



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

Math. A.

205

h

Matth. A. 205 h

Roman Josephs Familie von Gmützgrafen
in München

in Auftrag Sr. R. K. K. Oberbaurath

von Raimundsgarten
F. Hoff.

85 B

~~85~~ 1

Præs 10. Juli 1833

1944-1945

.....

1894-1895

2. 2. 2. 2. 2.

1944

Fallversuche über die Umdrehung der Erde

angestellt

auf hohe Oberbergamtliche Anordnung

in dem

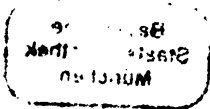
Drei Brüderschachte bei Freiberg

und herausgegeben

von

F. Reich,

Professor der Physik an der K. S. Bergakademie.



Mit V lithographirten Tafeln.

Freiberg, 1832.

Verlag von J. G. Engelhardt.

**BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS**

**Bayerische
Staatsbibliothek
München**

Schon im Jahre 1820, nach beendigter Herstellung des, zu den beiden Gruben: Beschert Glück Fundgrube und Seegen Gottes Herzog August Fundgrube, gehörigen, bis auf die Moritzer Sohle des Tiefen Fürstenstollns senkrecht nieder gehenden Dreibrüderschachts, wurde bei Befahrung desselben von dem Herrn Ober-Berghauptmann *Freiherrn von Herder* angeordnet, die ansehnliche senkrechte Tiefe des Schachtes zu Wiederholung der Versuche über die Abweichung fallender Körper von der Lothlinie zu benutzen.

Es war diess die erste Veranlassung zu Herbeischaffung eines genauen Meters, welche später die Annahme des Freiburger Lachters zu 2 Meter herbeiführte. Die etwas spät erfolgte Einsendung eines Meters aus Paris brachte jedoch einen jahrelangen Aufenthalt in die Sache; so dass erst durch hohe Oberbergamtsverordnung vom 23sten December 1829 dem Herrn Maschinendirector *Brendel* und dem Herausgeber neuerdings die Anstellung dieser Versuche aufgegeben werden konnte. — Wir besichtigten zuerst am 4ten Mai 1830 in dieser Hinsicht den Schacht, und säumten nun nicht, die zu den Versuchen nöthigen Vorkehrungen zu veranstalten, die übrigens so getroffen werden mussten, dass die Versuche schnell hinter einander gemacht, und beendigt werden konnten; denn da während denselben der zum Fördern dienende Schacht nothwendig ausser Gebrauch zu setzen war, so musste die Zeit seiner Anwendung zu den Versuchen möglichst abgekürzt werden, und war keine Aussicht vorhanden, die Versuche wieder aufzunehmen, wenn sie einmal geschlossen worden.

Es ist nicht zu läugnen, dass wir nicht im Stande gewesen wären, die Aufgabe in der Hauptsache ohne vorläufige Versuche zu lösen, hätten wir nicht durch das Werk *Benzenbergs* „Versuche über die Umdrehung der Erde. Dortmund. 1804. 8.“ seine und Guglielmini's

Erfahrungen benutzen können, was wir bestmöglichst zu thun uns bemüht haben. Dennoch würden wir, wie wir nicht zweifeln, eine grössere Genauigkeit erreicht haben, wenn ein längerer Gebrauch des Schachtes eine fernere Abänderung der Vorrichtungen, nach den selbst erlangten Erfahrungen, gestattet hätte.

Die Anordnungen und Beobachtungen haben wir, Herr Maschinendirector *Brendel* und der Herausgeber, gemeinschaftlich getroffen und angestellt, und die Beschäftigungen dabei so unter uns vertheilt, wie es uns am zweckmässigsten erschien.

Bei den Versuchen selbst hat uns Herr Maschinenbau-Sekretair *Gätzschmann* thätig unterstützt, so wie von dem Bergwerks-Candidaten Herrn *Braunsdorf* die Rechnungen controlirt, und die dazu gehörigen Zeichnungen ausgeführt worden sind.

Herr Berg-Mechanikus *Lingke* fertigte alle feineren mechanischen Vorrichtungen an, und das Werk der benutzten Uhr ist vom hiesigen Uhrmacher Herrn Bertram gearbeitet, während der Werkmeister *Zimmermann* den Einbau aller Bühnen, Lotten und sonstigen Vorrichtungen im Schachte und auf der halb 1ten Gezeugstrecke besorgte und bei den Versuchen selbst stets gegenwärtig war.

Vorzüglich der dazu bestimmten Tertienuhr wegen war es nicht möglich, die Versuche vor dem August 1831 anzustellen; sie wurden, der Hauptsache nach, am 19ten August begonnen und am 8ten September beendigt.

Wir lassen zuvörderst eine Beschreibung der verschiedenen Vorrichtungen, und sodann die Aufführung der Resultate folgen.

I. Beschreibung der Vorrichtungen. •

A. Der Schacht.

Der Dreibrüderschacht dient zum Treibe- und vom Stolln weg zugleich mit zum Kunstschachte; seine grösste horizontale Dimension weicht 20° in *NW.* von der Mittagslinie ab; er ist bis zum Stolln senkrecht, und hat von da weg so wenig Fallen in West, dass man die Kugeln bis zur halbersten Gezeugstrecke fallen lassen konnte; hier

ist ein Querschlag aus dem Schachte nach den alten Flötsbauten in Ost getrieben, der zur Aufnahme der unten stationirten Beobachter diente. Von dem obern Theile dieses Stücks giebt Tafel I., von dem untern Theile Tafel II. zwei Durchschnitte in dem Zustande, in welchem er sich während der Versuche befand, und zwar Figur 1 von der südlichen, Figur 2 von der östlichen Seite her gesehen.

Seine geographische Lage wurde durch einige Winkelmessungen, einmal aus der, durch Herrn Oberinspector *Lohmann* zu Dresden bestimmten Länge und Breite des Petersthurms zu Freiberg und der nördlichen Ecke der Frauensteiner Ruine, dann aus der Länge und Breite des Petersthurms und der Entfernung desselben vom Schachte gefunden, indem man diese Entfernung aus einer, früher durch Professor *Lempe* gemessenen, Standlinie ableitete. — Beides gab sehr übereinstimmend:

$$\text{nördliche Breite} = 50^{\circ} 53', 22'', 81.$$

$$\text{östliche Länge} = 31^{\circ} 0' 8'', 55.$$

Durch correspondirende Barometerbeobachtungen ergab sich die Höhe des Puntes, von welchem die Kugeln abfielen, zu 232 Pariser Fuss über dem 1ten Stock des Bergakademiegebäudes zu Freiberg, welches 1231 Pariser Fuss über der Ostsee liegt, — daher die Höhe des Beobachtungsraumes über dem Meere

$$= 1463 \text{ Pariser Fuss} = 475 \text{ Meter} = z.$$

Von Tage herein bis zu 63,3 Meter Tiefe ist der Schacht gemauert, weiter unten steht er im ganzen Gestein.

Der oberste Theil des Schachtes befindet sich in der aufgestürzten Halde; um sowohl vom etwa durch dieselbe statt findenden Luftzuge, als auch ungleichförmiger Anziehung und dergl. frei zu sein, verlegte man den obersten Beobachtungsraum nicht in die Hängebank-Ebene des Schachtes, sondern die zum Fussboden für denselben dienende Bühne, *ab* Figur 1 und 2 Tafel I. wurde bei 24 Dresdener Fuss oder 6,8 Meter Tiefe unter der Hängebank geschlagen; die Bühne *cd* darüber schloss den Beobachtungsraum von oben ab, und die Thüre *ef*, welche während der Beobachtungen hinweggenommen wurde, trennte den Raum *edbf*, zur Sicherstellung der Instrumente während unserer Abwesenheit, von der nothwendig offen bleibenden Fahrt.

Anfänglich beabsichtigten wir, alle Wassertraufen, und so viel als möglich auch den Luftzug durch einzelnes Verschliessen der Zugänge des Schachtes zu entfernen; überzeugten uns aber bald, dass diese Absicht für den untern, sehr nassen Theil des Schachtes so gut als unmöglich zu erreichen sei, und es hier unumgänglich nöthig werde, eine senkrechte Lotte aufzuführen, in welcher die Kugeln, geschützt vor allem herabtropfenden und herumspritzenden Wasser, fallen könnten. Da aber diese Lotte bis über die Hälfte den ganzen Höhe herauf sich nöthig machte, so leuchtete bald ein, dass man weit sicherer und mit denselben Kosten zum Ziele gelange, wenn dieselbe für die ganze Höhe hergestellt würde.

Es ist daher die in der Zeichnung durch *gh* Tafel *I* und *ik* Tafel *II* bezeichnete Lotte aus 18 zolligen Brettern, und daher im Lichten 18 und 15 Dresdener Zoll, oder nahe 0,425 und 0,354 Meter, weit, sorgfältig senkrecht aufgeführt worden. Die einzelnen Theile derselben wurden stumpf auf einander gesetzt und an jedem Wechsel mit Leisten umgeben; auf den Fugen aber mit Letten verstrichen, um das Eindringen der Feuchtigkeit abzuhalten und den Wetterzug möglichst abzuschneiden.

Im obern Beobachtungsraume gieng die Lotte 0,85 Meter hoch über die Bühne *ab* herauf, und war hien mit der Aufhängenrichtung der Kugeln auf eine Weise verbunden, die weiter unten näher angegeben werden soll. Im untern Beobachtungsraume stand die Lotte 0,708 Meter vom Fussboden ab. Da die ersten Versuchsreihen nicht so günstig ausfielen, als man hoffte, und die verschiedenen Richtungen der fallenden Kugeln möglicherweise durch einigen Luftzug in den Lotte herbeigeführt werden konnten, so wurde diese nicht allein in allen ihren Fugen wiederholt aufs sorgfältigste verklebt und verstrichen, sondern auch unten der Zwischenraum zwischen dem Lottenende und dem darunter stehenden, die Kugeln auffangenden, Stock, durch einen mit Wülsten von Barchent und Kälberhaares abgellederten Mantel, während des Fallens verschlossen und die obern Theile, auf unten zu erwähnende Art abgelledert und gegen Luftandrang verschlossen. Dieses gelang auch so gut, dass ein Licht, welches unten vor eine angebrachte Oeffnung der Lotte gehalten wurde, völlig ruhig

braunte, sogleich aber auch ansetzen geblasen wurde, wenn man oben die Lotte auf irgend eine Weise öffnete.

Bei den ersten Versuchsreihen kam noch dann und wann in der Mitte der Lotte ein Wassertropfen herab; er musste von einem Holzfäserchen dorthin gewiesen worden sein; — man zog daher ein abgeliertes viersseitiges Bret von unten nach oben hindurch, richtete so alle Holzfäserchen nach oben, und erlangte auch wirklich, dass nun alles das wenige Wasser, welches ohngeachtet des sorgfältigen Verschlusses noch in die Lotte drang, an ihren Wänden herabließ.

Um Unglück zu verhüten, wurde die Lotte so lange durch den oben bei *l* angebrachten, ebenfalls abgelirerten Schieber verschlossen gehalten, bis eine Kugel fallen sollte, dieses aber immer vorher mittelst der doppelten Klingeln *m* und *n* (Tafel *I* und *II*) signalisirt.

Die diese beiden Klingeln *m* und *n* verbindende Schnur ist ebenfalls auf Tafel *I* und *II* Figur 1 und 2 angegeben.

Der Raum, dicht neben der südlichen Seite der Lotte, war von oben bis unten völlig frei, so dass man ein unten hierher gehaltenes Licht oben gewahrte.

An derselben südlichen Seite war in der Mitte der Lotte eine von oben bis unten genau senkrecht fortlaufende gefügte Latte befestigt, welche zur Messung der Höhe benutzt wurde.

Der untere Beobachtungsraum war vom Schachte durch den Verschluss *apq* getrennt, dieser aber bei geschlossener Thüre lediglich oben an der südlichen Lottenseite, bei *z*, etwas offen. — Der Querschlag *r* war ebenfalls in geringer Entfernung vom Schachte verblendet; bei *s* befand sich eine Vertiefung im Fussboden, um dem Beobachter beim Messen auf dem Stoske mehr Bequemlichkeit zu geben.

B. Vorrichtung zum Abfallen der Kugeln.

Quers durch den obörn Beobachtungsraum lag, an der östlichen und westlichen Mauerung des Schachtes fest angetrieben, der Stempel *tu*, und an diesem war mittelst zweier Hölzer und eines an diese angeschraubten eisernen Rahmens das Kästchen befestigt, aus welchem die Kugeln fielen. Dasselbe war auf diese Weise mit der Bühne und

der Lotte lediglich durch die Schachtmauer in Verbindung, und selbst heftige Erschütterungen des Holzwerkes im Schachte theilten sich der Aufhänge-Vorrichtung und den darin aufgehängten Kugeln nicht mit. Anfangs geriethen zwar dieselben bei heftigen Zuschlägen der Schachthüren, beim Dröhnen des Fussbodens oder der Lotte in Bewegung; es fiel diess jedoch nach der oben erwähnten sorgfältigen Verschlussung der Lotte ganz weg, und war daher von dem ein- oder ausfahrenden Luftstoss bewirkt worden. —

Tafel III zeigt die Vorrichtung, aus welcher die Kugeln abfielen, in der halben wirklichen Grösse, von der östlichen Seite und im Grundrisse. — Es ist ein hölzernes Kästchen, unten offen, an der einen Seite mit einem Thürchen versehen, und oben mit einer Messingplatte verschlossen, mit dieser, aber an den schon genannten eisernen Rahmen, *cd*, angeschraubt, mittelst dessen, bei *c* und *d* die Verbindung mit dem Stempel *tu* statt fand. — Zwei Mikroskope *e* und *f*, von denen das letztere, des Raumes wegen, etwas lang gewählt werden musste, dienten zur Beobachtung der eingehängten Kugel in der Mitte ihrer Höhe, und zwei bei *g* und *h* angebrachte Lampen zur Beleuchtung derselben. — Der untere Rand des Kästchens lag 6 Millimeter unter dem oberen Rande der Lotte, so dass zwei gehörig ausgeschnittene, auf die Lotte gelegte Brete das Kästchen umfassten, ohne jedoch mit demselben in Berührung zu sein, und so die Lotte in der Hauptsache oben verschlossen. Der schmale Raum um das Kästchen herum wurde durch weiche Lederstreifen, die mit Inselt angestrichen wurden, bis zur Abschneidung allen Luftzuges verschlossen, ohne dass eine Bewegung der Lotte oder der Umgebungen sich dem Kästchen oder den Kugeln dadurch hätte mittheilen können.

Das Abfallen der Kugeln geschah auf zwei verschiedene Weisen:

a.) Zuvörderst befestigten wir die Kugeln an einem Faden, und liessen diesen, ähnlich wie bei *Guglielmini* und *Benzenberg*, mit einer Zange festhalten, bei deren Öffnen die Kugel abfiel. Zu diesem Ende war die Messingplatte des Kästchens nur in der Mitte mit einer 4 Millimeter weiten kreisrunden Oeffnung versehen und trug einen Ring, in welchen die Zange, welche Figur 1 *a* und *b* auf Tafel IV. in wirklicher Grösse darstellt, mittelst des mit ihr verbundenen Ringes,

11, auf den zwei Schrauben drückten, befestigt werden konnte. — Die Zange hatte einen stärkern Theil, 1k, fest mit dem Ringe, 1l, verbunden, — und einen um den Zapfen o beweglichen, der durch eine Feder zgedrückt wurde, und so mit dem nahe über der Messingplatte befindlichen stumpfen Gebisse den Faden und die Kugel festhielt. Anfangs wurde die Zange mit der Hand geöffnet; da aber hiedurch ein Stoss möglich war, brachte man den Zaum pq an, in welchem sich die Schraube q leicht bewegte, und so die Zange sehr allmählig, und ohne der Kugel die mindeste merkbare Seitenbewegung mitzuthellen, öffnen liess. Eine vortheilhafte Aenderung im Resultate ist jedoch durch dieses Aufschrauben nicht bemerkt worden. — Über dem Zangengebiss befand sich ein Messingplättchen, r, welches in der vertikalen Verlängerung der unbeweglichen Zangengebisshälfte mit einem Einschnitte versehen war, über welchen, bei geöffneter Zange, der die Kugel tragende Faden gezogen wurde, worauf man, wenn die Kugel der oberen Platte gehörig genähert war, die Zange schloss und den Faden dicht über dem Gebiss abschnitt. — Bei dem Abschneiden mit der Schere bog sich der Faden, wenigstens wenn er metallern war, um, und konnte so Veranlassung zu einer Seitenbewegung geben, indem er durch die Zange gleitete. Deshalb wurde der feste Theil des Zangengebisses nach oben verlängert, und an der dadurch gebildeten kleinen vertikalen Ebene der Faden mit einem scharfen Messer abgeschnitten.

Der zum Einhängen der Kugel gebrauchte Einschnitt in der kleinen Platte r diente aber auch, den Faden zu Bestimmung des Lothpunctes einzuhängen, und man war sonach sicher, dass jede Kugel in der Verticallinie aufgehängt wurde, für welche man den Lothpunct bestimmt hatte.

Die Zange öffnete sich in der Richtung des Schachtes, jedoch liess man eine Hälfte der Kugeln bei nördlichem, die andere bei südlichem Stande des beweglichen Zangentheils fallen. — Für jeden dieser beiden Stände wurde der Lothpunct besonders angegeben.

Das Aufhängen der Kugeln geschah zuerst mittelst feinen Kupferdrahtes, dann mittelst Hanffäden, und zuletzt mittelst geplätteter ro-

her Pferdehaare, die sich am bequemsten erwiesen, ohne dass die Resultate einen Unterschied gewahren liessen.

War eine Kugel eingehängt, und der Faden über dem Gehäss abgeschnitten, so brachte man sie mit den Fingern oder mit einem Tasche möglichst zur Ruhe, schloss die Thür des Kästchens, und liess die Kugel so lange hängen, bis durch die beiden Mikroskope keine Bewegung mehr sichtbar war, worauf das Signal gegeben, der Sicherheitschieber herausgezogen, und die Zange möglichst behutsam geöffnet wurde.

Bei dieser Vorrichtung musste nothwendig die kleine Oeffnung in der Messingplatte, durch welche der Faden gieng, offen bleiben; man bemerkte bald, dass die Luft durch dieselbe einzog, und die Kugel zuweilen in langer Zeit nicht zur Ruhe kommen liess. Wir verschlossen die Oeffnung daher Anfangs mit einem ausgeschlitzten, mit Insekt verstrichenem, Papier, welches aber den Nachtheil hatte, theils das Zangengebiss klebrig, und ein Anhängen des Fadens an dem beweglichen Theile, theils ein Anstreichen des Fadens an dem Papiere möglich zu machen. Deshalb wurde die ganze Zange erst mit einer überall luftdicht aufgeklebten Blase, später mit einer Wachstafelkappe überdeckt, und mittelst der durch die Wand derselben gehenden Zaumschraube geöffnet, wodurch aller Luftzug abgeschnitten war. Auf diese Weise kamen die Kugeln meist in Zeit von einer Viertelstunde zur Ruhe.

b.) Da uns die mit der Zange erhaltenen Resultate nicht zufrieden stellten, versuchten wir noch eine andere Methode, die Kugeln fallen zu lassen. — Das zur Aufnahme derselben bestimmte Kästchen wurde oben mit einer andern Messingplatte versehen, die, wie die untere Figur auf Tafel *III* zeigt, eine den Durchmesser der Kugeln etwas übertreffende kreisrunde Oeffnung hatte, und mit einem ähnlichen hervorstehenden Ringe, wie bei der Zange versehen war. In diesem drehbar lag ein anderer, oben eben geschliffener Ring, Tafel *IV* Figur 2 *a* und *b*, der durch drei Schränbchen, mittelst eines Niveau's horizontal gestellt werden konnte. Dieser innere Ring war innen glatt und nach unten conisch ausgedreht, seine obere etwas zugerundete Kante hatte aber einen Durchmesser, der den der Kugeln um möglichst wenig übertraf, so dass diese eben noch durchgingen, aber

erwärmt darauf liegen blieben. Sollte eine Kugel fallen, so wurde nach gegebenem Signale, dieselbe aus kochendem Wasser, in welches man sie gehängt hatte, genommen, abgetrocknet und auf den Ring gelegt, das Thürchen geschlossen, und eine abgeschliffene kleine Glasglocke über die Kugel gestürzt. Sobald letztere gehörig erkaltet war, fiel sie durch, während die Glasglocke allen Luftzug abschloss. Da es, wenigstens in der kurzen dazu gegebenen Zeit, nicht möglich war, die Kugeln alle von genau gleichem Durchmesser zu erhalten, so sahen wir uns genöthigt, drei verschiedene, mit a , b und c bezeichnete, Ringe anzuwenden, von denen a am weitesten, c am engsten war. Die geringe Differenz ihrer Durchmesser ergiebt sich bei Beschreibung der Kugeln.

Dadurch erhielt man den Vorthell, ganz massive Kugeln, ohne irgend einen Faden, anwenden zu können, die Beobachtung der Unbeweglichkeit durch die Mikroskope nicht nöthig zu haben, und die etwaige schädliche Einwirkung der sich öffnenden Zange zu vermeiden. — Der Verschluss der Lotte war hierbei übrigens noch einfacher und jedenfalls vollständiger als bei der Zange.

Auch die Ringe wurden abwechselnd in zwei um 180° verschiedene Lagen gebracht, um constante Fehler zu vermeiden.

Um bei dieser zweiten Vorrichtung den Lothpunkt zu bestimmen, legte man in den äussern Lechring, nach Hinwegnahme des innern, eine abgedrehte und genau in den innern Ring passende Messingplatte mit einem feinen Loche im Mittelpunkte, durch welches man den Faden des Lothes zog.

C. *Vorrichtungen zum Auffangen der Kugeln, zur Bestimmung des Lothpunktes und zum Messen der Abweichung.*

Auf der festen Gesteinstafel der halbersten Gegendstrecke stand unter der Lotte ein aus 9 möglichst dicht zusammen gefügten und doppelt verriegelten Buchenklötzern gebildeter, mit zwei eisernen Ringen versehener Stock, Tafel II. v, von etwa 0,708 Meter Höhe und 0,^m₄₂ und 0,^m₃ mittlerer Seitenlänge, auf welchen die Kugeln fielen. Auf ihm

wurde zuvörderst der Lothpunct angegeben, indem an einem übersilberten Kupferdrahte ein genau gedrehtes Loth von oben herab so eingehängt wurde, dass die Spitze nahe über dem Stocke schwebte, worauf eine mit concentrischen Ringen und ihrem Mittelpuncte versehene Messingplatte untergeschoben, und so lange hin und her gerückt wurde, bis die Spitze des Lothes Anfangs auf je zwei gegenüberstehenden Seiten gleich weit aussehtug und endlich, wenn ja nicht völlig ruhig über dem Mittelpuncte stehen blieb, doch um selbigen nur innerhalb des engsten Kreises, in scheinbar gleicher Entfernung, sich bewegte. Sobald dieser Zustand einigemal eingetreten war — denn das Loth blieb kaum eine Minute lang auf dem wahrscheinlichen Mittelpuncte, sondern nahm stets wieder Bewegung an und schwang periodenweise in geraden Linien, Kreisen, Ellipsen und Epicykeln — schmelzte man Insekt am Rande der Platte auf, um sie einstweilen auf dem Stocke zu befestigen. Es zeigte sich, dass man ziemlich lange warten musste, ehe das Loth hinlänglich kleine Schwingungen machte, vorzüglich aber, dass alle ungleiche Erwärmung der Luft zu vermeiden war, weil der dadurch entstehende Luftzug das Loth sogleich merklich aus seiner Lage brachte, und, wie zu erwarten, nach dem wärmern Theile hin.

Um den Stock herum lag das aus 4 Balken gebildete Geviere, *wx* Figur 1 und 2 Tafel II., mit horizontaler, wenig über den Stock hervorspringender Oberfläche. Über dieses wurden zwei feine Messingdrähte dergestalt angespannt, dass sie sich über dem bestimmten Lothpuncte schnitten, und mittelst langer Richtscheite und eines Markscheiderzulegeinstrumentes in die Mittags- und Winkelkreuzlinien gebracht. Da man bei dieser Bestimmung nicht alles Eisen, namentlich nicht die eisernen Ringe um den Stock selbst, entfernen konnte, so nahm man das Streichen jedesmal an beiden Seiten des Stocks in gleichen Entfernungen ab, und aus beiden Angaben das Mittel, welches um so weniger irrig sein dürfte, da die beiden Angaben immer nur geringe Differenz zeigten. Auf solche Weise gab man dem einen der Krenzfäden das Streichen 7^h o. o. und zog den andern auf diesen normal 1^h o. o. Während dieser Arbeit war am Wernerstolln die Declination mit einem andern, mit dem gebrachten verglichenen Zulege-

instrumente beobachtet worden, woraus sich ergab, dass man das Streichen der beiden Linien um $\frac{1}{2}$ Achtel oder $1^{\circ}.23'.22''$. zu niedrig angenommen hatte, was jedoch keiner sofortigen Correction bedurfte, indem diese Abweichung später durch Rechnung zu berichtigen stand.

Jede fallende Kugel machte auf dem Stocke einen Eindruck, dem man durch eine, dünn auf den Stock aufgetragene Lage Insekt schärfere Ränder verschaffte. Man zog alsdann die beiden Kreuzfäden, und maass die kleinste Entfernung jedes derselben von dem Umfange des Eindrucks, so wie den Durchmesser des letztern in derselben Richtung. Die Summe jener Entfernung und des halben Durchmessers gab die Entfernung des Mittelpunctes.

In den Resultaten ist die kleinste Entfernung des Eindrucks von jedem der Kreuzfäden $= e$; der Durchmesser des Eindrucks in derselben Richtung $= d$; die Entfernung des Mittelpunctes des Eindrucks von jedem der Kreuzfäden $= E$ genannt. Es ist aber $E = \frac{1}{2} d + e$, je nachdem d und e nach einerlei oder nach verschiedenen Seiten vom Kreuzfaden aus gemessen wurden. Diese Messungen waren in den günstigsten Fällen, bei scharf ausgedrücktem Rande, bis 0,1 Millimeter, in den ungünstigsten bis 0,2^{mm} genau. Sie wurden durch Messung der Summe $d + e$ controllirt, und in Fällen zu grosser Abweichung wiederholt.

Später war man genöthigt, den durch die Eindrücke der Kugeln zu uneben gewordenen Stock zu wiederholten Malen abzurichten, endlich auch ihn umzukehren, und dabei der Höhe wegen eine Bohle unterzulegen. Indem dabei seine Oberfläche immer tiefer unter die des Gevieres, wx , zu liegen kam, war es bequemer und eben so genau, die Kreuzlinien unmittelbar auf den Stock mit einem scharfen Messer aufzureissen und die Messung darnach vorzunehmen. Als jedoch auch diese Linien, durch mehrere auf sie gefallene Kugeln, stellenweise unrichtig wurden, bediente man sich feiner Messingdrähte, die, in jener Richtungen gezogen, dieselben Dienste leisteten.

D. Die Kugeln.

Die Kugeln zu den Hauptversuchen bestanden hauptsächlich aus Zinn mit einer Beimischung von etwa 10 Procent Wismuth und 2 Procent

Blei. Die Masse hatte einen feinkörnigen, stahlartigen Bruch, und erschien auf zufällig herbeigeführten Bruchflächen völlig dicht und homogen; sie liess sich gut abdrehen und ziemlich gut poliren. Fielen die Kugeln bloss auf den Stock, ohne zufällig durch Abspringen auf das Gestein geworfen zu werden, was nur selten der Fall war; so erhielten sie sich so gut, dass man nur selten den Punct ihres Auftreffens zu bestimmen vermogte. Etwas mehr wurden die zur Bestimmung der Fallzeit angewendeten beschädigt, indem sie die untergelegten Breter durchschlugen und mitunter auf den Spiegelrahmen fielen.

Die zuerst angewendeten Kugeln hatten im Mittel einen Durchmesser $= f = 40,34$ Millimeter, von $40,30^{mm}$ bis $40,40^{mm}$ variirend. Wir hatten in dieselben, nach Benzenbergs Vorgang, einen hohlen Cylinder von 6,6 Millimeter Durchmesser und 15^{mm} Höhe eindrehen lassen, und in der Axe dieser Höhlung, mittelst eines Holzplöckchens, ein Drahtöhrchen befestigt, durch welches man den Faden zog. Die Absicht dabei war, den Schwerpunkt künstlich unter den Mittelpunkt der aufgehängten Kugel zu bringen, und diese dadurch am Rotiren zu verhindern. Wir waren jedoch nicht im Stande, mit Sicherheit zu beobachten, ob dieses wirklich erlangt worden sei. — Das absolute Gewicht dieser Kugeln war im Mittel $270,46$ grammes und ihr spezifisches Gewicht $7,878$.

Um die Kugeln auf oben bemerkte Weise durch den Ring fallen zu lassen, wurde ihre Höhlung wieder ausgegossen und sie von neuem abgedreht. Sie erhielten alsdann einen Durchmesser $f^1 = 35,50^{mm}$, von $35,50^{mm}$ bis $35,63^{mm}$ variirend, im Mittel ein absolutes Gewicht $= 190,00$ grammes, und ein spezifisches Gewicht $= 8,028$.

Herr Berg-Mechanikus *Lingke* liess jede auf einer horizontalen Spiegelglasplatte mehrmals hin- und herrollen, und bezeichnete den Punct, der sich dabei nach oben stellte, mit einem +, damit bei gleicher Lage bei den Fallversüben der Schwerpunkt unter dem Mittelpunkt liege. Um diese massiven Kugeln später wieder aus der Zange fallen zu lassen, schraubte man ein kleines Ohr von Messing ein.

Ausserdem liessen wir auch noch Bleikugeln von $270,27$ grammes absolutem, und $10,603$ spezifischem Gewichte; — ferner eine grössere

Elfenbeinkugel von 38,64 Millimeter Durchmesser, 46,24 grammes absolutem und 1,790 spezifischem Gewichte, und zwei kleinere Elfenbeinkugeln von 28, $\frac{1}{6}$ Durchmesser, 22,322 grammes absolutem und 1,811 spezifischem Gewichte, fallen.

Zuletzt beobachteten wir noch die Abweichung einer alten 6pfündigen Kanonenkugel; da jedoch die Vorrichtungen, um sie ohne Seitenbewegung fallen zu lassen, nicht gehörig vorhanden waren, auch die Kugel eine rauhe Oberfläche hatte, so fielen die Resultate derselben ungünstig aus, und sind weiter nicht erwähnt worden.

E. Vorrichtungen zur Messung der Fallhöhen.

Für alle Maasse bei unsern Beobachtungen ist die Länge des bei der Bergakademie zu Freiberg vorhandenen eisernen Meters von Fortin zu Grunde gelegt; dasselbe ist bei 8° C nach der von Herrn Arago angestellten Vergleichung mit dem Meter des Pariser Observatoriums um $\frac{1}{415}$ Millimeter zu lang.

Es wurden zwei, etwas über 16 Meter lange, gefügte sichtene Latzen zusammen gestossen und mehrere Tage in den Schacht gehängt; anfangs dehnten sie sich etwas, behielten dann aber ihre Länge, sowohl über Tage bei horizontaler, als in der Grube bei verticaler Lage, unveränderlich bei. Sie wurden mittelst des eisernen, an besondern Handhaben anzugreifenden, Meters, das mit Hülfe zweier Wechselwinkel fortgetragen wurde, genau 16 Meters lang gemacht, und dann mit ihnen an der Südseite der Lotte, und zwar an der erwähnten gefügten Latte, heruntergemessen, indem man immer eine an die vorige anstieß, und so lange mittelst eingedrückter Spitzen festhielt, bis letztere hinweggenommen, und ihrerseits wieder angestossen worden war. Der übrig bleibende Rest wurde mit dem eisernen Meter, und die kleinern Theile, so wie auch alle übrigen kleinen Längen, z. B. die Abweichungen der Kugeln, mittelst des Zirkels nach einem genau gearbeiteten verjüngten Metermaassstabe gemessen.

Als Controlle bedienten wir uns auch des von Benzenberg beobachteten Verfahrens, mit einem von dem Lothe gespannten Kupferfaden (conf. Benzenberg pag. 37.) Zu den beiden dazu nöthigen festen

Puncten dienten zwei in die an der Lotte befindlichen Latte angeschraubte kleine messingene Winkel, von denen der obere in einer Horizontalebene mit dem untersten Puncte der zuerst eingehängten Kugeln lag, während der untere 16 Meter davon entfernt war. Den obern siehe bei α in Figur 1 und 2 auf Tafel I. Zur Bezeichnung des Drathes bedienten wir uns kleiner verschiebbarer messingener Hülssen, die mittelst verschiebbarer Ringe, nach Art der Bleistifthülssen, befestigt wurden.

F. Vorrichtungen und Verfahren zu Ermittlung der Fallzeit.

a.) Signalvorrichtung.

Nahe über dem zum Auffangen der Abweichungskugeln bestimmten Stocke wurde der um die Axe ss bewegliche eiserne Rahmen, Tafel IV Figur 3^a und 3^b, gestellt, und auf denselben dünne Bretchen gelegt, auf welche die durch die Lotte herabfallenden Kugeln aufschlugen, und so den Rahmen, mit ihm aber auch den daran befestigten, 45° gegen den Horizont geneigten, Metallspiegel t , verrücken mussten. — Von den drei neben einander gelegten Bretchen wurde das getroffene immer zerschlagen, und musste durch ein neues ersetzt werden. Da das Ganze auf der Seite des Rahmens ein bedeutendes Uibergewicht hatte, so hiengen wir das hintere Ende desselben anfangs mit einer Spiralfeder, später, weil durch die heftigen Stösse die untern Windungen derselben sich schnell dehnten, an dünnen Fäden, die bei jedem Falle erneuert wurden, äusserlich an der darüber befindlichen Lotte auf. Bei den Elfenbeinkugeln mussten die Fäden und Bretchen noch dünner gewählt werden, als bei den Metallkugeln. — Vor dem Spiegel, der sich nicht mehr unter der Lotte, sondern unter dem, auf ihrer Südseite von oben bis unten frei gebliebenen Raume befand, stellte man eine Argandsche Lampe dergestalt, dass ihr vom Spiegel zurückgeworfenes Bild am obern Ende der Lotte gesehen werden konnte, was, nach einigen wenigen Versuchen, sich leicht auf die Art bewerkstelligen liess, dass, in etwa 4 Meter Höhe über dem Spiegel, der reflectirte Strahl mitten durch eine gegen 0,07 Meter in's

Gevierte weite Bretöffnung gehen musste, wenn man auf der untern Station überzeugt seyn wollte, ob das Flammenbild auf der obern richtig werde gesehen werden. Es ist kaum zu sagen nöthig, dass der obere Beobachter den Moment des Auftreffens der Kugel an dem Verschwinden des Bildes der Lampe im Spiegel bemerkte.

b.) Die Uhr.

Schon Benzenberg (a. a. O. pag. 534) ist der Meinung, eine Uhr mit conischem (oder Centrifugal-) Pendel sei bei dergleichen Versuchen die beste Tertienuhr. Wir bedienten uns einer solchen; das Pendel macht Einen Umlauf in 80 Tertien, und der unmittelbar von ihm getriebene Zeiger giebt einzelne Tertien an.

An der Axe dieses Zeigers befindet sich eine Gabel, durch welche das Pendel umgetrieben wird. Hält man die Uhr an, so geht das Pendel mit seiner Gabel nichts desto weniger fort, nur mit dem Unterschied, dass diese nun von jenem getrieben wird. Allerdings wird dabei der Ausschlagswinkel des Pendels kleiner und kleiner, bis es nach 20 bis 30 Umgängen zur Ruhe kommt.

Keine Centrifugalpendeluhr wird bekanntlich einen ganz richtigen Gang haben, weil man den Einfluss der Temperatur, der verschiedenen Friction etc. nicht aufzuheben vermag; bei der gebrauchten ist die Unregelmässigkeit des Ganges dadurch vermehrt, dass sie von einer Feder ohne Schnecke getrieben wird, so dass kurz nach dem Aufziehen die Kraft stärker wirkt, das Pendel weiter ausschlägt, und die Uhr schneller geht, als wenn sie bald abgelaufen ist. Da es hier jedoch nur auf die richtige Bestimmung der Tertien während einiger Sekunden ankam, so konnte der Fehler nicht bedeutend werden; er ist übrigens dadurch möglichst vermindert worden, dass wir die Uhr immer wieder aufzogen, wenn sie eine Stunde gegangen war, und das Pendel so stellten, dass sie in einer Stunde 6 bis 10 Sekunden gegen einen Chronometer vorgieng; denn da zur Beobachtung es immer nöthig war, die Uhr anzuhalten, so verminderte sich dadurch ihr Ausschlag, und sie lief bei der Beobachtung langsamer, als bei ununterbrochenem Gange. Es war nicht möglich, die Grösse des dadurch herbeigeführten Fehlers zu schätzen, und es ist deshalb auch keine Correction

angebracht worden. Er dürfte jedoch für die Zeit von 6 Sekunden kaum in einzelnen Fällen 2 Tertien erreichen.

c.) Die Art der Beobachtung.

War eine Kugel in die Zange eingehängt, und ziemlich zur Ruhe gekommen; war ferner das Licht im Spiegel dem obren Beobachter sichtbar, so fasste derselbe mit der rechten Hand die Zange, mit der linken die Arretirung der, auf dem Tischchen y Figur 2 Tafel I, stehenden Uhr; er arretirte diese, und ein zweiter Beobachter las laut den Stand des Tertienzeigers ab, worauf der erste möglichst gleichzeitig die Zange öffnete und die Uhr fort- und so lange gehen liess, bis das Licht im Spiegel verschwand, worauf sogleich die Uhr arretirt wurde, bis der Stand des Tertienzeigers notirt war. Die Differenz dieses und des ersten Standes *plus* den ganzen Umgängen gab die Zeit, während welcher die Uhr im Gang, also auch die Kugel unterwegs gewesen war.

d.) Bestimmung des constanten Sinnesfehlers.

Von der gefundenen Fallzeit war übch abzuziehen die Zeitdifferenz, die möglicherweise zwischen dem Oeffnen der Zange und der Uhr, und ganz gewiss zwischen dem Auftreffen der Kugel und der Bewegung des Spiegels einerseits, andererseits zwischen dem Verschwinden des Lichts und der Arretirung der Uhr vergieng. Zu diesem Endzwecke wurde, nahe unter der obren Hauptbühne, die Bühne z. Figur 1 und 2 Tafel I. geschlagen, über ihr die Lotte auf der Südseite geöffnet und zum Verschliessen nach unten mit einem Schieber versehen, über welchem der Rahmen, Figur 3 Tafel IV, mit seinem ausserhalb der Lotte vorspringenden Spiegel angebracht, die Höhe vom untersten Punkte einer eingehängten Bleikugel bis zur Oberfläche des auf dem Rahmen liegenden Bretthens bestimmt, und die Fallzeit dieser Kugel auf diese kleine Höhe grade so gemessen, wie auf die grosse. Die Differenz zwischen der beobachteten und der berechneten Fallzeit gab den constanten Fehler der Sinne. Diese Berechnung erfordert die Kenntniss des Fallraums in der ersten Sekunde $= g$. Setzt man, nach Sabine, die Länge des einfachen Sekundenpendels unter dem Aequator $= P =$

39,01520 Englische Zoll, und unter der Breite $= \varphi$ und bei der Messhöhe $= z$

$$t = (10 + 0,20245 \cdot \sin^2 \varphi) \frac{r^2}{(r+z)^2}$$

wo r der Halbmesser der Erde, hier $= 6364224$ Meter ist, — ferner 1 Englischer Zoll $= 25,40493$; so ist der Fallraum in der 1ten Sekunde

$$s = \frac{\pi^2}{2} (39,01520 + 0,20245 \cdot \sin^2 50^\circ 33' 22'' 81) \frac{6364224^2}{(6364224 + 475)^2} \cdot 25,40493$$

$$= 4904,93$$

was auch nahe eben so aus der Besselschen Bestimmung der Länge des Sekundenpendels zu Königsberg folgt.

Der mittlere Barometerstand war bei diesen Versuchen $= 29,31756$ Pariser Linien; der mittlere Hygrometerstand $= 97^\circ S = 0,934$ des Sättigungsstandes; der mittlere Thermometerstand $= 13,9^\circ C$; alles im Schachte genommen; daher die Spannung der Wasserdämpfe $= d' = 0,934 \cdot 11,555 = 10,79$ Pariser Linien und die Dichtigkeit der Luft

$$= \rho' = 0,001299 \cdot \frac{1}{336} \cdot \frac{800}{800 + 3r'} \left(h' + \frac{3}{8} d' \right) = 0,0011550$$

Da nun die Dichtigkeit der Bleikugeln $= 10,603$, so hat man das relative Beschleunigungsmaass, der Schwerkraft $s' = \frac{\rho' - \rho}{\rho}$

$$= 4,90499 \text{ Meter.}$$

II. Angabe der erhaltenen Resultate und Vergleichung derselben mit der Theorie.

A) Die Fallhöhe.

Die zur Messung bestimmten Latzen erhielten über Tage bei einer Temperatur von $17,912^\circ C$ genau die 16fache Länge des eisernen Meßers, und gaben beim Herunterlassen vom Nadirpunkt der eingehäng-

ten Zinkkugel bis auf der Stocks Oberfläche ihre 10fache Länge, weniger $1,5093$, also die Höhe zu $160 - 1,5093 = 158,4907$. Die Oberfläche des Gevieres wx , welche man, bei nachheriger Veränderung der Oberfläche des Stocks, zum Anhalten nahm, lag nach späterer, allerdings nicht ganz sicherer Schätzung, um $0,00025$ höher, und also nach dieser Messung $158,49045$ unter dem Nadirpunct der eingehängten Kugel. Nach dieser Annahme wurden die Höhen in folgenden Versuchen angesetzt, indem die von unten nach oben vorgenommene Messung zwar $0,0063$ mehr gab, aber als weniger sicher nicht in Betracht gezogen wurde. Obige Höhe beträgt, unter der Voraussetzung dass die Länge des eisernen Meters bei $17,012\text{ C} = 1,000192772$ sei, auf 0° C reducirt

$158,49045 - 2,079 = 158,5111$
 Später wurden die Messlatten der 16fachen Länge des eisernen Meters bei $10,02\text{ C}$ geteilt gemacht, und mit ihnen die Höhe vom Nadirpunct der zuerst eingehängten Kugel bis zur Oberfläche des Gevieres wx mit möglichster Sorgfalt zu $158,4950$ bestimmt, was unter der Voraussetzung, dass bei $10,02\text{ C}$ die Länge des eisernen Meters $= 1,0001014923$ auf 0° C reducirt

$158,5111$, also $0,0061$ weniger
 als die erste Messung. Die letztere ist, wegen der frühern unsichern Bestimmung der Oberfläche des Rahmens, als die richtigere anzusehen, weshalb das Mittel oder nach der ersten Messung bestimmten Fallhöhen in Folgendem um $0,0061$ verringert worden ist.

Die nach Benzenbergs Angabe mit dem Kupferdrath ausgeführte Messung gab bis auf die anfängliche Oberfläche des Stocks

beim Hinuntermessen $158,5017$

Heranmessern $158,4866$

im Mittel $158,4941$

welche als bei $17,012\text{ C}$ erhalten, angesehen werden muss, da die mit Grunde liegende Distanz für diese Temperatur bestimmt wurde.

Alle diese Messungen stimmen soweit überein, dass ein Fehler, der auf die vorliegenden Versuche von merklichem Einflusse wäre, nicht vorhanden sein kann.

B. Der constante Fehler der Sinne bei Bestimmung der Fallzeit.

Die hierzu bestimmte Fallhöhe wurde bei $18,0375^{\circ} C$ zu $3,1444$, also bei $0^{\circ} C$ zu $3,1450 = 6'$ gefunden. — Daher die Fallzeit, ohne weitere Rücksicht auf den Widerstand der Luft, als welche in der Bestimmung von g' liegt

$$T = 60 \sqrt{\frac{3,1450}{g}} = 60 \sqrt{\frac{3,1450}{4,9043}} = 48,05 \text{ Tertiern.}$$

Beobachtet wurde

am 19ten August

Versuchsreihe.	No.	1te Hemmung.	2te Hemmung.	Differenz. Tertiern.	Anmerkungen.
I.	1	2	59	57	Zange nach Süd sich öffnend.
	2	38	80+15	57	
	3	10	65,5	55,5	
	4	53	30,5	57,5	
	5	5	60,5	55,5	
	6	31	10	59	
	7	60	42	62	
	8	45	21	56	
	9	75	52,5	57,5	schlecht.
	10	40	31	71	
9 Beobachtungen Summa excl. No. 10.				517	
Mittel				57,44.	

Versuchsreihe.	No.	1te Hem- mung.	2te Hem- mung.	Differenz. Tertio.	Anmerkungen.
II.	1	53	29	56	Zange nach Nord.
	2	9	60	57	
	3	22	80	58	
	4	58	36	58	
	5	55	35	60	
	6	65,5	52,5	67	schlecht.
	7	7	67	66	
	8	69	49	60	
	9	47	28	61	
	10	41	21	60	
	11	24	4	60	
10 Beobachtungen Summ. excl. No. 6.				590	
Mittel				59,0	

III.	1	71	47	56	Zange nach Süd.
	2	22	78,5	56,5	
	3	31	8	57	
	4	6	62	56	
	5	68	45	57	
	6	11	68	57	
	7	25	2	57	
	8	5	62	57	
	9	46	22	56	
	10	58	36	58	
10 Beobachtungen. Summa				567,5	
Mittel				56,75	

Versuchsreihe.	No.	1te Hem- mung.)	2te Hem- mung.)	Differenz Tertien.	Anmerkungen.
III.	1	40	16	56	Zange nach Nord.
	2	68,5	46,5	58	
	3	8	66	58	
	4	20	78	58	
	5	40	20,5	60,5	
	6	68	47,5	59,5	
	7	34,5	12	60,5	
	8	17	74	57	
	9	40,5	17,5	57,5	
	10	42	19	57	
10 Beobachtungen.		Summa	582		
		Mittel	58,2		

Es ergibt sich hieraus, dass die Beobachtungszeit etwas grösser ausfällt, wenn die Zange sich nach Nord öffnet; wahrscheinlich weil in diesem Falle das Öffnen mit dem Zeigefinger geschieht, wohingegen bei der entgegengesetzten Stellung der Zange der Daumen wirkt. — Da nun für die Versuche zur Bestimmung der Fallzeit das Umkehren der Zange unnöthig, es gegenheils besser ist, sie durchgängig unter einerlei Umständen statt finden zu lassen, — so wurde die Zange in der Folge bei ihnen immer nach Süd geöffnet, und die obigen Reihen II. und III. nicht mit in Rechnung gebracht.

Am 20sten August.

Versuchsreihe.	No.	1te Hem-	2te Hem-	Differenz.	Anmerkungen.
		mung.	mung.		
		Tertien.			
V.	1	58	35	57	schlecht.
	2	61	38,75	57,75	
	3	52,5	30	57,5	
	4	77,5	54,5	57	
	5	31	7	56	
	6	35	18,5	63,5	
	7	53	29	56	
	8	9	67	58	
	9	12	72	60	
	10	14	71	57	
	11	72	48,5	56,5	

10 Beobachtungen. Summa. excl. No. 6. 572,75

		Mittel		57,275	
Reihe VI.	1	38	16	58	
	2	33	11,5	58,5	
	3	65	42	57	
	4	15	70,5	55,5	
	5	59	34	55	
	6	2	59,5	57,5	
	7	0	55,5	55,5	
	8	53	30,5	57,5	
	9	65	43,5	58,5	
	10	2	60	58	

10 Beobachtungen. Summa 571

Mittel 57,1

Aus den Reihen I. III. V und VI. ergibt sich, nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung,

der mittlere Werth = 56,81 Tertien,

mit einem wahrscheinlichen Fehler = 0,05 Tertien.

Daher der constante Fehler der Sinne

$$48,05 - 39,29 = 8,76 \text{ Tertian.}$$

C. Die Fallzeit der Kugeln.

Die drei ersten Bleikugeln, welche wir fallen liessen, gaben ganz unbrauchbare Resultate, jedenfalls wegen Ungewohnheit der Operation; daher sie auch nicht mit aufgeführt worden sind.

Für jede fallende Kugel wurde die Entfernung der Oberfläche der auf dem eisernen Rahmen liegenden Bretchen von der Oberfläche des Stocks gemessen, um daraus auf die Fallhöhe zu schliessen, und findet sie sich in folgenden Tabellen unter der Rubrik „Brethöhe“ verzeichnet. Da aber die Oberfläche des Stocks und die Durchmesser der Kugeln verschieden waren, so ist am Ende jeder Reihe von der mittlern Brethöhe so viel abgezogen, als geschehen müsste, um sie auf die Entfernung der anfänglichen Oberfläche des Stocks vom Nadirpunct der zuerst in die Zange gehängten Kugeln zu beziehen.

Bei den Metallkugeln sind zu der Differenz der Zeit, der 1ten und 2ten Hemmung immer 4 volle Umläufe oder 320 Tertian, bei den Eisenbeinkugeln 5 voll. Umläufe, oder 400 Tertian zu addiren.

a) Zinnkugeln.

a. grosse.

Am 23sten August.

Ver- suchs- reihe	No.	1te Hem- mung.	2te Hem- mung.	Fallzeit.	Brethöhe.	Anmerkungen.
		80	Tertian.		Millimet.	
I.	1	19	68	369	81,0	
	2	32	20	367	93,0	
	3	22	72	370	84,0	
	4	38	7,5	369,5	86,0	
	5	68	34	366	85,0	
	6	64	30,5	366,5	81,0	
	7	70	38	369	86,0	um 90° gedreht; am Aufhänge- punct am Rahmen abgeschnitten.
	8	31,5	80	368,5	78,0	
	9	22,5	77	374,5	86,0	schlecht.
	10	69	35	366	93,0	
	11	23,5	70	366,5	92,0	
	12	60	26,5	366,5	85,0	
11 Beobachtungen. Summa. excl. No. 9.				4044,5	944,0	
Mittel				367,68	85,8	

Ver- suchs- reihe.	No.	1te Hem- mung.	2te Hem- mung.	Fallhöhe in Tertien.	Bröche. in Millimeter	Anmerkungen.
II.	1	13	78,5	385,5	116,0	schlecht.
	2	1	54	373	124,0	
	3	18	70	372	114,0	
	4	15,5	2	386,5	112,0	schlecht.
	5	18	39	371	108,0	
	6	10	61	374	107,0	
	7	7	58	374	103,0	
	8	22	71	369	100,0	
	9	14	64,5	370,5	109,0	
	10	77	46	369	92,0	
	11	5	58	370	88,0	

9 Beobacht. Summa. excl. No. 1 u. 4.

Mittel

3339,5

371,05

930,0

103,3

Jung-Amt 22 mA

Am 24sten August.

III.					Der Stock war durch Abriechen um 5,3 mm ernie- dert worden.
	1	21,5	69	367,5	95
	2	6	52,5	366,5	98
	3	67	33,5	366,5	100
	4	50	18	368	96
	5	64	36,5	372,5	95
	6	21	71	370	99
	7	77,5	45	367,5	95
	8	47,5	27,5	380	94
	9	21,5	66,5	365	95
	10	32,5	1	368,5	90
	11	41	10	369	88
	12	35	2,5	367,5	89

11 Beobacht. Summa. excl. No. 8.

Mittel

4048,5

368,05

1041

94,6

- 5,3 = 89,3

Am 2ten September.

Ver- suchs- reihe.	No.	1te Hem- mung.	2te Hem- mung.	Fallzeit.	Fallhöhe. Millimeter	Anmerkungen.
		Tertien.				
III.	1	61	26	365	113,5	Das Abbrechen des Stockes be- trug $43,3$ mm
	2	7	50,5	363,5	115,0	
	3	18	63	365	115,0	
	4	24,5	71,5	367	115,0	
	5	73,5	37,5	364	111,0	
	6	50	16	366	111,0	
	7	22,5	74	371,5	112,0	schlecht.
	8	10	55	365	115,5	
	9	63	27	364	113,5	
	10	30	74	364	118,0	
	11	51	16	365	117,0	
	12	19	66	367	112,0	

11 Beobacht. Summa, excl. No. 7.

4015,5

1256,5

Mittel

365,05

114,2

 $43,3 = 70,3$ mm

Bei der letzten Reihe schlug das Pendel der Uhr weniger aus, weil, wie sich nachher fand, ein Zapfen von der feuchten Grubenluft etwas angelaufen. Daher ist die Fallzeit kleiner gefunden worden, dagegen ist sie in der 2ten Reihe offenbar zu gross.

Aus diesen 4 Reihen ergibt sich der mittlere Werth = 366,54 Tertien, mit einem wahrscheinlichen Fehler = 0,72 Tertien; ein ziemlich ungünstiges Resultat, was von der grossen Differenz der 2ten und 4ten Reihe herrührt und vermuthlich etwas zu klein ist, weil die an sich gute 4te Reihe bei der Bestimmung des Endresultats das grösste Gewicht erhält, selbst aber, aus dem oben angegebenen Grunde, zu kleine Werthe hat.

Die Fallzeit ist daher $366,54 - 8,76 = 357,78$ Tertien = t .

Die dazu gehörigen Fallhöhen erhält man hinlänglich genau, wenn man aus den Fallhöhen der einzelnen Kugeln das arithmetische Mittel nimmt,

$$= 158,4907 - 0,0866 = 158,4041$$

oder, auf 0° reducirt, und wegen der spätern Messung um 0,061 verringert, $= h = 158,4265$.

Es war aber die mittlere Höhe, bei den grössern Abweichungskugeln $= 158,5053$ oder nach derselben Reduction $= h' = 158,5278$, für welche man hinlänglich genau die Fallzeit $= T'$ erhält, wenn man setzt

$$T' = t \sqrt{\frac{h'}{h}} = 357,78 \sqrt{\frac{158,5278}{158,4265}} = 357,89 \text{ Tertien.}$$

β. kleine Zinnkugeln,

Am 8ten September.

Der Einfluss der Erniedrigung des Stockes durchs Abrichten, und der kleinern Kugeln auf die Fallhöhe betrug heute 20,7.

Versuchsreihe.	No.	1te Hemmung.	2te Hemmung.	Fallzeit.	Breithöhe.	Anmerkungen.
		Tertien.			Millimeter	
I.	1	14	61	367	107	schlecht.
	2	30	3,5	373,5	103	
	3	2	50	368	103	
	4	14	64,5	370,5	103	
	5	64	37	373	107	
	6	64,5	32	367,5	99	
	7	9	59	370	104	
	8	24	76	372	109	
	9	53	21,5	366,5	105	
	10	80	47	367	105	
	11	69	40	371	107	
	12	67	32	365	105	
	13	50	15	366	108	
	14	42	12	370	106	
	15	35	7	372	105	
	16	48	14	366	104	
	17	15	61	366	108	
	18	63	35	372	109	
	19	6,5	54	367,5	108	
	20	0	62,5	382,5	108	schlecht.
	24	5	57	372	108	
19 Beobacht. Summa excl. N. 2. u. 20				7008	2007	
Mittel				368,84	105,6	20,7 = 84,9

Versuchsreihe.	No.	1te Hemmung.	2te Hemmung.	Fallzeit.	Breithöhe.	Anmerkungen.
		Tertien.			Millimeter	
II.	1	55	38	383	86	schlecht, wegen schwachen Lichts.
	2	76	47	371	96	
	3	61	29	368	95	
	4	71	46	375	96	
	5	75,5	46,5	371	104	
	6	67,5	41	373,5	93	
	7	67	35	368	94	
	8	65	34	369	99	
	9	32	80	368	99	
	10	63	31	368	104	
	11	32	1,5	369,5	111	
	12	0,5	52,5	372	103	
	13	51	23	372	108	
	14	33	3	370	95	
	15	68	39	371	103	
	16	35	10	375	99	
	17	4	61	377	102	
	18	60	29	369	102	
17 Beobacht. Summa. excl. No. 1.				6307	1703	

$$\text{Mittel} = 371 \quad | \quad 100 - 20,7 = 79,3^{\text{mm}}$$

Aus beiden Reihen ergibt sich der mittlere Werth = 369,87 Tertien, mit einem wahrscheinlichen Fehler = 0,51 Tertien, auch grösser, als er bei ganz guten Beobachtungen sein sollte, wovon hier der Grund in einiger Abgespanntheit des Beobachters, und daraus entspringenden zu grossen Differenzen in den einzelnen Beobachtungen liegt.

Die Fallzeit für die kleinen Kugeln ist nun = $369,87 - 8,76 = 361,11$ Tertien = t , bei einer Fallhöhe = $158,4907 - 0,0823 = 158,4084$, auf 0°C reducirt, = $158,6843$. Die kleinern Zinnkugeln, die zu Bestimmung der Abweichung gebraucht wurden, fielen im Mit-

tel von einer Höhe = $158,5282$, auf 0° C reducirt, = $158,5507$;
daherfür diese Höhe ihre Fallzeit

$$T'' = 361,11 \cdot \sqrt{\frac{158,5507}{158,4308}} = 361,25 \text{ Tertian.}$$

Verbindet man die Resultate für die Fallzeit der grossen und kleinen Kugeln, so erhält man für die mittlere Fallzeit der Zinnkugeln überhaupt

$$T''' = 360,59 \text{ Tertian.}$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler = $0,34$ Tertian.

Diese Grösse T''' ist zu gebrauchen, um die erhaltene Abweichung vom Lothpunkte mit der Theorie zu vergleichen.

b.) Bleikugeln.

Am 22sten August.

Versuchsreihe.	No.	1te Hemmung.	2te Hemmung.	Fallzeit.	Breithöhe.	Anmerkungen.
		Fallzeit.			Millimeter	
I.	1	68	39	371	Durchschnitt 103,4.	schlecht.
	2	76	52	376		
	3	33	4	371		
	4	31	78	367		
	5	49	35	386		
	6	30	79	369		
	7	35	6	371		
	8	3	47	364		
	9	37,5	5	367,5		
	10	30	78,5	368,5		
	11	13	70	377		
	12	49,5	21,5	372		
11 Beobacht. Summa, excl. No. 5.				4074		
Mittel				370,36	103,4	

Am 23sten August.

Ver- stüch- reihe.	No.	1te Hem- mung.	2te Hem- mung.	Fallzeit.	Breithöhe.	Anmerkungen.
		Tertien.			Millimeter	
II.	1	79	53	374	102,0	
	2	29	75	366	84,0	
	3	28	71	363	84,0	
3 Beobachtungen. Summa.				1103	270,0	
Mittel				367,67	90,0	

Am 24sten August. Die Erniedrigung des Stocks durchs
Abrichten betrug heute $5,3^{mm}$.

III.	1	18	64	366	93	
	2	71,5	35	363,5	87	
	3	11	54,5	363,5	92	
	4	3,5	46	362,5	88	strich in der Lotte unten an.
	5	78	42	364	90	
	6	50	16,5	366,5	88	strich unten an.
6 Beobachtungen. Summa.				2186	538	
Mittel				364,33	89,7 — $5,3 = 84,3^{mm}$	

Am 2ten September, als der Stock $43,3^{mm}$ erniedrigt war.

III.	1	—	—	—	—	verfehlt.
	2	45	6,5	361,5	112,0	
	3	1,5	49	361,5	113,0	
2 Beobachtungen. Summa.				723	225,0	
Mittel				361,50	112,5 — $43,3 = 69,3^{mm}$	

Am 8ten September, bei 20,7^{mm} Stockerniedrigung.

Versuchsreihe.	No.	1te Hemmung.	2te Hemmung.	Fallzeit.	Breithöhe.	Anmerkungen.
		Tertien.			Millimeter	
V.	1	15	59	364	10,5	
	2	34	80	366	102	
	3	80	54	374	99	schlecht.
2 Beobacht. Summa. excl. No. 3.				730	207	
Mittel				365	103,5 — 20,7 = 82, ^m ₈	

Mittel aus III und V. 363,25.

Daraus die beobachtete Fallzeit = 364,61 Tertien, mit einem wahrscheinlichen Fehler = 0,53 Tertien; für die wirkliche Fallzeit erhält man daher $364,61 - 8,76 = 355,85$ Tertien für eine mittlere Fallhöhe = $158,4907 - 0,1013 = 158,3894$ bei +17,012° C des eisernen Meters gemessen, also für 0° C und um 0,0081 vermindert, bei der Fallhöhe = 158,4118.

c.) Grosse Elfenbeinkugel.

Die Uhr machte bei ihr und den folgenden kleinen Elfenbeinkugeln 5 volle Umgänge, es sind daher 400 Tertien zu der Differenz bei der Hemmungen hinzu zu addiren.

Datum	No.	1te Hem- mung.	2te Hem- mung. Tertien.	Fallzeit.	Brethöhe. Millimeter	Anmerkungen.
24 Aug.	1	33,5	49	415,5	82	- 5,3 = 76,7 ^{mm}
2 Septbr.	2	5	21	416	99	+ 43,3 = 55,7 ^{mm}
-	3	75	14,5	419,5	96,5	- 43,3 = 53,2
8 -	4	18	40	422	87	- 20,7 = 66,3
-	5	58	70	412	83	- 20,7 = 62,3
-	6	58	73	415	85	- 20,7 = 64,3
6 Beobachtungen. Summa.				2500	378,5	
Mittel				416,67	63,1	

Also Fallzeit = $461,67 - 8,76 = 407,91$ Tertien = 7^{N} mit einem wahrscheinlichen Fehler = $0,89$ Tertien, bei einer Fallhöhe = $158,4907^{\text{m}}$ — $0,0631 = 158,4276$, oder auf 0°C reducirt = $158,4500$.

d.) Kleine Elfenbeinkugeln.

Datum.	No.	1te Hem-	2te Hem-	Fallzeit.	Brethöhe.	Anmerkungen.
		mung.	mung.		_____	
Tertien.				_____	Millimeter	
24. Aug.	1	43	77	434	74	— 5,3 = 68,7 ^{mm}
-	2	38	66,5	428,5	78	— 5,3 = 72,7
2 Sept.	3	45,5	73,5	428	99	— 43,3 = 55,7
-	4	30,5	77	446,5	99	schlecht
-	5	21	46	425	100	— 43,3 = 56,7
-	6	25	58	433	100	— 43,3 = 56,7
8.	7	71	22	431	84	— 20,7 = 63,3
-	8	49	77,5	428,5	89	— 20,7 = 68,3
-	9	53	6,5	433,5	88	— 20,7 = 67,3
-	10	60	10,5	430,5	75	— 20,7 = 54,3
-	11	17	48,5	431,5	86	— 20,7 = 65,3
-	12	68	13	425	83	— 20,7 = 62,3
11 Beobacht. Summa. excl. No. 4.				4728,5	691,3	
Mittel				429,86	62,8	

Daher die Fallzeit = $7^{\text{VI}} = 429,86 - 8,76 = 421,10$ Tertien, mit einem wahrscheinlichen Fehler = $0,61$ Tertien, und bei einer Fallhöhe = $158,4907^{\text{m}}$ — $0,0628 = 158,4279$; oder auf 0°C reducirt = $158,4503$.

D.) Die Abweichung von der Lothlinie.

1te Reihe am 23sten, 24ten und 25sten August.

Grosse Kugeln, mit Draht in der Zange aufgehängt.

Am 23sten liess man die erste Kugel fallen, bei $158,4907^{\text{m}}$ nicht reducirter Fallhöhe; am 24sten die 2te bis 6te, und am 25sten die 7te bis 23ste Kugel bei $158,4960^{\text{m}}$ Fallhöhe.

Die vorletzte Röhrik giebt an, ob sich der bewegliche Theil der Zange nach Süd, S., oder nach Nord, N., öffnete.

Die Zange wurde möglichst vorsichtig mit der Hand aufgedrückt.

Die Kugeln waren anfänglich ganz neu.

No.	Bezeichnung der Kugel	e		d	E		d	e		d	E		Zange nach	Anmerkungen.
		südlich	nördlich		südlich	nördlich		westlich	östlich		westlich	östlich		
Millimeter.														
1	I	—	+47,3	29,0	—	61,8	—	—	+24,1	29,2	38,7	—	S	Von jetzt an wurde die Öffnung, durch welche der Raden ging, mit einem geschloßenen Papier und Insekt geschlossen. Von jetzt an wurde die Kugel schon vor dem Schließen der Zange möglichst zur Ruhe gelassen, das Schließen aber sehr allmählig bewerkstelligt. Die Kugel hing 2 Stunden lang, und war dennoch beim Abfallen nicht völlig ruhig. streich in der Lörte an.
2	I	—	—	32,2	6,3	5,05	—	—	+33,2	32,2	40,3	—	S	
3	II	—10,7	—9,8	31,5	62,8	—	—	+20,6	—	33,1	37,15	—	S	
4	III	+47,8	—	30,0	6,65	—	—	+45,6	—	30,3	60,75	—	S	
5	III	+68,35	—9,9	33,1	83,6	—	—	—	+31,1	34,0	48,1	—	S	
6	V	—	+86,8	32,0	—	102,8	—	+25,4	—	30,7	40,75	—	S	
7	VI	—	+40,7	32,5	—	56,95	—	—	+22,5	30,4	179,0	—	S	
8	VII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,7	—	N	
9	VIII	—	+107,9	30,4	—	123,1	—	+3,7	—	30,1	—	18,75	N	
10	VIII	—5,3	—	35,5	—	12,45	—	+20,0	—	33,9	—	36,95	N	
11	X	+5,8	—	31,0	21,3	—	—	—	+52,9	33,1	69,45	—	N	
12	XI	—	—4,2	31,6	11,6	—	—	—	—	33,7	—	5,55	N	
13	XII	+68,8	—	30,7	84,15	—	—	+62,6	—	28,9	—	77,05	N	
14	I	+3,5	—	32,3	19,65	—	—	—	+42,5	35,6	60,3	—	N	
15	II	+65,1	—	29,5	79,85	—	—	—	+5,6	30,25	—	9,52	N	
16	III	+1,5	—	34,0	18,5	—	—	—	+45,1	37,2	63,7	—	N	
17	III	—	+10,8	31,4	—	26,5	—	—	+8,9	31,0	—	6,6	N	
18	V	+79,2	—	32,0	95,2	—	—	—	+53,3	31,3	74,95	—	N	
19	VI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	S	
20	VII	+69,0	—	32,0	85,0	—	—	—	—	34,9	—	12,85	S	
21	VIII	—	+35,8	32,2	—	51,9	—	—	+4,6	31,4	52,7	—	S	
22	VIII	+107,9	—	30,2	123,0	—	—	—	+35,5	30,6	—	4,5	S	
23	X	—	+85,2	29,5	—	109,95	—	—	+3,8	31,5	19,55	—	S	
Summa 22 Beobachtungen		697,6	550,5	—	—	—	—	—	—	698,45	310,42	—		

Diese Abweichungen sind alle von dem Lothpuncte weg gemessen worden, welcher bei dem mit S bezeichneten Stande der Zange bestimmt worden ist. — Wir fanden später, dass, wenn sich die Zange nach Nord öffnete, also bei ihrem mit N bezeichneten Stande, der Lothpunct zwar weder südlich noch nördlich, — dagegen aber 0.56^{mm} östlich vom vorigen fiel; es sind daher bei allen Kugeln, bei denen die Zange nach Nord sich öffnete, 0.56^{mm} von den östlichen Abweichungen abzuziehen, und zu den westlichen hinzurechnen; man erhält daher

Summa 22 Beobachtungen. 697,6 S. 550,5 N. 690,65 O. 313,78 W.
in Millimetern.

2te Reihe am 27ten August,
grosse Zinnkugeln, an Hanffäden in die Zange gehängt, die Lotte überall luftdicht verschlossen, die Zange durch eine Schraube geöffnet. Die Kugel wurde während des langsamen Herausgleitens ihres Fadens aus der Zange durch das Mikroskop beobachtet, und nahm zuweilen eine geringe, um eine verticale Axe drehende, Bewegung an.
Nicht reducirte Fallhöhe = 138,5149.

No.	Riegel.	E		d	E		d	E		Zan-ge	Anmerkungen.	
		südlich	nördlich		südlich	nördlich		südlich	westlich			
Millimeter.												
1	II	-4,2	-	31,7	-	11,65	-6,6	-	32,7	-	9,75	S
2	I	-9,0	-	32,6	-	7,3	+45,1	-	32,8	6,5	-	S
3	V	-	+114,3	30,0	-	129,3	+100,8	-	31,5	11,35	-	S
4	III	0	+81,8	31,5	-	97,55	-	+49,9	30,9	-	65,35	S
5	III	-	-	31,2	15,6	-	-2,6	-	34,0	-	14,4	S
6	VI	+168,0	-	32,7	181,35	-	+69,8	-	32,0	75,8	-	S
7	VII	+155,3	-	31,6	141,1	-	+73,5	-	29,2	88,1	-	N
8	VIII	+72,3	-	33,0	88,8	-	+103,8	-	30,7	119,15	-	N
9	X	+46,2	-2,4	32,5	3,85	-	+0,6	-	32,1	16,65	-	N
10	XI	-	-4,3	33,9	65,15	-	+69,5	-	32,7	105,85	-	N
11	XI	-	-4,1	32,3	11,85	-	+21,5	-	32,9	41,15	-	N
12	XI	-	-	31,6	11,7	-	+71,1	-	31,8	90,0	-	N
Ziemlich starke, doch langsame Drehung beim Öffnen.												
Die Kugel fiel mit dem Aufhängepunkte auf, wobei ihr Holzrücken tief hineingetrieben wurde.												

Hier ist bei den Beobachtungen mit N. dieselbe Correction in Bezug auf die östlichen und westlichen Abweichungen vorzunehmen wie oben und man erhält daher

Summa 12 Beobachtungen 522,48. 245,8 N. 565,51 O. 237,62 W. in Millimetern.

3te Reihe am 29sten August

grosse Zinnkugeln an geplätteten Pferdehaaren in die Zange gehängt, und zwar das Haar etwas länger gemacht, als die frühern Fäden, die so kurz gewesen, als ohne Gefahr des Anstossens der Kugel an die obere Platte möglich war.

Öffnen die Zange mit der Schraube.

Die Fallhöhe wiederum $158,5140^m$.

Wir versuchten bei jeder gefallenen Kugel den Punct aufzusuchen, in welchem sie zuerst aufgeschlagen war, und dadurch die Drehung um eine horizontale Axe zu bestimmen; was jedoch, wegen wieder zum Theil verwischten Randes der aufgetriebenen dünnen Inselflage, nicht immer sehr deutlich zu erlangen stand. Die Resultate sind in der vorletzten Columnne in ohngefähr geschätzten Graden enthalten; da die Mehrzahl kleiner als 90° ist, so ist es wahrscheinlich, dass keine mehrmalige ganze Umdrehung statt gefunden hat.

No.	Kugel	°				E				°				Zahl	Dre- hung	Anmerkungen.
		südlich	nörd- lich	d	südlich	nörd- lich	östlich	west- lich	d	östlich	west- lich					
Millimeter.																
1	I	-	+70,9	30,2	-	86,0	+2,0	-	31,1	17,55	-	N	0°	Die Kugel gleitete lang- sam herab, kommt ins Dre- hen, wird wieder ruhig, und fällt dann ab. Dreht sich langsam spie- gelförmig aus der Zange. Von jetzt an wurde das Haar noch knapper als her- vor über der Zange abge- schritten, und die Kugeln fielen, in der Kugel, ab, ohne dass man ihr herab- gleiten aus der Zange beob- achten konnte.		
2	II	-	+113,6	30,2	-	129,7	+33,4	-	34,2	49,0	-	N	90°			
3	III	+25,45	-	32,2	41,55	-	-	+63,8	32,7	-	80,15	N	180°			
4	4	-10,0	-	32,4	-	6,2	-	+42,0	33,2	-	58,6	N	25°			
5	V	+82,7	-	29,7	97,55	-	+30,7	-	32,2	66,8	-	N	45°			
6	6	-	+63,8	32,0	-	79,8	+13,0	-	32,6	29,3	-	N	75°			
7	VII	+17,7	-	30,6	33,0	-	+8,3	-	33,3	24,95	-	S	0°			
8	VIII	+22,8	-	33,3	39,45	-	+13,0	-	35,8	30,9	-	S	15°			
9	VIII	-	+114,4	30,5	-	129,65	+43,8	-	34,3	60,95	-	S	135°			
10	X	+49,8	-	31,4	65,5	-	+46,6	-	30,5	-	61,85	S	0°			
11	XI	+10,6	-	31,7	26,45	-	+24,4	-	34,4	41,6	-	S	15°			
12	XII	+95,3	-	30,5	110,55	-	+63,7	-	30,7	79,05	-	S	165°			

Ganz geringes Drehen vor
dem Abfallen.

Die Kugel gleitete lang-
sam herab, kommt ins Dre-
hungs-Riefenröhrling, und
Gefäß dann ab.
Dreht sich langsam epi-
zyklisch um der Zange.
Von jetzt an wurde das
Hauptstück der Zange epi-
zyklisch, und die Kugel ab-
gelesen, in der Regel, ab-
gelesen, dass man ihr brenn-
endes konnte.

Ganz geringes Drehen vor
dem Abkühlen.

Summa 12 Beobachtungen 414,65 430,35 - - - 400,1 200,6 - -
Auch hier ist für den Stand N der Zange die obige Correction anzubringen, weshalb man erhält
Summa 12 Beobachtungen 414,05 S 430,35 N 397,86 O 201,72 W in Millimetern.

4te Reihe am 1ten September.
 Kleine massive Zinnkugeln durch den Ring a oder b. Fallhöhe nicht reducirt = 158,^m₅₅₉₃

No.	Kugel	Ring	°				°				Anmerkungen.		
			südlich		nördlich		südlich		nördlich				
			Millimeter.		d		E		d				
1	a III	a	+ 30,7	—	27,7	44,55	—	—	+ 29,0	28,3	—	43,15	Das Zeichen a setzt das + im Zeichen, weil die Kugel ausserdem nicht durchfiel.
2	a V	a	—	+ 16,0	29,3	—	30,65	+ 77,4	—	27,0	90,9	—	
3	a I	b	— 11,4	—	31,4	—	2,6	+ 42,6	—	28,0	56,6	—	
4	a II	b	+ 49,3	—	27,1	62,85	—	+ 58,2	—	28,9	72,65	—	Der Ring im 180° gedreht.
5	b II	b	—	+ 16,4	29,3	—	31,05	—	+ 30,0	30,9	—	45,45	
6	b III	b	— 13,1	—	27,7	—	0,75	—	— 7,3	22,1	3,75	—	
7	a III	b	+ 56,0	—	28,1	70,05	—	+ 7,7	—	30,2	22,8	—	Man hätte die Kugel aus dem Ringe gleiten. Manne etwas verwendet werden, um durch den Ring zu gehen.
8	a III	b	+ 58,4	—	28,3	72,55	—	+ 35,4	—	28,7	49,75	—	
9	b I	b	—	+ 3,7	25,7	—	16,55	+ 134,4	—	24,4	146,6	—	
10	a I	b	+ 14,5	—	26,4	27,7	—	+ 31,1	—	30,0	46,1	—	Manne etwas verwendet werden, weil sie ausserdem auch warm hindurchfiel. — Das Führen des Kessels war noch nicht geschlossen als sie abfiel. Der Ring wieder in der ersten Lage.
11	a II	b	—	— 0,5	28,6	13,8	—	+ 78,9	—	28,0	92,9	—	
12	b II	b	+ 18,9	—	28,5	33,15	—	+ 44,3	—	31,7	60,15	—	
13	b III	b	—	— 12,9	28,1	1,15	—	+ 20,1	—	27,6	33,9	—	Manne verwendet aufgelegt werden.
14	b III	b	—	+ 11,4	30,5	—	26,65	+ 79,6	—	29,5	91,35	—	
15	b I	b	— 6,6	—	29,8	—	8,3	+ 53,0	—	29,7	67,85	—	
16	a III	b	+ 7,2	—	31,4	—	22,9	+ 23,0	—	31,4	—	38,7	
17	a III	b	—	—	30,4	19,6	—	+ 70,8	—	30,0	85,8	—	
18	b I	b	+ 5,4	—	27,0	18,9	—	+ 22,0	—	30,7	37,35	—	
Summa 16 Beobachtungen			361,3	139,45	—	—	—	—	—	961,45	127,3	Eine Correction ist hier nicht an-	

5te Reihe am 6ten September.

Kleine massive Zinnkugeln, durch den Ring *a*, *b* oder *c*.

Nicht reducirte Fallhöhe = $158,51825^m$.

Es wurde auch die Tageszeit des Falles jeder einzelnen Kugel notirt, und findet sich in der 4ten Columnne angegeben.

Die Abweichungen wurden nach dem zuerst angegebenen Lothpuncte gemessen, der heutige lag aber nach einer spätern Bestimmung $1,75^m$ östlich und $2,2^m$ nördlich davon; es sind daher alle östlichen Abweichungen um $1,75$ zu vermindern, alle westlichen um so viel zu vermehren; die nördlichen um $2,2$ zu vermindern, die südlichen um so viel zu vermehren.

No.	Kugel	Ring	Tages- zeit	e		d	E		e		d	E		Anmerkungen.
				süd- lich	nörd- lich		süd- lich	nörd- lich	östlich	west- lich		östlich	west- lich	
Millimeter.														
1	a V	a	9h 5/M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	} Tragen an dem vorgeschobe- nen Mikroskop an.
2	a VI	a	9.18-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	a VII	a	9.25-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	a VIII	a	9.35-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	a VIII	a	9.52-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	a X	a	10. 9-	+34,5	+59,3	24,8	47,4	—	—	—	—	—	—	Der Ring um 180° gedreht.
7	b II	a	10.39-	+1,7	—	25,8	14,9	—	—	—	—	—	—	
8	b III	a	10.44-	—	—	25,8	—	—	—	—	—	—	—	
9	a III	b	11. 1-	—	+86,5	27,3	—	—	—	—	—	—	—	
10	b I	b	11.14-	+4,8	+6,8	28,2	18,9	20,45	+15,6	—	—	—	—	
11	a II	b	11.29-	0	—	26,4	13,2	—	+80,9	—	—	—	—	Der Ring um 180° gedreht; fiel schnell ab.
12	b III	b	11.51-	+48,2	—	27,8	62,1	—	—	—	—	—	—	
13	b III	b	12. 0-	+1,0	—	25,7	—	—	+47,8	29,4	62,5	—	—	
14	b VI	c	12.14 A	+21,0	—	29,5	35,75	—	+54,6	29,1	69,15	—	—	
15	c I	c	12.32-	—	+24,8	27,0	—	—	+27,3	30,4	42,5	—	—	
16	c II	c	12.45-	—	—	21,3	—	—	—	28,8	—	—	34,4	desgleichen. fiel schnell ab. Eben so; die Kugel musste etwas verändert aufgelegt werden.
17	c III	c	1. 6-	—	+5,6	27,8	—	—	+20,0	32,5	32,95	—	—	
18	b VIII	c	1.26-	+12,1	—	28,8	26,5	—	+16,7	32,5	32,95	—	—	
19	a V	a	1.43-	—	—	27,4	—	—	—	29,1	—	—	—	
20	a X	a	2. 5-	+10,0	—	25,8	—	—	+43,4	30,3	58,15	—	—	
21	a VIII	a	2.21-	—	—	27,7	—	—	+4,0	32,0	61,4	—	—	Der Ring um 180° gedreht. Die Kugel fiel schnell ab. fiel sehr schnell ab.
22	a VII	a	2.33-	+10,3	—	29,8	—	—	—	30,0	12,8	—	—	
23	?	?	2.45-	+21,1	—	27,6	—	—	+40,0	30,0	55,0	—	—	
Summa 21 Beobachtungen excl. No. 1 u. 2.														
243,95 455,85 — — — 776,05 129,7														

Mit Berücksichtigung obiger Correction erhält man

Summa 21 Beobachtungen. 261,55 S. 427,25 N. 748,05 O. 138,45 W.

6te Reihe am 7ten September.

Kleine Kugeln, mittelst eingeschraubter Oehre mit Pferdehaaren in die Zange gehängt. — Der Lothpunct war für den Stand S. der Zange bestimmt, und für den Stand N. ist die oben erwähnte Correction bei den einzelnen Beobachtungen in folgender Tabelle sofort schon angebracht.

Nicht reduzierte Fallhöhe = 158,5114.

No.	Kugel.	Tags-zeit.	e		d	E		e		d	E		Zange.	Anmerkungen.
			südlich	nördlich		südlich	nördlich	östlich	westlich		östlich	westlich		
1	a V	12h50/A	—	+84,4	25,6	—	97,2	+27,24	—	27,7	41,09	—	N	
2	a VII	1.10-	+5,8	+25,5	26,2	66,9	—	—	+127,96	27,7	—	141,81	N	
3	a VI	1.20-	—	+26,5	28,2	—	39,6	—	+30,16	30,3	—	45,31	N	
4	b II	1.30-	—	+13,2	28,0	—	27,2	—	4,36	30,0	10,79	—	N	
5	c I	1.50-	—	+89,4	30,7	—	104,75	—	—	29,0	—	—	N	
6	c III	2.12-	—	+134,0	27,1	—	147,55	+3,84	+120,16	26,7	47,19	134,66	N	
7	c VII	2.27-	—	—	28,6	3,0	—	+113,24	—	27,9	127,19	—	N	
8	b VII	2.38-	—	—	26,8	—	—	—	—	29,6	68,24	—	N	
9	a I	2.54-	+4,5	—	28,4	25,4	8,9	+53,44	—	27,8	99,64	—	N	
10	a X	3.4-	+11,2	+117,8	26,0	—	—	+85,74	—	27,8	57,94	—	N	
11	b I	3.21-	+104,3	—	27,2	117,9	130,8	+44,04	—	28,4	29,6	—	S	Dreht sich beim Abfallen um eine vertikale Axe.
12	a III	3.45-	+180,0	—	27,6	19,8	—	+15,4	—	27,8	94,4	—	S	
13	b III	4.4-	+104,6	—	26,7	117,95	—	+80,5	—	26,1	48,65	—	S	
14	a VIII	4.20-	+20,3	+101,1	27,4	34,2	—	+18,5	—	27,8	32,4	—	S	
15	b VIII	4.31-	—	—	27,8	8,1	—	+15,8	—	30,3	—	30,95	S	Dreht sich langsam aus der Zange.
16	b VI	4.50-	—	—	25,8	—	—	—	—	30,0	15,0	—	S	
17	b VII	5.5-	—	—	27,7	—	—	—	—	29,3	57,85	—	S	
18	a II	5.19-	—	+8,1	26,8	—	21,95	+43,2	—	27,2	—	—	S	
19	a III	5.30-	+91,0	+117,5	26,0	104,0	130,9	—	+6,3	27,8	—	19,9	S	Dreht sich vor dem Abfallen um eine vertikale Axe.
20	c II	5.45-	—	+17,9	30,0	—	3,9	—	+149,4	29,0	3,8	163,3	S	
21	a VII	6.6-	—	+137,2	28,0	—	151,2	+14,0	—	26,0	27,0	—	S	
Summe 21 Beobachtungen			—	671,25	1007,6	—	—	—	—	—	760,78	535,93		

Auf Tafel V Figur 3 sind alle Punkte zusammengestellt, auf welche die einzelnen Kugeln fielen, nach, zur Hälfte der wirklichen Dimensionen, verjüngtem Maasstabe.

Verbindet man die in diesen 6 Reihen erhaltenen Resultate nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung, bei den einzelnen Angaben die erwähnten Correctionen wegen veränderten Lothpunctes berücksichtigend, und nennt man

die Anzahl der Versuche jeder Reihe, so wie die der Reihen $= N$.

die östliche Abweichung $= X$.

die südliche Abweichung $= Y$.

den Werth jeder Reihe, so wie den des Endresultats $= P$.

den wahrscheinlichsten Fehler jeder Reihe, so wie den des Endresultats $= F$.

den wahrscheinlichsten Fehler jeder einzelnen Beobachtung $= f$.

so erhält man

Für die östliche Abweichung.

Versuchsreihe	N.	X.	P.	F.	f.
		Millimeter		Millimeter	
1te am 23, 24 u. 25. Aug.	22	+ 27,130	0,00350162	8,06	37,80
2te - 27sten August	12	+ 27,324	0,00116555	13,97	48,39
3te - 29sten —	12	+ 16,345	0,00226764	10,02	34,69
4te - 1ten September	18	+ 46,342	0,00353716	8,02	34,02
5te - 6ten —	21	+ 29,029	0,00648120	5,92	27,15
6te - 7ten —	21	+ 10,698	0,00181397	11,20	51,32
Hauptresultat	6 Reihen	+ 28,282	0,031124	2,703	

Für die südliche Abweichung.

Versuchsreihe	N.	Y.	P.	F.	f.
		Millimeter		Millimeter	
1te am 23, 24 u. 25. Aug.	22	+ 6,686	0,002311953	9,92	46,52
2te - 27sten August	12	+ 23,050	0,000831337	16,54	57,30
3te - 29sten —	12	- 1,358	0,000920104	15,72	54,47
4te - 1ten September	18	+ 12,492	0,008271970	5,24	22,25
5te - 6ten —	21	- 7,881	0,006195635	6,06	27,77
6te - 7ten —	21	- 16,017	0,001139191	14,13	64,75
Hauptresultat	6 Reihen	+ 5,061	0,0311992	2,700	

Die Güte der Beobachtungen der einzelnen Reihen lässt sich am leichtesten aus den Werthen von f übersehen, und es zeigt sich offenbar, dass

1.) in der 1ten, 2ten, 3ten und 6ten Reihe, bei welchen die Zange angewendet wurde, die Bestimmung der südlichen Abweichung unsicherer ist, als die der östlichen, vermuthlich, weil das Oeffnen der Zange, welches ohngefähr im Meridiane geschah, von nachtheiligem Einflusse war.

2.) die grossen Kugeln der 1ten, 2ten und 3ten Reihe besser fielen, als die kleinen der 6ten.

3.) die Kugeln durch den Ring, in der 4ten und 5ten Reihe, obwohl sie auch kleine waren, bessere Resultate gaben, als die aus der Zange.

Dass aber

4.) die Kugeln durch den Ring, der 4ten und 5ten Reihe, in der Richtung des Meridians etwas bessere Resultate gegeben haben, als senkrecht darauf, scheint nur zufällig zu sein; es ist jedoch die Ursache, dass F für beide Richtungen im Hauptresultate gleich gross ausfällt.

Weil die Mittagslinie um $1^{\circ}23'22''$ nach *NW.* falsch angegeben war, so sind die erhaltenen Endresultate danach zu corrigiren und geben definitiv

28,396 Millimeter östliche, und
4,374 — südliche

Abweichung vom Lothpuncte.

Was die letztere betrifft, so übersteigt ihre Grösse den wahrscheinlichen Fehler nicht genug, um sie ausser allen Zweifel zu setzen, man sieht sich aber genöthigt, Henzenbergs Worte (s. a. O. pag. 359.) zu wiederholen: „sonderbar bleibt doch immer diese Tendenz der Fehler nach Süden.“

Die Fallhöhe kann genau genug durch das arithmetische Mittel bestimmt werden, es fielen nemlich

1 Kugel von	158,4907	Meter Höhe,
21 Kugeln -	158,4960	-
24 - -	158,5140	-
18 - -	158,5593	-
21 - -	158,51825	-
21 - -	158,5114	-

daher im Mittel 158,51823 Meter Höhe, bei $+17,^{\circ}12' C$

und bei 0° C und wegen einer aus dem Abrichten des Stockes herleitbaren Höhendifferenz um 0,0081 vermindert, (s. S. 20) die mittlere Fallhöhe
 $\approx 158,5407$ Meter.

Um die erhaltene östliche Abweichung mit der Theorie zu vergleichen, hat man, nach Olbers Formel (siehe Benzenberg pag. 382.) von welcher die von Gauss (a. a. O. pag. 371.) nur im Ausdrucke abweicht

$$X = \frac{4 \pi \cos. \varphi. T'''}{3. \tau} \cdot (a - \frac{1}{2} \delta)$$

wo a die Fallhöhe $= 158,5407$, dann

$$a' = g'. T'''^2 = 4,90439. \frac{360,59^2}{3600.} = 177,1372.$$

$$\delta = a' - a = 177,1372 - 158,5407 = 18,5965.$$

so wie

$$\tau = \text{der Zeit eines Sterntages} = 86400. \frac{365}{366} \cdot 60 \text{ Tertien} \\ = 86164. 60 \text{ Tertien;}$$

$$X = \frac{4. \pi. \cos. 50^\circ 53' 22,81. 360,59}{3. 86164. 60.} \cdot (158,5407 - 9,2982)$$

Meter.

$$= \frac{4. \pi. \cos. 50^\circ 53' 22,81. 360,59}{3. 86164. 60.} \cdot 149242,5 \text{ Millimeter}$$

$$= 27,512 \text{ Millimeter,}$$

welche Grösse vom erhaltenen Resultate nur um 0,770 Millimeter, also um weit weniger, als die Grösse des wahrscheinlichen Fehlers übertroffen wird.

E.) Die von den Kugeln auf dem Stocke bewirkten Eindrücke.

Die Beschaffenheit dieser Eindrücke verdient allerdings einiger Erwähnung. Sie waren fast ohne Ausnahme oval, und zwar fiel jederzeit ihre grosse Axe mit dem Radius der Jahrringe des Holzes zusammen, und es bestätigte sich hierdurch die bekannte Erfahrung, dass das Holz in der Richtung seiner Radien weniger Festigkeit hat, als in der Richtung der Jahressringe. Zugleich zeigte sich in der Mitte des Eindrucks ein rechteckiger Raum mit abgerundeten Ecken, wel-

cher tiefer als der übrige, und von demselben ziemlich scharf getrennt war. Am 27sten August wurden die Dimensionen von 4 solchen Eindrücken genauer gemessen, es war nach Tafel V Figur 1, welche den Eindruck der ersten Kugel darstellt:

	<i>ab</i>	<i>cd</i>	<i>ef</i>	<i>gh</i>	<i>ik</i>
bei der 1ten	34.	30,5.	20,7.	12.	6,7 Millimeter.
- - 2ten	32,2.	30,8.	23,2.	14.	7,0
- - 3ten	31,5.	30,0.	19,8.	12,0.	4,3
- - 4ten	32,0.	32,0.	16,0.	12,5.	7,0

und *mk* variierte zwischen 4 und 5 Millimeter.

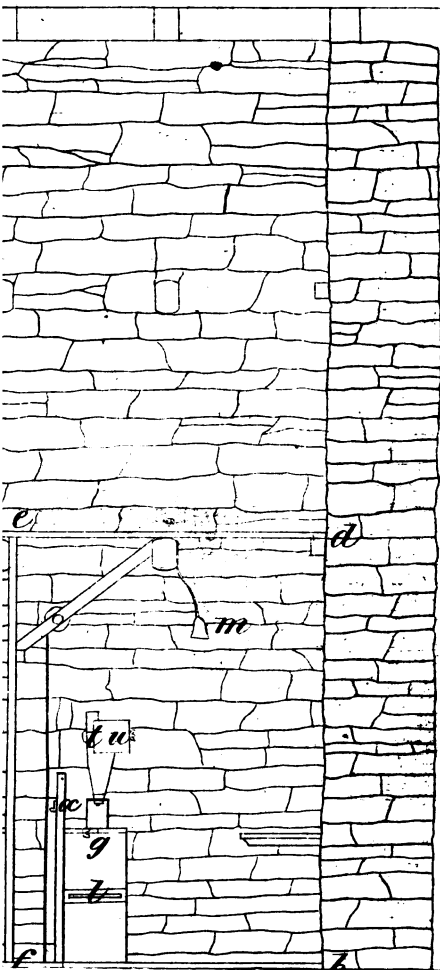
Wenn ein Eindruck auf mehrere Holzstücke fiel, deren Jahresringe verschiedene Richtung hatten, was besonders bei der Kanonenkugel häufig vorkam, so war derselbe oft anscheinend sehr unregelmässig, jedoch immer demselben Principe folgend, z. B. wie auf Tafel V. Figur 2, wo den Mittelpuncten *abcd* der von vier Kugeln zusammengefallene Eindruck *efgh*, und dem gemeinschaftlichen Mittelpuncte *i* der Eindruck *klmn*, von einer grössern Zinnkugel, und der Eindruck *opqr*, von der Kanonenkugel entspricht.

F.) Versuche über Compression der Luft in der Lotte durch die fallenden Kugeln.

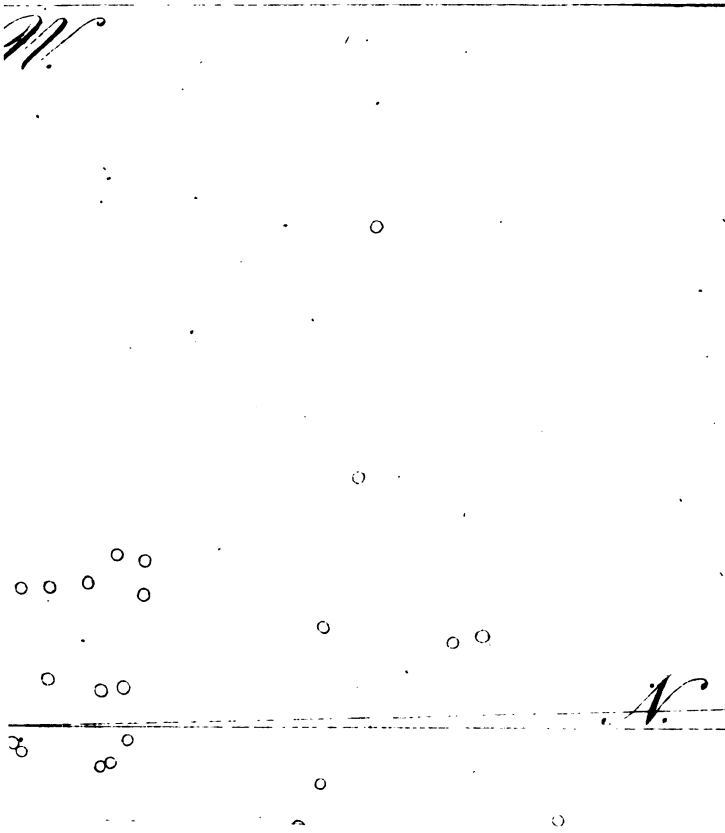
Kurz ehe eine Kugel unten aufflog, hörte man oben einen tiefen Ton; er rührte wahrscheinlich von einer durch die Kugel bewirkten Compression der Luft her. Man verband daher den einen Schenkel einer U förmig gebogenen, theilweise mit Spiritus gefüllten Glasröhre mit der verschlossenen Lotte, während der andere Schenkel nach Aussen mündete; es war indessen beim Fall der Kugel keine Bewegung der Flüssigkeit bemerkbar. — Jener tiefe Ton zeigte sich besonders intensiv beim Fall der Kanonenkugel.

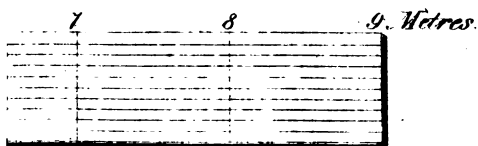
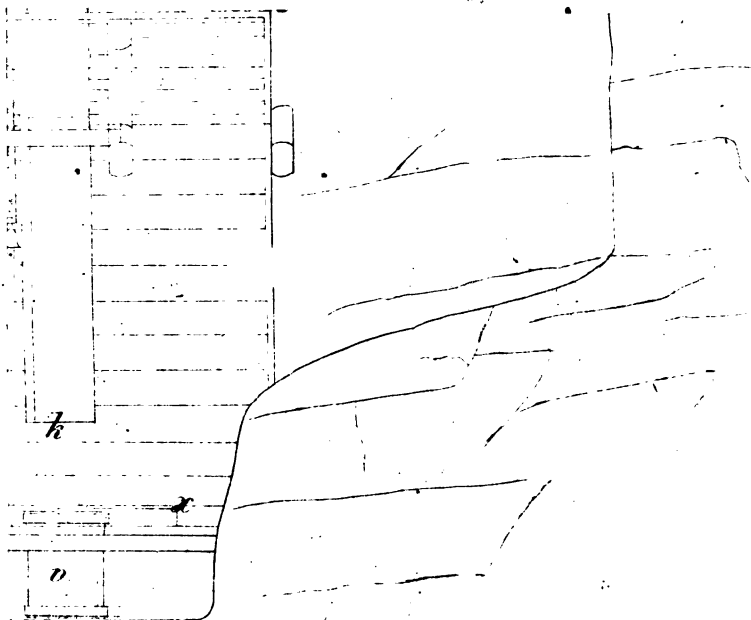
Fig: 2.

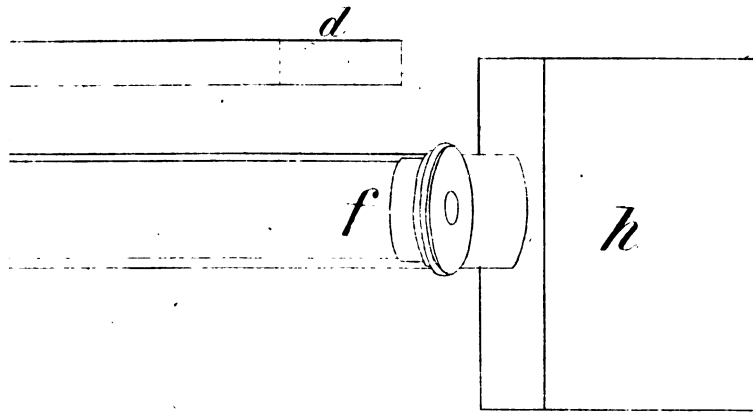
Hängebauk.



3.







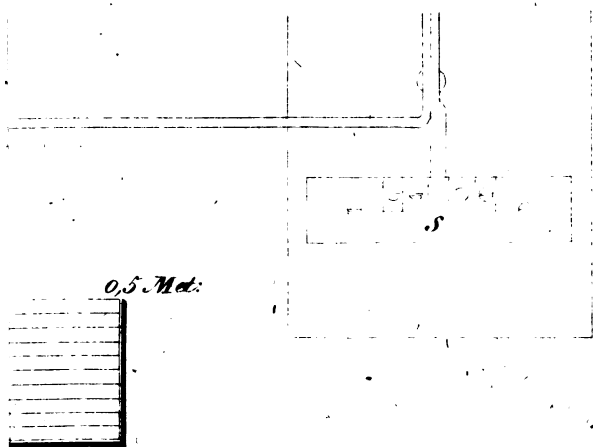


Fig: 5. b.

