

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-Sekrtair *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 Stolla 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 Flötzbauen 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 *Lohrmann* 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 Punctes, 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 der 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 Bretern, 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 hier mit der Aufhängevorrichtung 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 der 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 Kälberhaaren abgeliederten Mantel, während des Fallens verschlossen und die obern Theile auf unten zu erwähnende Art abgeliedert und gegen Luftzudrang verschlossen. Dieses gelang auch so gut, dass ein Licht, welches unten vor eine angebrachte Oeffnung der Lotte gehalten wurde, völlig ruhig

brannte, sogleich aber nach aussen 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 abgeliedertes vierseitiges 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 abgeliederten Schieber verschlossen gehalten, bis eine Kugel fallen sollte, dieses aber immer vorher mittelst der doppelten Klingel, *m* Tafel *I* und *n* Tafel *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 gewährte.

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 Versschlag *opq* 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 Stocke mehr Bequemlichkeit zu geben.

B. Vorrichtung zum Abfallen der Kugeln.

Queer durch den obern 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 darinn aufgehängten Kugeln nicht mit. Anfangs geriethen zwar dieselben bei heftigem Zuschlagen der Schachthüren, beim Dröhnen des Fussbodens oder der Lotte in Bewegung; es fiel diess jedoch nach der oben erwähnten sorgfältigen Verschliessung 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 Insekt 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 Hessen diesen, ähnlich wie bei *Guglielmini* und *Benzenberg*, mit einer Zange festhalten, bei deren Oeffnen 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,

il, auf den zwei Schrauben drückten, befestiget werden konnte. — Die Zange hatte einen stärkern Theil, *ik*, fest mit dem Ringe, *il*, 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 *p,q* 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 Aufschauben nicht bemerkt worden. — Über dem Zangengebiss befand sich ein Messingplättchen, *r*, welches in der vertikalen Verlängerung der unbeweglichen Zangengebissshälfte mit einem Einschnitte versehen war, über welchen, bei geöffneter Zange, der die Kugel tragende Faden gezogen wurde, worauf man, wenn die Kugel der obern Platte gehörig genähert war, die Zange schloss und den Faden dicht über dem Gebiss abschnitt. — Bei dem Abschneiden mit der Scheere bog sich der Faden, wenigstens wenn er metallener 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 Gebiss abgeschnitten, so brachte man sie mit den Fingern oder mit einem Tuche 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 Sicherheitsschieber 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 Wachstaffetkappe 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 Schraubchen, 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 durchgiengen, 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 ergibt sich bei Beschreibung der Kugeln.

Dadurch erhielt man den Vortheil, 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 Lothpunct zu bestimmen, legte man in den äussern Leerring, nach Hinwegnahme des innern, eine abgedrehte und genau in den untern Ring passende Messingplatte mit einem feinen Loche im Mittelpuncte, 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 Gesteinssohle der halbersten Gezeugstrecke 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 $0, \frac{m}{44}$ und $0, \frac{m}{5}$ 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 ausschlug 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, *vx* Figur 1 und 2 Tafel *II.*, mit horizontaler, wenig über den Stock hervorspringender Oberfläche. Uiber 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 Kreuzfäden 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 gebrauchten verglichenen Zulege-

instrumente beobachtet worden, woraus sich ergab, dass man das Streichen der beiden Linien um $\frac{3}{4}$ 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 $E = \frac{1}{2} d \pm e$, 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 $d \pm e$ 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 je-
ner 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 Holzpföckchens, ein Drahtöhrchen befestigt, durch welches man den Faden zog. Die Absicht dabei war, den Schwerpunct künstlich unter den Mittelpunct 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 $270,45$ 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 $f^1 = 35,59^{mm}$, 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 Fallversuchen der Schwerpunct unter dem Mittelpunct 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 36,64 Millimeter Durchmesser, 46,24 grammes absolutem und 1,790 spezifischem Gewichte, und zwei kleinere Elfenbeinkugeln von $28,56^m$ 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 $8^{\circ} C$ nach der von Herrn Arago angestellten Vergleichung mit dem Meter des Pariser Observatoriums um $\frac{1}{125}$ Millimeter zu lang.

Es wurden zwei, etwas über 16 Meter lange, gefügte fichtene Latten 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 Hül- sen, die mittelst verschiebbarer Ringe, nach Art der Bleistifhülsen, 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 aufschlagen, 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 Übergewicht hatte, so hiengen wir das hinteré 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 vorging; 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 noch 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 *zz* 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 Bretchens bestimmt, und die Fallzeit dieser Kugeln 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 erstèn Sekunde = g . Setzt man, nach Sabine, die Länge des einfachen Sekundenpendels unter dem Aequator = l^0 =

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

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

wo r der Halbmesser der Erde, hier $= 6364224$ Meter ist, — ferner 1 Englischer Zoll $= 25,90493$; so ist der Fallraum in der 1ten Sekunde

$$g = \frac{\pi^2}{2} (39,01520 + 0,20245 \cdot \sin^2 50^\circ 33' 22,81'') \frac{6364224^2}{(6364224 + 475)^2} 25,90493$$

$$= 4904,93$$

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

Der mittlere Barometerstand war bei diesen Versuchen $= h' = 317,58$ Pariser Linien; der mittlere Hygrometerstand $= 97^\circ S = 0,934$ des Sättigungszustandes; der mittlere Thermometerstand $= t' = 13^\circ,2 C$; alles im Schachte genommen; daher die Spannung der Wasserdämpfe $= d' = 0,934 \cdot 11,555 = 10,79$ Pariser Linien und die Dichtigkeit der Luft

$$= \rho' = 0,001299 \cdot \frac{1}{336} \cdot \frac{800}{800 + 3t'} \cdot \left(h' - \frac{3}{8} d' \right) = 0,0011550.$$

Da nun die Dichtigkeit der Bleikugeln $= 10,603$, so hat man das relative Beschleunigungsmaass der Schwerkraft $g' = \frac{\gamma' - \rho'}{\gamma'} g = 4,90459$ Meter.

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

A.) Die Fallhöhe.

Die zur Messung bestimmten Latten erhielten über Tage bei einer Temperatur von $17,012 C$. genau die 16 fache Länge des eisernen Meters, und gaben beim Heruntermessen vom Nadirpunkt der eingehäng-