

# VERHANDLUNGEN

DER

## GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT

---

Heft 4 (Schlußheft)

1954

---

**Inhalt:** E. Clar, Ein zweikreisiger Geologen- und Bergmannskompaß zur Messung von Flächen und Linearen. (Mit Bemerkungen zu den feldgeologischen Messungsarten.)

A. Köhler und Ch. Exner, Bemerkungen zu einigen chemischen Analysen von Mischgesteinen aus der Südböhmischen Masse.

F. Karl, Das Gainfeldkonglomerat, ein Tuffitkonglomerat aus der nördlichen Grauwackenzone (Salzburg).

W. J. Schmidt, Zum Begriff der Sekundärtektonik.

F. Bachmayer, Fund eines Mammutstoßzahnes im Gelände des Lainzer Tiergartens bei Auhof (Hütteldorf).

Geologische Literatur Österreichs 1953.

NB. Die Autoren sind für Inhalt und Form ihrer Mitteilungen verantwortlich.

---

**E. Clar, Ein zweikreisiger Geologen- und Bergmannskompaß zur Messung von Flächen und Linearen. (Mit Bemerkungen zu den feldgeologischen Messungsarten.)**

Auf der Arbeitstagung österreichischer Geologen in Radstadt, 1952, hat Herr Direktor Dr. H. Küpper der Geologischen Bundesanstalt in Wien eine Aussprache darüber eingeleitet, welche Anforderungen heute an einen Geologenkompaß zu stellen sind und um Vorschläge und Wünsche gebeten, die bei Neuanfertigungen berücksichtigt werden könnten. Diese Anregung hat den Verfasser dieser Zeilen veranlaßt, seine eigenen Wünsche in einem neuen Entwurf eines Kompaß-Modells zusammenzufassen, das auch den Anforderungen gerecht werden soll, die die Arbeitsweise der geologischen Gefügekunde in letzter Zeit hinzugebracht hat. Über Einladung durch Herrn Direktor Küpper hat die Firma Neuhöfer & Sohn, Fabrik für geodätische Instrumente in Wien, eine Versuchsausführung dieses Entwurfes hergestellt und ist dabei in verständnisvoller Weise auf alle Anregungen eingegangen. Ein solches Versuchsmodell wurde seither im Gebrauche erprobt und nach diesen Erfahrungen gemeinsam weiterentwickelt, so daß nunmehr eine erste Serie gefertigt werden kann.

Im folgenden sind die Überlegungen und Anforderungen behandelt, die beim Entwurf maßgebend waren; es wird ferner eine Anleitung zu den Messungen mit diesem Instrumente gegeben, doch schien es zweckmäßig, damit auch Bemerkungen zur Messung mit dem Geologenkompaß überhaupt zu verbinden.

Dem Verfasser ist es ein Bedürfnis, hier besonders Herrn Direktor Dr. H. Küpper und den Herren der Erzeugerfirma, ferner aber auch den Kollegen Dr. F. Kahler, Dipl.-Ing. K. Matz, Dr. H.

Meixner und Dr.-Ing. L. Müller für Anregungen und Aussprachen bei der Durchführung des Entwurfes zu danken.

Die traditionellen Ausführungen des Geologen- und Bergmannskompasses befriedigen nicht ganz die Anforderungen, die der Feldgeologe und der Bergbaugeologe besonders in neuerer Zeit an dieses sein wichtigstes Meßinstrument stellen muß. Dies gilt, trotzdem sich der Geologe bewußt sein soll, daß der Kompaß in seiner Hand im allgemeinen nicht die Aufgabe haben kann, geodätische Meßinstrumente zu ersetzen und demgemäß die käuflichen Ausführungen erfahrener Erzeugerfirmen allen nötigen Anforderungen bezüglich Genauigkeit der Messung und zumeist auch bezüglich der Handlichkeit des Instrumentes genügen. Der Mangel liegt vielmehr darin, daß die übliche Einkreis-Busssole grundsätzlich nicht voll befriedigen kann, wenn immer ein Paar von Winkelwerten, mit denen die räumliche Stellung von geologischen Flächen oder Richtungen festgelegt werden soll, zu messen ist.

In dem Vorgang der Messung und in der Art des Anschreibens dieser Winkelwerte herrscht noch kein einheitlicher Gebrauch. Mit dem üblichen einkreisigen Kompaß müssen immer durch zweimaliges Anlegen zwei Winkel unabhängig voneinander bestimmt werden, einer im Horizontalkreis zur Festlegung der (Himmels-)Richtung des Streichens oder Einfallens und einer im Vertikalkreis (Senkel) zur Festlegung der Neigung des Einfallens gegenüber der Horizontalen. Man legt den Kompaß dabei aus freier Hand mit einer Anlegekante einmal horizontal an die zu messende Fläche an und einmal in der Fallinie; nur wenn diese beiden gewählten Anlegerichtungen genau normal aufeinanderstehen, sind die gemessenen Werte einander streng zugeordnet. Dies gelingt nicht immer befriedigend, insbesondere ist bei geringer Flächenneigung die Streichlinie ohne Dosenlibelle ungenauer zu messen als die durch das Spiel des Senkels überprüfbare Fallinie.

Wenn man in dieser Art zunächst durch Anlegen der N—S-Kante des Kompasses die Richtung des Streichens und dann mit dem Senkel die Neigung des Einfallens bestimmt, ergibt sich eine Anschreibung der Messung etwa nach folgendem Beispiel: Streichen  $310^\circ$  (oder  $310-130^\circ$  oder N  $50^\circ$  W), Einfallen  $35^\circ$  gegen NE (oder  $35^\circ$  gegen N  $40^\circ$  E oder  $35^\circ$  gegen  $40^\circ$ ). Die Richtung des Einfallens wird dabei, weil genau  $90^\circ$  von der gemessenen Streichrichtung abweichend, meist nicht eigens gemessen; sondern sie wird entweder aus der subjektiven Geländeorientierung des Beobachters nur dem Quadranten nach angeschrieben („NE“ im obigen Beispiel), oder sie wird durch Ab- bzw. Zuzählen von  $90^\circ$  im Kopf errechnet. In beiden Fällen kann der Irrtum unterlaufen, daß man statt der Fallrichtung die Gegenrichtung angibt und bei längeren Meßreihen sind solche Fehler kaum ganz verlässlich zu vermeiden.

Die Anschreibung wird wesentlich einfacher, wenn man nur die Winkel von Richtung und Neigung des Einfallens notiert, durch welche die räumliche Stellung der Fläche ja ebenfalls schon eindeutig festgelegt ist. Zweckmäßigerweise wird dabei die Richtung des Einfallens nicht durch Umrechnung aus dem Streichen ge-

wonnen, sondern direkt gemessen, indem man den Kompaß nicht mit der N—S-, sondern mit der E—W-Kante so anlegt, daß die N-Richtung in das Einfallen weist. Diese viel einfachere Art der Messung und Anschreibung hat besonders Stini schon seit Jahren empfohlen (siehe auch Lit. 8). Freilich ist dafür Voraussetzung eine E—W-Anlegekante am Kompaß, die leider manchen neueren Serienmodellen im Gegensatz zum bewährten alten Bergmannskompaß fehlt.

Die Anschreibung einer solchen Messung sieht dann z. B. so aus: Einfallen  $65^\circ$  gegen  $140^\circ$  oder mit Stini gekürzt  $65/140$ . Man gewöhnt sich nach kurzer Übung unschwer daran, die dieser Anschreibung entsprechende Streichrichtung ( $50^\circ$ — $230^\circ$ ) im Kopf zu errechnen oder an der Kompaßteilung abzulesen oder ohne solche Hilfen sich vorzustellen. Irrtümer, wie beim Schluß vom Streichen auf die Einfallrichtung, sind dabei ausgeschlossen.

Die kurze Anschreibung der Falllinienstellung mit zwei Zahlen (wie oben  $65/140$ ) ist eindeutig, wenn der Richtungswinkel darin dreistellig ist, die zweistellige Zahl kann dann nur den Neigungswinkel bezeichnen. Im vorhergehenden Beispiel, das  $35/40$  zu schreiben wäre, ist diese kurze Anschreibung nicht eindeutig. Manche Geologen, besonders L. Müller (5) oder G. Hießleitner, schreiben in solcher Kurzform anders als Stini den Richtungswinkel des Einfallens vor, den Neigungswinkel nach dem Strich, also in den obigen Beispielen  $140/65$ , bzw.  $40/35$ .

Es wäre sehr erwünscht, hierin einen einheitlichen Gebrauch anzuwenden. Die Schreibweise von Stini, nämlich Neigungswinkel/Richtungswinkel entspricht besser dem Sprachgebrauche „Einfallen mit...Graden (Neigung) gegen...Grade (Richtung)“. Verfasser ist selbst bisher dieser Schreibweise gefolgt, möchte sich nun jedoch dem von Kollegen L. Müller brieflich geäußerten Argumente beugen, daß die Schreibweise Richtungswinkel/Neigungswinkel besser dem Gebrauche anderer Fächer entspricht, bei Kugelkoordinaten zuerst die Ableseung im Horizontalkreis, dann die im Vertikalkreis anzugeben. Praktisch pflegt man ja auch am Geologenkompaß meist zuerst an der Bussolennadel und dann erst am Senkel abzulesen. Verfasser möchte also hier entgegen seinem eigenem bisherigen Gebrauche für die Zukunft die Schreibweise von L. Müller, nämlich Richtung/Neigung empfehlen.

Ein weiterer Vorschlag, um Irrtümer bei solcher Kurzanschreibung der Flächenstellung auszuschließen, ist der, unabhängig von der Reihenfolge der beiden Ziffern den Richtungswinkel grundsätzlich dreistellig anzuschreiben; also im NE-Quadranten von  $000$  bis  $090^\circ$  usw. Dann ist im obigen Beispiele die Schreibweise  $35/040$  (Stini) ebenso sicher und eindeutig wie  $040/35$  (Müller).

Die Festlegung der räumlichen Stellung geologischer Flächen lediglich durch die Einmessung der Einfallslinie und Kurzanschreibung in Kugelkoordinaten ist so viel einfacher und handlicher als die getrennte Messung und Anschreibung von Streichen und Fallen, daß sie sich besonders für Reihenmessungen und statistische Auswertung zunehmend verbreiten wird. Für die Auftragung in der Lagenkugel kann man dazu von vornherein eine entsprechende Bezifferung des

Netzes vornehmen und die Flächenpole ohne den Umweg über eine Errechnung des Streichens unmittelbar aus den Daten des Einfallens eintragen.

Die Messung selbst wird naturgemäß wesentlich vereinfacht, wenn das Instrument von vornherein zweikreisig ausgestattet ist; nämlich mit horizontalem Richtungs-Teilkreis (Bussole) und normal darauf stehendem Neigungs-Teilkreis. Dann lassen sich bei geeigneter Anordnung die beiden Winkelwerte, die die Stellung der Fläche mit Hilfe der Einfallslinie festlegen, in einer einzigen Anlegestellung des Kompasses nebeneinander ablesen. Sie sind einander in diesem Falle außerdem auch immer streng zugeordnet. Für die geologische Einmessung der räumlichen Stellung von Flächen ist dies eine ähnlich natürliche Verbesserung, wie der Übergang vom einkreisigen zum zweikreisigen Goniometer in der Kristallmessung, wobei in beiden Fällen die weitere Verarbeitung der Meßdaten durch die Hilfe einer Lagenkugel-Projektion gefördert wird.

Bei dem hier zu beschreibenden neuen Instrument ist dieser Überlegung gemäß das Gelenk des Gehäusedeckels zu einem zweiten, auf der Bussolenebene normal stehenden Neigungs-Meßkreis ausgestattet. Im übrigen ist die Ausstattung aber so, daß es daneben in völlig gleicher Weise gehandhabt werden kann, wie der bisher übliche einkreisige Kompaß. Dadurch ist es dem Geologen anheimgestellt, mit diesem Instrument je nach örtlicher Zweckmäßigkeit oder Gewohnheit gleich wie bisher oder zweikreisig zu messen. Näheres wird weiter unten beschrieben.

Es ist hier der Platz, auf ältere Vorschläge ähnlicher Richtung zu verweisen, ohne daß darin irgendeine Vollständigkeit angestrebt werden kann.

J. Blaas hat 1896 (1) und 1903 die Wiedergabe der räumlichen Stellung geologischer Flächen durch ihre Polpunkte und deren „Winkel-Coordinationen“ in der stereographischen Projektion angeregt und mit dem „Klinocompass“ die Fallrichtung und den Pol der Flächen in direkter Ablesung durch Anlegen der E—W-Kante bestimmt.

Herrn Prof. Dr. J. Cadisch verdankt der Verfasser den Hinweis, daß seinerzeit schon A. Bibolini (2) einen Kompaß zur Ablesung des Streichens und Fallens in einer einzigen Anlegestellung vorgeschlagen hat. Dabei wurde die Stellung einer den Gehäusedeckel vertretenden Klappe im Gelenk meßbar gemacht und diese Klappe an die zu messende Fläche angelegt. Das Instrument war in dem Sinne gebaut, daß die Flächen nicht nur durch Richtung und Neigung des Einfallens festgelegt wurden, sondern nach alter Art drei Werte, nämlich Streichen, Richtungsquadrant und Neigungswinkel des Einfallens, in einer einzigen Anlegestellung abgelesen werden mußten. So wurden Ablesung und Aufschreibung etwas verwickelt und das Instrument hat sich anscheinend nicht durchgesetzt. Auch war mit ihm die Einmessung von Linearen noch nicht möglich.

Hier ist ferner hinzuweisen auf den neuen Kluffkompaß von L. Müller (6), der für die Bedürfnisse der statistischen Kluffmessung entwickelt worden ist. Mit einer flüssigkeitsgedämpften

Magnetnadscheibe, die in einem durchsichtigen Glaswürfel kardanisch aufgehängt ist, läßt er jeweils aus einer einzigen Anleagestellung heraus die Koordinaten der Falllinie einer Fläche an zwei Teilkreisen ablesen und gestattet in Meßreihen ein ganz ungewöhnlich zügiges Arbeiten.

Der Vorteil eines zweikreisigen Instrumentes wird besonders deutlich, wenn es sich um die geologische Einmessung der Stellung linearer Gefügedaten handelt. Die geologische Gefügekunde hat uns erst in neuerer Zeit gelehrt, neben der räumlichen Stellung geologischer Flächen auch die Stellung von Linearen, wie Falten- und B-Achsen überhaupt, „Streckungen“, Harnisch-Striemen usw., wirklich systematisch zu beachten, einzumessen und statistisch auszuwerten.

Der übliche Geologenkompaß gestattet nicht, solche Linearen unmittelbar einzumessen, sobald sie nicht mehr horizontal liegen. Man muß die Richtung ihres Einfallens dann entweder anvisieren, was bei größeren Neigungen sehr ungenau ist; oder man konstruiert (7, S. 130) ihre räumliche Stellung innerhalb einer eingemessenen geologischen Fläche jeweils in der Lagenkugel mit Hilfe des Winkels gegenüber einer horizontalen Streichlinie in der Fläche und benötigt zur genauen Messung dieses Winkels zusätzlich ein Anlegegoniometer.

B. Sander hat (7, Abb. 37) seinen üblichen Bergmannskompaß für diesen Zweck mit einem zusätzlichen Winkelmesser ausgestattet, der die Stellung des Gehäusedeckels ablesen läßt und den Kompaß zu einem Anlegegoniometer ergänzt. Der zusätzliche Winkelmesser ist in dieser Anordnung, im Grunde genommen, ein zweiter vertikaler Meßkreis. Nur ist die Anordnung noch etwas unhandlich und gestattet nicht, durch einfaches Anlegen an Flächen oder Linearen wirklich in zwei Teilkreisen gleichzeitig abzulesen und hat sich offenbar nicht eingebürgert. Das neue, hier vorgelegte Instrument bringt diesen Gedanken B. Sanders zu mechanisch verbesserter und erweiterter Anwendung.

Das Bedürfnis, die räumliche Stellung von Linearen des Gefüges durch direkte Messung festzulegen, hat auch schon zur Konstruktion eines eigenen, neben dem Kompaß zu verwendenden Instrumentes zur Messung von Linearen geführt. E. Ingerson (3) hat ein solches als Kompaß mit Kardan-Aufhängung entworfen, später (4) Nishio ein ähnliches als Universalkompaß. In Europa sind diese wohl nicht in Verwendung gekommen, vielleicht weil der Feldgeologe und Bergmann offenbar den Wunsch hat, bei seiner geologischen Aufnahme möglichst mit seinem altgewohnten Kompaß als einzigem Meßinstrument auszukommen.

Der zweikreisige Kompaß genügt gleichzeitig diesem Bedürfnis; in grundsätzlich gleicher Weise wie Richtung und Neigung der Einfallslinie einer Fläche in einer einzigen Anleagestellung abgelesen werden, ist auch die Richtung und Neigung des Einfallens beliebiger Linearen des Gefüges durch Anlegen einer Anlegekante direkt abzulesen und ohne Hilfskonstruktion mit den beiden Werten Richtung/Neigung zu notieren. Aber man kann damit in geeigneten Fällen auch außerdem wie bisher die Richtung anvisieren und die Neigung mit dem Senkel messen, oder für die von B. Sander

empfohlene Konstruktion das Deckelgelenk als Anlegegoniometer verwenden.

Es war eben der Grundgedanke des neuen Entwurfes, dem Geologen ein einfaches Instrument in die Hand zu geben, mit dem er wahlweise ebensogut zweikreisig die schnellere direkte Ablesung von Richtung und Neigung des Einfallens von Flächen und Linearen vornehmen kann, wie auch alle bisher vom einkreisigen Instrument gewohnten Messungen, etwa des Streichens oder des Fallens mit dem Senkel. Je nachdem, wie im Einzelaufschluß über oder unter Tage die zu messende Fläche oder Lineare zugänglich ist, wird die eine oder andere Meßart zweckmäßiger, genauer oder angenehmer. Verfasser ist überzeugt, daß sich auf diesem Wege sowohl die zweikreisige Messung, wie auch die oben skizzierte Kurzanschiebung der Meßwerte in Kugelkoordinaten allmählich allgemeiner durchsetzen wird.

Die Anforderungen, denen der Entwurf des hier beschriebenen Instrumentes zu genügen suchte und die mehrfach nur in einem Kompromiß zu befriedigen sind, waren folgende:

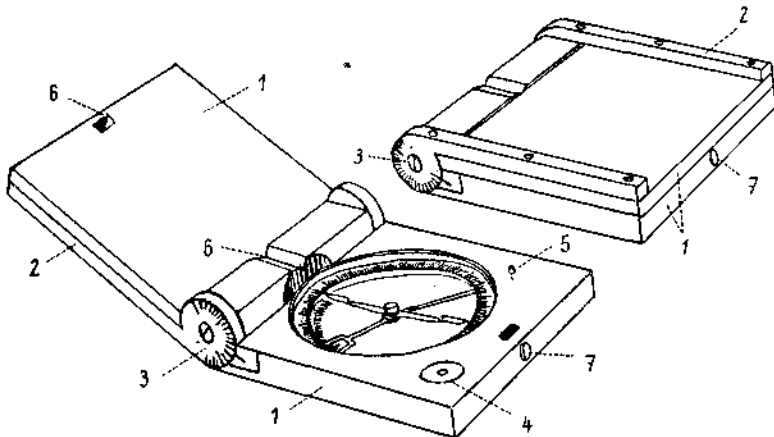


Abb. 1. Skizzen des beschriebenen Kompasses mit geöffnetem und geschlossenem Gehäusedeckel. 1. Holzgehäuse mit Busssole üblicher Ausstattung. 2. Metall-Anlegeleisten am Deckel. 3. Vertikal-Teilkreis im Deckelgelenk mit Ableseindex. 4. Dosenlibelle. 5. Arretierstift der Bussolenadel. 6. Visierbeilفة. 7. Verschluss. Abmessungen des Kompasses:  $9,5 \times 11,5 \times 3$  cm.

a) Taschenformat ohne stoffzerreißende Kanten und Ecken, nicht kugelförmig; aber doch möglichst lange Anlegekanten bzw. -fläche, da sonst Rauigkeiten und Buckel der zu messenden Flächen Fehler erzeugen; solche Anlegekanten sowohl parallel der N-S-, wie der E-W-Richtung der Busssole, damit nicht nur das Streichen, sondern auch die Einfallrichtung unmittelbar durch Anlegen und Ablesen an der Nadel gemessen werden kann; daher rechteckiges Gehäuse wie beim traditionellen Bergmannskompaß.

b) Starkes, möglichst stoß- und schlagfestes Gehäuse, ohne kratzempfindlichen Lack, möglichst unempfindlich gegen Sand und Grubenschwand usw., leicht zu reinigen. Gewicht im üblichen Rahmen.

c) Der Kompaß muß mit nur einer Hand (hier rechte bevorzugt) geöffnet, bedient und wieder versorgt werden können; daher kein auf die Bussole aufzusteckender Deckel, Lederetui usw., sondern Klappdeckel mit Schnappverschluss.

d) Bussolen-Teilkreis  $360^\circ$  gegen den Uhrzeiger in Einzelgraden, Bezifferung auch bei schwacher Beleuchtung, z. B. in Stollen, gut lesbar. Rasche Beruhigung der Nadel ist für die freihändige Messung wichtiger als extreme Empfindlichkeit; Inklinationsgewicht verschiebbar; Arretierung und Bremsung der Nadel durch einhändig zu bedienenden Druckstift, nicht durch Schraube; Arretierung beim Schließen des Deckels automatisch. Teilkreis zwecks Korrektur der Deklination verdrehbar und klemmbar, wobei jedoch jedesmalige Abnahme von Glas und Nadel zulässig ist.

e) Dosenlibelle zur Kontrolle der Horizontalstellung, aber mit mäßiger Empfindlichkeit wegen Messung aus freier Hand.

f) Senkel in üblicher Ausführung zur Neigungsmessung durch Anlegen oder Anvisieren mit der N—S-Kante des Gehäuses, Teilung beidseitig  $0-90^\circ$  in Einzelgraden.

g) Außerdem Neigungsmessung durch Anlegen des Gehäusedeckels oder einer seiner Kanten und Ablesen seines Winkels gegenüber der horizontal gehaltenen Bussolenebene an einem im Deckelgelenk eingebauten vertikalen Teilkreis ebenfalls mit Ablesung auf  $1^\circ$ ; dadurch Ablesen von Neigung und Richtung des Einfallens von Flächen oder Linearen in einer einzigen Anlegstellung.

h) Mit Hilfe dieses zweiten Teilkreises werden Bussolenfläche und Deckel des Gehäuses als Anlegegoniometer zur Messung von Richtungswinkeln innerhalb einer reellen oder gedachten Ebene verwendbar.

i) Einfache Visur-Einrichtung parallel der N—S-Richtung der Bussole, auf Wunsch Spiegel im Deckel zur Beobachtung der Nadel.

Das ausgeführte Instrument ist diesen Anforderungen entsprechend ausgestattet, so daß die obige Aufzählung gleichzeitig einige beschreibende Daten enthält. Neben der schematischen Skizze in Abb. 1 dazu noch ergänzend: Das Gehäuse ist aus Mahagoniholz gearbeitet und hat Ausmaße von  $9,5 \times 11 \times 2,5$  cm; zur Höhe kommen an beiden Seitenrändern des Deckels noch die Anlegeleisten aus hellem Leichtmetall mit 0,5 cm. Gesamtgewicht 290 g. Die derzeitige Ausführung ist vor allem für den Gebrauch mit der rechten Hand gebaut.

Weitere Angaben über die Ausführung finden sich in der nun folgenden Darstellung der mit dem Instrument auszuführenden geologischen Messungen. Dabei wird nicht nur die für das neue Instrument charakteristische Meßart geschildert. Es schien dem Verfasser vielmehr zweckmäßig, dabei auch die altbekannten und allgemein üblichen Meßverfahren — die mit diesem Instrument ebenso ausgeführt werden können — kurz zu schildern und mit Bemerkungen gegenüberzustellen.

**Korrektur der Deklination:** Um die abgelesenen Gradwerte ohne jedesmalige Umrechnung verwenden zu können, empfiehlt es sich, die Deklination in der Bussole durch Verdrehen der Skala zu

korrigieren. Es genügt, dies im engeren Arbeitsbereich jährlich oder bei größeren Ortsveränderungen nach zugänglichen Tabellen auszuführen. Das Deckglas der Bussole ist auszuheben, nachdem der Federring über ihm mit einem Messer gelöst ist. Man dreht den Kompaß auf horizontaler Unterlage so in N—S, daß die Nadel um den Betrag und in der wahren Richtung der Deklination von der in der Senkelteilung der Bodenplatte fest bezeichneten Mittellinie abweicht. (E—W ist im Kompaß vertauscht!) Die Lage kann durch einen Strich längs einer N—S-Außenkante auf der Unterlage festgelegt werden. Nach Lösen der Klemmschrauben des 360°-Ringes ist dieser so zu verdrehen, daß die Spitze der beruhigten Nadel auf 0° bzw. 180° weist und wird dann wieder festgeklammt, das Glas eingelegt und mit dem Federring gesichert. Die abgelesenen Gradwerte sind dann ohne weitere Korrektur zu verwenden.

1. Streichen von Flächen. In gewohnter Weise Anlegen einer N—S-Kante des Gehäuses, deren Länge durch Aufklappen des Deckels in die 180°, bzw. 0°-Stellung verdoppelt werden kann, horizontal an die zu messende Fläche. Je flacher das Einfallen, desto mehr ist eine Kontrolle der Horizontalstellung der Bussole durch Beobachtung der Dosenlibelle zu empfehlen.

Die Beruhigung der Nadel wird durch vorübergehendes schwaches Niederdrücken des Arretierstiftes gefördert. Ablesung nach Gewohnheit an einer oder beiden Nadelspitzen. In der Teilung sind nur die Zehner beziffert, wobei zwecks besserer Lesbarkeit der Ziffern jeweils die Nullen weggelassen sind. Also: „2“ gleich 20°, „34“ gleich 340°. Auf die kaum mehr verwendete Stundenteilung ist aus dem gleichen Grunde verzichtet, 1 Stunde gleich 15°, 6 Stunden gleich 90° usw.

## 2. Einfallen von Flächen:

a) In der am Einkreis-Instrument üblichen Weise, nämlich mit zweimaligem Anlegen des Kompasses.

α) Neigung: Anlegen einer N—S-Seitenwand des Gehäuses an die ungefähre Falllinie der Fläche, so daß der Senkel des Neigungsmessers längs seiner Skala frei spielt; Ablesung des Winkels gegenüber der Horizontalen an dieser Skala am Gehäuseboden. In Stollen und ähnlichen Untertage-Aufschlüssen erhält man vielfach einen besseren Durchschnittswert des Fallwinkels, wenn man sich am gegenüberliegenden Uim in das Streichen der betreffenden Fläche stellt und nun durch Visur in gleicher Stellung des Kompasses seinen Anlegerand mit der Auszißlinie der Fläche deckt. An Obertage-Aufschlüssen wird solches Anvisieren des Neigungswinkels leicht fehlerhaft durch Abweichung der Visurlinie vom Streichen.

β) Richtung des Einfallens: Wenn das Streichen gemessen wurde, begnügt man sich gewöhnlich mit der Angabe des Quadranten (N, NE, SW usw.) in den die Fläche fällt, sonst muß 90° ab- oder zugezählt werden. In dieser, aus der subjektiven Orientierung abgeleiteten Angabe der Himmelsrichtung unterlaufen erfahrungsgemäß doch immer wieder Fehler, wenn die Messung nicht sofort als Fallzeichnen in gute Karten oder Pläne eingetragen und dadurch kontrolliert wird (oder die Fallrichtung nicht sehr eintönig ist).



Aus diesem Grunde und wegen der weit einfacheren Anschreibung mit nur zwei Ziffern bevorzugen viele der Geologen, die in ihrer Arbeit oft und viel messen, die Stellung von Flächen nicht durch das Streichen und das Fallen, sondern nur durch Richtung und Neigung des Einfallens festzulegen. Darüber ist eingangs schon ausführlicher gesprochen worden.

Wenn man seine Flächenmessungen in dieser Kurzform aufschreibt, was besonders für die Eintragung in Pläne, Reihenmessungen, Auftragung in der Lagenkugel und statistische Auswertung eine wesentliche Vereinfachung bedeutet, so ist es auch zweckmäßig, die Richtung des Streichens gar nicht zu messen, sondern unmittelbar nur die Richtung des Einfallens. Es ist nur eine Sache kurzer Gewöhnung, sich das irgendeiner Einfallrichtung entsprechende Streichen rasch vorzustellen oder auszurechnen; denn da das Streichen durch einen Strahl und nicht durch einen Halbstrahl dargestellt wird, ist es gleichgültig, ob man  $90^\circ$  zu- oder abzählt; Irrtümer, wie umgekehrt bei der Errechnung des Einfallens aus dem gemessenen Streichen, sind ausgeschlossen.

Die unmittelbare Einmessung der Richtung des Einfallens ist einfach, nämlich durch Anlegen einer E—W-Kante — viele „Geologen“-Kompass besitzen eine solche allerdings nicht — an Stelle der bei der Messung des Streichens angelegten N—S-Kante. Man muß dabei nur die leicht zu behaltende Vorschrift „Nord voraus“ beachten: Der Kompaß wird so angelegt, daß das „N“ (oder  $360^\circ$ ) der Kreisteilung in die Richtung des Einfallens der Fläche weist und der Gradwert dieser Richtung des Einfallens wird dann an der Nordspitze der Kompaßnadel abgelesen. Legt man mit „S“ in der Richtung des Einfallens an, so ist der Gradwert dieser Richtung an der Südspitze der Nadel abzulesen, aber besser ist es, sich an die eine Art zu gewöhnen, weil dann Irrtümer so gut wie ausgeschlossen sind.

b) Noch wesentlich einfacher, schneller und ohne jede Gefahr eines Irrtums ist Neigung und Richtung des Einfallens in einer einzigen Anlegestellung des Kompasses abzulesen, wenn man nun auch den zweiten, vertikalen Teilkreis zu Hilfe nimmt. Man hält den Kompaß geöffnet mit angenähert horizontal stehenden Bussolenteil

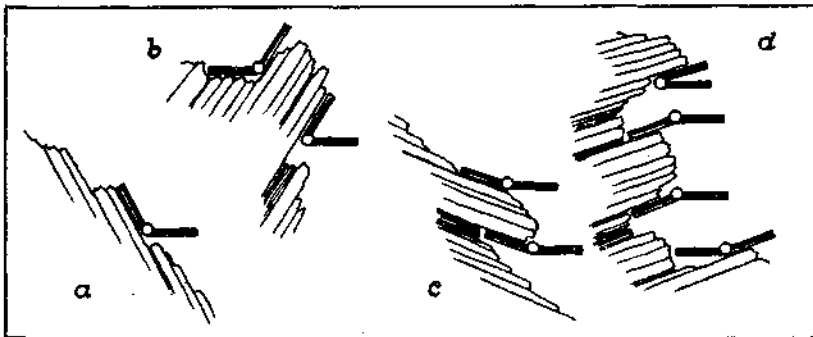


Abb. 2. a—d: Anlegestellungen des Kompasses zur gleichzeitigen Messung von Richtung und Neigung des Einfallens von Flächen bei verschiedener Lagerungsart; schwarz: Unterteil mit Bussole; halbschwarz: Gehäusedeckel mit Metall-Anlegeleisten.

so an die zu messende Fläche, daß der Deckel des Gehäuses mit seinen beiden metallenen Anlegeleisten dieser Fläche möglichst satt anliegt (Abb. 4, links) und dreht dann noch ein wenig, bis die Dosenlibelle neben der Bussole genau einspielt. Dann ist die Neigung des Einfallens am vertikalen Gelenk-Teilkreis, die ihr streng zugeordnete Richtung des Einfallens an der Bussole abzulesen.

Die Quadranten des Gelenk-Teilkreises haben verschiedene Farben, ebenso die beiden Spitzen der Kompaßnadel. Ist die am Indexstrich des Gelenk-Teilkreises angezeigte Neigung an schwarzen Ziffern abzulesen, so zeigt die schwarze Nadelspitze die Richtung des Einfallens an, liest man die Neigung in Rot, so ist auch die Richtung an der roten Spitze abzulesen.

Bei geringerem Fallwinkel als  $20^\circ$  und Anlegen des Deckels von unten ist der Kompaß so wenig geöffnet, daß Libelle und Bussole nicht mehr gut zu beobachten sind. Für diesen Fall ist der Deckel noch über die  $180^\circ$ -, bzw.  $0^\circ$ -Stellung hinaus zu öffnen und dort eine weitere Teilung von  $20^\circ$  angebracht. Grundsätzlich ist es gleichgültig, ob man die äußeren Anlegeleisten oder die Innenseite des Deckels an die zu messende Fläche anlegt; man kann also je nach der Entblößung der Fläche so oder so anlegen. Die Skizzen der Abb. 2 kennzeichnen einige Musterfälle. Ablesung der Winkel immer in gleicher Weise.

Bei unseren geologischen Messungen ist es im allgemeinen ausreichend und entspricht der gewöhnlichen Unebenheit unserer Flächen, wenn wir die Winkel auf  $5^\circ$  gerundet ablesen. Trotzdem sind alle Teilkreise wegen der seltenen Fälle, in denen eine genauere Ablesung notwendig oder möglich ist, auf eine Ablesung von  $1^\circ$  eingerichtet. Im Gelenks-Teilkreis ist dies dadurch erreicht, daß den von  $5$  zu  $5^\circ$  gesetzten Teilstrichen und auch dem Indexstrich eine Breite von genau  $2^\circ$  gegeben ist. Der Vorgang wird anschließend beschrieben. Die Bezifferung dieses Teilkreises ist, um möglichst deutliche Ziffern zu geben, stark vereinfacht; unter Weglassung der Nullen und einzelner Zehner lautet sie für einen Quadranten von  $0$  bis  $90^\circ$ :  $0.2.45.7.9$ ; dadurch werden die mittleren Neigungen hervorgehoben und man wird sich rasch zurechtfinden.

Beim Aufklappen des Deckels dreht sich der Teilkreis an einem, der Ablesung dienenden Indexstrich vorbei. Man kann leicht und scharf drei verschiedene Arten der Stellung der Teilstriche (je  $5^\circ$  und jeweils  $2^\circ$  breit) gegenüber dem Indexstrich (ebenfalls  $2^\circ$  breit) unterscheiden (siehe auch Abb. 3): Stehen sich Teilstrich und Indexstrich mit Aufdeckung der Ränder genau gegenüber (Bild a), so gilt als Ablesung der betreffende Teilstrich; sind sie gegeneinander um ihre halbe Breite verschoben (Bild b und c), so beträgt die Abweichung von der Teilstrichziffer gerade  $1^\circ$ , der unter Berücksichtigung des Sinnes der Teilkreisbezifferung zu- oder abzuzählen ist; bei einer Abweichung von  $2^\circ$  von der Teilstrichziffer decken gerade die Ränder von Teilstrich und Indexstrich gegeneinander auf (Bild c, d und f) und es sind sinngemäß  $2^\circ$  zu- oder abzuzählen. Wie die Bilder a bis e der Abb. 4 zeigen, ist auf diesem Wege durch die unschwierige Unterscheidung der genannten drei Stellungsarten das Teilstrich-

intervall von 5 Graden ohne Zuhilfenahme der bloßen Schätzung in Einzelgrade aufzulösen, wenn die angestrebte Genauigkeit der Messung dies erfordert oder rechtfertigt. Dem Sinne der Teilkreisbeziehung nach beziehen sich die Bilder a bis e der Abb. 3 auf den am Kompaß rot gehaltenen Quadranten des Gelenks-Teilkreises, das Beispiel von Bild f auf den schwarzen Quadranten.

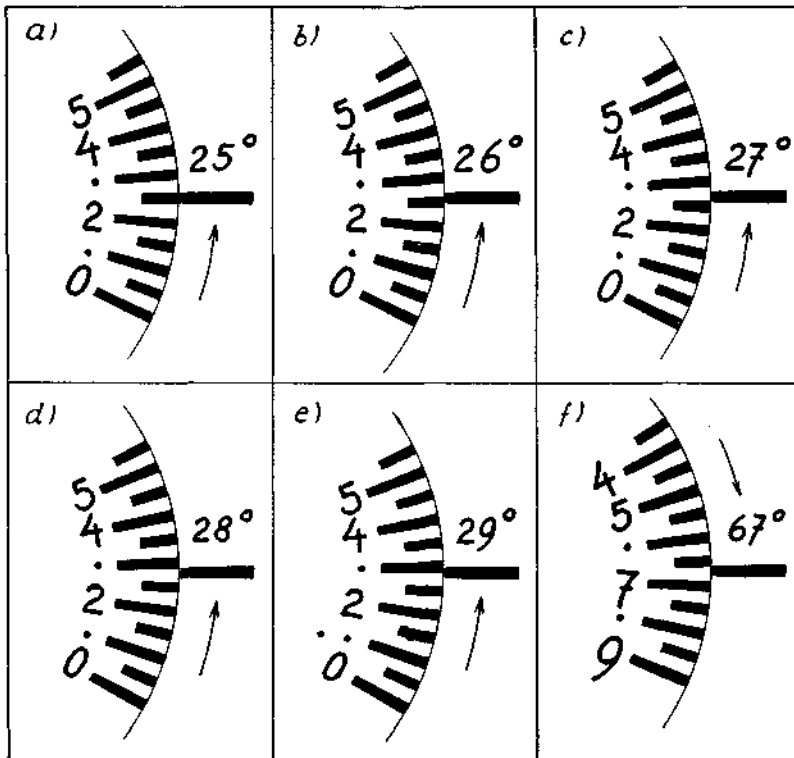


Abb. 3. Beispiel für die Ablesung von Einzelgraden am Gelenks-Teilkreis. Beispiel a) volle Deckung von Skalenteilstrich und Indexstrich, daher Ablesung gemäß der Bezeichnung des Skalenteilstriches; Beispiele b) und e) halbe Deckung, daher  $1^\circ$  Abweichung gegenüber dem Teilstrich; Beispiele c), d) und f) Randberührung zwischen Skalenteilstrich und Indexstrich, daher  $2^\circ$  Abweichung gegenüber dem Teilstrich; Hierbei Richtungssinn der Skalenteilung beachten! (Pfeile der Abbildung); a) bis e) entspricht der roten, f) der schwarzen Teilung am Kompaß.

3. Einmessung von linearen Gefügedaten. Man spricht zwar wohl auch bei linearen Gefügedaten (z. B. Falten- oder „Streckungs“-Achsen, B-Achsen, Harnisch-Striemen, Lineation usw.) von einem „Streichen“, streng genommen trifft dies aber nur bei genau horizontaler Lage, also Einfallen  $0^\circ$ , zu, sonst bezieht man diese Angabe stillschweigend auf die durch die Lineare gelegte Vertikalenebene. Allgemein ist die räumliche Stellung von Linearen ebenfalls am kürzesten durch Neigung und Richtung ihres Einfallens festzu-

legen; die Falllinie von Flächen ist schließlich auch nur eine, in ihnen geometrisch bestimmte, spezielle Lineare.

Die Einmessung der Richtung von Linearen durch Anlegen ist mit einer normalen Geologenbussole nur dann möglich, wenn das Instrument, wie die alten Bergmannskompassse, ein rechtwinkelig-vierseitiges Gehäuse mit Klappdeckel hat, wird aber in dieser Form kaum gehandhabt. Man bedient sich zumeist eigener Hilfskonstruktionen oder Hilfsinstrumente, während der hier vorgelegte Kompaß von vornherein auf ihre direkte Einmessung abgestellt ist, aber daneben auch andere, vielleicht fallweise vorzuziehende Arten der Einmessung zuläßt

a) Mit der einkreisigen, mit Neigungssenkel ausgestatteten Bussole kann man auf folgende Arten vorgehen:

α) Man visiert aus freier Hand das sogenannte Streichen der Lineare an, genauer das Streichen der durch die Lineare gelegten Vertikalebene, bestimmt die Neigung der Linearen gegenüber der Horizontalen durch Anlegen des Kompasses so, daß der Senkel frei einspielt, und fügt die ungefähre Himmelsrichtung des Einfallens auf Grund der eigenen Raumorientierung hinzu; Vorgang also grundsätzlich gleich wie bei der Festlegung von Flächen durch Streichen und Fallen. Dieses Einvisieren ist erträglich genau, wenn die Lineare flach einfällt und in einer wenig geneigten Fläche liegt. Bei größeren Neigungen der Lineare selbst oder auch der Fläche, in der die Lineare auftritt, sind große Fehler häufig.

β) Bei mittleren und starken Flächenneigungen genauer ist die von B. Sander (7. S. 130) empfohlene Meßart, die auch den Vorteil hat, bei Eintragung in die Lagenkugel nicht zu Widersprüchen zu führen, die entweder durch Meßfehler oder durch die Ungenauigkeit der Flächenausbildung, z. B. Wellung, zustandekommen. Man mißt die Fläche, in der sich die Lineare befindet (meist ein „s“), mit Streichen und Fallen in üblicher Art, bezeichnet auf ihr die Richtung des Streichens mit einer Linie oder einem Ritz und bestimmt nun mit einem gewöhnlichen Winkelmesser (Transporteur) oder einem Anlegegoniometer den in dieser Fläche liegenden Winkel  $\xi$ , den die Lineare mit der bezeichneten Streichrichtung einschließt und den Richtungssinn dieser Abweichung vom Streichen. Im Gradnetz der Lagenkugel läßt sich dann sehr schnell im Großkreis der eingemessenen Fläche der Winkel  $\xi$  eintragen und sowohl Neigung wie Richtung des Einfallens der Lineare ablesen. Mißt man gleichzeitig auch in der unter α) angegebenen Art, so ist eine gewisse Kontrolle besonders gegenüber Irrtümern im Richtungssinn von  $\xi$  oder in der ungefähren Einfallrichtung der Fläche oder auch in der Lagenkugel-Auftragung gegeben.

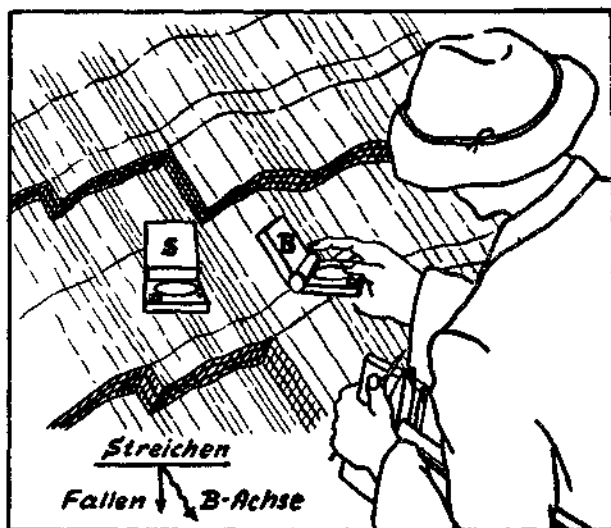
Man kann natürlich an Stelle des Streichens auf der Fläche auch die Linie des Einfallens bezeichnen und dann an Stelle von  $\xi$  den Winkel gegenüber dieser Richtung ( $90-\xi$ ) messen und zur Eintragung verwenden.

Auch wenn man in geeigneten Fällen nach Einmessung der die Lineare enthaltenden Fläche nicht  $\xi$  oder  $90-\xi$ , sondern mit dem Neigungsmesser (Senkel) des Kompasses direkt die Neigung der

Lineare gegenüber dem Horizont einmißt, wird deren Eintragung in der Lagenkugel konstruktiv eindeutig. Man benötigt dann keinen Winkelmesser oder Anlegegoniometer, muß aber den Neigungswinkel möglichst genau messen und zweckmäßig auch die Richtung wie unter a) kontrollieren.

b) Die direkte Einmessung von Linearen mit dem Instrument von E. Ingerson (3, 4) bedarf keiner Erläuterung; sie gibt unmittelbar durch Anlegen die Neigung und die Richtung des Einfallens.

Jede Art von Konstruktion der Stellung einer Linearen, die von der vorherigen Einmessung der geologischen Fläche ausgeht, in der die Lineare auftritt, wird ungenau, wenn diese Fläche tatsächlich keine Ebene ist; also insbesondere, wenn diese Fläche durch Faltenwellen verbogen oder das Gefüge durch stengelige Elemente beherrscht ist. Dann besteht unbedingt das Bedürfnis, diese Lination direkt durch Anlegen einzumessen. Die verschiedenen neueren Metallbussole, auch solche mit rechtwinkliger Bodenplatte, haben dafür keine geeigneten Anlegekanteln. Behelfsweise gelingt es mit dem Bergmannskompaß im althergebrachten rechteckigen Holzgehäuse mit Klappdeckel, sofern auch eine Dosenlibelle vorhanden ist. Dann kann man so messen, daß man a) die Neigung des Einfallens der Lineare genau wie bei Flächen durch Anlegen am Senkel abliest; b) die Richtung dadurch, daß man eine Seitenkante des entsprechend aufgeklappten



Links („S“): Deckelfläche angelegt, gemessen: S-Fläche  
 Rechts („B“): Deckelkante angelegt, gemessen: B-Achse (Lineare)

Abb. 4. Typische Anlegestellen bei zweikreisiger Flächen- und Linearen-Messung Links (s) Messung der Einfallslinie von Flächen durch Anlegen der Fläche des Gehäusedeckels; rechts (B) Messung von Richtung und Neigung des Einfallens von Linearen durch Anlegen einer Längskante des Gehäusedeckels (Anlegeleiste); beides bei horizontaler Stellung des Bussolenteiles (Dosenlibelle!).

Deckels an die Lineare anlegt und den Kompaß so hält, daß die Busssole unter Kontrolle durch die Dosenlibelle horizontal steht. Die Richtung des Einfallens ist dann unter Beachtung der Vorschrift „Nord voraus“ (siehe oben 2,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) entweder an der N- oder S-Spitze der Nadel abzulesen.

c) Mit dem hier beschriebenen zweikreisigen Kompaß ist die direkte Einmessung von Linearen grundsätzlich vollkommen gleichartig vorzunehmen wie die des Einfallens von Flächen (siehe oben 2 b).

Man legt nun nicht die Deckelfläche, sondern nur eine der beiden metallenen Anlegeleisten des Deckels an die zu messende Lineare an und hält dabei den Bussolenteil des Kompasses unter Kontrolle durch die Dosenlibelle horizontal. In dieser Stellung wird die Neigung am vertikalen Teilkreis des Deckelgelenkes abgelesen, die Richtung des Einfallens an der Busssole; und zwar an der schwarzen Nadelspitze, wenn die Neigung in einem Quadranten mit schwarzer Teilung abzulesen war und umgekehrt an der roten, wenn die Neigung in roter Teilung verzeichnet wird. Auch hier, wie bei der Flächenmessung, kann, wenn das Anlegen so günstiger ist, die Zusatzteilung von  $20^\circ$  verwendet werden und es kann ebenso fallweise nicht eine äußere, metallene Anlegeleiste, sondern eine dazu parallele Innenkante des Deckels benützt werden. In Abb. 4 ist versucht, charakteristische Anlegestellungen bei der Messung von Flächen (Deckelfläche angelegt) und von Linearen (Deckelkante angelegt) zu vergleichen.

4. **Winkelmessung innerhalb von Ebenen.** Sind in einer Fläche zwei oder mehrere Linearen sichtbar, so kann jede Lineare für sich gemessen werden. Die Eintragung in der Lagenkugel gibt dann eine Kontrolle für die Genauigkeit der Messung, sofern nicht die Unebenheit der Fläche, in der sie liegen, Abweichungen rechtfertigt. Die Winkel, die solche Linearen miteinander oder zur Streich- oder Fallrichtung der Fläche einschließen, sind außerdem mit dem neuen Instrument ohne eigenen Winkelmesser meßbar; denn Gehäuseboden und Deckel des Kompasses sind auch ähnlich der Schere eines Anlegegoniometers verwendbar, wenn man die Gelenkachse senkrecht auf die Ebene aufsetzt, in der der Winkel liegt. Der Winkel wird am Gelenk-Teilkreis abgelesen. Man benötigt also mit dem neuen Instrument auch für die Methode 3,  $\alpha$ ,  $\beta$  der obigen Reihe keine Hilfsgeräte. Das Instrument ersetzt jedoch nicht ein Anlegegoniometer z. B. bei der Messung der Winkel zwischen den Begrenzungsflächen eines aus dem Verband genommenen Kluffkörpers, denn wegen der Walzenform des Gelenkes lassen sich körperliche Winkel nicht bis zum Anliegen der Scherenarme einführen. Das Instrument kann Winkel nur durch An- und Auflegen messen, nicht durch deren Umfassung.

Dagegen kann der neue Kompaß dem Feldgeologen z. B. bei der Übertragung gemessener Streich- oder Fallrichtungen in seine Pläne und Karten einen Winkelmesser (Transporteur) ersetzen. Stellt man den Kompaß abgewinkelt seitlich so auf die Karte, daß z. B. der Bussolenteil mit einer N—S- oder E—W-Netzklinie der Karte auf-

deckt, so ist am Gelenk-Teilkreis jede beliebige Himmelsrichtung genau einstellbar und entlang einer Kante des Gehäusedeckels nachzuziehen.

5. Messungen durch Visur. Der Geologen- und Bergmanns-kompaß ist seinem Wesen nach kein Stativinstrument und soll nach Meinung des Verfassers nicht bei geodätischen und markscheiderischen Orientierungsaufnahmen ein doch immer unbefriedigender Ersatz sein wollen für die diesem Zweck besser dienenden kleinen geodätischen Instrumente und Kompass. Wenn der Geologe mehr herstellen will als eine notdürftige Behelfsgrundlage für die Beobachtungen seines eigenen Faches, muß er eben mehr mit sich führen als seinen Taschenkompaß. Aber zu Behelfsskizzen nach Richtung und Band- oder Schrittmaß ist er doch öfter gezwungen.

Solche Skizzen soll die sonst möglichst einfach gehaltene Visiereinrichtung erleichtern, soll fallweise bei der Orientierung in Karten und Plänen helfen können und auch Neigungsvisuren zulassen, soweit beides im allgemeinen freihändig geschehen kann.

Damit sind die Messungsarten, für deren Durchführung der Kompaß entworfen wurde, kurz behandelt. Die bisherige Verwendung hat gezeigt, daß die zweikreisige Messung, also die gleichzeitige Einstellung von Neigung und Richtung des Einfallens von Flächen oder Linearen in einer einzigen Anlegungstellung des Kompasses in den weitaus meisten Fällen der einfachste Vorgang ist und den flüssigsten Ablauf der Messungen und Aufschreibungen ermöglicht. Aber das Instrument ist, wie schon betont, in gleicher Weise für alle übrigen, bisher üblichen Messungsarten eingerichtet, die fallweise und je nach der bisherigen Arbeitsgewohnheit des betreffenden Geologen oder Bergmannes vielleicht bevorzugt werden. Diese Vielseitigkeit des Instrumentes soll eine allmähliche Weiterverbreitung der sinngemäß vorteilhafteren zweikreisigen Messungsarten erleichtern.

#### Literaturhinweise.

1. Blaas, J.: Über eine neue Methode der Bezeichnung und Darstellung geologischer Ebenen; Zs. prakt. Geol. 1896.  
Blaas, J.: Der Klinokompaß; Jb. Geol. Reichsanst. Wien, 53, 1903, 453—458.
2. Bibolini, A.: Un nuovo tipo di bussola da geologo; Boll. della Soc. geol. Italiana, 47, 1928, 291—294.
3. Ingerson, E.: Apparatus for direct measurement of linear structures; American Mineralogist, 27, 1942, 721—725.
4. Hideki Imai: Universal Compass and the plunge of the bedded cupriferous pyritic ore deposit in Japan; American Mineralogist, 37, 1952, 861—864.
5. Müller, L.: Untersuchungen über statistische Kluftrichtung; Geologie u. Bauwesen, 5, Wien 1933, 185—255.  
Müller, L.: Die Darstellung geologischer Flächen in Bauplänen; Geologie u. Bauwesen, 20, Wien 1953, 6—10.
6. Müller, L.: Ein neuer Kluftkompaß; Geologie u. Bauwesen, 19, Wien 1952, 237/238.
7. Sander, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, L, Wien-Innsbruck 1948.
8. Stini, J.: Baugeologische Fallwinkelmessungen und ihre Auswertung; Geologie u. Bauwesen, 18, 1951, 65—82.