

**DER BOHRLOCHNEIGUNGSMESSER
DER GESELLSCHAFT FÜR NAUTISCHE
INSTRUMENTE G. M. B. H.**

VON

PROF. O. MARTIENSSEN, KIEL,

Erweiterter Sonderabdruck aus der ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT, 1920, Heft 24.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

ISBN 978-3-662-24335-0 ISBN 978-3-662-26452-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26452-2

Der Bohrlochneigungsmesser¹⁾ der Gesellschaft für nautische Instrumente G. m. b. H.

Von Prof. O. Martiensen, Kiel

Im Jahre 1911 hatte ich Gelegenheit, im Elektrotechnischen Verein zum erstenmal einen praktisch erprobten Kreiselkompaß vorzuführen in einer Form, wie er damals von der Firma Anschütz & Co. in Kiel als Navigationsinstrument für die Kriegs- und Handelsmarine hergestellt wurde²⁾. In den vergangenen Jahren hatte sich der neue Kompaß gut bewährt; speziell in unserer Kriegsmarine und auch in der feindlichen Kriegsmarine fand er im Kriege weitgehendste Anwendung und wurde dadurch ein indirektes Werkzeug der Zerstörung. Alle unsere U-Boote waren auf ihren weiten Fahrten mit Kreiselkompassen ausgerüstet, die auch unter Wasser allein eine sichere Navigation ermöglichen.

Im Gegensatz hierzu möchte ich nun ein Anwendungsgebiet des Kreiselkompasses behandeln, auf dem er nicht der Zerstörung, sondern dem Wiederaufbau und der Hebung neuer Schätze dient. Der Apparat, den ich hier beschreiben möchte, hat seine Probe bereits vor dem Kriege bestanden. Auch während des Krieges hat die Gesellschaft für nautische Instrumente, G. m. b. H., Kiel, welche das Verfügungsrecht über die einschlägigen Patente besitzt, mit ihm im In- und Ausland mit großen Erfolgen gearbeitet.

Um die Aufgabe, welche der Apparat zu erfüllen hat, verständlich zu machen, muß ich allerdings etwas weiter zurückgreifen.

Bekanntlich ist die Steinkohle entstanden durch langsame Verkohlungen von Vegetabilien, vor allem von Kryptogamen, die vor vielen

tausend Jahren auch in unseren Breiten bei starkem Kohlensäuregehalt der Luft und einer mittleren Temperatur von etwa 25° C in ungeahnter Üppigkeit wucherten. Von der Üppigkeit dieser Kohle erzeugenden Vegetation machen wir uns einen Begriff, wenn wir hören, daß ein moderner Buchenwald eine kaum 2 cm dicke Kohlschicht in 100 Jahren liefern kann, während Kohlenflöze von 10 m Mächtigkeit vorkommen.

Periodische Einbrüche des Meeres vernichteten vorübergehend die Vegetation, warfen Schlamm und Sand über sie, die jetzt als Schieferton und Sandstein die einzelnen Flöze überdecken und trennen. Weitere Veränderungen der Erdoberfläche, eruptive Ausbrüche, schütteten Gebirge über den einstmaligen tropischen Urwald, und der hohe Druck dieser überlagernden Schichten bewirkte die Bildung der Steinkohle.

Diese Entstehungsgeschichte bringt es mit sich, daß die Steinkohle nicht in festgewachsenem, wasserundurchlässigem Fels eingesprengt ist, sondern daß sich über ihr lockere, wasserhaltige Schichten befinden, die bei den hohen Drucken in größeren Teufen geradezu plastische Eigenschaften annehmen. Oftmals wechseln allerdings auch feste Gesteine, wie Granit und Feuerstein, mit den alluvialen Schichten ab, die sich durch Verwerfungen und Faltungen bei eruptiven Ausbrüchen über den früheren Urwald schoben.

Beim deutschen Kali liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Nach dem heutigen Forschungsergebnis ist er durch Austrocknung eines mitteldeutschen Binnenmeeres auskristallisiert und dann durch tektonische Umlagerungen durch alluviale Schichten überdeckt worden.

¹⁾ Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein, am 28. X. 1919. Vgl. „ETZ“ 1919, S. 694, ergänzt 1932.

²⁾ Vgl. „ETZ“ 1911, S. 862, 887.

Will man also zur Kohle oder zum Kali gelangen, so muß ein Schacht durch diese wasserhaltigen, halbplastischen Gebirgsschichten getrieben werden. Das geht aber nicht so einfach! Sobald eine derartige Schicht angeschlagen wird, strömt das Wasser und mit dem Wasser das bewegliche Gebirge in den Schacht hinein; denn Sohle und Wandungen des Schachtes stehen unter dem einseitigen Druck der überlagernden Gebirgsschichten und treiben Wasser und Schlamm in den Schacht, so daß weiteres Arbeiten in ihm unmöglich wird und er ersäuft.

Bei der Bekämpfung dieser Schwierigkeiten hat sich das Gefrierverfahren am besten bewährt. Dieses wurde Anfang der 90er Jahre von Herrn Ingenieur Poetsch erfunden. Herr Gebhardt und die von ihm gegründete Firma Gebhardt & Koenig übernahmen die praktische Durchbildung. Jetzt, nach Ablauf der Patente, wird es von allen größeren Schachtbaufirmen angewandt. Das Verfahren besteht darin, daß durch Gefrieren des Erdreichs um den zu bildenden Schacht herum eine dicke Frostmauer hergestellt wird, welche den Druck des anstehenden Gebirges aufnimmt und das Eindringen von Wasser und Schlamm beim Abteufen des Schachtes verhindert. Sobald der Schacht abgeteuft ist, also eine künstliche Mauer aus Eisen oder Eisenbeton besitzt, wird das Erdreich wieder aufgetaut.

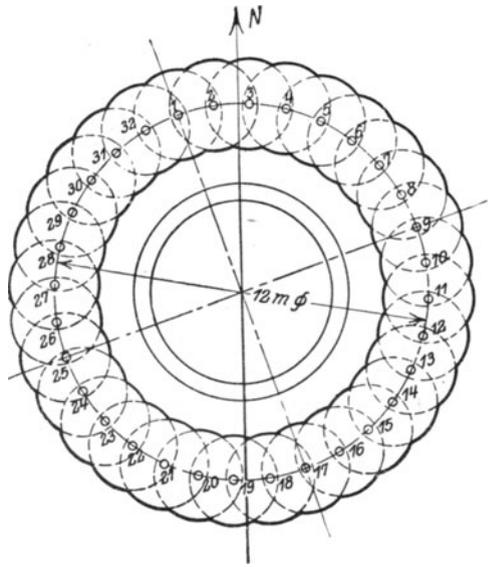


Abb. 2. Bildung der Frostmauer.

abzuteufenden Schacht herum so tief senkrecht in das Gebirge getrieben, wie der Schacht werden soll bzw. so tief, bis die wasserhaltigen Schichten sämtlich durchstoßen sind.

Beistehende Abb. 1 läßt die Anlage eines Schachtes von 550 m Teufe mit 38, in zwei Kreisen angeordneten Bohrlöchern, erkennen. In jedes Bohrloch wird ein doppelwandiges Rohr gesteckt, durch das eine Salzlösung gepumpt wird, die durch eine Kältemaschine auf etwa 25° C unter Null abgekühlt wurde. In das innere Rohr fließt die Gefrierflüssigkeit hinein, während sie durch das äußere Rohr zum Kühlhaus zurückströmt. Diese Kühlflüssigkeit entzieht dem umgebenden Gebirge Wärme, und es bildet sich um jedes Bohrloch herum eine Säule gefrorenen Erdreichs. Nach sechsmonatlichem Gefrieren erreichen die Frostsäulen einen Durchmesser von etwa 2½ m, so daß sich diese sogenannten Gefrierkreise überlappen und eine geschlossene Frostmauer von gut 2 m Dicke bilden, wie Abb. 2 zeigt. Da gefrorenes Erdreich fester als Ziegelstein ist, kann im Schutz dieser Mauer der Schacht ohne Gefahr für das Personal und Material ausgesprengt und abgeteuft werden.

Die Bedingung, daß die Ringmauer geschlossen ist, ist nur dann erfüllt, wenn die Gefrierlöcher in keiner Teufe einen größeren Abstand als etwa 2 m voneinander haben; dieser ist aber nur gewährleistet, wenn sie genau parallel zueinander stehen, also z. B. sämtlich senkrecht hinuntergetrieben werden. Besitzen in irgendeiner Teufe 2 benachbarte Böhrlöcher merklich größeren Abstand, so ist die Gefrier-

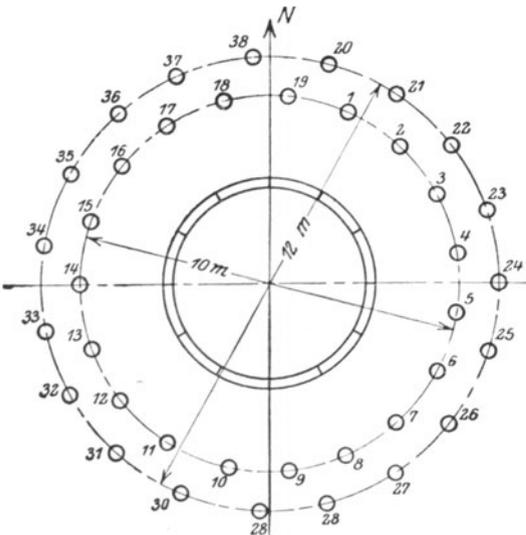


Abb. 1. Gefrierschachtanlage.

Alle Schachtbaufirmen gehen bei diesem Verfahren folgendermaßen vor:

Ein oder 2 Kränze von Bohrlöchern in Abständen von 1 m voneinander werden um den

mauer nicht geschlossen, und es wird das Wasser eindringen, sobald diese Teufe beim Aussprengen erreicht ist; der Schacht ersäuft, und alle Arbeit war umsonst.

Nun bietet ein Bohrgestänge von mehreren 100 m Länge keine Gewähr dafür, daß sich nicht der Meißel am Ende dieses Bohrgestänges beim Schlagen des Bohrloches mehr oder

kleinen Zahlen geben die Teufen an. So z. B. befindet sich das Bohrloch Nr. 22 in 560 m Teufe etwa 30 m südwestlich vom Sollpunkt. Schon bei 250 m Teufe durchdringt es die Schachtwand und würde daher beim Abteufen des Schachtes bei 250 m Teufe abgeschnitten werden. Aus dem Bilde ersieht man, daß bei einem derartigen Verlauf der Bohrlöcher von

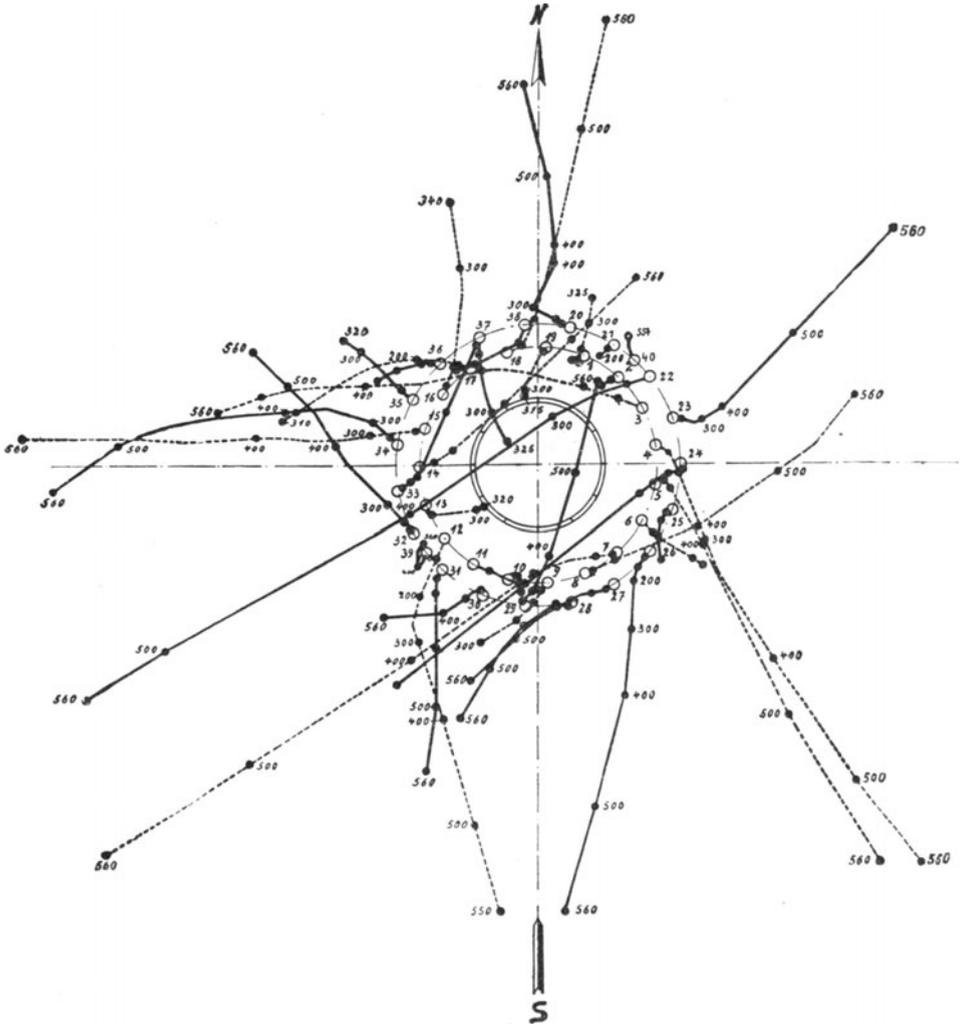


Abb. 3. Bohrlochverlauf einer Schachtanlage von 560 m Teufe.

weniger verläuft. Man muß infolgedessen damit rechnen, daß bei großen Teufen ein Schließen der Frostmauer nicht eintritt.

Abb. 3 gibt die Horizontalprojektion des wahren Verlaufes der Bohrlöcher einer ausländischen Schachtanlage. Die beige-schriebenen

einer geschlossenen Frostmauer nicht mehr die Rede sein kann.

Der Bohrlochneigungsmesser der Gesellschaft für nautische Instrumente G. m. b. H. dient dazu, Diagramme wie Abb. 3 aufzunehmen, d. h. zu bestimmen, wo sich jedes

Bohrloch in den einzelnen Teufen relativ zu seinem Ausgangspunkt übertage befindet. Zeigt die Messung, daß 2 benachbarte Bohrlöcher einen größeren Abstand als 2 m haben, so muß ein Ersatzloch geschlagen werden, oder es müssen die Löcher „gerichtet“ werden, worauf ich nachher noch zu sprechen komme.

Das Prinzip der Messung mit dem Apparat ist folgendes:



Abb. 4. Bohrlochneigungsmesser.

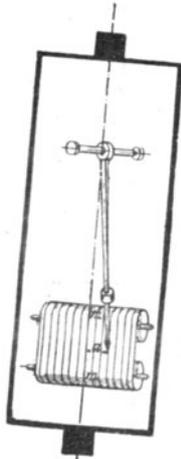


Abb. 5. Meßbuchse des Bohrlochneigungsmessers.

Der in Abb. 4 abgebildete Apparat wird an einem Kabel in das Bohrloch hinabgelassen, und es wird hierbei alle 2 m oder in größeren Abständen eine Messung vorgenommen. Im Bohrloch wird der Apparat durch zwei Rundbürsten zentrisch geführt, so daß er stets dieselbe Neigung gegen die Vertikale besitzt wie das Bohrloch in der Teufe, in welcher er sich gerade befindet. In dem Apparat ist eine Meßbuchse mit 2 Pendeln drehbar zur Apparatachse angeordnet. Die Pendel schwingen in 2 zueinander senkrechten Ebenen, und ein kleiner Kreiselkompaß in dem Apparat stellt diese Meßbuchse so ein, daß das eine Pendel stets in der Ost-West-Richtung schwingt, das andere in der Nord-Süd-Richtung ganz gleichgültig, wie sich auch der Apparat beim Hinablassen um seine Achse drehen möge.

Abb. 5 ist eine schematische Darstellung der Meßbuchse mit dem Ost-West-Pendel. Das Pendel hängt lotrecht, die Meßbuchse ist aber mit dem Bohrloch gleichgerichtet, also im allgemeinen geneigt.

Hinter der Pendelspitze befindet sich ein Registrierstreifen mit der Mittellinie $m-m$ in der Mittelachse des Apparates. Wegen der Neigung des Bohrloches spielt die Pendelspitze nicht über dieser Mittellinie, sondern weicht um eine kleine Strecke a von dieser Mittellinie nach Osten oder Westen ab.

Die Strecke a wird gemessen. Bei einem Pendel von 20 cm Länge besagt eine Abweichung von a mm, daß das Bohrloch auf einer Strecke von 2 m eine Versetzung von a cm nach Westen besitzt. Wird alle 2 m eine Messung ausgeführt, und werden alle gemessenen Werte a addiert, so ergibt die Summe die Gesamtversetzung des Bohrloches nach Westen in cm. Hierbei müssen natürlich die Strecken a links von der Mittellinie $m-m$ negativ gezählt werden. Wird alle 4 m gemessen, so muß das Resultat mit 2, wird alle 10 m gemessen mit 5 multipliziert werden.

Ganz analog werden an dem Nord-Süd-Pendel in der Meßbuchse Abweichungen b der Pendelspitze von der Mittellinie gemessen, und die Summe aller dieser Abweichungen ergibt die Bohrlochversetzung nach Süden. Beide Versetzungen, gesondert auf Koordinatenpapier aufgetragen, lassen den Ort des Bohrloches relativ zum Ausgangspunkt finden. Will man z. B. den Ort eines Bohrloches in 300 m Teufe bestimmen, so müssen die ersten 150 Messungen in je 2 m Abstand am Nord-Süd-Pendel und am Ost-West-Pendel jede für sich addiert werden; das Resultat gibt sofort die West- und Südversetzung des Bohrloches.

Der innere Apparat, wie er sich in der Hülle befindet, ist in Abb. 6 schematisch abgebildet. Beim Betrieb ist er geschützt durch ein äußeres Stahlrohr, das durch Lösung einer Mutter nach unten gezogen werden kann. Die Dichtung, welche 250 at Druck verträgt, ist in

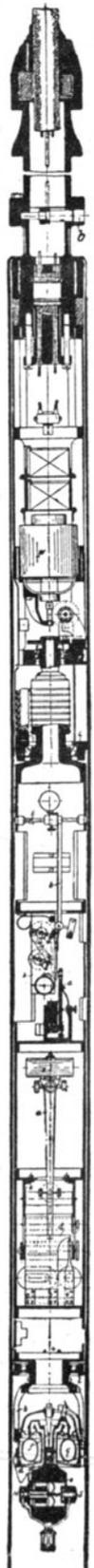


Abb. 6. Innenansicht des Bohrlochneigungsmessers.

einfacher Weise mittels Gummi bewirkt. Diese Dichtung ist notwendig, weil beim Loten das Bohrloch voll Wasser steht.

Der wichtigste Teil des Apparates ist ein kleiner Kreiselkompaß, der unten am Bohrlochneigungsmesser hängt. Die Wirkungsweise eines Kreiselkompasses basiert auf dem von Foucault aufgestellten Grundsatz, daß die Erde auf jede horizontal gehaltene rotierende Welle durch ihre Drehung eine Richtkraft ausübt, welche die Welle in die Nord-Süd-Richtung zu drehen sucht, so daß Erddrehung und Wellenrotation gleichsinnig sind.

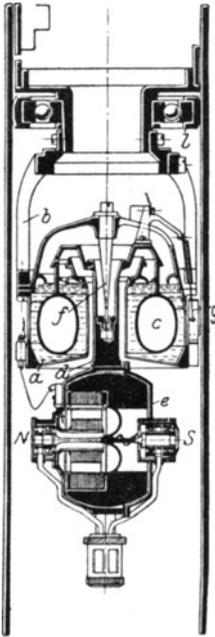


Abb. 7. Kreiselkompaß des Bohrlochneigungsmessers.

Die Richtkraft eines Kreiselkompasses ist gegeben durch das Produkt aus Trägheitsmoment des Kreisels, seiner Winkelgeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit der Erde, dem Kosinus der geographischen Breite und dem Sinus des Winkels zwischen Meridian und Kreiselachse¹⁾. Diese Richtkraft läßt demnach die Kreiselachse bei genügend unbehinderter Aufhängung des Kreisels in die Nord-Süd-Richtung einschwingen, da dann der Sinus des Winkels Null wird. Um hinreichende Richtkraft zu erzielen, muß die Kreiselgeschwindigkeit groß genommen werden.

¹⁾ Vergl. O. Martienssen, „Der Kreiselkompaß, seine Wirkungsweise und seine praktische Verwendung in der Schifffahrt“, „ETZ“ 1911, Heft 34 und O. Martienssen, „Die Theorie des Kreiselkompasses“, „Z. f. Instrumentenkunde“ 1913.

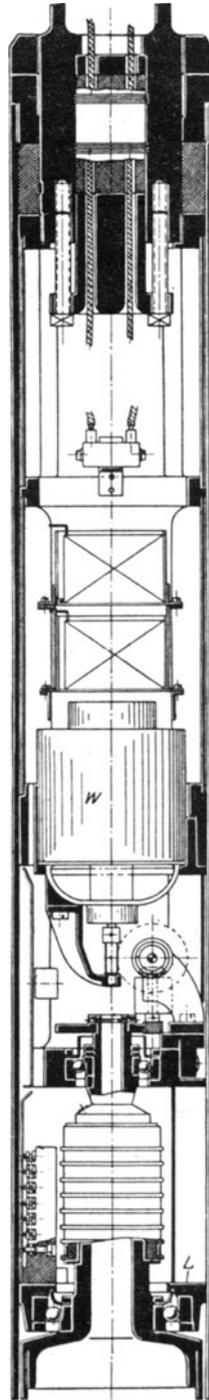


Abb. 8. Oberteil des Bohrlochneigungsmessers.

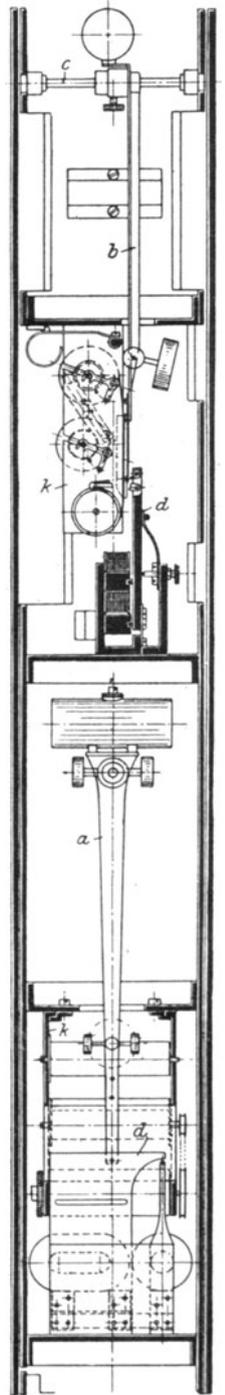


Abb. 9. Meßbuchse des Bohrlochneigungsmessers.

Wie für vorliegenden Zweck der Kreiselkompaß durchgebildet ist, ergibt Abb. 7, den untersten Teil des Bohrlochnigungsmessers darstellend. Ein mit Quecksilber gefüllter, ringförmiger Kessel *a* ist mit Hilfe des Bügels *b* an der im Gehäuse drehbaren Meßbuchse befestigt. In dem Quecksilberkessel schwimmt ein ringförmiger Schwimmer *c*, an welchem mittels Hals *d* die Kreiselkappe *e* befestigt ist. In der Kreiselkappe läuft der Kreisel auf Kugellagern. Der Kreisel selbst besteht aus Nickelstahl, und es ist ihm ein Käfiganker eingepreßt. Der Stator des kleinen Drehstrommotors, welcher den Kreisel betreibt, ist an der Kappe befestigt. Durch feine Silberbänder wird dem Stator

System um den Zentrierstift *f* drehbar angeordnet ist.

Die Richtkraft von einigen Zehnteln gram dieses kleinen Kreiselkompasses genügt indessen nicht, die ganze Meßbuchse mitzudrehen. Deswegen ist folgende bekannte Anordnung getroffen worden: Am schwimmenden System befestigt ist eine Kontaktperle *g*, die, wenn der Schwimmer mit Kreisel sich rechts oder links herumdreht, links oder rechts an einer Kontaktfeder Kontakt macht. Dadurch wird ein sogenannter Wendemotor rechts oder links herum in Umdrehungen versetzt. Dieser befindet sich im obersten Teil des Bohrlochnigungsmessers (Abb. 8). Es ist ein kleiner Gleichstrommotor

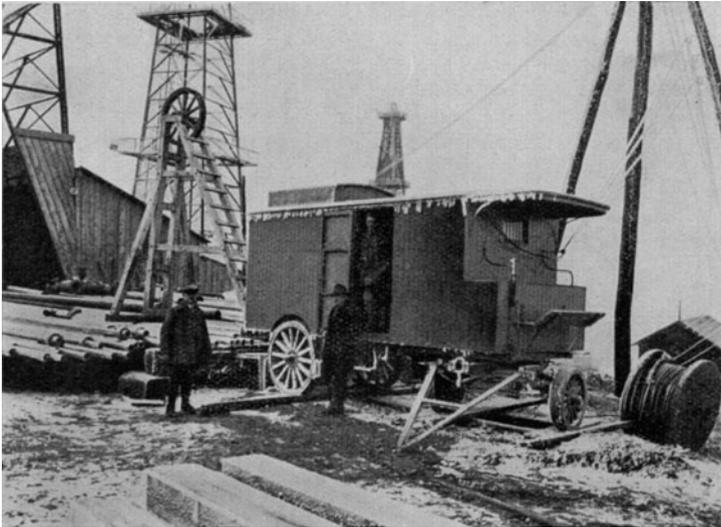


Abb. 10. Meßwagen beim Arbeiten in Moreni, Rumänien.

Drehstrom von 400 Per/s zugeführt, welcher den Kreisel auf 25 000 Umdr/min bringt¹⁾.

Die Herstellung derartig schnell laufender Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker ist eine besondere Kunst. Die hohe Drehzahl verlangt sehr viel Kupfer im Rotor. Dadurch wird das Anlaufdrehmoment klein, und es passiert leicht, daß der Kreisel bei ungünstiger Konstruktion über eine bestimmte Tourenzahl nicht hinaus will.

Der Kreisel hängt in seiner Kappe so tief wie möglich unter dem Schwimmer. Tiefer konnte er nicht gehängt werden, weil sonst die Achsenden *NS* bei geneigtem Bohrloch an das äußere Schutzrohr anstoßen würden. Bei dieser tiefen Schwerpunktlage sucht die Schwerkraft die Kreiselachse horizontal zu halten, und diese stellt sich nach dem Foucaultschen Prinzip in den Meridian ein, da das ganze schwimmende

mit doppelter Ankerwicklung und Kommutatoren auf beiden Seiten. Durch die Kontaktperle wird die eine oder andere der Wicklungen eingeschaltet, welche den Anker in entgegengesetztem Sinne drehen.

Dieser Wendemotor dreht die Meßbuchse mit Quecksilberkessel und Kontaktfedern den Drehungen des Kreiselkompasses nach, da die Kontaktperle nur dann keinen Kontakt macht, wenn sie frei zwischen den Kontaktfedern am Quecksilberkessel hängt. Infolgedessen behält die Meßbuchse immer eine bestimmte Stellung gegenüber dem Kreiselkompaß, also auch gegenüber dem Meridian bei.

In Abb. 7 ist *l* das untere Lager der Meßbuchse, in Abb. 8 *L* das obere Lager der Meßbuchse. Die Meßbuchse selbst ist in Abb. 9 dargestellt.

¹⁾ Bei einer neueren Ausführung ist die schwimmende Kreiselachse durch ein Öldrucklager. Am Kreisel ist ein umgestülpter Kelch befestigt, welcher auf einer durchbohrten Stahlkugel ruht. Mit Hilfe einer kleinen Kapselpumpe und eines

Gleichstrommotors wird Öl durch die Bohrung der Stahlkugel gepreßt. Dieses bildet zwischen Kelch und Kugel einen dünnen Ölfilm, auf dem der Kelch mit Kreisel ohne die geringste Reibung schwimmt und sich frei nach allen Richtungen neigen kann.

\dot{a} ist das Ost-West-Pendel, das in der Bildebene schwingt, b das Nord-Süd-Pendel, das senkrecht zur Bildebene an der Achse c schwingt. Unterhalb jedes Pendels befinden sich Registrierkassetten kk mit je 1 Registrierstreifen, der dicht unter der Pendelspitze entlang läuft. Über den Pendelspitzen liegen die Anker dd zweier kleiner Elektromagnete, die so breit sind wie der Registrierstreifen. Soll eine Messung vorgenommen werden, so werden die Elektromagnete durch einen Telegraphenschlüssel über Tage einen Moment unter Strom gesetzt. Dadurch schlagen die Anker gegen die Pendel und drücken eine feine, am Pendelende befindliche Nadel in das Registrierpapier. Es wird demnach das Registrierpapier an der Stelle gelocht, wo die Pendelspitze bei der Messung stand. Bei der Stromöffnung schiebt der Elektromagnetanker mit Hilfe eines Klinkwerkes den Registrierstreifen um 5 mm voraus, so daß er zur Aufnahme der nächsten Messung bereit ist.

Die eigentliche Messung geschieht dadurch, daß der Apparat mittels Kabelwinde langsam in das Bohrloch hinabgelassen und die Taste z. B. alle 2 m zur Schließung des Elektromagnetkreises niedergedrückt wird. Eine Meßreihe findet beim Ablassen des Apparates, eine zweite zur Kontrolle beim Hochziehen statt. Sodann wird der Apparat geöffnet, die Registrierstreifen werden aus den Kassetten genommen und die Abweichungen der einzelnen Lochungen von der Mittellinie des Papierstreifens abgelesen und für

Versetzung, die Summe der Eintragungen in der anderen Tabelle die Nord-Süd-Versetzung des Bohrloches bei derjenigen Teufe, bis zu der die Abweichungen addiert sind.

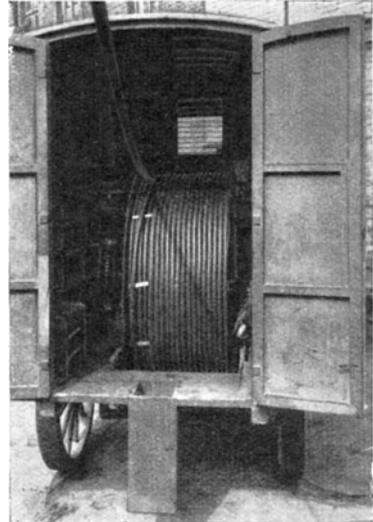


Abb. 11. Geöffneter Meßwagen von rückwärts.

Der Kopf des Apparates ist aus der Abb. 6 zu erkennen. Die einzelnen Adern des Kabels sind mittels Gummistopfen abgedichtet. Das

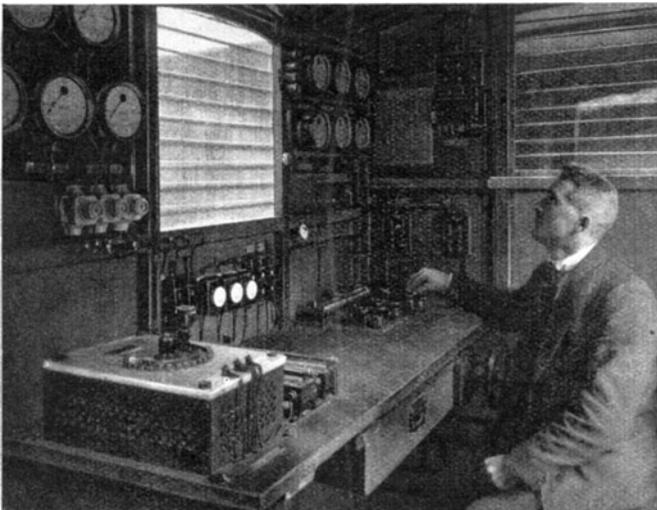


Abb. 12. Innenansicht des Meßwagens.

jeden der 2 Papierstreifen gesondert in eine Tabelle eingetragen. Die Summe dieser Eintragungen der einen Tabelle gibt die Ost-West-

Kabel selbst besteht aus einem mittleren Tragseil aus Stahl, an dem der Apparat mittels Bolzen b hängt. Für die Stromzuführung zum

Kreisel, dem Wendemotor und den Elektromagneten sind 8 Guttaperchaadern vorhanden. Das Stahlseil und die Guttaperchaadern sind dick mit Band umwickelt, damit der Druck des Stahlseils beim Laufen des Kabels über die Führungsrolle verteilt wird und die Adern nicht abgeschert werden. Das ganze Kabel ist schließlich mit Jutegarn umklöppelt. Diese Konstruktion des Kabels hat sich praktisch in jeder Weise bewährt.

Zu diesem Bohrlochneigungsmesser gehört noch 1 Meßwagen (Abb. 10). In ihm befinden sich die Kabeltrommel mit Fördermotor und Steuerschalter zum Ablassen und Aufziehen des Kabels, der Umformer zur Erzeugung des

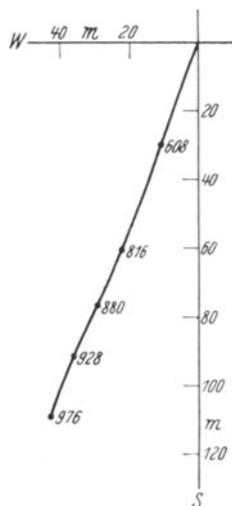


Abb. 13.

Kreiselstromes, ein Umformer zur Erzeugung des notwendigen Gleichstromes, die nötigen Voltmeter und Amperemeter zur Kontrolle des Kreiselstromes, des Wendemotorstromes, die Tasten usw.

Abb. 11 gibt einen Einblick in den Meßwagen von rückwärts, Abb. 12 von seitwärts auf den Meßtisch. Das Kabel läuft nach Verlassen der Kabeltrommel über eine Rolle, die an einem Bock senkrecht über dem abzulotenden Bohrloch angebracht wird.

Die Ausmessung geschieht bei den Bohrungen der Gefrierschachtbauten meistens in den äußeren Gefrierrohren, welche mit Klarwasser gefüllt werden. Sind die Bohrlöcher noch nicht mit Gefrierrohren besetzt, so werden solche provisorisch eingefahren und sofort nach der Messung wieder gezogen. Dies ist z. B. dann erforderlich, wenn das Bohrloch ausgemessen werden soll, bevor die Endteufe erreicht ist.

Da vielfach Gefrierrohre im Gebrauch sind, die mittels Innenflanschen aneinander geschraubt werden, muß der Durchmesser des Apparates

so klein sein, daß dieser durch die Flansche mit genügendem Spielraum hindurchgeht. Für die gebräuchlichen Gefrierrohre genügt hierfür der normale Apparat mit 100 mm Durchmesser, für besonders enge Gefrierrohre dagegen benutzt die Gesellschaft für nautische Instrumente, G. m. b. H. Apparate von nur 88 mm Durchmesser. Beide Apparate lassen Neigungsmessungen bis zu 6° zu. Das Schutzrohr der Instrumente hält einen Druck von 600 m Wassersäule aus, so daß mit ihnen bis zu dieser Teufe gelotet werden kann.

Damit die Führungsbürsten die in den Gefrierrohren vorspringenden Flansche passieren können, sind sie verhältnismäßig langborstig

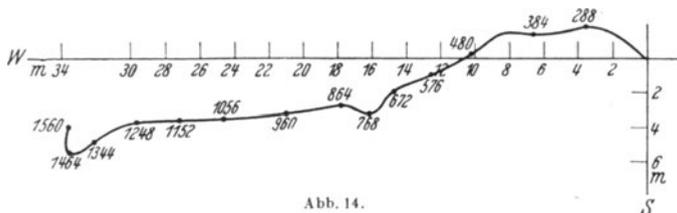


Abb. 14.

ausgeführt. Außerdem ist es vorteilhaft, den Apparat bei derartigen Gefrierrohren mit einem Bleigewicht von 50 kg zu beschweren. Beim Arbeiten in Gefrierrohren ohne Innenflansche ist ein solches Untergewicht nicht erforderlich.

Sind die Bohrlöcher selbst verrohrt, so wird am besten in dieser Verrohrung gearbeitet und der Apparat wird mit Führungsbürsten versehen, die dem Innendurchmesser der Verrohrung entsprechen. In unverrohrten Bohrlöchern sollte nur gemessen werden, wenn das Bohrloch im festen Gebirge verläuft und die Gefahr eines Nachfalls, durch den der Apparat gefährdet werden würde, nicht besteht.

1. Ergänzung.

Neigungsmesser für Ölbohrungen.

Neuerdings wird das Gerät mit Vorteil auch für Ölbohrungen und Mutungsbohrungen angewandt. Die Anforderungen, welche bei diesen Messungen gestellt werden, haben zu einer Reihe von Sonderkonstruktionen geführt.

Zunächst sind die wesentlich größeren Teufen dieser Bohrungen zu berücksichtigen, sind doch Ölbohrungen bis 1500 m Teufe als normal anzusehen und Bohrungen von 3000 m Teufe bereits verschiedentlich ausgeführt worden.

Dieser Umstand hat dazu geführt, Geräte für 1600 m und solche für 2000 m auszubilden. Das Kabel für diese Geräte hat zur Isolation Gummi an Stelle von Guttapercha, weil die Guttapercha bei den Temperaturen von 60–80° in diesen Teufen flüssig werden würde. Das Stahlseil des Kabels ist entsprechend dem hohen Gewicht des

langen Kabels wesentlich stärker gewählt. Dies bedingt wiederum größere Dimensionen für Kabeltrommel, Fördermotor und Fahrzeug, so daß das Gewicht inklusive aller Apparate auf ca. 6000 kg gestiegen ist. Auch die Instrumente selbst mußten entsprechend dem hohen Druck in den großen Teufen ein stärkeres Schutzrohr bekommen, so daß der Durchmesser von 100 mm auf 106 mm, resp. von 88 mm auf 92 mm gestiegen ist.

Für Teufen über 2000 m werden die Geräte zur Zeit nicht ausgeführt.

Von weiterer Bedeutung ist, daß die tiefen Bohrungen erfahrungsgemäß oftmals wesentlich größere Neigungen aufweisen als 6°, daß aber

richtig ist. Bezeichnet man mit a den Ausschlag des Nord-Süd-Pendels in Bogenmaß, mit β den Ausschlag des Ost-West-Pendels, mit d_n und d_o die Bohrlochabweichungen auf einer Länge gleich der Pendellänge nach Norden resp. Osten und mit l die Pendellänge selbst, so gelten für geringe Neigungen die Gleichungen

$$d_n = l \sin a, \quad d_o = l \sin \beta$$

entsprechend den obigen Ausführungen.

Für große Neigungen dagegen gelten die Gleichungen

$$d_o = l \sin \beta, \quad d_n = l \cos \beta \sin \epsilon.$$

wo

$$\operatorname{tg} \epsilon = \cos \beta \operatorname{tg} a$$

ist; hierbei ist angenommen, daß die äußeren

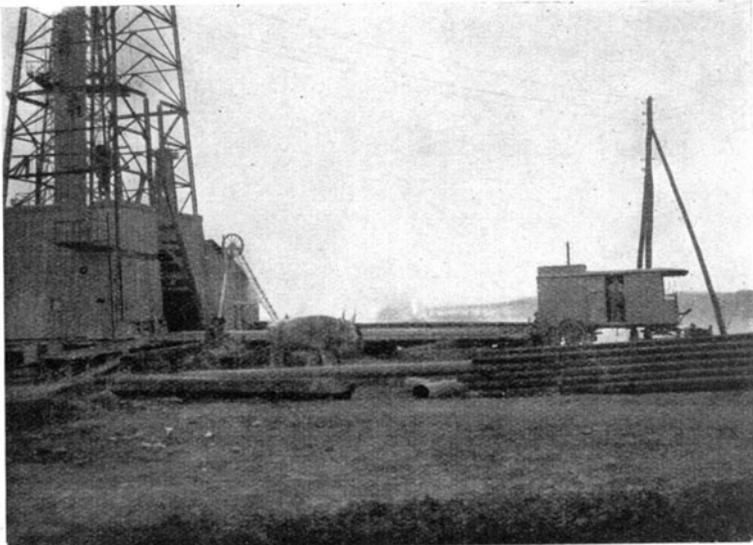


Abb. 15. Aufstellung des Meßwagens am Bohrturm.

andererseits die Bohrungen meistens mit größerem Durchmesser niedergebracht werden, und daß an die Genauigkeit der Messungen keine so hohen Anforderungen gestellt werden.

Diese Verhältnisse haben zur Herstellung eines Apparates von 132 mm äußerem Durchmesser geführt, welcher Neigungsmessungen bis 28° zuläßt. Das Instrument unterscheidet sich von den beschriebenen Apparaten dadurch, daß der Kreiselkompaß mit Quecksilberkessel in einem Ring kardanisich aufgehängt ist. Es braucht dadurch der Schwimmer im Quecksilberkessel nur geringe Bewegungsfreiheit, und die Silberbänder, welche den Strom dem Kreisel zuführen, können entsprechend kurz gehalten werden.

Die Umkonstruktion verlangt allerdings eine Korrektur der entwickelten Theorie des Apparates, welche nur für Neigungen bis etwa 12°

Kardanzapfen, welche die Neigung des Apparates mitmachen, in der Nord-Süd-Richtung angeordnet sind, so daß die Achse des Nord-Süd-Pendels parallel dem inneren, stets horizontal bleibenden Zapfen liegt. Dem Apparat werden Tabellen mitgegeben, aus welchen ohne weiteres die Werte aus den auf dem Registrierstreifen abgelesenen Werten entnommen werden können.

Der Apparat für große Neigung hat nur 8 cm lange Pendel, da auch bei dem vergrößerten Durchmesser des Instrumentes 20 cm lange Pendel keinen Ausschlag von 28° zulassen. Auf Wunsch kann dieser Apparat noch mit einem zweiten Kreiselkompaß ausgerüstet werden, welcher einen Kreisel mit besonders großer Richtkraft enthält mit entsprechend größerem Durchmesser. Die Genauigkeit der Messung wird durch diesen Kreisel merklich erhöht;

allerdings geht dann der Meßbereich auf 12° Neigung maximal zurück.

Für enge Bohrlöcher, in welchen dieser Apparat nicht mehr benutzt werden kann, hat die Gesellschaft für nautische Instrumente,

gelotet werden, vorausgesetzt, daß die Bohrlochnigungen den Meßbereich der Instrumente nicht übersteigen und die Verbindungsstücke des Bohrgestänges ebenfalls mit genügender lichter Weite ausgeführt sind. Die Messungen im Bohr-

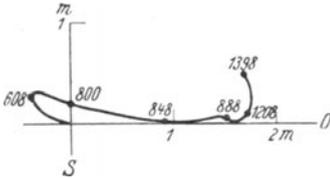


Abb. 16.

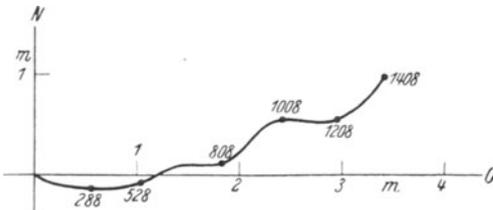


Abb. 17.

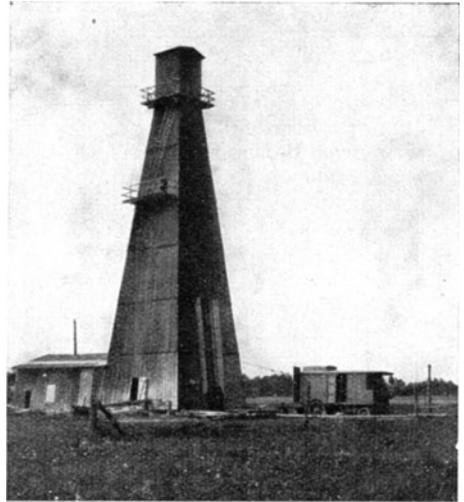


Abb. 18. Meßgerät mit Bohrturm „Fröhlich I“ bei Celle, Hannover.

G. m. b. H. noch ein Instrument von 106 mm Durchmesser hergestellt, welches Messungen bis zu 12° Neigung ermöglicht. Der kleine Kreisel dieses Instrumentes hat keine kardanische Aufhängung. Messungen mit diesem Instrument

gestänge werden dann von Bedeutung, wenn das Loten im unverrohrten Bohrloch wegen Nachfallgefahr des Gebirges gefährdet ist, anderseits aber eine provisorische Verrohrung nicht vorgenommen werden soll.

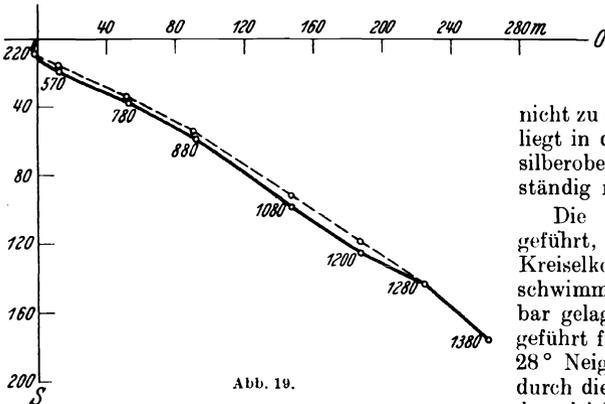


Abb. 19.

Mit dem Apparat von 106 mm Durchmesser für 12° Neigung sollte indessen die Messung niemals länger als 6—8 Stunden ausgedehnt werden, um die Genauigkeit der Messung nicht zu stark herabzusetzen. Der Grund hierfür liegt in der Bildung einer Haut auf der Quecksilberoberfläche, die sich allmählich auf vollständig ruhig stehendem Quecksilber bildet.

Die Hautbildung hat neuerdings dazu geführt, Apparate herzustellen, bei welchen das Kreiselkompaßsystem nicht im Quecksilber schwimmt, sondern mittels Öldrucklager drehbar gelagert ist. Diese Konstruktion ist durchgeführt für die Apparate für max. 6° und max. 28° Neigung. Die Bedienung des Gerätes ist durch die Neuerung vereinfacht bei mindestens der gleichen Genauigkeit.

bedingen indessen wegen der sehr gedrängten Anordnung des Kreiselskompasses etwas mehr Übung wie das Messen mit den anderen Instrumenten. Mit diesem kleinen Apparat kann ebenso wie mit den Apparaten von 94 mm Durchmesser für 6° Maximalneigung in den jetzt vielfach verwandten weiten Bohrgestängen

Um die Messungen nicht zu lange auszuweiten, genügt es meistens, bei den tiefen Bohrungen alle 40 m eine Messung vorzunehmen. Bei dem Apparat von 132 mm Durchmesser mit 8 cm langen Pendeln ist dann die auf dem Registrierstreifen abgelesene Pendelabweichung in Millimetern mit 50 zu multi-

plizieren, um die Bohrlochabweichung in Zentimetern auf je 40 m Bohrlochlänge zu bekommen. An Stellen starker Krümmung ist es allerdings auch bei diesen Bohrlöchern vorteilhaft, auf Abstände von 16 oder 24 m zurückzugehen.

Das Arbeiten in Dickspülung ist im allgemeinen zulässig, wenngleich die Genauigkeit der Führung des Apparates und damit der Messung etwas herabgedrückt wird, nur darf die Spülung nicht so dick sein, daß der Apparat in ihr in seiner Bewegung stark behindert ist. Dies ist bei sehr dicker Spülung der Fall, wenn die Durchmesserdifferenz von Bohrloch und Apparat zu gering ist und besonders, wenn die

Abb. 15 läßt die Aufstellung des Gerätes relativ zum Bohrturm erkennen. Im Hintergrunde sieht man die lodernde Flamme der oft beschriebenen brennenden Sonde von Moreni.

Während die hier gefundenen Abweichungen nicht als anormal hoch bei Bohrungen nach dem Rotari-System angesehen werden müssen, haben zum Beispiel die deutschen Bohrungen in der Lüneburger Heide einen wesentlich günstigeren Verlauf. Abb. 16 und Abb. 17 geben das Meßresultat in den Sonden „Fröhlich I“ und „Dachtmissen I“ der Gewerkschaft „Elwerath“, welche bei etwa 1400 m Teufe nur etwa 2 resp. 3,5 m Versetzung haben und eine größte Neigung unter $0,5^\circ$). Diese Sonden wurden bis zu



Abb. 20. Meßgerät in Venezuela.

Dickspülung im Bohrloch längere Zeit unberührt stand und sich abgesetzt hat.

In Abb. 13 ist das Meßresultat an einer Sonde in Moreni (Rumänien) dargestellt, welche mit einem Rotari-Bohrgerät niedergebracht war. Bereits in einer Teufe von 976 m haben wir eine Bohrlochabweichung von 120 m nach Süd-Süd-West; die Maximalabweichung des Bohrloches von der Senkrechten ist 24° .

Abb. 14 läßt das Meßresultat in demselben Ölfeld an einer anderen Sonde erkennen, welche bei einer Teufe von 1560 m eine Abweichung von 34 m nach Westen zeigt. Trotz der immerhin großen Versetzung des Bohrloches ist die Maximalneigung gegen die Vertikale nur 4° , und diese ist bei 1500 m Teufe vorhanden. Abb. 10 zeigt das Gerät in diesem Ölfeld bei starkem Frost.

800 m stoßend und erst dann drehend gebohrt. Abb. 18 zeigt das Gerät bei Ausmessung der Sonde „Fröhlich I“.

Dagegen ist in Abb. 19 die Ausmessung einer Sonde auf Trinidad mit starker Versetzung dargestellt, welche nach dem Rotari-System niedergebracht wurde. Die punktierte Linie gibt die Resultate der Wiederholungsmessung. Die geringe Abweichung zwischen den Messungen ist ein Beweis für die Genauigkeit des Meßverfahrens.

Abb. 20 zeigt das Gerät bei einer Messung in Venezuela. Da der Bohrturm bei dieser

¹⁾ Wenn in „The Oil Weekly“ vom 1. 8. 1930 Mr. Leigh auf Grund einer Besichtigungsreise durch die europäischen Ölfelder auf Seite 107 schreibt „Holes in the Nienhagen field are very crooked“, so trifft diese Behauptung auf Grund der von uns ausgeführten Messungen keinesfalls zu, vielmehr dürften gerade die Nienhagen-Bohrungen zu den besten Bohrungen der Welt gehören.

Messung bereits abmontiert war, mußte die Führungsrolle für das Kabel an einem Dreibein aufgehängt werden. Die Abb. 21 zeigt den geschlossenen Neigungsmesser über dem Bohrloch hängend.

2. Ergänzung.

Das Richten der Bohrlöcher.

Für Gefrierschachtbaue ebenso wie für Öl- und Mutungsbohrungen genügt es nicht, den Verlauf der Bohrlöcher festzustellen, sondern es ist oftmals notwendig, die Bohrlöcher aus der eingeschlagenen Richtung abzulenken und

so orientiert, daß die Diagonalfäche in der entgegengesetzten Richtung liegt, nach welcher das Bohrloch von der Vertikalen abweicht. Durch diesen Keil wird dann, wie in Abb. 23 d zu erkennen ist, der Meißel beim Weiterbohren des Loches abgelenkt und zwar nach der Vertikalen hin resp. dorthin, wohin man das Bohrloch haben will.

Abb. 24 zeigt die Gefrierkreise für denselben Schacht wie Abb. 22 mit 4 gestrichelt gezeichneten Ersatzlöchern, welche, wie zu erkennen ist, nunmehr die Frostmauer um den Schacht herum schließen.

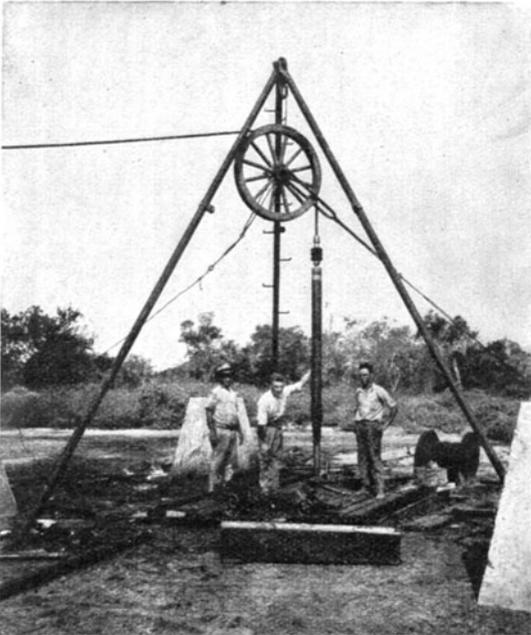


Abb. 21. Geschlossener Bohrlochneigungsmesser über einem Bohrloch in Venezuela.

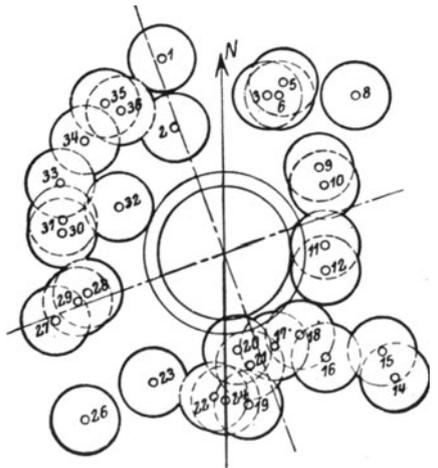


Abb. 22. Der Gefrierkreis ist nicht geschlossen.

dahin zu bringen, wo sie benötigt werden. Abb. 22 gibt zum Beispiel die Lage der Gefrierlöcher eines abgeloteten Schachtes mit eingezeichneten Gefrierkreisen bei 328 m Teufe an. Das Bild zeigt, daß die Frostmauer an 3 Stellen nicht geschlossen ist. Es handelt sich also darum, an diesen drei Stellen in 328 m Teufe Ersatzlöcher anzubringen. Zu diesem Zwecke werden Bohrlöcher an diesen Stellen übertage angesetzt, aber zunächst nur bis zu einer mittleren Teufe geschlagen, in welcher erfahrungsgemäß eine größere Abweichung zu erwarten ist. Ist eine solche Neigung mit dem Apparat der Größe und Richtung nach festgestellt, so wird ein Keil in das Bohrloch gebracht, welcher aus einem diagonal aufgeschnittenen Futterrohr hergestellt ist, und zwar

Abb. 25 zeigt ein Gefrierkreisbild, bei welchem das Richtverfahren nicht benutzt wurde. Die schwarz angelegten Bohrlöcher sind tote Bohrlöcher, die wegen ihrer Lage im Schacht oder weit ab vom Schacht gar nicht erst mit Gefrierrohren besetzt wurden. Es sind dies 13 nutzlos gestoßene Bohrlöcher, an die ein erhebliches Kapital vergeudet wurde.

Abb. 26 dagegen zeigt das Bild eines Schachtes, bei welchem das Meß- und Richtverfahren weitgehend benutzt wurde. Schon mit 19 Bohrlöchern ist die Gefriermauer bei 328 m Teufe geschlossen und der Schacht wurde ohne Störung mit dieser Bohrlochzahl abgeteuft.

Auch bei Ölbohrungen empfiehlt es sich stets schon bei etwa 300 m Teufe eine erste Messung

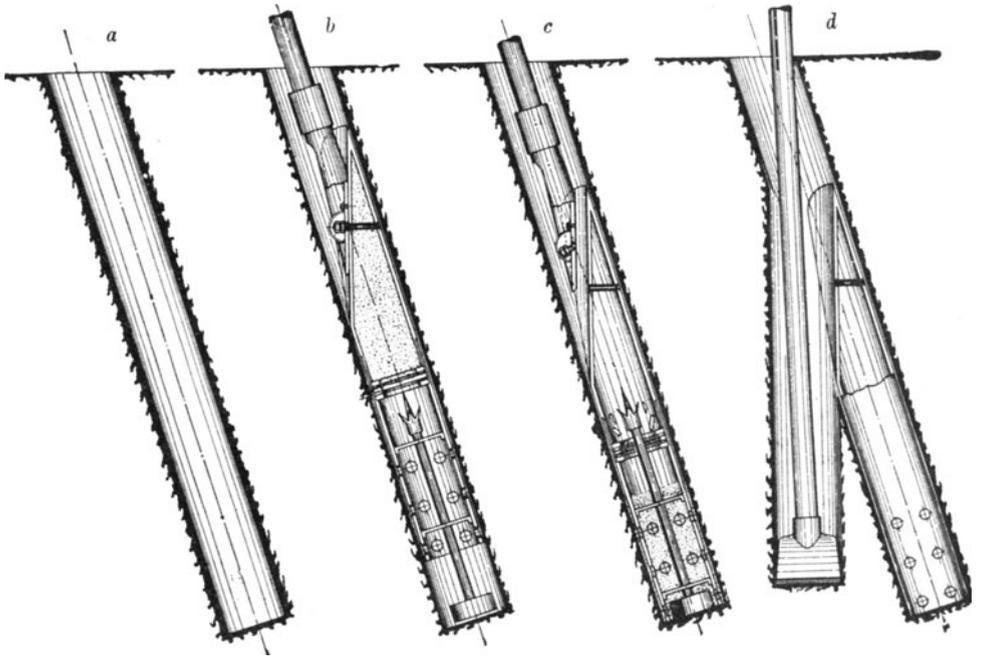


Abb. 23. Darstellung des Richtverfahrens.

vorzunehmen und, wenn das Bohrloch eine Abweichung von mehr als 1° aus der Vertikalen zeigt, einen Richtkeil zu setzen. Denn es lehrt die Erfahrung, daß fast immer eine anfangs nur kleine Neigung mit zunehmender Teufe

stark zunimmt. In großen Teufen über etwa 500 m wird allerdings das Setzen eines Keiles in der vorher bestimmten und gewünschten Richtung nicht immer gelingen.

In festem Gebirge wird das Setzen des



Abb. 24.
Die Frostmauer ist durch 4 Ersatzlöcher geschlossen.

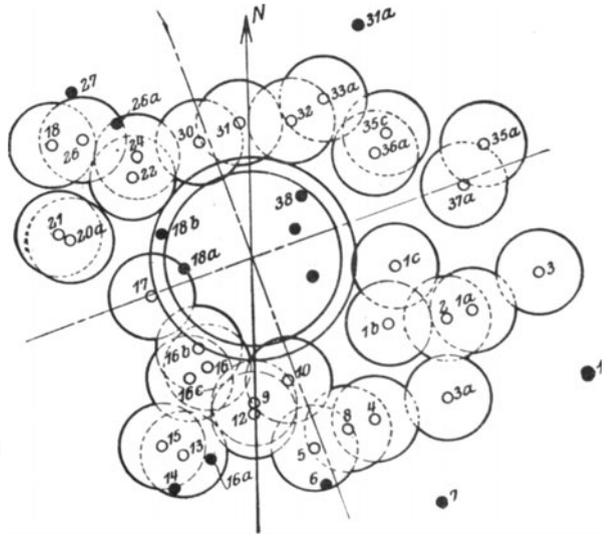


Abb. 25. Lage der Gefrierkreise eines Schachtes
in 300 m Teufe ohne Verwendung des Richtverfahrens.

Keiles am sichersten nach dem in der deutschen Patentschrift Nr. 303 841 beschriebenen Verfahren vorgenommen, wie es in Abb. 23 und 27 dargestellt ist.

Der aus einem diametral aufgeschnittenen Bohrrohr hergestellte und zusammengeschweißte Keil *a* mit Füllöffnung *b* ist durch ein zylindrisches Rohrstück *c* verlängert, welches mit Durchlässen *d* versehen, aber durch eine Glasplatte *e* gegen den Keil abgeschlossen ist. In dem Rohrstück *c* ist ferner der Stößel *l* axial verschiebbar gelagert.

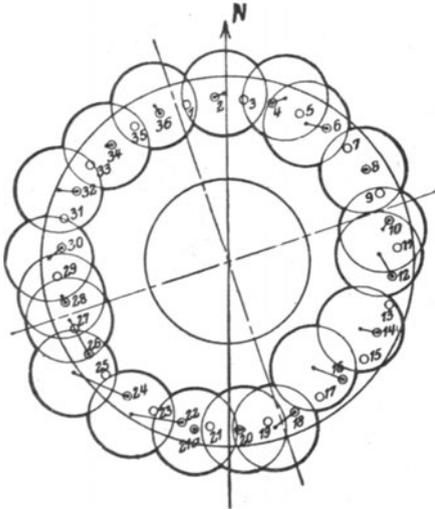


Abb. 26. Lage der Gefrierkreise eines Schachtes in 300 m Tiefe bei Verwendung des Richtverfahrens.

Vor dem Einbringen des Keiles wird durch die Öffnung *b* Zementbrühe eingefüllt und dann das Gerät ins Bohrloch hinabgelassen. Beim Aufstoßen des Bundes *m* auf den Bohrlochgrund *p* wird der Stößel axial verschoben und die Glasplatte *e* zertrümmert, die Zementbrühe fließt aus dem Keil aus und tritt durch die Durchlässe *d* in den Raum zwischen Bohrlochstoß *q* und dem Rohrstück *c*. Beim Erhärten des Zementes wird somit der Keil im Bohrloch festgelegt. Beim Aufstoßen des Gerätes auf den Bohrgrund wird gleichzeitig der Verbindungsbolzen *r* (s. Abb. 23b u. 23c) zwischen Gestänge und Keil abgeschert, so daß ersteres ohne letzteren wieder hochgezogen werden kann.

Andere Methoden zum Festlegen des Keiles sind in den deutschen Patentschriften Nr. 332712 und 336019 beschrieben. Zum Einbringen des Keiles in die gewünschte Richtung hat sich am besten das Verfahren nach DRP. Nr. 361366 bewährt. Durch Ankleben einer

Gabel *p* (siehe Abb. 28) an jeder neu aufgesetzten Bohrstange, welche längs eines vertikal gespannten Seiles *j* beim Einbringen gleitet, wird eine Verdrehung des Gestänges verhindert.

Dieses Richtverfahren, welches in den verschiedensten Variationen benutzt wird, kann natürlich nur dann Erfolg haben, wenn vorher die Richtung der Neigung des Bohrloches einwandfrei festgestellt ist. Es hat also das Vorhandensein eines zuverlässigen Bohrlochneigungsmessers zur Voraussetzung. Daraus folgt, daß es für die Tiefbohrindustrie durch die

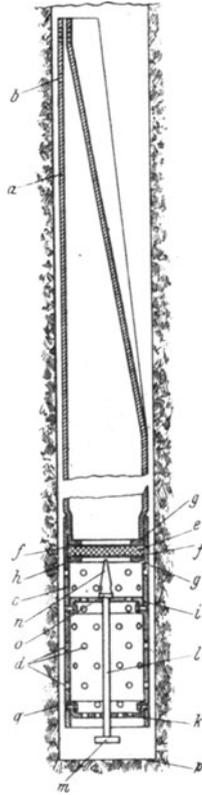


Abb. 27. Die Festsetzung eines Richtkeiles.

Einführung des Kreiselneigungsmessers erhöhte Bedeutung bekommen hat.

3. Ergänzung. Stratameter.

Ebenso wie das Richtverfahren setzt eine Stratamessung eine vorherige zuverlässige Neigungsmessung voraus. Dieser Umstand hat die Gesellschaft für nautische Instrumente,

G. m. b. H. veranlaßt, ein Stratameter in Verbindung mit dem beschriebenen Neigungsmesser zu konstruieren.

Zur Bestimmung des Streichens und Fallens von Gebirgsschichten wird gewöhnlich aus einem Bohrloch, welches diese Schichten durchstößt, ein Bohrkern entnommen, welcher durch eine Meißelschneide eine Markierung vor Ablösung von der Bohrsohle erhalten hat.

wurde. Wenn diese beiden Daten bekannt sind, kann der Bohrkern übertage genau so gestellt werden, wie er untertage saß, und man kann an seiner Schichtbildung erkennen, wie stark und nach welcher Richtung hin die Gebirgsschichten fallen oder steigen.

Bei Stratamessungen, wie sie bisher ausgeführt wurden, wurde kurzerhand angenommen, daß das Bohrloch senkrecht ver-

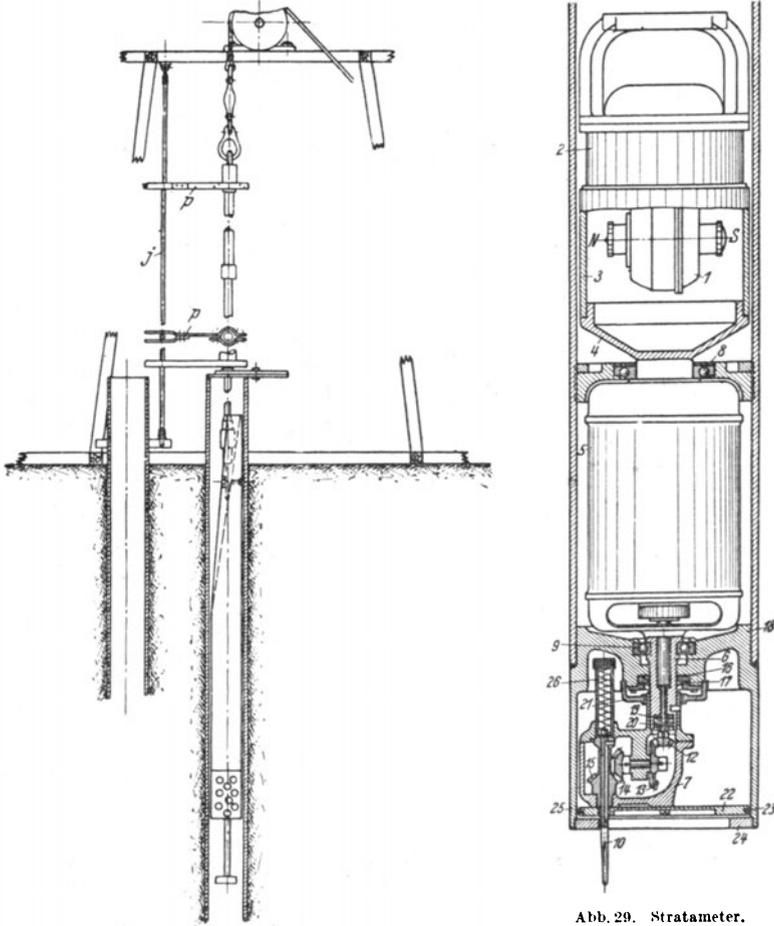


Abb. 29. Stratameter.

Um aus dem Bohrkern das Streichen und Fallen der Gebirgsschichten erkennen zu können, ist die Kenntnis zweier Dinge notwendig: Zunächst muß bekannt sein, wie das Bohrloch verläuft, d. h. ob es senkrecht verläuft, oder nach welcher Seite und wie stark es geneigt ist. Zweitens muß man wissen, wie orientiert der Bohrkern im Bohrloch saß, bevor er gelöst

lief und der Bohrkern daher senkrecht im Gebirge saß. Aus der Neigung der Schichten gegenüber der Mantelfläche des Kernes schloß man dann auf die tatsächliche Neigung der Gebirgsschichten. Dieser Schluß würde aber unbedingt falsch werden, wenn das Bohrloch geneigt wäre, und demnach die Mantelfläche des Kernes im Gebirge nicht senkrecht stand. Wenn

z. B. die Gebirgsschichten völlig horizontal liegen, das Bohrloch dagegen eine erhebliche Neigung hat, so würde man aus der Besichtigung des Bohrkernes den Fehlschluß ziehen, daß die Gebirgsschichten geneigt sind.

Aus der Markierung durch eine Meißelschneide an der Stirnfläche des Kernes konnte man auch nur dann auf die Orientierung des Bohrkernes im Gebirge vor der Ablösung schließen, wenn man wußte, in welcher Richtung der Meißelschlag erfolgte. Nun ist es zwar möglich, die Richtung festzulegen, in welcher der Meißel übertage in das Bohrloch eingelassen wird. Beim Einlassen in die Tiefe wird aber der Meißel unbemerkt mehr oder minder verdreht, und es ist keine Gewähr dafür gegeben, daß er in derselben Richtung den Bohrkern trifft.

Die vorliegende Erfindung soll diese Nachteile vermeiden dadurch, daß das Stratameter mit einem Bohrlochneigungsmesser verbunden wird und der Meißel oder Bohrer, welcher die Markierung auf der Stirnseite des Kernes ausführt, durch denselben Kompaß gesteuert wird, welcher zur Betätigung der Nachdrehvorrichtung des Neigungsmessers dient.

In Abb. 29 ist die Erfindung im einzelnen dargestellt. 1 ist der Kreisel des Kreiselkompasses, welcher mit Hilfe der beschriebenen Nachdrehvorrichtung die Pendelbuchse und auch das Gehäuse 2, in welchem der Schwimmer des Kreiselkompasses schwimmt, den Bewegungen der Kreiselachse nachdreht. Mit diesem Schwimmergehäuse ist mit Hilfe des Zylinders 3 und des Kappenstückes 4 der Motor 5 verbunden, an dessen Gehäuse fest angeschraubt die Achse 6 sitzt, welche ihrerseits das Kegelradgehäuse 7 trägt. Die Lager 8 und 9 dienen zur Führung des unteren Endes der Meßbuchse, die durch den Wendemotor nachgedreht wird; der letztere liegt im oberen nicht mitgezeichneten Teil des Apparates. In dem Kegelradgehäuse vertikal verschiebbar sitzt der Bohrer 10 und die Befestigung dieser Teile ist derart gehalten, daß bei eingeschwungenem Kreiselkompaß und Schwimmergehäuse 2 der Bohrer 10 genau im Norden, vom Mittelpunkt des Gerätes ab gerechnet, steht. Die Achse 6 ist durchbohrt und hindurch ragt die Achse 11 des Motors 5. Auf dieser letzteren sitzt ein Kegelrad 12, welches mit Hilfe der Kegelräder 13, 14, 15 den Bohrer 10 in Rotation versetzt, sobald der Stromkreis des Motors durch Drücken einer Taste übertage geschlossen wird.

Da das Bohrloch im allgemeinen voll Wasser steht, muß das Eindringen von Wasser in das Gerät verhindert werden. Diesem Zweck dienen zwei Gummimanschetten 16 und 17

über dem Lager 9 zur Abdichtung der Achse 6 gegen 18 und ferner zwei Gummimanschetten 19 und 20 zur Abdichtung der Motorachse gegenüber der Achse 6. Zur Verhütung der Verschmutzung der Dichtungsmanchetten 16 und 17 ist die Mutter 21 auf Stück 18 vorgesehen, welche die Achse 6 mit einem Luftspalt von etwa 0,1 mm durchläßt. Die Dichtungsmanchetten 19 und 20 sind gegen Verschmutzung durch das Kegelradgehäuse 7 geschützt, das allerdings, da es keine Dichtung besitzt, voll Wasser steht. Außerdem ist, um das Eindringen von größeren Schmutzteilen in das Getriebe des Bohrers zu verhindern, die Platte 22 vorgesehen, die durch das Wendegetriebe mitgedreht wird und durch eine Gummidichtung 23 das Eindringen von größeren Schmutzteilen verhindert. Die Wirkungsweise des Gerätes ist folgende:

Nachdem zunächst mit dem Gerät als Neigungsmesser nach Einschwingung des Kreiselkompasses die Neigung des Bohrloches in zwei Komponenten zerlegt gemessen worden ist, wird das Gerät bis auf die Bohrlochsohle hinabgelassen, so daß sich der Ring 24, der im Schutzgehäuse 25 befestigt ist, auf die Bohrlochsohle aufsetzt. Der Bohrer 10, welcher durch die Wirkung des Kreiselkompasses vorher im Norden eingestellt war, wird hierbei gegen die Spannung der vertikalen Feder 26 in den Apparat hineingedrückt. Wird jetzt der Bohrmotor 5 eingeschaltet und der Bohrer in Drehung versetzt, so stellt er im Norden vom Mittelpunkt des Bohrloches ein kleines Loch her.

Ist dies geschehen, so wird das Gerät an dem Kabel aus dem Bohrloch entfernt und ein Bohrkern freigebohrt und gezogen. Der herausgezogene Bohrkern kann dann zunächst so orientiert werden, daß das Loch, welches der kleine Bohrer 10 an seiner Stirnseite bohrte, im Norden steht. Er kann dann ferner genau so geneigt werden, wie das Bohrloch gemäß der erfolgten Messung geneigt ist, und man hat dann die am Bohrkern sichtbaren Gebirgsschichten so übertage liegen, wie sie unter Tage vorhanden sind.

Schlußbemerkung.

Der hier beschriebene Apparat ist nicht ganz einfach, auch seine Handhabung verlangt Übung. Er wird daher von der Gesellschaft für nautische Instrumente in Mitteleuropa nicht in den Handel gebracht, sondern diese führt selbst die Messungen für die Schachtbaufirmen oder Bohrunternehmer aus. Nur für Überseeländer werden die Geräte verkauft und geeignetes Personal zur Bedienung derselben angelernt. Bei einiger Übung können selbst die tiefsten Bohrlöcher in einem Tage ausgemessen werden und

die Resultate sind unbedingt zuverlässig im Gegensatz zu denen der Apparate, die mit Magnetkompassen arbeiten oder die die Annahme machen, daß das Gestänge, an dem der Apparat hängt, unverdrillt in das Bohrloch eingelassen werden kann. Haben doch Vergleichsmessungen gezeigt, daß unter Umständen schon bei 200 m Tiefe eine merkliche Verdrillung eintritt.

Weit über 1000 Bohrlöcher sind mit dem Gerät ausgemessen worden, und der Meßwagen ist mit allen Werkzeugen und Ersatzteilen so vollständig ausgerüstet, daß der Apparat ohne weiteres sowohl in den tropischen Niederungen Maracaibos als im eisigen Winter an der sibirischen Grenze, in Indien sowohl als an den Abhängen der Karpathen mit Erfolg Verwendung fand.
