

Geodätische Untersuchungen über die tektonischen Bewegungen auf der Erzlagerstätte von Příbram.

II. Mitteilung.

Von Dr. F. Köhler.

Bewegung der Bohutiner Gebirgsmassen.

I.

Als die Bewegung der Birkenberger Gebirgsmassen konstatiert wurde, habe ich gleichzeitig auf die Unter-

Zur Gewinnung der Silbererze dienen zwei Schächte — der Rudolf-Schacht und der Stephan-Schacht.

Der Betrieb am Stephan-Schacht ist eingestellt, weshalb der Schacht jederzeit zum Messen benützt werden kann.

Am Rudolf-Schacht wird nur bei Tage gefördert; in der Nacht und an Sonn- und Feiertagen ist der Schacht frei, während welcher Zeit Messungen vorgenommen werden können.

Am 17. Laufe der Bohutiner Grubenräume in Bohutin ist eine gut erhaltene Strecke zwischen den beiden Schächten vorhanden.

Die beiden Schächte und diese Strecke am 17. Laufe wurde für unsere Beobachtungen ausgewählt, da sich hier überall gute Messungen ausführen ließen. (Fig. 2.)

Es wurde ein Programm ausgearbeitet, nach welchem die Beobachtungen zur Ausführung kommen sollten. Da hier die beiden Schächte zur vertikalen Bestimmung der in der Grube eingesetzten Höhenmarken benützt werden konnten, ohne die Förderung zu stören, so wurden nicht nur die auf den Schachthäusern befindlichen Höhenmarken einnivelliert, sondern auch jene, die sich unter der Erdoberfläche auf dem 17. Laufe befanden, wo sich eine gute Verbindungstrecke zwischen den beiden Füllorten der Schächte befindet, mit den obertägigen Höhenmarken verbunden.

Diese Anordnung wurde deshalb gewählt, weil sich daraus verschiedene Kontrollen ergeben, die es ermöglichen, möglichst fehlerfreie Messungen zu bekommen.

Außerdem ist durch diese Anordnung eine schöne Aufgabe gegeben, nämlich die Ausgleichung eines Raumpolygones.

Die Anordnung der Untersuchungen ist aus den Figuren 3, 4, 5 und 6 ersichtlich, so daß es genügt, dazu eine kurze Erklärung zu geben.

Auf den beiden Schachtgebäuden des Rudolf- und des Stephan-Schachtes befinden sich eiserne Höhenmarken $H.M_R$ und $H.M_S$, die in die feste Mauerung einzementiert sind und die gleiche Form und Konstruktion haben wie die auf den Schachthäusern in Birkenberg befindlichen Höhenmarken¹⁾.

Untertags am Füllorte des 17. Laufes des Rudolf-Schachtes und Stephan-Schachtes wurden sphärische Felsenvorsprünge ausgehöhelt, auf die sich die Nivellierlatte ansetzen ließ und welche als Höhenmarken $H.M_{R,17}$ und $H.M_{S,17}$ dienen sollten. (Siehe Fig. 1.)

Zur Kontrolle ihrer Lage diente immer noch eine Hilfsmarke, deren Höhenunterschied konstant bleiben mußte. Später sind Höhenmarken in Form eines Eisen-

¹⁾ Köhler: Geodätische Untersuchungen über die tektonischen Bewegungen auf der Erzlagerstätte von Příbram. 1913, S. 211.

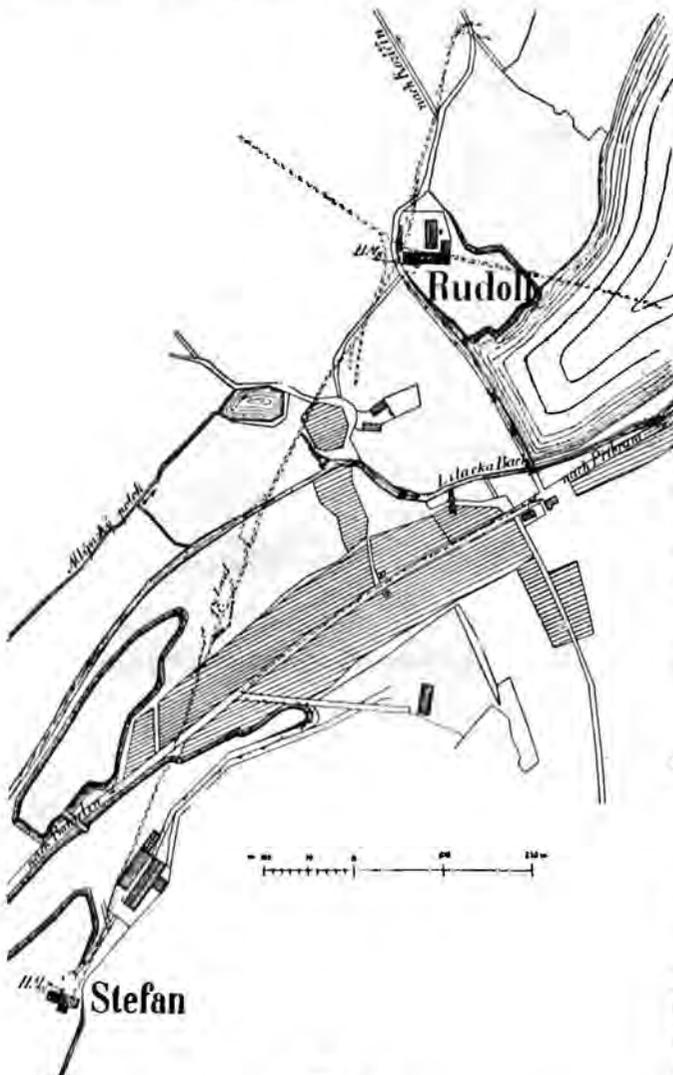


Fig. 1.

sachung der Bewegung der Gebirgsmassen in Bohutin gedacht, ob nicht etwa auch eine ähnliche Bewegung dort stattfindet.

Das Bergrevier in Bohutin liegt südwestlich zirka 5 km von Příbram entfernt und besitzt in gleichem Maße wie Birkenberg silberhaltige Erzgänge, die abbaufähig sind. (Fig. 1.)

bolzens (Fig. 7) in die Seitenwände oder First eines jeden Füllortes einzementriert worden, um gegen eventuelle Beschädigung tunlichst geschützt zu sein.

Diese vier Höhenmarken bilden ein Raumpolygon. Ändert sich die Lage irgend einer Höhenmarke, so ist damit der Beweis gegeben, daß eine Bewegung in den Gebirgsmassen stattfindet.

Die Untersuchung auf Bewegung dieser Höhenmarken wurde nur in der vertikalen Richtung gemacht, da sich die Untersuchung für horizontale Verschiebungen nicht so leicht und genau ausführen läßt, wie in der vertikalen Richtung, da dazu sowohl die Instrumente als auch präzise Methoden fehlen.

Es soll aber auch nach Ausarbeitung einer entsprechenden Methode und Konstruierung geeigneter

Apparate die Untersuchung auf horizontale Verschiebung der Höhenmarken ausgeführt werden.

Die beiden auf den Schachtgebäuden des Rudolf- und des Stephan-Schachtes in Bohutin befindlichen Höhenmarken $H.M_R$ und $H.M_S$ wurden in demselben Jahre, wie die auf den Schachtgebäuden in Birkenberg befindlichen Höhenmarken, u. zw. 1886 von der Markscheiderei der Bergdirektion einnivelliert und man kann annehmen, daß das Nivellement mit der gleichen Präzision ausgeführt wurde, wie in Birkenberg.

Leider fehlen in den Protokollen die Originalbeobachtungen, weshalb sich die Genauigkeit des Nivellements nicht berechnen läßt.

Man kann aber in ähnlicher Weise wie bei den Birkenberger Höhenmarken aus der Gewissenhaftigkeit

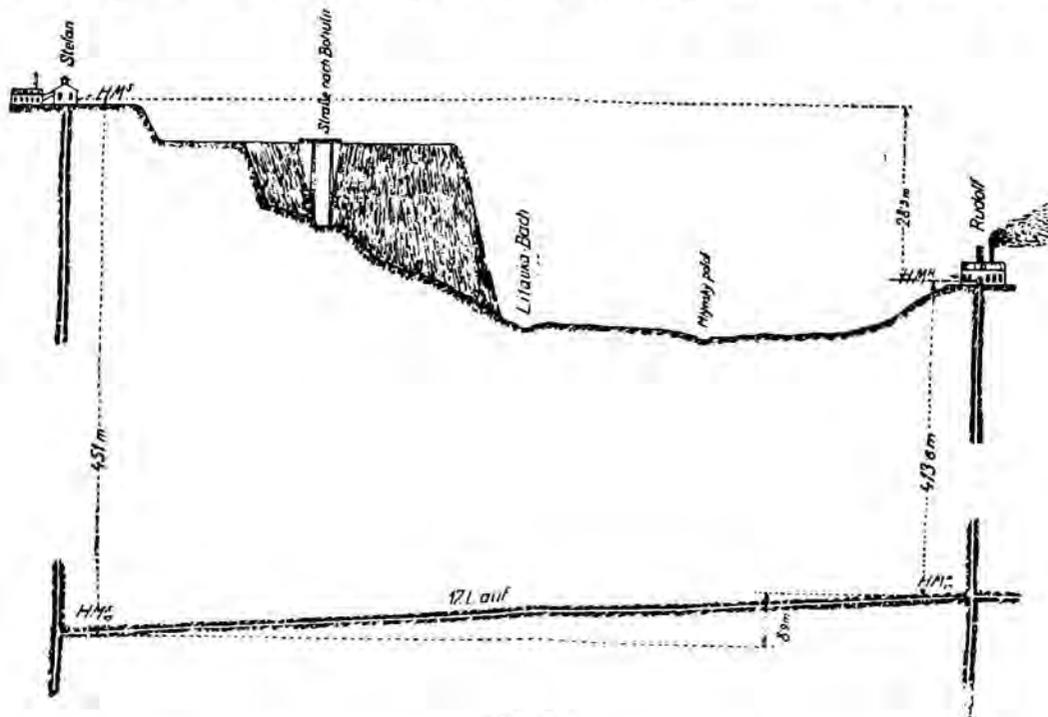


Fig. 2.

des Obermarkscheiders Schmid schließen, daß das Nivellement in Bohutin eben so genau ausgeführt wurde wie in Birkenberg.

Nach der Bestimmung des Obermarkscheiders Schmid haben die Höhenmarken an den Schachtgebäuden des Rudolf- und Stephan-Schachtes in Bohutin, die in der Tabelle I angeführten Höhenkoten:

Tabelle I.

Höhenmarke		Höhenkote des Nivellements von Schmid 1886 m	Höhenunterschied
Bezeichnung	Name		
$H.M_R$	Rudolf-Schacht	546.332	28.489
$H.M_S$	Stephan-Schacht	574.821	

Um sich von der stabilen Lage der beiden Höhenmarken zu überzeugen, genügte ein sorgfältig ausgeführtes Nivellement zwischen den beiden Höhenmarken.

Da ich aber außerdem die Bewegungen in den Gebirgsmassen bestimmen wollte, habe ich das schon früher erwähnte Raumpolygon markiert, um alle Höhenmarken obertags und untertags der Höhe nach zu bestimmen und diese von Zeit zu Zeit durch präzise Beobachtungen zu kontrollieren.

II.

Die Bestimmung des Höhenunterschiedes der beiden obertags liegenden Höhenmarken $H.M_R$ und $H.M_S$ und der untertags auf dem 17. Laufe zwischen den beiden Schächten liegenden Höhenmarken $H.M_{R,1}$ und $H.M_{S,1}$ (Fig. 3, 4, 5, 6, 7) wurde

durch ein Doppelnivellement nach der Methode des Präzisionsnivellements vorgenommen, wie sie früher in der I. Mitteilung beschrieben wurde.

Nach der in meiner Mitteilung: „Geodätische Untersuchungen über die tektonischen Bewegungen auf der Erzlagerstätte von Příbram“ angeführten Nivellementmethode und mit den gleichen



Fig. 3.

Instrumenten ist das Präzisionsnivellement zwischen den beiden Höhenmarken obertags ausgeführt worden.

Das Nivellement untertags wurde ebenfalls nach der nämlichen Methode ausgeführt, nur wurde zum Nivellement eine transparente Glaslatte benützt, die, um von dem Fehler in der Nichtvertikalstellung der Nivellierlatte

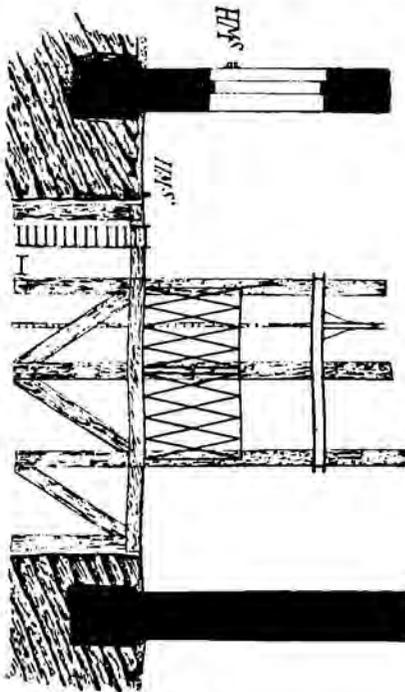


Fig. 4.

unabhängig zu sein, auf eine eigens dazu von mir konstruierte Stahlspreize aufgehängt wurde.

1. Transparente Nivellierlatte.

Die transparente Nivellierlatte (Fig. 8) ist 1,30 m lang und 15 cm breit aus einer Glasscheibe aus Mattglas hergestellt und in einem Holzrahmen eingeschlossen. Oben ist drehbar ein Haken angebracht, mit dem die Nivellierlatte an den Ring der Spreize eingehängt wird. Die

Teilung ist durchwegs in halbe Zentimeter ausgeführt und nach halben Dezimetern beziffert. Eine Bezifferung geht von oben herunter und ist schwarz ausgeführt; die zweite geht von unten hinauf, u. zw. in dekadischen Ergänzungen und ist rot ausgeführt und mit einem liegendem Kreuz versehen, damit sie überall gut unterschieden werden kann. Der Nullpunkt befindet sich auf der Glasscheibe, also nicht an der inneren Fläche des Hakens, um die kleinen Änderungen, die durch das Bewegen des Hakens mit der Zeit hervorgerufen wird, zu eliminieren. Der Abstand des Nullpunktes von der inneren Fläche des Hakens wird von Zeit zu Zeit durch Vergleichen präzisiert bestimmt, notiert und bei der Berechnung des Anschlusses an die Höhenmarken benützt.

Für die Aufhängung des Hakens in die Höhenmarken ist eine Gabel konstruiert (Fig. 8), die aus Stahldraht

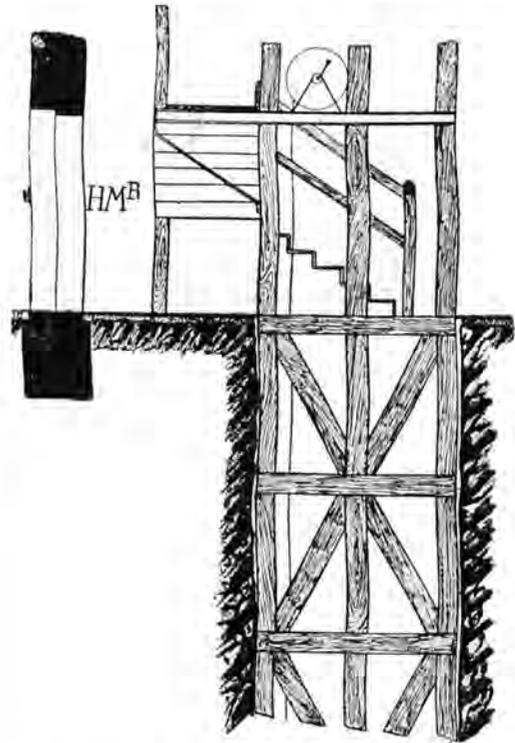


Fig. 5.

besteht und auf den durch die horizontale Bohrung der Höhenmarken durchgesteckten Stift aufgehängt wird. Der Abstand des Hakens von dem Mittelpunkte der Bohrung der Höhenmarke wird ebenfalls früher genau bestimmt und die so ermittelte Entfernung wird dann für die genauen Anschlüsse benützt. (Fig. 8 und 9.)

Für ein ganz präzises Nivellement habe ich eine Nivellierskala konstruieren lassen, die aber hier nicht benützt wurde; sie wird erst bei den Beobachtungen zur Konstatierung der periodischen Bewegungen der ganzen Gesteinsmassen auf den verschiedenen Horizonten in den Birkenberger Grubenräumen zur Anwendung kommen, weshalb sie auch erst später beschrieben wird.

2. Spreize für die Aufhängung der Nivellierlatte.

Die für die Aufhängung der Nivellierlatte dienende Spreize besteht aus zwei ineinander genau einpassenden

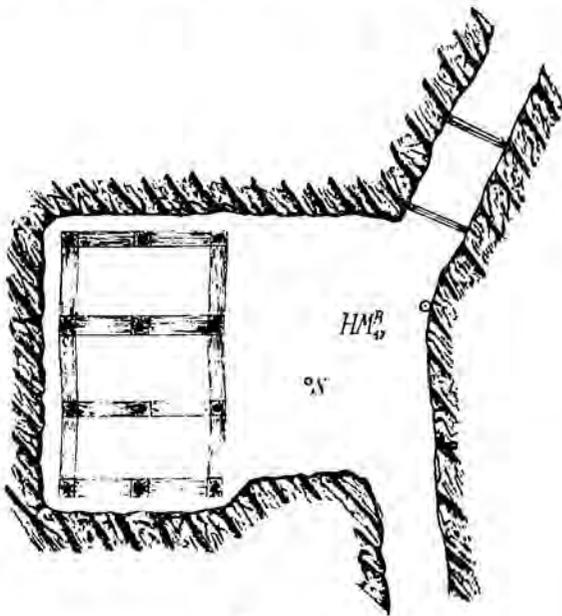


Fig. 6.

Mannesmannröhren. Die äußere Röhre hat am Ende einen mit Kugellager versehenen und somit jeder Lage sich

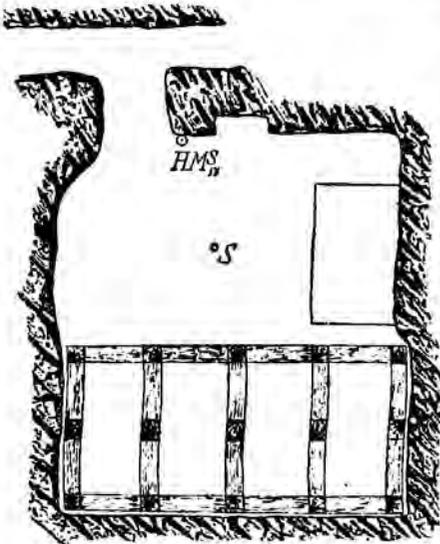


Fig. 7.

leicht anpassenden Dreispitz, womit sie in der Seitenwand der Strecke bequem und sicher befestigt werden kann.

Die innere Röhre läßt sich in der äußeren heraus- und hineinschieben und kann durch eine Schelle in jeder Lage befestigt werden.

Auf dem Ende des inneren Rohres befindet sich ein Schraubengewinde, auf dem sich eine Schraubenmutter in Form einer Röhre bewegen läßt, welche mit einem Querriegel, um die Spreize fest zwischen die Seitenwände befestigen zu können, versehen ist. Das Ende dieser Schraubenmutter hat ein ähnliches mit Kugellager versehenes Dreistück, das sich in die Seitenwand der Strecke einklemmen läßt.

Auf der Außenröhre läßt sich eine Muffe bewegen und in jeder Lage durch eine Klemmschraube befestigen. Die Muffe besitzt einen Ring, worin die Nivellierlatte mit dem Haken eingehängt wird. (Fig. 10.)



Fig. 8.

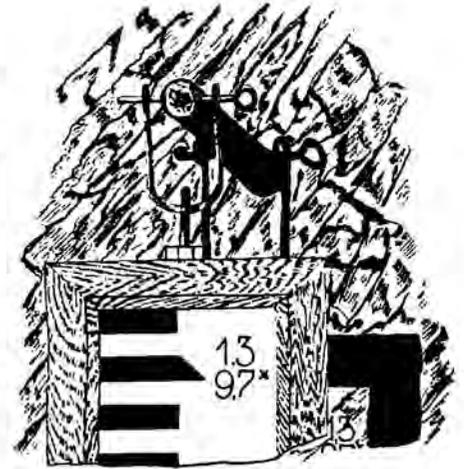


Fig. 9.

Damit die Spreize für alle möglichen Streckenbreiten benutzt werden kann, ist zu dieser Spreize noch eine längere Röhre beigegeben, die dann benützt wird, wenn die Breite der Strecke groß ist. Durch Herausschieben der kürzeren Außenröhre und Hineinschieben der längeren Röhre läßt sich die Spreize sofort benützen.

Die Auswechslung erfolgt rasch und bequem.

Durch diese Konstruktion der Spreize wird der Nivellierlatte eine stabile Lage gegeben. Die Nivellierlatte nimmt immer die vertikale Richtung an und wird nach der Ablesung umgedreht, so daß sie in der anderen Lage bei der Vorwärtsvisur genau dieselbe Höhe behält.

So entfällt das mühsame Vertikalstellen der Nivellierlatte; der Gehilfe braucht nur die Skala von rückwärts aus mit einer guten Azetylenlampe zu beleuchten und der Beobachter ist sicher, daß die Nivellierlatte die richtige, vertikale Lage hat.

Da die Streckensohle an manchen Stellen sehr weich und unstabil ist, habe ich für einige Lagen eine Spreize konstruiert, die eine feste und sichere Aufstellung des Nivellierinstrumentes ermöglicht.

3. Spreize zum Aufstellen des Nivellierinstrumentes.

Diese Spreize zum Aufstellen des Nivellierinstrumentes (Fig. 11) hat eine ganz ähnliche Konstruktion, wie die eben beschriebene Spreize.

Die Spreize besteht aus zwei ineinander genau eingepaßten Mannesmannröhren. Die äußere Röhre hat am Ende einen, mit Kugellager versehenen und somit jeder Lage der Spreize sich leicht anpassenden Dreispitz, womit sie in die Ulmen der Strecke bequem und sicher befestigt werden kann.

Die innere Röhre läßt sich in der äußeren heraus- und hineinschieben und kann durch eine Schelle in jeder Lage befestigt werden. (Fig. 11.)

Auf dem Ende des inneren Rohres befindet sich ein Schraubengewinde, auf dem sich eine Schraubenmutter



Fig. 10.

in Form einer Röhre, da sie die Spindel in der Röhre hat, bewegen läßt, welche mit dem Querriegel, um die Spreize fest zwischen die Ulmen befestigen zu können, versehen ist.

Das Ende dieser Schraubenmutter hat ein ähnliches mit Kugellager versehenes Dreistück, welches sich in die Seitenwand der Strecke einklemmen läßt.

Auf der Außenröhre läßt sich eine Muffe bewegen und in jeder Lage durch eine Klemmschraube befestigen. Diese Muffe trägt oben eine zweite senkrecht dazu befestigte Muffe, durch welche eine Querröhre durchgeschoben und mit einer Klemmschraube in jeder Lage befestigt werden kann.

Diese Querröhre hat an einem Ende einen Teller mit zentraler Öffnung, auf welchen das Nivellierinstrument aufgestellt und mit einer Herzschaube mit dem Teller fest verbunden wird. Auf dem anderen Ende läßt sich ein Gegengewicht verschieben und in jeder Lage mit einer Klemmschraube befestigen.

Durch diese Konstruktion der Spreize kann dem Nivellierinstrumente eine äußerst stabile Lage gegeben werden.

Für breite Strecken ist der Spreize noch eine zweite Außenröhre beigegeben, die so lang ist, daß sie für alle Streckenbreiten auslangt.

Die Auswechslung geschieht sehr rasch und bequem. Der Vorgang beim Nivellement ist der gleiche wie bei dem obertägigen Nivellement.²⁾

III.

Bestimmung der vertikalen Entfernung der beiden Paare der Höhenmarken obertags $H.M.R$ und untermags $H.M.R_1$ und $H.M_S$ und $H.M_{S_1}$.

Diese Bestimmung ist viel schwieriger als die oben erwähnte Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen den beiden obertags liegenden Höhenmarken $H.M_R$ und $H.M_S$.

Es sind zwar verschiedene Methoden der Vertikalbestimmung solcher Marken bekannt, aber alle diese Methoden sind wenig genau und lassen sich zu der Auflösung dieser wichtigen Aufgabe nicht benützen.

Schon die vertikale Entfernung zweier übereinander liegenden Punkte ist schwer genau zu bestimmen, da müssen noch Anschlußmessungen an die beiden Höhenmarken obertags $H.M_R$ oder $H.M_S$ und untermags $H.M_{R_1}$ oder $H.M_{S_1}$, mit der größten Präzision bestimmt werden.



Fig. 11.

Zu der Bestimmung des vertikalen Abstandes zweier Punkte wollte ich ursprünglich einen Invardraht, um von der Temperatur, die auf solche große Entfernung bei nicht genauer Bestimmung der Temperatur im Schachte beträchtliche Fehler in der Länge verursachen könnte, benützen. Nach Anfrage bei den verschiedenen Fabriken, welche solche Invardrähte herstellen, bekam ich die Antwort, daß solche lange Invardrähte nicht fabriziert werden.

Einen 50 oder höchstens 100 m langen Invardraht verwenden und sukzessive die vertikale Entfernung bestimmen, fürchtete ich, da bei den Anreihungen bedeutende Fehler entstehen können, abgesehen davon, daß die Bestimmung sehr mühsam gewesen wäre.

Ich entschloß mich, die vertikale Entfernung mit einem langen Stahlmeßbande zu bestimmen, wobei ich allerdings die gefährlichen Fehlerquellen der Etalonierung, des Dehnungskoeffizienten und des Spannungskoeffizienten im Auge hatte.

Nach reiflicher Überlegung und nach entsprechenden Berechnungen und Versuchen, durch welche sich die zu befürchtenden Fehler ermitteln lassen, bin ich zu der

²⁾ F. Köhler: „Die geodätischen Untersuchungen usw.“ „Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw.“, 1913, S. 211.

Bestimmung der vertikalen Entfernung mit dem Stahlmeßbande geschritten.

Die Anordnung zu dieser Ausführung wurde so getroffen, daß auf die hinaufgehobene und durch starke Eisenträger unterstützte Förderschale die Rolle des Stahlmeßbandes mit Schrauben befestigt und das Stahlmeßband dann heruntergelassen wurde.

Das Stahlmeßband ist der ganzen Länge nach in Meter geteilt, einzelne Meter sind durch kleine 2 mm im Durchmesser große Löcher markiert, 5 m Abstände sind durch Messingnieten und 10 m Abstände sind durch Messingmarken mit der betreffenden Meterzahl markiert.

Das Stahlband, an dem in bestimmten Entfernungen, vor dem Niederlassen des Bandes, Thermometer aufgehängt wurden, die vor dem Einlassen des Bandes abgelesen und notiert wurden, wurde vorsichtig heruntergelassen und einige Stunden in Ruhe belassen, damit es die Temperatur des Schachtes annehmen und sich auch entsprechend auslängen konnte.

Das untere Ende des Stahlmeßbandes wurde einige Dezimeter vom Boden des Füllortes am 17. Laufe des betreffenden Schachtes eingestellt und von dem Nullpunkte genau ein in Millimeter geteiltes Stahlmeter auf das Band mit zwei Klemmen befestigt.

Das Nivellierinstrument wurde in der Mitte zwischen das Meßband und die Höhenmarke genau horizontal aufgestellt, damit der Okularauszug beim Umdrehen des Fernrohres konstant bleibt; es konnten nun Ablesungen an dem Meßbande und an auf der Höhenmarke aufgestellten Nivellierlatte gemacht werden.

Eine ähnliche Einrichtung wurde obertags im Schachtgebäude getroffen, wo in einer entsprechenden Höhe auch ein genau in Millimeter eingeteilter Stahlmetermaßstab an das Meßband mit zwei Klemmen so befestigt wurde, daß ein Nullpunkt mit einer ganzen Metermarke genau koinzidierte. Das Nivellierinstrument wurde so vor das Meßband genau horizontal aufgestellt, daß die Millimeterteilung des Stahlmeters gut beleuchtet war und es wurde eine in entsprechender und gleicher Entfernung — damit der Okularauszug nicht geändert werden mußte — eine Hilfsmarke $H M'_s$ bestimmt und durch eine Marke stabilisiert.

Nach diesen Vorbereitungsarbeiten und nach erfolgten früher verabredeten Signalen wurde gleichzeitig mit den Anschlußmessungen begonnen.

Es wurde zuerst das Meßband bei genau ein spielender Libelle bis auf $\frac{1}{10}$ mm abgelesen, u. zw. so, daß ein Beobachter die Ablesung am Bande besorgte, der zweite scharf die Libelle mit der Elevationsschraube zum Einspielen brachte, so daß bei der Ablesung die Blase genau in der Mitte stand.

Nach der Ablesung des Metermaßstabes wurde die an der Hilfshöhenmarke aufgestellte Nivellierlatte angezielt und bei ein spielender Libelle abgelesen, dann noch einmal die Nivellierlatte und wieder das Stahlmeßband. So wurden drei Paare solcher Ablesungen gemacht, um die Ablesefehler möglichst klein zu bekommen. Nachher wurde die Instrumentenhöhe geändert, das Nivellier-

instrument von neuem genau horizontiert und der Vorgang mit den drei Paarenablesungen wiederholt. Das wurde noch einmal wiederholt, so daß drei unabhängige Messungen bei der festen Lage des Stahlmeßbandes erhalten wurden.

Auf ein von unten gegebenes Signal wurde das Stahlband ein wenig gehoben, um eine neue Gruppe von Messungen zu bekommen und der ganze Vorgang wurde genau oben und unten ausgeführt. Gleichzeitig wurden auch Beobachter bei den beiden Nivellierinstrumenten gewechselt.

Durch diese Art der Beobachtungen wollte man möglichst viele voneinander unabhängige Messungen bekommen, um frei von groben Ablesefehlern zu sein und um die Genauigkeit der ganzen Messungen zu erhöhen.

Der gleiche Vorgang wurde noch einmal wiederholt, das heißt das Stahlmeßband wurde noch einmal in seiner Lage geändert und es wurde noch eine Gruppe von Beobachtungen ausgeführt.

Dadurch hat man eine große Anzahl von unabhängigen Messungen erhalten und überdies konnte auch durch den Beobachterwechsel die persönliche Gleichung bestimmt werden, um möglichst genaue Resultate zu bekommen.

Nach der Ausführung dieser drei Gruppen von Messungen wurde auf ein von unten gegebenes Signal das Stahlmeßband hinaufgezogen, wobei wieder die Thermometer der Reihe nach abgelesen und ausgehängt wurden.

Dadurch hat man genau die bei der Messung herrschende Temperatur des Stahlmeßbandes bestimmen können, um dann daraus die entsprechende Reduktion einführen zu können.

In dieser Zeit des Aufholens des Stahlmeßbandes wurde der Anschluß der obertägigen Hilfshöhenmarke $H.M'_s$ an die Höhenmarke $H.M_s$ dreimal von verschiedenen Beobachtern hin und zurück ermittelt.

Auf diese Weise wurde auf das sorgfältigste die vertikale Entfernung der beiden Höhenmarken bestimmt.

IV.

Fehlerverhältnisse bei der Ausführung der beschriebenen Beobachtungen.

Die so bestimmte vertikale Entfernung ist aber mit Fehlern behaftet, u. zw. mit konstanten und zufälligen Fehlern.

Die konstanten Fehler lassen sich bestimmen und aus der Rechnung beseitigen.

Die bei den vorigen Messungen auftretenden Fehler rühren her:

1. Von der unrichtigen Länge des Stahlmeßbandes. Etalonierungsfehler Δl_E^F .

2. Von der Dehnung des Meßbandes durch die Elastizität des Bandes — Spannungsfehler Δl_S^F .

3. Von der Änderung der Länge des Bandes wegen Änderung der Temperatur. Temperaturänderungsfehler, Temperaturfehler Δl_T^F .

1. Etalonierungs- und Teilungsfehler Δl_E^F

Die Teilung des Stahlmeßbandes wurde bei der Temperatur des Meßbandes 17° vorgenommen und das Meßband in den Entfernungen von 1 m zu 1 m mit kleinen 2 mm im Durchmesser großen Löchern versehen, die sich infolge der nicht ganz genau arbeitenden Teilmaschine nicht genau in ihrer richtigen Lage befinden, weshalb sowohl die einzelnen Meter als auch die ganze Länge mit Etalonierungsfehlern behaftet sind.

Da wir für unsere Messungen eine Länge zwischen 413 m und 414 m und zwischen 450 m und 451 m genau brauchen, so mußte die wahre Länge dieser Meterstriche durch Vergleich mit einem Präzisionsmeßbande bestimmt werden.

Dazu wurde das Meßband doppelt mit einem Präzisionsmeßbande aus Invar verglichen und die Etalonierungsfehler bestimmt. Mit Hilfe der berichteten Fehler lassen sich leicht die entsprechenden Korrekturen berechnen und in einer Tafel zusammenstellen, aus der dann die Korrekturen entnommen werden können.

Die Ausführung dieser Etalonierung wurde doppelt gemacht, u. zw. einmal in vertikaler und einmal in horizontaler Lage des Meßbandes.

Zu diesem Zwecke wurde im Lichthofe des Lehrkancelgebäudes ein festes Gerüst hergestellt, auf welches die Rolle des Meßbandes mit Schrauben befestigt wurde, worauf eine entsprechende Länge des Meßbandes abgewickelt wurde, so daß das Ende des Meßbandes nahe am Boden war. Neben dem zur Untersuchung bestimmten Stahlmeßbande wurde das Präzisionsmeßband aus Invar ganz unabhängig von dem Stahlmeßbande auf ein selbständiges Gerüst neben demselben dicht aufgehängt.

Unten wurde ein Theodolit aufgestellt, mit dem der Nullstrich des Stahlmeßbandes genau eingestellt wurde und am Präzisionsbande sofort abgelesen wurde. Dasselbe geschah oben, wo ebenfalls ein Theodolit auf die Fensterbank zur Aufstellung kam, und es wurde die ganze Metermarke, u. zw. die 9 m Marke eingestellt und sofort die Teilung am Präzisionsbande abgelesen. Die 2 mm großen Löcher des Stahlmeßbandes konnten sehr genau eingestellt werden, da hinter dem Meßbande ein Spiegel unter 45° angestellt war, der die Öffnungen sehr gut beleuchtete. Zur genauen Ablesung des Präzisionsmeßbandes, welches nur in Zentimeter durchwegs geteilt ist, wurde ein Millimetermaßstab oben und ein unten in entsprechender Lage befestigt, so daß die Ablesungen bis auf $\frac{1}{10}\text{ mm}$ erfolgen konnten.

Auf den Ruf des unten befindlichen Beobachters wurde die Marke des Stahlmeßbandes gleichzeitig von den beiden Beobachtern eingestellt und sofort oben und sodann unten an der Millimeterskala des Präzisionsmeßbandes abgelesen.

Der gleiche Vorgang wiederholte sich fünfmal, um wieder möglich frei von groben Ablesefehlern zu sein, und um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen.

Nach der Ausführung dieser fünf Paare von Ablesungen wurde das Stahlmeßband um die entsprechende

Länge, d. h. 9 m heruntergelassen, wo es auf eine zweite Rolle aufgewickelt wurde. Es wurde unten die 9 m -Marke in dem horizontalen Faden des Fadenkreuzes des Theodolites eingestellt, oben die 18 m -Marke und an dem am Präzisionsmaßstabe befestigten Millimetermaßstabe die Lage der beiden Ablesungen gemacht. So wurden die Messungen fortgesetzt.

Beim 451 m angelangt, hat man die ganze Messung in umgekehrter Reihenfolge wiederholt, um aus diesen Messungen sowohl die kleinen Nachspannungen im Stahlmeßbande als auch die kleinen unregelmäßigen Einstellfehler zu beseitigen. Das arithmetische Mittel aus den

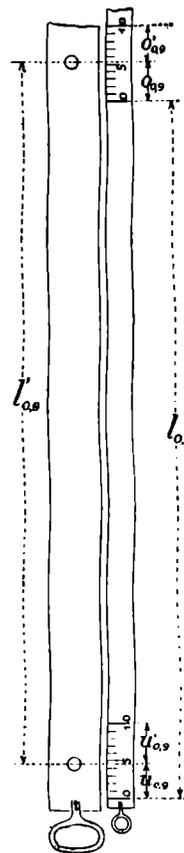


Fig. 12.

beiden Messungen ist dann frei von diesen Fehlern. Bei der Abrollung des Stahlmeßbandes wird es mehr und mehr belastet, also es treten noch Nachspannungen ein; bei dem Aufrollen des Stahlmeßbandes wird das Meßband wieder entlastet und es treten negative Nachspannungen ein, so daß dadurch diese Unsicherheit beseitigt werden konnte.

Ich habe ursprünglich auch die Beobachter wechseln lassen, um die persönliche Gleichung der beiden Beobachter bestimmen zu können, habe aber davon später abgesehen, da die Abweichungen so klein waren, daß ihre Berücksichtigung für diese Bestimmung unnötig erschien.

Auf diese Weise wurden doppelte Beobachtungen erhalten, aus denen sich die Etalonierungsfehler berechnen lassen.

Die Länge $l_{0,9}$ des Präzisionsbandes ist genau bekannt, u und o sind die unteren und oberen Beobachtungswerte; es läßt sich somit die Länge des Stahlmeßbandes leicht nach der Formel (1), (1') berechnen (Fig. 12):

$$l'_{0,9} = l_{0,9} - u_{0,9} + o_{0,9}$$

Für die zweite Lage

$$l'_{9,18} = l_{0,9} - u_{9,18} + o_{9,18} \text{ usw.}$$

$$l'_{18,27} = l_{0,9} - u_{18,27} + o_{18,27}$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$l'_{405,414} = l_{0,9} - u_{405,414} + o_{405,414}$$

$$l'_{450,459} = l_{0,9} - u_{450,459} + o_{450,459}$$

Daraus die ganze Länge von 414 m

$$\begin{aligned} l'_{414} &= l'_{0,9} + l'_{9,18} + l'_{18,27} + \dots + l'_{405,414} = \sum_0^{414} l' \\ &= 46 \times l_{0,9} - \sum_0^{45} u + \sum_0^{46} o \text{ oder} \\ &= 46 \times l_{0,9} - [u] + [o] \end{aligned} \quad (1)$$

Zwischen 413 und 414, d. h. das Stück Δl_{413} wurde mit Hilfe des Millimetermaßstabes bestimmt.

Dieser Stahlmetermaßstab wurde an einem in Millimeter geteilter Stahlnormalmeter genau untersucht und die kleinen Korrekturen wegen der Temperatur dann auch auf das Resultat angebracht, so daß man möglichst

genau die verlangte Länge bekommen konnte. Diese Korrekturen waren so klein, daß sie vernachlässigt werden konnten, aber ich habe sie doch berücksichtigt.

Die Länge 450 m wurde aus der Gleichung

$$\begin{aligned} l'_{450} &= l'_{0,9} + l'_{9,18} + l'_{18,27} + \dots + l'_{441,450} = \sum_0^{450} l' \\ &= 50 \times l'_{0,9} - \sum_0^{50} u + \sum_0^{50} o = \\ &= 50 \times l_{0,9} - [u] + [o] \text{ bestimmt} \dots (1') \end{aligned}$$

Die Länge über 450 m, also $450 + \Delta l_{450}$ wurde wieder mit dem Stahlmetermaßstabe ermittelt.

Die auf diese Weise erhaltene Länge ist aber nicht richtig, da bis jetzt die Dehnung des Meßbandes wegen der Elastizität und der Temperatur nicht berücksichtigt wurde.

Um die wahre Länge zu bestimmen, müssen die Korrekturen wegen Dehnung und Temperatur bestimmt werden.

Um diese Korrekturen mit genügender Genauigkeit zu bestimmen, ist es nötig, den Spannungskoeffizienten des Stahlmeßbandes und den Ausdehnungskoeffizienten zu kennen.

2. Bestimmung des Spannungskoeffizienten.

Da der Spannungskoeffizient bei verschiedenen Stahlmeßbändern sehr verschieden sein kann, wie die verschiedenen Untersuchungen das beweisen, so mußte der Spannungskoeffizient für unser Stahlmeßband separat bestimmt werden.

Nach den Untersuchungen des Prof. Haußmann hat der Spannungskoeffizient bei verschiedenen Stahlmeßbändern folgende Beträge gehabt:

Nummer	Name des Beobachters	Spannungskoeffizient	Breite	Dicke	Querschnitt in cm ²	Gewicht für 1 m in g
			in mm			
1	Haußmann	505×10^{-9}	20	0.39	0.078	60.8
2		520×10^{-9}	23.5	0.35	0.082	64.0
3		477×10^{-9}	12.0	0.39	0.047	36.7
4		515×10^{-9}	10.5	0.25	0.026	20.3
5		505×10^{-9}	10.0	0.26	0.026	20.3
6		511×10^{-9}	11.0	0.37	0.041	32.0
7		480×10^{-9}	13.0	0.20	0.026	20.3
8		501×10^{-9}	10.5	0.25	0.026	20.3
9		514×10^{-9}	20	0.39	0.078	60.8
10		507×10^{-9}	10.5	0.25	0.026	20.3
11		495×10^{-9}	10.0	0.26	0.026	20.3
12		510×10^{-9}	13.0	0.20	0.026	20.3
13	Löschner	227×10^{-9}	13.0	0.16	0.0208	16.2
14	Jordan	500×10^{-9}	20.0	0.30	0.0600	46.8
15	Köhler	107×10^{-9}	11.838	0.449	0.0532	39.796

Nach Löschner: Genauigkeitsuntersuchungen für Längenmessungen . . . hat der Spannungskoeffizient β pro 1 m und 1 kg folgenden Wert gehabt:

$$\beta = 0.0000227 \pm 0.0000001.$$

Da die Spannungskoeffizienten bei den Stahlmeßbändern zu stark variieren, habe ich mich entschlossen, den Spannungskoeffizienten für unser Stahlmeßband separat

zu bestimmen, um daraus den richtigen Spannungskoeffizienten zu erhalten.

Die Einrichtung zu dieser Bestimmung wurde ähnlich wie bei der Vergleichung getroffen.

Das Stahlmeßband wurde dann durch verschiedene Belastung der Gewichtsschale verändert, wobei jedesmal die Längenänderung des Stahlmeßbandes an dem Invar-

meßbände mit dem Theodoliten genau abgelesen werden konnte.

Um eventuelle Verschiebungen des Stahlmeßbandes oben kontrollieren zu können, wurde oben auch an dem Invarbände mit einem Theodoliten die feste Lage der oberen Marke des Stahlmeßbandes und des Präzisionsbandes gleichzeitig abgelesen.

Die Lage des Stahlmeßbandes war so fest, daß sich keine Verschiebungen während der ganzen Messung gezeigt haben.

Ist l'_0 die bekannte Länge des Meßbandes bei einer gewissen Spannung s_0 , $l' - l'_0$ die der Spannungsänderung, $(s - s_0)$ entsprechende Längenänderung des Bandes, β_0 der Näherungswert des Spannungskoeffizienten und β' die

gesuchte Verbesserung, so ist $(l' - l'_0) = \beta l'_0 (s - s'_0)$ und wegen der bei der Messung vorkommenden Fehlern $(l' - l'_0) + v = (s - s_0) (\beta_0 - \beta') l'_0$ und die Fehlergleichung $v = [l'_0 (s - s_0) \beta' + [\beta_0 (s - s_0) l'_0 - (l' - l'_0)]]$.

Es wurden zehn solche Fehlergleichungen aufgestellt, aus denen der Spannungskoeffizient β pro 1 m und 1 kg durch folgenden Wert erhalten wurde:

$$\beta = 0.00001071 = 0.00000015.$$

Das Stahlmeßband hat eine Breite von 11.838 mm und eine Dicke von 0.449 mm, somit den Querschnitt 0.053225 cm^2 ; daraus ist der Elastizitätsmodell

$$E = 1,760.712 \text{ kg für } 1 \text{ cm}^2.$$

(Fortsetzung folgt.)

Das Filtrieren des Bleihüttenrauches durch in Sackkammern aufgehängte Säcke (Filterschläuche).

Diese Art der Absonderung des Flugstaubes aus den Gasen faßt im Bleihüttenwesen immer mehr einen festen Fuß, was deshalb begreiflich erscheint, weil es hiedurch möglich ist, auf einfache Weise eine vollständige Entstaubung der Gase zu erzielen. So ist beispielsweise in jüngster Zeit auf der Zinkhütte der „Hedwigshütte“ der Zinkhütten- und Bergwerksgesellschaft in Trzebinia ein auf dem gleichen Prinzip beruhendes Beth-Filter eingebaut worden, welches die Filtration der Abgase der beiden großen Bleischachtföfen zu besorgen hat. Man ist hier mit der Leistung des Filters sehr zufrieden, da in den filtrierten Gasen angeblich überhaupt kein Flugstaub mehr nachweisbar ist.

Diese Methode der Entstaubung des Hüttenrauches wurde zuerst in Amerika eingeführt, woselbst sie auf mehreren Hütten in hohem Grade ausgebildet worden ist. Über den gegenwärtigen Stand der hiefür in Amerika angewendeten Vorrichtungen orientiert in vorzüglicher Weise die Arbeit von H. H. Alexander in Transactions of the American Institute of Mining Engineers, 1914, welche für das vorliegende Referat benützt worden ist.

In Amerika wurde die Filtration der Gase durch Säcke zuerst im Jahre 1850 bei der Zinkweißfabrikation zum Sammeln des Zinkoxydes angewendet. Um das Jahr 1876 wurde das Verfahren beim Schmelzen der Bleierze im Bleiherd in Missouri zum Sammeln der im Rauche enthaltenen Oxyde eingeführt. Später gelangte es in Portland und noch später in Cañon City zur Einführung. Auf letzterem Werke, welches der Referent im Jahre 1893 besichtigt und im Berg- und Hüttenmännischen Jahrbuch 1894 beschrieben hat, wurden sulfidische Bleizinkerze direkt auf eine Zinkbleifarbe verarbeitet, wobei ebenfalls ein großes Sackhaus (Bag House) zur Absonderung der Oxyde (der Farbe) aus den Ofengasen gedient hat. Im Jahre 1890 hat die Globe Smelting & Refining Comp. in Denver, Colorado, zur Gewinnung des Flugstaubes aus den Bleischachtföfen ein Sackhaus errichtet, in welchem 1458 Säcke aufgehängt wurden. Diese Anzahl wurde später stets dem Umfange

der Schmelzhütte entsprechend erweitert, so daß im Jahre 1900 bereits 2800 Säcke für den gedachten Zweck vorhanden waren.

Es ist selbstverständlich, daß sich anfänglich verschiedene Schwierigkeiten bei Einführung des Verfahrens eingestellt haben, die aber alle derart überwunden wurden, daß die Filtration der Gase durch Säcke für gewisse Zwecke ein Standard-Verfahren bildet, dessen Apparat sich ziemlich einheitlich aus der Installation auf den erwähnten Globe-Werken entwickelt hat. Diese Anlage kann somit als Schulbeispiel dieses Verfahrens angesehen werden und ihre Beschreibung, wie sie Alexander in der erwähnten Quelle liefert, muß daher willkommen erscheinen.

Aus Fig. 1 bis 3 ist die gesamte Anordnung der Sackhäuser ersichtlich. Das Gebäude ist 149 Fuß 8 Zoll lang, 67 Fuß 4 Zoll breit und 40 Fuß 2 Zoll bis zur Mauerbank hoch. Die Mauern sind in dem Teil bis zu dem Niveau der kurzen Blechzylinder, um welche die Säcke auf ihrem unteren Teil gestülpt und befestigt werden, 28 Zoll, dann auf eine weitere Höhe von 16 Fuß nur 18 Zoll und schließlich 13 Zoll dick. Dieser untere bis zum Zylinderniveau reichende Teil des Gebäudes (10 Fuß hoch) ist durch 13 Zoll starke Zwischenwände eingeteilt, die in Entfernungen von 8 Fuß errichtet sind. Diese Zwischenwände sind sehr dicht hergestellt, damit kein Eindringen der Gase aus einer Abteilung in die andere erfolgt und die Arbeiter beim Kehren des ausgeschalteten Abteiles durch Gase nicht belästigt werden. Auf den Zwischenwänden ruht die aus Eisenblech bestehende und den Abschluß der einzelnen Abteilungen bildende Zwischendecke, an welche die zur Befestigung der Filterschläuche (Säcke) dienenden 10 Zoll hohen und 17 Zoll im Durchmesser messenden Blechzylinder angeietet sind. (Fig. 3.) Das obere Ende des Zylinders ist mit einer Wulst versehen, unter welcher das untere Ende der 31 Fuß langen Schläuche mit Hilfe eines Eisen- oder Kupferdrahtes angezogen wird. Die Verteilung der Schläuche, welche von Mitte zur Mitte

Fig. 12 zeigt das Bild zweier an ein deutsches Walzwerk für die Bedienung der Akkumulatoren gelieferter Pumpenaggregate. Jedes derselben besteht aus einer fünf- und sechsstufigen Hochdruckkreiselpumpe, die hintereinander geschaltet sind und bei 1450 Uml./Min. 1800 l/Min. Wasser auf einen Druck von 37 at bringen.

Die in Bild 13 dargestellte Walzwerkspreßpumpe, eine siebenstufige Hochdruckpumpe, drückt in der Minute 5000 l Wasser gegen 56 at. Sie ist im Laufe der letzten Jahre im Auftrage eines Werks des rheinisch-

westfälischen Industriebezirks fünfmal zur Ausführung gekommen.

Fig. 14 zeigt die Innenansicht des Pumpenraumes eines russischen Hüttenwerks, in dem vier zur Erzeugung von Druckwasser für Akkumulatoren bestimmte Pumpenaggregate stehen, deren jedes aus zwei hintereinander geschalteten Hochdruckkreiselpumpen gebildet wird und die zusammen 1000 l/Min. Wasser unter einen Druck von 31 at setzen.

Geodätische Untersuchungen über die tektonischen Bewegungen auf der Erzlagerstätte von Příbram.

II. Mitteilung.

Von Dr. F. Köhler.

(Fortsetzung und Schluß von S. 678.)

3. Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten.

Da die Ausdehnungskoeffizienten verschiedener Stahlmeßbänder auch verschiedene Größe annehmen können, wie es durch zahlreiche Untersuchungen vieler Geodäten bestätigt wurde, so ist es schwer, für die Berechnung der wahren Länge einen richtigen Ausdehnungskoeffizienten zu benützen und es ist das richtigste, für das zur Messung benützte Meßband den Ausdehnungskoeffizienten direkt zu bestimmen.

Da die genaue Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten für unser Meßband eine eigene Einrichtung erforderte, so habe ich mich entschlossen, vorläufig den Ausdehnungskoeffizienten so zu bestimmen, wie ich den Spannungskoeffizienten bestimmt habe.

Die Beobachtungen wurden bei den verschiedenen Temperaturen vorgenommen und daraus Beobachtungen erhalten, die zur provisorischen Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten gut ausreichen.

Für die genaue Bestimmung gedenke ich eine praktische Anlage zu treffen, durch welche ich alle der Lehrkanzelsammlung gehörenden Stahlmeßbänder vergleichen will und daraus auch einen Beitrag zu dieser für die Längenmessungspraxis wichtigen Frage zu liefern.

Die Anlage wird das ganze Jahr bleiben und so wird es möglich sein, in den verschiedenen Temperaturverhältnissen die Beobachtungen Tag für Tag und Monat für Monat zu machen und die Eigentümlichkeiten des Verhaltens der Meßbänder zu untersuchen.

Dabei soll auch der Spannungskoeffizient bestimmt werden, um auch diesen schwer zu bestimmenden und für die Präzisionsmessung so wichtigen Faktor möglichst genau kennen zu lernen. Ich werde dann nicht ermangeln, einen eingehenden Bericht darüber zu veröffentlichen.

In der folgenden Tabelle sind die Ausdehnungskoeffizienten von verschiedenen Gelehrten angeführt:

N ^o	Name des Geodäten	Stahl		Schmiedeeisen und Stahl	Mittelwert für		Stahlmeßbänder
		ungehärtet	gehärtet		Eisen	Stahl	
1	Stampfer	107 × 10 ⁻⁷ — 119 × 10 ⁻⁷					
2	Doležal			12 × 10 ⁻⁶			
3	Jordan-Reinberg				113 × 10 ⁻⁷	104 × 10 ⁻⁷	
4	Hammer						10 × 10 ⁻⁶ — 13 × 10 ⁻⁶
5	Müller-Pouillet					105 × 10 ⁻⁸	
6	Mollier			11 × 10 ⁻⁶			
7	Schreiber			11 × 10 ⁻⁶			
8	Breed-Hosmer			113 × 10 ⁻⁷			
9	Müller-Breslau					124 × 10 ⁻⁷	

Nach der angeführten Tabelle variiert der Ausdehnungskoeffizient zwischen 10 × 10⁻⁶ bis 14 × 10⁻⁶. Der Einfluß der Unsicherheit in der sechsten Dezimale ist ganz bedeutend und kann bei feineren Längenmessungen nicht vernachlässigt werden. So würde der Unterschied bei einer Länge von 318 m für eine Messung bei 5° und bei der zweiten Messung bei 25° betragen 0.033 m = 33 mm und bei einer Länge von 450 m 0.036 m = 36 mm.

Für unsere Messungen kommt eine so große Differenz in den Temperaturen niemals vor, höchstens eine Differenz von 5°, die sich dadurch ausdrückt, daß das Band bei dem Tagkranze höhere Temperaturen hat als unten in der Nähe des Füllortes.

Also für diese Temperaturdifferenzen würde der Fehler für eine Teufe von 413 m gleich sein 0.008 m = 8 mm

und für eine Tiefe von 450 m gleich sein $0.009 \text{ m} = 9 \text{ mm}$. Ein ziemlich großer Wert, der die Genauigkeit der Messungen sehr herabsetzen könnte.

Um dies zu vermeiden, habe ich auch Untersuchungen für die Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten unseres Meßbandes ausgeführt.

Die Einrichtung dazu ist wieder dieselbe geblieben, nur wurde das Stahlmeßband und das Präzisionsmeßband bei verschiedenen Temperaturen beobachtet.

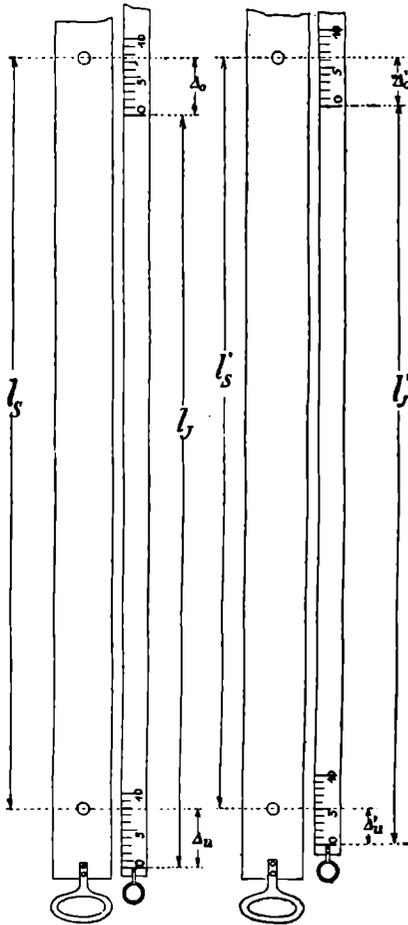


Fig. 12.

Die Messungen wurden nicht für große Temperaturunterschiede ausgeführt, was auch für unsere Zwecke nicht nötig war, da sich die Temperatur bei den Tiefenmessungen höchstens zwischen 12° und 17° bewegt, also der maximale Unterschied in dem günstigsten Falle nur 5° beträgt, der jedoch nur selten eintritt.

Die Messungen wurden in den Herbst- und Wintermonaten November, Dezember, Jänner, Februar und März ausgeführt, wobei die niedrigste Temperatur 5° und die höchste 18° erreicht wurden, also, gerade die im Schachte vorkommenden Temperaturgrenzen.

Überdies werden die Beobachtungen weiter fortgesetzt, so daß wir eine Reihe von Messungen bekommen, die

unter den verschiedenen Temperaturverhältnissen ausgeführt waren.

Die Grundlage dieser Messungen bildete wieder das Präzisionsmeßband aus Invar, dessen geringer Ausdehnungskoeffizient durch das National-Physical Laboratory in London auf 0.0000008 mit einer Genauigkeit ± 0.00000002 bestimmt wurde.

Es wurden wieder die Ablesungen oben und unten gemacht, um ganz unabhängig von jeder Änderung des Meßbandes frei zu sein. Jedesmal wurden fünf Paare von Beobachtungen gemacht.

Das Meßband wurde aus der ursprünglichen Lage gebracht und es wurden wieder fünf Paare von Ablesungen gemacht. Das hat sich immer zehnmal wiederholt, so daß eine genügende Anzahl von Beobachtungen für die Berechnung vorlag.

Die Unterschiede zweier von verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten zur Vergleichung bestimmter Meßbänder wurden beobachtet.

Die Temperatur des Invarbandes sei t_I , des Stahlmeßbandes sei t_S . Die Länge des Invarmeßbandes sei l_I , des Stahlmeßbandes l_S . (Fig. 12.)

Der beobachtete Unterschied

$$l_S - l_I = \pm \Delta_u \pm \Delta_b,$$

je nachdem der Nullpunkt des Invarbandes ober der Marke des Stahlmeßbandes und der 9 m-Strich unter der Marke des Stahlmeßbandes sich befindet, positiv oder negativ.

Wenn wir zur Vereinfachung für $\Delta_u + \Delta_b = \Delta$ einführen, so bekommen wir die Gleichung $l_S - l_I = \Delta$

Für eine andere Temperatur des Invarbandes t'_I und des Stahlmeßbandes t'_S , die Länge des Invarbandes l'_I und die Länge des Stahlmeßbandes l'_S ist der beobachtete Unterschied

$$l'_S - l'_I = \Delta'.$$

Wenn wir mit α_I den Ausdehnungskoeffizienten des Invars und α_S den mittleren Ausdehnungskoeffizienten des Stahlbandes bezeichnen, so ist

$$l'_I = l_I [1 + \alpha_I (t'_I - t_S)]$$

$$l'_S = l_S [1 + \alpha_S (t'_S - t_S)]$$

und daraus

$$l_I [1 + \alpha_I (t'_I - t_I)] + \Delta' = l_S [1 + \alpha_S (t'_S - t_S)]$$

$$l_I (t'_I - t_I) \alpha_I - (l_I + \Delta) (t'_S - t_S) \alpha_S + (\Delta' - \Delta) = 0.$$

Ist ein mittlerer Ausdehnungskoeffizient bekannt, so kann der zweite aus der Gleichung berechnet werden.

Es wurden die 9 m-Längen des Invarbandes und des Stahlbandes bei extremen Temperaturen, wie schon erwähnt, mehrere Male verglichen.

Die Temperaturen waren für beide Meßbänder gleich und wurden mit zwei Thermometern, die oben und unten aufgehängt waren, vor und nach jedem Paare der Meßbandablesungen abgelesen.

Mit Hilfe der Beobachtungswerte wurde der Ausdehnungskoeffizient des Stahlmeßbandes mit

$$\alpha = 0.0000111 \pm 8 \times 10^{-8}$$

für 1° für die Temperaturgrenze von - 5° bis + 15° C bestimmt.

Mit diesem Ausdehnungskoeffizienten wurde für die zwei Teufen 413 m, 414 m und 450 m, 451 m eine Tafel ausgerechnet, die die nötigen Korrekturen für die Dehnung wegen der Temperatur direkt angibt. (Tabelle 1a, 1b.)

Mit diesen Spannungs- und Ausdehnungskoeffizienten lassen sich die Etalonierungs- und Teilungsfehler des Stahlmeßbandes ermitteln und sind in der Tabelle II angeführt.

Tabelle Ia.
Korrektionstabelle für die Korrekturen des Meßbandes wegen Änderung der Temperatur.
 $\alpha = 111 \times 10^{-7}$.

l _m \ 7° C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Millimeter																	
413.0	4.58	9.17	13.75	18.33	22.92	27.51	32.09	36.67	41.26	45.84	50.43	55.01	59.60	64.18	68.76	73.35	77.93
413.1	4.59	9.17	13.76	18.34	22.93	27.51	32.10	36.68	41.27	45.85	50.44	55.02	59.61	64.20	68.78	73.37	77.95
413.2	4.59	9.17	13.76	18.35	22.93	27.52	32.11	36.69	41.28	45.87	50.45	55.04	59.62	64.21	68.80	73.38	77.97
413.3	4.59	9.18	13.76	18.35	22.93	27.53	32.11	36.70	41.29	45.88	50.46	55.05	59.64	64.23	68.81	73.40	77.99
413.4	4.59	9.18	13.77	18.35	22.94	27.53	32.12	36.71	41.30	45.89	50.48	55.06	59.65	64.24	68.83	73.42	78.01
413.5	4.59	9.18	13.77	18.36	22.95	27.54	32.13	36.72	41.31	45.90	50.49	55.08	59.67	64.26	68.85	73.44	78.03
413.6	4.59	9.18	13.77	18.36	22.95	27.55	32.14	36.73	41.32	45.91	50.50	55.09	59.68	64.27	68.86	73.46	78.05
413.7	4.59	9.18	13.78	18.37	22.96	27.55	32.14	36.75	41.33	45.92	50.51	55.10	59.70	64.29	68.88	73.47	78.07
413.8	4.59	9.19	13.78	18.37	22.97	27.56	32.15	36.75	41.34	45.93	50.52	55.12	59.71	64.30	68.90	73.49	78.08
413.9	4.59	9.19	13.78	18.38	22.97	27.57	32.16	36.75	41.35	45.94	50.54	55.13	59.73	64.32	68.91	73.51	78.10
414.0	4.60	9.19	13.79	18.38	22.98	27.57	32.17	36.76	41.36	45.95	50.55	55.14	59.74	64.34	68.93	73.53	78.12

Tabelle Ib.
Korrektionstabelle für die Korrekturen des Meßbandes wegen Änderung der Temperatur.
 $\alpha = 111 \times 10^{-7}$.

l _m \ 7° C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Millimeter																	
450.0	5.00	9.99	14.99	19.98	24.98	29.98	34.97	39.97	44.96	49.96	54.96	59.95	64.95	69.95	74.94	79.94	84.93
450.1	5.00	9.99	14.99	19.99	24.99	29.98	34.98	39.98	44.97	49.97	54.97	59.97	64.96	69.96	74.96	79.96	84.95
450.2	5.00	10.00	14.99	19.99	24.99	29.99	34.99	39.99	44.98	49.98	54.98	59.98	64.98	69.98	74.97	79.97	84.97
450.3	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	44.99	49.99	54.99	59.99	64.99	69.99	74.99	79.99	84.99
450.4	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.01	60.01	65.01	70.01	75.01	80.01	85.01
450.5	5.00	10.00	15.00	20.01	25.01	30.01	35.01	40.01	45.01	50.02	55.02	60.02	65.02	70.02	75.02	80.02	85.03
450.6	5.00	10.01	15.01	20.01	25.01	30.02	35.02	40.02	45.02	50.03	55.03	60.03	65.04	70.04	75.04	80.04	85.05
450.7	5.00	10.01	15.01	20.02	25.02	30.02	35.03	40.03	45.03	50.04	55.04	60.05	65.05	70.05	75.06	80.06	85.07
450.8	5.00	10.01	15.01	20.02	25.02	30.03	35.03	40.04	45.04	50.05	55.05	60.06	65.06	70.07	75.07	80.08	85.08
450.9	5.01	10.01	15.02	20.02	25.03	30.03	35.04	40.04	45.05	50.05	55.06	60.06	65.07	70.07	75.08	80.08	85.09
451.0	5.01	10.01	15.02	20.02	25.03	30.04	35.04	40.05	45.05	50.06	55.07	60.07	65.08	70.09	75.09	80.10	85.10

Tabelle II.
Etalonierungstabelle für das Stahlband von Reiß (600 m)
Δ ist überall +. Reduziert auf 17° C mit Spannung durch Eigengewicht.

M	Δ	Σ	M	Δ	Σ	M	Δ	Σ	M	Δ	Σ	M	Δ	Σ
9	1.81	1.81	99	2.50	26.85	189	1.14	47.64	279	6.27	99.58	369	1.87	142.82
18	1.58	3.39	108	2.75	29.60	198	2.08	49.72	288	5.64	105.20	378	2.39	145.21
27	1.73	5.12	117	1.52	31.12	207	2.72	52.44	297	5.65	110.85	387	1.87	147.08
36	2.32	7.44	126	2.21	33.33	216	3.95	56.39	306	5.48	116.33	396	2.06	149.14
45	2.72	10.16	135	1.88	35.21	225	4.34	60.73	315	5.16	121.49	405	2.29	151.43
54	3.18	13.34	144	2.35	37.56	234	6.75	67.48	324	4.34	125.83	414	0.81	152.24
63	2.33	15.67	153	2.41	39.97	243	6.45	73.93	333	4.19	129.96	423	1.26	153.50
72	2.93	18.60	162	2.17	42.14	252	6.85	80.78	342	3.69	133.65	432	0.18	153.68
81	3.09	21.69	171	2.41	44.55	261	6.05	86.83	351	3.93	137.58	441	0.38	154.06
90	2.66	24.35	180	1.95	46.50	270	6.46	93.29	360	3.37	140.95	450	0.07	154.13

Aus diesen nach dem beschriebenen Vorgange ermittelten Zahlen läßt sich die Genauigkeit der beiden Anschlußmessungen berechnen, um daraus beurteilen zu können, ob der Messungsfehler kleiner ist als die er-

mittelten Höhenänderungen, woraus man dann auf die durch äußere Kräfte hervorgerufenen Verschiebungen der Gebirgsmassen schließen könnte.

V.

Ausführung der Messungen im Jahre 1909.

1. Obertägiges Nivellement zwischen den Höhenmarken am Rudolf-Schachthause HM_R und dem Stephan-Schachthause HM_S .

Dieses Nivellement wurde nach der früher beschriebenen Methode ausgeführt; es wurden auf dem Wege zwei Hilfsmarken HM_1 und HM_2 eingeschaltet und zwischen diesen wurde das Nivellement ausgeführt.

Die Resultate dieser Messungen sind in der Tabelle A angeführt und gleichzeitig ist dort die ganze Berechnung angeführt.

Jahr: 1909.

Tabelle A.
Nivellement: Obertags.

Marke	hin	zurück	$\frac{S}{\text{in km}}$	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	$\frac{d}{mm}$	$\frac{dd}{S}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{S}\right]_{2n}^2}$	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m\sqrt{S}$	$M' = \pm M\sqrt{S}$	
HM_R	546-332	546-329	0-133	8-028	8-026	0-002	2	4	30-08	} $\pm 2-54$	} ± 179	} $\pm 2-76$	} $\pm 1-94$
HM_1	538-304	538-303	0-338	4-926	4-925	0-001	1	1	2-958				
HM_2	543-230	543-228	0-709	31-601	31-603	0-002	2	4	5-642				
HM_S	574-831	574-831	—	—	—	—	—	—	38-68				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = $28-5005 m \pm 1-94 mm$.

Der ermittelte unausgeglichene Wert der Höhenmarke HM_S am Stephan-Schachte beträgt:

$$574-8325 m \pm 1-94 mm.$$

2. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke HM_S am Stephan-Schachte und der Höhenmarke am Füllorte des 17. Laufes HM_{S17} des Stephan-Schachtes.

Durch die früher beschriebene Methode wurde die Entfernung bestimmt und das Resultat der Messung ist in den Tabellen B, B_1 , B_2 , B_3 und B_4 mit allen Berechnungen enthalten.

Tabelle B_3 .

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur °C
1	451-00633	15-00

Tabelle B_4 .

Mittlere Teufe	Korrektion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Dehnung	Temper.		
451-00633	154-13	39-74	10-35	124-74	450-88159

Die wahrscheinlichste Teufe = $450-88159 m \pm 1-26 mm$.

Der ermittelte unausgeglichene Wert der Höhenmarke HM_{S17} im Füllorte des Stephan-Schachtes beträgt

$$123-9509 m \pm 2-31 mm.$$

3. Ableitung der Genauigkeit.

Die Genauigkeit dieser Teufenbestimmung wird aus den einzelnen Messungen abgeleitet.

Der mittlere Fehler für den ganzen Höhenunterschied ist gleich

$$\begin{aligned}
 m_{HM_S, HM_{S17}} &= \sqrt{m_{A_0}^2 + m_{N_0}^2 + m_E^2 + m_\alpha^2 + m_\beta^2 +} \\
 &\quad \sqrt{+ m_{A,u}^2 + m_{N_0}^2} = \\
 &= \sqrt{0-15^2 + 0-12^2 + 0-51^2 + 0-71^2 +} \\
 &\quad \sqrt{+ 0-90^2 + 0-11^2 + 0-05^2} = \pm 1-26 mm,
 \end{aligned}$$

- wo m_{A_0} den mittleren Fehler des obertägigen Anschlusses an das Stahlband,
- " m_{N_0} den mittleren Fehler des obertägigen Nivellement an die Höhenmarke,
- " m_E den mittleren Fehler in der Etalonierung des Stahlmeßbandes,
- " m_α den mittleren Fehler in der Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten,

Tabelle B.

Teufenmessung am Stephan-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der		Mittel
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke	Höhenmarke	
1	1-39225	450-4822	449-08995	449-9845	} 449-98403
2	1-368	450-4570	449-08900	449-98355	

Tabelle B_1 .

Anschluß der Hilfsmarke am Stephan-Schachte.

Messung	Ablesung an der		Differenz	Mittel
	Hilfsmarke	Höhenmarke		
1	1-3143	0-4202	0-8941	} 0-89455
2	1-475	0-5800	0-8950	

Tabelle B_2 .

Teufenmessung am Stephan-Schacht untertags.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband	Mittel
	an der Marke	am Meßband		
1	1-487	0-463	1-024	} 1-0223
2	1-447	0-4265	1-0205	

wo m_{β} den mittleren Fehler in der Bestimmung des Spannungskoeffizienten,
 „ $m_{A\alpha}$ den mittleren Fehler des untertägigen Anschlusses an die Höhenmarke,
 „ $m_{N\alpha}$ den mittleren Fehler des untertägigen Nivellement an die Höhenmarke,
 bedeutet.

Der mittlere Fehler des bestimmten Höhenunterschiedes zwischen den beiden Höhenmarken HM_S und HM_{S17} hat einen ziemlich großen Wert, welcher dadurch verursacht wird, daß der Ausdehnungskoeffizient und Spannungskoeffizient sich nicht mit der verlangten Genauigkeit bestimmen lassen.

Die mittleren Fehler des obertägigen und untertägigen Anschluß-Nivellement sind sehr klein, wie die angeführten Zahlen beweisen.

4. Bestimmung des Höhen-Unterschiedes zwischen der Höhenmarke HM_{S17} am Füllorte des Stephan-Schachtes und der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes.

Dieses untertägige Grubennivellement wurde nach der Präzisionsnivellement-Methode ausgeführt; es wurde zwischen den beiden Höhenmarken noch eine Hilfsmarke HM'_{17} eingeführt und zwischen diesen das Nivellement ausgeführt.

Die Resultate dieser Messungen sind in der Tabelle C angeführt und gleichzeitig die ganze Berechnung, Ausgleichung und Genauigkeit.

Der ermittelte unausgeglichene Wert der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes beträgt:

$$132\ 8339\ m \pm 2\ 88\ mm.$$

Jahr: 1909.

Tabelle C.
Nivellement: Untertags.

Marke	hin	zurück	s in km	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	d mm	dd	$\frac{dd}{s}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{s}\right]_{2n}^2}$ mm	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m \sqrt{s}$	$M' = \pm M \sqrt{s}$
HM_{R17}	0:000	0:002	0:45	4:075	4:075	0:000	0	0	0	} $\pm 1\ 34$	} $\pm 0\ 94$	} $\pm 1\ 35$	} $\pm 0\ 95$
XX	4:075	4:077	0:56	4:808	4:806	0:002	2	4	7:14				
HM_{R17}	8:883	8:883	—	—	—	—	—	—	7:14				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = $8\ 883\ m \pm 0\ 95\ mm.$

5. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes und der Höhenmarke HM_R am Schachtgebäude des Rudolf-Schachtes.

Ähnlich wie bei dem Stephan-Schachte wurde auch bei dem Rudolf-Schachte die vertikale Entfernung der beiden Höhenmarken HM_{R17} und HM_R bestimmt; das Resultat der Messung ist in den Tabellen D, D_1 , D_2 , D_3 und D_4 angeführt und ausgerechnet.

Jahr 1909.

Tabelle D.

Teufenmessung am Rudolf-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der		Mittel
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke in Bezug auf das Meßband	Höhenmarke	
1	1:164	413:1845	412:0205	413:2972	} 413:2977
2	1:027	413:0485	412:0215	413:2982	

Tabelle D_1 .

Anschluß der Hilfsmarke am Rudolf-Schachte.

Messung	Ablesung an der		Differenz	Mittel
	Hilfsmarke	Höhenmarke		
1	1:362	0:086	1:276	} 1:2767
2	1:362	0:0846	1:2774	

Tabelle D_2 .

Teufenmessung am Rudolf-Schachte untertags 17. Lauf.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband	Mittel
	an der Marke	am Meßband		
1	1:262	0:959	0:303	} 0:3021
2	1:278	0:97675	0:3013	

Tabelle D_3 .

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur °C
1	413:5998	15:00

Tabelle D_4 .

Mittlere Teufe	Korrektion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Dehnung	Temper.		
413:5998	152:24	33:66	9:52	128:10	413:4717

Die wahrscheinlichste Teufe = $413\ 4717\ m \pm 1\ 26\ mm.$

Der unausgeglichene Wert der Höhenmarke HM_R am Schachthause des Rudolf-Schachtes beträgt:

$$546\ 3056\ m \pm 2\ 80\ mm.$$

Die Genauigkeit wurde auf dieselbe Weise berechnet wie bei der Teufenmessung am Stephan-Schachte, zufälliger Weise hat sie denselben Wert.

6. Ausgleichung des Raumpolygones.

Nachdem das ganze Raumpolygon durch Messungen bestimmt wurde, läßt sich eine Ausgleichung vornehmen. Diese ist in der Tabelle E vollständig angeführt.

Tabelle E.

G	m	$p = \frac{1}{m^2}$	a	aa	$\frac{aa}{p}$	$v = \frac{a}{p} \cdot k$	vv	pvv	Gefälle	Höhenmarke	Ausgeglichenes Seehöhe
+ 28 5005	± 1.94	1	1	1	1	+ 12.64	159.77	159.77	+ 28 500.5 + 12.64	HM ^R	546.332
- 450 881,61	± 1.27	2.31	1	1	0.433	+ 5.47	29.9209	69.117279	28 513.14 + - 450 881.61 + 5.47	HM ^S	574.845.14
+ 8.883	± 0.95	4.3	1	1	0.232	+ 2.93	8.5849	36.91507	450 876.14 - + 8.883 + 2.93	HM ^S ₁₇	123.969.0
+ 413 471,7	± 1.26	2.4	1	1	0.425	+ 5.37	28.8369	68.20256	8 885.93 + + 413 471.7 5.37	HM ^R ₁₇	132.854.93
- 450 881.61 + 450 855.20									413.477.07 +		

$\left[\frac{aa}{p} \right] = 2.09$
 $[pvv] = 334.004909 +$
 $vvk = 333.89035 -$
 $\Delta = -0.114559$

$w = -26.41 \text{ mm}$

Normalgleichung $\left[\frac{aa}{p} \right] k + w = 0$

$$k = \left[\frac{aa}{p} \right]^{-1} \frac{-w}{1} = \frac{26.41}{2.09} = 12.635$$

$$m = \sqrt{pvv} = 18.28 \text{ mm.}$$

Die nach der im Jahre 1909 durch Messungen und durch die Ausgleichung erhaltenen Höhenkoten der Höhenmarken betragen:

Höhenmarke	1886		1909	
	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm
H. MR	546.332	} Wurde nicht bestimmt	546.332	} 18.28
H. MS	574.832		574.8452	
H. MS ₁₇	—		123.9689	
H. MR ₁₇	—		132.8550	

VI. Ausführung der Messungen im Jahre 1910.

1. Obertägiges Nivellement zwischen den Höhenmarken am Rudolf-Schachthause HM^R und dem Stephan-Schachthause HM^S.

Das Nivellement wurde auf dieselbe Weise ausgeführt; die Beobachtungswerte und die ganze Berechnung sind in der Tabelle F enthalten.

Der unausgeglichene Wert der Höhenmarke HM^S am Stephan-Schachte beträgt:

$$574.8305 \text{ m} \pm 5.55 \text{ mm.}$$

Jahr: 1910.

Tabelle: F.
Nivellement: Obertags.

Marke	hin	zurück	S im km	Δ hh	Δ hz	h _h - h _z	$\frac{d}{mm}$	dd	$\frac{dd}{S}$	$m = \sqrt{\frac{[dd]}{S} \frac{1}{2n}}$	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m \sqrt{S}$	$M' = \pm M \sqrt{S}$
HM ^R	546.332	546.329	0.133	8.030	8.025	0.005	5	25	188.5	} ± 7.287	} ± 5.15	} ± 7.85	} ± 5.55
I	538.302	538.304	0.238	4.929	4.923	0.006	6	36	151.2				
II	543.231	543.227	0.300	23.137	23.135	0.002	2	4	13.2				
III	566.368	566.362	0.489	8.461	8.467	0.006	6	36	72.0				
HM ^S	574.829	574.829	—	—	—	—	—	—	424.9				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = 28.49815 m ± 5.55 mm.

2. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke HM^S am Stephan-Schachte und der Höhenmarke am Füllorte des 17. Laufes HM^S₁₇ des Stephan-Schachtes.

Wie früher wurde der Höhenunterschied durch die beschriebene Methode auch diesmal bestimmt. Die Messungsdaten, die ganze Berechnung sowie auch das Resultat sind in den Tabellen G, G₁, G₂, G₃ und G₄ enthalten.

Jahr 1910. Tabelle G.
Teufenmessung am Stephan-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der		Mittel	
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke	Höhenmarke		
			in Bezug auf das Meßband			
1	0·915	450·2515	449·3365	450·2895	} 450·2893	
2	1·355	450·6910	449·3360	450·2890		
3	0·183	450·3852	449·3382	450·2912		450·2912
4	0·915	450·2515	449·3365	450·2885		450·2885
5	1·037	450·3760	449·339	450·290		450·2900

Tabelle G₁.
Anschluß der Hilfsmarke am Stephan-Schacht.

Messung	Ablesung an der		Differenz	Mittel
	Hilfsmarke	Höhenmarke		
1	1·355	0·402	0·953	} 0·953
2	1·122	0·169	0·953	

Tabelle G₂.
Teufenmessung am Stephan-Schacht 17. Lauf.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband	Mittel	
	an der Marke	am Meßband			
1	1·239	0·535	0·704	} 0·709	
2	1·354	0·640	0·714		
3	1·3135	0·607	0·7065		0·7065
4	1·273	0·569	0·704		0·704
5	1·293	0·5726	0·7204		0·7204

Jahr 1910.

Tabelle H.
Nivellement: Untertags.

Marke	hin	zurück	s in km	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	d mm	dd	$\frac{dd}{s}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{s}\right] \frac{1}{2n}}$	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m\sqrt{s}$	$M' = \pm M\sqrt{s}$
	HM _R ¹⁷	0·000	0·003	0·415	3·689	3·680	0·009	9	81	195·0	} $\pm 8·01$	} $\pm 5·67$	} $\pm 8·01$
I	3·689	3·683	0·585	5·201	5·207	0·006	6	36	61·5				
HM _S ¹⁷	8·890	8·890	—	—	—	—	—	—	256·5				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = 8·888 m \pm 5·67 mm.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes beträgt:

132·8379 m \pm 7·84 mm.

4. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes und der Höhenmarke HM_R am Schachthause des Rudolf-Schachtes.

Die Tabellen I, I₂, I₃ und I₄ enthalten alle Messungsdaten, Berechnungen und das Resultat.

Tabelle G₃.

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur °C
1	450·9983	} 16·08
2	450·9977	
3	450·9925	
4	451·0104	

Tabelle G₄.

Mittlere Teufe	Korrektion wegen			Summe aller Kor- rektionen	Reduzierte Teufe
	Etalon. —	Dehnung +	Tem- peratur —		
450·9997	154·13	39·74	4·76	119·15	450·88055

Die wahrscheinlichste Teufe = 450·88055 m \pm 1·26 mm.

Die Genauigkeit wurde ebenfalls, wie früher, berechnet und mit dem Werte \pm 1·26 mm bestimmt.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke HM_{S17} am Füllorte des Stephan-Schachtes beträgt:

123·9499 m \pm 5·42 mm.

3. Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen der Höhenmarke HM_{S17} am Füllorte des Stephan-Schachtes und der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes.

Diese Bestimmung wurde, wie früher, ausgeführt und die Tabelle H enthält die Beobachtungsdaten samt der ganzen Berechnung.

Tabelle I.

Teufenmessung am Rudolf-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der		Mittel
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke	Höhenmarke	
			in Bezug auf das Meßband		
1	0·327	413·248	—	412·921	} 412·9215
2	0·504	413·426	—	412·922	

Tabelle I.

Teufenmessung am Rudolf-Schacht untertags 17. Lauf.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband	Mittel
	an der Marke	am Meßband		
1	1·273	0·569	0·704	} 0·704
2	1·273	0·569	0·704	

Tabelle I.

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur
1	413·6255	15·4

Tabelle I.

Teufe	Korrektion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Dehnung	Temperatur		
413·6255	152·24	33·66	7·57	126·15	413·49935

Die wahrscheinlichste Teufe = 413·49935 m ± 1·25 mm.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke am Schachthause des Rudolf-Schachtes beträgt:

$$546·3373 m \pm 7·94 mm.$$

5. Ausgleichung des Raumpolygones.

Die Ausgleichung des im Jahre 1910 bestimmten Raumpolygones ist in der Tabelle K enthalten.

Tabelle K.

G	m	$p = \frac{1}{m^2}$	a	aa	$\frac{aa}{p}$	$v = \frac{a}{p} k$	vv	pvv	G	Marke	Ausgeglichene Sechöhe
+ 28·4985	± 5·55	1·4	1	1	0·71	2·3	5·29	7·406	+ 28·4985 23	H ^R	546·332
- 450·88055	± 1·26	20·3	1	1	0·05	0·2	0·04	0·812	- 450·88055 020	H ^S	574·828,2
+ 8·8885	± 5·67	1·0	1	1	1·00	3·2	10·24	10·240	+ 8·8885 32	H ^S ₁₇	123·947,45
+ 413·49935	± 1·25	20·6	1	1	0·048	0·1	0·01	0·206	+ 413·49935 01	H ^R ₁₇	132·832,75
- 450·880,55					1·818	5·8					
+ 450·886,35											
w = + 5·8 mm									[pvv] = 18·664 + wk = 18·502 - Δ = 0·162 +		

Normalgleichung $\left[\frac{aa}{p}\right] k + w = 0$

Jahr: 1910.

$$k = - \frac{w}{\left[\frac{aa}{p}\right]} = - \frac{5·8}{1·818} = - 3·19$$

$$w = \sqrt{pvv} = 4·32 mm.$$

Die nach der im Jahre 1910 durch Messungen und durch die Ausgleichung erhaltenen Höhenkoten der Höhenmarken betragen:

Höhenmarken	1886		1909		1910	
	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm
H. MR	546·332	—	546·332		546·332	
H. MS	574·832	—	574·8451	18·28	574·8282	4·32
H. MS ₁₇	—	—	123·9689		123·9474	
H. MR ₁₇	—	—	132·8550		132·8327	

VII. Ausführung der Messungen im Jahre 1911.

1. Obertägiges Nivellement zwischen den Höhenmarken H^R am Rudolfschachte und dem Stephanschachte H^S.

Die Beobachtungsdaten und die ganze Berechnung sind in der Tabelle L enthalten.

Der wahrscheinliche Wert der Höhenmarke H. M₃ am Stephan-Schachte beträgt:

$$574·8240 m \pm 2·92 mm.$$

2. Bestimmung der Entfernung der Höhenkote H. M₃ am Stephan-Schachte und der Höhenmarke am Füllorte des 17. Laufes H^S₁₇ des Stephan-Schachtes.

Die Tabellen M, M₁, M₂, M₃ und M₄ enthalten alle Beobachtungswerte und die ganze Berechnung.

Jahr 1911.

Tabelle L.
Nivellement: Obertags

Marke	hin	zurück	$\frac{s}{km}$	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	$\frac{d}{mm}$	dd	$\frac{dd}{s}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{s}\right] \frac{1}{2n}}$	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m \sqrt{s}$	$M' = \pm M \sqrt{s}$
HMR	546-332	546-338	0-25	5-820	5-819	0-001	1	1	4				
I	540-512	540-519	0-45	10-595	10-595	0-000	0	0	0				
II	551-107	551-114	0-30	11-970	11-966	0-004	4	16	53-3	$\pm 3-47$	$\pm 2-46$	$\pm 4-23$	$\pm 2-92$
III	563-077	563-080	0-23	11-750	11-747	0-003	3	9	39-2				
HMS	574-827	574-827	—	—	—	—	—	—	96-5				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = 28-492 m \pm 2-92 mm.

Jahr 1911.

Tabelle M.
Teufenmessung am Stephan-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der	
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke	Höhenmarke
	in Bezug auf das Meßband			
1	1-2095	450-5753	449-3658	450-4158
2	1-2095	450-5717	449-3622	450-4122

Tabelle M₁.
Anschluß der Hilfsmarke am Stephan-Schachte.

Messung	Ablesung an der		Differenz	Mittel
	Hilfsmarke	Höhenmarke		
1	1-702	0-652	1-050	1-050
2	1-702	0-652	1-050	1-050

Tabelle M₂.
Teufenmessung am Stephan-Schachte untertags.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Marke	am Meßband	
1	1-268,13	0-694,33	0-573,8
2	1-271,0	0-695,0	0-576,0

Jahr: 1911.

Tabelle N.
Nivellement: Untertags.

Marke	hin	zurück	$\frac{s}{km}$	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	$\frac{d}{mm}$	dd	$\frac{dd}{s}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{s}\right] \frac{1}{2n}}$	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m \sqrt{s}$	$M' = \pm M \sqrt{s}$
HMS ₁₇ ^S	0-000	0-000	0-36	3-149	3-150	0-001	1	1	2-8				
HM	3-149	3-150	0-40	3-583	3-583	0-000	0	0	0				
HM ₂	6-732	6-733	0-24	2-147	2-144	0-003	3	9	37-8	$\pm 2-6$	$\pm 1-84$	$\pm 2-6$	$\pm 1-84$
HM ₁₇ ^S	8-879	8-877	—	—	—	—	—	—	40-6				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = 8-878 m \pm 1-84 mm.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke HM_{R17} im Füllorte des Rudolf-Schachtes beträgt:

132-8334 m \pm 3-67 mm.

Tabelle M₃.

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur °C
1	450-9896	15-85
2	450-9882	

Tabelle M₄.

Mittlere Teufe	Korrektion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Dehnung +	Temperatur -		
450-9889	154-13	39-74	5-95	120-34	450-868,56

Die wahrscheinlichste Teufe = 450-86856 m \pm 1.26 mm

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke HM_{S17} am Füllorte des Stephan-Schachtes beträgt:

123-9554 m \pm 3-18 mm.

Die Genauigkeit wurde mit dem Werte:

$\pm 1-26$ mm bestimmt.

3. Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen der Höhenmarke H.M_{S17} am Füllorte des Stephan-Schachtes und der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes.

Die Tabelle N enthält alle Beobachtungswerte und auch die ganze Berechnung.

4. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke HM_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes und der Höhenmarke HM_R am Schachtgebäude des Rudolfschachtes.

Die Beobachtungswerte und die Berechnung ist in den Tabellen O₁, O₂, O₃ und O₄ enthalten.

Jahr 1911. Tabelle O₁.
Teufenmessung am Rudolf-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Hilfsmarke	am Meßband	
1	0·050	413·101,13	413·0511
2	0·050	413·180,0	413·1300

Tabelle O₂.
Teufenmessung am Rudolf-Schacht untertags.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Marke	am Meßband	
1	0·6187	1·1818	0·563,1
2	0·698	1·1820	0·484

Tabelle O₃.

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur °C
1	413·614,2	15·23
2	413·614,0	

Tabelle O₄.

Mittlere Teufe	Reduktion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Dehnung	Temperatur		
413·614,1	152·24	33·66	8·43	127·01	413·487,09

Die wahrscheinlichste Teufe = 413·487,09 m ± 1·24 mm

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke am Schachthause des Rudolf-Schachtes H_M^R beträgt:
546·3205 m ± 3·87 mm.

5. Ausgleichung des Raumpolygones.

Die Ausgleichung des im Jahre 1911 gemessenen Raumpolygones ist in der Tabelle P enthalten.

Tabelle P.

G	m	$p = \frac{1}{m^2}$	a	aa	$\frac{aa}{p}$	$v = \frac{a}{p} k$	vv	pvv	Gefälle	Höhenmarke	Ausgeglichene Seehöhe
+ 28·492	± 2·92	1	1	1	1	6·49	42·000	42·000	+ 28·492 + 6·49	H _M ^R	546·332
- 450·868,56	± 1·26	5·3	1	1	0·189	1·23	1·510	8·000	28·498·49 + - 450·868·56 + 1·23	H _M ^S	574·830·49
+ 8·878	± 1·84	2·5	1	1	0·400	2·59	6·700	16·760	450·867·33 - + 8·878 + 259	H _M ^S ₁₇	123·963·16
+ 413·487,09	± 1·24	5·6	1	1	0·179	1·16	1·343	7·520	8·880·59 + + 413·487·09 + 1·16	H _M ^R ₁₇	132·843·75
									413·488·25 +		

$$\begin{aligned} & - 450·868,56 \\ & + 450·857,09 \\ \hline w & = - 11,47 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\left[\frac{aa}{p} \right] = 1·768 + 11·47$$

$$\begin{aligned} [pvv] & = 74·28 \\ wk & = - 74·53 \\ \Delta & = - 0·15 \end{aligned}$$

Normalgleichung $\left[\frac{aa}{p} \right] k + w = 0$

Jahr 1911

$$k = - \frac{w}{\left[\frac{aa}{p} \right]} = \frac{11·47}{1·768} = 6·49$$

$$w = \sqrt{pvv} = \pm 8·62 \text{ mm.}$$

Die nach der im Jahre 1911 durch Messungen und durch die Ausgleichung erhaltenen Höhenkoten der Höhenmarken betragen:

Höhenmarken	1886		1909		1910		1911	
	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm
H. M _R	546·332	—	546·332	—	546·332	—	546·332	—
H. M _S	574·832	—	574·8451	18·28	574·8282	4·32	574·8305	—
H. M _S ₁₇	—	—	123·9689	—	123·9474	—	123·9631	8·57
H. M _R ₁₇	—	—	132·8550	—	132·8327	—	132·8437	—

VIII. Ausführung der Messungen im Jahre 1912.

1. Obertägiges Nivellement zwischen den Höhenmarken am Rudolf-Schachte HM_R und am Stephan-Schachte HM_S .

Die Tabelle R enthält die Messungsergebnisse samt Berechnung.

Jahr: 1912. Tabelle R.
Nivellement: Obertags.

Marke	hin	zurück	s in km	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	d mm	dd	$\frac{dd}{s}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{s}\right] \frac{1}{2n}}$ mm	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m \sqrt{S}$	$M' = \pm M \sqrt{S}$
HMR	546 332	546 333	0 216	- 7 558	+ 7 561	- 0 003	- 3	9	41 66				
I	538 774	538 772	0 270	+ 8 588	- 8 589	- 0 001	- 1	1	3 70				
II	547 362	547 361	0 393	+ 3 942	- 3 942	0 000	0	0	0 00				
III	551 304	551 303	0 157	+ 11 070	- 11 072	- 0 002	- 2	4	25 49	$\pm 2 75$	$\pm 1 17$	$\pm 3 05$	$\pm 1 29$
IV	562 374	562 375	0 200	+ 12 469	+ 12 468	+ 0 001	+ 1	1	5 00				
HMS	574 843	574 843	1 236	-	-	-	-	-	75 85				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = $28 5105 m \pm 1 29 mm$.

Der wahrscheinliche Wert der Höhenmarke HM_S am Stephan-Schachte beträgt:

$$574 8425 m \pm 1 29 mm.$$

2. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke $H.M_S$ am Stephan-Schachte und der Höhenmarke HM_{S17} am Füllorte des 17. Laufes des Stephan-Schachtes.

Die Tabellen S_1, S_2, S_3 und S_4 enthalten alle Messungswerte und die ganze Berechnung.

Jahr 1912. Tabelle S.
Teufenmessung am Stephan-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der	
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke	Höhenmarke
			in Bezug auf das Meßband	
1	0 406	450 6215	450 2155	450 2985
2	0 406	450 732875	450 32689	450 40989
3	0 406	450 5405	450 13450	450 21750
4	1 3555	450 4905	449 1350	450 02925
5	1 37375	450 623425	449 24968	450 14393
6	1 35325	450 44565	449 0924	449 98665
7	0 322	450 45755	450 13555	450 21855
8	0 321	450 37965	450 05865	450 14165
9	0 3209	450 5788	450 2579	450 3409
10	0 3433	450 5266	450 1813	450 2648
11	0 403	450 9352	450 5322	450 6157
12	0 400	450 8098	450 4098	450 4930
13	0 452	450 6709	450 2189	450 3024
14	0 501	450 7964	450 2954	450 3784

Tabelle S_1 .
 Anschluß der Hilfsmarke am Stephan-Schachte.

Messung	Ablesung an der		Differenz	Mittel
	Hilfsmarke	Höhenmarke		
1	0 725	0 642	0 083	} 0 083
2	0 725	0 642	0 083	

Tabelle S_2 .
 Teufenmessung am Stephan-Schacht untertags.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Marke	am Meßband	
1	0 794833	1 48666	0 691833
2	0 8700	1 450	0 5800
3	0 649	1 420	0 771
4	0 36655	1 32962	0 96807
5	0 47325	1 32083	0 84758
6	0 3221	1 3268	1 0047
7	0 666375	1 4440	0 77763
8	0 5900	1 4440	0 854
9	0 790	1 444	0 654
10	0 683	1 4061	0 7231
11	1 0239	1 401	0 3771
12	0 9038	1 399	0 4952
13	0 7083	1 3956	0 6873
14	0 783	1 395	0 612

Tabelle S_3 .

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur °C
1	450 9903	} 16 15
2	450 9899	
3	450 9885	
4	450 9923	
5	450 9915	
6	450 9913	} 15 35
7	450 99618	
8	450 99565	
9	450 99490	
10	450 9879	
11	450 9928	} 15 43
12	450 9885	
13	450 9897	
14	450 9909	

Tabelle S.

Teufe	Reduktion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Dehnung	Temper.		
	—	+	—	—	
450-99060	154·13	39·74	4·40	118·79	450·871,81
450-99555	154·13	39·74	8·49	122·88	450·872,67
450-98990	154·13	39·74	8·12	122·51	450·867,39

Die wahrscheinlichste Teufe = $450\cdot870,623\text{ m} \pm 1\cdot26\text{ mm}$.

Die Genauigkeit beträgt hier ebenfalls den Wert:
 $\pm 1\cdot26\text{ mm}$.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke H.M_{S17} im Füllorte des Stephan-Schachtes beträgt:

$$123\cdot9719\text{ m} \pm 1\cdot79\text{ mm}$$

3. Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen der Höhenmarke H.M_{S17} am Füllorte des Stephan-Schachtes und der Höhenmarke H.M_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes.

Die Tabelle T enthält das gesamte nötige Beobachtungsmaterial samt Berechnung:

Jahr 1912.

Tabelle T.
Nivellement: Untertags.

Marke	hin	zurück	$\frac{s}{\text{in km}}$	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	$\frac{d}{\text{mm}}$	dd	$\frac{dd}{s}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{s}\right] \frac{1}{2n}}$	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m \sqrt{S}$	$M' = \pm M \sqrt{S}$
HM _S ¹⁷	0·000	0·005	0·310	3·167	3·164	0·003	3	9	29·2				
I	3·167	3·169	0·690	5·702	5·700	0·002	2	4	5·8	$\pm 2\cdot96$	$\pm 2\cdot092$	$\pm 2\cdot96$	$\pm 2\cdot092$
HM _R ¹⁷	8·869	8·869	—	—	—	—	—	—	35·0				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = $8\cdot86615\text{ m} \pm 2\cdot092\text{ mm}$.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke H.M_{R17} im Füllorte des Rudolf-Schachtes beträgt:

$$132\cdot8384\text{ m} \pm 2\cdot76\text{ mm}$$

4. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke H.M_{R17} am Füllorte des Rudolf-Schachtes und der Höhenmarke HM_R am Schachtgebäude des Rudolf-Schachtes.

Die Tabellen U₁, U₂ und U₃ enthalten alles nötige für die Berechnung:

Jahr 1912.

Tabelle U.
Teufenmessung am Rudolf-Schacht obertags.

Messung	Ableseung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Höhenmarke	am Meßband	
1	0·0214	413·37203	413·35063
2	0·05755	413·21102	413·15347
3	0·095375	413·091625	412·99625
4	1·027	413·04831	412·02131
5	1·250	413·14987	411·89987

Tabelle U₁.

Teufenmessung am Rudolf-Schacht untertags.

Messung	Ableseung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Marke	am Meßband	
1	0·961584	1·2225	0·260916
2	0·76333	1·23333	0·4700
3	0·61992	1·23720	0·61728
4	0·97684	1·27840	0·30156
5	0·8735	1·2970	0·4235

Tabelle U₂.

Messung	Teufe in m	Mittlere Temperatur °C
1	413·61155	} 16·4
2	413·62347	
3	413·61353	
4	413·59987	
5	413·60037	

Tabelle U₃.

Mittlere Teufe	Reduktion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Länge
	Etalon.	Dehnung	Temper.		
	—	+	—	—	
413·60815	152·24	33·66	2·81	121·39	413·48676

Die wahrscheinlichste Teufe = $413\cdot486,76\text{ m} \pm 1\cdot25\text{ mm}$.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke HM_R am Schachthause des Rudolf-Schachtes beträgt:

$$546\cdot3252\text{ m} \pm 3\cdot05\text{ mm}$$

5. Ausgleichung des Raumpolygones.

Angleichung des im Jahre 1912 gemessenen Raumpolygones ist in der Tabelle V enthalten.

Tabelle V.

G	m	$p = \frac{1}{m^2}$	a	aa	$\frac{aa}{p}$	$v = \frac{a}{p} k$	vv	pvv	G	Marke	Ausgeglichene Seehöhe
+ 28 510,5	± 1.29	2.7	1	1	0.371	1.287	1.654	4.465	+ 28 510.5 + 1.287	HM ^R	546 332
- 450 870,623	± 1.26	2.8	1	1	0.357	1.239	1.533	4.290	28 511.787 + - 450 870.623		
+ 8 866,5	± 2.092	1	1	1	1.000	3.47	12.030	12.03	+ 1.239 + 8 866.5 + 3.47	HM ^S ₁₇	123 974,403
+ 413 486,76	± 1.25	4	1	1	0.25	0.867	0.752	2.808	8 869.97 + + 413 486.76 + 0.867		
									413 487.627 +	HM ^R ₁₇	132 844,373
- 450 870,623 + 450 863,760 w = - 6,863 mm			$\left[\frac{aa}{p}\right] = 1.978$			6.863	$[pvv] = 23.593$ $wk = - 23.83$ $\Delta = - 0.237$				

Normalgleichung $\left[\frac{aa}{p}\right] k + w = 0$

$$k = - \frac{w}{\left[\frac{aa}{p}\right]} = \frac{6.863}{1.978} = + 3.47$$

$$m = \sqrt{pvv} = \pm 4.86 \text{ mm.}$$

Die nach der im Jahre 1912 durch Messungen und durch die Ausgleichung erhaltenen Höhenkoten der Höhenmarken betragen:

Höhenmarken	1886		1909		1910		1911		1912	
	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm
H. MR	546.332	—	546.332	18.28	546.332	4.32	546.332	8.57	546.332	4.86
H. MS	574.832	—	574.8451		574.8282		574.8306		574.8438	
H. MS ₁₇	—	—	123.9689		123.9474		123.9631		123.9744	
H. MR ₁₇	—	—	132.8560		132.8327		132.8437		132.8444	

IX. Ausführung der Messungen im Jahre 1913.

1. Obertägiges Nivellement zwischen den Höhenmarken am Rudolf-Schachte H. MR und am Stephan-Schachte H. MS.

Die Tabelle W enthält die Messungen samt der Berechnung.

Tabelle W.
Nivellement: Obertags.

Jahr 1913.

Marke	hin	zurück	s in km	Δ_{bh}	Δ_{bz}	$b_h - b_z$	d mm	dd	dd s	$m = \sqrt{\frac{[dd]}{[s]_{2n}}}$ mm	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m \sqrt{s}$	$M' = \pm M \sqrt{s}$
HMR	546.332	546.330	0.216	- 7.689	- 7.686	- 0.003	- 3	9	4.16	± 5.68	± 4.02	± 6.235	± 4.439
I	538.643	538.644	0.650	+ 18.7235	+ 18.721	+ 0.0025	+ 2.5	6.25	9.61				
II	557.3665	557.3650	0.100	+ 8.5827	+ 8.579	+ 0.0037	+ 3.7	13.69	136.90				
III	565.9492	565.9440	0.250	+ 8.8790	+ 8.8842	- 0.0052	- 5.2	27.04	108.16				
HMS	574.8282	574.8282	—	—	—	—	—	—	258.83				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = 28.4972 m ± 4.439 mm.

Der wahrscheinliche Wert der Höhenmarke $H.M_S$ am Stephan-Schachte beträgt:

$$574.8292 m \pm 4.44 mm.$$

2. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke $H.M_S$ am Stephan-Schachte und der Höhenmarke $H.M_{S17}$ am Füllorte des 17. Laufes des Stephan-Schachtes.

Die Tabellen Y, Y_1, Y_2, Y_3 und Y_4 enthalten alle Messungsdaten und die ganze Berechnung.

Tabelle Y.
Teufenmessung am Stephan-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der	
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke	Höhenmarke
1	1.37025	450.4602	449.08995	449.98405
2	1.34600	450.4350	449.0890	449.9831
3	1.34525	450.2874	448.94215	449.83625
4	1.30425	450.2467	448.94245	449.83655
5	1.304	450.2038	448.8998	449.7939
6	1.384	450.28345	448.89945	449.79355
7	1.278	450.31975	449.04175	449.93585
8	1.264	450.3931	449.1291	450.0232
9	1.3554	450.4905	449.1351	450.0292
10	1.37375	450.623425	449.249675	450.143775
11	1.35345	450.44565	449.0924	449.9865
12	1.2954	450.46494	449.16954	450.06364
13	1.3265	450.371725	449.045225	449.939325
14	1.3233	450.60445	449.28115	450.17525

Tabelle Y_1 .
Anschluß der Hilfsmarke am Stephan-Schachte.

Messung	Ablesung an der		Differenz	Mittel
	Hilfsmarke	Höhenmarke		
1	1.3195	0.4260	0.8935	0.8941
2	1.3235	0.4288	0.8947	

Tabelle Y_2 .
Teufenmessung am Stephan-Schacht untertags.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Marke	am Meßband	
1	0.4410	1.465	1.024
2	0.4045	1.425	1.0205
3	0.2555	1.425	1.1695
4	0.242	1.416	1.1740
5	0.198	1.416	1.2180
6	0.1855	1.400	1.2145
7	1.392	0.3311	1.0609
8	1.392	0.4165	0.9755
9	1.329625	0.366545	0.963075
10	1.3015	0.453925	0.847575
11	1.326775	0.322175	1.0046
12	1.41225	0.487825	0.924435
13	1.41675	0.37057	1.04628
14	1.419	0.60825	0.81075

Tabelle Y_3 .

Messung	Teufe in m	Mittlere Teufe	°C
1	451.00805	451.00798	15.08
2	451.00360		
3	451.00575		
4	451.01055		
5	451.01190	450.99773	14.8
6	451.00805		
7	450.99675		
8	450.99870		
9	450.991175	450.99124	15.3
10	450.99135		
11	450.9912		
12	450.988065		
13	450.985225	450.98643	15.45
14	450.98600		

Tabelle Y_4 .

Teufe	Korrektion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Drehung	Temper.		
451.00798	154.13	39.74	9.94	124.33	450.88365
450.99773	154.13	39.74	11.385	125.775	450.871955
450.99124	154.13	39.74	8.80	123.19	450.86805
450.98643	154.13	39.74	8.02	122.41	450.86402

Wahrscheinlichste Teufe = $450.871,169 m \pm 1.42 mm.$

Die Genauigkeit beträgt hier $\pm 4.66 mm.$

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke $H.M_{S17}$ am Füllorte des Stephan-Schachtes beträgt:

$$123.9580 m \pm 1.24 mm.$$

3. Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen der Höhenmarke $H.M_{S17}$ am Füllorte des Stephan-Schachtes und der Höhenmarke $H.M_{R17}$ am Füllorte des Rudolf-Schachtes.

Die Tabelle Z enthält das ganze Beobachtungsmaterial samt Berechnung.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke $H.M_{R17}$ am Füllorte des Rudolf-Schachtes beträgt:

$$132.85525 m \pm 5.04 mm.$$

4. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke $H.M_{17R}$ am Füllorte des Rudolf-Schachtes und der Höhenmarke $H.M_R$ am Schachtgebäude des Rudolf-Schachtes.

Die Tabellen Z, Z_1, Z_2, Z_3 und Z_4 enthalten die Beobachtungswerte samt Berechnung.

Jahr 1913.

Tabelle Z.
Nivellement: Untertags.

Marke	hin	zurück	$\frac{s}{\text{in km}}$	Δh_h	Δh_z	$h_h - h_z$	$\frac{d}{\text{mm}}$	dd	$\frac{dd}{s}$	$m = \sqrt{\left[\frac{dd}{s}\right]_{2n}^{-1}}$	$M = \sqrt{\frac{m}{2}}$	$m' = \pm m\sqrt{S}$	$M' = \pm M\sqrt{S}$
HM ^R ₁₇	0-000	0-0025	0-366	-3-2685	+3-2665	-0-002	-2-0	4	10-84				
I	3-2685	3-2690	0-286	-2-5410	+2-5385	-0-0025	-2-5	6-25	21-79	$\pm 2-7$	$\pm 1-92$	$\pm 2-7$	$\pm 1-92$
II	5-8095	5-8075	0-348	-3-089	+3-091	+0-002	+2-0	4	11-50				
HM ^S ₁₇	8-8985	8-8985	-	-	-	-	-	-	44-13				

Der wahrscheinlichste Höhenunterschied = 8-89725 m \pm 1-92 mm.

Tabelle Ž.
Teufenmessung am Rudolf-Schacht obertags.

Messung	Ablesung		Höhe der	
	an der Hilfsmarke	am Meßband	Hilfsmarke	Höhenmarke
			in Bezug auf das Meßband	
1	1-16375	413-1875	412-0207	413-2974
2	1-027	413-0485	412-0215	413-2982
3	1-064	413-0855	412-0215	413-2982
4	1-111	413-01025	411-89925	413-1760
5	1-287	413-1875	411-9005	413-1772

Tabelle Ž.
Anschluß der Hilfsmarke am Rudolf-Schachte.

Messung	Ablesung an der		Differenz	Mittel
	Hilfsmarke	Höhenmarke		
1	1-287	0-011	1-276	1-2767
2	2-2884	0-011	1-2774	

Tabelle Ž.
Teufenmessung am Rudolf-Schacht untertags.

Messung	Ablesung		Höhe der Marke in Bezug auf das Meßband
	an der Marke	am Meßband	
1	0-959	1-262	0-303
2	0-9775	1-2791	0-3016
3	0-976	1-2776	0-3016
4	0-852	1-277	0-425
5	0-8805	1-3025	0-425

Mittlere Temperatur während der Messung 15-33° C.

Tabelle Ž.

Messung	Teufe in m	Mittel
1	413-60000	413-60057
2	413-59980	
3	413-59980	
4	413-60100	
5	413-60220	

Tabelle Ž₄.

Mittlere Teufe	Korrektion wegen			Summe aller Korrekturen	Reduzierte Teufe
	Etalon.	Dehnung +	Temper.		
413-60057	152-24	33-66	7-90	126-48	413-47409

Wahrscheinlichste Teufe = 413-474,09 m \pm 1-56 mm.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke HM_R am Schachthause des Rudolf-Schachtes beträgt:

546-3293 m \pm 5-28 mm.

5. Ausgleichung des Raumpolygones.

Ausgleichung des im Jahre 1913 gemessenen Raumpolygones ist in der Tabelle Ch enthalten.

X.

Ausführung der Messungen vom Verfasser und der wissenschaftlichen Hilfskräfte der Lehrkanzel für Geodäsie und Markscheidkunde der k. k. montanistischen Hochschule in Příbram im Jahre 1913.

Nachdem die Beobachtungen der vielen Jahre so interessante Resultate ergeben haben, so veranstaltete ich noch eine Messung mit geschulten Beobachtern, um mich zu überzeugen, mit welcher Genauigkeit sich diese Aufgabe lösen läßt, wenn eingübte und erfahrene Beobachter die Messungen ausführen werden.

1. Obertägiges Nivellement zwischen den Höhenmarken am Rudolf-Schachte HM_R und am Stephan-Schachte HM_S.

Der Konstrukteur meiner Lehrkanzel Herr Ingenieur Vradislav Teyzslar hat dieses Präzisionsnivellement mit der größten Genauigkeit ausgeführt und der ermittelte Höhenunterschied beträgt:

28-5105 mm.

Der mittlere Fehler beträgt:

\pm 1-26 mm.

Tabelle Ch.

G	m	$p = \frac{1}{m^2}$	a	aa	$\frac{aa}{p}$	$v = \frac{a}{p}k$	vv	pvv	Gefälle	Ausgeglichene Seehöhe	Marke
+ 28 497,2	± 4.44	1	1	1	1	+ 1.943	3.7752	3.7752	+ 28 497,2 + 1,943	546.332	H M ^R
- 450 871,169	± 1.42	9.78	1	1	0.1022	+ 0.198	0.01065	0.1037	28 499,143 + - 450 871,169 + 0,198	574.831,143	H M ^S
+ 8 897,25	± 1.92	7.7	1	1	0.13	+ 0.252	0.06350	0.4889	450 870,971 - + 8 897,25 + 0,252	123.960,172	H M ^S ₁₇
+ 413 474,09	± 1.56	8.10	1	1	0.1234	+ 0.239	0.05712	0.4625	8 897,502 + + 413 474,09 + 0,239	132.857,674	H M ^R ₁₇
									413 474,329 +		
- 450 871,169 + 450 868,54				$\left[\frac{aa}{p}\right] = 1.3556$		+ 2.634		$[pvv] = + 4.8303$ $wk = - 5.1198$ $\Delta = 0.2895$			
w = - 2.635											

Normalgleichung $\left[\frac{aa}{p}\right] k + w = 0$

$$k = - \frac{w}{\left[\frac{aa}{p}\right]} = \frac{2.635}{1.3556} = + 1.943$$

$$m = \sqrt{pvv} = 2.198 \text{ mm.}$$

Die nach der im Jahre 1913 durch Messungen und durch die Ausgleichung erhaltenen Höhenkoten der Höhenmarken betragen:

Höhenmarken	1886		1909		1910		1911		1912		1913	
	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm	Höhenkoten in m	Mittlerer Fehler in mm
H. M _R	546.332	—	546.332	} 18.28	546.332	} 4.32	546.332	} 8.57	546.332	} 4.86	546.332	} 2.20
H. M _S	574.832	—	574.8451		574.8282		574.8305		574.8438		574.8311	
H. M _{S17}	—	—	123.9689		123.9474		123.9631		123.9744		123.9602	
H. M _{R17}	—	—	132.8550		132.8327		132.8437		132.8444		132.8577	

Nach dieser Bestimmung hat die Höhenkote der Höhenmarke am Stephan-Schacht folgenden Wert:

$$574.8425 \text{ m} \pm 1.26 \text{ mm.}$$

2. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke H M_S am Stephan-Schachte und der Höhenkote H M_{S17} am Füllorte des 17. Laufes des Stephan-Schachtes.

Zu dieser Berechnung wurden die Messungen der Hörer benützt, da sie mit der größten Genauigkeit ausgeführt wurden und es scheint gar nicht möglich zu sein, daß man bessere Beobachtungen erzielen kann.

Die Beobachtungen und Berechnungen sind in den Tabellen Y, Y₁, Y₂, Y₃ und Y₄ enthalten.

Nach diesen Beobachtungen beträgt der vertikale Höhenunterschied 450.8712 m; er wurde mit dem mittleren Fehler von

$$\pm 1.42 \text{ bestimmt.}$$

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke H. M_{S,17} am Füllorte des Stephanschachtes beträgt:

$$123.9713 \text{ m} \pm 1.89 \text{ mm.}$$

3. Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen den Höhenmarken H. M_{S,17} am Füllorte des Stephanschachtes und der Höhenmarke H. M_{R,17} am Füllorte des Rudolfschachtes.

Dieses Grubennivellement wurde wieder durch die früher beschriebene Präzisionsmethode durch den Assistenten der Lehrkanzel Ingenieur Josef Bastl ausgeführt und der Höhenunterschied mit dem Werte:

$$8.8973 \text{ m} \text{ bestimmt.}$$

Der mittlere Fehler dieses Nivellement beträgt:

$$\pm 1.26 \text{ mm.}$$

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke am Füllorte des 17. Laufes des Rudolfschachtes beträgt demnach:

$$132.8686 \text{ m} \pm 2.28 \text{ mm.}$$

4. Bestimmung der Entfernung der Höhenmarke H. MR₁₇ am Füllorte des Rudolfschachtes und der Höhenmarke H. M am Schachtgebäude des Rudolfschachtes.

Es wurden zu dieser Berechnung wieder die Messungen der Hörer benützt, da sie so einen kleinen mittleren Fehler aufgewiesen haben.

Die Beobachtungswerte und die ganze Berechnung ist in den Tabellen Z, Z₁, Z₂, Z₃ und Z₄ enthalten.

Der vertikale Höhenunterschied der beiden Höhenmarken H. MR₁₇ und H. MR beträgt:

413·4717 m;

er wurde mit dem mittleren Fehler von $\pm 1\cdot92$ bestimmt.

Die unausgeglichene Höhenkote der Höhenmarke H. MR am Schachthause des Rudolfschachtes beträgt:

546·3403 m $\pm 2\cdot98$ mm.

5. Ausgleichung des im Jahre 1913 von dem wissenschaftlichen Personale der Lehrkanzel gemessenen Polygons.

Die Berechnung und Zusammenstellung ist in der Tabelle γ enthalten.

Tabelle γ .

G	m	$p = \frac{1}{m^2}$	a	aa	$\frac{aa}{p}$	$v = \frac{a}{p}k$	vv	pvv	G	Marke	Ausgeglichene Sechöhe
+ 28·510·5	$\pm 1\cdot26$	2·34	1	1	0·4275	0·3982	0·152	0·649	28·510·5 39	H MR	546·332
- 450·881·6	$\pm 1\cdot29$	2·25	1	1	0·4445	0·41	0·168	0·745	28·510·89 + - 450·881·6 0·41	H MS	574·842·89
+ 8·897·3	$\pm 1\cdot26$	2·34	1	1	0·4275	0·39	0·152	0·649	450·881·19 - + 8·897·3 0·39	H MS ₁₇	123·961·70
+ 413·471·7	$\pm 1\cdot92$	1	1	1	1	0·91	0·826	0·826	8·897·69 + + 413·471·7 0·91	H MR ₁₇	132·859·39
									413·472·61 +		

w = - 2·1 mm

$$\left[\frac{aa}{p} \right] = 2\cdot2995 \quad 2\cdot10$$

$$\begin{aligned} [pvv] &= 3\cdot069 \\ \frac{wk}{\Delta} &= 2\cdot9194 \\ \Delta &= 0\cdot1496 \end{aligned}$$

$$\text{Normalgleichung } \left[\frac{aa}{p} \right] k + w = 0$$

$$k = - \frac{w}{\left[\frac{aa}{p} \right]} = \frac{2\cdot1}{2\cdot2995} = 0\cdot914$$

$$m = \sqrt{p \cdot vv} = \pm 1\cdot752 \text{ mm.}$$

Die nach diesen Messungen ausgeglichenen Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Höhenmarken	1886	1909	1910	1911	1912	1913	1913 a
H. MR	546·332	546·332	546·332	546·332	546·332	546·332	546·332
H. MS	574·832	574·8432	574·8294	574·8432	574·8471	574·8309	574·8429
H. MS ₁₇	—	123·9678	123·9485	123·9678	123·9776	123·9599	123·9617
H. MR ₁₇	—	132·8548	132·8329	132·8548	132·8444	132·8577	132·8594

Wenn wir die Differenzen der in verschiedenen Jahren ausgeführten Messungen der zusammengehörenden Höhenmarken berechnen, so gibt nur die auf diese Weise berechnete Tabelle den Unterschied in den Höhenkoten, d. i. die Bewegung der Höhenmarken und somit auch die Bewegung der Gebirgsmassen.

Jahr	Differenzen zwischen den Höhenmarken			
	HM _R - H _{MS}	H _{MS} - H _{MS17}	H _{MS17} - H _{MR17}	H _{MR17} - H _{MR}
1886	- 28·500			
1909	- 28·5112	+ 450·8754	- 8·8870	- 413·4772
1910	- 28·4974	+ 450·8809	- 8·8844	- 413·4991
1911	- 28·5112	+ 450·8754	- 8·8870	- 413·4772
1912	- 28·5151	+ 450·8695	- 8·8668	- 413·4876
1913	- 28·4989	+ 450·8710	- 8·8978	- 413·4743
1913a	- 28·5238	+ 450·8828	- 8·8989	- 413·4726

Höhenänderungen der Höhenkoten				
in den Jahren	zwischen den Höhenmarken			
	HM _R - HM _S in Milli- metern	HM _S - HM _{S 17} in Millimetern	HM _{S 17} - HM _{R 17}	HM _{R 17} - HM _R
1886 — 1909	- 11·2			
1909 — 1910	+ 13·8	- 5·0	+ 2·6	- 21·9
1910 — 1911	- 13·8	+ 5·5	- 2·6	+ 21·9
1911 — 1912	- 3·9	+ 5·9	+ 2·0	- 10·4
1912 — 1913	+ 16·2	- 1·5	- 31·0	+ 13·3
1913 — 1913 a	- 24·9	- 11·8	- 1·1	+ 1·7

Höhenänderungen der Höhenkoten				
in den Jahren	zwischen den Höhenmarken			
	HM _R - HM _S	HM _S - HM _{S 17}	HM _{S 17} - HM _{R 17}	HM _{R 17} - HM _R
1911 — 1912	- 3·9	+ 5·9	+ 20·2	- 10·4
1912 — 1913	+ 12·3	+ 4·4	- 10·8	+ 2·9
1913 — 1913 a	- 12·6	- 7·4	- 11·9	+ 4·6
1912 — 1913	+ 16·2	- 1·5	- 31·0	+ 13·3
1913 — 1913 a	- 8·7	- 13·3	- 32·1	+ 15·0
1913 — 1913 a	- 24·9	- 11·8	- 1·1	+ 1·7

Wie man aus den Tabellen ersehen kann, ist die Bewegung der Gebirgsmassen ganz unregelmäßig, so daß man daraus schließen kann, daß diese Bewegungen von verschiedenen Kräften der Erdrinde und der inneren Kräfte der Erde entstanden sind. Eine regelmäßige Bewegung entlang der Lettenklufft, wie es in Birkenberg der Fall ist, findet hier nicht statt.

Auch durch den Abbau dürften diese Bewegungen verursacht werden.

Alle diese Messungen haben ergeben, daß durch die inneren Kräfte der Erdrinde und auch durch den Abbau stetige Bewegungen in den Gesteinsmassen vorkommen, die ganz unregelmäßig sind.

Die Beobachtungen werden fortgesetzt und die Resultate werden auch künftig veröffentlicht werden, um auf diesem so wenig bekannten Gebiete sich Klarheit zu verschaffen und aus den Resultaten neue wichtige Gesetze der tektonischen Geologie aufstellen zu können.

Höhenänderungen der Höhenkoten				
in den Jahren	zwischen den Höhenmarken			
	HM _R - HM _S	HM _S - HM _{S 17}	HM _{S 17} - HM _{R 17}	HM _{R 17} - HM _R
1886 — 1909	- 11·2			
1886 — 1910	+ 2·6			
1886 — 1911	- 11·2			
1886 — 1912	- 15·1			
1886 — 1913	+ 1·1			
1886 — 1913 a	- 23·8			
1909 — 1910	+ 13·8	- 5·5	+ 2·6	- 21·9
1910 — 1911	± 0·0	± 0·0	± 0·0	± 0·0
1910 — 1912	- 3·9	+ 5·9	+ 20·2	- 10·4
1910 — 1913	+ 12·3	+ 4·4	- 10·8	+ 2·9
1910 — 1913 a	- 12·6	- 7·4	- 11·9	+ 4·6

Die Zinnobervorkommen seitlich des Ampeltals im Siebenbürgischen Erzgebirge.

Von Dipl.-Ing. K. v. Mücke.

In den Bergen zu beiden Seiten des Ampelflusses (Ampoi, Ompoly) in den Gemeinden Valea Dosului (Nagyompoly), bzw. Trimpoele (Kénesd) nördlich von Schlatt (Zlatna, Zalaterna) befinden sich Quecksilbererz-lagerstätten, die seit uralten Zeiten zum Bergbau Veranlassung gegeben haben, die sogenannten Dumbrava- und Babojagruben. Nachdem der Betrieb mehrere Jahrzehnte geruht hat, ist unlängst die bergmännische Tätigkeit bei den erstgenannten Vorkommen in kleinem Maßstabe wieder eröffnet worden. Vorläufig beschränkt man sich darauf, einen alten Stollen, der Dumbravastollen genannt wird, wieder aufzuwältigen und die Halden zu verarbeiten, aus denen sich noch ziemlich viel Zinnober herauswaschen läßt. Da die Halden ziemlich umfangreich sind und zum großen Teil aus milden Schiefen bestehen, die, durch Verwitterung zermürbt, sich leicht zerkleinern lassen, dürfte ein rationeller Betrieb im Kleinen (mit Aufstellung eines Feinwalzwerkes und eines Schüttelherdes) wohl Aussicht auf Erfolg bieten.

Das Erzvorkommen, auf der linken Talseite gelegen, umfaßt die Kuppe des Vurfu Basarelii und seinen Abhang zum Pareu Ciutii (von den älteren Autoren wird der Berg Dumbrava, die begrenzenden Täler Valea Arinelli und Pareu Fetzi genannt, Namen, die auf der

Generalstabskarte nicht verzeichnet sind) und erstreckt sich über ein Gebiet von etwa 625 m Länge, 120 m Breite und 300 m Höhe. Die Kuppe des Berges ist vollständig durchlöchert und mit alten Halden bedeckt, die sich am Nordhange hinabziehen. Der Dumbravastollen liegt in halber Höhe des Berges. Er setzt in den unteren Karpathensandsteinschichten auf, die noch zum obersten Jura zu stellen sind und hier aus Ton-, Kalkton- und Mergelschiefern bestehen mit Zwischenlagerungen von Mergel- und Kalksteinbänken. Das Erz besteht zur Zeit nur aus Imprägnationen in den schieferigen Schichten, Anflügen und unbedeutenden Einsprengungen in den festen Lagen. Jedoch kann man an den Ausraubungen zu beiden Seiten des Stollens das frühere konkordante Vorkommen reicherer Linsen und Nester erkennen.

Aus der ziemlich reichlichen, aber verstreuten Literatur kann man sich ein ganz gutes Bild der Lagerstätte entwerfen. Besonders wertvoll sind die Angaben des k. k. Hüttenkontrolleurs Mohr,¹⁾ der die Gruben noch zur Zeit lebhafteren Betriebs im Jahre 1856 be-fahren hat. Nach ihm waren damals 7 Stollen vorhanden,

¹⁾ Mohr, C. F. Aus dem Zalaternaer Bergreviere in Siebenbürgen. („Österr. Zeitschr. f. Berg. u. Hüttenw.“, 1856.)