

Die  
**Eisen- und Stahl-Industrie**  
in England.

---

**Der Bathometer.**

---

Vorträge

von

**Dr. C. William Siemens.**

Unter Mitwirkung des Verfassers veranstaltete Deutsche Ausgabe.

Mit Abbildungen in Holzschnitt.

---

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1878

Die  
**Eisen- und Stahl-Industrie**  
in England.

---

**Der Bathometer.**

---

Vorträge

von

**Dr. C. William Siemens.**

Unter Mitwirkung des Verfassers veranstaltete Deutsche Ausgabe.

Mit Abbildungen in Holzschnitt.

---

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1878

ISBN 978-3-662-32433-2

ISBN 978-3-662-33260-3 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-33260-3

## **I n h a l t.**

---

	Seite
Die Eisen- und Stahl-Industrie Englands . . . . .	1
Der Bathometer, ein Instrument zur Bestimmung der Meeres- tiefe ohne Lothleine . . . . .	43
Anhang. Ueber einen Anziehungsmesser . . . . .	80



**Die**  
**Eisen- und Stahl-Industrie Englands.**

---

Antrittsrede

bei

**Uebnahme der Präsidentschaft der „Iron- und Steel-Institute“.**

---

Gehalten am 21. März 1877.

Das „Iron and Steel Institute“ wurde im Jahre 1869 von einigen seiner jetzigen Hauptmitglieder ins Leben gerufen, welche, fortdauernd unterstützt durch unseren energischen Generalsecretär, noch jetzt der Gesellschaft eifrige und uneigennützig Thätigkeit widmen. An ihrer Spitze stand Se. Durchl. der Herzog von Devonshire, welcher der neu gegründeten Gesellschaft als ihr erster Präsident den Nutzen und Erfolg darlegte, welche durch eine verständige Verbindung von Naturwissenschaft mit praktischer Erfahrung zu erreichen wären, so wie durch Berücksichtigung der in anderen Ländern auf dem Gebiete der Metallurgie gemachten Fortschritte. Er pflanzte dadurch in unsere Gesellschaft eine Lebensfähigkeit, die sich in rascher Zunahme der Mitgliederzahl und in einer so nutzenbringenden Wirksamkeit bekundete, wie sich deren kaum eine andere Gesellschaft für Beförderung der angewandten Wissenschaft rühmen kann.

Was das Gedeihen der Gesellschaft in Bezug auf die zunehmende Zahl der Mitglieder betrifft, so ist dieselbe von 292 im Jahre 1869 auf 960 im Jahre 1876 gestiegen, und die eingehenden Anträge auf Annahme neuer Mitglieder zeigen, dass das Interesse für die Gesellschaft nicht nachgelassen hat. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass dieses Anwachsen der Zahl so fortgehen soll; denn das Institut ist jetzt so weit gekommen, dass die Männer zu seinen Mitgliedern zählen, welche uns am besten bei der Lösung der uns gestellten Aufgabe helfen können, und es kann sich deshalb darauf beschränken, als neue Mit-

glieder nur diejenigen aufzunehmen, deren früherer Bildungsgang und jetzige Lebensstellung ihre erspriessliche Theilnahme an unseren Besprechungen erwarten lassen.

Während des letzten Jahres wurden, wie der Jahresbericht zeigt, Versammlungen in London und in Leeds abgehalten, bei welchen Ihnen zahlreiche Abhandlungen von hohem Interesse vorgelegt wurden, welche zu bedeutungsvollen Erörterungen Anlass gaben.

Ausser dem Verlesen und Besprechen von Abhandlungen hat aber unser Institut noch viel andere nützliche Arbeit gethan: ich erwähne nur die besonderen Ausschüsse, welche bei verschiedenen Gelegenheiten vom Vorstande ernannt wurden, um wichtige Fragen betreffs der Herstellung von Eisen und Stahl zu untersuchen; das bei diesen besonderen Untersuchungen gezeigte Interesse beweist, wie viel mehr noch bei einer noch systematischeren Organisation für die Erreichung ähnlicher Zwecke gethan werden kann.

Ein anderer Zweig nützlicher Thätigkeit unseres Instituts war, dass es in seiner Zeitschrift seinen Mitgliedern die neuesten in andern Ländern erzielten Erfolge vorführte; dies geschah in geschickter Weise durch unseren auswärtigen Secretär, David Forbes, F. R. S. Der Tod dieses ausgezeichneten Mannes wird von uns allen sehr bedauert.

Aus unserer noch jungen Gesellschaft ist eine andere hervorgegangen, — die British Iron Trade Association — welche unter der fähigen Leitung von Geo. T. Clark bereits verspricht, uns thatkräftig zu unterstützen durch Beschaffung zuverlässigen statistischen Materials, in Beziehung auf den Eisenhandel in diesem und anderen Ländern, seine Ausdehnung und seinen Fortschritt, sowie auch dadurch, dass sie die Aufmerksamkeit unserer Gesetzgeber auf Zollfragen und andere Massnahmen lenkt, die voraussichtlich mit den Interessen des Britischen Eisenhandels in Berührung kommen werden.

## Erziehung.

Mit den Interessen dieser Gesellschaft und dem Gedeihen der Eisenindustrie aufs Engste verknüpft ist die technische Erziehung. Vor noch nicht zu langer Zeit galt praktische Erfahrung als das einzige Erforderniss eines Hüttenmannes, während theoretische Kenntniss chemischer und physikalischer Gesetze, welche bei den Operationen in Wirkung treten, mit erheblichem Misstrauen betrachtet wurde. Diese Abneigung gegen wissenschaftliche Behandlung metallurgischer Vorgänge theilten sogar Schriftsteller, welche sich die Aufgabe stellten, uns über diese Gegenstände aufzuklären; und wir finden in technologischen Werken aus dem Anfange unseres Jahrhunderts wenig mehr, als Berichte von Augenzeugen über das, was sie den Hüttenmann bei seiner Arbeit vornehmen sahen, und keinen Versuch, diese Operationen mit wissenschaftlichen Thatsachen in Einklang zu bringen. Einen grossen Schritt vorwärts machte in England Dr. Percy, als er 1864 seine bedeutsame „Metallurgie des Eisens und Stahls“ veröffentlichte. Hier werden uns die fortschreitenden Prozesse der Eisenfabrication vorgeführt und begründet durch chemische Analysen sowohl des Heizmaterials, der Erze und der angewandten Zuschläge, als auch des gewonnenen Metalls, der Schlacke und der Asche. Auf dem Festlande haben die Untersuchungen Ebelmanns und die technologischen Schriften von Karsten, Tunner, Grüner, Kerl, Akermann, Wedding u. A. ebenfalls reichlich beigetragen zu einer rationelleren Auffassung hüttenmännischer Operationen.

Es muss den Nationen des Festlandes zugestanden werden, dass sie zuerst die Nothwendigkeit technischer Erziehung erkannten, und vorzugsweise in Folge ihrer steigenden Concurrenz mit den Produzenten Englands wurden die letzteren gezwungen, ihre Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand zu richten. Die

einzig specielle Bildungsanstalt für den Metallurgen Grossbritanniens ist die „School of Mines“. Diese hat ohne Frage bereits Ausgezeichnetes geleistet, indem sie uns junge Metallurgen geliefert hat, welche wohl befähigt waren, für sich selbst gute Carrière zu machen und die Eisenindustrie in der Praxis wirksam zu fördern; doch ist ebenso augenscheinlich, dass diese Anstalt noch grosser Verbesserungen fähig ist durch Vermehrung der jetzt in Jermyn-Street eingeführten Lehrgegenstände; desshalb kann ich es nur für einen Rückschritt halten, dass neuerdings der Unterricht in der reinen Chemie von dem in der angewandten Chemie, der Geologie und der Mineralogie sowohl in Beziehung auf Oertlichkeit als auf Leitung getrennt worden ist. Gehörig unterstützt, könnte die School of Mines eine der besten und grössten Anstalten ihrer Art werden, aber trotzdem wäre es irrig, anzunehmen, dass sie, wenn auch noch so erfolgreich, dem Bedürfniss des ganzen Landes genügen könnte. Andere ähnliche Anstalten werden in den Mittelpunkten der Provinzen eröffnet werden müssen, und hierin hat uns die Stadt Manchester ein vortreffliches Beispiel gegeben, indem sie durch die Gründung von „Owen's College“ den Grund zu einer technologischen Universität gelegt hat, wo sich zukünftig Techniker nutzbare Kenntniss erwerben können.

Wenn ich hier von technischer Erziehung spreche im Gegensatz zu der rein wissenschaftlichen und klassischen Bildung der Universitäten, so will ich damit keineswegs befürworten, dass in den Unterrichtscursus praktische Ausführung solcher Arbeiten aufgenommen werden sollte, wie sie der Student in seinem späteren Leben zu leisten haben wird. Dies ist in einigen polytechnischen Schulen des Festlandes zu entschiedenem Nachtheil für die spätere praktische Brauchbarkeit der Studirenden versucht worden. Die Praxis, welche in solchen Anstalten gelehrt wird, entbehrt des kaufmännischen Elements und führt leicht dahin, dass die jungen Leute glauben,

die Arbeit des Technikers gründlich zu kennen, und dann beim Eintritt in die wirkliche Praxis wichtige Seiten derselben, besonders die commercielle, nicht mit klarem Blick zu erfassen verstehen. Mögen technische Schulen sich darauf beschränken, diejenigen Naturwissenschaften zu lehren, welche in der Praxis Verwendung finden, aber die eigentliche Praxis soll man in der Werkstatt und den industriellen Anlagen selbst lernen.

### **Arbeitskraft.**

Gleich wichtig ist es für eine einsichtsvolle Leitung metallurgischer Werke, Arbeitskraft unter vernünftigen Bedingungen zu beschaffen. In England werden in der Regel höhere Arbeitslöhne gezahlt, als auf dem Festlande, und ich gehöre nicht zu denjenigen, welche dieselben wesentlich herabgesetzt zu sehen wünschten. Der verstorbene Brassey fand als Ergebniss seiner Erfahrungen, dass der Arbeitspreis, d. i. das Verhältniss zwischen der täglichen Arbeitsleistung und dem Tageslohn, in allen Ländern eine constante Grösse ist. Aus dieser Regel würde folgen, dass die bei höherem Lohne in gleicher Zeit auch mehr leistende Arbeitskraft sich schliesslich doch billiger stellt, weil sie mit den gegebenen Betriebsmitteln eine grössere Production erzielt. Ich wüsste gegen die Allgemeingiltigkeit dieses Satzes nichts einzuwenden, nur darf sie nicht gestört werden durch die verkehrte Vorstellung, dass sich die arbeitende Classe einerseits, und diejenigen, welche durch ihr Capital und ihre Geschäftskennntniss für Arbeit sorgen, andererseits, als feindliche Mächte gegenüberstehen: eine Vorstellung, welche in neuester Zeit sowohl in England als anderwärts der Industrie sehr verderblich geworden ist. Sowohl den Arbeitgebern als den Arbeitern geben die während der letzten Zeit hoher Preise gemachten Erfahrungen viel zu denken. Während die Arbeitgeber die hochgehende Welle des Geschäftslebens da-

durch auszunutzen strebten, dass sie ihre Betriebsanlagen erweiterten und neue Kohlengruben und Bergwerke ankauften, um ihre Production zu vermehren . . . was, wie ich glaube, keine glückliche Idee war . . . : darf man sich nicht wundern, dass die arbeitenden Classen, von der fieberhaften Aufregung angesteckt, ihren Antheil an der goldenen Ernte zu erringen trachteten, welche, wie man glaubte, ihren Arbeitgebern erwuchs. Mangel an Arbeitern führte naturgemäss auf den Gedanken, Vereinigungen zu bilden, und hohe Arbeitslöhne lieferten die Mittel, den Arbeitgebern drückende Bedingungen aufzuzwingen, wobei der Fortschritt in wirthschaftlicher Beziehung gehemmt wurde.

Die folgende Handelskrise brachte ein allgemeineres und tieferes Sinken der Preise hervor, als sich eigentlich erwarten liess; und gegenwärtig, wo die ewig wechselnde Fluth des Geschäftslebens hoffentlich den tiefsten Stand ihrer Ebbe erreicht hat, ist es Zeit, daran zu denken, wie für den Fall einer Wiederkehr ähnlicher Verhältnisse ihren schädlichen Folgen vorgebeugt werden kann.

Die wirksamste Art, dies zu erreichen, würde darin bestehen, dass sich Arbeitgeber und Arbeiter durch gemeinsames Interesse verbinden. Ich bin der Ansicht, dass das Capital sowohl seine Pflichten zu erfüllen als seine Rechte zu behaupten hat, und dass, während der niedrigste Arbeitslohn doch immer dem Arbeiter ein einigermaßen anständiges Auskommen gewähren muss, beide Theile ihren Vortheil dabei finden würden, wenn man die Arbeitslöhne so vereinbarte, dass sie vorzugsweise von der Leistung abhängen, sowohl was Qualität als Quantität der Arbeit betrifft. Zugleich müsste durch Anlage von Arbeiterfortbildungsanstalten, von Lesezimmern, durch Vereine zu gegenseitiger Aushilfe, verbunden mit der Privatwohlthätigkeit der Einzelnen, das Gefühl gemeinsamer Interessen weiterhin verstärkt und die Wiederkehr der feindseligen, dem Geschäftsbetriebe so verderblichen Haltung verhindert werden.

## **Brennmaterial.**

Nächst billiger oder vielmehr preiswürdiger Arbeitskraft ist das Wichtigste bei Herstellung von Eisen und Stahl billige Feuerung . . . ein Gegenstand, dem ich, wie Sie wissen, besondere Aufmerksamkeit gewidmet habe, und welchen ich deswegen mit ihrer Erlaubniss etwas ausführlicher behandeln möchte, als andere Gegenstände von vielleicht gleicher Bedeutung. Unter Brennstoff im weitesten Sinne kann man alle aufgespeicherte Kraft zusammenfassen, welche wir zur Erhitzung und Bearbeitung unserer Rohstoffe verwerthen können, obgleich es im engern Sinne nur diejenigen kohlehaltigen Stoffe bezeichnet, welche bei ihrer Verbrennung die zum Betriebe unserer Oefen und zur Erzeugung des Dampfes in unseren Kesseln nöthige Wärme liefern. Man kann mit Recht behaupten, dass der grosse für unsere Zwecke disponible Kraftvorrath von dem Gestirne hergekommen ist und noch herkommt, durch welches alles Leben in der Natur bedingt ist — von der Sonne. Von der Kohle ist nachgewiesen, dass ihr Ursprung den Sonnenstrahlen zuzuschreiben ist, welche in früheren Zeiträumen Kohlensäure und Wasser in den Blättern der Pflanze zersetzt, und Kohlenstoff sowie Wasserstoff vom Sauerstoff getrennt, zur Wiederverbrennung verwendbar gemacht haben. Dieselbe Thätigkeit setzt sich noch fort in der Bildung des Holzes, des Torfs, überhaupt alles Vegetabilischen.

Die Sonnenstrahlen bringen jedoch noch andere Formen von latenter Kraft hervor durch Verdunstung des Seewassers und den folgenden Regenfall in höher gelegenen Gegenden, durch Strömungen in der Atmosphäre und in der See, welche gleichfalls Quellen verwendbarer Kraft von ungeheurer Ausdehnung sind und so als Brennmaterial im weiteren Sinne angesehen werden können.

Die Form des Brennstoffs aber, welche für uns, die Hütten-

leute des 19. Jahrhunderts, das grösste Interesse hat, ist zweifellos die durch die Sonne in früheren Zeitaltern aufgespeicherte Kraft, welche wir in der Gestalt der Steinkohle besitzen, und wir wollen einmal zusehen, wie gross eigentlich unsere Vorräthe dieses bequemsten aller Brennstoffe sind.

Neuere Untersuchungen über die Vertheilung der Steinkohle haben erwiesen, dass die Vorräthe dieser unschätzbaren Ablagerungen grösser sind, als man früher annahm.

Ich habe eine Tabelle zusammengestellt über die Ausdehnung der Steinkohlenfelder auf der Erde und über die Steinkohlenförderung; die Zahlen dieser Tabelle sind aus verschiedenen Quellen zusammengetragen. Sie ist keineswegs vollständig, kann aber doch dazu dienen, um Vergleiche anzustellen.

**Kohlenfelder und jährliche Kohlenförderung auf der Erde.**

	Flächeninhalt. Quadrat-Meilen Englisch.	Förderung 1874. Tonnen.
Grossbritannien . . . . .	11,900	125,070,000
Deutschland . . . . .	1,800	46,658,000
Vereinigte Staaten . . . . .	192,000	50,000,000
Frankreich . . . . .	1,800	17,060,000
Belgien . . . . .	900	14,670,000
Oesterreich . . . . .	1,800	12,280,000
Russland . . . . .	11,000	1,392,000
Neu-Schottland und Nachbarprovinzen . . . . .	18,000	1,052,000
Spanien . . . . .	300	580,000
Andre Länder . . . . .	28,000	5,000,000
Summa	270,200	274,262,000

Diese Tabelle zeigt annähernd, dass die Gesamtfläche entdeckter Kohlenfelder der Welt sich auf 270000 Quadratmeilen (Engl.) beläuft.

Man sieht auch, dass die Gesamtkohlenlager Grossbritanniens sich wohl mit denen anderer Länder Europas

messen können, dass aber sowohl in den Vereinigten Staaten als in den britischen Besitzungen in Nordamerika sich Lagerstätten von ausserordentlicher Ausdehnung vorfinden, welche dem neuen Welttheil eine grosse Zukunft zu versprechen scheinen.

Nach dem 1871 veröffentlichten Bericht der Kohlencommission waren damals 90207 Millionen Tonnen Steinkohle in Grossbritannien vorhanden, in Tiefen nicht über 4000 Fuss, und in Schichten von nicht weniger als 1 Fuss Dicke; ausserdem ein Quantum noch nicht erschlossener Kohle, das auf 56272 Millionen Tonnen geschätzt wird: also im Ganzen 146480 Millionen. Seitdem sind bis Ende 1875 zu Tage gefördert worden 600 Millionen, bleiben 145880 Millionen Tonnen, welche nach dem gegenwärtigen Verbrauchsquantum von jährlich nahezu 132 Millionen Tonnen noch 1100 Jahre ausreichen würden. Die Statistik zeigt, dass während der letzten 20 Jahre eine durchschnittliche jährliche Zunahme der Förderung um  $3\frac{1}{3}$  Millionen Tonnen stattgefunden hat, und nach einer hierauf basirten Rechnung hätten unsere Kohlenfelder noch 250 Jahre zu leben.

Vergleicht man jedoch obige Zunahme mit derjenigen der Bevölkerung und der Fabrikenzahl, so wird man finden, dass der steigende Kohlenverbrauch bei weitem nicht gleichen Schritt gehalten hat mit dem gesteigerten Bedürfniss verwendbarer Wärme, und der Unterschied ist der Einführung sparsamer Methoden der Verwendung des Brennstoffs zuzuschreiben. Bei Erzeugung von Kraft ist in unseren besten Maschinen während der letzten 20 Jahre eine Ersparniss von über 50 pCt. erreicht worden, und eine eben so erhebliche Ersparniss in der Herstellung von Eisen und Stahl ist wahrscheinlich in derselben Periode eingetreten, was sich aus der Thatsache schliessen lässt, dass man jetzt eine Tonne Stahlschienen aus den Erzen mit einem Aufwande von höchstens 55 Centner Rohkohle fabriciren kann, während vor 20 Jahren eine Tonne Eisenschienen

einen Aufwand von mehr als 100 Centner erforderte. Nach Dr. Percy verbrauchte im Jahre 1859 ein grosses Eisenwerk 5—6 Tonnen Kohlen pro Tonne Schienen. Leider fehlt statistisches Material zur Beantwortung dieser wichtigen Fragen.

In Anbetracht des theoretisch vollkommen nachweisbaren weiten Spielraums für fernere Verbesserungen in fast jeder Verwendung von Brennmaterial darf man wohl annehmen, dass die Zunahme der Bevölkerung und der Waarenproduction sich noch auf viele Jahre hinaus durch fernere Einführung sparsamerer Feuerungsarten ausgleichen und unsere jährliche Kohlenproduction während dieses Zeitraums wesentlich dieselbe bleiben wird, und unter diesen Umständen wird in dieser Zeit wahrscheinlich die Steinkohle noch verhältnissmässig billig sein.

Nach der obigen Rechnung lässt sich nun ferner annehmen, dass unser Vorrath an Steinkohlen in einer für den Abbau erreichbaren Tiefe viel länger ausreichen wird, als die kürzere der veranschlagten Perioden, 250 Jahre, besonders wenn wir die Wahrscheinlichkeit neuer Aufschliessungen in Rechnung bringen, wovon wir ja in neuester Zeit Beispiele gehabt haben, besonders in Nord-Staffordshire, wo gegenwärtig unter seiner Durchl. dem Herzog von Sutherland durch unser Mitglied Homer ein weites Feld von Steinkohle und Blackband-Eisenerz aufgeschlossen wird.

Wo sich immer in Grossbritannien Kohlenlager finden, sind sie im Allgemeinen unter günstigen Verhältnissen vorhanden. Die Flötze finden sich grösstentheils in mässiger Tiefe, die Qualität der Kohle wird in keinem Lande übertroffen, und obgleich nicht in allen Eisen producirenden Landestheilen Steinkohle und Eisenerz zusammen vorkommen, so ist doch die Entfernung zwischen den Fundorten gering im Vergleich zu andern Ländern, und wegen der insularen Lage Englands ist der Transport zu Wasser, sowohl für den innern Verkehr als für den Export bequemer als anderswo. Diese günstigen Um-

stände sollten den gegenwärtigen Wettstreit, wer den Weltmarkt für den billigsten Preis mit Eisen und Stahl versehen soll, zu Gunsten Englands entscheiden.

Steinkohle findet sich häufig in der Form von Anthracit. Von diesem mineralischen Brennstoff besitzt Süd-Wales grosse Ablagerungen, jedoch ist derselbe bis jetzt noch im Ganzen wenig in Eisenhütten verwandt worden. Wenn zum Betriebe von Hohöfen den Koks roher Anthracit beigemischt wird, darf derselbe, wie man gefunden hat, nicht mehr als 10—15 pCt. der Mischung betragen, sonst wird der Ofen durch Anhäufung decrepitierten Anthracits verstopft. In Creusot wurde diese Schwierigkeit schon vor vielen Jahren dadurch beseitigt, dass man die Anthracitkohle verkleinert, innig mit zerkleinerter Bindekohle vermischt, und ein Gemenge von gleichen Theilen in Appolds verticalem Kokofen verkocht. Dies giebt einen etwas unscheinbaren, aber ausserordentlich harten und wirksamen Kok. Eine ähnliche Methode ist seit einiger Zeit in Süd-Wales befolgt worden, wo jetzt Kok erzeugt wird, der nicht weniger als 60 pCt. Anthracit enthält, mit 35 pCt. Bindekohle und einer ferneren Beimischung von 5 pCt. Pech oder Erdpech gebunden: das Ganze wird in einem Carr'schen Disintegrator verkleinert und innig gemischt, ehe man es in der gewöhnlichen Weise verkocht. Kok dieser Art steht sehr gut im Hohofen und ist für Hüttenleute beachtungswerth.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika spielt der Anthracit eine bedeutende Rolle, denn er ist thatsächlich der einzige mineralische Brennstoff in den Nordstaaten östlich vom Alleghani-Gebirge. Seine allgemeine Verwendung für Hohöfen, zur Feuerung und im Hausgebrauch verleiht den Städten im Osten der Vereinigten Staaten ein eigenthümliches, helles Aussehn, und die gänzliche Abwesenheit des Rauches macht auf jeden Besucher einen höchst angenehmen Eindruck. Wie verschieden eine Gegend aussieht, je nachdem Anthracit oder bitu-

minöse Kohle verbrannt wird, zeigt recht schlagend eine kurze Tagereise von Philadelphia, der Hauptstadt der Anthracitgegend, nach Pittsburg, dem Centrum der bituminösen Kohle.

Als ich vor Kurzem die Anthracitlager des Schuylkill-Bezirks besuchte, war ich überrascht von ihrer Ausdehnung und der Art und den Einrichtungen des Abbaus. Der amerikanische Anthracit decrepitirt weniger als der englische, doch ist seine erfolgreiche Verwendung zu den verschiedensten Zwecken hauptsächlich die Folge der scharfsinnigen Art, wie er für den Markt vorbereitet wird. Der rohe Anthracit, wie er aus der Grube kommt, wird bis zur Spitze eines Holzbaues von 60—70 Fuss Höhe gehoben und beim Herunterkommen von dort einer Reihe von Operationen unterworfen; er wird zerkleinert, geformt, gesiebt, von beigemischtem Schiefer befreit, und fällt dann durch besondere Rinnen in Eisenbahnwagen als Grosskohle, Eierkohle, Nusskohle und Erbsenkohle, jede Sorte hübsch gerundet und von gleicher Grösse. Die Staubkohle, welche ziemlich die Hälfte der ganzen zu Tage geförderten Masse ausmacht, lässt man gegenwärtig sich bei der Grube ansammeln, aber es werden jetzt Versuche angestellt, auch diese zur Kesselheizung verwendbar zu machen.

Der Steinkohle kommen als Brennstoff am nächsten Braunkohle (Lignit) und Torf, von welchen sich in den meisten Ländern ausgedehnte Lager vorfinden. Diese lassen sich ansehen als Steinkohle, die noch in ihrer Formation begriffen ist. Verglichen mit wirklicher Steinkohle liegt der Hauptübelstand bei ihrer Verwendung in ihrem bedeutenden Wassergehalt, durch welchen sie in ihrer natürlichen Beschaffenheit zur Erreichung hoher Hitzegrade nicht brauchbar sind. Wenn man aber das nasse Material presst, trocknet und verkocht, erhält man vorzüglichen Brennstoff nebst Destillationsproducten; nur haben bisher die Herstellungskosten den Marktwert überstiegen. Gewöhnlicher lufttrockner Torf ist jedoch zur Erreichung so

hoher Hitzegrade, wie sie in Eisenwerken nöthig sind, verwendbar gemacht worden mittelst des Regenerativ-Gasofens; und es ist bemerkenswerth, dass der Heizwerth einer Tonne lufttrockenen Torfs oder Lignits bei dieser Feuerungsart dem einer Tonne Steinkohlen gleich ist, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen der Gehalt an Feuchtigkeit und erdigen Bestandtheilen in Abzug gebracht wird. Die kohlehaltigen Theile des Torfs liefern sogar ein sehr reiches Gas, das zum Stahlschmelzen und für Schweissöfen geeignet ist, wobei man nur vorsichtig darauf achten muss, dass das Gas aus dem Generator über eine hinreichend grosse abkühlende Oberfläche geleitet wird, um den darin enthaltenen Wasserdampf zu verdichten, bevor es in den Ofen kommt. Doch wird auch diese Vorsichtsmassregel überflüssig bei einigen älteren Braunkohlensorten, wie sie sich in Massen vorfinden in Oesterreich und in Ungarn. Diese sind — ausser für Hohofenbetrieb — der wirklichen Steinkohle an Werth fast gleichzustellen.

Brennmaterial findet sich in der Natur auch in Gasform, eine jedem praktischen Bergmann nur zu wohl bekannte Thatsache. Gelegentlich kommt es aber auch getrennt von der Kohle vor, mit welcher es ursprünglich verbunden gewesen sein mag, und in solchen Fällen ist es wirklich als Brennstoff gebraucht worden. So strömt zu Baku am kaspischen See seit Jahrhunderten natürliches Gas aus dem Boden, und die damit unterhaltene Säule ewigen Feuers hat den Ort für die Feueranbeter zur geweihten Stätte ihrer Gottesverehrung gemacht. Einen etwas mehr materiellen Gebrauch hat man in Pennsylvanien von dem Gase gemacht, welches aus vielen Bohrlöchern hervorkommt, indem es die Maschinen zum Pumpen heizt und als Leuchtgas für die Gegend dient. Von der Gasmenge, welche aus einzelnen dieser Brunnen ausströmt, kann man sich daraus einen Begriff machen, dass einer von ihnen, — nachdem aus ihm drei Jahre hindurch so viel Gas in die freie Luft

gegangen war, als nur unter einem Druck von beiläufig 200 Pfund auf den Quadratzoll entweichen konnte, — kürzlich vermittelst einer 5zölligen Röhre mit Pittsburg verbunden worden ist (18 engl. Meilen Entfernung), und dort heizt das Gas allein 70 Puddel- und Schweissöfen. — Aber auch das gibt noch einen unvollkommenen Begriff von der Heizkraft dieser einzigen natürlichen Gasquelle, weil die Verbrennung in diesen Oefen mit der grössten Verschwendung vor sich geht; denn das Gas wird nur unvollkommen mit kalter Luft gemischt und grossentheils in dichte Rauchmassen verwandelt. Eine Analyse dieses Gases ergibt

Wasserstoff . . .	13,50
Sumpfgas . . . .	80,11
Aethylen . . . .	5,72
Kohlensäure . .	<u>0,66</u>
	99,99

Der Verbrauch des natürlichen Gases wird wegen seines seltenen Vorkommens schwerlich grosse Dimensionen annehmen, aber seine Verwendung in Pittsburg erinnerte mich lebhaft an ein Project, das ich vor einer ganzen Reihe von Jahren in Ausführung bringen wollte, nämlich auf der Sohle von Kohlengruben Gaserzeuger anzulegen und durch die Verwandlung festen Brennmaterials in gasförmiges die Arbeit des Emporhebens und der Abfahrt zu ersparen. Das Gas würde wegen seiner hohen Temperatur und seines geringen specifischen Gewichts beim Aufsteigen vom Boden der Grube zur Einfahrt einen Druck erlangen, welcher hinreichen würde, es durch Röhren oder Canäle auf beträchtliche Entfernung fortzutreiben, und so wäre es möglich, Städte mit Heizgas zu versehen, nicht nur für den Gebrauch in Fabriken, sondern auch in grosser Ausdehnung für Privathäuser. Im Jahre 1869 bildete sich in Birmingham unter meiner Leitung eine Compagnie, mit Geneh-

mung der städtischen Behörden, um die Stadt Birmingham mit Heizgas zum Preise von 6 pence pro 1000 Cubicfuss zu versehen, die Sache wurde aber von den bestehenden Gascompagnien durch ihre Opposition im Parlamente verhindert, „weil dadurch bestehende Interessen geschädigt würden“. Ich bin gleichwohl überzeugt, dass ein solcher Plan mit grossem Vortheil für das Publicum verwirklicht werden könnte, und würde, wenn ich auch kein specifisches Interesse mehr an der Sache habe, bereitwillig denen behülflich sein, welche den Plan wieder aufnehmen wollten.

Brennstoff kommt in der Natur auch in flüssigem Zustande vor, und wenn sich so viel Mineralöl gewinnen liesse, dass von einem Vergleich mit der festen Steinkohle die Rede sein könnte, so besässe flüssiger Brennstoff den Vorzug grosser Reinheit und hoher Heizkraft; aber in Anbetracht seines seltenen Vorkommens und verhältnissmässig hohen Preises, selbst in den Oeldistricten Pennsylvaniens und Canadas, kommt seine Verwendung zum Hüttenbetriebe hier nicht in Betracht.

Die oben gegebene allgemeine Definition von Brennstoff begreift noch die verdampfende Wirkung der Sonnenstrahlen in sich, durch welche Seewasser auf Bergeshöhe emporgehoben wird, welches dann beim Hinabströmen nach dem Meere zu fähig ist, Maschinen in Bewegung zu setzen.

Diese Form des Brennstoffes, welche die Stelle der sonst zur Dampferzeugung verwandten Kohle vertritt, hat man sich in allen Ländern seit den Anfängen des Culturlebens zu Nutze gemacht, darum waren in früheren Zeiten industrielle Anlagen überall in Gebirgsthälern zerstreut, wo der Bergstrom die Stämme unter die Säge schob, die Räder der Mühle umtrieb, das Gebläse des Hohofens im Gang setzte und den Hammer des Eisen- und Stahlwerkes hob.

Die Einführung der Dampfmaschine gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat der industriellen Welt ein andres

Aussehen gegeben, indem sich nun Fabrikanlagen in grossen Verkehrsmittelpunkten sammelndrängen, und dies steigerte sich noch in Folge des Baues von Canälen und Eisenbahnen, welche es uns möglich machen, mit verhältnissmässig geringen Kosten die Rohstoffe zusammenzubringen und die Erzeugnisse der Industrie zu versenden. Es lässt sich aber doch voraussehen, dass allmählig ein gewisses Zurückgehen in diesem Process der Centralisation Platz greifen wird, weil der in der unmittelbaren Benützung der Naturkräfte liegende Vortheil, welchen man in einer Zeit allgemeinen Geschäftsaufschwunges wohl bei Seite lassen durfte, doch zufolge der stetig wachsenden Concurrenz wieder wesentlich zur Geltung kommt, wenn es sich um den niedrigsten Preis handelt, zu welchem sich unsre Erzeugnisse auf den Markt bringen lassen.

Die Benützung der Wasserkraft erweist sich hauptsächlich vortheilhaft in den Ländern des Festlandes, wo grosse Hochebenen sind, wie z. B. Schweden und die Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, und es ist ganz interessant, sich die Grösse der Kraft zu veranschaulichen, welche jetzt noch grösstentheils verloren geht, früher oder später aber doch noch ausgenützt werden dürfte.

Nehmen wir als bekanntes Beispiel den Niagarafall. Man hat die in diesem Falle hinabstürzende Wassermenge auf stündlich 100 Millionen Tonnen geschätzt, und die senkrechte Fallhöhe lässt sich zu 150 Fuss annehmen, wozu noch das Gefälle der Stromschnellen kommt mit anderen 150 Fuss, so dass der Unterschied des Niveaus zwischen beiden Seen 300 Fuss beträgt. Der Hauptfall allein aber repräsentirt eine lebendige Kraft von 16800000 Pferdekräften, zu deren Darstellung durch Dampf jährlich 266 Millionen Tonnen Steinkohle erforderlich wären, den stündlichen Kohlenverbrauch pro Pferdekraft zu 4 Pfund gerechnet. Mit anderen Worten: sämmtliche auf der Erde geförderte Kohle würde eben hinreichen, um die Kraft

zu erzeugen, welche in diesem einzigen Wasserfalle jahraus jahrein unbenutzt verloren geht. Nun liesse sich freilich ein ansehnlicher Theil der so verloren gehenden Kraft durch Turbinen und Wasserräder nutzbar machen, welche an den Flussufern unterhalb des Falles angelegt und mittelst ausgehauener Canäle von oben her mit Wasser versehen werden könnten: aber es wäre nicht möglich diese Kraft an Ort und Stelle zu verwerthen, weil die Gegend weder Mineralreichthum bietet noch andere Naturproducte, welche die Anlage grosser Fabriken veranlassen könnten. Um nun die lebendige Kraft des fallenden Wassers an dieser und hundert anderen Stellen auszunutzen, müssen wir eine praktische Art der Kraftübertragung ausfindig machen. Sir William Armstrong hat uns gelehrt, Wasserkraft mittelst Hochdruckröhren in die Ferne zu übertragen und nutzbar zu machen. In Schaffhausen und an einigen anderen Orten des Festlandes wird Kraft übertragen durch schnellarbeitende Stahldrahtseile, welche über grosse Riemenscheiben gehen. Durch diese Mittel lässt sich Kraft ohne Schwierigkeit auf eine Entfernung von 1—2 engl. Meilen überführen. Mit der Zeit werden gewiss noch wirksame Mittel gefunden werden, dies auf grössere Entfernungen auszudehnen, und ich will wenigstens ein solches andeuten, das meines Erachtens Erwägung verdient, nämlich den electricischen Leiter. Wenn die Wasserkraft zum Betriebe einer dynamo-electrischen Maschine verwandt wird, erhalten wir einen sehr kräftigen electricischen Strom, welcher mittelst eines dicken metallischen Leiters in bedeutende Entfernung fortgepflanzt werden und dort electromagnetische Maschinen treiben, die Kohlenspitzen electricischer Lampen in Brand erhalten, oder die Ausscheidung von Metallen aus ihren Verbindungen bewirken kann. Ein Kupferstab von 3 Zoll Durchmesser könnte 1000 Pferdekraft auf, sagen wir 30 engl. Meilen übertragen, die Stärke des dadurch erzeugten electricischen Lichtes wäre etwa gleich einer Viertelmillion Ker-

zen, und reichte hin zur Beleuchtung einer mässig grossen Stadt.

Electricität ist mehrfach als Ersatz der Dampfkraft in Vorschlag gebracht worden, hierbei darf aber nicht vergessen werden, dass die electricische Kraft, so lange sie in einer galvanischen Batterie erzeugt wird, viel kostspieliger ist als Dampfkraft; denn in der Batterie wird Zink verbraucht und dieses ist natürlich viel theurer als Steinkohle. Wenn aber zur Erzeugung des electricischen Stromes eine sonst unbenutzt bleibende Naturkraft herangezogen wird, dann erhält die Frage ein durchaus verschiedenes Ansehen.

Eine andere Naturkraft, welche in der obigen Definition als eine Form des Brennstoffes enthalten ist, stellt der Wind dar, und zwar eine Kraft von bedeutender Leistungsfähigkeit, die aber, wenn wir von der Schifffahrt absehen, keine erhebliche Verwendung gefunden hat, wegen ihrer sprichwörtlichen Unbeständigkeit. Desshalb können wir dieselbe ausser Acht lassen, bis unser Mineralreichthum nahezu erschöpft ist, und bis dahin können ja unsere Nachkommen Mittel zu ihrer Aufspeicherung und Nutzbarmachung entdeckt haben, von denen uns jetzt noch jede Vorstellung fehlt.

### **Prozesse.**

Nachdem ich so das Brennmaterial besprochen — ich fürchte, zu lange für Ihre Geduld — komme ich jetzt zu der Frage, durch welche Prozesse wir am besten unser Ziel erreichen können, nämlich die Umwandlung des rohen Eisenerzes in solches Material, wie es aus unseren Hütten und Schmieden hervorgeht. Haushälterischen Hohofenbetrieb haben Sie bereits so ausführlich besprochen, als Mr. Lowthian Bell, M. P., F. R. S., unser Präsident war, der ja selbst so viel für das Verständniss der ver-

wickelten chemischen Reactionen innerhalb des Hohofens geleistet hat: dass ich wohl heut diese Frage übergehen und mich ohne Weiteres den Prozessen zuwenden darf, durch welche das Eisen seinen höchsten Grad von Festigkeit und Geschmeidigkeit erhalten soll.

Eisen und Stahl waren den Alten bekannt und werden in ihren Schriften erwähnt, aber über das Verfahren bei der Gewinnung dieser Metalle haben wir keinen Bericht bis auf verhältnissmässig neuere Zeit. Aristoteles beschreibt Stahl als gereinigtes Eisen und sagt, dass er erhalten wird, indem man Eisen mehrmals schmelzt und mit verschiedenen Zuschlägen behandelt; wir dürfen daraus schliessen, dass zu des Aristoteles Zeiten Stahl durch sorgfältige Auswahl und Behandlung stahlartigen Eisens gewonnen wurde, das Letztere mag durch ein dem Catalanischen ähnliches Verfahren producirt worden sein.

Ein von alten Schriftstellern erwähntes Verfahren besteht darin, Eisen auf einige Zeit in feuchten Boden einzugraben, und dann es zu erhitzen und zu hämmern. Ein anderes Verfahren wurde zuerst beschrieben in Biringuccio's „Pyrotechnologie“, einem der frühesten Werke über Metallurgie, und später in Agricola's „De re metallica“, — beides Werke aus dem 16. Jahrhundert. Hiernach lässt man schmiedbares Eisen einige Stunden in einem Bade von flüssigem Gusseisen, wodurch es sich in Stahl verwandelt. Réaumur erhielt im Jahre 1722 Stahl dadurch, dass er drei Theile Gusseisen mit einem Theile Schmiedeeisen (wahrscheinlich in einem kleinen Schmelztigel) zusammenschmelzen liess, in gewöhnlichem Schmiedefeuer, aber es gelang ihm nicht, auf diese Art Stahl in der zur Verarbeitung nöthigen Menge zu gewinnen.

Eine der Réaumur'schen ähnliche Methode der Stahlbereitung ist in Indien seit Menschenaltern im Gange; denn der berühmte Wootz-Stahl ist das Product einer theilweisen oder vollständigen Verschmelzung von stahlartigem Eisen und kohlenstoffhaltigem

Zusatz in kleinen Schmelztiegeln, welche in einem Windofen primitiver Art eingesetzt werden, worauf man die erhaltenen Könige längere Zeit erhitzter Luft aussetzt, um sie theilweise zu entkohlen.

1750 bezieht sich Hasenfratz in seiner „Siderotechnik“ auf drei Prozesse zur Stahlfabrikation: Einschmelzen kleiner Stahlstücke mit passenden Zuschlügen, durch Erhitzen von schmiedbarem Eisen mit kohlehaltigem Stoff zusammen bis zum Flüssigwerden, und eine Behandlung des Gusseisens (wahrscheinlich mit Oxyden), wodurch man direct daraus Gussstahl erhält.

Das Verdienst, Gussstahl in verarbeitungsfähigen Massen erzielt zu haben, gebührt Huntsman, welchem es zuerst gelang, ihn vollständig in Tiegeln zu schmelzen, die in einem Windofen zwischen dem Kok standen; das flüssige Metall goss er in Metallformen. Dieses Verfahren wird noch jetzt im Grossen in Sheffield angewandt zur Erzielung besondrer Stahlorten, wie zu Werkzeugen, Radkränzen, zu Guss- und Schmiedewaaren, und eine Tonpe Gussstahl in Gussblöcken wird mit einem Aufwande von  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Tonnen Durham-Kok hergestellt, je nach dem gewünschten Grade von Weichheit des Metalls.

In Pittsburg, wo das Stahlschmelzen in Tiegeln in bedeutender Ausdehnung betrieben wird, werden ausnahmslos Graphittigel gebraucht, welche etwa doppelt so viel halten als die Thontigel in Sheffield; 18—24 dieser Tigel, wovon jeder etwa einen Centner Metall enthält, werden in einen Gasofen gestellt; jeder Tigel hält 24 Stunden und nimmt in dieser Zeit 5 Chargen auf. Das verbrauchte Feuerungsmaterial beläuft sich pro Tonne geschmolzenen Stahls auf eine Tonne Kleinkohle, welche für den auffallend niedrigen Preis von 30 Cent pro Tonne bis in die Werke geliefert wird. Mit diesen ausserordentlich günstigen Umständen auf seiner Seite sollte man denken, der Stahlfabricant in America müsste im Stande sein, ohne Schutzzoll mit Sheffield auf dem Markte zu concurriren.

In Beziehung auf Bessemer-Stahl sind in neuerer Zeit durch billigere Herstellung desselben grosse Fortschritte gemacht worden. In Creusot und anderen Werken des Festlandes hat man ein directes Verfahren eingeführt, wobei man das Roheisen noch flüssig aus dem Hohofen in die Bessemer-Birne bringt, und dasselbe Verfahren ist neuerdings auch in mehreren der hauptsächlichsten englischen Werke angenommen worden. Bei dieser Betriebsweise wird das zum Wiederschmelzen des Roheisens im Cupolofen sonst verbrauchte Brennmaterial — etwa  $2\frac{1}{2}$  Ctr. pro Tonne — erspart, und auch noch andere Vortheile werden erzielt, aber andererseits ist jetzt das Bessemerverfahren sowohl in Beziehung auf Zeit als auf die Qualität des Metalls vom Betriebe des Hohofens abhängig. In Barrow und anderen grossen Werken, wo eine Anzahl Hohöfen die Chargen für mehrere Bessemer-Birnen liefern, ausser dem Roheisen für den Markt, fällt obiger Einwand gegen diese Betriebsart fort, und ein heisser Gusskessel sammt seiner Maschinerie kann mit der Ueberführung des Roheisens von den verschiedenen Hohöfen zu den Bessemer-Birnen in fortwährender Thätigkeit gehalten werden. Es steht aber dahin, ob dieses Verfahren noch mit Vortheil in kleineren Werken anwendbar ist, wo ein Wechsel im Betriebe des Hohofens von Bessemer-Chargen zu Roheisen-Abstichen eine bedenkliche Unterbrechung im Betriebe der Bessemer-Anlagen verursachen würde.

In America wurde das Bestreben der Hüttenmeister darauf gerichtet — besonders nach dem Vorgange Holleys — Arbeitskraft zu sparen, indem man die Anzahl der täglichen Chargen jeder Birne fast bis zum Unglaublichen vermehrte. So wurde mir mitgetheilt, dass in den „North Chicago Steel Works“ auf einem Abstichherde bis zu 73 Füllungen in 24 Stunden fertig verblasen worden sind, doch scheint mir zweifelhaft, ob sich dieses Arbeitstempo beliebig lange Zeit einhalten lässt. Die

Americaner haben, soweit ich mich vergewissern konnte, den directen Process nicht angenommen, sondern begnügen sich, ihr Roheisen in grossen Cupolen in unmittelbarer Nähe der Bessemerbirne umzuschmelzen; der Rauminhalt der Birnen ist in letzter Zeit sehr vergrössert worden, und der durch ein Gebläse von vermehrter Stärke bewirkte Hitzegrad ist so erhöht worden, dass eine bedeutende Menge Abfallmetall in dem flüssigen Bade wieder eingeschmolzen werden kann, ehe man dieses in die Formen ausgiesst.

Während der Bessemerprocess rasche Fortschritte gemacht hat, ist allmählig neben ihm ein anderer Process emporgekommen, den ich nicht ohne Bemerkung übergehen kann. Ich meine den Herdofen-Stahlprocess, welcher meinen Namen oder die vereinigten Namen Siemens und Martin führt. Die Idee des Verfahrens ist in Wirklichkeit so alt als die des Gussstahls selber. Der alte indische Wootz-Stahl entstand aus dem Flüssigwerden einer Mischung von Schmiedeeisen und Kohlenstoff. Réaumur schlug, wie bereits angeführt, schon 1722 vor, Schmiedeeisen und Roheisen zur Stahlproduction zusammenzuschmelzen; und J. M. Heath, — dem wir die wichtige Entdeckung verdanken, dass durch Zusatz von Mangan die Schmiedbarkeit des Gussstahls bedeutend zunimmt — versuchte im Jahre 1839 die Ausführung des Gedankens, Stahl in grossen Massen im Flammofen zu erzeugen; und ihm sind in diesem Streben wieder Gentle Brown, Richards und Andere gefolgt.

Als ich im Jahre 1856 mit meinem Bruder Friedrich Siemens zuerst ernstlich an die Construction eines Regenerativ-Gasofens ging, sah ich, dass sich dieser Ofen wunderbar eignen würde, um Stahl auf offnem Herde zu machen, und ich erinnere mich, dass ich denselben zu diesem Zweck 1861 Herrn Abraham Darby in Ebbw Vale in Vorschlag gebracht habe. Seit jener Zeit habe ich mich unaufhörlich mit der Verwirklichung dieser Idee beschäftigt, die aber durch verdriessliche Umstände verzögert

wurde, wie sie immer zwischen das erste Erfassen einer Idee und deren praktische Ausführung treten. Mr. Ch. Attwood in Tow Law, und die Fourchambault Compagnie in Frankreich (zu welcher mein geachteter Freund, der verstorbene Lechatelier gehörte, Inspecteur-Général des Mines) welchen ich zuerst Erlaubniss zur Anwendung des Patents ertheilte, brachten in den Jahren 1865 und 1866 Stahl auf offenem Herde hervor, aber sie verfolgten die Sache nicht mit hinreichender Ausdauer, um commercielle Resultate zu erzielen; und erst als ich in Birmingham eigne Versuchs-Stahl-Werke angelegt hatte, gelang es mir, alle Schwierigkeiten, eine nach der andern, zu besiegen, welche manchmal nahezu unüberwindlich schienen.

Während ich hiermit beschäftigt war, gelang es den Herren Pierre und Emile Martin in Sireuil, welche von mir die Erlaubniss zum Bau von Regenerativ-Oefen zum Schmelzen von Stahl in Tigeln und auf offenem Herde erworben hatten, nach einer kurzen Zeit des Experimentirens, Herdstahl von ausgezeichnete Beschaffenheit auf den Markt zu bringen.

Die Herren Martin richteten ihr Augenmerk auf die Herstellung von Stahl durch Auflösung von Schmiedeeisen und Stahlabfällen in flüssigem Roheisen, während mein eignes Streben besonders dahin ging, Stahl zu erzeugen aus Roheisen und entweder rohen oder mehr oder weniger reducirten Eisenerzen; und dieser letztere Process ist der in England vorzugsweise gebräuchliche.

Ein Vorzug des Herdofen-Processes ist, dass die Resultate desselben nicht von einer begrenzten Zeit abhängig sind. Die Hitze des Herdofens ist so gross, dass das flüssige Metall, wenn es auf den niedrigsten Grad der Carburisation gebracht ist, in diesem Zustande gehalten werden kann, bis Proben genommen und geprüft worden sind, und man Roheisen oder Schmiede-Abfall, Eisenschwamm oder Erz zugesetzt hat, um das Metall zu der gewünschten Beschaffenheit zu bringen.

Dann wird Spiegeleisen, oder Ferro-Mangan in der nöthigen Menge in fester Form beigefügt, und man erhält ein flüssiges Metall, dessen chemische Eigenschaften man genau kennt, und welches den Vorzug hat, dass es, wie es technisch bezeichnet wird „dead melted“ ist. Dieser Umstand macht es für Zwecke verwendbar, zu welchen bisher meist Tigelstahl verwandt wurde.

Wozu sich der Herdofen-Prozess ganz besonders eignet, das ist die Umwandlung von Stahlabfällen und Eisen jeder Art in Gussstahl, und er wird jetzt thatsächlich im grossen Massstabe gebraucht, um alte Eisenschienen in Stahl zu verwandeln. Die Dauerhaftigkeit so umgewandelter Schienen ist seit 1867 der Prüfung unterworfen. Damals liess die „Great Western“ Eisenbahngesellschaft einige alte Dowlais-Eisenschienen in meinen Versuchswerken in Birmingham in Stahl verwandeln, welcher durch Sir John Brown & Co. zu Schienen ausgenutzt wurde; und diese Schienen liegen seit 1867 in Paddington und haben der Abnutzung durch den starken Verkehr in dieser Hauptstation widerstanden.

Die Stahlfabrikation, sowohl nach dem Bessemerverfahren als im Herdofen, wird sehr erleichtert durch den Zusatz von Ferro-Mangan. Dieses wurde 1868 zuerst durch Mr. Henderson in Glasgow auf dem Markt gebracht. Es wurde erfolgreich dargestellt, indem ein Siemens'scher Herdofen mit kohlehaltiger Ausfütterung beschiekt wurde mit kohlen saurem Manganoxydul oder mit Manganoxyd, und mit einer Mischung von manganhaltigem Eisenerz und kohlehaltigem Stoff; aber die Nachfrage war damals nicht genügend für eine lohnende Herstellung, und erst 1875 wurde es durch die Terrenoire-Compagnie wieder auf dem Markt gebracht.

Wenn Mangan im Verhältniss von 0,5 pCt. oder darüber dem Gussstahl zugesetzt wird, welcher nur 0,15—0,20 pCt. Kohlenstoff enthält, beseitigt es Rothbrüchigkeit und macht das Metall äusserst schmiedbar, sowohl im heissen als im kalten

Zustande. Wendet man nun Spiegeleisen an, das nur 15—20 pCt. metallisches Mangan enthält, so ist es unmöglich, den zur Erreichung dieser Schmiedbarkeit nöthigen Betrag beizufügen, ohne gleichzeitig einen Prozentsatz Kohlenstoff zuzuführen, der das Metall hart machen würde. Die Anwendung von Ferro-Mangan hilft über diese Schwierigkeit hinweg, und erleichtert in hohem Grade die Herstellung eines Metalls, welches so schmiedbar ist und so wenig Kohlenstoff enthält, dass es in seiner Beschaffenheit praktisch unbeeinflusst bleibt, wenn es rothglühend in Wasser getaucht wird.

Ein Zusatz von Mangan ohne Kohle wirkt auch noch insofern auf weichen Stahl ein, indem er den schädlichen Einfluss von Phosphor aufhebt, so lange als der Letztere nicht 0,25 pCt. übersteigt. Solches Metall, in welchem dann gewissermassen Phosphor die Stelle der Kohle einnimmt, hat einen grobkristallinen Bruch, und ist, was man nicht erwarten sollte, im kalten Zustande ausserordentlich geschmeidig.

Eisen kann im flüssigen Zustande mit anderen Metallen legirt werden, und einige der so entstandenen Verbindungen haben bekanntlich höchst bemerkenswerthe Eigenschaften. So gibt Eisen mit 3 pCt. Wolfram und 0,8 pCt. Kohlenstoff ein Metall, das sich wie gewöhnlicher Stahl verarbeiten lässt, aber wenn es gehärtet ist, den Magnetismus in sehr hohem Grade behält, eine Eigenschaft, welche Dr. Werner Siemens 1853 auf fand. Ein fernerer Zusatz von Wolfram gibt ein äusserst hartes Metall, (durch Mr. Mushet 1868 auf dem Markt gebracht), welches sich nicht schmieden lässt, aber in Stangen gegossen und so geschliffen, dass es eine scharfe Schneide bildet, Schneidewerkzeuge von grosser Dauerhaftigkeit liefert.

Ein Zusatz von Chrom gibt, wie seit vielen Jahren bekannt, Stahl von grosser Härte und Festigkeit, praktische Anwendung hat derselbe aber erst seit ganz kurzer Zeit in Amerika durch Mr. Julius Baur gefunden, und in England ist er in Aufnahme

gekommen durch Sir John Brown & Cie in Sheffield, welche erklären, dass er in ausgezeichnete Weise fest und schmiedbar ist und schwer rostet.

Die Bildung derartiger Verbindungen ist für den Fortschritt in der Verwendung des Stahls sehr wichtig und könnte, wie ich hier andeuten möchte, sehr gefördert werden durch systematische Untersuchungen unter der Leitung einer Commission des „Iron and Steel Institute.“

Der Werth des weichen Stahls (ingot metal) beruht auf seiner ausserordentlichen Zähigkeit unter allen möglichen Verhältnissen. Seine grösste Festigkeit ist weit geringer als die des gewöhnlichen Stahls, und übersteigt selten 28 Tonnen pro Quadrat Zoll; seine Elasticitätsgrenze wird mit 15 Tonnen pro Quadrat Zoll erreicht, während die Elasticitätsgrenze härteren Stahls zwischen 25 und 30 Tonnen auf den Quadrat Zoll liegen mag, und die des hart gezogenen Stahldrahts zwischen 45 und 50 Tonnen. Wenn man aber den relativen Werth dieser Materialien nach dem Kraftaufwande bemisst, welcher dazu gehört, ein Zerreißen herbeizuführen, dann wird man finden, dass der weiche Stahl vor den anderen den Vorzug hat. Schlägen oder plötzlichen Anspannungen ausgesetzt, wie sie durch Explosion von Schiessbaumwolle oder Dynamit entstehen, unterscheidet sich sehr weicher Stahl in seinem Verhalten von BB Eisen und gewöhnlichem Stahl, indem er, ohne zu zerreißen, bis zu einem ausserordentlichen Grade nachgibt; und in Folge dieser Zähigkeit kann er bis weit näher an seine Elasticitätsgrenze belastet werden, als bei anderem Material ohne Gefahr geschehen dürfte.

In letzter Zeit hat man sich von verschiedenen Seiten bemüht, Fehler, die dem Stahl eigenthümlich sind, zu beseitigen; nämlich dass die Blöcke beim Giessen hohl oder blasig werden. Bekanntlich werden, wenn solcher Stahl gehämmert und gewalzt wird, die darin vorkommenden Blasen in die Länge

gestreckt und scheinbar geschlossen, in Wirklichkeit aber bilden sie nach wie vor Trennungen innerhalb der metallischen Masse, sehr zum Nachtheil der gleichförmigen Festigkeit des fertig geschmiedeten Gegenstandes.

Bei Gussstahl, welcher mehr als 0,5 pCt. Kohlenstoff enthält, lässt sich der Fehler, dass er zellig wird, leicht vermeiden, wenn man sorgfältig darauf achtet, dass das Metall flüssig (dead melted) ist, ehe es in die Form gegossen wird, und der Fehler des Hohlwerdens dadurch, dass man das Zugiessen des flüssigen Metalls hinreichend lange Zeit unterhält, während es sich setzt. Wenn man es aber mit weichem Stahl zu thun hat, welcher nur etwa 0,2 pCt. Kohle enthält, wird die Schwierigkeit, einen guten Guss zu erhalten, viel grösser. Es lässt sich jedoch sehr viel thun durch sorgfältige Behandlung des flüssigen Metalles, und durch wohlbemessenen Zusatz von Mangan oder anderen oxydirbaren Metallen, z. B. Silicium oder Blei, wodurch eingeschlossener Sauerstoff entfernt wird.

Sir Joseph Whitworth, der sich, wie Sie wissen, mit diesem Gegenstande viel beschäftigt hat, beseitigte den Uebelstand mechanisch, indem er den Stahl, während er sich in der Form setzte, starkem hydraulischen Druck unterwarf. Es ist ihm dadurch gelungen, in grossen Massen weichen Stahl von äusserst gleichmässiger Festigkeit zu erhalten, und ob dies Verfahren sich empfiehlt zur Erzeugung flüssigen Stahls für gewöhnlichen Gebrauch wird nur fraglich durch den Kostenpunkt.

Die Herstellung gesunder Stahlgüsse zu besprechen werden wir Gelegenheit haben durch eine Abhandlung, welche uns Herr Gautier einreichen will.

### **Verwendungen des Stahls.**

Die Anwendung des Stahls zum Maschinenbau im Allgemeinen datirt erst aus dem Jahre 1851, wo Krupp in Essen

die Welt durch die Ausstellung eines Stahlblockes von 2500 Pfund Gewicht und seines ersten Gussstahlgeschützes überraschte, und einen ziemlich weichen Tigelstahl einfuhrte zu Stahl-Radreifen, Axen und Kurbelwellen. Zur Herstellung dieser Gegenstände erbaute er seinen berühmten Riesenhammer mit einem Fallgewicht von 45 Tonnen. Dieser übertraf damals durch Grösse und Gewalt unsere kühnste Phantasie, und er wird noch heut nur übertroffen durch einen noch gewaltigeren Hammer, der jetzt, ebenfalls in den Essener Werken, im Bau begriffen ist. Krupps Stahl war indessen nicht billig, und erst unserem früheren Präsidenten, Henry Bessemer, und der wichtigen Erweiterung seines Verfahrens durch Mushet, verdanken wir die Herstellung von Stahl zu so geringen Kosten, dass derselbe zu Eisenbahnschienen und für Bauzwecke verwendet werden kann an Stelle des Eisens, und seitdem ist die Verwendung dieses besseren Materials ausserordentlich gestiegen. Wir reisen auf stählernen Radreifen, die über Stahlschienen gleiten, und eine unserer bedeutendsten Eisenbahngesellschaften, die „London und North-Western“ hat unter der umsichtigen Leitung von F. W. Webb, 748 Locomotiven ganz aus Stahl gebaut, Kessel, Gestell, bewegliche Theile, mit alleiniger Ausnahme der Feuerkästen, welche von Kupfer sind. In Frankreich hat man auch sein Augenmerk sehr auf die Einführung des Stahls in's Maschinenwesen gerichtet, und dort sowohl, als in den Vereinigten Staaten, in Deutschland und Holland wird dieses Material in ausgedehnter Weise zur Ausführung von Brücken und anderen grossen Bauten verwandt.

In England haben mehrere unserer hervorragendsten Civil-Ingenieure seit vielen Jahren für die Verwendung des Stahls zu Bauzwecken gewirkt, und als Sir John Hawkshaw 1859 eine Eisenbahnbrücke in Charing Cross zu construiren hatte, schlug er die Anwendung von Stahl vor, um den Bau leichter zu machen. Die Ausführung seiner Idee wurde jedoch durch die bestehenden

Regierungsverordnungen verhindert, welche vorschreiben, dass bearbeitetes Material irgend einer Art nicht auf Druck oder Zug höher belastet werden soll, als mit 5 Tonnen pro Quadratzoll. Es sind seitdem wiederholte Anstrengungen gemacht worden, die Behörden zur Einführung neuer Verordnungen zu bringen, welche der bedeutenderen Festigkeit des Stahls Rechnung tragen. Um diese Anträge zu fördern, bildete sich ein Comité, bestehend aus den Herren William Henry Barlow, Capitain Galton und Anderen, welche — pecuniär unterstützt durch die bedeutendsten Stahlfabrikanten — eine Reihe werthvoller Versuche durchgeführt haben, um die Elasticitätsgrenze und die grösste Festigkeit verschiedener Stahlsorten festzustellen. Die erhaltenen Resultate sind in einer besonderen Schrift veröffentlicht worden: „Experiments on the Mechanical and other Properties of Steel by a Committee of Civil Engineers.“

Mr. Barlow veranlasste die British Association zur Wahl eines ferneren Ausschusses, um dem Stahl zu seiner richtigen Würdigung zu verhelfen, und dies führte schliesslich dahin, dass die Behörde mit der Ernennung dreier Herren vorging — nämlich Sir John Hawkshaw, F. R. S., und Mr. Henry Barlow, F. R. S., beide vom Vorstande der Institution of Civil Engineers gewählt, und Oberst Yolland, F. R. S., von der Behörde — und diese haben in einem gemeinsamen Bericht den Gebrauch des Stahls als Baumaterial empfohlen, unter einer Begrenzung seiner Tragfähigkeit, welche die für Schmiedeeisen festgesetzte weit übertrifft. Es ist zu hoffen, dass die Regierung durch Annahme dieses Berichtes das Hemmniss aus dem Wege räumen wird, welches nur zu lange die Verwendung des Stahls zu Bauzwecken verhindert und die Ausführung grossartiger Werke, wie z. B. der projectirten Brücke über den Frith of Forth praktisch unmöglich gemacht hat.

Mit dem Bau von Schiffen aus besonders weichem Stahl ist die englische Admiralität, dem Beispiele Frankreichs folgend,

auf Anrathen des Haupt-Constructeurs Mr. Barnaby, der Handelsflotte des Landes vorangegangen, und in jüngster Zeit sind auf den Regierungs-Werften in Pembroke und auf dem Clyde mehrere Corvetten ganz aus diesem Material gebaut worden. Die Erbauer von Handelsschiffen waren bis jetzt durch die bei „Lloyds“ geltenden Vorschriften beschränkt, welche bei Bestimmung der Classe eines Schiffes zwischen Eisen und Stahl keinen Unterschied machen. Es steht zu hoffen, dass die für das Land so wichtige Industrie des Schiffbaues, Maschinenbaues u. s. f. bald von Vorschriften befreit wird, welche wohl an der Stelle gewesen sein mögen beim Gebrauch eines untergeordneten Materials, wie das gewöhnliche Eisen ist, aber den Anforderungen der Gegenwart durchaus nicht mehr entsprechen.

Beim Schiffbau hat der Gebrauch eines Materials von grösserer Zähigkeit und Festigkeit den doppelten Vortheil, die Sicherheit von Leben und Eigenthum zu vergrössern, und die Tragfähigkeit des Schiffes um so viel zu vermehren, als das eigene Gewicht des Schiffes beim Bau vermindert werden kann. Man muss nicht vergessen, dass diese Erhöhung der Ladungsfähigkeit des Schiffes die Unkosten für Betrieb und Fortbewegung des Schiffes nicht vermehrt, und diese Mehreinnahme gibt vielleicht gerade den Ausschlag darin, ob ein zu langen Reisen bestimmtes Schiff mit einem anständigen Gewinn oder mit Verlust fährt. Bei Anfertigung der Masten und Raaen des Schiffes aus festerem Material ist das ersparte Gewicht von noch viel grösserer Bedeutung und ich freue mich, constatiren zu können, dass diese Frage gegenwärtig grosse Aufmerksamkeit erregt.

In den Vereinigten Staaten hat sich seit einiger Zeit eine Commission von Militär- und Civil-Ingenieuren damit beschäftigt, die für Bauzwecke in Frage kommenden physikalischen Eigenschaften von Eisen und Stahl festzustellen. Diese Commission ist in der günstigen Lage, von der Regierung der Vereinigten Staaten materiell unterstützt zu werden; denn diese hatte erst

75000 Dollars ausgesetzt, und jetzt, wie ich erfahre, eine weitere Summe von 40000 Dollars für Ausführung dieser Versuche be-  
willigt.

Der Vorstand des „Iron and Steel Institute“ hat die Wichtigkeit dieses Gegenstandes wohl erkannt, und diejenigen Männer des In- und Auslandes, welche sich vorzugsweise mit der Erzeugung und Anwendung des Stahls beschäftigt haben, eingeladen, um uns in unserer bevorstehenden Discussion mit den Ergebnissen ihrer Erfahrung hilfreiche Hand zu bieten.

Im Lauf der Verhandlungen werden wir uns mit den bestimmten Unterscheidungen zwischen Eisen und Stahl zu beschäftigen haben. Erwägt man die ausserordentliche Aenderung seiner physikalischen Eigenschaften, welche das Eisen erfährt, wenn es mit geringen Prozentsätzen von Kohlenstoff, Mangan, Phosphor, Wolfram, Chrom und anderen Stoffen legirt wird und ferner, dass es nie ganz frei von Beimischung ist: so ergeben sich für Namenbestimmung selbstverständlich grosse Schwierigkeiten; und doch ist die Frage von bedeutender, praktischer Wichtigkeit, wenn es sich darum handelt, Gesetze für zulässige Belastung verschiedener Abstufungen dieser Stoffe aufzustellen.

Dr. Percy definirt in seiner „Metallurgy of Iron and Steel“ den Stahl als Eisen, welches einen geringen Prozentsatz Kohlenstoff enthält und sich härten lässt. Diese Definition stimmt im Wesentlichen überein mit denjenigen, welche sich in den Werken von Karsten, Wedding, Grüner und Tunner finden; auf der anderen Seite erklären Jordan, Greiner, Gautier, Phillipart, Holley und Andere für Stahl alle Eisenlegirungen, welche gegossen worden sind und sich schmieden lassen, während Sir Joseph Whitworth dafür hält, dass Stahl mechanisch durch einen Coëfficienten bestimmt werden soll, welcher seine Festigkeit und Geschmeidigkeit ausdrückt.

Zur Entscheidung dieser Frage der Nomenclatur wurde in Philadelphia durch die „Institution of American Mining Engineers“

ein internationales Comité erwählt, bestehend aus den Herren: Mr. Lowthian Bell, M. P., Dr. Hermann Wedding; Professor Tunner, Professor Åkermann, M. Grüner, Mr. A. L. Holley und Mr. T. Egleston, und dieses Comité vereinigte sich zu folgenden Vorschlägen:

1. Alle schmiedbaren Eisenverbindungen von gewöhnlicher Zusammensetzung, welche entweder aus teigigen Massen oder durch Packetirung oder auf irgend eine andere Weise, Schmelzung ausgenommen, hergestellt sind und welche sich nicht merkbar härten und tempern lassen, und welche überhaupt denjenigen Stoffen gleichen, die jetzt als „Schmiedeeisen“ bezeichnet werden, sollen Schweisseisen (englisch: Weld Iron, französisch: Fer soudé) genannt werden.
2. Wenn so dargestellte Verbindungen sich aus irgend einer Ursache härten und tempern lassen und demjenigen Stoffe gleichen, welcher jetzt „Puddelstahl“ genannt wird, so sollen dieselben als Schweissstahl (englisch: Weld Steel, französisch: Acier soudé) bezeichnet werden.
3. Alle schmiedbaren Eisenverbindungen von gewöhnlicher Zusammensetzung, welche durch Giessen aus einem flüssigen Zustande erhalten worden sind, und welche dadurch, dass man sie zur Rothgluth erhitzt, und in Wasser abkühlt sich nicht merklich härten, sollen Flusseisen (englisch: Ingot Iron, französisch: Fer fondu) genannt werden.
4. Alle solche Eisenverbindungen, wie unter 3) beschrieben, welche aber aus irgend einer Ursache sich auf dem angegebenen Wege härten lassen, sollen heißen: Flusstahl (englisch: Ingot Steel, französisch: Acier fondu).

Die hier vorgeschlagene Benennungsweise verdient wegen der hervorragenden theoretischen und praktischen Kenntniss der Comitémitglieder sorgfältig erwogen zu werden, ich fürchte aber,

dass für den gewöhnlichen Gebrauch der zu machenden Unterscheidungen zu viele sind; ausserdem gehen die gezogenen Grenzlinien durch Stoffe hindurch, welche in ihrer Anwendung sehr ähnlich, wenn nicht ganz gleich sind, und hier würde sich eine verschiedenartige Benennung äusserst schwer durchführen und schwerlich genau feststellen lassen. Nehmen wir zum Beispiel Eisenbahnschienen aus Stahlgussblöcken, welche gewöhnlich so specificirt werden, dass sie ein bestimmtes todttes Gewicht tragen müssen, ohne sich über gewisse Grenzen hinaus zu biegen, und Stössen von gewisser Wucht widerstehen, ohne zu brechen. Die diesen Erfordernissen entsprechenden Materialien enthalten 0,2 bis 0,6 pCt. Kohlenstoff, was grossentheils von der Gewinnungsart abhängt und von der Menge beigemischten Phosphors, Schwefels, Kiesels und Mangans. Sofern aber das Härten besonders von der Kohle herkommt, müsste ein Theil der unter dieser Specification gelieferten Schienen als Flusseisen, der andere als Flussstahl classificirt werden. Das Comité bestimmt auch nicht den Grad der Härtung, welchen es für erforderlich hält, um ein Material unter die Rubrik Flussstahl zu bringen, und doch ist bekanntlich die Härtung von dem bestimmten Hitzgrade abhängig, welchen das Metall erreicht hat, ehe es in die abkühlende Flüssigkeit getaucht wird, ebenso von der Temperatur und Wärmeleitungsfähigkeit dieser letzteren; und Flussmetall von nur 0,2 pCt. Kohlegehalt nimmt doch, wenn es glühend (heiss) in kaltes Wasser getaucht wird, einen gewissen Härtegrad an. Auch würde bei einem der gezogenen Grenzlinie nahe kommenden Metall die Entscheidung über den in anderen Ländern zu zahlenden Einfuhrzoll zu erheblichen Misshelligkeiten führen.

Hindernisse der angegebenen Art haben bisher der Einführung der vorgeschlagenen Benennungen entgegengestanden, und haben Ingenieure und Fabrikanten veranlasst, einstweilen unter der allgemeinen Bezeichnung Gussstahl alle haupt-

sächlich aus Eisen bestehenden Legirungen zu verstehen, welche durch Guss erzeugt und schmiedbar sind. Eine solche allgemeine Definition schliesst von der Bezeichnung als Stahl solche Stoffe noch nicht aus, welche nicht wirklich durch Guss erzeugt sind, sich aber härten lassen, wie Gerbstahl, Cementstahl und Puddelstahl, auch hindert sie nicht, Unterschiede zu bezeichnen zwischen Gussstahlsorten, welche auf verschiedenen Wegen erzeugt worden sind, wie z. B. Tigelstahl, Bessemerstahl oder Herdstahl. Die bevorstehenden Verhandlungen werden hoffentlich ein allgemeines Uebereinkommen in dieser Frage der Benennung herbeiführen.

### **Schmiedeeisen.**

Während nach und nach der Stahl das Schmiedeeisen aus vielen seiner Anwendungen verdrängt, werden Anstrengungen gemacht, dem letzteren Material wegen seiner Billigkeit und leichten Bearbeitung eine unabhängige Stellung zu erhalten durch Verbesserung des Puddel-Prozesses.

Mechanisches Puddeln hat, wie viele andere wichtige Erfindungen, zu seiner Entwicklung lange Zeit gebraucht und viele Köpfe beschäftigt. Ich nenne hier nur Tooth, Yates und Menelaus, unseren früheren Präsidenten, welche hierin Bahn gebrochen haben, und Danks, Spencer, Crampton u. Andere, welche ihnen auf ihrem Wege neuerdings gefolgt sind. Es ist aber hauptsächlich den ausdauernden Bestrebungen von Heath und von Hopkins, Gilkes & Co. zu verdanken, dass das mechanische Puddeln von Roheisen mit beträchtlichem Erfolge ausgeführt worden ist.

Alle diese Bestrebungen gingen darauf hinaus, in einer Kammer zu puddeln, welche um eine horizontale Axe rotirt; doch sind auch zahlreiche Versuche gemacht worden, mechanisch

zu puddeln, indem innerhalb feststehender Räume durch Maschinenkraft Rührhaken bewegt werden, und durch solche Kammern, welche um eine geneigte Axe rotiren; in letzter Hinsicht sind Maudsley, Sir John Alleyne und Pernot zu nennen. Die Hauptschwierigkeit beim rotirenden Puddelofen besteht darin, eine Ausfütterung zu finden, welche fähig ist, der durch kieselhaltige Schlacken bewirkten Zerstörung zu widerstehen, und deswegen sollte das in den rotirenden Puddler gebrachte Roheisen möglichst frei von Kiesel sein. Wenn man den Ofen mit flüssigem Metall beschickt, fehlt die den Roheisengängen als Sand anhaftende Kieselsäure; man hat jedoch neuerdings, und wie ich glaube, mit Erfolg, danach gestrebt, das Roheisen selbst auf seinem Wege vom Hohofen zum Puddler einem einfachen Frischprocesse zu unterwerfen, um den chemisch mit dem Roheisen verbundenen Kiesel zu entfernen. Mr. Hamoir in Belgien hat diesen Gegenstand einige Jahre hindurch verfolgt, wie Sie in unserer Zeitschrift gesehen haben werden aus dem „Report on the Progress of the Iron and Steel Industries in Foreign Countries“, während in England I. Lowthian Bell sich zu diesem Zweck des Bessemer-Converters bedient hat.

Wir hören, dass bei Beschickung mit diesem halbgefrischtem Metall nicht nur die Ausfütterung des Ofens weniger leidet, sondern auch die tägliche Ausbeute vermehrt und die Qualität des erzeugten Schmiedeeisens eine bessere wird.

Man beabsichtigt, das so gewonnene Metall zu Schienen auszuwalzen, ohne es umzuschweissen, und die Schienen einem Cementationsprocess zu unterwerfen, ähnlich dem, welchen Mr. Dodds in Süd-Wales vor einigen Jahren anwandte. Die so gehärteten Eisenschienen sollen an Qualität mit den Stahlschienen concurriren, aber es wird sich zeigen, ob mit der vermehrten Fähigkeit, der Abnutzung zu widerstehen, nicht auch zugleich die Sprödigkeit zugenommen hat, und ob so gefertigte Schienen im Preise mit Stahlschienen concurriren können.

Vor drei Jahren hatte ich die Ehre, diesem Institut einen Plan vorzulegen, wie Schmiedeeisen direct aus dem Erz gewonnen wird in einem rotirenden Ofen besonderer Construction, der mit Gas geheizt wird. Dieser Process wurde damals im Kleinen in meinem Versuchsstahlwerk zu Birmingham betrieben. Seitdem ist er in grösserem Massstabe in Wirksamkeit getreten zu Towcester und in Canada, und obgleich die erhaltenen Resultate bis jetzt in commerzieller Hinsicht noch nicht vollständig zufriedenstellen, hege ich doch keinen Zweifel an dem endlichen Erfolge des Verfahrens. Es wird dadurch fast absolut schwefel- und phosphorfrees Eisen aus Erzen dargestellt, welche von beiden eine beträchtliche Beimischung enthalten. Zur Stahlfabrication werden die Luppen, wie sie aus dem rotirenden Ofen kommen, entweder unmittelbar in das Bad des Herdofens gebracht, oder vorher gezängt und gehämmert, um die Schlacke zu entfernen, welche sonst einen Theil der im Erze enthaltenen Beimischungen in das Metallbad mitnimmt und die Gewinnung eines Stahls von hoher Qualität hindert.

Ein Nachtheil des Gebrauchs von Eisen und Stahl zu Bauten besteht darin, dass sie, der Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt, leicht rosten. Als gewöhnlichstes Schutzmittel der Oberfläche gegen Rost dient ein Oelfarbeanstrich, und wenn dieser von Zeit zu Zeit erneuert wird, lässt sich Eisen oder Stahl sehr lange Zeit rostfrei halten. Ein andres Schutzmittel ist das Eintauchen des heissen Eisens und Stahls in ein Oelbad, wobei ein Theil des Oels auf eine geringe Tiefe in die Poren des Metalls eindringt, während andere Theile zersetzt werden, und einen sehr zähe festhaftenden harzigen Ueberzug bilden. Um dünne Blätter oder Draht aus Eisen und Stahl zu schützen, wird bekanntlich das Galvanisiren in weitem Maasse angewandt.

In diesem Falle beruht der Schutz darauf, dass Zink, obgleich leichter oxydirend als Eisen, mit Sauerstoff ein permanentes Oxyd bildet, welches an dem Metall haften bleibt,

und so neues Zutreten von Sauerstoff zu demselben hindert. Ausserdem hat diese Methode den Vorzug, dass, so lange noch metallisches Zink in Gegenwart von Feuchtigkeit mit dem Eisen in Berührung bleibt, Eisen den negativen Pol eines electrischen Plattenpaares mit Zink bildet, und sich so nicht mit Sauerstoff verbinden kann.

Galvanisiren lässt sich nicht anwenden, wo Eisen- und Stahlgegenstände durch Anwendung von Hitze zusammengefügt werden, oder wo sie mit Seewasser in Berührung kommen, welches bald die schützende Zinkdecke auflösen würde. Aber selbst in diesen Fällen kann das Metall wirksam gegen Zerschneiden geschützt werden, indem man Zinkstücke daran befestigt, welche letztere sich dann statt des Eisens auflösen und darum von Zeit zu Zeit erneuert werden müssen.

Capitän Ainslie von der Admiralität hat kürzlich eine Reihe werthvoller Versuche angestellt, welche zeigen, in welchem Verhältniss Eisen und Stahl in Berührung mit Seewasser angegriffen werden und wie wirksam Zinkstücke diese Zerstörung verhüten. Diese Versuche zeigen ferner . . . im Widerspruch mit den von Gautier erhaltenen Resultaten . . . dass, in unbeschütztem Zustande weicher Stahl der Zerstörung mehr ausgesetzt ist, als Schmiedeeisen, dass aber Zink dagegen sehr wirksam schützt.

In ganz neuer Zeit hat noch Professor Barff eine Methode angegeben, Eisen- und Stahl-Platten gegen Rost zu schützen. Diese besteht darin, die metallischen Oberflächen rothglühend überhitztem Wasserdampfe auszusetzen, wodurch auf der Oberfläche magnetisches Eisenoxyd gebildet wird, und dieses unterscheidet sich vom gewöhnlichen Rost dadurch, dass es beständig bleibt und fest an der darunter befindlichen metallischen Oberfläche haftet. In dieser Hinsicht wirkt es ähnlich wie Zinkoxyd gegen metallisches Zink und dazu kommt noch der fernere Vortheil, dass magnetisches Oxyd in Seewasser und anderen schwachen Salzlösungen so gut wie unlöslich ist.. Die Zeit

wird lehren, inwieweit diese geistreiche Art, Eisen und Stahl zu schützen, praktisch verwendbar ist.

Ehe ich diese Adresse schliesse, wünsche ich noch, Ihre Aufmerksamkeit einem Gegenstande zuzuwenden, der Ihre baldige Erwägung verdient. Das „Iron and Steel Institute“ hat jetzt eine einflussreiche Stellung errungen und wird jedenfalls von Jahr zu Jahr immer wohlthätiger auf einen Industriezweig einwirken, der mit Recht für den wichtigsten unseres Landes erklärt werden kann. Um nun seiner Wirksamkeit mehr Gewicht zu verleihen, scheint es erforderlich, dass seine Stellung officiell anerkannt wird und dass es an einem Centralpunkte eine Räumlichkeit besitzt, welche Geschäftsräume, Bibliothek, Modellsaal, Lesezimmer und Laboratorium umfasst. Ein solches Gebäude speciell für das Iron and Steel Institute zu errichten, würde die zu solchem Zweck vorhandenen Mittel übersteigen; aber gerade jetzt fühlen auch andere, zur Förderung verschiedener Zweige der angewandten Wissenschaften gegründete Vereine dasselbe Bedürfniss. Sollte es da nicht möglich sein, dass unser Institut seine Kräfte mit denen verwandter Vereine zur Errichtung eines gemeinsamen Gebäudes vereinigte, welches die angewandte Wissenschaft eben so vollständig repräsentiren würde, als Burlington House die abstracte Wissenschaft? Ein solcher Plan könnte nicht verwirklicht werden ohne die Mitwirkung der älteren Gesellschaft für angewandte Wissenschaft, der „Institution of Civil Engineers“, deren jetziges, obwohl geräumiges, Gebäude den heutigen Ansprüchen durchaus nicht mehr genügt. Das neue Gebäude könnte deshalb passende Räumlichkeiten liefern für die Institution of Civil Engineers, die Institution of Mechanical Engineers, die Institution of Naval Architects, die Society of Telegraph Engineers, das Iron and Steel Institute, und vielleicht noch andere Gesellschaften, welche ihre gewöhnlichen Versammlungen an verschiedenen Tagen der Woche abhalten und manche von ihnen nach Verlauf beträchtlicher Zeit-

räume; darum wäre es nicht nöthig, mehr als einen, höchstens zwei grosse Versammlungssäle zu haben, und eine Bibliothek, aber jede Gesellschaft würde besondere Geschäftsräume und Zimmer zu Vorstandssitzungen nöthig haben und das Ganze liesse sich so einrichten, dass für „Conversaciones“ alle Räumlichkeiten geöffnet werden könnten.

Die gemeinsamen Interessen der Gesellschaften könnten durch ein gemeinschaftliches Haus- und Bibliotheks-Comité gewahrt werden, dessen Vorsitz der Präsident der Institution of Civil Engineers führen würde und zu dessen Mitgliedern ein oder zwei Vorstandsmitglieder und die Schriftführer der verschiedenen Gesellschaften gehören müssten.

Die Regierung würde wahrscheinlich nicht abgeneigt sein, der Ausführung eines so nützlichen Planes durch Ueberweisung eines Bauplatzes im mittleren Theile der Hauptstadt entgegenzukommen. Jede Gesellschaft könnte aufgefordert werden, einen Theil des nöthigen Capitals entweder aus ihrem Vereinsvermögen oder durch freiwillige Beiträge der Mitglieder aufzubringen und der Rest liesse sich gewiss als Hypothek aufnehmen und sodann durch die zukünftigen Jahresbeiträge abzahlen.

Die Einzelheiten eines solchen Planes würden natürlich sehr sorgsame Erwägung erfordern, aber ich halte den gegenwärtigen Zeitpunkt für günstig zur Ausführung, vorausgesetzt, dass Sie sowohl als die anderen beteiligten Körperschaften den Gegenstand ihrer Aufmerksamkeit werth halten.

Die grosse Mannichfaltigkeit und die Wichtigkeit der Gegenstände, welche für unsere Gesellschaft Bedeutung haben, möge mich entschuldigen, wenn ich Sie mit dieser Adresse länger als ich beabsichtigte in Anspruch genommen habe.

---

# **Der Bathometer,**

ein Instrument zur Bestimmung der Meerestiefe  
ohne Lothleine.

---

Aus den „Philosophical transactions of the Royal Society“.  
Vol. 166 (1876).

## EINLEITUNG.

---

**E**s ist schon mehrere Jahre her, seit ich zuerst auf den Gedanken kam, dass die geringere Dichtigkeit des Seewassers im Vergleich zu dem festen Gestein unserer Erdrinde ein Mittel an die Hand geben könnte, die Tiefe des Wassers unterhalb eines Schiffes zu bestimmen. Wenn sich ein Instrument herstellen liesse, welches, an Bord eines Schiffes aufgehängt, ausserordentlich geringe Aenderungen der Gesammtanziehung der Erde anzeigte, so könnte man zwischen diesen Aenderungen und den Tiefenunterschieden eine Beziehung finden und dann eine Scala herstellen, in welcher die Theilstriche die Tiefe in Faden oder einer anderen Längeneinheit angeben würden, ohne dass die langwierige Sondirung mit der Lothleine erforderlich wäre.

---

### **Anziehung der Erde: Newton.**

Unsere Kenntniss der Erdanziehung stammt von Newton, welcher bewies, dass „die Anziehung einer Kugelschale auf einen materiellen Punkt ausserhalb dieselbe ist, als wäre die Masse der Kugelschale in ihrem Mittelpunkte vereinigt,“ und dass die Erde als eine Summe solcher Kugelschalen angesehen werden kann. Nur zog er aber die Umdrehung der Erde in Betracht, erwies die ellipsoidische Gestalt derselben und zeigte,

dass sowohl wegen dieser Gestalt als wegen der bei der Umdrehung wirkenden Centrifugalkraft die Anziehung der Erde auf einen Punkt der Oberfläche nach der geographischen Breite verschieden sein muss<sup>1)</sup>. Er bestimmte das Maass der Aenderung unter der Voraussetzung, dass die Erdmasse homogen ist und zeigte, dass die Anziehung variirt, wie das Quadrat des Sinus der geographischen Breite; die wirkliche Formel ist:

$$g = g^1 (1 + 0,005133 \sin^2 \lambda)$$

worin  $g^1 = 32,088$  (engl.) Schwere am Aequator,

$g$  Schwere in der Breite  $\lambda$ .

### Neuere Untersuchungen: Stokes und Airy.

Die neueren Untersuchungen von Stokes und Anderen haben erwiesen, dass diese Bestimmungen nur annähernd richtig sind und dass die wirkliche Gesamtanziehung der Erde an einer beliebigen Stelle, selbst an der Küste, beeinflusst wird durch die Erhebung des festen Landes über den Meeresspiegel oder durch hohle Räume im Innern der Erdrinde. Stokes gab auch eine Ursache an für ein schon vorher von Airy beobachtetes Factum, dass nämlich die Erdanziehung grösser ist auf einer Insel als nahe an der Küste des festen Landes, und grösser an der Seeküste als an einem schmalen Meeresarm<sup>2)</sup>.

### Gebrauch des Secundenpendels.

Zuerst von Newton hier vorgeschlagen und angewandt, ist in allen Fällen zur Bestimmung der Erdanziehung auf Punkte der Oberfläche das Secundenpendel benutzt worden.

---

<sup>1)</sup> Newtons „Principia“, Buch III, prop. XX. No. 4.

<sup>2)</sup> Cambridge Philosophical Transactions, VIII, Seite 672—695.

### **Spiralfedern, von Herschel vorgeschlagen.**

Statt des Secundenpendels schlug John Herschel vor, ein Gewicht an einer Spiralfeder aufzuhängen und zeigte, dass mit zunehmender Anziehung die Spirale verhältnissmässig länger werden muss. Er sagt: „ein solcher Apparat zu Beobachtungen wäre bequem, billig, transportabel und handlich und deshalb würde es sich wohl lohnen, statt des gegenwärtigen mühsamen, langwierigen und kostspieligen Verfahrens den Versuch zu machen, ein solches Instrument praktisch brauchbar herzustellen“<sup>1)</sup>. Dieser Vorschlag Herschels ist aber wohl nie praktisch ausgeführt worden, ja man hat kaum je den ernstlichen Versuch gemacht, ein Instrument von solcher Empfindlichkeit herzustellen, dass es durch Veränderung seiner Gleichgewichtslage ganz kleine Aenderungen der Anziehung anzeigen könnte, trotz der bedeutenden Schwingungen, die bei einem so aufgehängten Gewicht stattfinden würden, und des Einflusses von wechselnder Temperatur und Dichtigkeit der Luft.

### **Allgemeine Bedingungen.**

Weder mit dem Pendel noch vermittelt des von Herschel vorgeschlagenen Apparates liesse sich die Höhe von Bergen oder Hochebenen über dem Meeresspiegel bestimmen, weil die örtliche Anziehung der sich über den Meeresspiegel erheben den Gebirgsmasse an jeder Stelle den Werth der Gesamtanziehung erheblich ändern würde, auch wäre selbstverständlich keines dieser Instrumente auf einem Schiffe brauchbar. Nichtsdestoweniger finde ich, dass wenn sich ein von Fehlerquellen möglichst befreites Instrument construiren liesse, welches äusserst

---

<sup>1)</sup> Herschel's: „Astronomy“. Cabinet Cyclopaedia, Anmerkung auf Seite 125.

kleine Aenderungen der Schwere anzeigt, so würden die Angaben dieses Instrumentes in einem so bestimmten Verhältniss zu der Tiefe des darunter befindlichen Wassers stehen, dass man eine Scala entwerfen könnte, auf welcher die Theilstriche verschiedene Wassertiefen repräsentirten.

### **Einfluss der Wassertiefe auf die Schwere.**

Dass die Anziehung an der Oberfläche des Meeres geringer sein muss als an der Küste, folgt daraus, dass das specifische Gewicht des Seewassers etwa  $\frac{1}{3}$  des durchschnittlichen specifischen Gewichtes der Gesteine beträgt, welche die Hauptmasse der festen Erdrinde bilden; wenn sich nun das Instrument auf der Meeresfläche fortbewegt, so bleibt freilich die Gesamtmasse der Erde und die Entfernung des Erdmittelpunktes von dem Instrument stets dieselbe, aber die Vertheilung der Masse wird eine andere, je nachdem die dem Instrument zunächst befindlichen Schichten grössere oder geringere Dichte haben und da die Gesammtanziehung in höherem Grade von den zunächst liegenden Massentheilchen beeinflusst wird, muss sich dieselbe ändern je nach der Dicke der Schicht von geringerer Dichte, die sich unmittelbar unter dem Instrument befindet.

### **Maass der Anziehungsabnahme mit der Tiefe.**

Die Abnahme der Anziehung ist zunächst abhängig von dem Dichtigkeitsverhältniss zwischen Seewasser und Gestein. Die mittlere Dichte des Seewassers lässt sich annehmen = 1,026 und als Dichte des Gesteins lässt sich das Mittel aus den Dichtigkeiten der Hauptgesteinsarten annehmen:

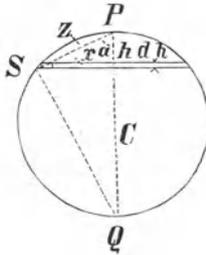
Kalkstein . . .	2,86
Granit . . . .	2,63—2,76
Basalt . . . .	3,00
Rother Sandstein	2,30—2,53
Schiefer . . . .	<u>2,80—2,90</u>
Mittlere Dichte ca.	2,763.

Sie richtet sich sodann nach der Gesamtanziehung der Erde auf einen Punkt der Oberfläche und dem Einflusse der unmittelbar dem Punkte benachbarten Schicht auf diese Anziehung.

**Mathematische Untersuchung.**

Denken wir zunächst die Erde als homogene Kugel und unbewegt. Der Kreis um  $C$  in Fig. 1 sei ein grösster Kugel-

Fig. 1.



kreis,  $P$  der Punkt an der Oberfläche, in welchem die Anziehung zu messen ist;  $PQ$  ein Durchmesser, welcher durch parallele auf ihm senkrechte Ebenen in unendlich viele unendlich kleine Theile zerlegt ist, von denen  $dh$  einen darstellt. Dadurch ist die ganze Kugel in Scheiben von unendlich kleiner Dicke zerlegt und wir betrachten eine derselben, in der senkrechten Entfernung  $h$  von dem Punkte  $P$ . Wir können sie ansehen als Summe concentrischer Ringe von dem Querschnitt  $dx dh$ . Nun ist

$$x = h \tan \alpha$$

$$dx = h d \tan \alpha = h \cdot \frac{d\alpha}{\cos^2 \alpha}$$

und  $h = z \cos \alpha$ , also

$$dx = \frac{z d\alpha}{\cos \alpha}$$

$$dx \cdot ah = \frac{z d\alpha dh}{\cos \alpha}$$

Das Volumen eines solchen Ringes ist nun

$$2 \pi z \sin \alpha \frac{z dh d\alpha}{\cos \alpha},$$

folglich das Differential der Anziehung  $A_1$  in der Richtung  $PC_1$

$$ddA_1 = \frac{2 \pi z \sin \alpha dh z d\alpha}{\cos \alpha} \cdot \frac{\cos \alpha}{z^2} = 2\pi dh \sin \alpha d\alpha.$$

$$ddA_1 = 2 \pi dh \sin \alpha d\alpha$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \int_0^h \int_0^\alpha 2 \pi dh \sin \alpha d\alpha = \int_0^h 2 \pi dh \int_0^\alpha \sin \alpha d\alpha \\ &= 2 \pi \int_0^h dh (1 - \cos \alpha). \end{aligned}$$

Endlich ist

$$\frac{h}{\cos \alpha} = z = \sqrt{x^2 + h^2} = \sqrt{(2R-h)h + h^2} = \sqrt{2R} \sqrt{h}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{2R} \sqrt{h}} = \sqrt{\frac{h}{2R}}.$$

$$A_1 = \int_0^h (1 - \cos \alpha) dh = \int_0^h \left(1 - \sqrt{\frac{h}{2R}}\right) dh$$

$$= 2 \pi h - 2 \pi \int_0^h \sqrt{\frac{1}{2R}} \cdot \sqrt{h} \cdot dh$$

$$= 2 \pi h - \frac{2 \pi}{\sqrt{2R}} \cdot \frac{2}{3} \cdot h^{\frac{3}{2}} = 2 \pi h \left(1 - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{h}{2R}}\right) \quad (1)$$

Dies ist die Anziehung des Kugelsegments von der Höhe  $h$  auf den Punkt  $P$ .

Für geringe Werthe von  $h$  kann  $\sqrt{\frac{h}{2R}}$  vernachlässigt werden, und die Formel wird

$$(2) \quad A_1 = 2 \pi h.$$

Wenn wir in (1)  $h = 2R$  setzen, erhalten wir

$$A = \frac{4}{3} R \pi$$

den von Newton gegebenen Ausdruck für die Totalanziehung, mit welchem also obige Formel übereinstimmt.

Wenn nun die Erdmasse als gleichförmig angenommen wird, so ist das Verhältniss der Anziehungen des Kugelsegments und der ganzen Kugel

$$A_1 : A = 2 \pi h : \frac{4}{3} R \pi = h : \frac{2}{3} R.$$

Hätte Seewasser gar kein Gewicht, so würde durch eine Meerestiefe  $h$  die Anziehung vermindert um  $\frac{h}{\frac{2}{3}R}$ ; Nun beträgt aber der Unterschied der Dichtigkeit zwischen Gestein und Seewasser  $2,763 - 1,026 = 1,737$ , und wenn man die mittlere Dichtigkeit der Erde gleich der des Gesteins setzt, fände die Abnahme der Schwere statt nach dem Verhältniss

$$\frac{1,737}{\frac{2,763}{\frac{2}{3}R}} h = \frac{614}{579} R = \frac{h}{1,06 R}, \text{ d. i. annähernd } = \frac{h}{R}.$$

Bei einer Tiefe von 1000 Faden würde sich also  $g$  verringern um  $\frac{g}{3791}$ .

### **Einfluss des Drucks.**

Das Gestein befindet sich in einer Tiefe, welche der Meerestiefe entspricht, unter einem Druck, der seine Dichtigkeit vergrößert, aber gleichzeitig muss die Dichte des Seewassers mit der Tiefe aus gleichem Grunde in entsprechender Weise

zunehmen, so dass das Verhältniss beider Dichtigkeiten für alle Tiefen ziemlich nahe dasselbe bleiben wird. Dagegen ändert die grössere Dichte des Erdkerns das Resultat obiger Rechnung; doch wird es bei Construction eines Messinstruments sicherer sein, so lange uns zuverlässige Angaben über die Zunahme der Dichtigkeit nach dem Mittelpunkte zu fehlen, durch wirkliche Messungen und Vergleich derselben mit den durch Sondirungen mit der Leine gewonnenen Tiefenangaben die Scala zu reguliren. Es muss übrigens hier bemerkt werden, dass die gemachten Ablesungen an dem Instrumente thatsächlich eine etwas grössere Abnahme der Schwere bei wachsender Tiefe zeigen, als aus obiger Rechnung folgt, und dass die gefundenen Resultate sich mehr den Werthen nähern, in welchen statt der Dichte des Gesteins der Erdrinde die mittlere Dichtigkeit der Erde selbst gesetzt wird. Die in der weiter unten folgenden Tabelle zusammengestellten Beobachtungen bestätigen augenscheinlich, dass die Verringerung der Schwere der Tiefe proportional ist.

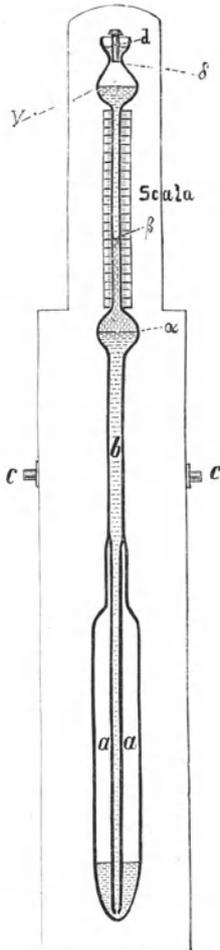
#### **Erster Versuch, einen Bathometer zu construiren.**

Der erste Bathometer, den ich vor mehreren Jahren construirt habe, hatte die in Fig. 2 dargestellte Form (s. nebenstehend).

In diesem Instrument wirkt die Schwere auf eine Quecksilbersäule, welcher unten die in *a* eingeschlossene Luft das Gleichgewicht hält. Wird diese Luft in absolut derselben Temperatur erhalten, so bildet sie einen vollkommen gleichmässigen elastischen Widerstand gegen das Gewicht der Quecksilbersäule, da sie keiner Einwirkung der Schwere und der atmosphärischen Dichtigkeit unterliegt. Die Hauptschwierigkeit in der Herstellung eines praktisch brauchbaren Instruments dieser Art liegt darin, eine Scala von hinreichender Ausdehnung zu erhalten, dass sie noch die äusserst kleinen Aenderungen

der Anziehung erkennen lässt, welche aus den gewöhnlichen Tiefenunterschieden hervorgehen. Wenn die Höhe der Quecksilbersäule 760 mm beträgt, so würde nach obiger Berechnung jedem Faden Wassertiefe und der dadurch bewirkten Gewichtsverminderung ein Steigen der Säule um 0,0002059 mm ent-

Fig. 2.



- a* Längliches Glasgefäß mit Luft gefüllt.  
*b* Glasröhre, gefüllt bis *a* mit Quecksilber,  
 von *a* bis *β* mit verdünntem Alkohol,  
 von *β* bis *γ* mit Wachholderöl,  
*γ* bis *δ* luftleerer Raum.  
*cc* Aufhängepunkt.  
*d* Glasstöpsel.

**Bathometer, erste Construction.**

sprechen, und dies lässt sich an keiner Scala ablesen. Ausserdem käme nicht einmal die ganze Aenderung an der Scala zur Geltung, weil das untere Niveau im Glasgefäss  $\alpha$  einen Theil der Höhenausgleichung übernimmt, und der Druck der eingeschlossenen Luft bei Veränderung ihres Volumens eine entsprechende Aenderung erfährt. Durch die aus Fig. 2 ersichtliche Einrichtung, mit drei Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewicht, gelang es mir jedoch, die Wirkung, welche eine Aenderung der Anziehung auf die Quecksilbersäule ausübt, zu verdreihundertfachen, so dass nun ein Unterschied von 10 Faden Tiefe die Grenzlinie  $\beta$  um 0,6177 mm auf der Scala verschiebt, und dies lässt sich schon ablesen.

Mit diesem Instrument machte ich Versuche im Jahre 1859, auf dem Schiffe „Firebrand“ (Capitän Dayman), als quer durch den Biscayischen Meerbusen Sondirungen gemacht wurden, um ein unterseeisches Kabel zu legen. Diese Versuche gelangen insoweit, dass ich durch das Instrument annähernd die Tiefe vorherbestimmen konnte, welche man durch die Lothleine finden würde. Die Beobachtung des Instruments bot jedoch sehr grosse Schwierigkeit, theils wegen der heftigen pumpenden Bewegung, welche durch das Stampfen des Schiffes verursacht wurde, theils weil es schwer ist, vollkommen gleiche Temperatur zu erhalten. Ich verfuhr bei der Beobachtung so, dass ich je zehn höchste und tiefste Lagen von  $\beta$  ablas, und das Mittel daraus als die wirkliche Lage während der Beobachtung annahm; mitunter machten einzelne Schwankungen von zu bedeutender Grösse auch dieses Mittel unsicher. Der Apparat war dabei voluminös und zerbrechlich, auch liess sich auf eine längere Dauer der Reise die Temperatur gar nicht gleichmässig halten, weil das dazu nöthige Eis nicht in erforderlicher Menge hatte mitgenommen werden können. Dieser Schwierigkeiten wegen gab ich damals einstweilen den Versuch auf, einen zuverlässigen Bathometer zu construiren.

### Jetzige Construction des Bathometers.

Als es sich im vorigen Jahre (1875) wieder zeigte, wie schwer es ist, ein Kabel in Gewässern zu legen, deren Tiefe nicht vorher gemessen worden ist, überzeugte ich mich von Neuem, dass ein genaues Instrument einen hohen Werth haben würde, nicht nur beim Kabellegen, sondern für den Seemann überhaupt, wenn er ausser Stande ist, seinen Ort astronomisch zu bestimmen. Ich habe nun dem Instrument eine Form gegeben, in welcher die Quecksilbersäule zum Messen der Schwere beibehalten ist, aber als Gegengewicht dienen zwei stählerne Spiralfedern, und zwischen diesen und der Quecksilbersäule ist ein Verhältniss hergestellt, wodurch der Einfluss von Temperaturveränderungen auf das Instrument ganz eliminirt wird. Das Instrument (Fig. 3 u. 4) besteht aus einer Röhre von Stahl *A* mit schalenförmigen Erweiterungen an beiden Enden, welche in einem Universalgelenk senkrecht aufgehängt ist, und zwar dicht über dem Schwerpunkt, um Pendelschwingungen zu vermeiden. Das Gefäss am oberen Ende der Röhre ist durch einen Deckel geschlossen, der mit einem Stöpsel versehen ist, und dieser ist heruntergeschraubt, wenn das Instrument nicht gebraucht wird, und wird kurz vorher, ehe Beobachtungen gemacht werden, geöffnet, um die atmosphärische Luft einzulassen. Das untere Gefäss hat als Boden ein dünnes Diaphragma *C* von geripptem Stahlblech, wie die gerippten Plättchen des Aneroid-Barometers. Die Mitte des Diaphragmas ruht auf einer Kreuzstange *F*, an welcher zwei sorgfältig angelassene stählerne Spiralfedern *D* befestigt sind, welche auf beiden Seiten der Quecksilbersäule nach oben gehen und deren obere Enden durch zwei Stellschrauben *E* in den Wänden des oberen Gefässes festgehalten werden. Die Einmündung der Röhre in das obere Gefäss ist durch einen Stöpsel von Stahl oder Kupfer geschlossen, der eine Bohrung *B* von 0,2 mm.

Durchmesser enthält. Hierdurch wird das Auf- und Abströmen der Flüssigkeit bei der Bewegung des Schiffes möglichst reducirt. Ehe dieser Stöpsel eingeschraubt wird, geschieht die Füllung der Röhre mit ausgekochtem Quecksilber bis zur Hälfte des oberen Gefäßes.

Fig. 3.  
Längendurchschnitt.

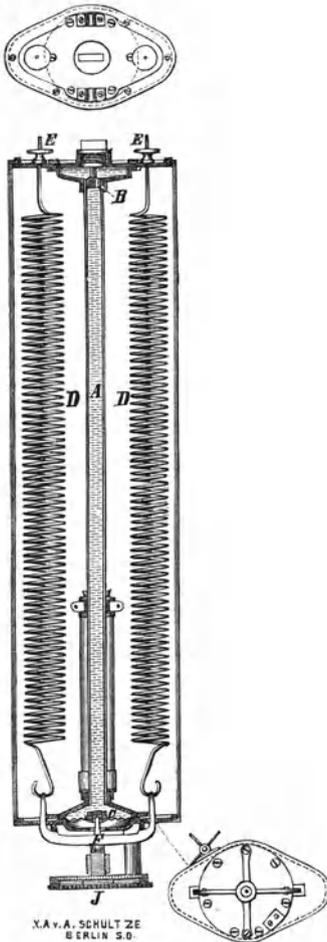
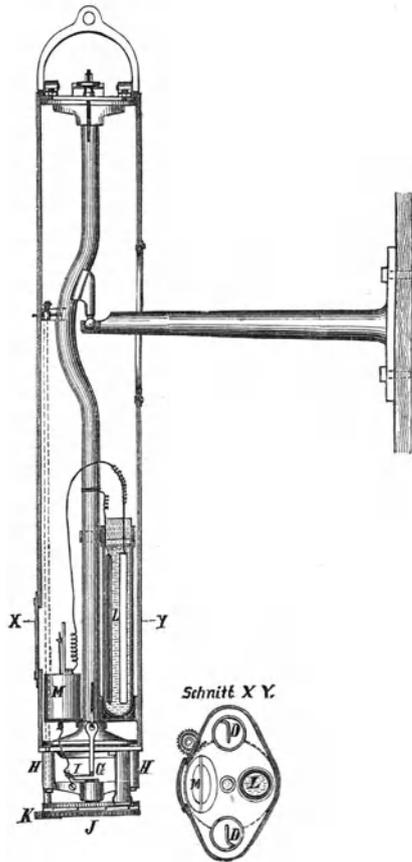


Fig. 4.  
Seitenansicht.

Bathometer.



*A* Stahlröhre mit Quecksilber gefüllt. *B* Bohrung. *C* Diaphragma. *D* Federn. *E* Stell-schrauben. *F* Kreuzstange. *G* Contactstücke. *H* Hufeisenförmig gebogene Feder. *I* Micrometerschraube. *K* Rad. *L* Element. *M* Galvanometer.

### Verwendbare Kraft.

Der Druck der Quecksilbersäule auf das Diaphragma ist gleich der Bodenfläche des unteren Gefäßes mal der Höhe der Säule mal dem specifischen Gewicht des Quecksilbers. Das Instrument, mit welchem die in der weiter unten gegebenen Tabelle angeführten Resultate gewonnen wurden, hat 90 mm. Durchmesser der Schalen und 600 mm. Höhe der Quecksilbersäule, und repräsentirt ein Gewicht von 51,9 Kg., woran Variationen der Schwere gemessen werden können; das in Fig. 3 u. 4 gegebene Instrument dagegen gibt bei 50 mm. Durchmesser der Gefäße und 500 mm. Höhe der Säule ein Gewicht von 13,35 Kg. Diese Massen sind vollkommen hinreichend, geringen Reibungswiderstand in der Flüssigkeits-Säule oder dem Diaphragma zu überwinden. Dieser Reibungswiderstand kommt aber in Wirklichkeit ganz ausser Betracht, weil die Bewegungen des Schiffes die Flüssigkeit in stetem Auf- und Absteigen halten, welches nur durch die enge Bohrung des Stöpsels in engen Grenzen gehalten wird, und dies bringt das Diaphragma immer wieder in seine wahre mittlere Lage, trotz geringer Reibungswiderstände.

### Umfang der Scala.

Sehen wir nun, welche Wirkung eine gegebene Aenderung der Schwere auf das Instrument ausüben wird. Wenn wir annehmen, dass eine Abnahme der Anziehung um  $\frac{1}{370000}$  etwa einer Tiefe von 10 Faden entspricht, so wäre dies gleichwirkend wie eine Verminderung der Höhe der Säule um  $\frac{600}{370000}$  mm. = 0,00162 mm. Wenn nun unter dieser veränderten Gleichgewichtsbedingung die Säule sich hebt, wird sie doch nicht verkürzt, wie die des Barometers bei abnehmendem Luftdruck,

oder wie bei dem oben beschriebenen Instrumente; sondern mit jedem Bruchtheil eines Millimeters, um den sich das obere Niveau hebt, steigt auch die Mitte des Diaphragmas, und zwar in höherem Maasse, was von dem Verhältniss des Durchmessers der festen Mitte des Diaphragmas zum Durchmesser des Gefässes abhängt. Wäre die feste Mitte nur ein Punkt, so würde, wie leicht ersichtlich, beim Steigen des oberen Niveau's um  $a$  dieser Punkt um  $3a$  steigen, also die wirkliche Höhe der Säule um  $2a$  abnehmen, statt um  $a$  zu wachsen. In Wirklichkeit ist das Verhältniss beider Durchmesser so gewählt, dass beim Steigen der Säule um  $a$  die Mitte des Diaphragmas etwa  $2a$  steigt und die wirkliche Höhe der Säule also um das betreffende Quantum abnehmen würde, statt zu wachsen.

Wäre der Spielraum der Federn, welche dem Quecksilberdruck das Gleichgewicht halten, gleich der Höhe der Quecksilbersäule, so würde einer Zunahme der Höhe auf der einen Seite durch einen Zuwachs der elastischen Kraft auf der andern gerade das Gleichgewicht gehalten, und das Instrument befände sich im indifferenten Gleichgewicht, wie ein im Schwerpunkt aufgehängter Wagebalken. Wäre der Spielraum der Federn gleich der halben Höhe der Säule, so würde die elastische Kraft doppelt so rasch zunehmen, als die Höhe der Säule, und das Resultat wäre eine Scala, der einfachen Höhe proportional. Daraus folgt, dass der Spielraum der Federn kürzer sein muss, als die Länge der Quecksilbersäule; beim ausgeführten Instrument beträgt er etwas mehr als die Hälfte, so dass ein Theilstrich des Instruments etwas weniger anzeigt, als die entsprechende Aenderung der Schwere. Es wäre schwer, die wirkliche Scala des Instruments a priori zu bestimmen, ich zog deshalb den leichteren und zuverlässigeren Weg vor, die letzte Adjustirung auf Grund wirklicher Messungen vorzunehmen. Der Empfindlichkeit des Instruments werden hauptsächlich Schranken gesetzt durch das Diaphragma, welches nahe seiner neutralen

Lage gehalten werden muss; denn sein Spielraum ist begrenzt und von dem der Federn weit verschieden. Es empfiehlt sich desshalb, das Diaphragma aus möglichst dünnem und biegsamen Metall, und die ringförmigen Einbiegungen möglichst tief zu machen. Mit Rücksicht hierauf versuchte ich ein Diaphragma aus Seide, mit Kautschuk getränkt, welches biegsamer ist als ein metallenes, aber es dehnt sich unter dem dauernden Druck des Quecksilbers aus. Ein Diaphragma aus dünnem Stahlblech hat sich für den Zweck des Instruments ausreichend biegsam erwiesen. Hebel, Rollen und andere ähnliche Theile mussten bei dem Instrument möglichst vermieden werden, weil sie sich durch Streckung, Biegung, unregelmässige Ausdehnung ändern und damit den Nullpunkt verrücken würden. Ich habe deshalb eine Micrometerschraube mit electricischem Contact angewandt, welche mit grosser Festigkeit und Einfachheit der Theile den Vortheil einer langen und genau getheilten Scala vereinigt.

#### **Ablesung am Bathometer.**

Die Micrometerschraube geht vertical durch ein festes Stück unter der Mitte des Diaphragmas, welches mittelst zweier isolirenden Hartgummiträger mit der Röhre verbunden ist. Der eine Pol einer galvanischen Batterie ist mit der Röhre verbunden, der andere mit dem festen Stück, wodurch die Micrometerschraube geht. Eine Glocke oder ein Galvanometer ist in den Stromlauf eingeschaltet, und der Strom ist geschlossen, wenn die Spitze der Micrometerschraube den untersten Punkt der Kreuzstange berührt, auf welcher die Mitte des Diaphragmas und damit das Gewicht der Säule ruht. Galvanometer und Glocke sind so eingerichtet, dass ein Element zum Signalgeben hinreicht, weil bei Anwendung mehrerer Elemente die Stromentladungen die Oberfläche der electricischen Contacte angreifen

würden. Diese Oberflächen müssen von Zeit zu Zeit gereinigt werden, indem ein Stück steifes Papier oder feines Schmirgelpapier zwischen ihnen durchgezogen wird. Ein getheilter Kreis zeigt genau den Winkel, um welchen die Micrometerschraube vom Nullpunkt aus gedreht worden ist, wenn ihre Spitze die Kreuzstange berührt, was durch Ertönen der Glocke oder durch Ausschlag des Galvanometers erkannt wird. Beide Contacte sind, wie üblich, von Platin, das Contactstück der Schraube ist aber mit derselben durch eine kurze, starke, hufeisenförmig gebogene Feder verbunden, um den Stoss bei Berührung beider Spitzen zu mildern, welcher durch die Bewegung der schweren Säule in Folge der Bewegung des Schiffes hervorgerufen wird. Die Höhe des Schraubenganges ist etwa 5 mm., und der Kreis in 1000 Theile getheilt, also hebt jede Drehung der Schraube um einen Theilstrich den Contactpunkt um 0,005 mm., was einer Tiefe von 1 Faden entsprechen soll. Die Drehung der Micrometerschraube geschieht durch ein Rad, dessen Achse bis zu dem Aufhängepunkte des Instruments hinaufreicht, wo das geränderte Endstück derselben gedreht werden kann, ohne dass die durch die Bewegung des Schiffes bewirkten Schwingungen stören. Statt zweier Spiralen könnten auch drei, um je  $120^\circ$  von einander entfernt, verwendet werden, wodurch vielleicht die Kreuzstange sicherer in horizontaler Lage gehalten würde. Die Buchstaben in Fig. 3 u. 4 zeigen die beschriebenen Haupttheile des Instruments; für eine detaillirtere Beschreibung und Zeichnung der einzelnen Theile desselben ist hier nicht der Ort, wohl aber soll nun noch gezeigt werden, wie ein solches Instrument die verschiedenen Tiefen des Wassers, worüber es sich befindet, richtig angeben kann, trotz des Wechsels in Temperatur, Luftdruck und Gestaltung und Beschaffenheit des Meeresbodens.

### **Einfluss der Temperatur.**

Die Einwirkung der Temperatur muss für die verschiedenen Theile des Instruments einzeln untersucht werden. Das Hauptmaterial des Instruments ist weicher Stahl, und der Einfluss der Temperatur auf lineare Ausdehnung desselben ist hinreichend bekannt. Nach den Versuchen von Dulong und Petit dehnt sich Stahl für jeden Grad Celsius zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  um 0,000012 seiner Länge, und dies stimmt sehr nahe mit Versuchen von Regnault überein, welcher die cubische Ausdehnung des Quecksilbers = 0,00018153 fand pro Grad Celsius zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$ ; bei beiden Metallen kann man bei den gewöhnlich vorkommenden Temperaturen die Ausdehnung durch Wärme als in arithmetischer Progression zunehmend betrachten.

### **Einfluss der Temperatur auf Federn von Stahl.**

Wertheim's Untersuchungen <sup>1)</sup> über die Einwirkung der Temperatur auf die Elasticität von Federn zeigen, dass bei allen Metallen ausser Eisen mit erhöhter Temperatur die Elasticität abnimmt. Eisen hat nach Wertheim seine grösste Elasticität bei  $100^{\circ}$  C.; aber geglühter Gussstahl zeigt ebenso wie Gold, Silber u. a. bei erhöhter Temperatur eine Abnahme der Elasticität. Die von Wertheim in einer Tabelle zusammengestellten Resultate geben als Coëfficienten der Elasticitätsverringernng für Gussstahl 0,00033768 pro Grad C.; der Elasticitätsmodul bei  $0^{\circ}$  ist = 19561, bei  $80^{\circ}$  C. = 19014. Ehe der Bathometer zusammengestellt wurde, liess ich die Aenderung der Elasticität seiner stählernen Spiralfedern innerhalb der gewöhnlichen Temperaturgrenzen durch Versuche ermitteln, und erhielt

---

<sup>1)</sup> Annales de Chemie et de Physique. Sér. 3. 1845. VV. 119. „Sur l'influence des basses températures sur l'élasticité des métaux.

das bedeutsame Resultat, dass die Elasticität wohlgehärteter Stahlfedern bei wachsender Temperatur — innerhalb der gewöhnlichen Grenzen — in arithmetischer Progression abnimmt. Das erhaltene Maass der Abnahme der Elasticität pro  $1^{\circ}$  C. Temperaturerhöhung war 0,000258; der geringe Unterschied zwischen dieser und der von Wertheim gegebenen Zahl kommt wahrscheinlich von verschiedener Härte der Stahlsorten.

Beim Bathometer hebt sich die lineare Ausdehnung der Spiralen gegen die lineare Ausdehnung der Röhre, mit welcher sie verbunden sind, und wir haben also nur die Aenderung der elastischen Kraft zu compensiren, um die Angaben des Instruments von der Temperatur unabhängig zu machen.

#### **Ausgleichung der Temperaturwirkung.**

Diese Ausgleichung geschieht durch die Quecksilbersäule. Wenn diese in einem vollkommen cylindrischen Gefässe eingeschlossen wäre, dessen Durchmesser sich beim Temperaturwechsel nicht änderte, so müsste der Druck auf das Diaphragma bei allen Temperaturen gleich bleiben; denn um wieviel die Säule bei höherer Temperatur an Höhe zunimmt, um so viel würde sie gleichzeitig an specifischem Gewicht abnehmen; es wäre dies eine Säule von gleichbleibendem Druck und könnte nicht die verlangte Ausgleichung geben. Besteht dagegen die Säule aus zwei flachen Schalen oben und unten, die durch eine Röhre von so kleinem Durchmesser verbunden sind, dass dieser gegen den der Schalen verschwindet, so ändert sich der Druck einer solchen Säule mit der Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme: mit anderen Worten: die Höhe der Säule wird bei allen Temperaturen fast genau dieselbe bleiben, aber die Dichte des Quecksilbers pro Grad C. um 0,00018153 abnehmen. Wenn sich nun eine Spirale finden liesse, bei welcher das Maass der Aenderung geringer wäre, als beim Quecksilber, so ist klar,

dass zwischen beiden Extremen eine Art Feder gefunden werden könnte, welche genau im selben Maasse variirt, wie das Quecksilber. Die Aenderung der Feder hängt von ihrer Härte ab, bei dem besprochenen Instrument betrug sie 0,000258, und war demnach grösser als die des Quecksilbers. Eine vollständige Ausgleichung war also in diesem Falle nicht zu erzielen, doch ist der noch übrig bleibende Fehler sehr gering, und wird in Wirklichkeit unmessbar klein gemacht, indem das verhältnissmässig unelastische Diaphragma einen Theil des Quecksilberdruckes übernimmt.

Das durch Rechnung gefundene Verhältniss ist noch dadurch zu modifiziren, dass das durch die Ausdehnung des Stahls der Röhre veränderte Volumen derselben berücksichtigt wird; diese Aenderung geschieht aber ebenfalls in arithmetischer Progression, und kann den genauen, dem Durchmesser der Röhre zu gebenden Werth nur in geringem Grade beeinflussen, ohne das Verhältniss der Abnahme zu ändern, auf welchem die Ausgleichung derselben in dem Instrumente beruht. Das ganze Arrangement, welches man ein parathermales System der Ausgleichung zwischen Schwere und Elasticität nennen könnte, lässt sich leicht prüfen, wenn man das Instrument in die mit heisser Luft gefüllte Kammer hängt, in welcher auch die Experimente über Veränderung der Elasticität gemacht wurden: es sollten dann die nach und nach bewirkten Temperaturveränderungen die Ablesungen nicht beeinflussen.

Als das erste nach diesem Prinzip angefertigte Instrument dieser Probe unterworfen wurde, fand sich eine Aenderung von 0,00000125 pro  $1^{\circ}$  C.; diese wurde bei den Beobachtungen an Bord des Faraday nicht in Rechnung gezogen, und sind die damals erhaltenen, und weiter unten zusammengestellten Resultate nachträglich durch Hinzuziehung dieses Temperaturfactors rectificirt worden.

### **Einfluss der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft.**

Der Druck der Atmosphäre auf die Oberfläche des Quecksilbers in der oberen Schale und auf das Diaphragma der unteren ist derselbe, und deswegen würden Aenderungen des Barometerstandes an sich keinen Einfluss auf das Instrument haben; der in Rechnung kommende Druck des Quecksilbers richtet sich aber darnach, wieviel das specifische Gewicht desselben grösser ist als das der Luft, welche sonst die Röhre ausfüllen würde, und deshalb müssen Aenderungen der atmosphärischen Dichtigkeit doch die Ablesungen am Instrument beeinflussen. Die Dichtigkeit der Atmosphäre hängt ab von der Dichtigkeit der Luft an sich, der Temperatur und dem Gehalt an Wasserdampf; und diese können leicht festgestellt werden durch Beobachtung des Thermometers mit trockener und nasser Kugel, und des Barometers, zu der Zeit, wenn der Bathometer beobachtet werden soll. Diese Correctionen sind bei den an Bord des Faraday gemachten Beobachtungen angebracht worden, nur ist, da die Ablesungen auf dem Meere geschahen, angenommen worden, dass die Luft mit Wasserdampf gesättigt war, und sind die der jedesmaligen Temperatur entsprechenden Dampfspannungen in Rechnung gezogen. Für den gewöhnlichen Gebrauch des Instruments würden diese Correctionen ohne erheblichen Fehler vernachlässigt werden können, oder es liesse sich eine Tabelle dieser Correctionen für beobachtete Aenderungen des Thermometer- und Barometerstandes zusammenstellen.

### **Geologische Einflüsse.**

Die Angaben des Bathometers beruhen auf der geringeren Dichtigkeit des Seewassers, verglichen mit den festen Bestandtheilen der Erdrinde; letztere wurden in der Rechnung auf

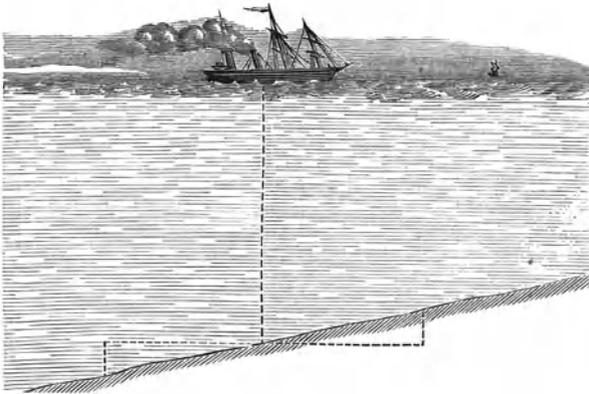
Seite 49 = 2,763 gesetzt. Bei dieser durchschnittlichen Dichte wurde keine Rücksicht genommen auf etwaige Anwesenheit sowohl schwererer Stoffe, wie z. B. Erze, Schwerspath etc., als von hohlen Stellen in der Erdrinde. Aber dieses Vorkommen ist selbst auf dem festen Lande nicht häufig, und beschränkt sich meist auf Gebirgsgegenden; in den grösseren Senkungen, welche den Meeresboden bilden, darf man wohl ein noch selteneres Vorkommen annehmen. Auch ist der Einfluss auf den Werth der Totalanziehung geringer auf dem Wasser, als auf dem festen Lande, weil die Entfernung der betreffenden Massen von dem Instrumente grösser ist. Die gleichmässige Dichte der See ist ein sehr günstiger Umstand für Erreichung gleichmässiger Messungen an der Oberfläche.

### **Geographische Einflüsse.**

Die Gestaltung des Meeresgrundes unter dem Instrument muss auch die Ablesungen wesentlich beeinflussen. Das Instrument würde z. B. das Dasein einer von Hochebenen umgebenen Einsenkung nicht anzeigen, auch nicht das Vorhandensein eines Bergkegels. Darum werden zwischen den Angaben des Instruments . . . wenn sie auch noch so genau sind . . . und den durch Lothungen ermittelten Tiefen mitunter beträchtliche Unterschiede stattfinden, doch kann dies nur bei so coupirtem Terrain vorkommen, wie es auf dem Meeresgrunde verhältnissmässig selten ist; meist nimmt mit der Entfernung vom festen Lande die Tiefe allmähig so zu, dass sich gewöhnlich zusammenhängende Curven von gleichen Tiefen zeichnen lassen, und der Hauptwerth des Instruments würde darin bestehen, dass es den Uebergang über verschiedene Tiefen erkennen lässt. Auf einer schiefen Ebene müssen die Angaben des Instruments sehr nahe mit den Ergebnissen der Sondirung übereinstimmen, weil die grössere Nähe des Bodens an der aufsteigenden Seite durch

die grössere Entfernung der festen Masse auf der entgegengesetzten ausgeglichen wird, wie folgende Skizze zeigt.

Fig. 5.



Airy's Beobachtungen über die Verschiedenheiten von  $g$  auf Inseln, an der Küste und im Innern des Festlandes, so wie die von Stokes gegebene Erklärung der Sache wurde bereits oben erwähnt. Der Nullpunkt des Bathometers kann als Maximum gelten, oder als Ablesung auf der Insel; dann ist die durch wachsende Tiefe verursachte Abnahme von den Unregelmässigkeiten unabhängig, welche auf dem Lande durch die Gegenwart schwerer Massen, die sich über den Meeresspiegel erheben, hervorgebracht werden. Pratt u. A. haben nachgewiesen, dass Continente einen Einfluss haben auf die Höhe des Meeresspiegels; dieselbe ist in der Nähe der emporsteigenden Massen etwas grösser, und solche Aenderungen der Niveaus werden natürlich auf die Angaben des Instruments einwirken. Doch würde dies nur merklich sein in schmalen Meeresarmen und an der Küste von Bergländern und darf auf der See unter gewöhnlichen Umständen vernachlässigt werden.

Von grösserer Bedeutung für das Instrument sind die

Störungen, welche, wie bereits erwähnt, aus der ellipsoidischen Gestalt der Erde und den verschiedenen Werthen der Centrifugalkraft an verschiedenen Stellen der Oberfläche hervorgehen.

### Einwirkung der geographischen Breite.

Es ist schon gesagt, dass der Werth von  $g$  sich mit der geographischen Breite ändert, wie Newton, Clairaut, Mc. Laurin u. A. nachgewiesen haben, und es war für den Gebrauch des Instruments nothwendig, zu bestimmen, wie seine Ablesungen durch Verschiedenheit der geographischen Breite beeinflusst werden. Um die Einwirkung der Breitenunterschiede allein zu prüfen, wurden am 8. Dec. 1875 in Westminster ( $51^{\circ} 31'$  N Br.  $0^{\circ} 7'$  W L.) und dann in Brighton ( $50^{\circ} 50'$  N Br.  $0^{\circ} 10'$  W L.) etwa 41 Seemeilen südlich von Westminster Ablesungen genommen. Eine ganze Umdrehung der Mikrometerschraube als Einheit genommen, waren die Angaben in Westminster, von 5 zu 5 Minuten genommen,

Bathometer.	Barometer.	Thermometer.
2,432	30,425	43,4 ° Fahrh.
2,431	30,425	43,6
2,430	30,425	43,4

Unmittelbar darauf wurde das Instrument sorgfältig verpackt nach Brighton gebracht und dort wieder aufgehängt. Eine Stunde nach der Ankunft wurde das erste Mal abgelesen, und die Ablesungen während des Nachmittags waren dann:

Zeit.	Bathometer.	Barometer.	Thermometer.
12 <sup>55</sup> — 1 <sup>10</sup> Nachm.	2,4495	30,315	40,5 ° F.
	2,449	30,315	40,5
	2,4515	30,32	41
1 <sup>44</sup> — 2 <sup>0</sup> „	2,4495	30,31	42,8
	2,4488	30,31	42,8
	2,4495	30,31	42,8

Zeit.	Bathometer.	Barometer.	Thermometer.
4 <sup>13</sup> — 4 <sup>30</sup> Nachm.	2,4497	30,30	43,4
	2,449	30,29	44
	2,4495	30,29	44

Am nächsten Morgen zeigte das Instrument in Westminster

Bathometer.	Barometer.	Thermometer.
2,440	30,42	43
2,4395	30,42	43,25
2,440	30,42	43,2

Wenn nun die Correction für den Wechsel in der Temperatur und in der Dichtigkeit der Luft angebracht wird, und die ersten Ablesungen in Westminster als Maassstab gelten, reduciren sich obige Ablesungen auf

	Bathometer.
in Westminster vor der Abfahrt . . . . .	2,431
in Brighton . . . . .	2,452
in Westminster nach der Rückkehr . . . . .	2,43925

Mit dem Mittel der Angaben in Westminster verglichen, ist in Brighton ein Unterschied von 0,017 auf der Scala, welcher eine Abnahme der Schwere um 0,0000046 gibt, während die Rechnung einen Unterschied von 0,000066 ergibt.

Es ist mir nicht gelungen, diese offenbare Anomalie befriedigend zu erklären; Mängel des Instruments oder Beobachtungsfehler können nicht wohl die Ursache sein, weil an Bord des Faraday auf der Fahrt von der Themse durch den Canal die beobachteten Aenderungen (siehe Tabelle I. und II. auf Seite 70 u. 71) sehr wohl mit der zunehmenden Tiefe übereinstimmen, aber die durch den Breitenunterschied bedingten erheblichen Aenderungen der Gesamtanziehung nicht erkennen lassen. Um den Einfluss der Breite nochmals zu prüfen, liess ich das Instrument nach Scarborough bringen, 207 Meilen nördlich von Westminster, und die dortigen Beobachtungen

bestätigen im Allgemeinen die in Brighton gemachten, sofern sie keine ausreichende Aenderung ergeben, doch war ihr absoluter Werth nicht zuverlässig, weil das Instrument auf dem Transport eine Störung erlitten hatte.

Es ist zu berücksichtigen, dass Brighton und Scarborough an der Küste liegen, Westminster dagegen an einem Meeresarm<sup>1)</sup>, und hierdurch mag eine gewisse Ausgleichung in der Anziehung in Brighton und Westminster verursacht werden.

### **Wirkliches Erproben des Instruments auf der See.**

Vorstehendes genüge zur Darlegung der beim Gebrauch des hier besprochenen Instruments möglichen Störungen; es kam aber jetzt darauf an, zu sehen, was für Ablesungen das Instrument geben würde, wenn es auf einem Schiffe verschiedene Meerestiefen passirte, und dann die Angaben des Instruments mit den durch Sondirungen mit der Lothleine gefundenen Tiefen zu vergleichen. Es wurden deshalb 2 Instrumente, von denen Fig. 3 und 4 das kleinere darstellen, auf dem Dampfer Faraday mitgenommen, als dieser ausgeschiedt wurde, um das durch einen nachgeschleppten Anker auf der Bank von Newfoundland zerrissene Direct United States-Kabel wieder zu vereinigen. Beide Instrumente waren in einem Cabinet neben dem Zimmer des Elektrikers, nahe dem Mittelpunkte des Schiffes aufgehängt, und wurden sorgfältig beobachtet, in den Victoria Docks vor der Abfahrt, dann unausgesetzt während der Fahrt, und auf der Rückkehr von Neuschottland. Die Beobachtungen während dieser ersten Probe wurden von Dr. Higgs gemacht, dem Chef der Elektriker, welche die Expedition mitmachten. Folgende Tafel gibt die Resultate dieser Beobachtungen.

---

<sup>1)</sup> So müssen wir die Themse nennen, soweit noch Ebbe und Fluth in ihr erscheinen.

TAFEL I.  
Bathometerlesungen an Bord des Dampfers Faraday October 1875.

Datum.	Stunde.	Ort.	Thermo- meter.	Baro- meter.	Batho- meter Theil- striche.	Tiefe.
15. Oct.	Mittag.	Victoria Docks.	64,5° F.	29,7	0	2 Faden.
18. -	do.	Tidal Basin.	65	29,95	3,5	—
19. -	8. Vorm.	Tilbury.	60	30,99	9	—
19. -	10.35 do.	Bei Southend.	59	29,7	11,5	—
21. -	11.45 do.	Gegenüber Cap Lizard.	60	29,6	47,5	—
22. -	9. do.	—	56,3	29,5	92,5	—
23. -	Mittag.	51° 0' N. 14° 37' W.	Schlechtes Wetter.			Nach d. Karte
25. -	do.	51 25 N. 26 25 W.	56	29,15	2130	1900 Faden.
26. -	do.	51 7 N. 31 14 W.	56	29,75	2680	2000 do.
27. -	do.	(Log-Rechnung.)	56	29,15	2870	2100 do.
28. -	—	—	Schlechtes Wetter.			—

In Tafel I ist die Breite nicht berücksichtigt, und obgleich die Breitenunterschiede nicht sehr gross sind, würden sie doch mehr als hinreichend sein, den Einfluss so geringer Tiefen, wie sie z. B. bei der Fahrt durch die Themse und den Canal vorkommen, aufzuheben. Die in der Tafel gegebenen Beobachtungen führen entweder darauf, dass der Einfluss der geographischen Breite bei diesem Instrument bedeutend geringer ist, als beim Pendel, oder dass die Ablesungen nicht mit der nöthigen Sorgfalt genommen wurden. Man könnte glauben, dass die bekannten Tiefen im Canal den Beobachter ohne seinen Willen dazu brachten, die entsprechenden geringen Unterschiede am Instrument abzulesen, obgleich ich persönlich wegen der mir bekannten Gewissenhaftigkeit des Beobachters dieser Annahme entgegengetre; dagegen kann eine solche Annahme überhaupt gar nicht stattfinden, bei Tafel II, wo das Schiff sich über vollständig unbekanntes Tiefen befand, welche erst nach genommener Ablesung des Instruments durch Lothungen mit der Leine festgestellt wurden.

## TAFEL II.

## Bathometerlesungen, verglichen mit Sondirungen, an Bord des Faraday, October und November 1877.

Datum.	Stunde (mittlere Green- wich-Zeit).	Breite N.	Länge W.	Thermo- meter ° Fahrten- heit.	Barometer Zoll.	Batho- meter- Lesung 7theil- striche.	Correction für Tempera- tur und Luftdichte.	Bathometer Correctur. Theilstriche.	Lothung Faden	Unterschied.
29. October	3.— Nachm.	47° 50'	47° 0'	56	29, 5	216	-14,55	201,45	197	+ 4,45
29. -	8,55 -	47 34	48 23	57	29, 7	113	13, 5	99, 5	100	+ 0, 5
30. -	1,52 Vorm.	—	—	58	29, 5	74	10,95	63,05	54	+ 9,05
31. -	12, 0 Nachm.	—	—	57,5	30,05	96	13, 7	82, 3	82	+ 0, 3
31. -	1, 8 -	45 5	54 28	58	30,05	231	12,85	218,15	204	+ 14,15
31. -	2,20 -	—	—	60	30,05	87	9,15	77,85	69	+ 8,85
31. -	2,59 -	45 9 45''	54 14	59,5	30,05	66	10, 2	55, 8	54	+ 1,08
31. -	3,27 -	45 10 42	54 18 20''	60,5	30, 9	66	11, 2	54, 1	54	+ 0,08
31. -	5,47 -	45 11 15	54 17 53	57,5	30, 7	66	15, 9	50, 1	54	+ 5, 9
31. -	7,27 -	45 10 12	54 18 25	55,5	29, 5	66	15, 7	47,45	54	+ 6,55
1. November	12,15 -	45 10 12	54 18 25	60,5	29, 0	82	15,65	50, 3	55	+ 7, 7
1. -	2,18 -	45 7 15	54 21 30	55	29, 0	87	4, 6	66,35	73	+ 9, 4
1. -	3,25 -	45 6	54 22 48	60,5	29, 3	63	6,85	56,15	47	+ 9,15
2. -	12,50 -	—	—	59	29, 0	63	14,35	48,65	46	+ 2,65
2. -	2,58 -	—	—	55	29, 3	85	4, 9	80, 1	69	+ 11, 1
2. -	5,30 -	—	—	60,5	29, 5	120	9, 4	110, 6	100	+ 10, 6
3. -	7,57 -	45 5 48	54 25 42	58,5	29, 7	226	10,95	215,05	200	+ 15,05
3. -	9,20 -	45 4 50	54 28 34	57,5	30	82	12, 5	69, 5	64	+ 5, 5
4. -	9,20 -	45 10 36	54 20 6	57,5	30	95	14, 5	80, 5	80	+ 0, 5
5. -	12,35 -	—	—	58,5	30	57	11, 8	86, 2	86	+ 0, 2
5. -	1,45 -	—	—	58,5	29, 7	98	11, 8	86, 2	86	+ 0, 2
5. -	4,16 -	—	—	58	29, 8	90	21,65	68,35	76	+ 7,65
5. -	5,19 -	46 45	47 17	58	29, 9	400	11,65	388,35	353	+ 35,35
7. -	6,35 -	46 35	46 57	58	30,05	811	11,95	799,05	698	+ 101,05
7. -	9,50 -	46 26	46 26	58,5	29,95	617	9, 4	607, 6	503	+ 104, 6
8. -	11,25 -	46 23	41 11	59	30,05	2800	11,05	2788,95	2516	+ 272,95
10. -	2,31 -	48 12 30	33 12	58,5	29,94	2400	11, 5	2388, 4	2320	+ 68, 4
11. -	1 4 -	48 49	28 55	58	30,05	1920	12,85	1907,15	1861	+ 46,15
11. -	6,46 -	48 56	28 55	57	30	1630	14, 5	1615, 5	1700	+ 84, 5
24. -	1, 0 -	—	—	57	30,05	11	16,05	5,05	—	—

Die Lothungen wurden mit William Thomson's Stahl-Draht-Sondir-Apparat gemacht, welcher einen bewundernswerthen Fortschritt gegenüber der alten Lothleine repräsentirt; denn mit diesem Apparat kann man jetzt Tiefen von mehr als 2000 Faden in einer Stunde sondiren, wozu früher 5—6 Stunden nöthig waren, und mit Anwendung von Dampfkraft kann der Stahldraht, wenn ein sich auslösendes Gewicht angewandt wird, in 15—20 Minuten wieder aufgewunden werden.

Die Ablesung des Bathometers wurde jedesmal an Captain Trot vom Faraday gemeldet, ehe das Loth den Grund erreicht hatte, und die ganz gute Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Sondirung und den Angaben des Instruments beweist hinlänglich die Verlässlichkeit der Bathometerablesungen. Während der Rückfahrt wurde die Beobachtungsreihe leider unterbrochen, weil bei einem heftigen Sturm das Instrument durch vom Deck einströmendes Seewasser beschädigt wurde, so dass es abgenommen werden musste, und erst bei der Ankunft des Dampfers in den Victoria Docks wieder reparirt war. Man sieht, dass die Ablesungen in Victoria Docks vor und nach der Reise, unter Berücksichtigung der verschiedenen Temperatur und des verschiedenen Luftdrucks, bis auf 5 Theilstriche übereinstimmen, was einen Unterschied von 5 Faden Tiefe ausmachen würde; eine Uebereinstimmung, die gewiss als sehr befriedigend angesehen werden muss.

### **Einfluss der Erhebung über die Erdoberfläche.**

Der Bathometer ist auch zu Höhenmessungen verwendbar, und besitzt hier gegenüber dem Aneroid-Barometer den Vorzug, dass seine Ablesungen nicht durch Wechsel des atmosphärischen Drucks beeinflusst werden, mit Ausnahme der geringen Correction für Aenderungen der atmosphärischen Dichtigkeit, von welcher oben die Rede war und welche sich auch noch ver-

meiden lässt, wenn man die Enden der Quecksilbersäule gegen die Atmosphäre abschliesst.

Die Anziehung der Erde variirt umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde; und wenn die Erde als Kugel angesehen wird, ist das Verhältniss der Anziehungen auf der Erdoberfläche und in der Höhe  $h$  darüber, auszudrücken durch

$$\frac{w}{w'} = \frac{(R + h)^2}{R^2}$$

wofür bei geringen Werthen von  $h$  sich schreiben lässt:

$$\frac{w}{w'} = \frac{R + 2h}{R}, \text{ oder } \frac{w - w'}{w} = \frac{h}{\frac{1}{2}R}$$

Bei Erhöhung über den Meeresspiegel ist also die Abnahme der Schwere  $= \frac{h}{\frac{1}{2}R}$ ; für Meerestiefen war sie (s. S. 5) annähernd  $= \frac{h}{R}$ ; d. h. halb so gross für Höhen als für Tiefen.

Die Theilstriche des Bathometers, welche für Tiefenmessungen Faden repräsentiren, können also bei Höhenmessungen für Yards gelten. Die bei Tiefenmessungen für geographische Breite anzubringenden Correctionen gelten auch für Höhenmessung, im letzteren Falle tritt aber noch eine Correction hinzu für die Anziehung der Gebirgsmasse, auf welcher sich das Instrument befindet, und diese ändert sich mit der Breite der Gebirge und wird bei einer Hochebene ein Maximum werden. In solchen Fällen werden die Angaben des Instruments weit hinter der wirklichen Höhe zurückbleiben, und es ist deshalb zweifelhaft, ob es für solchen Zweck Verwendung finden kann.

### Praktischer Versuch einer Höhenmessung.

Ich liess das Instrument am 18. December 1875 auf den Uhrthurm des Parlamentsgebäudes bringen, und erhielt dabei folgende Ablesungen:

	Bathometer.	Thermometer.	Barometer.
Oben . . . . .	1067,75	45° F.	29,64
Am Fuss des Thurms	1022,5	45,63	29,88

wo die Ablesungen des Bathometers bereits nach der Dichte der Luft corrigirt sind. Es ergibt sich ein Unterschied von 45,25 Theilstrichen, welcher einer Höhe von 135 Fuss entspricht, das Aneroid gibt 208 Fuss. Dieser Unterschied erscheint auf den ersten Blick zu gross, erklärt sich aber dadurch, dass das Instrument in der Hand die steilen Treppen hinaufgetragen, und dabei etwas ausser Ordnung gebracht wurde, oben aber zu wenig Zeit war zur vollkommen genauen Wiedereinstellung des Instruments. Die Ablesungen sind auch hier geringer als die an Bord, doch halte ich die letzteren für verlässlicher, weil das Instrument dort, einmal aufgehängt, nicht mehr gestört wird, und seine Anzeigen durch die Bewegungen des Schiffes empfindlicher gemacht werden.

### Modificationen des Instruments.

Das Instrument lässt in seiner gegenwärtigen Gestalt noch Verbesserungen zu, wie deren die Erfahrung bereits an die Hand gegeben hat und wahrscheinlich noch geben wird. Die Einwirkung des Temperaturwechsels liesse sich ganz entfernen durch genauere Bestimmung des Verhältnisses der Durchmesser von Röhre und Schalen; eben so der Einfluss der Dichtigkeit der Luft, wenn die Räume in den Schalen oberhalb und unterhalb der Quecksilbersäule gegen die Atmosphäre abgeschlossen und unter sich verbunden würden. Die Art der Ablesung kann ebenfalls noch auf verschiedene Weise vereinfacht, oder das Instrument durch Beigabe eines Chronographen zum Selbst-Aufzeichnen eingerichtet werden. Für jetzt hatte ich mir nur die Aufgabe gestellt, zu zeigen, dass es möglich ist, einen Bathometer zu construiren, welcher mässige Aenderungen der

Meerestiefe unterhalb des Schiffes anzeigt, und wollte das Instrument, wie es gegenwärtig im Gebrauch ist, beschreiben, nicht solche Abänderungen desselben, die sich vielleicht später als vortheilhaft herausstellen.

### **Praktischer Gebrauch des Bathometers.**

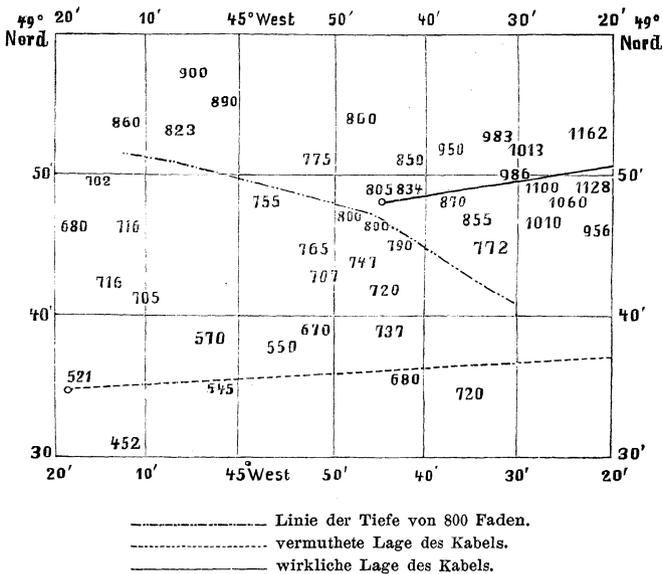
Es ist, denke ich, augenscheinlich, zu welchen nützlichen Zwecken ein Bathometer sich gebrauchen lässt, wenn er so eingerichtet ist, dass ihn der Commandirende eines Schiffes ohne Schwierigkeit beobachten kann. Es kommt auf der See oft vor, dass durch bewölkten Himmel oder Nebel astronomische Beobachtungen zur Ortsbestimmung verhindert werden, und Ortsbestimmungen mit Compass und Log aus dem zurückgelegten Wege sind bekanntlich sehr unzuverlässig. Da nun die Lothleine erst dann brauchbar wird, wenn das Schiff bereits in gefährlichen Tiefen angekommen ist, sind die Fälle zahlreich, dass unter solchen Umständen nicht nur Segelschiffe, sondern auch wohlausgerüstete Dampfer auf den Strand gelaufen sind. Die Angaben des Bathometers würden den Schiffscapitain die allmälige Annäherung an geringere Tiefen erkennen lassen, und wenn er genaue Karten hat, wird er in vielen Fällen aus der Richtung und dem Verhältniss, in welchem die Tiefe sich ändert, seinen Ort bestimmen können.

### **Ortsbestimmungen durch Sondirungen.**

Ein Beispiel aus der wirklichen Erfahrung mag zeigen, wie genau man sich, wenn man die Tiefen kennt, zurechtfinden kann. Als das Direct-United-States-Kabel nach America gelegt wurde — unter Leitung von Carl Siemens — traf es sich, dass im November 1874, nachdem das Wetter drei Tage hindurch astronomische Ortsbestimmung verhindert hatte, ein

heftiger Sturm und die Vermuthung, dass ein kleiner Fehler über Bord gegangen sei, dazu zwang, das Kabel zu kappen und das Ende zu boien. Unmittelbar, ehe dies geschah, wurde mit dem Thomson-Apparat sondirt, und 800 Faden Tiefe gefunden. Der Sturm hielt mehrere Tage an, und als der Faraday zu der Stelle kam, wo, wie man annahm, das Kabel geboit worden war, konnte die Boje nicht gefunden werden; sie war offenbar durch die Gewalt des Sturmes von der Ankerkette losgerissen und fortgetrieben worden. Eine Sondirung an der Stelle, wo sich nach der Rechnung das Schiff beim Kappen des Kabels befunden hatte, in  $48^{\circ} 32' N$ ,  $45^{\circ} 21' W$ , ergab 521 Faden, und es war sofort ersichtlich, dass das Ende des Kabels anderswo zu suchen sei. Da eine Karte von jenem Theil des Atlantischen Oceans mit ausreichend vollständigen Tiefenangaben nicht existirt, wurden nach allen Richtungen

Fig. 6.



hin Lothungen vorgenommen, und dadurch die Richtung der Bodensenkung des Oceans an jener Stelle ermittelt. Das Kabel war über einer Tiefe von 800 Faden über Bord gegangen; als man nun die Curven gleicher Tiefe zeichnete und fand, dass der Meeresboden sich nach Nordosten senkte, liess sich genau feststellen, dass, um das Kabel mit dem Grapnel zu fassen, man in einer Linie parallel zu der Curve von 800 Faden Tiefe, aber 1—2 Meilen weiter östlich den Grapnel zu ziehen hatte. Der Gedanke erwies sich als richtig; denn in  $48^{\circ} 44' N$ ,  $44^{\circ} 44' W$ , oder etwa 25 Seemeilen von der Stelle entfernt, wo man die Boje gesucht hatte, wurde das Kabel wirklich gefasst.

Wenn beim Auslegen des Kabels die Tiefenverhältnisse des Atlantischen Oceans genau bekannt gewesen wären und man einen zuverlässigen Bathometer an Bord des Faraday gehabt hätte, so wäre man, als das Kabel geboit wurde, über die Lage des Schiffs gar nicht in Ungewissheit gewesen und hätte beim Aufsuchen des Endes Sorge und Zeit erspart. Beim Kabellegen ist ein Bathometer noch besonders nützlich, weil die anzuwendende Bremskraft sich genau nach der Meerestiefe richtet, und eine genaue Kenntniss dieser Tiefe dazu gehört, um weder durch zu loses Auslegen Kabel zu verschwenden, noch durch zu knappes Auslegen gefährliche Spannungen zu veranlassen.

Ein sorgfältig ausgeführter Bathometer würde sich sehr nützlich erweisen zur Erweiterung unserer Kenntniss der Tiefen des Oceans, und schon Instrumente von geringerer Genauigkeit würden ausreichen, den Seemann bei der Annäherung an Untiefen rechtzeitig zu warnen.

Besonders dieses letzteren Punktes wegen habe ich meine Untersuchungen der „Royal Society“ vorgelegt. Hierbei fühle ich mich noch verpflichtet, der schätzbaren Beihilfe des Mr. Bamber und des Dr. Higgs zu gedenken; der Erstere hat die

Versuche angestellt zur Bestimmung der Aenderung in der Elasticität von Federn und hat die Adjustirung der Instrumente auf dem Lande besorgt, während Dr. Higgs die Beobachtungen auf dem Schiffe gemacht hat.

### Nachtrag.

Während des Jahres 1876 habe ich meine Bestrebungen fortgesetzt, dem Instrumente eine Form zu geben, welche es im Wesentlichen unabhängig macht von den angeführten Störungen und welche einfach genug ist, um das Instrument praktisch brauchbar zu machen.

Es wurde noch eine Reihe von Beobachtungen gemacht, von denen die ersten an Bord des Faraday durch Alexander Siemens vorgenommen wurden, in amerikanischen Gewässern von nicht über 100 Faden Tiefe, und die Ablesungen stimmten sehr nahe mit den Lothungen. Ausserdem wurde das Instrument noch versucht, einmal unter meiner persönlichen Aufsicht an Bord der Bothnia, während der Fahrt von New-York nach Liverpool, ein andermal an Bord des „Fawn“, zwischen Southampton und Gibraltar; endlich noch einmal, auf Anlass des Dr. Higgs mit einer etwas veränderten Form des Apparats an Bord eines Segelschiffes, welches von Southampton nach Rio-Janeiro ging. Die Resultate auf dem „Fawn“ waren nicht zufriedenstellend in Folge eines mechanischen Fehlers am Instrument; die anderen aber bestätigen im Allgemeinen die oben gegebenen Resultate; zugleich wurde wiederum bemerkt, dass Breitenunterschiede nicht die volle Wirkung auf das Instrument ausüben, welche sich erwarten liess, in Folge des Einflusses der Centrifugalkraft und der ellipsoïdischen Gestalt der Erde.

In verschiedenen Zeitschriften sind Kritiken erschienen, welche die Anwendbarkeit des Bathometers zu Messungen der Meerestiefe in Frage stellen, wegen der durch Anziehung der

Continente bewirkten Ungleichheit des Wasserspiegels. Dieser Umstand war mir nicht entgangen (siehe oben Seite 66) und man muss eben nicht ausser Acht lassen, dass das Instrument nichts weiter thun kann, als ganz geringe Veränderungen der Schwere anzeigen; diese muss dann der Hydrograph und der Seefahrer in jedem Falle den Umständen gemäss verwerthen, wenn er den Bathometer benutzt. Der Nullpunkt des Instruments ist jedenfalls veränderlich je nach der geographischen Breite, der continentalen Anziehung und auch nach besonderen geologischen Vorkommnissen. Alle diese Störungen sind aber constant, und ist ein Meer erst einmal mit dem Bathometer vermessen, so werden alle diese besondern örtlichen Verhältnisse zu beobachteten Thatsachen und sollten, statt dem Gebrauch des Instruments entgegenzustehen, vielmehr seine Nutzbarkeit in der Hand des Seemanns vergrössern.

---

# A n h a n g.

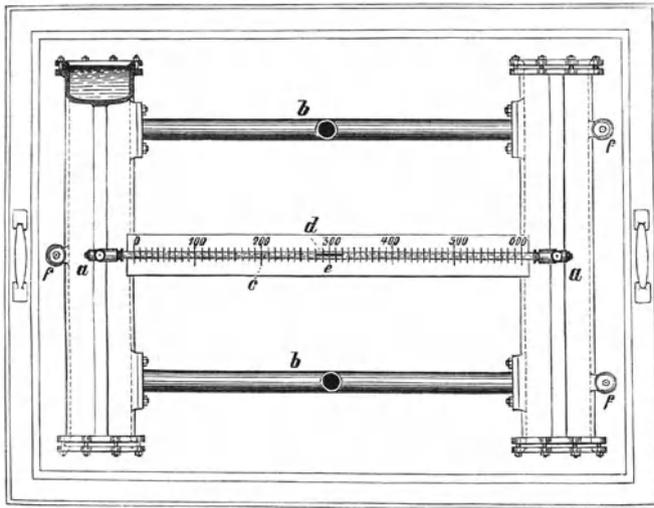
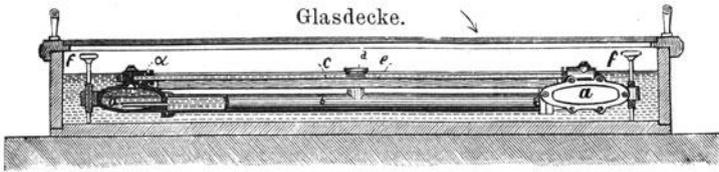
---

## Ueber einen Anziehungsmesser.

Das beim Bathometer zu Grunde gelegte Prinzip habe ich noch in anderer Weise benutzt und einen Apparat construirt, welcher dazu dient, horizontale Anziehungen zu messen. Dieses Instrument (Fig. 7) besteht aus zwei horizontalen schmiedeeisernen Röhren von 400 Mm. Länge, welche parallel liegen und an beiden Enden in zwei gusseiserne rechtwinklig, dazu ebenfalls horizontal liegende Röhren von 60 Mm. Durchmesser und 300 Mm. Länge ausmünden, und zwar unterhalb des horizontalen Querschnitts durch die Mitte der letzteren. Diese stehen ausserdem in Verbindung durch eine höher liegende, ebenfalls horizontale Glasröhre von 2 Mm. Durchmesser, unter welcher sich eine Scala befindet. Der ganze Apparat ruht auf drei Stellschrauben und wird durch zwei auf den Verbindungsröhren stehende oben offene Röhren mit Quecksilber gefüllt, so dass dieses die Verbindungsröhren ganz ausfüllt und in den Querröhren bis zur Hälfte der Höhe reicht. Die obere Hälfte der Querröhren, sowie die Glasröhre werden mit rothgerärbtem Spiritus gefüllt und enthalten ausserdem noch eine kleine Luftblase, welche durch Einstellen der Schrauben in die Mitte der Glasröhre gebracht wird. Wenn nun ein schwerer Gegenstand der einen Querröhre genähert wird, so übt derselbe auf das Quecksilber eine Anziehung aus, welche das näher liegende

Fig. 7.

Horizontaler Anziehungsmesser.



*a* Behälter sind mit Quecksilber darüber mit Alkohol gefüllt. *b* Schmiedeeiserne Röhren.  
*c* Glasröhre. *d* Luftblase. *e* Scala. *f* Stellschraube.

Reservoir auf Kosten des andern zu füllen strebt; diese Niveau-  
veränderung in beiden Behältnissen setzt die Luftblase in Be-  
wegung und entfernt sie von der Quelle der Anziehung. Die  
Grösse dieser Bewegung ist der Stärke der Anziehung propor-  
tional und sie ist beträchtlich, weil der Querschnitt jedes Be-  
hälters =  $60 \times 300 = 18,000$  □Mm. und der Querschnitt der  
Glasröhre nur etwa  $3$  □Mm. beträgt. Die durch die Anziehung

bewirkte Bewegung wird also hier verdreitausendfacht und könnte durch einfache Vergrößerung der Oberfläche der beiden Behälter um das 30,000fache vermehrt werden. Temperaturveränderungen haben auf dieses Instrument keinen Einfluss, weil die zu beiden Seiten des Luftzeigers befindlichen Flüssigkeiten genau gleiches Volumen haben und die Gesamtausdehnung der Flüssigkeiten nur das Niveau in der senkrechten Röhre ändert.

Ein solches Instrument wurde auf einem festen Fundamente in der „Loan Exhibition“ in South-Kensington aufgestellt. Den Grad seiner Empfindlichkeit erweist die Thatsache, dass das Gewicht einer Person, welche von einer Seite desselben auf die andere hinübertritt, den Luftzeiger um einen Theilstrich auf der Scala verschiebt. Es würde nicht schwer sein, ein noch viel empfindlicheres Instrument derselben Art zu construiren, und dasselbe würde meiner Ansicht nach eine nützliche Beigabe für physicalische Observatorien sein, um sowohl den durch Sonne und Mond hervorgebrachten täglichen Wechsel in der horizontalen Anziehung, als auch irdische Ursachen von Gleichgewichtsstörungen an der Erdoberfläche zu beobachten. Das einfache und keinerlei Störung unterliegende Instrument müsste dann nur auf ein festes Fundament gestellt werden, die Verbindungsrohren von *O* nach *W* gerichtet, und die Stellung des Index über der Scala wäre dann fortlaufend zu notiren, oder könnte sich auch mittelst eines passenden Arrangements mit Benutzung der Photographie selbst registriren.

In der „Loan Exhibition“ befand sich auch ein Bathometer, in welchem die Wirkung der Anziehung in derselben Weise vervielfacht wurde. Bei diesem Instrument befand sich oberhalb der oberen Bathometerschale eine spiralförmig gebogene Glasröhre über einer regelmässig getheilten Scala. Diese horizontale Röhre ist mit dem Raume über dem Quecksilber in der oberen Schale verbunden und wie dieser Raum mit Oel gefüllt

bis zu einem Punkte, welcher mit der Aenderung der Anziehung sich verschiebt und so ein Mittel zur Ablesung liefert. Die untere Schale bleibt der Atmosphäre ausgesetzt. Diese Modification des Instruments macht die electriche Batterie und die Contactvorrichtung entbehrlich und bietet eine bedeutende Vereinfachung des Instruments.



Von demselben Verfasser erschien früher:

**Ueber Brennstoff.**

---

**Ueber Gewinnung von Eisen und Stahl**  
durch directes Verfahren.

---

Vorträge

von

**Dr. C. William Siemens.**

*Unter Mitwirkung des Verfassers veranstaltete deutsche Ausgabe.*

**Mit Abbildungen in Holzschnitt.**

Preis 2 M. 80 Pf.