erwägen, daß beim Durchschneiden zweier Ebenen vier solche Kreuzwinkel entstehen; davon sind je zwei gleich, und zwar das eine Paar spitz, das andere stumpf. Es ist jedoch ohneweiters einzusehen, daß für die Beurteilung der Deckung immer der relativ stehengebliebene Flügel und jener Teil der Verwerferebene in Betracht kommt, der zwischen beiden Kreuzlinien liegt, wie bereits dies C a r n a l l[168]) festlegt. Dieser Teil des Verwerfers wird jedoch immer von der Gleitrichtung angezeigt, weshalb man sagen kann:

E r f o l g t d a s G l e i t e n v o n d e r K r e u z l i n i e n a c h d e r S e i t e d e s s p i t z e n K r e u z w i n k e l s, s o i s t e i n e D e c k u n g i n d e r S c h i c h t e b e n e, s o m i t e i n e a l l e r k ü r z e s t e A u s r i c h t u n g m ö g l i c h, i m e n t g e g e n g e s e t z t e n F a l l e n i c h t.

Es ist daher nur die Frage zu entscheiden, wann der in Betracht zu ziehende Winkel ein spitzer und wann ein stumpfer ist. Bezeichnen wir in der Abb. 21 den Kreuzwinkel im sphärischen Dreieck mit k, so kann mit Hilfe des Cos.-Satzes durch den Streichwinkel und beide Verflächen die Gleichung angegeben werden:

$$\cos k = \sin v_V \sin v_L \cos \delta - \cos v_V \cos v_L \tag{38}$$

eine von C a r n a l l ebenfalls angegebene Beziehung[169]). Daraus kann aber leicht die Bedingung für den rechten Kreuzwinkel erhalten werden; indem die linke Seite der Gleichung Null gesetzt wird:

$$0 = \sin v_V \sin v_L \cos \delta - \cos v_V \cos v_L$$

und daraus:

$$\cos \delta = \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg} v_L$$

Soll der Kreuzwinkel kleiner als 90^0 sein, so muß der rechte Teil der Gleichung größer als Null werden, d. h.:

$$0 < \sin v_V \sin v_L \cos \delta - \cos v_V \cos v_L$$

Aus dieser Ungleichung folgt die Bedingung des Kleinerwerdens:

$$\cos \delta > \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg} v_L \tag{39}$$

Ebenso wird $k > 90^0$, wenn $0 > \sin v_V \sin v_L . . \cos \delta - \cos . v_V . \cos . v_L$, oder daraus:

$$\cos \delta < \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg} v_L \tag{40}$$

Bemerkt sei jedoch, daß die aus den Beziehungen 38 bis 40 sich ergebenden Verhältnisse für k nur dann den für die Ausrichtung in Betracht kommenden Kreuzwinkel geben, wenn das Gleiten von der Kreuzlinie auf jene Seite des Verwerfers zeigt, welcher für die Zählung des Streichwinkels δ herangezogen wird, d. h. wenn das Gleiten von der Kreuzlinie nach dem den aus- beziehungsweise einspringenden Streichwinkel bildenden Teil des Verwerfers erfolgte; sonst aber ist der supplementäre Winkel zu dem gerechneten zu nehmen, wie darauf bereits C a r n a l l[170]) hinweist. Mit den früher erhaltenen Ergebnissen verknüpfend, könnte man daher sagen:

N u r d a n n i s t e i n e a l l e r k ü r z e s t e A u s r i c h t u n g m ö g l i c h, w e n n: a) d a s G l e i t e n v o n d e r K r e u z l i n i e n a c h d e m e i n s p r i n g e n d e n S t r e i c h w i n k e l e r f o l g t e u n d $\cos \delta > \operatorname{ctg} v_V . \operatorname{ctg} v_L$ i s t, o d e r b) w e n n d a s G l e i t e n a u f d i e e n t g e g e n g e s e t z t e S e i t e s t a t t f a n d u n d $\cos \delta < \operatorname{ctg} v_V . \operatorname{ctg} v_L$ i s t. In beiden Fällen ist der maßgebende Kreuzwinkel gemäß unseren früheren Ausführungen spitz.

Die für die Beurteilung des Kreuzwinkels mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie erhaltenen Beziehungen lassen sich übrigens auch mit der ebenen Trigonometrie herleiten. Führt man in Abb. 21 durch a einen zum Streichen der Lagerstätte normalen Schnitt, so schneidet dieser den Verwerfer nach einer Diagonalen, die Lagerstätte dagegen nach der Fallinie. Zeichnet man dies in der Profilabbildung 22, so erhält die Diagonale darin eine Neigung v_V', deren Größe durch die Beziehung $\operatorname{tg} v_V' = \operatorname{tg} v_V \cos \delta$ [171])

[166]) Fortsetzung der gründlichen Anleitung zur Markscheidekunst, S. 45, Pkt. 2.

[167]) §§ 92, 93, 94, S. 48 bis 49.

[168]) § 92, S. 48.

[169]) § 294, S. 198.

[170]) § 94, S. 49.

[171]) Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 160, Gl. 135.

ausgedrückt wird. In dem gezeichneten Querschnitt erscheint auch die Normale N zur Lagerstätte, welche die Neigung $90^0 - v_L$ hat. Aus Abb. 22 ist sofort ersichtlich, daß die Normale N den Flügel F_2 nicht treffen kann, falls $v_V' < 90^0 - v_L$ oder $\operatorname{tg} v_V' < \operatorname{tg}(90^0 - v_L)$, woraus durch die Einsetzung obiger Beziehung für $v_V' \cos \delta < \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg} v_L$ erhalten wird. Umgekehrt aber ist $v_V' > 90^0 - v_L$, oder $\cos \delta > \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg} v_L$, so muß die Normale den verworfenen Teil F_2 treffen, solange das Abgleiten von der Kreuzlinie nach der Seite des einspringenden Winkels erfolgte. Aus Ungleichung 39 kann ferner ersehen werden, daß bei gleichsinnigen Verwerfungen, wo also $\delta > 90^0$, auch k größer als 90^0 wird. In diesem Falle kann nur dann eine allerkürzeste Ausrichtung stattfinden, wenn das Gleiten von der Kreuzlinie nicht nach der Seite des den ein- bzw. ausspringenden Streichwinkel bildenden Teil des Verwerfers erfolgte.

Da über die Anwendungsmöglichkeit der allerkürzesten Ausrichtung für die allgemeinen Sprünge nach unserem Wissen bisher keine Untersuchung angestellt wurde, ist ein Vergleich der hier erhaltenen Ergebnisse nur in dem bisher auch von anderen behandelten Sonderfall des reinen Sprunges möglich. Es soll daher letzterer aus dem von uns soeben erörterten allgemeinen Fall hergeleitet und untersucht werden. Für den Fall des reinen Sprunges erfolgt das Gleiten in der Fallinie des Verwerfers, d. h. bei einem spitzen Verwurfswinkel immer nach der Seite des den aus- bzw. einspringenden Streichwinkel bildenden Teil des Verwerfers. Mit Rücksicht darauf wird nach 39 eine allerkürzeste Ausrichtung für jene widersinnig fallenden Sprünge möglich sein, bei welchen die obige Ungleichung erfüllt ist. Bei einem stumpfen Verwurfswinkel erfolgt das Gleiten auf die entgegengesetzte Seite, weshalb der supplementäre Winkel des nach 38 berechneten genommen werden muß. Da letzterer nach 40 bei $\delta > 90^0$ immer stumpf ist, so wird bei rechtsinnigen Sprüngen mit stumpfem Verwurfswinkel immer eine allerkürzeste Ausrichtung möglich. Bei querschlägigen Verwerfungen ist $\delta = 90^0$; da ein stumpfer Verwurfswinkel hier nicht möglich ist, kann für die Beurteilung der Deckung nur die Beziehung 39 in Betracht kommen. Da auch letztere nicht erfüllt werden kann, ist bei einem reinen querschlägigen Sprung keine allerkürzeste Ausrichtung möglich. Bei dem reinen Übersprung gelten überall die umgekehrten Verhältnisse.

Die von Dannenberg angegebene Bemerkung bezüglich der Deckung nach dem Perpendikel[172]) ist somit im Sinne der hier angeführten zu ergänzen. Eine solche Deckung findet bei spießeckigen widersinnigen Sprüngen nur innerhalb der durch 39 gegebenen Grenzen statt, dagegen tritt sie auch bei rechtsinnigen Sprüngen auf, wenn der Verwurfswinkel ein stumpfer ist; bei querschlägigen Übersprüngen kommt jederzeit eine Deckung vor, wie bereits Carnall in den einzelnen Abschnitten diese Eigenschaften richtig erkannt hatte. Dagegen sind jene, von Hauße für die „Deckung in der Schichtebene" angegebenen Beziehungen, da seine Gleichungen für die Verwurfsweite in der Schichtebene, wie bereits erwähnt wurde, unrichtig sind, ebenfalls fehlerhaft. Es ist somit unzutreffend[173]), daß bei widersinnigen Sprüngen nur in denjenigen eine Deckung stattfindet, die zwischen der lotrechten Flözlage zur Kluft und der seigeren Flözlage liegen und deren Flözfallwinkel größer ist als der Kluftfallwinkel. Ebenso unrichtig ist, daß bei den rechtsinnigen Sprüngen eine Deckung nach dem Perpendikel nur in den Grenzen zwischen der seigeren und der parallelen Flözlage zur Kluft stattfindet, welcher Umstand allein bei streichenden Sprüngen zutrifft, aus deren fehlerhafter Verallgemeinerung obige Bemerkungen abgeleitet wurden. Ebenso müssen die bei den reinen Übersprüngen angegebenen Gesetzmäßigkeiten[174]) richtiggestellt werden. Der Satz: „Die Flügel der Überschiebungen können zwischen ihren Schnittlinien dann in der Richtung der Schichtung übereinanderliegen, wenn das Kluftfallen größer ist als das Flözfallen, und sie nach derselben Richtung wie die Kluft einfallen", hat für die spießeckigen Übersprünge keine Gültigkeit, ebenso die Bemerkung für rechtsinnige Übersprünge, daß eine Deckung nach dem Perpendikel nur dann vorhanden wäre, wenn die Summe der beiden Verflächen kleiner als 90^0 ist[175]).

Betrachtet man den Sonderfall der streichenden reinen Sprünge, so vereinfacht sich die Untersuchung besonders dadurch, daß der Kreuzwinkel in dem normal zum Verwerfer gelegten Vertikalprofil erscheint und unmittelbar durch die Summe bzw. Differenz der Verflächen des Verwerfers und der Lagerstätte angegeben werden kann. Wir ziehen es jedoch vor, die hier möglichen Fälle der Deckung nicht aus Zeichnungen, wie dies Carnall[176]) und Hauße[177]) tun, sondern aus den Beziehungen 38 bis 40 herzuleiten. Für einen streichenden rechtsinnigen Sprung wird $\delta = 180^0$, für einen streichenden widersinnigen Null. Bei einem streichenden widersinnigen Sprung muß somit im Falle der Deckung in der Schichtebene die Ungleichung $1 > \operatorname{ctg} v_V \operatorname{ctg} v_L$, d. h. $\operatorname{tg}(90^0 - v_V) < \operatorname{tg} v_L$ erfüllt werden, woraus dann $v_V + v_L > 90^0$ erhalten wird. Bei einem rechtfallenden Sprung ist die Bedingung $k < 90^0$, da $\cos \delta = -1$ ist, niemals zu erreichen, d. h. der Winkel nach 38 wird immer stumpf. Nachdem jedoch für die Beurteilung der Deckung jener Kreuzwinkel in Betracht zu ziehen ist, welcher von der Kreuzlinie im Falle des reinen Sprunges durch die Fallinie des Verwerfers angezeigt wird, dieser jedoch beim stumpfen Verwurfswinkel der supplementäre zu dem gerechneten ist, wird beim stumpfen Verwurfswinkel der entsprechende Kreuzwinkel wieder spitz, d. h. eine Deckung nach dem Lote und eine allerkürzeste Ausrichtung möglich. Bei der Betrachtung des Verwurfswinkels wurde darauf hingewiesen, daß $\sigma_V = 180^0$ bei streichenden rechtsinnigen Sprüngen nur im Falle $v_L > v_V$ auftritt; daher, wenn die Nei-

172) S. 7, Abs. 4.

173) § 26, S. 36.
174) § 35, S. 43.
175) S. 44, Abs. 1.
176) § 93, S. 49.
177) § 26, S. 35, Abb. 27.

gung der Lagerstätte größer ist als jene des Verwerfers, ist bei streichenden rechtsinnigen Sprüngen eine allerkürzeste Ausrichtung möglich. Bei streichenden Übersprüngen kommt die Gleitrichtung immer auf die entgegengesetzte Seite der Kreuzlinie, wie beim reinen Sprung, weshalb immer der dem Kreuzwinkel des reinen Sprunges supplementäre Winkel genommen wird. Es tritt daher überall eine Umkehrung ein und man erhält: Bei widersinnig fallenden streichenden Übersprüngen ist eine Deckung nur bei $v_V + v_L < 90^0$, bei gleichsinnigen dagegen nur bei $v_V > v_L$ möglich, wie diese Eigenschaften von Carnall auf Grund der zusammengestellten Profile erkannt[178]) und bei der Beschreibung der einzelnen Verwerfungsarten angefügt wurden[179]). Dannenbergs Bemerkung[180]), wonach Deckung nach dem Lote nur bei streichenden widersinnig fallenden Verwerfungen vorkommt, wo der Winkel, unter dem Kluft und Lagerstätte zusammentreffen, ein spitzer ist, bedarf somit einer Ergänzung und auch einer Bemerkung, daß nämlich die Bezeichnung „Verwerfung" hier nur im Sinn eines Sprunges zulässig erscheint. Ebenso muß Haußes Anmerkung[181]): „Bei Sprüngen findet Deckung nur dann statt, wenn $v_L > v_V$ ist", im Sinne der hier angeführten richtiggestellt werden, welcher Fehler dadurch entstand, daß in seiner Abb. 27 der bei C erscheinende zu α komplementäre Winkel an Stelle von $90^0 - \alpha$ auch mit α angenommen wurde, wodurch die angeschlossenen Untersuchungen fehlerhaft wurden.

β) Die Anwendbarkeit der seigeren Ausrichtung

Wird ein Verwerfer beim Abbau der Lagerstätte in irgend einem Punkt angefahren, so kann der verworfene Flügel nur dann durch eine seigere Ausrichtung wiedergetroffen werden, wenn beide Lagerstättenflügel im Grundriß übereinanderliegen, d. h. wenn sie sich im Grundriß decken. Ist somit eine „Deckung nach dem Lote"[182]) vorhanden, so muß eine im Anfahrungspunkte vorgenommene seigere Ausrichtung (ob hinauf oder herunter gerichtet, soll vorläufig nicht untersucht werden) stets zum Ziele führen.

Aus der Grundrißabbildung 23 kann ersehen werden, wann eine Deckung im Grundriß möglich ist: Nur dann, wenn der Anfang des verworfenen Flügels F_2 über das Ende von F_1 herüberragt. Nachdem F_2 in der Verwerferebene in K_2 beginnt, F_1 dagegen in K_1 endet, so folgt, daß zur Deckung die Kreuzlinie K_2 bezüglich K_1 auf der Seite des stehengebliebenen Lagerstättenteiles liegen muß. Da die Lage von K_2 durch a″ bestimmt wird, die Stellung dieses Punktes aber von der Gleitrichtung abhängt, so kann die zur Deckung erforderliche Lage von K_2 auch durch die Gleitrichtung festgelegt werden, und man kann daher sagen: Weicht die Gleitrichtung von der Kreuzlinie nach der Seite des stehengebliebenen Flügels ab, so ist eine Deckung im Grundriß, somit auch eine seigere Ausrichtung möglich, im entgegengesetzten Falle nicht.

Abgesehen von Haußes Regel (auf deren Unrichtigkeit, entstanden durch Verallgemeinerung des reinen Sprunges, bereits hingewiesen wurde)[183]) wurden bis jetzt keine Regeln für die Deckung der allgemeinen Sprünge aufgestellt. Alle bisherigen beziehen sich auf den Fall des reinen Sprunges, wo das Abgleiten des Hangendflügels in der Fallinie des Verwerfers erfolgte. Im Sinn unserer oben angegebenen Definition ist eine Deckung im Grundriß nur dann möglich, wenn der Liegendflügel und die Fallinie des Verwerfers auf derselben Seite der Kreuzlinie liegen. Dies ist offenkundig beim reinen Sprunge nur beim stumpfen Verwurfswinkel der Fall, dagegen bei dem reinen Übersprung im Falle des spitzen Verwurfswinkels (hier kommt die aufwärtsgerichtete Fallinie als Hangendgleitrichtung in Betracht, ebenso wie beim Sprunge, wenn der Hangendflügel als der stehengebliebene betrachtet wird), wie diese Fälle von Carnall[184]) ohne Erwähnung der Herleitung angeführt erscheinen. Dagegen ist gegen die von Hauße vorgenommene Verallgemeinerung seiner Gleichung 30[185]) Stellung zu nehmen, welche die für den streichenden Sprung geltenden Beziehungen für den spießeckigen dadurch brauchbar machen will, daß der Cos. des Verwurfswinkels eingeführt wird. Bemerkt sei übrigens, daß die „Größe der Deckung" im Grundriß im Sinn unserer Definition der söhligen Verwurfsweite entspricht. Im Gegensatze dazu ist die von Hauße nach Gleichung 31 u. ff.[186]) ermittelte Größe der Deckung nach dem Lote bei streichenden Sprüngen eine räumliche Länge (die räumliche Breite der Lagerstättenüberdeckung in der Verwerferebene), beim spießeckigen Sprunge stellt sie dagegen überhaupt keine vorhandene Größe vor, weshalb die Gleichung unbrauchbar wird. Die von Carnall gegebene Definition der Größe der Deckung[187]) nach dem Lot ist dagegen eindeutig und entspricht vollkommen der auch von uns zurechtgelegten.

Bei streichenden Sprüngen ist hier insofern noch eine nähere Betrachtung notwendig, da in diesem Grenzfalle Kreuzlinie und Lagerstättenstreichen zusammenfallen. Das oben aufgestellte Kriterium hat natürlich auch in diesem Falle Gültigkeit. Sobald das Gleiten von der Kreuzlinie nach der Seite des stehengebliebenen Flügels erfolgte, ist eine Deckung nach dem Lot vorhanden. Bei streichenden reinen Sprüngen trifft dieser Umstand im Falle des stumpfen Verwurfswinkels zu, wenn nämlich $\sigma_V = 180^0$ wird, d. h. bei gleichsinnigen Sprüngen, wo die Neigung der Lagerstätte größer ist als jene des Verwerfers; bei streichenden reinen Übersprüngen zeigt sich eine Deckung im Fall eines spitzen Verwurfswinkels, somit bei sämtlichen widersinnig fallenden Übersprüngen und bei den rechtsinnigen, wo die Neigung der Lagerstätte kleiner ist als die der Kluft,

178) Abb. 43 bis 46 und 53 bis 56.

179) §§ 98 bis 103, S. 51 bis 53 und 117 bis 120, S. 60 bis 62.

180) S. 7, Abs. 4.

181) § 26, S. 35, letzter Abs.

182) Carnall, § 84, S. 46, Dannenberg, S. 6, letzter Abs., Hauße, § 26, S. 36.

183) § 76, S. 169.

184) §§ 98 bis 131, S. 51 bis 66.

185) § 26, S. 36.

186) § 26, S. 37.

187) § 88, S. 47 und Abb. 23.

wie diese Eigenschaften bereits von Carnall richtig erkannt und bei den einzelnen Arten[188]) erwähnt wurden. Auch Haußes Bemerkung: „Deckung nach dem Lote gibt es nur für rechtfallende Sprünge, deren Flözfallwinekl größer ist als ihr Kluftfallwinkel“[189]), ist somit zutreffend, insofern deren Gültigkeit auf den reinen streichenden Sprung beschränkt wird.

Ist der Verwerfer seiger, so kann das Gleiten von der Kreuzlinie niemals nach der Seite des stehengebliebenen Lagerstättenteiles erfolgen, aber auch auf die entgegengesetzte Seite nicht: man hat jenen Grenzfall vor sich, wo eine seigere Ausrichtung eben noch möglich ist. Ist dagegen die Lagerstätte seiger, so haben wir einen weiteren Sonderfall vor uns, nachdem die Kreuzlinie die Fortsetzung des Streichens der Lagerstätte bildet. Auch in diesem Falle kann das Gleiten weder auf die eine noch auf die andere Seite erfolgen: hier hat man jenen Grenzfall vor sich, wo die seigere Ausrichtung bei jeder Gleitrichtung theoretisch möglich ist, nur sind die seigeren Ausrichtungslängen in diesem Fall unendlich groß.

Die bisher angestellten Untersuchungen lehren uns aber einwandfrei, daß das Übersichgreifen der Lagerstättenteile überhaupt kein Kennzeichen des Übersprunges ist: Selbst reine Sprünge, sogar auch streichende, können solche Deckung hervorrufen. Eine Unterscheidung der Sprünge und der Übersprünge auf Grund dieser Merkmale ist daher nicht möglich, wie darauf bereits Carnall[190]) hinweist. Die von Köhler gegebene Definition des Übersprunges: „Unter Wechsel oder Überschiebungen versteht man im allgemeinen eine solche Störung des Gebirges, bei welcher ein Flöz im Hangenden der ersteren höher liegt als im Liegenden, so daß in ein und derselben Sohle das Flöz zweimal auftritt, während bei einem Sprunge das entgegengesetzte stattfindet“[191]), bedarf somit beim stumpfen Verwurfswinkel eine Richtigstellung, daß dies auch beim reinen Sprung vorkommen kann, wie dies auch von Dannenberg erkannt wurde[192]). Aus denselben Gründen trifft auch die von Keilhack bemerkte Eigenschaft[193]), „auf jeden Fall ist bei einer Verwerfung (in unserem Sinne Sprung) eine Vergrößerung der von der betreffenden Schichte in der Horizontalprojektion eingenommenen Fläche, bei der Überschiebung ist dagegen eine Verminderung derselben zu beobachten“, geometrisch nicht bei allen Sprüngen bzw. Übersprüngen zu. Im Falle des allgemeinen Sprunges wird sogar ein jeder Sprung, bei dem das Gleiten von der Kreuzlinie nach der Seite des stehengebliebenen Lagerstättenteiles abweicht, eine Deckung, beim allgemeinen Übersprung dagegen das entgegengesetzte eine flözleere Zone hervorrufen. Daher bemerkt Höfer[194]), daß man für den Übersprung nur eine genetische Definition geben könne: „Der Wechsel entstand dadurch, daß die Hangendscholle ganz oder annähernd längs der Fallinie des Verwerfers aufwärts verschoben wurde. Durch diesen Vorgang kommt beim Verwerfer ein älteres Gestein über ein jüngeres zu liegen, doch kann eine solche Lagerung durch andere Vorgänge erzeugt werden.“ Aus diesem Grunde sind jedoch seine auf der Seite 111 (Abs. 6) angeführten Bemerkungen: „Sprünge und Horizontalverwürfe, wenn sie nicht seiger stehen, setzen den Kohlen- bzw. den Erzvorrat herab, und zwar um so bedeutender, je flacher sie liegen und je größer die Sprunghöhe ist“, und: „Hingegen vermehren die deckenden Wechsel das Lagerstättenvermögen“[195]), in dem Sinne präziser zu fassen, daß man sie durch die Bezeichnungen „nicht deckende Verwerfungen“ bzw. „deckende Verwerfungen“ ausdrückt (somit ohne Rücksicht darauf, ob ein Sprung oder Übersprung vorliegt). Aus demselben Grund ist auch die Bemerkung, daß Schurfbohrungen in der Verwerferzone bei einem Sprunge die Lagerstätte nicht antreffen[196]), bei einem deckenden Wechsel jedoch die Lagerstätte zweimal liefern[197]), in dem Sinne zu ergänzen, daß die erstere Erscheinung auch nicht deckende Wechsel, die zweite dagegen auch deckende Sprünge geben können.

γ) Die Anwendbarkeit der querschlägigen Ausrichtung

Die Untersuchung dieser Frage besitzt hauptsächlich deshalb eine erhöhtere Bedeutung, da man in vielen Fällen bestrebt ist, die Verwerfung horizontal oder nahezu horizontal auszurichten, und da fragt es sich, ob es möglich ist, die Ausrichtung am kürzesten horizontalen Wege vorzunehmen, nämlich normal zum Streichen der Lagerstätte, oder ob man gezwungen ist, im Streichen des Verwerfers zu verbleiben und beide Flügel der Lagerstätte nicht normal zum Streichen, sondern schräg zu diesem zu verbinden.

Wird in der Abb. 24 im Punkt a der Verwerfer durch eine im stehengebliebenen Flügel F_1 getriebene Strecke angefahren und soll die Ausrichtung horizontal vorgenommen werden, so liegen sämtliche Ausrichtungsmöglichkeiten in einer durch a gelegten wagrechten Ebene, welche sowohl F_1 als auch F_2 sowie den Verwerfer V nach streichenden Geraden schneidet. Liegt in der Abb. 24 F_2 und F_1 auf der Seite des stumpfen Streichwinkels α_1, so kann eine von a wagrecht getriebene Strecke $\overline{ad}$ den verworfenen Flügel nur dann tatsächlich treffen, wenn der Winkel, den die Ausrichtungsrichtung mit F_1 einschließt $\geqq \alpha_1$ ist. Von allen möglichen Ausrichtungsstrecken ist dann die streichende die tatsächlich kürzeste wagrechte Ausrichtungsstrecke. Liegt dagegen der verworfene Flügel auf der Seite des spitzen Streichwinkels α_2 und hat die Lage F_2', so ist auch hier der verworfene Flügel tatsächlich nur dann anzutreffen, wenn der Winkel, den die Ausrichtungsstrecke mit dem Streichen der Lagerstätte einschließt (der

[188]) §§ 98 bis 103, S. 51 bis 53 und §§ 117 bis 120, S. 60 bis 62.

[189]) § 26, S. 36, Abs. 4.

[190]) § 23, S. 17.

[191]) Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen d. Preuß. Staaten 1880, S. 185.

[192]) S. 17, letzter Abs.

[193]) Lehrb. d. prakt. Geologie, 1921, S. 85, Abs. 2. Auch Stočes, Tektonische Geologie, Abb. 161 und 163.

[194]) Die Verwerfungen, S. 23, Abs. 2.

[195]) S. 112, Abs. 3.

[196]) S. 112, Abs. 4.

[197]) S. 113, Abs. 1.

Ausrichtungswinkel Haußes[198]) größer oder gleich α_2, aber kleiner als 180^0 ist. Nachdem jedoch im zweiten Fall $\alpha_2 < 90^0$, so ist hier eine querschlägige Ausrichtung möglich und da diese normal zum Streichen der Lagerstätte steht, wird diese die kürzeste wagrechte Ausrichtungsstrecke sein. Wir stellen somit fest: Befindet sich der verworfene Flügel auf der Seite des spitzen Streichwinkels, so ist eine querschlägige Ausrichtung möglich; liegt dagegen der Lagerstättenflügel auf der Seite des stumpfen Streichwinkels, so ist die im Verwerfer streichend getriebene Strecke die kürzeste wagrechte Ausrichtungsstrecke, und zwar ohne Rücksicht darauf, welche Fallrichtungen Lagerstätte und Verwerfer besitzen, wie auch in Abb. 24 aus diesem Grunde diese nicht angegeben wurden. Nun ist noch zu entscheiden, in welchen Fällen der verworfene Flügel jene Lage einnimmt, die die querschlägige Ausrichtung möglich macht. Zu diesem Zwecke gehen wir vom Grenzfall aus. Wenn in der Grundrißabbildung 25 zunächst angenommen wird, daß das Abgleiten in der Kreuzlinie K_1 selbst erfolgt, so kommt der zu a homologe Punkt nach a_1, d. h. beide Kreuzlinien fallen zusammen; es tritt in der Wirklichkeit keine Unterbrechung der Lagerstätte ein, der verworfene Flügel F_2 erscheint als Fortsetzung des stehengebliebenen Flügels und eine eigene Ausrichtung zur Auffindung des verworfenen Teiles wird nicht notwendig sein. Erfolgt das Gleiten von der Kreuzlinie nach der Seite des den stumpfen Streichwinkel bildenden Teiles der Streichlinie des Verwerfers, so erscheint auch die zweite Kreuzlinie und somit auch F_2' auf der Seite des stumpfen Streichwinkels; erfolgt dagegen das Gleiten von der Kreuzlinie nach der Seite des den spitzen Streichwinkel bildenden Teiles der Streichlinie des Verwerfers, so liegt auch F_2'' auf dieser Seite. Dadurch erscheint der Satz begründet:

Eine querschlägige Ausrichtung ist nur dann möglich, wenn das Gleiten von der Kreuzlinie nach der Seite des spitzen Streichwinkels abweicht, sonst aber liefert die im Verwerfer streichend vorgetriebene Strecke die kürzeste wagrechte Ausrichtung.

Die Möglichkeit der querschlägigen Ausrichtung ist somit vollkommen unabhängig von der „Deckung in der Schichtebene" („nach dem Perpendikel") und von der Deckung nach dem Lote, welche, wie wir sahen, allein für die allerkürzeste Ausrichtung bzw. für die seigere Ausrichtung maßgebend sind. Auf diesen Umstand sei besonders deshalb hingewiesen, da Carnall z. B. sehr eingehend die Deckung nach der Schichtebene untersucht, ohne die Möglichkeit der allerkürzesten Ausrichtung ins Auge zu fassen, für welche diese allein maßgebend ist, dagegen wird die querschlägige Ausrichtung als die fast einzige durch das Nebengestein der Kluft führende Ausrichtung angesehen[199]), die Untersuchung der Möglichkeit von deren Anwendung jedoch außer Acht gelassen. Aus den hier entwickelten Gründen ist auch die Bemerkung Dannenbergs nicht stichhaltig, wonach, wenn weder Deckung nach dem Lote, noch nach dem Perpendikel vorhanden ist, bei spießeckigen und querschlägigen Verwerfungen die Streichlinie der Kluft für die horizontale Ausrichtung der kürzeste Weg sei[200]). In der Abb. 22 ist z. B. ein Fall dargestellt, wo keine Deckung nach dem Lote vorhanden ist und falls $\cos\delta < \operatorname{ctg} v_V . \operatorname{ctg} v_L$ auch keine nach dem Perpendikel und dennoch ist eine querschlägige Ausrichtung möglich. Für die querschlägige Ausrichtung kommt somit eine andere Art der Deckung in Betracht, wie zuerst Treptow[201]) darauf hinweist, indem er die Bedeutungslosigkeit der Deckung nach dem Perpendikel für die querschlägige Ausrichtung hervorhebt und die Untersuchung der Frage der „Deckung nach der Horizontalen" anregt, und in seinem Lehrbuche das Kriterium der Anwendbarkeit in der Form aufstellt[202]), daß die Ausrichtungsstrecke auf dem Verwerfer und die streichende Strecke auf der Lagerstätte einen spitzen Winkel bilden müssen. Im vorstehenden wurde diese Untersuchung für den allgemeinen Fall durchgeführt, in welchem die besonderen Fälle, wie noch betrachtet werden soll, inbegriffen sind. Auf die Unrichtigkeit der von Hauße vorgenommenen Verallgemeinerung der bei den reinen Sprüngen erhaltenen Ergebnisse auf die allgemeinen Sprünge[203]) wurde schon andernorts (S. 24) hingewiesen. Nur bezüglich der Bezeichnung der Art der Deckung wäre noch zu bemerken, daß, während die Benennungen „Deckung nach dem Perpendikel" und „Deckung nach dem Lote" die Richtung des Übergreifens genau bestimmen, die Bezeichnung „Deckung nach der Horizontalen", da sie keine einheitliche Richtungsbestimmung enthält, eher durch „querschlägige Deckung" zu ersetzen ist, worunter das Übergreifen der beiden Flözteile in einer Richtung senkrecht zum Streichen der Lagerstätte verstanden wird.

Die Größe dieser Deckung kann, wie Abb. 24 zeigt, aus dem rechtwinkligen Dreieck ac'd' mit Hilfe der Beziehung:

$$\overline{c'd'} = \overline{c'a} \cos \alpha_2 \tag{41}$$

angegeben werden. Diese Größe entspricht gleichzeitig dem wagrechten Abstande der Projektionen der Kreuzlinien auf diese vertikale Ebene, ist daher noch nicht der kürzeste Abstand der beiden Kreuzlinien in der Vertikalebene. Das Übergreifen der beiden Flügel, somit die gesuchte eigentliche Deckung wird erst aus der Größe $\overline{c'd'}$ bestimmt. Zu diesem Zweck ist aber der Neigungswinkel φ_V der Projektion der Kreuzlinie auf die durch das Streichen der Lagerstätte gelegten Vertikalebene erforderlich, der aus Abb. 26 erhalten wird:

$$\operatorname{tg} \varphi_V = \frac{h}{h \operatorname{ctg} \varphi_K \cos \delta_L} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_K}{\cos \delta_L}$$

Da aber nach Gleichung 1 $\operatorname{tg} \varphi_K = \sin \delta_L \operatorname{tg} v_L$ ist, wird:

$$\operatorname{tg} \varphi_V = \operatorname{tg} \delta_L \operatorname{tg} v_L \tag{42}$$

198) § 57, S. 55.
199) § 242, S. 169.
200) S. 7, Abs. 2.
201) Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1901, S. 439.
202) Grundzüge der Bergbaukunde, 1917, S. 47, Abs. 1.
203) § 76, S. 169.

Die nach Gleichung 41 gerechnete Größe multipliziert mit dem Sinus des nach 42 gerechneten Winkels gibt dann die Größe der Deckung in der Vertikalebene

$$\overline{c'p'} = \overline{c'd'} \sin \varphi_v.$$

Doch genügt die nach Gleichung 41 gerechnete Größe auch vollkommen, um über die Anwendbarkeit der wagrechten Ausrichtungen Aufschluß zu geben.

Im Falle des reinen Sprunges fällt die Hangendgleitrichtung mit der Fallinie des Verwerfers zusammen. Da bei einem widersinnigen Sprunge die Fallinie des Verwerfers nach der Seite des spitzen Streichwinkels fällt, wird bei ersterem diesen eine querschlägige Ausrichtung jederzeit möglich. Bei rechtfallenden Sprüngen dagegen liegt die Fallinie nur beim stumpfen Verwurfswinkel auf der Seite des spitzen Streichwinkels, weshalb nur dann die querschlägige Ausrichtung angewendet werden kann, wenn der Verwurfswinkel größer als 90° ist. Da bei reinen Übersprüngen eine um 180° entgegengesetzte Gleitrichtung in Frage kommt, tritt überall das entgegengesetzte auf. Diese Möglichkeiten der querschlägigen Ausrichtung für reine Verwerfungen wurden auch von Hauße erkannt, indem darauf die in §§ 42, 43, 50 und 51 enthaltenen[204]) Bemerkungen schließen lassen, wenn auch damit in Widerspruch in § 27[205]) erklärt wird, daß die querschlägigen Ausrichtungen sich nur auf widersinnig fallende Sprünge beziehen, ebenso in § 36[206]), wo für rechtsinnige Übersprünge die querschlägige Ausrichtungsmöglichkeit ohne Einschränkung angegeben wird. Ähnlich muß erwähnt werden, daß die von Carnall für rechtsinnige Sprünge angegebene Bemerkung[207]) nicht für einen jeden solchen Sprung gültig ist, wo die Neigung der Lagerstätte größer ist, als jene des Verwerfers, sondern nur für jene mit stumpfem Verwurfswinkel, was übrigens auch aus den von ihm vorgenommenen Besprechungen der einzelnen Verwerfungsarten an anderen Stellen abgeleitet werden kann[208]). Dieselbe Bemerkung gilt endlich bezüglich der von Beer erwähnten Anwendbarkeit der querschlägigen Ausrichtung bei rechtsinnigen Sprüngen[209]), bei welchem die Neigung der Lagerstätte die größere ist.

Die querschlägigen Sprünge bilden den Übergang zwischen rechtsinnigen und widersinnigen Sprüngen. Entsprechend diesem Grenzfalle fallen querschlägige und streichende Ausrichtung zusammen: beide haben deshalb auch dieselbe Länge.

Bei streichenden reinen Sprüngen ist die streichende Ausrichtung, wie bereits bemerkt wurde, nicht möglich, da die zweite Kreuzlinie infolge der Parallelität mit der Ausrichtungsstrecke nur im Unendlichen angetroffen werden könnte. Wohl aber ist eine querschlägige wagrechte Ausrichtung in den einzelnen Fällen denkbar, und zwar in jenen, die die Grenzlagen jener spießeckigen Verwerfungen bilden, bei welchen die querschlägige Ausrichtung noch angewendet werden kann. Somit: bei sämtlichen streichenden widersinnigen Sprüngen und von den rechtsinnigen bei denen, wo der Verwurfswinkel stumpf (hier 180°) ist, d. h. wo $v_L > v_v$; bei den Übersprüngen: bei rechtsinnigen Verwerfungen, wo der Verwurfswinkel spitz (hier = 0°) ist, d. h. wo $v_v > v_L$, wie diese Eigenschaften von Carnall bei der Beschreibung der Eigenschaften der einzelnen Verwerfungsarten angegeben werden[210]). Dagegen ist die von Hauße für streichende Sprünge angegebene querschlägige Ausrichtungsmöglichkeit[211]) durch die recht- und stärker als die Kluft fallenden Sprünge zu ergänzen, ferner ist bei den streichenden Übersprüngen die Bemerkung[212]), wonach auch flache Übersprünge querschlägig ausgerichtet werden können, zu streichen. Auch Treptows Anmerkung: „Bei streichenden Sprüngen sind die Kreuzlinien mit dem Streichen des Verwerfers und der Lagerstätte parallel und es ist nur die Ausrichtung im Fallen oder Steigen des Verwerfers möglich, bei streichenden Überschiebungen ist auch unmittelbare querschlägige Ausrichtung möglich"[213]), bedarf im Sinne der vorher angeführten Ergänzungen[214]).

b) Die Richtung des Gleitens ist nicht bekannt

In diesem Falle bleibt auch die Art der Verwerfung unentschieden und man kann die Frage nach der Anwendbarkeit der allerkürzesten, der seigeren und der querschlägigen Ausrichtung nur unter bestimmten Voraussetzungen beantworten, und zwar dann, wenn entweder die Zugehörigkeit der hinter dem Verwerfer angefahrenen Schichten angegeben werden kann, oder aber, wenn es gelingt, einen Punkt des verworfenen Flügels zu finden. Im ersteren Fall ist unmittelbar zu erkennen, ob die hinter dem Verwerfer angefahrene Schichte den Hangend- oder Liegendschichten der Lagerstätte angehört. Ist ein Punkt des verworfenen Flügels wiedergefunden worden, so kann dieser Fall dadurch auf den vorhergehenden zurückgeführt werden, daß man mit Hilfe dieses Punktes dem bekannten Verflächen und Streichen der Lagerstätte die Kreuzlinie des verworfenen Flügels bestimmt. Liegt diese Kreuzlinie in der Verwerferebene von der Kreuzlinie des stehengebliebenen Flügels aus nach dem Liegenden der Lagerstätte, so muß die angefahrene Schichte offenkundig zum Hangenden der Lagerstätte gehören und umgekehrt: weicht die ermittelte Kreuzlinie nach dem Hangenden des Lagerstättenflügels, so ist die angefahrene Schichte zum Liegenden der Lagerstätte gehörig. Die Zugehörigkeit der angefahrenen Schichte wurde im zweiten Falle mittelbar erhalten. Die Beantwortung der Frage der Anwendbarkeit der Ausrichtungen ist dadurch für beide Fälle dieselbe geblieben.

204) S. 51 und 53.
205) S. 37.
206) S. 44.
207) § 253, S. 177.
208) §§ 111 und 112, S. 56 bis 57.
209) § 155, S. 294.

210) § 101, P. 6, S. 52, § 102, P. 4, S. 53 und § 118, P. 6, S. 60.
211) § 44, S. 52.
212) § 52, S. 54.
213) Grundzüge der Bergbaukunde 1917, S. 40, Abs. 4 bis 5.
214) a. a. O. S. 35.

α) Die Anwendbarkeit der allerkürzesten Ausrichtung

Schon bei der Betrachtung der Anwendbarkeit der allerkürzesten Ausrichtung im Falle, wo die Gleitrichtung als bekannt vorausgesetzt wird, wurde auf die Wichtigkeit des Kreuzwinkels hingewiesen, worunter man immer den Eckwinkel verstand, welchen Verwerfer und Lagerstätte miteinander einschließen. Es wurde auch bemerkt, daß der verworfene Teil der Lagerstätte nur dann auf dem allerkürzesten Weg angetroffen werden kann, wenn dieser Winkel kleiner als 90° ist, wobei immer jener Winkel in Betracht zu ziehen war, welcher mit dem zwischen beiden Kreuzlinien liegenden Teil des Verwerfers gebildet wird. Kennt man nun die Zugehörigkeit des hinter dem Verwerfer angefahrenen Gesteins, so ist dadurch auch jener Teil des Verwerfers bestimmt, welcher für die Zählung des maßgebenden Kreuzwinkels heranzuziehen ist. Je nachdem, ob dieser größer oder kleiner als 90° ist, ist keine bzw. eine allerkürzeste Ausrichtung möglich.

Man kann aber die Frage noch weiter verfolgen. Der eine Kreuzwinkel wird nämlich von der Lagerstättenebene mit dem nach dem Hangenden der Lagerstätte verlängerten Teil des Verwerfers gebildet, während der andere mit dem nach dem Liegenden verlängerten Teile des Verwerfers bestimmt ist. Wird nun der mit dem nach dem Hangenden verlängerten Verwerferteil gebildete Kreuzwinkel stumpf, so wird, wenn die verworfene Kreuzlinie auf diese Seite abweicht, d. h. Liegendschichten angefahren wurden, keine allerkürzeste Ausrichtung möglich sein; dagegen, wenn Hangendschichten angetroffen wurden, ist eine vorhanden. Ferner folgt: wenn der mit dem Hangenden gebildete Kreuzwinkel spitz ist und die verworfene Kreuzlinie auf diese Seite abweicht, d. h. Liegendschichten angefahren wurden, wird eine allerkürzeste Ausrichtung möglich, dagegen beim Antreffen von Hangendschichten nicht. Eine allerkürzeste Ausrichtung ist somit nur dann möglich, wenn: 1. der Hangendkreuzwinkel stumpf ist und Hangendschichten angetroffen wurden; 2. wenn der Hangendkreuzwinkel spitz ist und Liegendschichten angefahren wurden. Dabei wird als Hangendkreuzwinkel jener verstanden, welchen die Lagerstättenebene mit dem nach deren Hangenden verlängerten Verwerferteil bildet und ähnlich als Liegendkreuzwinkel, welchen die Lagerstättenebene mit dem nach deren Liegenden verlängerten Verwerferteil einschließt. Nachdem ein stumpfer Hangendkreuzwinkel gleichzeitig einen spitzen Liegendkreuzwinkel und umgekehrt bedingt, so erhält man eine, mit der obigen gleichwertige Fassung dadurch, daß man an der Stelle des stumpfen Hangendkreuzwinkels den Ausdruck „spitzer Liegendkreuzwinkel" setzt; analog den spitzen Hangendkreuzwinkel mit dem „stumpfen Liegendkreuzwinkel" vertauscht.

β) Die Anwendbarkeit der seigeren Ausrichtung

Als Bedingung für die Anwendbarkeit der seigeren Ausrichtung wurde bereits früher (S. 29) festgestellt, daß die Kreuzlinie des verworfenen Flügels von der anderen Kreuzlinie auf die Seite des stehengebliebenen Flügels abweiche. Ist die Gleitrichtung nicht bekannt, so muß zur Beurteilung dieser Lage des verworfenen Flügels die Beschaffenheit der hinter dem Verwerfer angetroffenen Schichten herangezogen werden. Hat man eine zum Liegenden der Lagerstätte gehörige Schichte angefahren, so liegt der verworfene Teil der Lagerstätte offenkundig höher und kann nur dann über den stehengebliebenen Lagerstättenteil übergreifen, wenn man den Verwerfer im Liegenden angefahren hat. Umgekehrt: hat man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Hangendschichten angetroffen, so liegt der verworfene Lagerstättenflügel tiefer und kann nur dann auf die Seite des stehengebliebenen Flügels abweichen, wenn der Verwerfer im Hangenden angefahren wurde. Man erhält somit den Satz: Wird der Verwerfer im Liegenden angefahren und werden nach dem Durchbrechen des Verwerfers Liegendschichten angetroffen, oder wird der Verwerfer im Hangenden angefahren und werden nach dem Durchbrechen des Verwerfers Hangendschichten angetroffen, so ist eine Deckung nach dem Lote vorhanden und daher eine seigere Ausrichtung möglich, sonst aber nicht. Die Ausrichtung geschieht im ersten Falle durch Aufbruch, im zweiten Falle durch Abteufen. Ist der Verwerfer seiger, so ist ein Grenzfall vorhanden, da eine jede Seite der Verwerferebene als Grenzlage des Hangenden bzw. Liegenden des Verwerfers angesehen werden kann: eine seigere Ausrichtung wird hier in jedem Falle möglich sein; er bildet auch den Grenzfall der Deckung.

Bei diesen Untersuchungen sei ausdrücklich hervorgehoben, daß die Höhenlage der Kreuzlinie und die Art der Verwerfung hiebei nicht maßgebend sind. Die Kreuzlinie des verworfenen Flügels kann somit tiefer liegen als der Anfahrungspunkt (d. h. erscheint unterhalb des Beobachters), der verworfene Lagerstättenteil aber höher (d. h. oberhalb des Beobachters), wie dies selbst im Falle des reinen Sprunges möglich ist (beim stumpfen Verwurfswinkel, Abb. 27). Es kann daher sogar ein reiner Sprung, d. h. ein Abwärtsgleiten des Hangendgebirgsteiles in der Fallinie bewirken, daß nach dem Durchbrechen des im Liegenden angefahrenen Verwerfers Liegendschichten des verworfenen Flügels angefahren werden, somit der verworfene Lagerstättenflügel höher liegt. Bei einem allgemeinen Sprunge wird dies immer dann der Fall sein, wenn die Kreuzlinie des verworfenen Flügels nach dem Hangenden des stehengebliebenen Flügels abweicht, d. h. bei einem jeden gegenseitigen Sprung mit spitzem Verwurfswinkel und bei einem jeden selbstseitigen Sprung mit stumpfem Verwurfswinkel. Die Ausdrücke: der Gebirgsteil hinter dem Verwerfer liegt tiefer (ist abwärts gerutscht, ist somit in unserem Sinne von dem Ausdrucke „die Lagerstätte hinter dem Verwerfer liegt tiefer" (erscheint unterhalb des Beobachters) auseinanderzuhalten. Aus diesem Grunde sind z. B. die von Treptow auf S. 43 und 46 (Grundzüge der Bergbaukunde, 1917) angegebenen Ausrichtungsregeln (letztere als Zusammenfassung) nicht identisch. Erstere ist, wie noch betrachtet wird, richtig. die zweite dagegen nicht mehr zutreffend.

Auch ist es nicht zulässig, aus der Beschaffenheit der angefahrenen Schichten auf die Bewegungsrichtung zu schließen (Stočes[215]): „Gehört die angefahrene Schichte dem Hangenden der Lagerstätte an, so ist der Flügel hinter der Dislokation nach abwärts verworfen; gehört sie zum Liegenden, so wurde der Flügel hinter der Dislokation aufwärts verschoben"). Denn ein abwärts gerichteter Verwurf kann bewirken, daß man hinter dem Verwerfer dennoch Liegendschichten antrifft (Abb. 28) und umgekehrt kann eine Aufwärtsbewegung zur Folge haben, daß man hinter dem Verwerfer Hangendschichten findet; das letztere wird immer dann zutreffen, ohne Rücksicht darauf, ob Sprung oder Übersprung vorliegt, wenn das Sichentfernen der zweiten Kreuzlinie nach dem Liegenden der Lagerstätte erfolgt, während das erstere beim Gleiten nach dem Hangenden. Die stratigraphische Zugehörigkeit der hinter dem Verwerfer angefahrenen Schichten kann somit in keinem Falle zur Unterteilung der Verwerfungen in Sprünge oder Übersprünge verwendet werden, ebenso nicht, wie die Deckung beider Flözflügel im Grundriß, wie wir darauf bereits hingewiesen haben, und zwar selbst im Falle des reinen Sprunges nicht. In letzterem Falle kann höchstens aus der Höhenlage der Kreuzlinie des verworfenen Flügels auf die Art der Verwerfung geschlossen werden. Wenn somit Hauße bemerkt[216]): „Das durchgreifendste Merkmal zur Unterscheidung der Sprünge von den Überschiebungen liefert die Beschaffenheit des Gebirges vor und hinter der Kluft. Die Feststellung darüber, ob bei Anfahrung einer Verwerfungskluft ein Sprung oder eine Überschiebung vorliegt, erfolgt am sichersten dadurch, daß man jenseits der Kluft die Beschaffenheit des Gebirges untersucht und bestimmt, ob man sich hinter dem Verwerfer im Hangenden oder im Liegenden des Flözes befindet," so ist dies nicht einmal beim reinen Sprunge zutreffend, noch weniger bei den Schrägverwerfungen. Daher ist auch die weiter aufgestellte Regel: „Wenn man nach Erschließung einer Kluft in ihrem Liegenden aus dem Liegenden in das Hangende derselben fährt und dadurch in das Liegende des Flözes eindringt, so liegt ein Sprung vor, kommt man dagegen in das Hangende des Flözes, so deutet dies auf eine Überschiebung hin," unrichtig. Auf diesen Umstand näher hinzuweisen, erscheint uns besonders deshalb notwendig, da sämtliche daraus erhaltenen Folgerungen bezüglich der Ausrichtung usw. aus diesem Grunde fehlerhaft sein müssen.

Einige Bemerkungen müssen auch bezüglich Carnalls Untersuchungen gemacht werden. Wenn in § 97 (S. 51) in der für den Sprung gegebenen Definition erklärt wird: „Sprung heißt hier das Tieferliegen des Flözteiles im Hangenden gegen denjenigen im Liegenden der Kluft", und ähnlich in § 116 (S. 60) ausgeführt wird; daß „Übersprung wird das Höherliegen des Flözteiles im Hangenden gegen denjenigen im Liegenden der Kluft genannt", so müßte auf Grund dieser Bestimmungen ein reiner Sprung mit stumpfem Verwurfswinkel (Abb. 27) zu einem Übersprung und ein Übersprung mit stumpfem Verwurfswinkel zu einem Sprunge gerechnet werden, was jedoch auch mit den weiteren Untersuchungen Carnalls im Widerspruche steht. Diese Außerachtlassung ist um so auffallender, da Carnall an anderer Stelle[217]) selbst erkannt hat, daß die Lage der Schnittlinie des verworfenen Teiles und die Lage des verworfenen Flügels beim stumpfen Verwurfswinkel nicht übereinstimmen, d. h. die verworfene Kreuzlinie tiefer, während der zu suchende Flözteil höher liegt. Es erscheint daher doch vorteilhafter, die Definition des reinen Sprunges und Übersprunges nach der gegenseitigen Lage der Schnittlinien zu geben, wenn auch dies von Carnall abgelehnt wurde[218]), und wir sagen: Ein reiner Sprung heißt das Tieferliegen, ein reiner Übersprung das Höherliegen der Kreuzlinie im Hangenden des Verwerfers gegen derjenigen im Liegenden, da ja eine jede Bewegung des verworfenen Flügels bei einem reinen Sprunge (mit Ausnahme jenes bei rechtem Verwurfswinkel) in der Lagenänderung der Kreuzlinie des verworfenen Flügels sich äußert: bei einem Sprung im Hangenden des Verwerfers nach der Fallinie; bei einem Übersprunge dagegen in der entgegengesetzten Richtung, welche Eigenschaften trotz der selbst erkannten Nichtübereinstimmung zwischen tieferer Lage der Kreuzlinie und des Flözes doch auch von Carnall angeführt erscheinen[219]). Die erwähnte Definition des Sprunges und Übersprunges von Carnall kann ferner schon aus dem Grunde nicht beibehalten werden, da bei reinen Verwerfungen mit einer tieferen Lage der Kreuzlinie auch ein Tieferliegen des Gebirgsteiles verbunden ist, ebenso wie durch eine höhere Lage der Kreuzlinie ein Höherliegen des Gebirgsteiles verursacht wird, was auch der gewöhnlichen Vorstellung des Sprunges und Übersprunges entspricht. Da das Tieferliegen der Lagerstätte von jenem des Gebirgsteiles unabhängig ist, wird die erwähnte Carnallsche Definition unbrauchbar, dagegen entspricht eine andere ebenfalls von Carnall gegebene Definition[220]) beider Sprungarten vollkommen unserer Beschreibung, da darin vom Gebirgsteil und nicht von der Lagerstätte die Rede ist. Die von Carnall in §§ 21, 22 und 97 sowie in §§ 23 und 116 gegebenen Definitionen für dieselben Größen sind somit nicht identisch, wenn auch auf die Gleichheit verwiesen wird. Auch muß das von Carnall in § 256 (S. 181) angeführte Kennzeichen des Übersprunges (Beschaffenheit der angefahrenen Schichte) als nicht zutreffend bezeichnet werden. Aus den hier entwickelten Gründen können auch die von Köhler angegebenen Definitionen des Sprunges: „Ein Höherliegen des Flözes im Liegenden als im Hangenden"[221]), ferner: „Unter Sprung versteht man jene Störungen, bei denen der Hangendteil eine Senkung erlitten hat"[222]), nicht

[215]) Tektonische Geologie, S. 78, Ausrichtung von Dislokationen, P. 1.

[216]) § 38, S. 46.

[217]) § 246, S. 172.

[218]) § 97, S. 51.

[219]) § 250, S. 175, Abs. 3.

[220]) §§ 21 bis 22, S. 16, und § 23, S. 17.

[221]) Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen d. Preuß. Staaten 1880, Abs. 6.

[222]) a. a. O. S. 204, Abs. 6.

nebeneinander bestehen. Im Sinne der von uns gegebenen Beschreibung des Sprunges ist die zweite die richtige.

Während man bei einer reinen Verwerfung aus der gegenseitigen Lage der Kreuzlinien die Art der Verwerfung angeben kann, ist dies bei einer allgemeinen Verwerfung, wie darauf bereits hingewiesen wurde, nicht möglich. Wie Abb. 28 zeigt, kann ein Tieferliegen der Kreuzlinie im Hangenden (K_2') in diesem Fall auch durch einen schrägen Übersprung bzw. ein Höherliegen (K_2'') durch einen schrägen Sprung verursacht werden. Erstere Erscheinung wird bei einem jeden selbstseitigen Übersprung (F_2'), letztere bei einem jeden gegenseitigen Sprung (F_2'') eintreten. Die auf reine Verwerfungsarten reduzierten Bilder solcher allgemeinen Verwerfungen müssen aber in jedem Falle, wo die Kreuzlinie im Hangenden tiefer liegt, das Bild eines reinen Sprunges, wo dagegen höher liegt, das Bild eines reinen Übersprunges liefern, jedoch ohne daß dabei auch der Gebirgsteil tiefer bzw. höher sich zu befinden braucht. Bei den allgemeinen Verwerfungen ist somit der Zusammenhang des Tiefer- oder Höherliegens selbst zwischen Kreuzlinie und Gebirgsteil nicht mehr vorhanden, während bei den reinen Sprüngen die eine Erscheinung die andere zur Folge hatte und eine Einschränkung nur bezüglich der Identität der Begrife „Gebirgsteil der Lagerstätte liegt höher" gemacht werden mußte.

γ) Die Anwendbarkeit der querschlägigen Ausrichtung

Wie bekannt, kann eine querschlägige Ausrichtung nur dann vorgenommen werden, wenn der verworfene Flügel auf der Seite des spitzen Streichwinkels liegt, oder, was dasselbe ist, wenn die zwischen beiden Flügeln liegende Streichlinie des Verwerfers mit den Flügeln der Lagerstätte spitze Winkel einschließt. Kennt man nun die Gleitrichtung nicht, so kann diese Lage der beiden Flügel aus der Zugehörigkeit der hinter dem Verwerfer angetroffenen Schichten angegeben werden. Aus der Abb. 29 ist die erforderliche Lage der beiden Lagerstättenflügel ersichtlich, damit eine querschlägige Ausrichtung möglich sei. Fällt nun die Lagerstätte gegen den spitzen Winkel ein (Fall 1), so muß man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Liegendschichten der Lagerstätte treffen. Fällt die Lagerstätte dagegen gegen den stumpfen Streichwinkel ein (Fall 2), so fährt man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Hangendschichten an. Daraus erhalten wir:

Eine querschlägige Ausrichtung ist nur möglich, wenn die Lagerstätte gegen den spitzen Streichwinkel einfällt und nach dem Durchbrechen des Verwerfers Liegendschichten angefahren werden, oder wenn die Lagerstätte gegen den stumpfen Streichwinkel einfährt und Hangendschichten angetroffen werden.

Werden somit Liegendschichten angefahren, und zeigt die Fallrichtung der Lagerstätte gegen den stumpfen Winkel, oder werden Hangendschichten angetroffen und fällt die Lagerstätte gegen den spitzen Winkel ein, so kann keine querschlägige Ausrichtung angewendet werden, denn nur in den beiden ersten Fällen ist in einer durch das Streichen der Lagerstätte gelegten Vertikalebene eine querschlägige Deckung vorhanden, in den beiden letzten Fällen nicht. Bei diesen Untersuchungen ist die Größe der Neigung des Verwerfers vollkommen gleichgültig, ebenso welche Art der Verwerfung vorliegt. Im Fall eines querschlägigen Sprunges muß die Lagerstätte in jedem Falle nach einem Streichwinkel von 90°, d. h. nach dem Grenzfalle sowohl des spitzen als auch des stumpfen Streichwinkels einfallen: eine querschlägige Ausrichtung, welche gleichzeitig der streichenden entspricht, ist daher immer möglich. Ist die Lagerstätte seiger, so haben die Bezeichnungen Hangend- und Liegendschichten keine Bedeutung und man muß daher obiger Regel eine andere Fassung geben: Trifft man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Schichten, die von der Lagerstätte nach der Seite des stumpfen Streichwinkels liegen, so ist eine querschlägige Ausrichtung möglich. In dieser letzteren Form sind übrigens die zuerst gegebenen beiden Fälle mit geneigter Lagerstätte auch enthalten, weshalb sie die Eigenschaft einer allgemein gültigen Regel annimmt.

Im Fall einer streichenden Verwerfung haben wir jenen Grenzfall vor uns, in welchem man infolge des Zusammenfallens beider Streichlinien den spitzen oder stumpfen Streichwinkel nicht ohneweiters auseinanderhalten kann. Die für diesen Grenzfall geltenden Unterscheidungsmerkmale lassen sich aber leicht aus Abb. 29 herleiten. Fällt der Lagerstättenflügel F_1 mit V zusammen, so erhält der spitze Streichwinkel den kleinsten Wert und wird Null, während der stumpfe Streichwinkel in 180° seinen größten Wert erreicht. Die Lagerstätte fällt somit in diesem Falle dann gegen den spitzen Streichwinkel ein, wenn sie gegen den Verwerfer fällt, und umgekehrt, sie fällt gegen den stumpfen Streichwinkel dann ein, wenn sie gegen den Verwerfer steigt. Nachdem jedoch, wie oben darauf hingewiesen wurde, im ersteren Fall eine querschlägige Ausrichtung nur beim Antreffen von Liegendschichten, im zweiten Falle beim Antreffen von Hangendschichten möglich ist, kann das Kriterium für streichende Verwerfungen in dem Sinn aufgestellt werden:

Ist im Anfahrungspunkte des Verwerfers die Fallrichtung der Lagerstätte dem Verwerfer zugekehrt und trifft man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Liegendschichten, oder ist im Anfahrungspunkte des Verwerfers die Fallrichtung der Lagerstätte vom Verwerfer abgekehrt und trifft man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Hangendschichten, so ist eine querschlägige Ausrichtung möglich, ganz gleichgültig wie der Verwerfer fällt. Hierbei bedeuten die Fallrichtungen bekanntlich Grundrißrichtungen. Auch diese Fassung ist allgemein gültig und nicht nur für streichende Verwerfungen. Die von Stoces für steil stehende streichende Lagerstätten angegebene Ausrichtungsmöglichkeit, wo Liegendschichten angetroffen wurden[223]), hat somit nur mit der hier betrachteten Einschränkung Gültigkeit.

[223]) Tektonische Geologie 1923, S. 77, Abb. 218.

Die für die streichenden Verwerfungen angegebene Sonderform der querschlägigen Ausrichtungsmöglichkeit läßt sich auch aus der zweiten Formulierung der Regel herleiten. Fallen F_1 und V zusammen, so ist eigentlich nur ein stumpfer Streichwinkel vorhanden (da der spitze Null ist). Nach der Seite des stumpfen Streichwinkels liegen deshalb, wenn die Lagerstätte gegen den Verwerfer fällt, Liegendschichten, wenn die Lagerstätte gegen den Verwerfer steigt, Hangendschichten, weshalb eine querschlägige Ausrichtung nur dann möglich ist, wenn im ersten Falle Liegendschichten, im zweiten Falle Hangendschichten angefahren werden. In der zweiten Fassung ist somit der Sonderfall der streichenden Verwerfung unmittelbar enthalten.

Anmerkung

Bezüglich der Beurteilung der Anwendbarkeit der einzelnen Ausrichtungsarten aus der Zugehörigkeit der angefahrenen Schichten sei nur noch bemerkt, daß die für letzteren Fall aufgestellten Regeln dadurch umgangen werden könnten, daß man mit Hilfe der bekannten Mächtigkeiten und Reihenfolge der Schichten zunächst die räumliche Lage des verworfenen Flügels bestimmt. Da kann dann auch die Kreuzlinie des verworfenen Flügels bestimmt werden. Aus der Lage der verworfenen Kreuzlinie in bezug auf die Kreuzlinie des stehengebliebenen Teiles erhält man daraus das geometrische Bild eines reinen Sprunges oder Übersprunges. Mit Berücksichtigung der für reine Verwerfungen aufgestellten Regeln der Ausrichtungsmöglichkeit kann dann entschieden werden, ob in dem gegebenen Falle die betreffende Ausrichtungsart angewendet werden kann oder nicht. Uns erscheint es jedoch vorteilhafter, Ergebnisse zu erhalten, aus denen die Entscheidung unmittelbar getroffen werden kann.

Die allerkürzesten, die seigeren und die querschlägigen Ausrichtungen sind die außerhalb der Verwerferebene angewendeten üblichsten Ausrichtungsarten. Der Vollständigkeit halber sei hier noch die Frage der Anwendbarkeit einer allgemeinen Ausrichtung erörtert. Will man in Abb. 30 vom Punkt a den verworfenen Flügel der Lagerstätte durch eine beliebige Ausrichtungsstrecke $\overline{ak}$ erreichen, so ist dies nur dann möglich, wenn $\overline{ak}$ vom Verwerfer nach der Seite des verworfenen Flügels abweicht. Bestimmt man die durch die stehengebliebene Kreuzlinie K_1 und $\overline{ak}$ gegebene Ebene, so ist deren Streichlinie $\overline{ac}$ auch gegeben. Diese Streichlinie wird vom Verwerfer in zwei Äste geteilt. Falls der vom Punkt a in der Richtung des Streckenvortriebes verlängerte Ast der Streichlinie dieser Ebene vom Streichen des Verwerfers nach der Seite des verworfenen Flügels zeigt, wird auch die durch $\overline{ak}$ und K_1 bestimmte Ebene und somit auch die darin gelegene Gerade $\overline{ak}$ den verworfenen Lagerstättenteil tatsächlich treffen. Weicht somit der in der Richtung des Streckenvortriebes verlängerte Ast der Streichlinie der durch die Ausrichtungsstrecke und Kreuzlinie bestimmten Ebene von der Streichlinie des Verwerfers nach der Seite des verworfenen Flügels ab, so ist die geplante Ausrichtungsart möglich, sonst aber nicht. Diese Regel kann allgemein gültig angesehen werden, gleichgültig, ob die Gleitrichtung oder die Zugehörigkeit der angefahrenen Schichten als bekannt vorausgesetzt wird, insofern man die Richtung und Neigung des Streckenvortriebes angenommen hat.

4. Die Erwägung der günstigsten Ausrichtungsart

In den vorangegangenen Untersuchungen wurden sechs Ausrichtungsarten näher betrachtet. Drei davon, welche in der Verwerferebene liegen, sind in der Regel immer anwendbar; dagegen mußten bei den querschlägigen, allerkürzesten und seigeren Ausrichtungen zunächst die Bedingungen untersucht werden, unter welchen ihre Anwendung zum Ziele führt, wobei die geometrisch anwendbaren Ausrichtungsarten noch weiter in dem Sinne zu prüfen sind, ob sie auch betriebstechnisch zulässig, d. h. anwendbar erscheinen. Hat man nun in einem gegebenen Falle die im beiden Sinn entsprechenden Ausrichtungsarten ermittelt, so erhebt sich die Frage von selbst, welche Art der Ausrichtung von den möglichen gewählt werden soll, damit die Ausrichtung der Verwerfung am wirtschaftlichsten erfolge.

Die Entscheidung der zu wählenden Ausrichtungsart ist somit von größter praktischer Bedeutung. Es ist daher um so mehr zu wundern, daß — obwohl die Möglichkeiten der einzelnen Ausrichtungsarten schon lange bekannt waren — dieser Frage überhaupt keine Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Vielleicht mag die Erklärung dieser Erscheinung in dem Umstande liegen, daß die zu berücksichtigenden Momente in den einzelnen gegebenen Fällen doch ziemlich mannigfaltig sind, um sie einer einfachen, allgemein gültigen Betrachtung unterziehen zu können. Es ist auch uns bewußt, daß durch folgende Betrachtungen die Beantwortung der Frage bei weitem nicht erschöpft ist, hoffen aber dennoch mit einzelnen Anregungen dies erleichtert zu haben. Aus diesen Gründen müssen wir uns auch nur auf allgemeinere Gesichtspunkte beschränken, um dann in gegebenen Fällen unter Berücksichtigung der gestellten Sonderforderungen zum Ziele zu gelangen.

Für die Wirtschaftlichkeit einer geplanten Ausrichtungsstrecke gibt die Ausrichtungslänge den ersten Anhaltspunkt. Denn die Kosten der Herstellung und der Förderung sind in erster Richtung von der Länge abhängig. Ein Vergleich der unter Gleichungen 29 bis 34 erhaltenen Ergebnisse für die einzelnen Ausrichtungsgrößen zeigt uns jedoch deutlich, daß mit Ausnahme der allerkürzesten Ausrichtungslänge je nach der Größe des Streichwinkels und der Neigungen von Lagerstätte und Verwerfer eine andere kürzer sein kann als die übrigen. So zeigt z. B. ein Vergleich der kluftstreichenden und kluftfallenden Ausrichtungsgrößen folgende Ergebnisse:

Nach Gleichung 15 ist

$$l_s = l_f \operatorname{ctg} \sigma_v = l_f \frac{\cos v_v \cos \delta + \sin v_v \operatorname{ctg} v_L}{\sin \delta}$$

nachdem der Verwurfswinkel nach Gleichung 5 eingesetzt wurde. Je nachdem, ob $\operatorname{ctg}\sigma_v \gtreqless 1$ bzw. beim stumpfen Verwurfswinkel: $\operatorname{ctg}\sigma_v \lesseqgtr -1$ ist, wird die streichende Ausrichtungslänge $\begin{smallmatrix}\text{größer}\\\text{gleich}\\\text{kleiner}\end{smallmatrix}$ sein müssen, als die kluftfallende. Wenn somit der Verwurfswinkel 45° bzw. 135° ist, sind beide Ausrichtungsgrößen gleich lang; zwischen den Werten 0° bis 45° und 90° bis 135° dagegen die streichenden kürzer, während zwischen den Werten 45° bis 90° und 135° bis 180° die kluftfallende kleiner wird, wie diese Eigenschaften bereits von Carnall erkannt wurden[224]). Demgegenüber steht ein ebenfalls von Carnall ausgesprochener Satz[225]): „Da nun die Klüfte herschend ein steiles und rechtsinniges Einfallen haben, so finden wir, daß bei stehenden Flözen die söhlige Aufsuchung näher zum Zwecke führt, dagegen bei schwebenden Flözen die Entfernung der Flözteile nach der Fallinie der Kluft kürzer sein muß," der daher nur eine beschränkte Gültigkeit hat. Denn eine rechtsinnige und sehr steil stehende Lagerstätte (z. B. stehende Lagerstätte) kann mit einem steilen Verwerfer leicht einen Verwurfswinkel von über 135° bilden, und da wird die kluftfallende Ausrichtung bei stehenden Flözen dennoch kürzer sein. Dagegen wird bei steiler Kluft- und flacher Flözlage die kluftfallende Ausrichtung auch bei widersinnigen Verwerfungen kleiner sein, wie dies aus den folgenden Untersuchungen ersichtlich ist. Bei $\operatorname{ctg}\sigma_v = 1$ muß nach Gleichung 5 auch die Gleichung bestehen:

$$1 = \frac{\cos v_v \cos\delta + \sin v_v \operatorname{ctg} v_L}{\sin\delta}$$

oder daraus:

$$\operatorname{ctg} v_L = \frac{\sin\delta - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v}$$

Dies gibt die eine Bedingung der Gleichheit der streichenden und der kluftfallenden Ausrichtungslänge. Ist $\operatorname{ctg}\sigma_v > 1$, falls der Verwurfswinkel spitz ist, oder $\operatorname{ctg}\sigma_v < -1$, falls er stumpf ist, so wird auch

$$\operatorname{ctg} v_L > \frac{\sin\delta - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v}$$

bzw. $$\operatorname{ctg} v_L < \frac{-\sin\delta - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v} \tag{43a}$$

bestehen müssen. Diese Ungleichungen geben die Bedingungen für die kürzeren kluftfallenden Ausrichtungslängen. Ist ferner $\operatorname{ctg}\sigma_v < 1$ bzw. > -1, so muß:

$$\operatorname{ctg} v_L < \frac{\sin\delta - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v}$$

bezw. $$\operatorname{ctg} v_L > \frac{-\sin\delta - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v} \tag{43b}$$

erfüllt werden. Dadurch sind die Bedingungen für die kürzeren streichenden Ausrichtungslängen gegeben.

Auf Grund der hier angestellten Untersuchungen ist ferner ersichtlich, daß die von Carnall angeführte Bemerkung[226]): „Überhaupt je weniger Kluft und Flöz in ihren Neigungen voneinander abweichen, desto kleiner erscheint die horizontale (streichende) Entfernung im Verhältnisse zur (flachen) Sprunghöhe", unbegründet erscheinen muß, da dieses Verhältnis allein von der Größe des Verwurfswinkels im Vergleiche zu 45° bzw. 135° abhängt und diese besonderen Lagen des Verwurfswinkels je nach dem Streichwinkel bei verschiedenen Verhältnissen erreicht wird. Als Beispiel soll die Abb. 31 herangezogen werden, aus welcher ersichtlich ist, daß bei demselben Streichwinkel eine Vergrößerung der Differenz durch steilere Annahme der Lagerstätte zwischen beiden Verflächen bei derselben flachen Verwurfshöhe in diesem gegebenen Falle zu einer Verkleinerung der streichenden Ausrichtungslänge führt. Übrigens ist es auch einleuchtend, daß ein jeder streichender, somit auch der rechtsinnige Sprung ohne Rücksicht auf die Neigungen streichend nicht ausgerichtet werden kann. Bei rechtsinnigen, spießeckigen Sprüngen, die von den streichenden nur wenig abweichen, wird diese Länge zwar nicht unendlich, doch länger sein als die kluftfallende, weshalb trotz der angenäherten Gleichheit der Neigungen der beiden Ebenen die kluftfallende Ausrichtung vorteilhafter wird.

Ein weiterer Vergleich kann zwischen der querschlägigen und der kluftfallenden Ausrichtungslänge angestellt werden. Auch hier wird einmal die eine, ein anderes Mal die andere Ausrichtungsart die kürzere Ausrichtungslänge liefern. Die querschlägige Länge wurde unter 19 mit $l_q = l_s \sin\delta$ erhalten. Indem für l_s nach Gleichung 15 $l_f \operatorname{ctg}\sigma_v$ eingesetzt wird, erhält man daraus:

$$l_q = l_f (\cos v_v \cos\delta + \sin v_v \operatorname{ctg} v_L) \tag{44}$$

Wenn der Klammerausbruch gleich 1 bzw. -1 ist, sind beide Ausrichtungslängen gleich groß. Da in dem erwähnten Faktor nur $\cos\delta$ negativ sein kann, der Klammerausdruck jedoch bei keinem Werte von δ den Wert von -1 erreicht, folgt, daß nur im Falle, wo $\operatorname{ctg} v_L \sin v_v + \cos v_v \cos\delta = 1$, oder

$$\operatorname{ctg} v_L = \frac{1 - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v}$$

ist, beide Ausrichtungen die gleiche Länge liefern. Ist

$$\operatorname{ctg} v_L < \frac{1 - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v} \tag{44a}$$

oder in 44 der Klammerausdruck negativ, d. h.

$$\operatorname{ctg}\delta \cos v_v + \sin v_v \operatorname{ctg} v_L < 0$$

woraus:

$$\operatorname{ctg} v_L < -\cos\delta \,.\, \operatorname{ctg} v_v \tag{44b}$$

erhalten wird (nur bei gleichsinnigen Verwerfungen möglich), so ist die querschlägige günstiger; dagegen wird bei

$$\operatorname{ctg} v_L > \frac{1 - \cos v_v \cos\delta}{\sin v_v} \tag{44c}$$

die kluftfallende Ausrichtung eine kürzere Länge liefern.

224) § 79, S. 45.
225) § 240, S. 168, letzter Abs.
226) § 240, S. 168, Abs. 4.

Im Sonderfalle der streichenden Verwerfung ist δ mit 0° bzw. mit 180° einzusetzen, und man erhält dann für die günstige Anwendbarkeit der querschlägigen Ausrichtung:

$$\operatorname{ctg} v_L \pm \operatorname{ctg} v_V < \frac{1}{\sin v_V} \qquad (44\,d)$$

wobei das obere Vorzeichen für widersinnige, das untere für rechtsinnige Verwerfungen gilt. Daraus wird durch Umformung:

$$\frac{\cos v_L \sin v_V \pm \cos v_V \sin v_L}{\sin v_L} < 1,$$

oder

$$\frac{\sin(v_V \pm v_L)}{\sin v_L} < 1,$$

woraus wieder

$$180^0 - v_L - v_V < v_L \text{ d. h. } 2\,v_L > 180^0 - v_V \qquad (44\,e)$$

für widersinnige,

$$v_V - v_L < v_L \text{ d. h. } 2\,v_L > v_V \qquad (44\,f)$$

für gleichsinnige Verwerfungen erhalten wird. Die für die gleichsinnigen Verwerfungen aus der Ungleichung 44 b erhaltene Beziehung $v_L > v_V$ ist in 44 f bereits enthalten. Diese stellen somit die einfacher gefaßte Form zur Entscheidung der günstigen Anwendbarkeit der querschlägigen Ausrichtung bei streichenden Verwerfungen vor. Aus obigen Untersuchungen ist auch ersichtlich, daß die Anschauung als unzutreffend bezeichnet werden muß, wonach bei einem streichenden widersinnig fallenden Sprung (Abb. 32) die querschlägige Ausrichtungslänge immer länger wäre als die kluftfallende, selbst dann, wenn die Lagerstätte flacher fällt als der Verwerfer. Denn bei $2\,v_L > 180^0 - v_V$ wird die obige Ungleichung erfüllt und daher die querschlägige kürzer sein, wie dies aus Abb. 32 unmittelbar ersehen werden kann. Beers gegenteilige Bemerkung[227]), wonach bei einem widersinnigen Steilsprung der söhlige Weg immer länger wäre, bedarf somit dieser Einschränkung.

Ein Vergleich der drei in der Verwerferebene anwendbaren Ausrichtungsarten ergibt offenkundig das Ergebnis, daß die kluftkürzeste Ausrichtung, d. h. der kürzeste Abstand der beiden Kreuzlinien, in der Verwerferebene immer kürzer sein wird sowohl als die streichende wie auch die kluftfallende Ausrichtung. Denn sie bildet in der Verwerferebene die Höhe $\overline{ae}$ eines rechtwinkligen Dreieckes (Abb. 33), dessen zwei Katheten die streichende und kluftfallende Ausrichtungslänge und deren Hypotenuse ein Teil der verworfenen Kreuzlinie bildet. Je mehr sich der Verwurfswinkel dem rechten nähert, um so mehr weicht die kluftkürzeste Ausrichtungslänge von der kluftfallenden ab, und um so mehr nähert erstere sich der streichenden Ausrichtungsgröße. Je mehr der Verwurfswinkel von 90° abweicht, um so mehr trifft das Entgegengesetzte zu. Beim Verwurfswinkel 45° und 135° weichen beide um denselben Betrag von der kluftkürzesten ab und da wird sowohl die streichende als auch die kluftfallende Ausrichtungslänge um rund ein Drittel $\left(\text{entsprechend } \frac{1}{\sin 45^0}\right)$ länger sein als die kluftkürzeste. Diese Abweichung kann somit — im Gegensatze zu Carnall[228]) — eine recht bedeutende sein, und da die Größe dieser Abweichung lediglich durch die Größe des Verwurfswinkels bedingt wird, dieser aber nicht nur von der Neigung der Lagerstätte, sondern auch von jener des Verwerfers und vom Streichwinkel abhängt, erscheint es unzweckmäßig, zu behaupten, daß die flache Verwurfsweite (kluftnormale Ausrichtungslänge) bei schwebenden Flözen nicht sehr viel kürzer ist als die Entfernung nach dem Fallen der Kuft, ebenso daß bei stehenden Flözen diese Länge nicht viel bedeutend von der des horizontalen Weges abweicht[229]). Denn selbst bei sehr steil stehender Lagerstätte kann sich die kluftkürzeste Ausrichtung mehr der kluftfallenden als der streichenden nähern, und zwar wenn der Verwurfswinkel von 0° bzw. 180° wenig verschieden ist, bzw. zwischen 0° bis 45° und 135° bis 180° liegt. Aus diesem Grunde bedarf auch der von Carnall in § 252 (S. 176) ausgesprochene Satz: „Bei Ausrichtung stehender Flöze ist kein anderer als der söhlige Weg einzuschlagen," im Sinne der oben angeführten Betrachtungen der Einschränkung, daß auch die kluftfallende Ausrichtung in einzelnen Fällen angewendet werden kann.

Die hier angeführten Beispiele beweisen uns deutlich, daß mit Ausnahme der allerkürzesten Ausrichtung über die Längenverhältnisse der einzelnen Ausrichtungsgrößen im vorhinein nicht entschieden werden kann; es ist somit eine getrennte Untersuchung erforderlich, aus der ersichtlich wird, welche anwendbare Ausrichtungsgröße in einem gegebenen Falle die kürzeste mögliche Ausrichtungslänge liefert, um daraus auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Ausrichtungsarten zu schließen. Auf diese Frage näher einzugehen, erscheint uns um so gerechtfertigter, da trotz der von Carnall erkannten Wichtigkeit[230]) bei ihm selbst und auch bei den folgenden Autoren nur sehr wenig darüber zu finden ist. So erkennt zwar auch Hauße die Notwendigkeit der Ausrichtungen nach der kürzesten Linie, „um die Kosten der Ausrichtung auf den niedrigsten Betrag zu reduzieren"[231]), ohne jedoch anzugeben, welche von den Ausrichtungsgrößen in einem gegebenen Falle vorzuziehen wäre. Und bei beiden Autoren ist noch besonders in Erwägung zu ziehen, daß die Länge der Ausrichtungsstrecke nicht den einzigen Anhaltspunkt für die Brauchbarkeit und Wirtschaftlichkeit einer Strecke liefert.

Denn es sind oft die Herstellungskosten pro Längeneinheit in den verschiedenen Richtungen verschieden: in der Ebene des Verwerfers selbst anders als im Nebengestein, bei geneigten verschieden von der horizontalen. Diese Verschiedenheit wird nicht nur durch die verschiedenen Vortriebskosten, sondern auch durch den erforderlichen Grubenausbau bedingt, je nachdem, ob das Nebengestein fest oder brüchig ist.

---

227) § 158, S. 298, Abs. 2.

228) § 241, S. 169, Abs. 2.

229) Carnall, § 241, S. 169, Abs. 2 bis 3.

230) § 237, S. 166.

231) § 41, S. 50.

Die Wirtschaftlichkeit einer geplanten Ausrichtung wird ferner von den Förderungskosten der durch die Ausrichtung aufgeschlossenen Mengen M abhängig sein. Diese sind auf wagrechten, seigeren oder geneigten Bahnen (bei beiden letzteren auch abhängig, ob aufwärts oder abwärts gefördert wird) pro Masseneinheit und Längeneinheit verschieden. Endlich wird die Wirtschaftlichkeit auch von der Amortisationsmöglichkeit beeinflußt, welche mit der durch die Ausrichtung aufzuschließenden Mineralmengen im verkehrten Verhältnisse steht.

Indem wir diese Zahlen als in einer Grube bekannte Erfahrungswerte als gegeben voraussetzen, erhalten wir jene Faktoren, mit welchen die erhaltenen Ausrichtungslängen zu multiplizieren sind, damit man sie untereinander zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit vergleichen kann. Bezeichnen wir somit mit f_s, f_f, f_q, f_k, f_v und f_{kk} die Vortriebskosten pro Längeneinheit für die streichende, kluftfallende, querschlägige, allerkürzeste, vertikale und kluftkürzeste Ausrichtung, so können die Vortriebskosten der Längen- und Masseneinheit folgend ausgedrückt werden:

$$\frac{f_s}{M_s}, \frac{f_f}{M_f}, \frac{f_q}{M_q}, \frac{f_k}{M_k}, \frac{f_v}{M_v} \text{ und } \frac{f_{kk}}{M_{kk}}.$$

Nehmen wir ferner mit η_s, η_f, η_q, η_k, η_v und η_{kk} die Förderungskosten pro Einheit der Förderlänge und Masse für dieselben Ausrichtungen an, so sind die auf die Längen- und Masseneinheit bezogenen Gesamtkosten: $\frac{f}{M} + \eta$, somit auf die ganze Länge:

$$l\left(\frac{f}{M} + \eta\right), \text{d. h. } l_s \cdot \left(\frac{f_s}{M_s} + \eta_s\right), l_f\left(\frac{f_f}{M_f} + \eta_f\right) \text{ usw.}$$

Von allen diesen wird jene Ausrichtung am zweckmäßigsten erscheinen, bei welcher

$$l\left(\frac{f}{M} + \eta\right) = \text{ein Minimum} \tag{45}$$

ist. Von allen anwendbaren Ausrichtungsarten wird dann diese heranzuziehen sein.

Wie eingangs erwähnt wurde, erhebt das hier entwickelte Kriterium keinen Anspruch auf eine streng mathematische Richtigkeit. Es können da noch andere Erwägungen einbezogen werden, wie z. B. die Einschaltung der geplanten Ausrichtung in das Netz der Förder- und Wetterwege der Grube. Ebenso wird es in vielen Fällen notwendig erscheinen, in Erwägung zu ziehen, daß neben einer Verlängerung der Ausrichtungslänge gleichzeitig eine Verkürzung der übrigen Förderwege eintreten kann, wodurch die Vermehrung der Förderkosten in der Ausrichtungsstrecke wenigstens zum Teil ausgeglichen werden kann. Auch darf nicht übersehen werden, daß die Förderungskosten mit der Länge allgemein nicht linear wachsen, so daß z. B. die Längeneinheit der Förderung bei kürzerer Förderstrecke teuerer zu stehen kommt als bei einer größeren Förderlänge, schon wegen der gleichbleibenden Verladekosten. Oft muß auch in Erwägung gezogen werden, daß man bei der Ausrichtung in der Verwerferebene selbst schon beim Streckenvortrieb gewisse Anhaltspunkte über die Verwerfung bekommen kann. Die Möglichkeit, Rutschstreifen zu finden, wird vergrößert, wodurch für die Richtigkeit der Streckenvortriebsrichtung immer neuere Beweise erbracht werden können, weshalb der allenfalls teuerere Ausrichtungsweg im Verwerfer in einzelnen Fällen dennoch vorteilhafter sein kann (siehe Carnalls[232]) und Stočes[233]) Bemerkungen). Bei bereits bekannter Verwurfshöhe fällt diese Rücksichtnahme weg.

Endlich darf nicht übersehen werden, daß unter Umständen auch Ausrichtungsarten in Erwägung gezogen werden können, für welche die entsprechende Deckung nicht vorhanden ist. So kann z. B. in Abb. 32 die seigere Ausrichtung mangels an Deckung nach dem Lot unmittelbar nicht angewendet werden; nachdem jedoch eine provisorische Ausrichtung in der Fallinie des Verwerfers die Lagerstätte erreicht hat, kann eine stabile Ausrichtung auch mit Hilfe eines seigeren Schachtes S und eines Querschlages Q vorgenommen werden (siehe auch Treptow, Abb. 66 und S. 40). In diesen Fällen werden zur Erwägung der Rentabilität pro Längeneinheit die Kosten der stabilen Ausrichtung vermehrt durch die Kosten der provisorischen Ausrichtung einzuführen, aber auch zu erwägen sein, daß dadurch auch die aufgeschlossenen Mineralmengen vergrößert werden können. Die Berücksichtigung der Förderungskosten findet in diesem Falle selbstverständlich nur bezüglich der stabilen Ausrichtungsstrecken statt.

Im Sinne der hier angeführten Erwägungen kann man in einem jeden gegebenen Falle die zu berücksichtigenden Momente in entsprechende mathematische Form kleiden. Mit dem Hinweise darauf, daß die Erwägung der Wirtschaftlichkeit der zu wählenden Ausrichtungsart zu den interessantesten bergmännischen Aufgaben gehört, begnügen wir uns mit diesen Andeutungen um so eher, da die ausführliche Behandlung dieser Umstände zu weit führen würde, und sehen im allgemeinen als Anhaltspunkt für die wirtschaftliche Brauchbarkeit der Ausrichtung das in Gleichung 45 ausgesprochene Minimum an. Hiebei hängt die Ausrichtungslänge in allen sechs Fällen von der Verwurfshöhe bzw. der reduzierten Verwurfshöhe ab und wird mit Hilfe letzterer ausgedrückt. Ist nun die Verwurfshöhe nicht bekannt, so können zwar die Ausrichtungslängen zahlenmäßig nicht angegeben werden, wohl aber die relativen Längenverhältnisse zueinander; da sämtliche Ausrichtungsgrößen von derselben Verwurfshöhe abhängen, so fällt in deren Verhältnis zueinander die Verwurfshöhe heraus, an Stelle der seigeren Verwurfshöhe kann überall die Einheit gesetzt werden und wir können somit die günstigste Ausrichtungsart lediglich mit Hilfe von Winkelbeziehungen angeben, auch dann, wenn die Verwurfshöhe unbekannt ist.

Der Vorgang zur Ermittlung der brauchbarsten Ausrichtungsart wäre demnach folgender: 1. die Ermittlung der Anwendbarkeit der einzelnen Ausrichtungsarten, 2. für jede dieser Ausrichtungsarten ist der Ausdruck $l\left(\frac{f}{M} + \eta\right)$ zu bilden und 3. mit Hilfe

[232]) § 252, S. 176 bis 177.

[233]) Tektonische Geologie, S. 84, letzter Abs.

jener Ausrichtungsart, bei welcher dieser am kleinsten ist, wird die Ausrichtung vorgenommen, und zwar in einer Richtung, die im nächsten Abschnitt behandelt wird.

An dieser Stelle soll noch bemerkt werden, daß an eine jede günstig angelegte Ausrichtungsstrecke vom bergbautechnischen Standpunkt aus eine wichtige Forderung gestellt wird, nämlich die, daß mit Rücksicht auf die Wetterführung und Förderung zu spitze Winkel in den Streckenübergängen vermieden werden sollen. Bei der allerkürzesten, der seigeren und der querschlägigen Ausrichtung ist dies nicht zu befürchten, da der Winkel, den die streichende Strecke der Lagerstätte mit der Ausrichtungsstrecke bildet, 90^0 wird; die kluftstreichenden und kluftfallenden, auch die kluftkürzesten Ausrichtungen werden aber in der Regel nur dann brauchbar, wenn die zwei vorhergehenden nicht verwendet werden können, d. h. der von der Ausrichtungsstrecke mit der Lagerstätte gebildete Winkel ein stumpfer, noch größer als 90^0 ist. Dieser Umstand ist besonders für die tonlägige Förderung wichtig, denn eine Ausrichtung, wie sie in Abb. 34 gezeichnet wurde, ist für die Förderung äußerst ungünstig und deshalb zu vermeiden. Überall, wo beim Zusammentreffen spitze Winkel auftreten und zu befürchten wären, wird in der Regel eine Deckung, daher eine kürzere Ausrichtungsart als in der Ver werferebene möglich: Im Aufriß eine seigere, im Grundriß eine querschlägige und in der normal zur Lagerstätte gelegten Ebene die allerkürzeste Ausrichtung, welche alle mit den Streckenfortsetzungen einen rechten Winkel bilden. Man erhält daraus das Ergebnis: Die Forderung nach Vermeidung zu spitzer Ausrichtungswinkel[234]) erscheint daher in der Regel durch vorliegende Berechnungsart bereits berücksichtigt.

Die bisher angestellten Untersuchungen gelten für die Ermittlung der günstigsten Ausrichtungsart von den sechs gegebenen üblichen Ausrichtungsmöglichkeiten. Nun kann die Lösung der Aufgabe auch noch in einer anderen Form verlangt werden: von dem Punkt aus, in welchem der Verwerfer angefahren wurde, soll der verworfene Flügel bei einer gegebenen Neigung ansteigend oder fallend auf dem kürzesten Weg erreicht werden, ohne Rücksicht darauf, ob die so erhaltene Ausrichtungsstrecke einer der früher betrachteten entspricht oder nicht. Gefragt wird nun nach der Richtung dieser Ausrichtungsstrecke. Diese wäre offenkundig normal zum Streichen der Lagerstätte[235]), falls die vorzutreibende Strecke den verworfenen Lagerstättenflügel wirklich trifft. Man muß somit in einem jeden solchen Fall untersuchen, ob dies letztere zutrifft. Wenn ja, so entfällt eine jede weitere Rechnung und die Ausrichtung kann normal zum Streichen vorgenommen werden. Wird die verworfene Lagerstätte nicht getroffen, so wird der tatsächlich vorhandene verworfene Lagerstättenflügel gegen den Durchstoßpunkt dieser normal zu deren Streichen unter der geforderten Neigung geführten Strecke durch die Kreuzlinie abgegrenzt, und es ist in diesem Falle vom gegebenen Punkt unter der gegebenen Neigung die Ausrichtungsstrecke zur verworfenen Kreuzlinie zu suchen. Geometrisch lautet die Aufgabe somit: Von einem gegebenen Punkt ist eine Gerade unter gegebener Neigung zu suchen, die die zweite bekannte Gerade trifft — eine häufig vorkommende Markscheideraufgabe[236]). Man erhält hier somit im allgemeinen zwei Lösungen, und die kürzere von beiden ist dann die tatsächlich kürzeste Verbindung des verworfenen Flügels unter der gegebenen Neigung mit dem Anfahrungspunkt des Verwerfers.

Ist die einzuhaltende Neigung innerhalb bestimmter Grenzen gegeben, so soll immer jene Neigung genommen werden, welche die kürzere Ausrichtungslänge liefert. Dieser Bedingung wird dadurch entsprochen, daß man den der Neigung der allerkürzesten Ausrichtung nächstgelegenen Grenzwert dann annimmt, wenn diese die Lagerstätte in der zum Streichen normalen Richtung tatsächlich trifft; falls dies nicht der Fall ist, muß der der Neigung der kluftkürzesten Ausrichtung nächstgelegene noch zulässige Wert der Neigung genommen werden. Die Neigung der kluftkürzesten Ausrichtung kann aber nach Gleichung 24 leicht angegeben werden. Eine andere Herleitung dieser Größe kann mit Hilfe der Neigung des Verwerfers erfolgen, als dessen Diagonalstrecke die kluftkürzeste Ausrichtungslänge aufgefaßt werden kann. Bezeichnet man die Neigung der kluftkürzesten Ausrichtung mit φ_{kk} (Abb. 35), so erhält man aus dem sphärischen rechtwinkligen Dreieck bei a:

$$\sin \varphi_{kk} = \sin v_v \cdot \cos \sigma_v \tag{46}$$

Mit Hilfe des Verwurfswinkels und der Neigung des Verwerfers kann die Neigung der kluftkürzesten Ausrichtung unmittelbar angegeben werden. Dadurch ist aber auch jener Wert der zu wählenden Neigung bestimmt, bei welchem, falls der der allerkürzesten Ausrichtung nächstgelegene Grenzwert den verworfenen Teil nicht trifft, ebenfalls ein (tatsächliches) Minimum der Ausrichtungslänge erhalten wird.

Die Richtigkeit der hier aufgestellten Ergebnisse kann aus Abb. 36 ersehen werden. In der in schiefer Projektion dargestellten Abbildung sei vom stehengebliebenen Flözflügel nur jener Punkt a gegeben, in welchem der Verwerfer angetroffen wurde. Entlang der Verwerferebene V ist der Lagerstättenflügel F_2 so verworfen worden, daß die Kreuzlinie K_2 deren tatsächliche Abgrenzung bildet; die in der Abbildung unterhalb dieser gezeichnete Fortsetzung des Flügels besteht somit nur theoretisch. Es ist aus den Markscheideraufgaben bekannt, daß innerhalb eines bestimmten Neigungsbereiches der der Neigung der allerkürzesten Ausrichtung nächstgelegene Grenzwert der brauchbaren Neigungen die kürzeste geometrische Ausrichtungsgröße liefert[237]), welche dann auch der verlangten entspricht, wenn durch diese der verworfene Teil der Lagerstätte angetroffen werden kann. Ist dies nicht der Fall, so wird

[234]) Carnall, § 242, S. 170, letzter Abs., Hauße, § 57, S. 55, letzter Abs.

[235]) Neue Gesichtspunkte zur rechnerischen Lösung der Markscheideraufgaben, Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 166, Satz XIII.

[236]) a. a. O. S. 71 bis 72.

[237]) Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 166, nach Gl. 156 b.

die tatsächlich kürzeste Ausrichtung die Normale zur Kreuzlinie $= \overline{ae}$ sein und eine jede andere die Kreuzlinie treffende Größe $\overline{ac}$ wird infolge des rechten Winkels bei e im Dreieck a c e größer sein als die Kathete $\overline{ae}$, und zwar um so bedeutender, je mehr die Neigung dieser Ausrichtungslänge von der Neigung der kluftkürzesten Ausrichtungsstrecke $\overline{ae}$ abweicht. Um so mehr verlängert sich die Ausrichtungsgröße, wenn der obere Grenzwert der zulässigen Neigung nicht mehr die Kreuzlinie, sondern bereits den verworfenen Lagerstättenflügel treffen würde (z. B. $\overline{af}$ in Abb. 36). Denn $\overline{af} > \overline{ac}$ und nachdem $\overline{ac} > \overline{ae}$ folgt, daß $\overline{af} \gg \overline{ae}$. Da, wie es sich leicht beweisen läßt, mit dem Größerwerden der Abweichung von der Neigung der allerkürzesten bzw. kluftkürzesten Ausrichtung die Längen beständig zunehmen, so wird innerhalb der gegebenen Grenzen ein relatives Minimum der Ausrichtungslänge — unbegrenzten Bereiches — dann vorhanden sein, wenn man sich dem gerechneten Werte so weit nähert, als dies der erforderte Zweck noch zuläßt. Trifft somit die unter dem — der allerkürzesten Ausrichtung nächstgelegenen — Grenzwert der Neigung getriebene Ausrichtungsstrecke den verworfenen Teil der Lagerstätte nicht, so wird die tatsächlich mögliche und entsprechende Ausrichtungsstrecke um so kleiner ausfallen, je mehr sie sich der Neigung der kluftkürzesten Ausrichtung nähert.

5. Die Angabe der Richtung der Ausrichtung

Nachdem auf Grund der bisher angestellten Untersuchungen die in einem gegebenen Fall günstigste Ausrichtungsart ermittelt wurde, erübrigt sich noch die Angabe der Richtung, in welcher der verworfene Teil zu suchen ist. Durch die Beantwortung dieser Frage gelangt man somit zu den Ausrichtungsregeln über die Wiederaufsuchung des verworfenen Lagerstättenflügels, zu den von vielen Geologen mit Zweifel betrachteten Gesetzmäßigkeiten.

Sollen derartige Regeln allgemein gültige Beziehungen beinhalten, so müssen sie von Einschränkungen, welche nur durch Hypothesen oder Theorien gerechtfertigt erscheinen, frei sein. Genetische Fragen sollen den Markscheider „nicht wie bisher in unzulässigen Hypothesen gefangenhalten“[238]), sondern die Regeln müssen lediglich auf Grund geometrischer oder mathematischer Beziehungen erhalten werden. Werden diese Gesichtspunkte befolgt, so müssen sie dann in jedem theoretisch und praktisch möglichen Falle richtige Ergebnisse liefern, und es ist dann nicht zu befürchten, daß ihre Gültigkeit und Zulässigkeit angezweifelt wird. Sie liefern dann eben jene allgemein gültigen Beziehungen, welche auf das reichste Beobachtungsmaterial — das von Höfer als die sicherste Grundlage zur Aufstellung von Regeln erkannt wurde[239]) —, nämlich auf sämtliche nur möglichen Fälle aufgebaut sind. Bevor auf diese eingegangen wird, soll zunächst die Entwicklung, der geschichtliche Gang der älteren Ausrichtungsregeln untersucht werden, um aus deren Mangel auf die von den aufzustellenden Regeln zu erfüllenden Forderungen schließen zu können.

a) Geschichtliches

Die Wiederauffindung der Fortsetzung der durch einen Verwerfer unterbrochenen Lagerstätte verursacht nicht nur in der heutigen Zeit Schwierigkeiten und Kosten, sondern machte sich besonders in den älteren Zeiten — wo man über die Grundlagen der Geologie, über das Wesen und die Bildung der Gänge und Flöze nur sehr mangelhafte Vorstellungen hatte — besonders bemerkbar. Das Bestreben des Bergmannes, die Wiederauffindung des verworfenen Lagerstättenteiles leichter zu ermöglichen und so die Kosten der Ausrichtung auf ein Mindestmaß herabzusetzen, war schon in den älteren Zeiten vorhanden.

Da man über das Wesen der Verwerfungen nicht im klaren war, weist die so erhaltene Regel weder eine Hypothese noch eine mathematische Begründung als Unterlage auf. Sie waren nur empirisch und ihre Aufstellung beruhte lediglich auf der in mehreren Fällen tatsächlich beobachteten Erscheinung. So berichtet bereits Bergmeister Rössler[240]), daß die Ausrichtung gewöhnlich nach der Seite des stumpfen (Streich-) Winkels geschieht, welche Regel allerdings bei rechtwinkligen Durchsetzungen im Stiche läßt, wo nicht zu entscheiden sei, ob die Wiederausrichtung nach der einen oder nach der anderen Seite wahrscheinlicher wäre. Daß diese alte Regel oft verwendbar war, liegt in dem Umstande, daß die spießeckige Sprünge meist rechtsinnig und steiler als die Lagerstätte fallend sind, bei welchen die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit wirklich zutreffen, bemerkt Carnall[241]), der auch zu berichten weiß, wie die von Rössler noch angeführte Unsicherheit bei querschlägigen Durchsetzungen in den folgenden Zeiten beseitigt wurde. Da nahm man nämlich die Lage des stumpfen Winkels der beiden Ebenen (den stumpfen Kreuzwinkel) zum Anhaltspunkt. Auch Stau[242]), Reuss[243]) und Oppel[244]) erwähnen die Regel von der Ausrichtung nach dem stumpfen Winkel, ohne deren Begründung zu suchen. Der erste, der die Unrichtigkeit dieser althergebrachten Regel erkannt hatte, war Johann Christian Lebrecht Schmidt, Bergmeister zu Bieber im Jahre 1810[245]). Er bemerkte darüber, daß es zwar nicht zu leugnen ist, daß sie öfter zum Ziele führt[246]), doch sind Fälle möglich, und zwar sind diese nach §§ 16 und 17 (S. 26 bis 29) die wider-

[238]) Höfer, Die Ausrichtung der Verwerfungen, Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 169, Abs. 3, links.

[239]) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1886, S. 354, letzter Abs.

[240]) Manuskript aus 1649, gedruckt 1700: Hellpolierter Bergbauspiegel.

[241]) § 256, S. 176.

[242]) Anleitung zur Bergbauwissenschaft, S. 125 bis 126.

[243]) Lehrbuch der Geognosie, S. 770 bis 771.

[244]) Bericht vom Bergbau 1772, S. 33 bis 34.

[245]) Theorie der Verschiebungen älterer Gänge.

[246]) § 15, S. 26.

sinnig fallenden Verwerfungen, wo die Regel nicht zutrifft. Zur Begründung seiner Anschauungen wird nicht mehr die Erfahrung allein zu Hilfe genommen, sondern die in § 11 (S. 17) ausgesprochene Theorie, „daß die Gebirgsmassen im Hangenden und im Liegenden der Gänge bei Entstehung der Gangspalten in einer solchen Richtung auseinandergezogen wurden, welche rechtwinklig mit dem Streichen der Gänge an dem Einschließen derselben heruntergeht; oder kürzer gesagt, welche mit der Fallinie derselben parallel ist", eine Voraussetzung, die seitdem annähernd dreiviertel Jahrhundert hindurch sämtlichen Ausrichtungsregeln zugrunde gelegt wurde und den Namen „Schmidtsche Theorie" (auch Regel) führt. Auf Grund dieser Annahme wird die alte Ausrichtungsregel der ersten Ergänzung unterworfen und in die Form gefaßt[247]: „Wenn zwei Gänge bei ihrem Zusammentreffen zu Felde und bei einem alsdann stattfindenden Verwurfe des älteren, ihr gegenseitiges Fallen auf diejenigen Seiten nehmen, auf welchen die Richtungen der beiderseitigen Fallinien derselben in der größten Annäherung stehen, so hat man den älteren verworfenen Gang nach der Seite des stumpfen, dann aber, wenn beide Tonlagen nach solchen Seiten gerichtet sind, nach welchen die Direktionen derselben am wenigsten voneinanderlaufen, nach der Seite des spitzen Winkels aufzusuchen."

Daß diese ergänzte Regel auch nicht in allen durch die Schmidtsche Theorie begründeten Fällen zutraf, bemerkte bereits Schmidt selbst, indem er in § 20 (S. 31) deshalb eine nähere Untersuchung der Frage beginnt. Es wird zu diesem Zweck eine durch viele Beobachtungen bestätigte Annahme zu Hilfe genommen, „nach welcher bei allen tonlägigen Gängen stets die Gebirgsmassen im Hangenden bald mehr, bald weniger tiefer gefunden werden als im Liegenden[248]), und mit Hilfe dieser die Regeln zur Wiederauffindung des verworfenen Lagerstättenteiles in vier Punkten zusammengefaßt[249]:

1. Setzen wir den Fall, man bearbeite einen tonlägigen Gang, der plötzlich zu Felde von einem jüngeren Gang abgeschnitten und verworfen wurde, so hätten wir, um die Wiederausrichtung desselben zu bewirken, zuerst genau zu prüfen, ob uns dieser jüngere Gang entgegen- oder ob er von uns abfällt. Im ersteren Falle befinden wir uns in dessen Hangenden, folglich auf dem tiefer liegenden Stücke des älteren durchschnittenen Ganges. Durchbrechen wir jetzt den jüngeren Gang von seinem Hangenden bis zu seinem Liegenden und fahren dann im letzteren, parallel mit solchem, nach derjenigen Seite zu auf, nach welcher das Hangende des älteren durchschnittenen Ganges gekehrt ist, so werden wir zuverlässig das jenseitige Stück des letzteren erhalten.

Finden wir aber: 2. bei der Abschneidung eines Ganges, daß der jüngere abschneidende Gang von uns abfällt und wir mithin in dessen Liegenden uns befinden, so können wir mit Gewißheit schließen, daß wir das höher liegende Gangstück bearbeiten. Um nun das jenseitige tiefer liegende zu erhalten, fahren wir, nachdem der jüngere Gang völlig vom Liegenden bis zum Hangenden durchbrochen ist, im Hangenden desselben nach derjenigen Seite hin auf, nach welcher das Liegende des durchschnittenen Ganges gekehrt ist.

3. Wäre der jüngere abschneidende Gang vollkommen seiger, so würde man freilich dadurch außer stande gesetzt sein, aus dessen Fallen zu beurteilen, ob man sich auf dem höher oder tiefer liegenden Teile der senkrecht auseinandergezogenen Gebirgsmasse befindet. Ist auch unglücklicherweise zugleich das Nebengestein nicht erkennbar verschiedenartig geschichtet, so können wir uns auch an diesem nicht Rat erholen und es bleibt uns dann in einem solchen gewiß nur seltenen Fall immer noch das Vorschreiten nach jener alten Regel: abgeschnittene und verschobene Gänge nach der Seite des stumpfen Winkels wieder aufzusuchen, übrig.

4. Fänden wir endlich, daß uns ein seigerer Gang durch einen tonlägigen abgeschnitten würde, so fahren wir — weil hier die Verschiebung nicht von der Tonlage des durchschnittenen, sondern von der des durchschneidenden herrührt —, ohne Rücksicht darauf zu nehmen, ob wir uns im Hangenden oder im Liegenden des jüngeren Ganges befinden, auf der Seite des letzteren, mit seinem Streichen parallel, und zwar in derjenigen Richtung auf, welche mit dem Streichen des abgeschnittenen Ganges einen spitzen Winkel bildet.

Hiebei ist festzustellen, daß in der vierten Regel der Ausdruck „seigerer Gang" einen ganz vertikal stehenden Gang bedeutet, der durch einen tonlägigen verworfen wird. Dies geht außer aus der Erklärung: „Weil hier die Verschiebung nicht von der Tonlage des durchschnittenen, sondern von der des durchschneidenden herrührt", noch deutlicher aus dem von Schmidt hiebei bezogenen § 13 (besonders Pkt. 3 und 4) und aus der Abbildung hervor. Die Bemerkung Höfers, daß auch die vierte Schmidtsche Regel sich auf seigere Verwerfer bezieht[250]), bedarf somit der Einschränkung, daß hiebei von Schmidt eine seigere Lagerstätte verstanden wurde. Denn die zwei letzten Schmidtschen Regeln bilden nur eine notwendige Ergänzung der zwei ersteren für den Fall, wo sie nicht anwendbar sind. Dies ist der Fall: 1. wenn nicht zu entscheiden ist, ob der Verwerfer im Hangenden oder Liegenden angefahren wurde, da letzterer vertikal steht (deshalb die dritte Regel), 2. wenn die Lagerstätte vertikal steht, da man wieder nicht angeben kann, welche die Richtung nach dem Hangenden und Liegenden der Lagerstätte darstellt (deshalb die vierte Regel).

Schmidt erkennt bereits, daß die streichenden Verwerfungen im Streichen des Verwerfers nicht ausgerichtet werden können, weshalb er in § 23 bis 26 (S. 36 bis 40) die Regeln für die Ausrichtung in der Fallinie angibt, deren Sinn darin besteht, daß wenn der Verwerfer im Liegenden angefahren wird, die Fortsetzung der Lagerstätte in der Fallinie abwärts, wenn der Verwerfer im Hangenden angefahren wurde, in der Fallinie aufwärts zu suchen ist. Diese Fassung

[247]) § 19, S. 30.
[248]) S. 31, letzter Abs.
[249]) § 22, S. 33 bis 36.
[250]) Die Verwerfungen, 1917, S. 114, Abs. 1.

ist allerdings noch nicht so deutlich, wie dies aus der in § 25 ausgesprochenen Einteilung (je nachdem, ob zwei Gänge nach entgegengesetzten Weltgegenden einander zu- oder unter verschiedenen Graden nach einer Weltgegend gerichtet sind, wobei die flachere oder steilere Neigung des Verwerfers getrennt untersucht wird) hervorgeht und durch die für die tonlägige Ausrichtung angegebene dritte Ausrichtungsregel[251]) bestätigt wird, wo noch von der Ausrichtung nach dem stumpfen Winkel die Rede ist. (Anm.: In der zweiten und dritten Regel über die Ausrichtung von streichenden Verwerfungen wurden die Bezeichnungen „stark verflächend" und „weniger stark verflächend" irrtümlicherweise von Schmidt vertauscht.) Schmidt erkennt bereits sehr richtig, daß diese Ausrichtungsart nicht nur bei streichenden, sondern auch bei spießeckigen Verwerfungen angewendet werden kann: „Es kommt indessen bloß darauf an, ob man solche ältere Gänge mit söhligen Ortsarbeiten oder mit Abfeufen aufschließt"[252]). Für die ersteren gelten die vorherigen vier, für die letzteren dagegen die drei angegebenen Regeln. Ebenso weiß Schmidt bereits zu berichten, daß im Falle, wo die Kreuzlinie in die Fallinie des Verwerfers fällt (Verwurfswinkel $= 90^0$) beim Abgleiten in der Fallinie keine seitliche Verschiebung stattfindet[253]) und dieser Fall kann „unter tausenderlei Modifikationen der gegenseitigen Neigungswinkel stattfinden". Er erwähnt auch an dieser Stelle, daß das Nullwerden der seitlichen Verschiebung noch vom gegenseitigen Streichen abhängt, doch scheint er den Einfluß nicht genau erfaßt zu haben, was aus § 12 (S. 18) hervorgeht, wonach die Größe der Seitenverschiebung nächst der größeren oder geringeren Höhe des Sprunges nur durch die größere oder geringere Neigung der beiden Ebenen bestimmt wird, während in der Wirklichkeit nach Gleichung 19 der Streichwinkel auch eine wesentliche Rolle spielt.

Die Bedeutung des Streichwinkels wurde indes unzweideutig von Dr. Christian Zimmermann im Jahre 1828 erkannt, indem er erklärt[254]), daß bei mathematischer Ansicht der Sache der Durchschnitt zweier Gänge nicht nur durch die Richtung und die Grade des Fallens der Gangflächen, sondern auch durch deren Streichungswinkel bestimmt wird. Daraus folgert er ferner, bezugnehmend auf die Schmidtsche Regel: „Wenn nun die Elemente, auf welche notwendig die bestimmte Auflösung einer Aufgabe gegründet werden muß, nicht vollständig in Betracht gezogen worden sind, so kann die gegebene Auflösung nicht als erwiesen angenommen werden und nicht allein die Evidenz muß ihr mangeln, sondern auch, wenn sie bestimmt und allgemein gültig sein soll, die Richtigkeit."

Anlaß zu seinen Untersuchungen gab der Umstand, daß er bei der Anwendung der Schmidtschen Regeln bei den im Harz beobachteten Gangverwerfungen erkannt hatte, daß sie in einzelnen Fällen unzutreffend waren (Vorrede). Dem Grunde nachforschend, fand er dann, daß „Schmidt nicht daran festhielt, wonach, — wenn die Senkung des Hangenden die Verschiebung bewirkte, die Richtung derselben jedesmal aus der Abweichung der Fallrichtung des Durchsetzers von der Richtung der Durchschnittlinie beider Gänge zu beurteilen sei"[255]). Er findet daher, daß die Schmidtschen Regeln 1. zweifelhaft oder zweideutig, also leicht falscher Anwendung unterworfen; 2. nicht erschöpfend, 3. nicht evident, als aus der Grundannahme wirklich folgend, erwiesen und 4. nicht völlig richtig[256]) sind, ein Ausspruch, der nicht in allen Punkten gerechtfertigt erscheint. Denn daß Schmidt in seiner vierten Regel unter der Bezeichnung „seigerer Gang" einen vertikal stehenden Gang verstand, dessen Hangend- und Liegendseite somit unbestimmt ist und daher die zwei ersten Regeln nicht angewendet werden können, wurde bereits früher erwähnt. Zimmermann versteht aber unter dieser Bezeichnung der vierten Schmidtschen Regel einen seigereren Gang, als der andere, d. h. keinen vertikalen, sondern einen stärker geneigten Gang, als der Verwerfer, wie dies aus seinen auf S. 55 bis 64 angestellten Betrachtungen hervorgeht. Wenn daher z. B. auf S. 61 erklärt wird, daß die vierte Schmidtsche Regel den Fall unentschieden läßt, wo beide Gänge unter einem rechten Winkel gegeneinander streichen und man folglich hier nicht entscheiden kann, welcher der spitze Winkel ist, so ist dies bei einem vertikalen Gang, für welchen die vierte Schmidtsche Regel aufgestellt wurde, auch überflüssig, da die Kreuzlinie mit der Fallinie zusammenfällt und daher keine seitliche Verschiebung stattfinden kann. Ebenso unzutreffend entstand aus dem Mißverstehen des erwähnten Ausdruckes die auf S. 62 angeführte Beweisführung für die Unrichtigkeit der vierten Schmidtschen Regel aus der Annahme, daß diese für alle Fälle gelte, wo der Verwerfer flacher geneigt ist, als der verworfene Gang. Dagegen erkennt Zimmermann vollkommen richtig, daß die zwei ersten Regeln bei rechtsinnigen und flacher als die Lagerstätte fallenden Verwerfern nicht in allen Fällen stimmen. Er weist bereits auf die Wichtigkeit des Winkels hin, welchen die Durchschnittslinie mit der Richtung des Durchsetzers bildet[257]) (die Projektion unseres Verwurfswinkels) und bemerkt zugleich, daß im Falle, wo dieser größer als ein rechter Winkel ist, der verworfene Gang in einer, den Schmidtschen Regeln entgegengesetzten Richtung zu suchen ist. Nachdem nach der auch von ihm übernommenen Schmidtschen Theorie die Verschiebung in der Fallinie erfolgt[258]) und er für die Beurteilung der Verschiebung deren Abweichung von dem Streichen der gemeinschaftlichen Durchschnittslinie beider Gänge erkannt hat[259]), stellt er, auf diesen Voraussetzungen fußend, „die allgemein gültige Regel" für die Wiederausrichtung eines verworfenen Ganges auf[260]): „Man errichte in dem Punkte, wo der Verwerfer angefahren worden ist, auf

[251]) § 26, S. 39, Abs. 3.
[252]) § 26, S. 40, Abs. 3.
[253]) § 13, Pkt. 6, S. 23.
[254]) S. 61. Abs. 1, Vgl. S. 2, Fußnote 10.

[255]) § 10, Abs. 1.
[256]) S. 54, letzter Abs.
[257]) S. 55 bis 56.
[258]) S. 45 und 51.
[259]) S. 48.
[260]) S. 49.

der Streichungslinie desselben nach dem Inneren des Ganges hin ein Lot, bestimme die Lage der Durchschnittslinie beider Gänge, die gleichfalls durch den Punkt, wo der Verwerfer angefahren ist, läuft, verlängere solche gehörig nach dem entgegengesetzten Salbande hin, bemerke, nach welcher Seite das Lot bei seiner Richtung nach dem entgegengesetzten Salbande von der Durchschnittslinie abweicht und suche nach gehöriger Überbrechung des verworfenen Ganges auf derselben Seite, wohin das Lot abweicht, das verworfene Gangstück wieder auf." Da diese aufgestellte Hauptregel immer Zeichnung oder Berechnung erfordert, unterscheidet Zimmermann drei Hauptfälle der Verwerfungen[261]), wobei in den ersten zwei Fällen solche Spezialregeln angegeben werden, die eine Berechnung oder Zeichnung überflüssig machen; nur im dritten Falle wird dies erforderlich sein. Nämlich: 1. Bei widersinnig fallenden Gängen ist die Wiederausrichtung immer auf der Seite des im Anfahrungspunkte liegenden spitzen Winkels, 2. bei rechtsinnig fallenden Gängen aber, wenn der Verwerfer der stärker geneigte Gang ist, auf der Seite des stumpfen Winkels vorzunehmen; nur dann, wenn bei rechtsinnig fallenden Gängen der Verwerfer der flacher fallende Gang ist, ist 3. die allgemeine Regel mit der Konstruktion anzuwenden. Diese drei Regeln werden dann in ausführlicherer Fassung und mit mathematischer Begründung auf den S. 75 bis 78 wieder angeführt.

Auch die kluftfallende Ausrichtung wird von Zimmermann einer kurzen Untersuchung unterworfen[262]). Zuerst erfolgt die Behandlung dieser Ausrichtung für spießeckige Verwerfungen: „Beim Durchfallen entstehen unter denselben Bedingungen Verwerfungen, unter welchen sie beim Durchsetzen entstehen" (wobei das Durchfallen das Entfernen der Kreuzlinien in der Fallinie, das Durchsetzen im Streichen des Verwerfers bedeutet), weshalb auch die Ausrichtungsregeln dieselben bleiben. Auf der Seite hin, nach welcher die Lagerstätte bei der streichenden Ausrichtung zu suchen ist, hat man sie auch im Fallen zu erwarten. Dann werden die Regeln für die kluftfallende Ausrichtung rein streichender Verwerfungen angegeben, „wo eine Verwerfung im Streichen nicht eintreten kann, während eine solche im Fallen stattfindet"[263]). Die Untersuchung erstreckt sich auf die von Schmidt angegebenen drei Fälle, nur ist deren Fassung besser, wenn auch nicht überall sofort und leicht verständlich, wie z. B. der Ausdruck: falls „mit Absinken das Hangende des Verwerfers getroffen wird, ist im Liegenden desselben die Ausrichtung des verworfenen Ganges zu versuchen", beweist, der ein Übersichbrechen in der Falllinie bedeuten will.

Durch Zimmermanns Untersuchungen haben die Regeln für die kluftstreichenden und kluftfallenden Ausrichtungen eine, in allen Fällen des reinen Sprunges richtige Form erhalten, wenn auch zu bemerken ist, daß bereits drei Jahre vor Zimmermanns Veröffentlichung Prof. Hecht[264]) ebenfalls zu dieser Regel gelangt ist, wie dies Zimmermann selbst erwähnt[265]). Der Schreiber vorliegender Abhandlung bedauert es, daß ihm die erwähnte Abhandlung nicht zugänglich ist, so daß er nur auf Zimmermanns kurze Anmerkung darüber angewiesen ist.

An dieser Stelle sei uns auch gestattet, auf einen mißverstandenen Ausspruch Zimmermanns zurückzukommen, mit welchem er das zweite Kapitel (S. 16) beginnt: „Durch einige von ihm mitgeteilte Beispiele glaubte der berühmte Bergwerkskundige und Gebirgsforscher von Charpentier den Satz begründen zu können, daß sich aus dem Verhalten zweier Gänge bei einem ihrer Durchschnittspunkte niemals auf ein gleiches Verhalten in mehreren unter- oder übereinander gelegenen Durchschnittspunkten schließen lasse. Mit einem solchen Ausspruch wäre nun freilich, wenn er als richtig anerkannt werden müßte, allen geognostisch-bergmännischen Beobachtungen über den Gegenstand, welchem ich hier eine nähere Untersuchung widme, in wissenschaftlicher, wie technischer Rücksicht der Stab gebrochen und sie könnten fernerhin nur als leere Gedankenspiele eines unbeschäftigten Geistes betrachtet werden. Denn aus diesem Satze folgt, daß der erfahrene Bergmann unter ähnlichen Umständen nicht auch ähnliche Erscheinungen erwarten darf." Daß im letzten Teile dieses Ausspruches kein offenes Geständnis der Schwäche seiner Regel, sondern eine von jedem geteilte Selbstverständlichkeit liegt und daß dies nicht auf eine andernorts erwähnte Beobachtung Charpentiers, worin eine unregelmäßige Verwerfung beschrieben wird, wie Höfer meint[266]), sondern auf den ausgesprochenen Satz, daß man aus dem Verhalten des Verwerfers niemals auf ein gleiches Verhalten an anderen Stellen schließen könnte, sich bezieht, kann aus dem obigen Zitat ersehen werden. Und diese Meinung Charpentiers dürfte nicht nur von Zimmermann, sondern wohl auch jetzt noch allgemein abgelehnt werden, wenn auch seine erwähnte Beobachtung von einer unregelmäßigen Verwerfung richtig sein kann.

Besonders hervorgehoben sei, daß Zimmermann seine Ausrichtungsregel nicht allein für Gänge, wie dies bei Schmidt noch der Fall war, sondern für alle Lagerstätten, so auch für Sedimente anwendbar hält: „ob die unterbrochene Ebene ein Gang, oder eine andere Lagerstätte ist, hat auf die Verwerfung keinen Einfluß"[267]), „die verworfene Lagerstätte kann also auch ein Lager oder Flöz sein, wie denn dabei auch häufig Verwerfungen unter der Benennung von Sprüngen vorkommen". Sie sind „demnach auch nach denselben Regeln zu beurteilen, die für die Verwer-

261) S. 11, Abs. 2.

262) S. 39 bis 40.

263) S. 40, Abs. 2.

264) Einfache Konstruktion zur Bestimmung der Kreuzlinie zweier Gänge nebst Anweisung, um mit Hilfe der Kreuzlinie einen verworfenen Gang wieder aufzusuchen, Leipzig 1825.

265) S. 10, Abs. 2.

266) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen **1886**, S. 351 bis 352.

267) S. 40, letzter Abs.

fung der Gänge gelten"[268]). Die zunehmende Bedeutung der Flözbergbaue (Kohle) macht sich bereits auch in der Frage der Ausrichtung bemerkbar.

Die durchgreifende Untersuchung der Verwerfungsverhältnisse in Flözbergbauen erfolgt aber erst acht Jahre später in Carnalls klassischer Abhandlung: „Die Sprünge im Steinkohlengebirge" (Karstens Archiv, 1836). So bemerkt er schon in der Einleitung: „Obgleich es einseitig erscheinen kann, ein und dasselbe Phänomen, je nachdem es in älterem oder jüngerem Gebirge beobachtet wird, in besondere Darstellungen zu fassen und obgleich der Verwurf eines Flözes der Hauptsache nach sich ebenso verhalten muß, wie die Verschiebung eines älteren Ganges durch einen jüngeren, so dürfte doch bei genauer Erwägung eine getrennte Untersuchung manches für sich haben"[269]). Carnall erwähnt die Arbeiten Schmidts und Zimmermanns nicht eigens (nur mit dem Hinweis: Die Verschiebungen der Gänge... seit langer Zeit ein Gegenstand der bergmännischen Aufmerksamkeit und daher vielfach untersucht und dargestellt worden ist[270]), doch ist der Einfluß der beiden unverkennbar, was schon aus dem in § 17 (S. 15) aufgestellten Satze: „Die Fortbewegung hat in der Richtung der Fallinie der Kluft, und zwar auf allen Punkten gleich weit, stattgefunden", hervorgeht, welcher vollkommen der Schmidtschen Theorie entlehnt ist.

Während Zimmermann die Richtung der Ausrichtung ohne Rücksicht auf das Hangende und Liegende der Lagerstätte lediglich im Bezuge der Kreuzlinie angibt, wird von Carnall die von Schmidt gewählte Unterscheidung der Ausrichtungsrichtung nach dem Hangenden und Liegenden der Lagerstätte gewählt und unter Berücksichtigung der von Zimmermann angestellten Untersuchung (S. 55), daß die Schmidtschen Regeln im Falle des stumpfen Winkels zwischen Kreuzlinie und Streichlinie des Verwerfers nicht stimmen, durch den Zusatz ergänzt, daß im Fall eines stumpfen Verwurfswinkels eine Umkehrung der Ausrichtungsrichtung stattfindet. So kommt er dann auf S. 175 zur kurz gefaßten Regel: „Wenn der Sprungwinkel (unser Verwurfswinkel) ein spitzer ist, so hat man bei zufallender Kluft ins Dach, bei abfallender in die Sohle; wenn jener Winkel stumpf ist, aber in der entgegengesetzten Richtung aufzufahren" (bei zufallender Kluft = wenn der Verwerfer im Hangenden bei abfallender Kluft = wenn der Verwerfer im Liegenden angefahren wurde). Diese bildet die richtigere Fassung seiner in § 248 (S. 173) zuerst angegebenen zwei Regeln (entsprechend den zwei ersten Schmidtschen Regeln) und eine einfachere Formulierung der auf S. 174 erhaltenen Ergebnisse. Da Carnall bereits die Übersprünge kennt (§ 23), wobei er das Wort Überschiebung sehr richtig deshalb vermeidet, da das Übergreifen der Flözteile zwar eine häufige Begleiterscheinung des Übersprunges, aber keine Notwendigkeit darstellt, wird die für den Übersprung geltende Regel dadurch hergeleitet, daß in § 259 (S. 182) erklärt wird, daß die Richtung der Ausrichtung der Übersprünge jener der Sprünge entgegengesetzt ist, was in § 260 in einzelnen Fällen noch eigens erläutert wird. Im Falle des Seigersprunges gibt die Verwerferebene keinen Anhaltspunkt für die Ausrichtung. Weshalb „nur die Umbiegungen der dadurch abgeschnittenen Flözteile, oder ein vorangehender nicht senkrechter Nebensprung, oder die Beschaffenheit des vor Ort hinter der Kluft liegenden Gesteins ein Anhalten zur Aufsuchung des jenseitigen Flözteiles geben" (§ 262, S. 183), welche Zeichen nach § 263 auch die Richtung der Ausrichtung angeben.

Auch die Regeln der kluftfallenden Ausrichtung erhalten von Carnall eine einfache und schärfere Fassung (§ 247, S. 173): Man hat bei zufallender Kluft in deren Fallinie überzubrechen, dagegen bei abfallender Kluft abzuteufen. Carnall kennt bereits die querschlägige Ausrichtung: er untersucht die Frage der Ausrichtung durch das Nebengestein der Kluft[271]), denn so wird „der jenseitige Flözteil immer eher zu erreichen sein, als mit dem Auffahren in der Streichlinie der Kluft". Für diese Ausrichtungsart gelten nach ihm dieselben Ausrichtungsregeln, als für die kluftstreichende. Auch die Möglichkeit der kluftkürzesten Ausrichtung führt er an[272]), und erwägt bereits die Fälle, wo die Bewegungsrichtung nicht in die Fallinie des Verwerfers fällt, somit die Möglichkeit des allgemeinen Sprunges, wofür er auch Fälle anführt[273]). Er kennt schon ganz richtig, daß durch die Abweichung der Gleitrichtung von der Fallinie bei einem Sprung auch das Bild eines Übersprunges entstehen kann, so daß das Hangende scheinbar in einer höheren Lage sich befindet[274]), ja sogar er weiß auch von der Entstehungsweise der drehenden Verwerfung zu berichten[275]). Alle diese Erscheinungen hält er aber nicht für so wichtig, „um deshalb von einer Regel abzusehen, ohne welche es unmöglich wäre in die goniometrischen Betrachtungen dieses ganzen Abschnittes eine gewisse, die Übersicht erleichternde Ordnung zu bringen"[276]).

Durch seine tiefgründigen Untersuchungen, welche durch eingehende mathematische Beweise unterstützt werden, erhält von Carnall die Theorie der Ausrichtung der reinen Sprünge und Übersprünge den Höhepunkt.

Beer[277]) widmet seine Aufmerksamkeit hauptsächlich der konstruktiven Lösung der Ausrichtungsfrage, wodurch besonders die Grundrißdarstellung der Verwerfungen eine genauere Würdigung erfährt. Unter Berücksichtigung der von Carnall erhaltenen Gesetzmäßigkeit, wonach das Lot von der Kreuzlinie immer nach dem stumpfen Winkel abweicht[278]), stellt

[268]) S. 41.
[269]) S. 4, Abs. 3.
[270]) § 1, S. 3 bis 4.

[271]) § 253, S. 177.
[272]) § 241, S. 168.
[273]) S. 105.
[274]) § 172, S. 102.
[275]) § 172, S. 102.
[276]) § 178, S. 109.
[277]) Lehrbuch der Markscheidekunst, 1856, S. 264 bis 309.
[278]) § 249, S. 174, letzter Abs.

er dann seine Ausrichtungsregel in der Form auf[279]). Bei spitz- und rechtwinkelig streichenden, recht- und widersinnig verflächenden „Verwerfungen“ suche man den verworfenen Lagerstättenteil hinter dem vom Anfahrungspunkte gegenüber quer durchbrochenen, also jenseitigen Salbande des Verwerfers in derjenigen Streichungsrichtung desselben, welche daselbst mit der diesseitigen Kreuzlinie einen stumpfen Winkel einschließt.“ Die Abweichung der von der Carnallschen Fassung besteht darin, daß hier immer der nach der entgegengesetzten Seite des Verwerfers verlängerte Teil der Kreuzlinie zur Zählung des stumpfen Winkels zu nehmen ist, wodurch die von Carnall angegebene Richtung nach dem spitzen Winkel, falls der Verwerfer im Liegenden angefahren wurde, dadurch berücksichtigt erscheint, daß bei Carnall immer der in der Verwerferebene nach aufwärts verlängerte Teil der Kreuzlinie zu nehmen ist. (In dieser ursprünglichen Carnallschen Fassung gibt auch Weisbach[280]) seine für Gangverwerfungen aufgestellte Ausrichtungsregel an, wodurch auch bei ihm die Regel mit Hilfe von stumpfen und spitzen Winkeln ausgedrückt wird.)

Beer faßt hauptsächlich die streichende Ausrichtung ins Auge, indem er auch erklärt[281]): „Die Befolgung dieser Regel wird den praktischen Bergmann bei regelmäßigen Verwerfungen nie verlassen und er ist danach stets in der Lage, schon vor Ort zu bestimmen, nach welcher Richtung hin, ob rechts oder links, die Arbeiter sich söhlig zu wenden haben, um den verworfenen Lagerstättenteil wiederzufinden.“ „Der in gewissen Fällen sonst noch möglichen Ausrichtung im kürzeren Wege muß eine besondere Erhebung zugrunde gelegt werden,“ ohne jedoch darauf näher einzugehen[282]). Nur auf S. 294 wird beispielsweise erwähnt, daß bei widersinnigen spießeckigen Sprüngen und auch bei rechtsinnigen, wo das Flöz stärker geneigt ist, auch die querschlägige Ausrichtung angewendet werden kann. Ebenso wird bei streichenden Verwerfungen, wo die kluftstreichende Ausrichtung unendlich wird, in §§ 157 bis 158 (S. 295 bis 299), aber auch nur für diese, die kluftfallende Ausrichtung erörtert und deren Größe im Vergleiche zur querschlägigen angegeben (S. 298).

In Dannenbergs kurz gefaßten Untersuchungen: „Über die Verwerfungen“ (1884) ist bereits die Möglichkeit der seigeren und der allerkürzesten Ausrichtung erwähnt, welche an die Deckungen nach dem Lot bzw. nach dem Perpendikel gebunden sind[283]). Die Anwendbarkeit wird jedoch nur angedeutet, ohne auf eine nähere Untersuchung der Frage einzugehen. Die Ausrichtungsregeln erhalten keine neuere Fassung, sondern es werden jene von Schmidt, Carnall und Zimmermann nebeneinander angeführt, wohl aber bemerkt, daß bei Wechsel (Übersprung) überall, also auch bei der Zimmermannschen Regel eine Umkehrung stattfindet[284]). Seine Abhandlung dürfte wohl die letzte sein, welche nur die reinen Sprünge und Übersprünge einer Untersuchung unterwirft.

Denn schon um 1880 herum beginnt der Angriff gegen die Zulässigkeit der von Schmidt aufgestellten und später von den anderen übernommenen Hypothese, wonach das Abgleiten des verworfenen Lagerstättenflügels in der Fallinie des Verwerfers stattfindet. Da aber diese Annahme allen aufgestellten Regeln zugrunde gelegt wurde, wird naturgemäß auch deren Brauchbarkeit angezweifelt. Zwar wurden schon in 1851 und in den folgenden Jahren Stimmen laut[285]), welche die bedingungslose Gültigkeit dieser Regeln bei Gangverschiebungen bekämpften, doch der erste, der die Theorie von nur reinen Sprüngen und somit die allgemeine Gültigkeit der aufgestellten Regeln entschieden verneinte, war Höfer im Jahre 1881[286]). Auf Grund zahlreicher Beobachtungen in der Natur weist er nach, daß das Abgleiten durchaus nicht in der Fallinie erfolgen muß, sondern eine jede beliebige Richtung haben kann. Durch die Möglichkeit des schrägen Sprunges war aber die Voraussetzung der aufgestellten Regeln genommen; sie konnten nurmehr lokale Gültigkeit haben, wo das Abgleiten des verworfenen Stückes längs der Fallinie zutraf, meint Höfer z. B. in einzelnen Teilen der Senkungsfelder. „Dort wird die Schmidtsche Hypothese vollends gerechtfertigt und die hieraus abgeleitete Regel für den Betrieb von hohem Nutzen sein“[287]), dem wir vollkommen beipflichten. Nicht ganz zutreffend und mit dieser früheren in Widerspruch stehend ist Höfers Bemerkung aus 1917[288]), wo über die Schmidtschen Regeln erklärt wird, daß im Falle eines reinen Sprunges „eine sogenannte Regel gar nicht notwendig gewesen wäre, da ein jeder denkende Bergmann vor einem Sprung stehend, auf Grund der Annahme, das Hangende sei abgerutscht, also tiefer liegend, den Ort des verworfenen Trummes leicht bestimmen konnte“, ebenso, wie das über die Carnallschen Regeln gefällte Urteil: „Alle diese Regeln, welche vielleicht bei ihrem Erscheinen sensationell gewirkt haben mögen und welche doch nur für Sprünge gelten, sind eigentlich ein Drill zur Denkfaulheit, da selbst mit wenig Raumvorstellung der Sprung leicht ohne Regel ausgerichtet werden kann“[289]). Besonders was den stumpfen Verwurfswinkel anlangt, ist es bei wenig Raumvorstellung z. B. nicht ohne weiteres zu ersehen, daß im Falle, wo der Hangendgebirgsteil in der Fallinie abwärts gerutscht ist, die darin befindliche Lagerstätte nach dem Durchbrechen des im Liegenden angefahrenen

279) § 159, S. 299.
280) Abriß der Markscheidekunst, Freiberg 1873, S. 128.
281) S. 300.
282) S. 301.
283) S. 7, Abs. 3 und 8.
284) S. 19, Abs. 2 und S. 20.
285) Tunners Jahrbuch 1851, S. 212 bis 216. Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1866, Nr. 16 bis 17, Grimm, Über Gangablenkungen, zum Unterschiede von Gangverwerfungen, 1871, Nr. 43 bis 44.
286) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 169.
287) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1886, S. 350.
288) Die Verwerfungen, S. 113, Abs. 4.
289) S. 114, Abs. 5.

Verwerfers dennoch im Dach erscheinen wird (Abb. 27), somit man die Ausrichtung in der Falllinie des Verwerfers abwärts oder seiger aufwärts vornehmen muß. Wie übrigens das beste räumliche Vorstellungsvermögen in einzelnen Fällen unrichtige Ergebnisse liefern kann, beweist die von Höfer auf S. 116 (Abs. 3) aufgestellte Anmerkung: Ist der Verwerfer an einer Stelle schon ausgerichtet, so wird die Ausrichtung einer zweiten Lagerstätte an demselben Verwerfer im gleichen Sinne, wie vor dem geschehen, deren Unrichtigkeit — nur durch eingehende mathematische Untersuchungen erhalten — bereits Zimmermann bekannt war[290]).

Höfer hebt den hohen Wert der Rutschstreifen, die die Richtung des Abgleitens angeben, bei der Ausrichtung von Verwerfungen besonders hervor und gibt damit den ersten Anhaltspunkt zur Ausrichtung der allgemeinen Verwerfungen[291]). Wenn auch unzweifelhaft feststeht, daß erst durch Höfers Untersuchungen, die auch ins Englische und Französische übersetzt wurden, die Aufmerksamkeit der Behandlung der allgemeinen Verwerfungen zugewandt wurde, wie dies auch die nachfolgenden Abhandlungen über das Verwerferproblem beweisen, so ist schon mit Rücksicht auf den entstandenen Prioritätsstreit[292]) zu bemerken, daß die Bedeutung der Rutschstreifen zur Wiederauffindung verworfener Lagerstätten bereits von Schmidt in 1827 viel genauer als in Höfers erste Veröffentlichung (1881), in welcher die Richtung des Gleitens noch unentschieden blieb, erfaßt wurde. Wir finden Schmidts Worte für so wichtig, sie hier wiederzugeben[293]):

„Eine besondere Wichtigkeit würden die Spiegel auch für den Bergmann erlangen, wenn an der Beschaffenheit ihrer Furchen erkannt werden könnte, in welcher Art die Auseinanderziehung der, bei der Gangbildung getrennten Gebirgsmassen, stattgefunden hat, und ob solche dadurch im Hangenden oder im Liegenden des Ganges eine tiefere Lage erhalten haben, oder ob sie seitwärts auseinander gezogen sind."

„Meine seitherigen Untersuchungen haben zwar zur Auffindung solcher Kennzeichen geführt; noch sind aber mehrfache Prüfungen erforderlich, ehe von denselben eine ganz sichere Anwendung bei dem Ausrichten abgeschnittener und verworfener Lagerstätten gemacht werden kann."

„Dahin gehören diejenigen Spiegel, welche solche Erhöhungen zwischen ihren Furchen haben, die sich nach einer gemeinsamen Seite hin erweitern und nach der entgegengesetzten, sämtlich in Spitzen, auslaufen. Man wird dabei voraussetzen können, daß die Auseinanderziehung eine den Spitzen entgegenlaufende Richtung hatte. Nach dieser jedoch näher zu prüfenden Annahme würden dergleichen Furchen ein Anhalten zur Ausrichtung solcher Lagerstätten geben, die durch Spiegel abgeschnitten und verworfen wurden."

„Es dürfte indes hiebei nicht außer acht bleiben, daß bei ein und demselben Gange die Furchen der Spiegel in verschiedenen Ebenen der Gangesmächtigkeit nicht stets einerlei Richtung haben. Wenn indessen auch diese Richtung abweichend und dabei nur in allen Ebenen, in denen Spiegel bemerkbar sind, die Furchenspitzen, wenn auch in verschiedenen Richtungen, alle aufwärts oder alle niederwärts gekehrt sich fänden, so würde man immer schließen können, auf welcher Seite die verworfene Lagerstätte, jenseits des jüngeren Ganges, liegen müßte."

„Ob nun gleich die Erscheinung der nach einer Seite spitz auslaufenden Erhöhungen darüber, ob das Hangende oder das Liegende eine höhere Lage erhalten hat, ein Urteil zulassen möchte und sie in dieser Beziehung dem Bergmann in einzelnen Fällen nützlich sein könnte, so läßt sie doch den Geologen darüber in Ungewißheit, auf welche Weise die höhere oder tiefere Lage hervorgebracht wurde und ob das Hangende oder das Liegende gesenkt oder gehoben, oder ob beides auseinander gezogen ist (vgl. im Gegensatze zu Höfer: „Die Verwerfungen, S. 20, Abs. 4). Sie zeigt nur an, ob das Hangende oder das Liegende sich in einer höheren Stellung befindet, was übrigens in Beziehung auf die Ausrichtung dem Bergmanne vollkommen genügt."

„Aber auch noch eine andere Form der Furchen nimmt die besondere Aufmerksamkeit des ersteren in Anspruch, wenn sie gleich den eben berührten geologischen Zweifel ebenfalls nicht beheben kann. Es sind dies solche Furchen, die bei tiefem Eingreifen ganz plötzlich auf den Spiegelflächen enden, so daß man genau wahrnehmen kann, daß hier auch die Auseinanderziehung plötzlich stillgestanden haben müsse."

„Diese besondere Form der Furchen läßt über die Frage: auf welcher Seite des Ganges die Gebirgsschichten höher liegen, keinen Zweifel zu, indem das vertiefte Ende der Furchen den Zielpunkt andeutet, bis zu welchem die Auseinanderziehung stattgefunden hat. Von dieser Erscheinung kann nun zwar mit größerer Sicherheit Gebrauch bei der Ausrichtung verworfener Lagerstätten gemacht werden; aber ihr Vorkommen ist doch im ganzen zu selten, um eine häufige Anwendung davon erwarten zu können."

„Ist aber einmal die Aufmerksamkeit auf besondere Form der Furchen und auf Ergründung der Bedeutung derselben hingelenkt, so dürfte es vielleicht gelingen, noch andere häufiger vorkommende Kennzeichen aufzufinden, die ein sicheres Anhalten zur Wiederausrichtung abgeschnittener Gänge gewähren."

Schmidt war somit jener, wie wir schon früher sahen, der die Einteilung der Verwerfungen in gleich- und widersinnige zuerst vornimmt; von ihm stammt auch die erste Unterteilung nach streichenden, spießeckigen und querschlägigen Verwerfungen; er zieht

[290]) S. 111 bis 114.

[291]) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen, 1881, S. 167.

[292]) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1886, S. 351. Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1886, Lit. Bl. 32. Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1886, S. 594.

[293]) Beiträge zu der Lehre von den Gängen, Siegen 1827, S. 29.

bereits die Möglichkeit, wie aus obigen Ausführungen ersichtlich, von Übersprüngen und Schrägverwerfungen in Erwägung. Nicht Leonhard hat im Jahre 1837 zuerst die Rutschstreifen als durch die Verschiebung zweier Felsmassen entstanden, richtig gedeutet[294]), nicht Höfer zuerst die Bedeutung der Rutschstreifen für die Ausrichtung im Jahre 1881 erkannt[295]) und nicht Alb. Heim zuerst die Bewegungsrichtung daran erkannt, daß die Rutschstreifen beim Beginne der Verschiebung leicht und beim Fortschreiten tiefer eingeritzt werden[296]), sondern Schmidt bereits im Jahre 1827, was um so mehr zu würdigen ist, da selbst der verdiente Mineraloge Mohs noch im Jahre 1842 sogar die Möglichkeit einer Verwerfung überhaupt verneint hat[297]). Indem Schmidt im letzten Absatze des oben Zitierten die Hoffnung auf einen weiteren Ausbau dieses Ausrichtungsverfahrens ausspricht, ist derselbe Schmidt, der als erster eine genaue Fassung der Ausrichtungsregeln für reine Sprünge gegeben hat, auch der Begründer der Ausrichtungen der allgemeinen Verwerfungen mit Hilfe der Gleitrichtung. Wir müssen den hochverdienten Bergmeister Schmidt, als den seiner Zeit weit voraus gelehrten Beobachter und Kenner der Verwerfungen bewundernd anerkennen.

b) Der neuere Stand der Ausrichtungsfrage

Durch die oben erwähnten Unternehmungen Höfers wurde die Aufmerksamkeit immer mehr auf die Behandlung der allgemeinen Verwerfungen gelenkt und die Unzulänglichkeit der Schmidt-Carnallschen und Zimmermannschen Regeln in allen Fällen der Verwerfungen hervorgehoben. So scheidet Köhlers Abhandlung aus 1886: „Die Störungen der Gänge, Flöze und Lager", angelehnt an die Arbeiten Heims[298]) schon die Faltenverwerfungen, die das Endresultat einer intensiven Faltung sind, als getrennte Gruppe aus, ebenso die Verschiebungen, welche bei bereits gefalteten Schichten durch Einwirkung einer horizontal wirkenden Kraft entstehen.

Er bemerkt auch, daß für diese die Schmidt-Carnallschen und Zimmermannschen Regeln nicht mehr gelten, und daß man aus deren Entstehung den Weg zur Ausrichtung ohne Schwierigkeit ableiten kann, bzw. daß bei Verschiebungen der Weg, der durch Umbiegungen der Schichten angezeigt wird, einzunehmen sei[299]). Die Gültigkeit der bis dorthin bestehenden Ausrichtungsregeln wird lediglich auf die Spaltenverwerfungen beschränkt (bei welchen durch die Senkung des Hangenden die Verwerfung hervorgebracht wurde). Unter Erwähnung der Carnallschen und Zimmermannschen Regeln weist er noch darauf hin, daß es auch Spaltenverwerfungen gibt, bei denen gleichzeitig auch eine seitliche Kraft wirksam war und daß es deshalb sogar denkbar wäre, daß die verworfene Lagerstätte dabei auf die der Ausrichtungsregel nicht entsprechende Seite gebracht wird[300]). Doch bemerkt er weiter, sich auf Höfers Angriffe gegen die Ausrichtungsregeln beziehend: „Für die große Zahl der reinen Spaltenverwerfungen in den bedeutendsten und ausgedehntesten Bergbaurevieren, besonders in flach gelagerten oder mäßig gefalteten Kohlengebirgen, haben die eben erörterten Ausnahmen keine, oder doch nur geringe Bedeutung und es erscheint nicht gerechtfertigt, dieser leicht zu erkennenden Ausnahmen wegen, die Schmidt-Zimmermannschen Regeln als unhaltbar zu bezeichnen[301])."

Es sei noch bezüglich der von Köhler angeführten Zimmermannschen Regel eine Anmerkung gestattet[302]). Sie entstand durch Anpassung der von Zimmermann aufgestellten Regel (S. 49), welche für Gangverwerfungen gilt, auf die übrigen. In der ursprünglichen Zimmermannschen Regel sind beide: Lagerstätte und Verwerfer, Gänge. Köhler ersetzt sie nun durch die Worte: „Lagerstätte" und „Verwerfer", setzt aber bei der Errichtung des Lotes nach dem Inneren des Ganges hin an Stelle des Wortes „Gang", wo Zimmermann den verwerfenden Gang, also den Verwerfer meint, das Wort „Lagerstätte". In seiner Fassung lautet die Regel dann: „Man errichte in dem Punkt, in welchem der Verwerfer angefahren wurde, auf die Streichungslinie desselben nach dem Inneren der Lagerstätte hin ein Lot", während Zimmermann die Lotrichtung nach dem Inneren des durch die beiden Salbänder begrenzten Verwerfers versteht, wie es auch aus seiner Abb. 2 (Taf. I) ersichtlich ist und wie es auch Tunner bei der von ihm vorgenommenen Erweiterung der für die Gangverwerfungen gefaßten Regel auf die übrigen reinen Sprünge erkannt hat[303]). („Man errichte in dem Punkte, wo der Verwerfer angefahren wurde, auf die Streichungslinie desselben nach dem Inneren hin, ein Lot usw.) Die Lotrichtung nach dem Inneren der Lagerstätte hin ist überhaupt zweideutig, je nachdem ob die Abbaustrecke in der Lagerstätte in deren Liegendem oder Hangendem sich befindet, während sie nach dem Inneren des Verwerfers immer eindeutig ist. Auch läßt der Ausdruck „nach dem Inneren der Lagerstätte hin" noch eine andere Deutung zu, wie dies von Hauße, dem die Zimmermannsche Regel vermutlich nur in der von Köhler gefaßten Form bekannt war, angenommen wurde[304]). Darauf soll später noch eingegangen werden. Daß die Köhlersche Form der Zimmermannschen Regel bei ihm selbst immer zu richtigen Ergebnissen führte, hat einen doppelten Grund. Erstens gibt die Zimmermannsche Regel die zu nehmende Richtung des Lotes am Ende noch einmal an („Das Lot bei seiner Richtung nach dem entgegengesetzten Salband", was selbstverständlich die Richtung nach dem Inneren des Verwerfers in einer anders gefaßten Form bedeutet), wodurch man beim genaueren

[294]) Höfer, Die Verwerfungen, S. 63, Abs. 3.

[295]) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1886, S. 350.

[296]) Höfer Die Verwerfungen, S. 61, Abs. 4.

[297]) Die ersten Begriffe der Mineralogie und Geognosie für praktische Bergleute.

[298]) Die Untersuchung über den Mechanismus der Gebirgsbildung 1878.

[299]) Bergbaukunde, 1887, S. 39, § 52.

[300]) § 50, S. 33, letzter Abs.

[301]) S. 34, Abs. 4.

[302]) § 47, S. 29, Abs. 3.

[303]) Tunners Jahrbuch 1851, S. 210, letzter Abs.

[304]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten u. Salinenwes. d. Preuß. Staaten, 1903, § 40, S. 48, Abs. 3 bis 6.

Erfassen der Zimmermannschen Regel die Lotrichtung dennoch richtig erhält. Zweitens nimmt Köhler beim Beweise der Richtigkeit der Zimmermannschen Regel selbst die Lotrichtung nach dem Inneren des Verwerfers und nicht der Lagerstätte an, wie dies auch aus seiner Bergbaukunde (1887, S. 33, Abs. 3) erhellt. („Nach der Zimmermannschen Regel weicht das im Anfahrungspunkte gegen das Innere, also in diesem Falle gegen das Liegende des Verwerfers zu errichtende horizontal liegende Lot..." usw.) Wenn auch somit die von Köhler abgeänderte Zimmermannsche Regel aus seiner Abhandlung über die Verwerfungen in mehreren Auflagen seiner Bergbaukunde immer wieder in derselben Form unverändert übernommen wurde, so erhält die darin vorkommende Verwechslung der Bezeichnungen „Lagerstätte" und „Verwerfer" dennoch nur den Charakter eines Druckfehlers, wenn auch die Folgen eines solchen, in einer wichtigen Regel erscheinenden Fehlers in einem anerkannten und weit verbreiteten Lehrbuch schwerwiegend sein können. (Siehe die noch zu erörternden Untersuchungen Haußes.)

Köhlers Arbeiten erhalten indes eine erhöhte Bedeutung dadurch, daß sie wichtige Anhaltspunkte für die Ausrichtung der allgemeinen Verwerfungen geben. Indem die Richtung der beobachteten Rutschstreifen als die Richtung der stattgefundenen Bewegung betrachtet wird, erklärt nämlich Köhler[305]): „In allen solchen Fällen aber wird man sicher zum Ziele kommen, wenn man die Ausrichtung in der Richtung der Rutschstreifen vornimmt bzw. sich nach der bei der Zimmermannschen Regel angegebenen Konstruktion unter Berücksichtigung der schrägen Richtung der Rutschstreifen, die gegenseitige Lage der getrennten Lagerstättenteile vorstellig macht." Damit besagt er uns — zwar nicht ganz ausdrücklich —, daß die Zimmermannsche Regel auch für allgemeine Sprünge angewendet werden kann, wenn man an Stelle des Lotes die Richtung des Abgleitens setzt. Dadurch wurde aber die Grundlage der ersten allgemein gültigen Ausrichtungsregel geschaffen, welche nicht nur, wie dort angegeben, für Spaltverwerfungen, sondern für alle Arten von Verwerfungen Gültigkeit hat. In genauerer Fassung erscheint dies in einer in der „Berg- und Hüttenmännischen Zeitung" enthaltenen Erwiderung[306]): „Wenn man den Sinn der Zimmermannschen Regel richtig erfaßt hat, so ergibt sich, daß die im Anfahrungspunkte auf dem Streichen des Verwerfers zu errichtende Lotlinie lediglich die Richtung der Senkung angeben soll. Setzt man an der Stelle der Lotlinie die bei gleichzeitiger Einwirkung einer horizontalen Kraft sich ergebende, an Rutschstreifen sich erkennende diagonale Richtung ein, so führt die Zimmermannsche Regel unfehlbar wieder zu einem richtigen Resultat." In der im Jahre 1903 erschienenen sechsten Auflage seines Lehrbuches wird die Zimmermannsche Regel deshalb schon in der erweiterten Fassung gegeben: „Man zieht zunächst von dem Punkt, in welchem der Verwerfer angefahren wurde, in der Ebene des Verwerfers eine der Senkung entsprechende Linie. Alsdann konstruiere man die Linie, in welcher sich die Ebenen der Lagerstätte und des Verwerfers schneiden und suche die verworfene Lagerstätte nach der Seite auf, nach welcher die Richtung der Senkung von der Schnittlinie oder, falls man sich auf dem gesunkenen Teile befindet, von der Verlängerung der Schnittlinie über die Streichungslinie des Verwerfers abweicht."

Die Anmerkungen Köhlers gelten natürlich auch dann, wenn die Richtung der Bewegung nicht durch Rutschstreifen, sondern durch Schleppungen und Schweifbildungen gegeben ist, bzw. wenn man die Gleitrichtung, wie wir bereits wissen, durch Rechnung erhalten hat. Durch Köhlers Untersuchungen wurde somit die Gültigkeit der Zimmermannschen Regel auch auf die allgemeinen Sprünge ausgedehnt und wir können somit die Zimmermann-Köhlersche Regel kurz etwa in der Form ausdrücken: „Die Ausrichtung ist nach jener Seite vorzunehmen, nach welcher die Gleitrichtung von der Kreuzlinie abweicht", eine Fassung, welche der an der Leobner Hochschule vorgetragenen entspricht[307]), welche wir sonach die Leobner Regel I nennen wollen, die auch in der Form angeschrieben werden kann: „Die Ausrichtung und Gleitrichtung liegen auf derselben Seite der Kreuzlinie."

Im Jahre 1903 erscheint Haußes längere Abhandlung: „Die Verwerfungen, insbesondere ihre Konstruktion, Berechnung und Ausrichtung"[308]). Durch den Umstand, daß, seit Carnalls Werk erschien, kein nennenswerter Fortschritt in der für den Bergmann wichtigen Geometrie der Verwerfungen verzeichnet werden konnte, veranlaßt, untersucht er auch die allgemeinen Verwerfungen und deren Ausmaße[309]). „Obgleich es keinem Zweifel mehr unterliegt, daß die Bewegungsrichtung des Hangenden in vielen, wenn nicht in den meisten Verwerfungen schräge Richtung hat, so ist dennoch bisher in der Konstruktion und Berechnung der Verwerfungen keine Rücksicht darauf genommen worden." „Aus den vorstehenden Erörterungen dürfte die Notwendigkeit hervorgehen, in den nachfolgenden Untersuchungen der Verwerfungen auf die schräge Verschiebungsrichtung des Hangenden gründlich einzugehen"[310]). Indem die von Köhler ausgeschiedene Gruppe der „Verschiebungen" auch in die Spaltenverwerfungen eingereiht wurden, werden zunächst die Ausmaße der einzelnen Ausrichtungsgrößen der reinen Sprünge berechnet und die Ausrichtungsregeln angegeben, um dann in dem folgenden Teil sie auf die allgemeinen Sprünge zu erweitern. So werden die Größen der streichenden, querschlägigen, kluftfallenden, kluftkürzesten und allerkürzesten Ausrichtung ermittelt. Die seigere Ausrichtung dagegen, obwohl deren Anwendungsmöglichkeit ebenso wie die der übrigen Ausrichtungsarten bereits früher

---

305) Bergbaukunde, 1887, S. 34, Abs. 3.

306) 1901, S. 74.

307) Vorlesungen aus der Markscheidekunde (Prof. Dr. Aubell).

308) Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen der Preuß. Staaten 1903, S. 1 bis 65 und 160 bis 199.

309) S. 1, Abs. 1.

310) S. 7, Abs. 2 bis 3.

(erstere von Dannenberg[311]) angegeben wurden, nicht in Erwägung gezogen, was um so mehr auffällt, da die Frage der Deckung nach dem Lote, welche für diese Ausrichtungsart allein maßgebend ist, eine eingehende Behandlung erfährt. Da jedoch die meisten Untersuchungen Haußes aus der unzulässigen Verallgemeinerung der Ergebnisse der streichenden Sprünge auf die spießeckigen entstanden sind, ferner nachdem von dem von Carnall eindeutig bestimmten Streichwinkel Abstand genommen wurde und die räumlichen Verhältnisse in vielen Fällen unrichtig erfaßt wurden, sind seine für reine Sprünge aufgestellten meisten Berechnungen und auch deren Verallgemeinerung auf die allgemeinen Sprünge — wie bereits bei der Ermittlung der einzelnen Ausrichtungsgrößen darauf hingewiesen wurde — fehlerhaft ausgefallen, was um so merkwürdiger ist, da ja Carnalls für reine Sprünge geltende Ergebnisse, deren Weiterentwicklung Hauße vorgenommen hatte, in widersprechenden Fällen ihn zu mehr Vorsicht veranlassen hätten können.

Aber nicht nur die Berechnungen, sondern auch die von Hauße gegebenen Ausrichtungsregeln erfordern eine kritische Betrachtung. Hauße untersucht zunächst die für reine Sprünge geltenden Regeln. So werden die älteren Ausrichtungsregeln erwähnt[312]) und darunter auch die Zimmermannsche, die er wahrscheinlich nur in der Köhlerschen Fassung kennt. Darauf deutet hin, daß auch bei ihm das Lot nach dem Inneren der Lagerstätte und nicht des Verwerfers zu fällen ist, ferner daß er vermeidet, die entsprechenden Stellen in Zimmermanns Abhandlung zu erwähnen, dagegen Köhlers Lehrbuch der Bergbaukunde[313]), zwar nicht mit der Zimmermannschen Regel zusammen, an mehreren Stellen angeführt erscheint. Da von ihm der weitere Satz: „Bemerke dabei, nach welcher Seite hin das Lot in seiner Richtung nach dem entgegengesetzten Salband abweicht" übergangen wurde, sind auch die in der Zimmermannschen Regel entdeckten „Fehler", wenn das Lot nach dem Ineren der Lagerstätte errichtet wurde, erklärlich. Nachdem versucht wird, die Zimmermannsche Regel nach der Lage der Lagerstätte richtigzustellen, gelangt er u. a. zu einer, bereits von Carnall[314]) und Beer[315]) vorher ausgesprochenen Regel mit der Ausrichtung nach dem stumpfen Winkel, den die Kreuzlinie mit dem Streichen des Verwerfers bildet, die er nur insofern abändert, daß die ursprüngliche Regel für die streichende Ausrichtung eine nicht ganz verständliche Erweiterung erfährt. „Man konstruiere die Schnittlinie desjenigen Flügels, in dem man die Kluft anfährt, ziehe durch den Anfahrungspunkt der Kluft deren Fallinie nach der Seite des anderen Flügels und richte die widersinnig fallenden Verwerfungen zwischen dem Fall- und demjenigen Teile der Streichlinie der Kluft aus, mit dem die Schnittlinie einen stumpfen Winkel einschließt, und bei rechtfallenden Verwerfungen in der Richtung desjenigen Teiles der Kluftstreichlinie, der mit der Schnittliie einen stumpfen Winkel bildet"[316]). Es ist nämlich nicht ohneweiters ersichtlich, was mit der Ausrichtung zwischen Kluftfallinie und Streichen des Verwerfers gemeint ist. Denn zwischen der Fallinie der Kluft und dem Streichen des Verwerfers läßt sich in der Ebene des Verwerfers ein jeder Sprung und nicht nur der widersinnige ausrichten; sollte jedoch die söhlige und damit auch die querschlägige Ausrichtung gemeint sein, so muß die Projektion der Fallinie der Lagerstätte als Grenzlage genommen werden, wobei die Regel noch immer nicht vollständig wird, da die rechtsinnigen Sprünge mit stumpfem Verwurfswinkel ebenfalls querschlägig ausgerichtet werden können. Unter Vorausschickung des Ausspruches: „Man sollte den Bergmann nicht mehr mit der Zimmermannschen Ausrichtungsregel quälen," werden dann auf vier Seiten (§ 42 bis 56) genauere Ausrichtungsregeln angegeben, die trotz des erwähnten Ausspruches über die Zimmermannsche Regel viel schwerfälliger gehalten sind als die Zimmermannsche. Wir wollen nur seine für die söhlige Ausrichtung geltenden Regeln anführen. Für diagonale Sprünge, in denen die Verwerferebene steileres Fallen als die Lagerstätte hat, lautet sie: „Wird die Kluft im Hangenden angefahren, so hat man nach ihrer Durchbrechung die Ausrichtung in das Liegende nach der Seite des Einfallens des Flözes hin vorzunehmen, und zwar querschlägig zur Schichtung, wenn die Lagerstätte widersinnig fällt, oder im Streichen der Kluft, wenn die Lagerstätte rechtsinnig fällt. Trifft man die Kluft im Liegenden an, so erfolgt nach ihrer Durchbrechung die Ausrichtung in das Hangende nach der Seite des Ansteigens des Flözes, und zwar querschlägig zur Schichtung oder im Streichen des Verwerfers, je nachdem die Lagerstätte widersinnig oder rechtsinnig fällt" (§ 42). Für diagonale Sprünge, in denen die Verwerferebene flacheres Fallen als die Lagerstätte hat, wird angegeben: „Die Ausrichtung der widersinnig fallenden Sprünge erfolgt vom Anfahrungspunkt im Hangenden der Kluft nach deren Durchbrechung querschlägig in das Liegende des Flözes; von den rechtfallenden Sprüngen sind diejenigen, welche zwischen dem querschlägigen und demjenigen diagonalen rechtfallenden Sprunge liegen, dessen Schnittlinien mit der Fallinie der Sprungkluft zusammenfallen, kluftstreichend und die übrigen querschlägig in das Hangende oder Dach des Flözes auszurichten. Wird die Kluft im Liegenden angefahren, so gilt für die Ausrichtung der Lagerstätte diese Regel umgekehrt" (§ 43). Für streichende Sprünge wird folgende Regel gegeben: „Die streichend widersinnig fallenden Sprünge sind vom Kluftanfahrungspunkt nach Durchbrechung der Kluft normal zum Streichen der Lagerstätte querschlägig auszurichten; diese Regel gilt sowohl für die streichend widersinnig fallenden Sprünge, in denen die Neigung des Verwerfers größer ist als die der Lagerstätte, als auch für solche, in denen die Neigung des Verwerfers

[311]) S. 7, Abs. 3.

[312]) § 40, S. 48 bis 49.

[313]) § 4, S. 8, Abs. 1; § 2, S. 6, Abs. 6; § 76, S. 169, Abs. 5.

[314]) § 250, S. 174, letzter Abs.

[315]) § 159, S. 299, Abs. 6.

[316]) § 40, S. 49, letzter Abs.

kleiner ist. Streichend rechtfallende Sprünge lassen sich nicht ausrichten" usw. (§ 44).

Es würde zu weit führen, auf alle folgenden Regeln einzugehen. Bemerkt sei nur, daß auch streichend rechtfallende Sprünge querschlägig ausgerichtet werden können, falls die Neigung der Lagerstätte größer ist als jene des Verwerfers. Ferner ist noch bezüglich der allerkürzesten Ausrichtung[317]) zu erwähnen, daß diese nicht bei einem jeden widersinnig fallenden Sprung, bei welchem die Neigung des Verwerfers größer ist als die der Lagerstätte, angewendet werden kann, daß dagegen bei rechtsinnigen Sprüngen mit stumpfem Verwurfswinkel die allerkürzeste Ausrichtung immer anwendbar sein wird. Endlich sei bezüglich der Ausrichtungsregel der streichenden Überschiebungen[318]) bemerkt, daß die querschlägige Ausrichtung bei Übersprüngen in Fällen, bei welchen die Neigung des Verwerfers kleiner ist als die der Lagerstätte, nicht angewendet werden kann.

Den dritten Abschnitt widmet Hauße der Untersuchung der allgemeinen Verwerfungen. Während er zur Behandlung der Verhältnisse der reinen Sprünge 29 Abbildungen verwendet[319]) (und trotzdem seine Untersuchungen nicht fehlerfrei erscheinen konnten), begnügt er sich bei der Untersuchung der viel mannigfaltigeren allgemeinen Verwerfungen mit vier Abbildungen[320]), um aus deren Eigenschaften für sämtliche Verwerfungen gültige Regelmäßigkeiten zu erhalten. Denn in § 76 (S. 169) erklärt er: „Aus der Vergleichung der auf Tafel 3 enthaltenen Konstruktionen der allgemeinen Verwerfungen mit den auf Tafel 1 und 2 dargestellten normalen Verwerfungen ergibt sich, daß die Lage der Ausrichtungsgrößen gegen die Kluft und die Flügel in beiden Konstruktionen (aber nur zufällig!) übereinstimmt, woraus folgt, daß die Regeln für die Ausrichtung der allgemeinen Sprünge dieselben sind wie für die normalen. Nicht die Richtung, sondern nur die Größe der Ausrichtungslinie verändert sich mit dem Sprungwinkel oder der Verschiebungsrichtung des Hangenden." Der Zweifel darüber, ob die Ausrichtung der Sprünge, deren Hangendes in schräger Richtung verschoben wurde, anders zu erfolgen habe als von den Sprüngen, als deren Hangendes sich in der Richtung der Kluftfallinie abgesenkt hat, dürfte besonders durch die vorstehenden Erörterungen in Verbindung mit den Darstellungen der Tafel 3 gehoben sein", ein Ausspruch, bei dessen Zutreffen das Studium der Gleitrichtung vollkommen hinfällig wäre. Nun aber ist dies durchaus nicht der Fall. Auf Grund unserer aus Gleichung 23 erhaltenen Untersuchungen wissen wir nämlich, daß ein jeder allgemeine Sprung, bei welchem die Hangendgleitrichtung von der Kreuzlinie auf der entgegengesetzten Seite der Fallinie liegt, das geometrische Bild eines Übersprunges liefern muß und somit eine, dem reinen Sprung entgegengesetzte Ausrichtung erfordert. Ähnlich verhält es sich beim Übersprung. Falls Hauße die Gleitrichtung noch etwas flacher angenommen hätte, als er dies in den vier Abbildungen tat, so wäre er auf die Unmöglichkeit seiner Behauptungen selbst gekommen. Diese Außerachtlassung ist aber um so auffallender, da Köhlers Bergbaukunde (II. Aufl., S. 33) ihn darauf hinführen hätte können. Ohne nähere Prüfung von Köhlers Ausführungen erklärt Hauße, durch die aus den vier Abbildungen erhaltenen Ergebnisse veranlaßt: „Die von Köhler aufgestellte Behauptung, daß die Ausrichtung der Sprünge, deren Hangendes in schräger Richtung verschoben wurde, von der Ausrichtung der normalen Sprünge abweiche, und daß die verworfene Lagerstätte auf die der Ausrichtungsregel nicht entsprechende Seite gebracht werden könne, ist sonach schwer verständlich"[321]). Höfers Untersuchungen aus 1881 — die an der genannten Stelle von Köhler auch erwähnt wurden — geben bereits sehr genau Aufschluß darüber, wann dies der Fall ist. Höfer erklärt nämlich darin ausdrücklich, daß „bei einem schrägen Abrutschen des Hangendstückes nur dann der Eindruck eines Sprunges gewahrt bleibt, wenn die Rutschstreifen steiler als die Scharungslinie liegen, falls beide nach derselben Stunde verflächen"[322]), eine Bemerkung, deren Richtigkeit er durch die beigefügte Abbildung erhärtet. In nicht so exakter Form ausgesprochen, aber immerhin hinreichend verständlich wird diese Möglichkeit schon dem aufmerksamen Leser Carnalls auffallen: Nachdem in § 174 (S. 106) unter b und in Abb. 99 dargetan wurde, wie durch ein schräges Abgleiten des Hangenden dennoch das geometrische Bild eines Übersprunges entstand, obwohl dies in der Tat nicht der Fall ist, erwägt sogar Carnall, ob das geometrische Bild eines Übersprunges nicht immer nur durch einen schrägen Sprung verursacht wird[323]): „Je einfacher es ist, die meisten Sprünge durch Senkung des Hangenden zu erklären, um so leichter könnte man auf den Gedanken kommen, auch die Übersprünge sämtlich in vorstehender Art zu erklären, daß nämlich nur durch solche Bewegungen in verschiedenen von der Fallinie der Kluft abweichenden Richtungen die Lage der Flözteile bestimmt sei, mithin sich hier nur scheinbar das Hangende in einer höheren Lage befinde." Da aber das geometrische Bild eines Übersprunges — erzeugt durch einen schrägen Sprung — eine Umkehrung der für den Sprung geltenden Regel erfordert, so folgt daraus auch, daß die Regeln der allgemeinen Sprünge mit denen der reinen Sprünge nicht übereinstimmen können. Infolge dieser Außerachtlassung muß die durch Hauße erfolgte Behandlung der allgemeinen Sprünge als mißlungen angesehen werden; aber auch die Erörterungen der reinen Sprünge bleiben in den meisten Fällen weit hinter Carnalls grundlegenden Arbeiten zurück. Aus beiden Gründen sind wir berechtigt, zu erklären, daß das von Hauße erstrebte Ziel, den seit Carnall vermißten Fortschritt in der Geometrie der Verwerfungen durch seine Arbeiten nun wieder in Gang gebracht zu haben, zum Großteil nicht erreicht wurde.

317) § 49, S. 53.
318) § 52, S. 54.
319) Tafel 1 und 2.
320) Tafel 3.
321) § 76, S. 169, Abs. 5.
322) Österr. Ztschr. für Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 168, letzter Abs. links.
323) § 176, S. 107.

Einen wesentlichen Fortschritt bedeuten die von Treptow in seinem Lehrbuch der Bergbaukunde[324]) (und deshalb nur kurz) enthaltenen Untersuchungen. Zur Angabe der Richtung der Ausrichtung wird hier nämlich eine ganz andere Grundlage genommen, als dies bei den früheren Regeln der Fall war, und zwar die ansteigende oder herabfallende Seite der Kreuzlinie. Liegt die Kreuzlinie des verworfenen Flügels tiefer, so zeigt offenkundig der ansteigende Teil der stehengebliebenen Kreuzlinie den Weg zur söhligen Ausrichtung an, während im entgegengesetzten Falle die Richtung durch die einfallende Seite der Kreuzlinie angegeben wird. Unter Zugrundelegung dieser Tatsachen wird dann die Ausrichtungsregel für spießeckige Verwerfungen in der Form gegeben[325]): „Man konstruiere die Kreuzlinie des Verwerfers mit der Lagerstätte im Anfahrungspunkt und bezeichne das Einfallen der Kreuzlinie. Hat sich der Gebirgsteil hinter dem Verwerfer gesenkt, so fährt man nach Durchbrechung des Verwerfers das Ort zur streichenden Ausrichtung nach der Seite des ansteigenden Teiles der Kreuzlinie auf. Liegt der Gebirgsteil hinter dem Verwerfer höher, so fährt man nach Durchbrechung des Verwerfers das Ort zur streichenden Ausrichtung nach der Seite des einfallenden Teiles der Kreuzlinie auf." Bezüglich dieser Regel sei nur bemerkt, daß sie nur für reine Sprünge gelten kann, wie dies bei den Konstruktionen auch angenommen wurde, denn nur dort wird die Voraussetzung erfüllt, daß bei einem Tieferliegen des Gebirgsteiles auch die Kreuzlinie tiefer liegt; bei einem gegenseitigen allgemeinen Sprung wird bei einem Tieferliegen des Gebirgsteiles die Kreuzlinie dennoch höher liegen, d. h. die Regel wird ungültig, da letztere auf der relativen Lage der beiden Kreuzlinien fußt, gleichgültig ob diese Lage durch Hebung oder Senkung des Gebirgsteiles entstanden ist. Nur bei einem reinen Sprung sind beide identisch. Zusammenfassend wird dann von Treptow auf S. 46[326]) die Ausrichtungsregel in der Form wiederholt: „Für die streichende Ausrichtung aller spießeckigen und querschlägigen Verwerfungen, gleichgültig ob Sprünge oder Überschiebungen sind, zeichnet man die Kreuzlinie des Verwerfers mit der Lagerstätte im Anfahrungspunkt. Vermutet man den Teil der Lagerstätte hinter dem Verwerfer in tieferer Lage, so fährt man nach Durchbrechung des Verwerfers streichend an dem Verwerfer nach der Seite des ansteigenden Zweiges der Kreuzlinie auf. Vermutet man dagegen den Teil der Lagerstätte hinter der Verwerfung in höherer Lage, so fährt man auf dem Verwerfer nach der Seite des einfallenden Zweiges der Kreuzlinie auf."

Diese zweite Fassung der Regel erscheint uns eine zweideutige Auslegung zuzulassen, weshalb eine kurze Ergänzung angefügt werden möge. Es kann nämlich die Frage aufgeworfen werden, was unter der tieferen und höheren Lage einer Lagerstätte vorgestellt wird: ob man darunter die relative Lage zweier homologer Punkte versteht, oder, was gewöhnlich geschieht, ohne Rücksicht auf die Lage der homologen Punkte lediglich die Lage der Lagerstätte nach dem Durchbrechen des Verwerfers. Im Sinne der ersten Definition liegt der Lagerstättenteil tiefer, wenn der entsprechende Punkt (der mit dem Anfahrungspunkt in Zusammenhang war) sich in tieferer Lage befindet; im Sinne der zweiten Auslegung dagegen, wenn die Ebene der Lagerstätte tiefer liegt, d. h. die Lagerstätte unter der Sohle der Anfahrungsstrecke zu suchen ist, wie dies z. B. auch Carnall versteht[327]). Beide Begriffe sind zwar oft identisch, aber nicht immer, selbst beim reinen Sprung nicht. Wird die erste Auslegung angenommen (entsprechend der auf S. 43 angegebenen Regel mit der Lage des Gebirgsteiles), so gilt die Regel dann nur für reine Sprünge und Übersprünge, und es wäre in diesem Falle vorteilhafter, um eine Zweideutigkeit von vornherein auszuschließen, den in der ersten Fassung gebrauchten Ausdruck „Gebirgsteil" an Stelle von „Lagerstätte" beizubehalten. Versteht man jedoch die zweite Auslegung, wo die Lagerstätte dann höher liegt, wenn sie im Dache der vorgetriebenen Strecke erscheint, so gilt die Regel auch für allgemeine Sprünge und Übersprünge mit Ausnahme des stumpfen Verwurfswinkels, wo eine Umkehrung stattfindet, wie dies auch aus Abb. 27 ersichtlich ist. Man fährt den Verwerfer mit der streichenden Strecke $\overline{ab}$ an und findet nach dem Durchbrechen des Verwerfers die Lagerstätte in einer höheren Lage. Die Ausrichtung ist trotzdem nicht nach der einfallenden, sondern nach der ansteigenden Seite der Kreuzlinie vorzunehmen, da der Verwurfswinkel ein stumpfer ist. Wir sehen somit, daß der Verwurfswinkel dennoch notwendig wird, falls man dem Begriffe „der höheren Lage der Lagerstätte" die zweite Deutung gibt. Will man den Verwurfswinkel ausschalten, so muß der ansteigende und einfallende Teil der Kreuzlinie nicht auf die Fallinie des Verwerfers, sondern auf das Streichen der Lagerstätte bezogen werden, und man kann dann der Regel die Form geben: Vermutet man den Lagerstättenflügel hinter dem Verwerfer in tieferer Lage, so erfolgt die Ausrichtung nach jener Seite, nach welcher die ansteigende Seite der Kreuzlinie vom Streichen der Lagerstätte zeigt. Vermutet man die Lagerstätte dagegen in einer höheren Lage, so richtet man nach jener Seite aus, nach welcher der einfallende Zweig der Kreuzlinie vom Streichen der Lagerstätte abweicht, gleichgültig, ob ein reiner oder allgemeiner Sprung, oder ein reiner oder allgemeiner Übersprung vorhanden ist.

Fuhrmann legt in seinen „Grundzügen der söhligen Ausrichtung verworfener Lagerstätten"[328]) das Hauptgewicht auf die räumliche Darstellung der einzelnen Verwerfungsfiguren, auf Grund welcher die Richtigkeit der allgemein gefaßten Zimmermann-

---

324) Grundzüge der Bergbaukunde, V. Aufl., 1917, 325) S. 43, Abs. 2.
326) Letzter Abs.

327) § 246, S. 172.
S. 39 bis 47.
328) Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen der Preuß. Staaten 1922.

schen Regel bewiesen wird. Zur Ermittlung der Richtung der Ausrichtung wird dann eine sinnreiche Konstruktion angegeben[329]): „Zieht man von dem jenseitigen Teile der Kreuzlinie einen Bogenpfeil nach der Gleitlinie, so zeigt der Bogenpfeil nach der Richtung der aufzusuchenden Lagerstätte," deren Richtigkeit, von der Erwägung ausgehend, daß die Lage des verworfenen Flügels von der Abweichung der Gleitrichtung von der Kreuzlinie abhängt, leicht einzusehen ist.

In der Bergbaukunde von Heise-Herbst[330]) werden die Ausrichtungen auf den Seiten 23 bis 28 untersucht und dann (S. 26) als das allgemeine Gesetz für „spießeckige echte Sprünge" (d. h. reine Sprünge) die Regel aufgestellt: „Bei einem echten Sprung hat man das verlorene Stück einer Gebirgsschichte, wenn man das Hangende der Sprungkluft angefahren hat, nach der Seite hin zu suchen, nach der die Kreuzlinie von der Fallinie abweicht; hat man das Liegende der Kluft angefahren, so ist das verlorene Stück nach der entgegengesetzten Seite zu suchen," eine Regel, deren Richtigkeit auch aus der von Carnall erhaltenen Gesetzmäßigkeit[331]) erhalten werden kann. Wenn nämlich das Streichen des Verwerfers, in dem die Ausrichtung der Verwerfung vorzunehmen ist, mit dem aufwärts verlängerten Teil der Kreuzlinie einen stumpfen Winkel bildet, so muß die abwärts verlängerte Seite der Kreuzlinie von der Falllinie des Verwerfers nach der Seite des stumpfen Winkels hin zeigen. Während Carnall immer den aufwärts verlängerten Teil der Kreuzlinie nimmt, muß somit in der Heise-Herbstschen Regel, da die Falllinie und nicht das Streichen gewählt wurde, der einfallende Teil der Kreuzlinie genommen werden. Nachdem eine Linie eine ungerichtete Größe darstellt, so erscheint es wünschenswert, in obiger Regel an Stelle der „Kreuzlinie" den Ausdruck „einfallende Kreuzlinie" zu setzen, wodurch eine etwa mögliche Verwechslung ausgeschlossen erscheint.

Die in der „Tektonischen Geologie für Montanisten"[332]) von Stočes erwähnte Ausrichtungsregel: „Beim Sprunge bewege ich mich gegen die Neigung der Lagerstätte dann, wenn ich im Liegendflügel die Dislokation erreichte, wenn ihr Einfallen von mir weggerichtet ist, und bewege mich in der Richtung der Lagerstättenneigung dann, wenn ich im Hangenden auf die Dislokation gestoßen bin, wenn sie also unter der Sohle einfällt. Bei Überschiebungen ist es nötig, sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen," gilt nur für reine Sprünge und Übersprünge mit spitzem Verwurfswinkel und ist eigentlich die Schmidtsche Regel ergänzt durch die Umkehrung für Übersprünge.

Auf Grund des bisher über die Ausrichtungsregeln Erwähnten können wir zusammenfassend sagen, daß die auf die streichende Ausrichtung bezugnehmenden Regeln bezüglich der Ausrichtungsrichtung in zwei voneinander scharf zu unterscheidenden Gruppen getrennt werden können: 1. jene, bei denen die Ausrichtungsrichtung in bezug auf das Hangende oder Liegende der Lagerstätte angegeben wird (erste Regel von Schmidt) und 2. jene, bei welchen die Richtung der Ausrichtung in bezug auf eine Gerade (z. B. Kreuzlinie) bestimmt wird (erste Fassung von Zimmermann). Somit sind Ausdrücke, welche von einer Schmidt-Zimmermannschen Regel sprechen, nicht richtig[333]): diese kann nur entweder die Schmidtsche oder die Zimmermannsche sein, denn die Verbindung beider ist unmöglich; dagegen kann wohl von der Schmidt-Carnallschen Regel die Rede sein, da letztere die erstere ergänzt. Ferner kann die von Stočes erwähnte, für die tonlägige Ausrichtung geltende Regel: „Fährt man den Verwerfer im Liegenden an, so ist abzuteufen, fährt man im Hangenden an, so aufwärts zu suchen"[334]), nicht als die Zimmermannsche Ausrichtungsregel angesehen werden, sondern ist die von Carnall für die tonlägige Ausrichtung aufgestellte Regel. Zimmermann erwähnt diese Ausrichtungsart überhaupt nur sehr flüchtig und nur in der von Schmidt gehaltenen Form[335]). Dagegen ist die von Heise-Herbst angeführte Regel[336]): „Fährt man das Hangende des Verwerfers an, so hat man hinter diesem in das Hangende der Gebirgsschichten aufzufahren; fährt man das Liegende des Verwerfers an, so hat man hinter diesem ins Liegende der Gebirgsschichten aufzufahren," nicht die Carnallsche Ausrichtungsregel, sondern die Zusammenfassung der zwei ersten Schmidtschen. Die vier Schmidtschen Regeln lassen sich nicht zusammenfassen, da beide letzteren auf Fälle sich beziehen, in welchen entweder Lagerstätte oder Verwerfer vertikal stehen, somit von keinem Liegenden oder Hangenden gesprochen werden kann. Letzteren beiden Möglichkeiten als Sonderfälle werden von Carnall nicht berücksichtigt, dagegen der von Schmidt vernachlässigte Fall des stumpfen Verwurfswinkels ergänzend angeführt.

Eine brauchbare Verallgemeinerung der Schmidt-Carnallschen Regeln auf die allgemeinen Verwerfungen findet erst in der von Prof. Dr. Aubell abgeänderten Form dieser Regel (um 1912 herum). Zum Verständnis muß vorausgeschickt werden, daß bei ihm bei abwärts gerichteter Gleitrichtung die abwärts gerichtete Fallrichtung, bei aufwärts gerichteter Gleitrichtung die nach aufwärts gerichtete Fallrichtung heranzuziehen ist. Die Regel lautet:

„Trifft man beim Anfahren des Verwerfers auf dessen Liegendes (Hangendes), so hat man den Verwerfer zur Auffindung des verworfenen Teiles der Lagerstätte in der Richtung nach dem Liegenden (Hangenden) des bekannten Teiles der Lagerstätte aufzufahren.

Diese Regel gilt für Sprünge mit spitzem Sprungwinkel, wenn die Gleit- und Fallrichtung auf der-

329) S. 111, letzter Abs.
330) V. Aufl., 1923.
331) § 250, S. 174, letzter Abs.
332) Stočes, 1923. S. 84.
333) Höfer, Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1886, S. 349.
334) Stočes, Tektonische Geologie, S. 82.
335) S. 40, Abs. 2.
336) Bergbaukunde, 1923, S. 23.

selben Seite der Kreuzlinie liegen. (Aubell nennt letztere Erscheinung das gleichsinnige Gleiten.) Die Regel kehrt sich um: 1. beim stumpfen Sprungwinkel, 2. wenn Gleit- und Fallrichtung zu verschiedenen Seiten der Kreuzlinie liegen (gegensinniges Gleiten), 3. bei Übersprüngen. Ein Zusammentreffen zweier Umkehrungsfälle bewirkt die Herstellung der ursprünglichen Regel.“ (Leobner Regel II.)

c) Die Erweiterung der Ausrichtungsregeln

Unsere bisherigen über die Entwicklung der Ausrichtungsregeln angestellten Untersuchungen zeigen uns deutlich, daß das Bestreben hauptsächlich auf die Aufstellung von für reine Sprünge und Übersprünge geltenden Regeln gerichtet war und daß die allgemeinen Sprünge, in denen das Abgleiten in der Ebene des Verwerfers schief zur Fallinie erfolgte, nur wenig Beachtung gefunden hat. Ein Grund hiefür mag der Umstand sein, daß bei letzteren die Richtung des Abgleitens eine wesentliche Rolle spielt, die zu ermitteln aber nicht immer möglich ist, weshalb die Regeln keine allgemeine Anwendung finden können. Kann jedoch die Gleitrichtung angegeben werden, so wird es vorteilhaft erscheinen, ebenso wie beim reinen Sprung, auch hier bestimmte Regelmäßigkeiten aufzustellen. Den von Heise-Herbst eingenommenen Standpunkt[337]: „Vielfach kann man das verworfene Stück ohne Ausrichtungsregeln finden (wenn nämlich die Gleitrichtung bekannt ist); es können z. B. Rutschflächen auf dem Liegenden oder Hangenden einen Fingerzeig geben, indem sie sich in der Bewegungsrichtung des gesunkenen Teiles, nach welcher hin dieser zu suchen ist, glatt, in der entgegengesetzten Richtung sich rauh anfühlen. Ebenso können Umbiegungen der Schichten an der Kluft oder Schleppungen von mitgerissenen Teilen der Lagerstätte auf die Richtung hinweisen, in welcher die Bewegung erfolgte, und daher das abgerissene Stück zu suchen ist,“ können wir nicht ganz teilen. Denn bei dem reinen Sprung ist ja die Gleitrichtung auch gegeben (oder wird zumindestens als gegeben angenommen), nämlich in der Fallinie des Verwerfers, wenn auch nicht aus Rutschstreifen und Schleppungen erhalten, aber doch bekannt, ebenso bekannt, wie diese bei abweichender Richtung durch die erwähnten Kennzeichen angegeben wird, weshalb dann bei einem reinen Sprunge die von Heise-Herbst aufgestellte Ausrichtungsregel ebenso entbehrlich sein müßte. Ja es sind sogar die Ausrichtungsregeln für die allgemeinen Sprünge viel bedeutend wichtiger, auch dann, wenn die Gleitrichtung gegeben ist, als die der reinen Sprünge! Denn durch die Richtung des Abgleitens kann die Ausrichtungsrichtung lediglich dann angegeben werden, wenn man letztere in dieser Richtung nimmt, während bei einer streichenden Ausrichtung es z. B. ohneweiters denkbar ist, daß die Gleitrichtung von der Fallinie des Verwerfers links zeigt, die Ausrichtung dennoch nach rechts vorzunehmen ist (Abb. 37). Bei einem reinen Sprung ist diese Verschiedenheit zwischen Gleitrichtung und Ausrichtung nicht möglich, da bei diesem die Gleitrichtung mit der Fallinie zusammenfällt. Die Richtung des Gleitens gibt somit allein keinen Anhaltspunkt für die streichende und besonders aber für die anderen Ausrichtungen, wo man die Verwerferebene verläßt, und es kann die Ausrichtung bei derselben Lage des Verwerfers und der Gleitrichtung in zwei gegebenen Fällen je nach der Neigung der Lagerstätte verschieden geschehen. Es erscheint deshalb gerechtfertigt, jene Regelmäßigkeiten zu untersuchen, welchen die Richtung der Ausrichtung in solchen Fällen unterworfen ist.

Als Grundlage der anzustellenden Untersuchungen diene die Kenntnis der Gleitrichtung, d. h. die Richtung der Verschiebung vom relativ stehengebliebenen Teil zum verworfenen Teil der Lagerstätte. Diese kann entweder durch Rutschstreifen oder durch Umbiegungen, Schleppungen usw. angegeben oder auf Grund angestellter Berechnungen erhalten werden. Jedenfalls werden vielleicht noch andere bisher nicht beachtete Möglichkeiten dazu führen, die sichere Bestimmung der Gleitrichtung in jedem einzelnen Falle zu ermöglichen. Doch ist und bleibt die Bestimmung der Gleitrichtung eine vornehmlich geologische Frage. Schon aus diesem Grund ist die gründliche geologische Ausbildung des Markscheiders eine wichtige Forderung; diese bietet auch die sicherste Gewähr für die richtige Ermittlung der Ausrichtungsrichtung.

Die Anpassung der Zimmermannschen Regel auf die allgemeinen Verwerfungen wurde bereits, wie erwähnt, von Köhler vorgenommen. Die Kreuzlinie ist aber eine Gerade der Verwerferebene, weshalb man die Richtung der Ausrichtung in bezug auf diese Gerade ohne Schwierigkeit nur in der Verwerferebene selbst angeben kann. Es erscheint daher vorteilhafter, die Richtung der Ausrichtung in bezug auf eine Ebene, und zwar nach dem Liegenden oder Hangenden der Lagerstätte anzugeben. Da muß als Ausgangspunkt die Schmidt-Carnallsche Regel genommen werden. Bei deren Verallgemeinerung ergibt sich jedoch eine wesentliche Schwierigkeit, verursacht dadurch, daß die Schmidt-Carnallsche Regel die Ausrichtungsrichtung vom Anfahren des Verwerfers im Liegenden oder Hangenden abhängig macht. Diese Zugrundelegung wird jedoch beim allgemeinen Sprung unbrauchbar, da ja doch eine tiefere Lage der verworfenen Kreuzlinie nicht nur im Hangenden (dem reinen Sprung entsprechend), sondern auch im Liegenden des Verwerfers möglich ist, und zwar immer dann, wenn die Gleitrichtung von der Kreuzlinie nach der Seite der Fallinie abweicht. Umgekehrt ist es bei der höheren Lage der Kreuzlinie. Da mit der tieferen Lage der Kreuzlinie auch die tiefere Lage der Lagerstätte verbunden ist, mit Ausnahme des Falles mit dem stumpfen Verwurfswinkel, so ist in diesem Falle die Ausrichtung nach dem Liegenden vorzunehmen. Bei der höheren Lage der Kreuzlinie muß dagegen die Ausrichtung entgegengesetzt geschehen. Wir sind somit gezwungen, die Grundlage der Schmidt-Carnallschen Regel, nämlich die Abhängigkeit von der Anfahrung des Hangenden und Liegenden des Verwerfers, bei der allgemeinen Fassung der Regel gänzlich auszuschalten und sagen daher:

Liegen Gleit- und Fallrichtung auf der-

[337] Bergbaukunde, Bd. I, S. 26, Abs. 6.

selben Seite der Kreuzlinie, so erfolgt die Ausrichtung nach dem Liegenden der Lagerstätte; liegen sie zu verschiedenen Seiten, so nach dem Hangenden. Beim stumpfen Verwurfswinkel kehrt sich die Regel um.

Da diese Regel ohne jede Hypothese oder Einschränkung aufgestellt wurde, so muß sie auch eine allgemeine Gültigkeit haben, ganz unabhängig davon, ob man einen Sprung oder Übersprung vor sich hat, bzw. ob man den Verwerfer im Hangenden oder Liegenden angetroffen hatte, und auch gleichgültig, ob die Ausrichtung im Streichen des Verwerfers querschlägig, auf allerkürzestem Wege, kluftkürzesten oder seiger erfolgen soll. Sie gilt auch für die kluftfallende Ausrichtung, wenn man genau beachtet, nach welcher Seite diese zum Hangenden bzw. Liegenden der Lagerstätte abweicht[338]). Die Zimmermannsche Regel kann dagegen nicht bei jeder Ausrichtungsart angewendet werden (z. B. bei der seigeren), weil bei dieser Regel nur die relative Lage der beiden Kreuzlinien in der Verwerferebene, nicht aber die räumlichen Verhältnisse beider Lagerstättenflügel in Betracht kommen.

Die oben angegebene Regel beinhaltet selbstverständlich auch den Fall des reinen Sprunges und Übersprunges. Befindet man sich nämlich im Liegenden des Verwerfers, so fällt die Gleitrichtung zum verworfenen Flügel im Falle des reinen Sprunges mit der Fallinie zusammen, daher ist die Ausrichtung nach dem Liegenden vorzunehmen. Fährt man den Verwerfer im Hangenden an, so ist beim Sprunge die Gleitrichtung zum verworfenen Flügel der Falllinie um 180° entgegengesetzt, folglich liegt sie auf der anderen Seite der Kreuzlinie, weshalb man in diesem Falle nach dem Hangenden auszurichten hat. Das Umgekehrte gilt vom reinen Übersprung.

Gelingt die Festlegung der Gleitrichtung nicht, so kann die Ausrichtung nur unter bestimmten Voraussetzungen vorgenommen werden, wenn nämlich nach dem Durchbrechen des Verwerfers die Zugehörigkeit der angefahrenen Schichten festgelegt werden kann oder wenn man einen Punkt des verworfenen Lagerstättenflügels kennt.

Wurde die stratigraphische Zugehörigkeit der hinter dem Verwerfer angefahrenen Schichten bestimmt, so ist dadurch die einzuschlagende Richtung der Ausrichtung sofort gegeben. Denn dadurch ist man in der Lage eindeutig anzugeben, ob die Lagerstätte hinter dem Verwerfer sich in einer tieferen oder höheren Lage befindet und nach dieser Festlegung kann die Ausrichtung ohne Rücksicht darauf, welche Art der Verwerfung vorliegt, nach der vorher mit der Treptowschen zusammen betrachteten Regel vorgenommen werden: Liegt die Lagerstätte tiefer, so erfolgt die Ausrichtung auf die Seite, nach welcher der ansteigende Teil der Kreuzlinie vom Streichen der Lagerstätte abweicht; liegt die Lagerstätte höher, so nach der einfallenden Seite. Nun ist aber zu bedenken, daß die Kreuzlinie als Schnittgerade des Verwerfers mit der Lagerstätte immer auch eine Gerade der Lagerstätte ist. Bei einer jeden denkbaren Lage der Kreuzlinie muß somit, wie auch Abb. 38 zeigt, der ansteigende Zweig der Kreuzlinie vom Streichen der Lagerstätte nach dem Liegenden der Lagerstätte zeigen und umgekehrt, die einfallende Seite weicht immer nach dem Hangenden der Lagerstätte ab. Indem man somit an Stelle der Richtung, die durch den ansteigenden Zweig der Kreuzlinie angezeigt wird, die Bezeichnung „nach dem Liegenden der Lagerstätte", an Stelle des einfallenden Zweiges der Kreuzlinie „das Hangende der Lagerstätte" setzt, erhält man die Regel:

Liegt die Lagerstätte tiefer, so richtet man nach dem Liegenden, liegt sie dagegen höher, so nach dem Hangenden der Lagerstätte aus, und zwar streichend, querschlägig, seiger, auf dem allerkürzesten oder kluftkürzesten Wege oder kluftfallend, je nachdem, welche von diesen am günstigsten erscheint.

Diese abgeänderte Form der Treptowschen Regel ist somit von einer jeden Konstruktion und Berechnung vollkommen unabhängig und deren Richtigkeit ist auch unmittelbar leicht einzusehen. Es ist klar, daß im Falle, wo die Lagerstätte hinter dem Verwerfer tiefer liegt, nach dem Durchbrechen des Verwerfers man Hangendschichten antreffen muß. Bedenkt man nun, daß für eine Hangendschichte die Lagerstätte das Liegende bildet, so muß die Lagerstätte in diesem Fall im Liegenden gesucht werden und umgekehrt; bei höherer Lage der Lager-

[338]) Zu dieser Form der Ausrichtungsregel bemerkt Prof. Dr. Aubell: „Zieht man zur Beurteilung des Gleitens nur die nach abwärts gerichtete Fallrichtung des Verwerfers (und die Gleitrichtung in dem von uns angegebenen relativen Sinn, Anm. d. Verf.), dann fällt in der auf S. 53 angegebenen Ausrichtungsregel (Leobner Regel II) von den drei dort angegebenen Umkehrungsfällen jene des Übersprunges, es entfällt weiters die Unterscheidung, ob der Verwerfer im Liegenden oder Hangenden angefahren wurde und die Regel vereinfacht sich zu einer Form, wie es Hornoch in der eben gefaßten Regel ausspricht. — Es läßt sich aber noch weiters feststellen, daß diese Regel identisch ist mit der Zimmermann-Köhlerschen und somit nur eine andere Form zu dieser vorstellt. Denn die Fallrichtung weicht von der Kreuzlinie in einer Richtung ab, die bei spitzem Sprungwinkel in das Liegende, bei stumpfem Sprungwinkel in das Hangende der Lagerstätte gerichtet ist. — Befindet sich die Gleitrichtung auf derselben Seite wie die Fallrichtung, so ist bei spitzem Sprungwinkel die Ausrichtung in das Liegende der Lagerstätte vorzunehmen, bei stumpfem Sprungwinkel in das Hangende; liegt die Gleitrichtung auf der entgegengesetzten Seite der Kreuzlinie, so trifft das Umgekehrte zu. Dieses Ergebnis läßt auffallend den Zusammenhang zwischen der Schmidt-Carnallschen und der Zimmermannschen erkennen." Hiezu der Verfasser: Die Leobner Regel II stellt die Verallgemeinerung der Schmidt-Carnallschen Regel dar, da die Ausrichtungsrichtung von demselben Kriterium, von der Art des Anfahrens des Verwerfers (im Hangenden oder Liegenden) abhängig gemacht wurde. Wird aber dieser Kern und die Grundlage der Schmidt-Carnallschen Regel fallen gelassen, so muß die so entstandene Regel als auf neuer Basis fußend und nicht als Vereinfachung betrachtet werden. Allein nur dadurch, daß man die Abhängigkeit der Ausrichtungsrichtung von der Art des Anfahrens des Verwerfers, d. i. von der Grundlage der Schmidt-Carnallschen Regel beseitigt hat, ist ein Vergleich auf die Idendität der auf eine Ebene und auf eine Gerade bezogenen Ausrichtungsregeln möglich geworden.

stätte trifft man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Liegendschichten; für diese ist die Lagerstätte das Hangende und somit dieselbe zu finden, muß die Ausrichtung nach dem Hangenden vorgenommen werden. Wir können somit obige Regel auch in die Form fassen:

Fährt man nach dem Durchbrechen des Verwerfers Hangendschichten an, so erfolgt die Ausrichtung nach dem Liegenden der Lagerstätte; fährt man Liegendschichten an, so nach dem Hangenden, und zwar gleichgültig, welche Ausrichtungsart gewählt wurde.

In dieser letzteren Fassung ist die von Höfer angeführte Bemerkung[339]), wonach beim Anfahren von Hangendschichten das verworfene Stück tiefer zu suchen ist, im entgegengesetzten Fall oberhalb, als Sonderfall der seigeren und tonlägigen Ausrichtung mit enthalten. Dasselbe gilt auch von der von Stočes zur Abb. 219 angefügten Erklärung[340]). Beide geben den Weg zur günstigsten Ausrichtung eigentlich nur für streichende Verwerfungen an.

Die Festlegung der Zugehörigkeit der hinter dem Verwerfer angefahrenen Schichten wird bei Sedimentlagerstätten öfter möglich sein, wo charakteristische Horizonte die Wiedererkennung leichter ermöglichen, und zwar zum Glück der Wiederausrichtung der Verwerfungen, denn die Rutschstreifen, die auch ein sicheres Mittel zur Ausrichtung bieten, wird hier infolge der geringen Widerstandsfähigkeit der Sedimentgesteine in der Regel rascher verwischt werden und daher zur Wiederausrichtung seltener herangezogen werden können. Bei gangförmigen Lagerstätten ist dagegen die Wiedererkennung der charakteristischen Schichten seltener, dort bewahrt jedoch das in der Regel härtere Nebengestein wieder die Rutschstreifen besser, so daß beide Möglichkeiten sich vorteilhaft ergänzen.

Obwohl die Ausrichtung der Verwerfungen durch die Zugehörigkeit der angefahrenen Schichten, wie wir sahen, eine selbstverständliche ist, so ist um so mehr wunderzunehmen, daß in deren Anwendung lange Zeit hindurch Unklarheit herrschen konnte. So führt z. B. Beer[341]), nachdem er seine Ausrichtungsregel mit dem stumpfen Winkel angegeben hatte, weiter an: Nur darf der Bergmann für den Fall, als eine solche Verwerfung zum ersten Male in der Grube auftritt, man somit nicht wissen kann, ob sie regelmäßig sei oder nicht, nie unterlassen, die Kluft oder den Verwerfer gehörig zu überbrechen, um sich die Gewißheit zu verschaffen, ob das hinter derselben anstehende Gebirgsgestein dem Hangenden oder dem Liegenden angehöre, ob man sich daher im stehengebliebenen oder in dem verworfenen Lagerstättenteil befinde: Nachdem er sich diese Überzeugung verschafft hat — meint Beer — kann der Bergmann dann seine im weiteren beschriebene Regel anwenden, obwohl in diesem Falle die einzuschlagende Richtung, wie wir oben sahen, sich unmittelbar ergibt. Hauße verwendet die Zugehörigkeit der hinter dem Verwerfer angetroffenen Schichten zur Unterscheidung, ob ein Sprung oder ein Übersprung vorhanden wäre[342]), um dann von den darauffolgenden Regeln für die Sprünge und Übersprünge die richtige wählen zu können. Da nun von ihm übersehen wurde, daß selbst im Falle des reinen Sprunges (beim stumpfen Verwurfswinkel) nach dem Durchbrechen des im Liegenden angefahrenen Verwerfers Liegendschichten angetroffen werden müssen, so wird dieser reine Sprung auf Grund der angetroffenen Schichten fälschlich als Übersprung angesehen und mit Hilfe der für den Übersprung angegebenen Regel, wo im Falle des stumpfen Verwurfswinkels die Umkehrung bereits angeführt erscheint, die Ausrichtungsrichtung nach den angegebenen Regeln erst recht falsch angegeben, obwohl, wie unsere Untersuchungen es zeigten, in diesem Falle die Richtung der Ausrichtung am leichtesten erhalten werden kann.

Ist ein Punkt des verworfenen Lagerstättenflügels bekannt, z. B. der Punkt A der Abb. 39, und wurde der Verwerfer im stehengebliebenen Flügel in B angefahren, so kann in diesem Falle die Richtung einer gewünschten Ausrichtung dadurch erhalten werden, daß man mit Hilfe des bekannten Höhenunterschiedes zwischen A und B von A ausgehend in der Fallinie der Lagerstätte einen Punkt A′ von der Höhe B bestimmt. Man zieht durch diesen Punkt A′ das bekannte Streichen des Verwerfers und bestimmt dessen Durchstoßpunkt mit dem Verwerfer = C. Je nachdem, ob dieser Punkt von B links oder rechts liegt, ist auch die Ausrichtung links oder rechts vorzunehmen. Dies gilt natürlich für die streichende Ausrichtung. Für eine jede andere Ausrichtungsart läßt sich die Frage auch einfach beantworten. Durch den angetroffenen Punkt sowie durch die Richtung und Größe der Neigung der Lagerstätte ist der verworfene Flügel im Raume gegeben. Wenn nun im Punkt, wo der Verwerfer angefahren wurde, je nach der gewünschten Ausrichtungsart eine seigere, eine kluftfallende usw. Gerade angenommen wird, und deren Durchstoßpunkt mit dem verworfenen Flügel der Lagerstätte ermittelt wurde, so liegt dieser entweder an der ansteigenden oder an der einfallenden Seite der Geraden, vom Punkt B aus gerechnet. Diesem entsprechend ist dann auch die Ausrichtung entweder durch die fallende oder durch die steigende Richtung der angestrebten Ausrichtungsart angegeben.

6. Die drehenden Verwerfungen

Bei allen bisher angestellten Untersuchungen wurde lediglich die Voraussetzung gemacht, daß das Abgleiten der verworfenen Scholle in allen Punkten des Verwerfers gleich weit geschah. Sie werden folglich in allen Fällen zu einem richtigen Ergebnisse führen, wo diese Voraussetzung auch zutrifft. In der Tat gehören die meisten bisher beobachteten Verwerfungen (von kleinen Schleppungen abgesehen) der

[339]) Die Verwerfungen, S. 115, letzter Abs.
[340]) Tektonische Geologie, S. 77.
[341]) § 159, S. 300, Abs. 1.
[342]) § 38, S. 46.

Gruppe der geradlinigen Verwerfungen an. Nur in relativ seltenen Fällen erfolgt auch eine Drehung des verworfenen Lagerstättenteiles, welcher Umstand dann 1. an der Konvergenz des Streichens und Verflächens einer Leitschicht beiderseits des Verwerfers und 2. an der Konvergenz der beiden Kreuzlinien in der Verwerferebene erkennbar ist[343]). Wurden solche Zeichen eines Drehverwerfers bemerkt, so können die bisher angestellten Untersuchungen nicht mehr angewendet werden und es handelt sich nun um die Ermittlung der Ausrichtungsgrößen im Fall einer Drehung des verworfenen Stückes.

Voraussetzung zu dieser Bestimmung ist die Kenntnis der Größe der Drehung und diese wieder wird durch den Drehwinkel bestimmt. Erwägt man nämlich, daß bei einem Drehverwurf die verworfene Kreuzlinie die neue Lage nicht durch Abgleiten, sondern durch Drehung erhalten hatte, so muß auch diese Kreuzlinie nach der Richtung in der Verwerferebene bleiben und schließt mit der stehengebliebenen Kreuzlinie einen Winkel ein, welchen wir eben den Drehungswinkel (oder Drehwinkel) nennen. Würde die Kreuzlinie des verdrehten Flügels nicht mehr in der Verwerferebene bleiben, so müßte ein gegenseitiges Eindringen beider Gebirgsteile ineinander stattfinden, was schlechthin anzunehmen ist. Die räumliche Geometrie lehrt uns aber, daß der Fall, wo eine Gerade nach der Drehung in derselben Ebene bleibt, nur dann möglich ist, wenn die Drehachse normal zu dieser Ebene stand. Wir müssen somit uns die Drehachse der Verwerfung normal zur Verwerferebene vorstellen. Aus diesem Grunde können wir auch beide Kreuzlinien als Tangenten an einen in der Verwerferebene gelegenen Kreis betrachten, dessen Mittelpunkt der Durchstoßpunkt der Drehachse mit dem Verwerfer ist. Da der zwischen zwei Tangenten eingeschlossene Winkel dem zugehörigen Zentriwinkel gleich ist, folgt auch, daß der durch beide Kreuzlinien gegebene Winkel die Größe der Drehung in der normal zur Drehachse gelegten Ebene bestimmt und bezeichnen ihn deshalb mit Jung[344]) und Aubell[345]) den Drehungswinkel oder den Drehwinkel. Höfer versteht dagegen unter dem Drehungs- oder Torsionswinkel den Unterschied der Fallwinkel des stehengebliebenen und verworfenen Teiles[346]), was insofern weniger zweckmäßig erscheint, da dieser Winkel nur im Falle, wo der Verwerfer normal zum Streichen der Lagerstätte und vertikal steht, tatsächlich die Größe der Drehung angibt, sonst aber nicht; bei spießeckigen flachen Verwerfungen kann sehr bedeutend von der wirklichen Größe der Drehung abweichen[347]). Den Unterschied zwischen beiden Verflächen konnnten wir deshalb vielleicht vorteilhaft als „die vertikale Größe der Verdrehung“, die Differenz zwischen beiden Streichen dagegen als deren „horizontale Größe“ bezeichnen, wodurch zum Ausdrucke gebracht werden möge, daß die Größe der Verdrehung im allgemeinen in zwei Komponenten: in der horizontalen und in der vertikalen wahrgenommen wird. Ist der Verwerfer horizontal, so wird die vertikale Komponente der Verdrehung Null; der Drehungswinkel entspricht der Konvergenz der beiden Streichlinien. Ist der Verwerfer vertikal und normal zum Streichen der Lagerstätte, so verschwindet die horizontale Komponente der Bewegung und der Drehungswinkel kommt in der Differenz der beiden Verflächen allein zum Ausdrucke.

Es handelt sich nun um die Ermittlung des Drehwinkels und des Drehpunktes an einem drehenden Verwerfer, da infolge unserer Annahme entlang des ganzen Verwerfers ein jeder Punkt, bzw. eine jede Gerade um den Drehpunkt dieselbe Drehbewegung erleidet, daher man bei Kenntnis des Drehwinkels und des Drehpunktes auch die Lage der Kreuzlinie des verdrehten Lagerstättenflügels angeben kann. Anderseits muß sich der Drehungswinkel auch zwischen der stehengebliebenen und verworfenen Kreuzlinie einer beliebigen Schichte und nicht nur der Lagerstätte zeigen, so daß wir in der Lage sind, den Drehwinkel zu berechnen, wenn beiderseits des Verwerfers ein Punkt, das Verflächen, sowie Streichen derselben Schichte bekannt ist.

In der Abb. 40 sei angenommen, daß eine im Punkte B bekannte Schichte bzw. ein charakteristisches Gestein usw. im Punkt A wieder angetroffen wurde. Nachdem an beiden Stellen das Streichen und Verflächen abgenommen wurde, können auch die Kreuzlinien K und K′ mit dem aus dem Grubenbetriebe bekannten Verwerfers ermittelt werden. Durch den Winkel τ, den beide Kreuzlinien miteinander einschließen, ist nun der Drehwinkel gegeben. Dabei bleibt allerdings vorläufig noch unentschieden, welche Äste der Kreuzlinien zur Zählung des Drehwinkels herangezogen werden müssen. Der bei derselben Lage der Kreuzlinien noch mögliche Wert des Drehwinkels wäre dann $180^0 - \tau$. Um zu entscheiden, welcher Wert von beiden den richtigen Drehwinkel liefert, kann folgende Erwägung zum Anhaltspunkte dienen. Da eine jede Drehung sowohl in der horizontalen, als auch in der vertikalen Komponente zur Geltung kommt, so muß die vertikale Komponente der Drehung, d. h. die Differenz zwischen beiden Verflächen kleiner, höchstens gleich sein dem gesuchten Drehwinkel, wobei bei überkippter Lage des verdrehten Flügels (wenn somit eine Drehung über die vertikale Lage der Lagerstätte hinaus erfolgte) der supplementäre Winkel der tatsächlichen Neigung einzusetzen ist. Dasselbe gilt auch von der Differenz beider Streichlinien. Je steiler und querschlägiger der Verwerfer, um so mehr entspricht die Differenz der beiden Verflächen dem Drehungswinkel, im entgegengesetzten Falle dagegen dem Unterschiede beider Streichlinien. Noch einfacher gelangt man zum Ziele, wenn man den Drehwinkel von der vom **Liegenden / Hangenden** begrenzten stehengebliebenen Kreuzlinie zur vom **Hangenden / Liegenden** begrenzten verworfenen Kreuzlinie zieht. So z. B. wird der Drehwinkel in der Abb. 40 von der vom Hangenden gebildeten stehengebliebenen

[343]) Höfer, Die Verwerfungen, S. 49, Abs. 6.
[344]) Bergbau und Hütte, 1919, Heft 5, S. 75.
[345]) Vorlesungen aus der Markscheidekunde.
[346]) Die Verwerfungen, S. 53, Abs. 2.
[347]) Vgl. S. 53, Abs. 2, in Höfers Verwerfungen.

Kreuzlinie K bis zum Liegenden K′ gezählt. Was hier von einer identifizierten Schichte allgemein erörtert wurde, gilt natürlich auch, wenn diese die Lagerstätte selbst ist. Die Lage der beiden Kreuzlinien ist dann durch deren Verwurfswinkel gegeben. Während bei einer geradlinigen Verwerfung der Verwurfswinkel des stehengebliebenen und des verworfenen Flügels derselbe blieb, trifft dieser Umstand bei den drehenden Verwerfungen nicht mehr zu, sondern die beiden Verwurfswinkel sind verschieden. Der Unterschied zwischen beiden entspricht dann dem Drehwinkel. Bezüglich des Zählens des Verwurfswinkels beim verdrehten Flügel muß aber bemerkt werden, daß im Falle, wo letzterer eine Drehung über die seigere Lage hinaus erfährt, die verworfene Lagerstätte eine überkippte Lage erhält, somit das geometrische Liegende mit dem Hangenden vertauscht wird. Will man den Drehwinkel auch in diesem Falle richtig erhalten, so ist in der Bildung der Differenz des Verwurfswinkels hier als das Liegende der Lagerstätte das geologische Liegende zu verstehen, welches somit bei überkippter Lage der Schichten dem geometrischen Hangenden entspricht und nur bei einer Drehung bis zur seigeren Lage mit dem geometrischen übereinstimmt.

Nach der Bestimmung des Drehwinkels ist noch die Lage der Drehachse zu bestimmen, bzw. des Drehpunktes in der Verwerferebene, da die Drehachse durch die Normale zur letzteren gegeben ist. Die beiden Kreuzlinien der Lagerstätte bzw. der erkannten Schichte sind schon Tangenten an einem Kreise, dessen Mittelpunkt der gesuchte Drehpunkt ist. Wenn somit in der Abb. 41 als Flachriß dargestellt, die stehengebliebene und verdrehte Lage der Kreuzlinien in K und K′ angenommen wurde, so muß der Drehpunkt in der winkelhalbierenden Geraden des zu τ supplementären Winkels liegen. Da auf derselben unendlich viele Punkte möglich sind, folgt, daß durch Kenntnis des Drehwinkels allein der Drehpunkt selbst dann nicht bestimmt werden kann, wenn man den stehengebliebenen und verdrehten Flügel der Lagerstätte kennt und den Verwerfer somit ausgerichtet hat. Der Schnittpunkt Q der beiden Kreuzlinien kann somit nur zufällig der Drehpunkt sein, da es ja sonst für denselben Verwerfer unendlich viele Drehpunkte geben würde, jedem einzelnen Kreuzlinienpaar, gebildet durch die einzelnen Schichten, entsprechend. Höfers Ansicht[348]), welche den Schnittpunkt der Kreuzlinien als den Drehpunkt ansieht, ist somit im Sinne des hier Angeführten zu berichtigen, ebenso, wie die Anmerkung[349]), wonach für die Reduktion der Schichten auf die wahre Mächtigkeit für die Drehung ein konstantes Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsmaß aufstellbar wäre, welche Erscheinung nur auf parallele Schichten zu reduzieren ist.

Um den Drehpunkt zu bestimmen, sind somit in der Verwerferebene so viel Bestimmungsstücke notwendig, als man zur Ermittlung des Kreismittelpunktes notwendig hat: zwei Paar homologe Punkte oder ein Paar homologe Punkte und ein Paar homologe Geraden, oder zwei Paar homologe Geraden ermöglichen uns die Angabe des Drehpunktes. Die Auffindung von homologen Punkten wird nur in seltenen Fällen möglich sein; noch am häufigsten, wenn diese mit dem Paar homologer Geraden verbunden werden, wenn man somit z. B. in Abb. 41 an beiden Kreuzlinien K und K′ zwei einander entsprechende Punkte a und a′ findet, so muß der gesuchte Drehpunkt auch auf der, die Gerade $\overline{aa'}$ als Sehne halbierenden Normalen liegen, wodurch er in D erhalten wird.

Da die Berechnungen in der Regel im Grundriß vorgenommen werden, die hier gegebenen Größen dagegen meist räumliche sind, erscheint uns die Angabe des Berechnungsvorganges begründet. Zuerst sei der Fall betrachtet, wo zwei Paar homologe Punkte gegegeben sind. Die Grundrißkoordinaten der beiden homologen Punkte a und a′ der Abb. 42 sind bekannt. Daraus kann ein Winkel ξ gerechnet werden, den die Richtung (a) (a′) mit dem Streichen des Verwerfers im Grundriß einschließt. Aus dem sphärischen Dreieck können wir nun für cos v die Beziehung angeben:

$$\cos v_v = \frac{\operatorname{tg} \xi}{\operatorname{tg} \delta} \tag{47}$$

woraus der Winkel δ gerechnet werden kann. (Nicht zu verwechseln mit dem Streichwinkel δ.) Im Halbierungspunkte m ist die Normale zu $\overline{aa'}$ gezogen und schließt daher mit dem Streichen des Verwerfers den räumlichen Winkel $90^0 - \delta$ ein. Den gesuchten Grundrißwinkel x, den die Projektion der Normalen mit dem Streichen des Verwerfers einschließt, erhält man analog aus dem zweiten rechtwinkligen sphärischen Dreieck:

$$\cos v_v = \frac{\operatorname{tg} x}{\operatorname{tg}(90^0 - \delta)}$$

Indem ctg δ nach der vorhergehenden Gleichung eingesetzt wird, nimmt die Gleichung die Form an[350]):

$$\operatorname{tg} x = \frac{\cos^2 v_v}{\operatorname{tg} \xi} \tag{48}$$

wodurch die eine Grundrißrichtung zur Bestimmung der Projektion des Drehpunktes vom Punkte m aus gegeben ist.

Mit dem zweiten Paar von homologen Punkten verfahren wir ebenso, wodurch dann ein zweiter Halbierungspunkt und eine zweite Richtung erhalten wird. Aus beiden Punkten werden dann mit den gegebenen Richtungen durch Vorwärtseinschneiden die Grundrißkoordinaten vom Drehpunkt erhalten, während die Höhenlage am einfachsten aus der Bedingung gerechnet wird, daß der Drehpunkt der Verwerferebene angehört.

Ist das zweite Paar homologer Bestimmungsstücke nicht Punkte, sondern Gerade, so fragt es sich nach der Grundrißrichtung der Winkelhalbierenden zwischen beiden Kreuzlinien. Räumlich weicht diese Winkelhalbierende von beiden Kreuzlinien um den halben Drehwinkel, somit um $90^0 - \tau/2$ ab. Wenn

[348]) Österr. Ztschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 171, und Die Verwerfungen, S. 51, Abs. 4.

[349]) Die Verwerfungen, S. 54, Abs. 1.

[350]) und [351]) Zwei Gleichungen, die auch von Prof. Dr. Aubell angegeben werden. (Vorlesungen aus der Markscheidekunde.)

daher die Kreuzlinie mit dem Streichen des Verwerfers den Verwurfswinkel σ_v einschließt, so ist dadurch auch der durch die Winkelhalbierende mit dem Streichen des Verwerfers gebildete Winkel γ (Abb. 43) gegeben:

$$\gamma = \sigma_v - (90^0 - \tau/_2)$$

Den Winkel x', den die Winkelhalbierende mit dem Streichen des Verwerfers bildet, erhält man dann durch die Beziehung[351]):

$$\operatorname{tg} x' = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos v_v \tag{49}$$

Aus dem Schnittpunkt der beiden Kreuzlinien, Q mit Hilfe von x' und aus (m) mit Hilfe von x ergibt sich dann durch Vorwärtseinschneiden der Drehpunkt, dessen Höhenlage aus der Z-Koordinate von Q leicht bestimmt werden kann.

Viel häufiger wird man zwei Paare homologe Geraden finden können, indem man nur die Kreuzlinien leicht erkennbarer Schichten mit dem Verwerfer aufsucht. Findet man z. B. die in A und B der Abb. 44 bekannten Schichten in A' und B' wieder, so können daraus die beiden Paare Kreuzlinien ermittelt werden, woraus nicht nur der gesuchte Drehpunkt erhalten wird, sondern auch eine Kontrolle für die Regelmäßigkeit der drehenden Bewegung, indem der Drehwinkel in gleicher Größe zwischen den Kreuzlinien von A und A' sowie B und B' sich zeigen muß. Wir bestimmen nun die Grundrißrichtungen der Winkelhalbierenden für beide Kreuzlinienpaare, wie dies für ein Paar unter Gleichung 49 bereits behandelt wurde. Durch Vorwärtseinschneiden im Grundriß wird dann der Drehpunkt erhalten, wodurch auch die räumliche Lage des verworfenen Lagerstättenflügels gegeben ist.

Um letztere zu ermitteln, braucht man sich nur vor Augen zu halten, daß der Normalabstand der Kreuzlinie des stehengebliebenen Lagerstättenteiles und auch des verworfenen Teiles vom Drehpunkte derselbe sein und zwischen beiden Kreuzlinien der ermittelte Drehwinkel erscheinen muß. Wenn man somit in Abb. 45 die stehengebliebene Kreuzlinie mit K bezeichnet, so erhält man die Lage der verdrehten Kreuzlinie dadurch, daß man in bekannter Weise[352]) den kürzesten Abstand a des Drehpunktes D von K bestimmt, dann um den Winkel τ verdreht in der Verwerferebene dieselbe Größe von D wieder aufträgt, wodurch auch die dazu normale, verdrehte Kreuzlinie K' gegeben erscheint.

Das noch unbekannte Streichen und Verflächen des verworfenen Lagerstättenflügels kann aus dem Drehwinkel unter Berücksichtigung des Umstandes gerechnet werden, daß der Winkel, den die Drehachse mit der Lagerstätte einschließt, vor und nach der Drehung derselbe sein muß. Diese Gelegenheit gilt natürlich auch für den komplementären Winkel, welcher gleichzeitig den, vom Verwerfer mit der Lagerstätte eingeschlossenen räumlichen Winkel, unseren Kreuzwinkel vorstellt. Mit Hilfe des sphärischen Ctg.-Satzes können wir nämlich für den Kreuzwinkel aus den Angaben des stehengebliebenen Flügels die Beziehungen aufschreiben:

$$\operatorname{ctg} k = \frac{\operatorname{ctg} \delta \sin \sigma_V - \cos \sigma_V \cos v_V}{\sin v_V}$$

wobei σ_V den Verwurfswinkel und δ den Streichwinkel des stehengebliebenen Lagerstättenflügels bedeuten. Für denselben Kreuzwinkel k kann dann mit Hilfe von σ_V' und δ' des verdrehten Flügels eine ähnliche Beziehung aufgestellt werden:

$$\operatorname{ctg} k = \frac{\operatorname{ctg} \delta' \sin \sigma'_V - \cos \sigma_V' \cos v_V}{\sin v_V}$$

wobei der Verwurfswinkel des verdrehten Flügels gleich σ_V' durch die Beziehung $\sigma_V' = \sigma_V + \tau$ gegeben erscheint, daher nur δ' unbekannt anzusehen ist. Letztere Größe kann daher folgend ausgedrückt werden:

$$\operatorname{ctg} \delta' = \frac{\operatorname{ctg} \delta \sin v_V + \cos v_V (\cos \sigma_V' - \cos \sigma_V)}{\sin \sigma_V} \tag{50}$$

während das Verflächen des verworfenen Flügels nach dem Sin.-Satz durch

$$\sin v_L' = \frac{\sin \sigma_V' \sin k}{\sin \delta'} \tag{51}$$

gerechnet wird. Damit ist auch der mathematische Nachweis für den auf S. 143. Vermerkten erbracht, daß eine drehende Verwerfung im allgemeinen sowohl die Änderung des Streichens als auch des Verflächens der Lagerstätte zur Folge hat. Bemerkt sei übrigens, daß die Umkehrung der letzteren Gleichungen auch zur Berechnung des Drehwinkels herangezogen werden können, wenn man aus den beobachteten Neigungen und Streichwinkeln von charakteristischen Schichten δ, δ', v_L und die Neigung des Verwerfers kennt, dann den Verwurfswinkel des stehengebliebenen Flügels ermittelt, wodurch in Gleichung 50 σ_V' allein unbekannt wird. Nach der Berechnung von σ_V' erhält man in der Differenz $\sigma_V' - \sigma_V = \tau$ den Drehwinkel. Doch wird es vorteilhafter erscheinen, den Drehwinkel immer aus der Differenz der unmittelbar erhaltenen Verwurfswinkel zu berechnen.

Die Festlegung des Drehungsmittelpunktes ist aber noch aus anderen Gründen wichtig. Mit dessen Hilfe kann nämlich beim Anfahren des Verwerfers zu einem jeden Punkte der Lagerstätte der entsprechende (homologe) Punkt des verdrehten Flügels angegeben werden, wodurch man die räumliche Lage bzw. die Fortsetzung der diesseits des Verwerfers bekannten Anreicherungszonen anzugeben und aufzusuchen in der Lage ist. Auch erhält man aus der ermittelten gegenseitigen Lage der entsprechenden Punkte wichtige Anhaltspunkte für das Verhalten des jenseits des Verwerfers angetroffenen Lagerstättenflügels. Aus den entwickelten Gründen ist die Aufsuchung des Drehungsmittelpunktes in allen Fällen, wo dies nur möglich ist, an erster Stelle vorzunehmen. Allerdings wird dies nicht immer gelingen, denn die Auffindung zweier Paare homologer Bestimmungsstücke ist nicht in allen Fällen gewährleistet. Andere Anhaltspunkte geben noch die Rutschstreifen, welche die Richtung des Gleitens an einzelnen Stellen anzeigen können. Zieht man zu den Rutschstreifen, die als Elemente und Spuren der entstandenen Drehkreise

[352]) Berg- und Hüttenmännisches Jahrb. 1925, S. 73, Gl. 68 bis 69.

betrachtet werden können, die Normalen, so muß der Drehpunkt auf diesen liegen. Die Beobachtung der Rutschstreifen an mehreren Stellen, eventuell kombiniert mit zwei homologen Bestimmungsstücken, kann somit auch zur Auffindung des Drehungsmittelpunktes führen, wenn auch zu bemerken ist, daß der Wert der Rutschstreifen, besonders bei drehenden Verwerfungen nicht allzuhoch eingeschätzt werden darf. Bei nachträglichen Verschiebungen, besonders bei den sogenannten kombinierten Verwerfungen, wo nämlich eine drehende Verwerfung noch mit einer fortschreitenden Bewegung verbunden ist, werden die Rutschstreifen in der Regel versagen. Die kombinierten Verwerfungen können bekanntlich geometrisch jederzeit als reine drehende Verwerfungen aufgefaßt werden, da eine jede Kombination der drehenden und fortschreitenden Bewegung als eine reine drehende dargestellt und somit durch eine solche ersetzt werden kann.

Der mit Hilfe der homologen Bestimmungsstücke in diesem Fall erhaltene Drehpunkt hat nur eine geometrische Bedeutung, indem er den Mittelpunkt jener drehenden Bewegung darstellt, welche dieselbe Veränderung und gegenseitige Lage der Schichten verursacht, als die von verschiedenen Bewegungselementen bestehende kombinierte Verwerfung. Im letzten Falle können daher die Normalen zu den Rutschstreifen niemals nach dem Mittelpunkte der nur geometrisch bestehenden Drehbewegung zeigen. Sollen daher die Rutschstreifen zur Ermittlung des Drehpunktes herangezogen werden, so erscheint es sehr vorteilhaft, überschüssige Beobachtungen zu verwenden und sich nur dann darauf verlassen, wenn man aus den verschiedenen Beobachtungen angenähert denselben Mittelpunkt erhält.

Gelingt die Festlegung des Drehpunktes nicht, so kann die Ausrichtung nur dann vorgenommen werden, wenn die Lage des verworfenen Flügels bekannt ist, und zwar unmittelbar, wenn z. B. in einem höheren Horizonte der Verwerfer bereits ausgerichtet und der verworfene Lagerstättenteil angetroffen wurde, oder mittelbar, wenn die räumliche Lage des verworfenen Flügels aus der Identifizierung der hinter dem Verwerfer angefahrenen Schichten, aus dem hier beobachteten Streichen und Verflächen zusammen mit der bekannten Schichtenmächtigkeit und deren Reihenfolge bestimmt wird, da die relative Lage der Lagerstätte zur erkannten Schichte aus den diesseits des Verwerfers angetroffenen Verhältnissen bereits bekannt ist. Dadurch kann auch die Kreuzlinie des verdrehten Flügels bestimmt werden, wodurch der Verwerfer eigentlich bereits ausgerichtet wurde.

Was nun die Anwendbarkeit der einezlnen Ausrichtungsarten bei den drehenden Verwerfungen anlangt, so ist zu bemerken, daß im Falle, wo die räumliche Lage des verworfenen und verdrehten Flügels bereits ermittelt wurde, man die Längen der einzelnen Ausrichtungsarten immer mit Hilfe der Angabe über die Durchstoßpunktbestimmung ermitteln kann, auch kann dadurch die Frage beantwortet werden, ob die Richtung der Ausrichtung auf der steigenden oder fallenden Seite der geplanten Ausrichtungsstrecke liegt, ebenso, ob letztere den verdrehten Lagerstättenflügel diesseits (theoretisch) oder jenseits des Verwerfers antrifft, wobei der verdrehte Lagerstättenflügel von der Ausrichtungsstrecke nur im letzteren Falle tatsächlich angetroffen wird. Kennt man so die Größen der einzelnen Ausrichtungslängen sowie deren Richtung und Anwendbarkeit, so ist unschwer daraus mit Hilfe der bei den geradlinigen Verwerfungen angegebenen Gesichtspunkten die günstigste herauszusuchen und somit die Ausrichtung vorzunehmen. Wir begnügen uns deshalb mit diesen Andeutungen und unterziehen im folgenden nur die häufig vorkommende streichende Ausrichtung einer kurzen Untersuchung.

Bei dieser Betrachtung sei vorausgesetzt, daß die räumliche Lage sowohl des stehengebliebenen, als auch des verdrehten Flügels bekannt ist. Zu suchen ist die streichende Ausrichtungslänge für einen beliebigen Horizont. Wird der Verwerfer in Abb. 46 im Punkt a angefahren und ist der gegebene Punkt des verworfenen Flügels P, so wird die im Horizonte von a erforderliche streichende Ausrichtungslänge $\overline{ab}$ folgend erhalten. Zunächst bestimmt man in der durch P gelegten Fallinie des verworfenen Flügels einen Hilfspunkt P′ mit der Höhe von a (in welchem Horizonte die Ausrichtung erwünscht ist) und sucht dann den Durchstoßpunkt der durch P′ geführten Streichlinie des verdrehten Flügels (in der Abbildung mit b bezeichnet) auf, wodurch auch die Größe der streichenden Ausrichtungslänge gegeben ist. Von besonderem Interesse ist für die streichende Ausrichtung der Schnittpunkt Q beider Kreuzlinien, da von diesem angefangen die Richtung der Ausrichtung eine Umkehrung erleidet. Dieser Punkt kann durch Vorwärtseinschneiden der beiden Kreuzlinien in der Verwerferebene erhalten werden, oder einfacher aus dem Dreieck abQ:

$$\overline{aQ} = \frac{\overline{ab} \cdot \sin \sigma'}{\sin \tau} \text{ bzw. } \overline{bQ} = \frac{\overline{ab} \cdot \sin \sigma_v}{\sin \tau} \qquad (52)$$

wodurch die räumliche Entfernung des Umkehrpunktes Q von a bzw. b erhalten wird. Für die Grundrißentfernung muß die oben gerechnete Länge noch mit dem Cosinus der Neigung der entsprechenden Kreuzlinie multipliziert werden. Übrigens ergibt sich Q auch als der Schnittpunkt der Grundrißprojektionen der beiden Kreuzlinien.

Bemerkt sei, daß man bei den drehenden Verwerfungen die einzelnen Ausrichtungsgrößen auch durch die Größe des Drehwinkels und durch die Entfernung vom Drehpunkt ausdrücken könnte, ähnlich, wie bei den geradlinigen Verwerfungen durch die Verwurfshöhe. Allein die relative Seltenheit der drehenden Verwerfungen läßt es uns gerechtfertigt erscheinen, darauf nicht näher einzugehen.

Manzsche Buchdruckerei, Wien IX

Das Verwerferproblem im Lichte des Markscheiders

von Anton Hornoch, Sopron

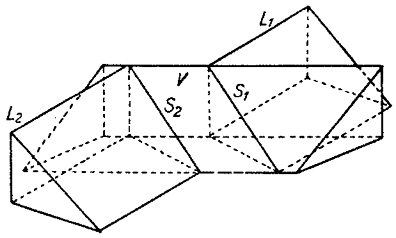

Abb. 1

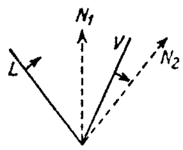

Abb. 2

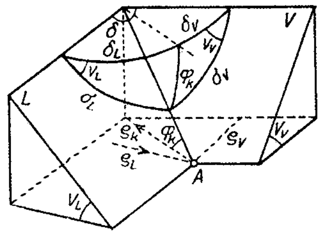

Abb. 3

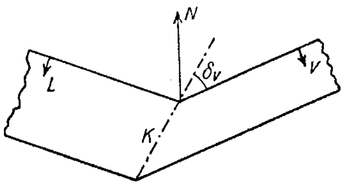

Abb. 4

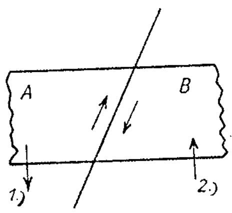

Abb. 5

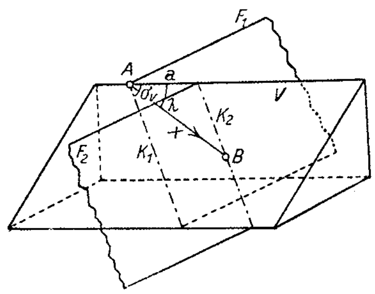

Abb. 6

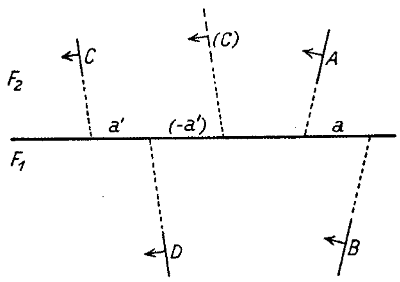

Abb. 7

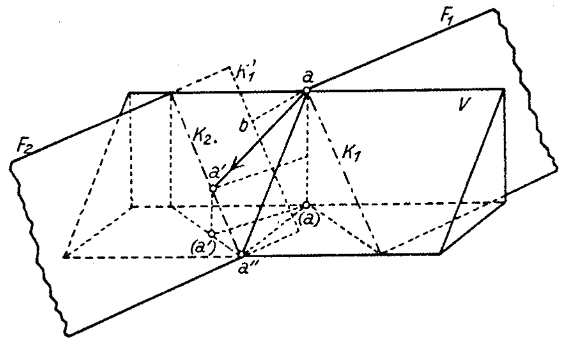

Abb. 8

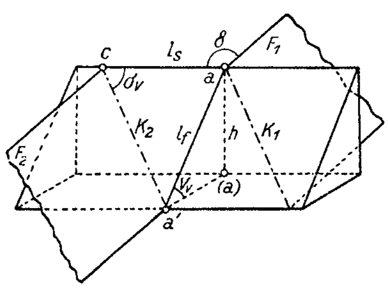

Abb. 9

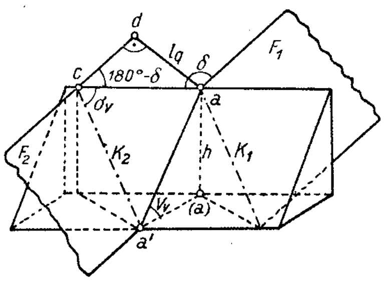

Abb. 10

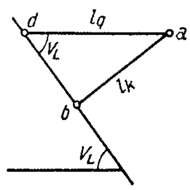

Abb. 11

Verlag von Julius Springer in Wien

Manzsche Buchdruckerei, Wien IX

Das Verwerferproblem im Lichte des Markscheiders

von Anton Hornoch, Sopron

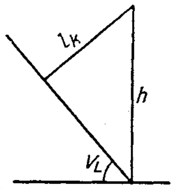

Abb. 12

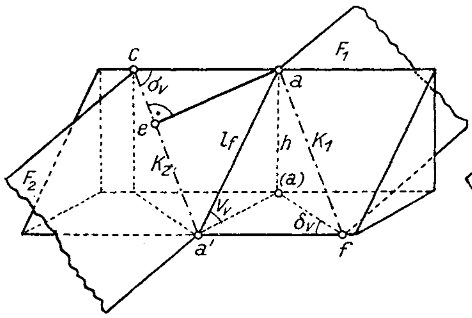

Abb. 13

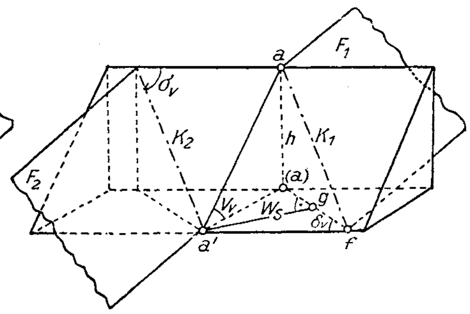

Abb. 14

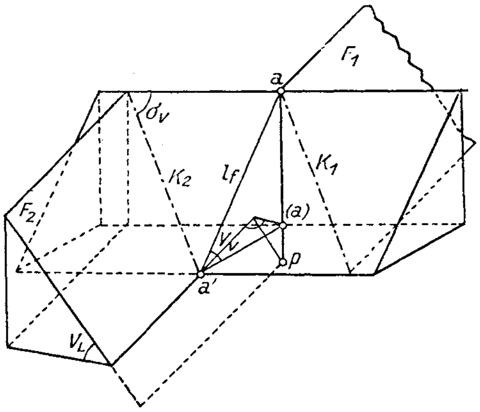

Abb. 15

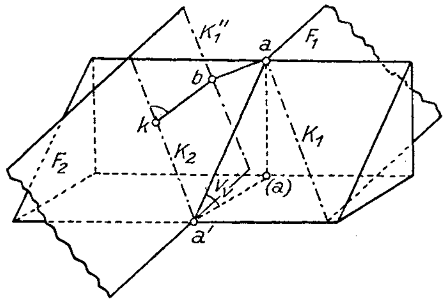

Abb. 16

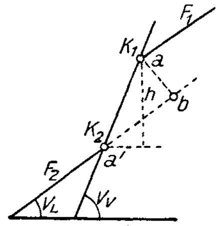

Abb. 17

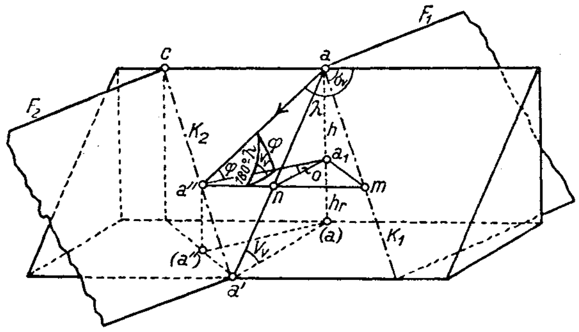

Abb. 18

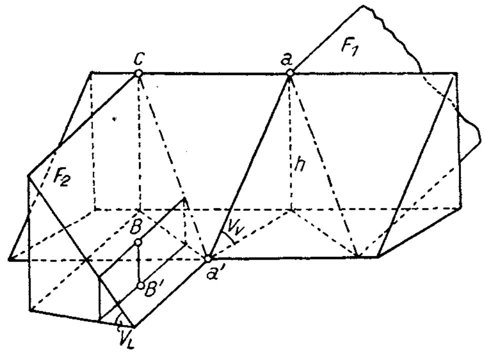

Abb. 19

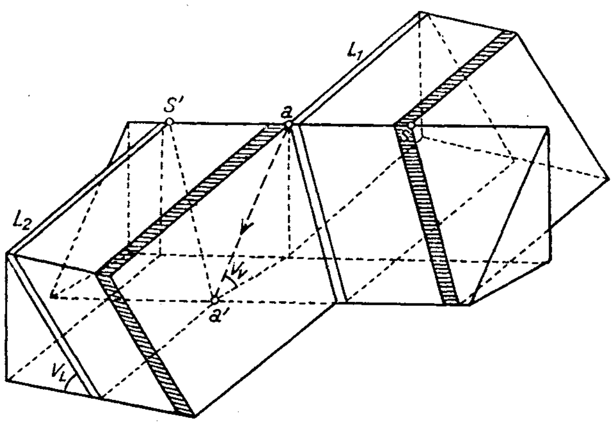

Abb. 20

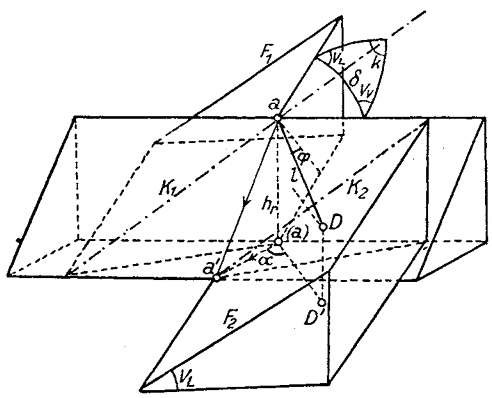

Abb. 21

Verlag von Julius Springer in Wien

Manzsche Buchdruckerei, Wien IX

Das Verwerferproblem im Lichte des Markscheiders

von Anton Hornoch, Sopron

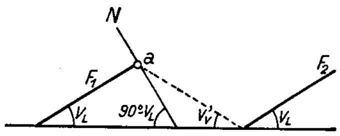

Abb. 22

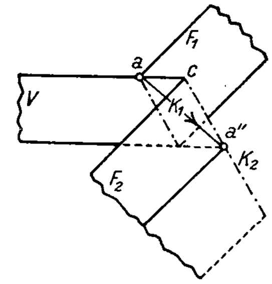

Abb. 23

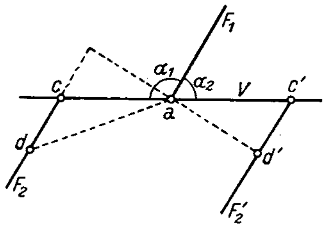

Abb. 24

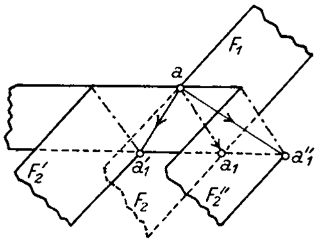

Abb. 25

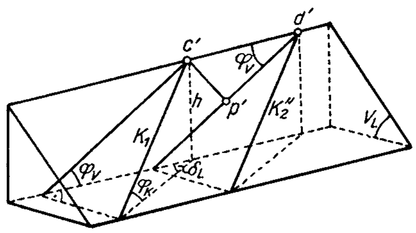

Abb. 26

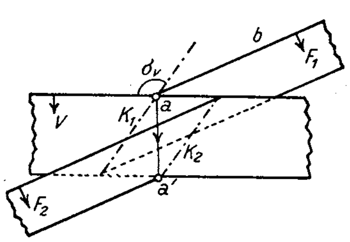

Abb. 27

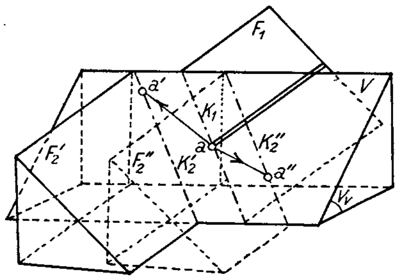

Abb. 28

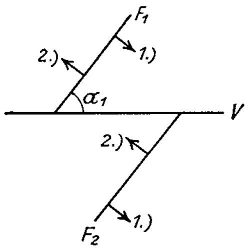

Abb. 29

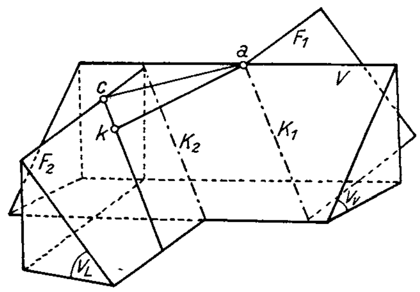

Abb. 30

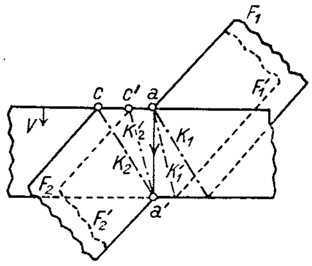

Abb. 31

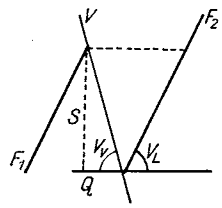

Abb. 32

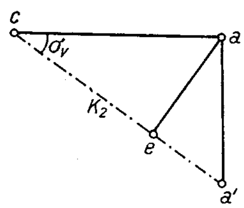

Abb. 33

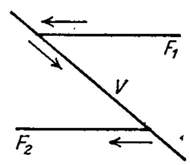

Abb. 34

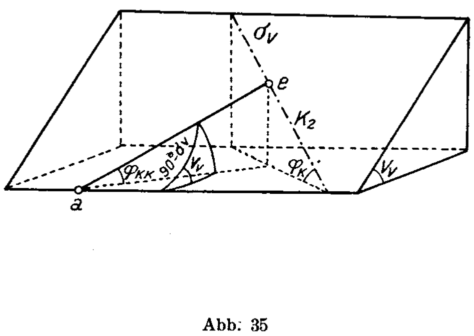

Abb. 35

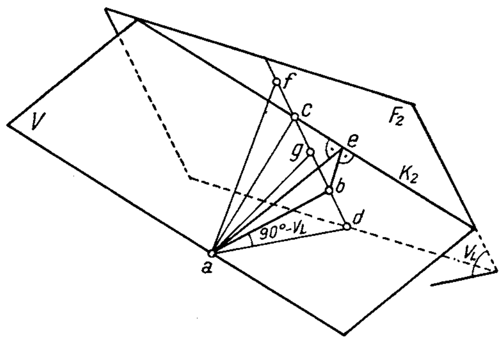

Abb. 36

Verlag von Julius Springer in Wien

Manzsche Buchdruckerei, Wien IX

Das Verwerferproblem im Lichte des Markscheiders

von Anton Hornoch, Sopron

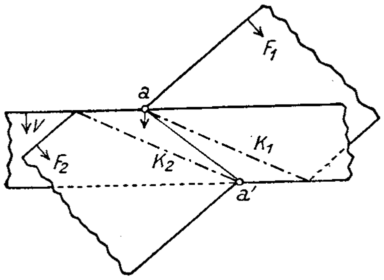

Abb. 37

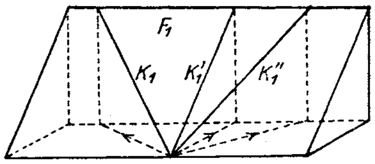

Abb. 38

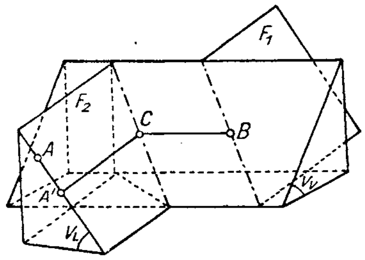

Abb. 39

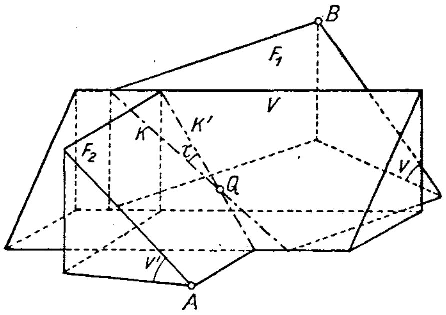

Abb. 40

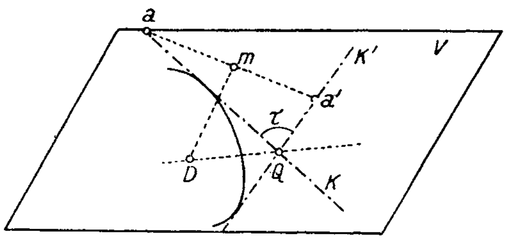

Abb. 41

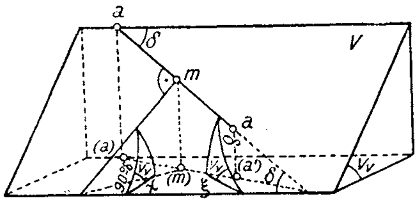

Abb. 42

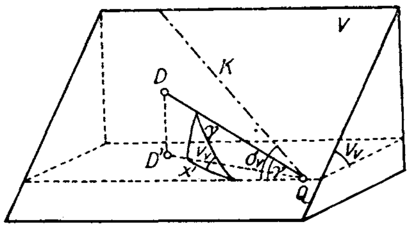

Abb. 43

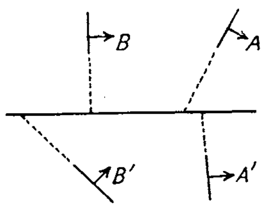

Abb. 44

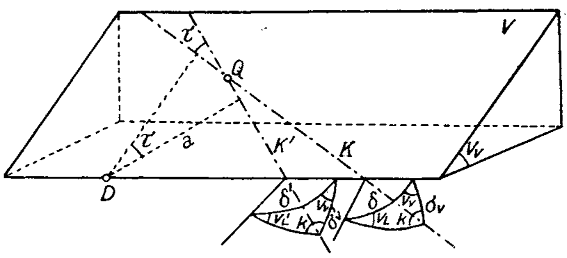

Abb. 45

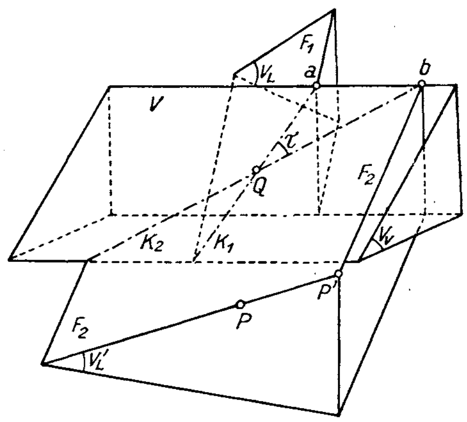

Abb. 46

Verlag von Julius Springer in Wien

Manzsche Buchdruckerei, Wien IX