

Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart

Dr. C. William Siemens



 Springer

Einige

Wissenschaftlich-technische Fragen

der Gegenwart.

Von

Dr. C. William Siemens.

Mit 4 lithographirten Tafeln.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1879

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-642-50630-7 ISBN 978-3-642-50940-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-50940-7

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1879

I n h a l t.

	Seite
Ueber die Nutzbarkeit der Wärme und anderer Naturkräfte . . .	1
Ueber einige Methoden den elektrischen Strom zu messen und zu reguliren	35
Briefe an den Herausgeber der Times	45
Ueber Uebertragung und Vertheilung von Energie vermittelt des elektrischen Stromes	55
Ueber die Fabrication des Stahls und seine Verwerthung für mili- tärische Zwecke	65

Ueber die Nutzbarkeit
der
Wärme und anderer Naturkräfte.

V o r t r a g

gehalten in

The Glasgow Science Lectures Association

am 14. März 1878.

Die Ueberlegenheit des Menschen über die ganze übrige Schöpfung, über alle lebenden und leblosen Wesen der Natur, verdankt derselbe keineswegs einer höheren Entwicklung seiner physischen Kraft, da es ja unter den Thieren gar viele giebt, die ihn übertreffen an Körperkraft, Schnelligkeit, Leichtigkeit und Gewandtheit in der Bewegung, sowie durch ihre natürliche Ausstattung, Hunger und Kälte zu bekämpfen.

Verfolgen wir den Hirsch, wie er in leichtem Sprunge den Gipfel des Berges erreicht, beobachten wir den Adler, wenn er sich majestätisch hoch über uns in die Lüfte erhebt, und fast möchte uns ein Gefühl des Neides beschleichen, indem wir uns unserer eigenen Ohnmacht gegenüber den Gesetzen der Schwere nur zu sehr bewusst sind.

Was uns aber dafür entschädigt und wodurch wir allen Geschöpfen voranstellen, ist die Vernunft, welche uns befähigt, die Naturkräfte unseren Zwecken dienstbar zu machen.

Der Mensch im Urzustande tritt bereits als Herr der Schöpfung auf und macht von seiner geistigen Ueberlegenheit Gebrauch, indem er mit Schleuder und Bogen sein Opfer zu erreichen versteht, indem er die Kraft des Thieres benutzt, seinen Pflug zu ziehen, und indem er im Handel mit Nachbarvölkern sich selbst und seine Waaren Lastthieren anvertraut, die geduldig ihre grössere thierische Kraft seinem Willen unterordnen.

Etwas später beginnt er schon die unbeseelten Kräfte der Natur sich nutzbar zu machen, indem er den Stromlauf des

Flusses als Triebkraft für seinen Mühlstein verwendet, indem er die Kraft des Windes sich unterordnet, um seine Schiffe auf dem Wasser zu bewegen — und wenn wir das Fortschreiten der Kultur von Stufe zu Stufe verfolgen, so gelangen wir endlich auf unsere Zeit, wo wir uns im Besitze der Dampfkraft sehen, vermöge deren wir die Länder durchfliegen und die Meere durchschneiden mit einer Geschwindigkeit, die der Schnelligkeit des Hirsches und dem Fluge des Adlers ebenbürtig zur Seite steht, welche für uns jene unzähligen Verrichtungen besorgt, von denen unser materielles Wohlsein heutzutage vollständig abhängig geworden ist.

Es würde nicht zu kühn sein zu behaupten, dass die Kraft des Menschen in seiner Fähigkeit besteht, Naturkräfte nach seinem Willen wirken zu lassen, und dass die Civilisation im gleichen Grade mit dieser Herrschaft über Naturkräfte wächst.

Es ist daher eine keineswegs unwichtige Frage, die ich heute vor Ihnen zu erörtern beabsichtige, und bin ich mir der Schwierigkeit meiner Aufgabe vollständig bewusst, wenngleich es hauptsächlich nur einzelne Punkte sind, auf die ich Ihre Aufmerksamkeit hinlenken möchte.

Um die Kräfte der Natur und ihre Anwendung zu verstehen, ist es nothwendig, dass wir wenigstens eine allgemeine Kenntniss ihres Zusammenhanges haben.

Vor nicht gar langer Zeit erschienen uns die Naturkräfte noch ohne jeden Zusammenhang; die Triebkraft des Windes und des Stromes, die Vegetation und die Muskelkraft, die Wärme und die fast noch unbekannte Elektrizität schienen unabhängig von einander zu sein und sich der menschlichen Berechnung ganz zu entziehen.

Die Wahrscheinlichkeit einer Verwandtschaft der verschiedenen Naturkräfte untereinander ist jedoch schon in früheren Zeiten von einigen grossen Denkern geahnt worden.

So stellt bereits Aristoteles die Verwandtschaft aller in

der Natur vorkommenden Erscheinungen als erstes Prinzip auf und führt dieselben auf die „Bewegung“ als ihre Quelle zurück.

Ferner findet man in „Lord Bacon's Aphorisms“ in dem Kapitel überschrieben „The First Vintages of the Force of Heat“ die folgende bemerkenswerthe Stelle:

„Wenn man alle vorkommenden Fälle, sei es im Ganzen
„oder im Einzelnen betrachtet, so scheint die Naturer-
„scheinung, welche als Wärme auftritt, Bewegung zu
„sein.“

Und weiter sagt er:

„Dass das eigentliche Wesen und das Grundprinzip der
„Wärme Bewegung ist und nichts weiter — etc.“

Es gelingt jedoch Bacon nicht, die Richtigkeit seiner Theorie nachzuweisen, weil er bei dem Versuche die sichtbare Bewegung beim Feuer oder beim Erhitzen von Wasser mit der innern, als Hitze sich kundgebenden Bewegung der Atome verwechselt.

Den ersten wichtigen Schritt zur Auffindung der Verwandtschaft zwischen der Wärme und der mechanischen Kraft that Graf Rumford im Jahre 1798, der seine Theorie durch Experimente unterstützte, die das thatsächliche numerische Verhältniss zwischen beiden zeigen sollten, und wir bemerken mit Erstaunen, wie nahe das Resultat seiner Experimente dem heutzutage wissenschaftlich festgestellten mechanischen Aequivalent der Wärme gleichkam.

Sir Humphrey Davy brachte durch Reibung 2 Stücke Eis zum Schmelzen und bewies dadurch die Identität der Wärme und Bewegung, obgleich er dieser Theorie nicht ausdrücklich Worte verliehen hat.

Carnot versuchte im Jahre 1824 zu erklären, auf welche Weise mechanische Arbeit durch Wärme hervorgebracht wird; und obgleich er in einer Hinsicht hinter den schon früher laut gewordenen Ansichten Anderer zurückgeblieben zu sein scheint, indem er von Wärme als von einer imponderablen Flüssigkeit

spricht, so wurde von ihm doch die bemerkenswerthe Behauptung aufgestellt, dass die Leistungsfähigkeit einer Maschine nur abhängig ist von den Temperaturen, zwischen welchen sie arbeitet, und nicht etwa von der Beschaffenheit des angewandten Mediums.

Er hat auch zuerst die Aufmerksamkeit auf die wichtige Thatsache hingelenkt, dass während der Arbeit einer kalorischen Maschine ein Theil der Wärme von einem höheren Temperaturgrade auf einen geringeren herabsinken muss, während ein anderer Theil durch die Thätigkeit der Maschine verschwindet.

Den hierauf folgenden wichtigsten Fortschritt in diesem Zweige der Wissenschaft verdanken wir den von einander unabhängigen Untersuchungen dreier Forscher: nämlich Grove in London, Mayer in Heilbronn und Joule in Manchester, die in ihrem Gedankengange ganz von einander abweichend, doch sämmtlich bestimmt aussprachen, dass alle physischen Kräfte vollständig identisch sind, indem sie bewiesen, dass dieselben gegenseitig umgesetzt, aber nie vernichtet werden können. — Dem Dr. Joule verdanken wir daneben auch die numerische Feststellung des mechanischen Aequivalents der Wärmeinheit.

Obgleich die mechanischen Aequivalente der Wärme sowohl, als die der Elektrizität und chemischen Verwandtschaft hierdurch absolut festgestellt worden waren, so blieb doch noch Vieles zu thun übrig, um der neuen Theorie ihre gegenwärtige Bedeutung zu verschaffen. Dieses wurde auch durch verschiedene, von einander ganz unabhängige Arbeiten erreicht, und ist für Deutschland besonders Professor Clausius und Helmholtz und für England Rankine und Sir William Thomson zu nennen. Clausius und Rankine, von verschiedenen Hypothesen ausgehend, stellten die allgemeine Gleichung der mechanischen Theorie der Wärme auf, welche das Verhältniss von Wärme zu mechanischer Arbeit unter allen Umständen ausdrückt, während

Thomson, basirend auf den Theorieen von Carnot und Joule, einige wichtige neue Probleme der Thermo-Dynamik löste und analoge Prinzipien auch auf Elektrizität und Magnetismus angewandte, womit er, wie man wohl mit Recht sagen kann, einen neuen Wissenszweig geschaffen hat.

Andere Männer wie Seguin und Tait verdienen hier ebenfalls genannt zu werden.

Das populäre Werk, betitelt: „Heat a Mode of Motion“, welches Professor Tyndall im Jahre 1863 herausgab, trug viel dazu bei, diesem höchst wichtigen, neuen Zweige der Wissenschaft eine grössere Oeffentlichkeit zu verschaffen und die bis dahin herrschende Ansicht, dass Wärme und Elektrizität imponderable Flüssigkeiten seien, ganz zu verdrängen. Nach der heutigen Ansicht sind alle Kräfte, die in der Natur wirken, als „Energie“ aufzufassen; sie unterscheiden sich nur in ihren äusseren Kundgebungen, jenachdem sie als Wärme oder Elektrizität, als chemische Verwandtschaft oder mechanische Arbeit sich zeigen, und entweder als wahrnehmbare oder kinetische Energie auftreten oder als latente oder ruhende Energie.

Hebt man z. B. ein Einpfundgewicht einen Fuss hoch, so wird zunächst kinetische Energie der Muskeln in Thätigkeit versetzt, wodurch ein gewisser Theil der ruhenden Energie, die dem Muskel des Armes innewohnt, verbraucht wird; hängt man das Gewicht auf, so wird die dabei angewandte Kraft in ebensoviele ruhende oder latente Energie verwandelt, die zu jeder Zeit zu den verschiedensten Zwecken wieder benutzt werden kann. Z. B. befestigt man das Gewicht an eine Schnur, die über eine Rolle läuft, so kann man dadurch das Räderwerk einer Uhr in Bewegung setzen oder irgend eine andere mechanische Arbeit verrichten. Oder auch lässt man das Gewicht von seinem erhöhten Standpunkte auf eine Glasplatte niederfallen, so hat es den mechanischen Effekt, das Glas in Stücke zu zerbrechen und bringt gleichzeitig einen weit vernehmbaren

Schall hervor, während es beim Fall auf eine Bleiplatte nur einen Eindruck auf derselben hinterlässt, ohne einen bemerkenswerthen Schall hervorzubringen. Hätte man aber die Temperatur der Bleiplatte vor dem Auffallen des Gewichtes sowie unmittelbar nach demselben gemessen, so würde man eine gewisse Erhöhung des Wärmegrades bemerkt haben, welcher durch Joule's Aequivalent bestimmt wird, d. h. angenommen, die Bleiplatte sei ein Pfund schwer und würde in allen ihren Theilen gleichmässig erwärmt, so würde ein 772 Mal wiederholtes Niederfallen eines einpfündigen Gewichtes aus einer Höhe von einem Fuss genug Wärme erzeugen, um die Temperatur der Bleiplatte um $34^{\circ} 13'$ Fahrenheit zu erhöhen. Dieser Effekt ist gleichbedeutend mit der Erwärmung eines Pfundes Wasser um einen Grad Fahrenheit oder gleich der Wärmeeinheit. Oder aber die latente Kraft unseres Pfundgewichtes könnte benutzt werden, um mit Hilfe der weiter unten beschriebenen Dynamo-elektrischen Maschine Magnetismus und einen elektrischen Strom hervorzubringen, welcher letztere wieder, wie es in dieser Halle geschieht, zu Beleuchtungszwecken verwendet werden kann. — Mit Hilfe desselben Dynamo-elektrischen Apparates könnte unsere Kraft-Einheit auch dazu verwandt werden, um chemische Verbindungen zu lösen, um z. B. aus einer Kupferlösung ein gewisses Quantum von Kupfer niederzuschlagen.

Ohne Energie in ihrer beiderlei Gestalt: als kinetische sowohl wie als latente ist das Leben, die Vegetation und, in der That, die gesammte materielle Schöpfung nicht denkbar. Es ist die latente Energie der Moleküle, welche die einzelnen Theilchen der Materie, sei dieselbe fest, flüssig oder gasförmig, in ihrer Gestalt erhält; eine Vermehrung dieser Form der Energie verwandelt Eis in Wasser und eine weitere Vermehrung derselben Wasser in Dampf oder Dünste, welche, sobald die Kraft sich vermindert, als fruchtbringender Regen wieder herniederströmen; während wir die der Kohle innewohnende latente

Energie benutzen, um Wärme zu erzeugen, unsere Speisen zuzubereiten und unsere Fabriken zu treiben.

Woher, kann man fragen, kommt alle diese Energie? Ist unsere Mutter Erde ein grosser Behälter latenter Energie, den wir nur zu öffnen brauchen, um seinen Inhalt unseren Zwecken dienstbar zu machen? — Ein kurzes Eingehen auf diese Frage wird bald darthun, dass uns ein solchergestalt verfügbarer Vorrath keineswegs zu Gebote steht, und dass die Erde mit Ausnahme der Kohle nichts enthält, das uns Energie zuführen könnte. Das Wasser im Ocean ist das Produkt der vor undenklichen Zeiten stattgehabten Verbrennung von Wasserstoff, ein Vorgang, der den Erdball ohne Zweifel ausserordentlich erhitzt hat, vielleicht hinreichend, um unseren Planeten zu einem leuchtenden Weltkörper zu erheben. Nachdem aber diese Verbrennung einmal stattgefunden, ging damit auch die latente Energie unwiederbringlich für uns verloren, mit Ausnahme eines geringen, für unsere Zwecke gar nicht verwendbaren Theiles (der latenten Wärme des Wassers), der das Wasser verhindert eine feste Form anzunehmen.

Untersuchen wir die festen Bestandtheile der Erde, z. B. Kiesel und Kalkgestein, so präsentiren sich auch diese uns als die Produkte eines früheren Verbrennungs-Prozesses. Kalkstein, wenn er erhitzt wird, scheidet sich in zwei Substanzen: in Calciumoxyd einen festen und in Kohlensäure einen gasförmigen Körper. Die Untersuchung dieser Bestandtheile zeigt uns auch sie wiederum als Produkte einer Verbrennung (die in einer frühen Periode des Bestehens der Erde stattgefunden haben muss), das eine von Metall-Calcium, das andere von Metalloid-Kohle herrührend. Anderes Gestein stellt sich als Verbrennungs-Produkt von Aluminium, Magnesium, Silicium und anderer chemischen Elemente dar; und nur verhältnissmässig wenig vorkommende Körper, wie Gold, Platin, Kupfer, daneben Schwefel, Schwefelkies könnten noch als Vorräthe von latenter Energie

angesehen werden. Diese Körper und die wichtigen Kohlenablagerungen ausgenommen, kann man die Erde recht wohl mit einem Aschenball vergleichen, dessen Energie schon längst verbraucht und im Weltraume vertheilt ist, und der nun zur Deckung seines nothwendigen Bedarfes sich auf äussere Kraftquellen angewiesen findet. Ohne solchen Ersatz von Aussen würde das Wasser auf der Erdoberfläche zu Eis erstarren, Thier- und Pflanzenwelt wäre dem Untergange geweiht, der Regen würde zu fallen aufhören, und selbst der Thätigkeit des Windes würde ein Ende gemacht werden. Es ist nach allen diesen Betrachtungen nicht mehr schwer sich vorzustellen, was die Quelle der Alles belebenden Kraft, der wir unser Dasein verdanken, ist, es ist unsere grosse Lichtquelle: „Die Sonne“.

Mit Recht ist gesagt worden, dass die Dichter in ihren Ergüssen oft weitschauender sind als der kühle praktische Verstand, und vielleicht hat es niemals einen Dichter gegeben, der diese prophetische Begabung in einem höheren Masse besass als Goethe, der in seinem „Faust“ beinahe unerschöpfliches Material für eingehende Betrachtungen aufgehäuft hat. Faust, in seinem begierigen Streben nach Wissen, ruft einen Geist an, der in den folgenden bemerkenswerthen Worten sich als den Erdgeist zu erkennen giebt:

„In Lebensfluthen, im Thatensturm
„Wall' ich auf und ab,
„Webe hin und her!
„Geburt und Grab,
„Ein ewiges Meer,
„Ein wechselnd Weben,
„Ein glühend Leben,
„So schaff' ich am sausenden Webstuhl der Zeit
„Und wirke der Gottheit lebendiges Kleid.“

Von vulgärem Aberglauben war Goethe sicherlich ganz frei; und er muss seinen Erdgeist somit als ein Wesen aufge-

fasst haben, das allen seinen Eigenschaften nach genau präcisirt werden konnte, sobald der Fortgang der Wissenschaften dieses ermöglichte. Heute sind wir auf diesem Standpunkte angelangt und der Erdgeist stellt sich uns in dem allbeseelenden und allbelebenden Sonnenstrahle dar, der unsere Erde kleidet und dem wir unsere materielle Existenz verdanken.

Auch die Kohle, die uns ein so beträchtliches Quantum von Kraft liefert, ist keine Ausnahme von dieser Regel, da sie entstanden ist aus der Vegetation früherer Zeiten, als die Sonnenstrahlen, ebenso wie sie es heute thun, die Kohle aus der Kohlensäure der Luft abschieden mit Hülfe der Blätter der Pflanzen, und so einen Vorrath von Kohlenstoff oder, um bildlich zu sprechen, von Sonnenstrahlen für uns aufhäufte, der ohne Zweifel gross genannt werden kann, bei unseren täglich wachsenden Bedürfnissen aber aufgebraucht werden wird, zwar nicht zu unseren Lebenszeiten aber doch nach verhältnissmässig kurzer Frist.

Der 1871 veröffentlichte Bericht der Kohlenbau Commission giebt das damals noch abzubauen Quantum Kohlen in Grossbritannien auf ungefähr 150,000,000,000 Tonnen an. Gegenwärtig werden etwa 132,000,000 Tonnen jährlich verbraucht, und zieht man noch die statistisch festgestellte Consumvermehrung von $3\frac{1}{3}$ Millionen Tonnen pro Jahr in Betracht, so würden 250 Jahre genügen, um die Kohlenfelder vollständig zu erschöpfen. Dabei darf man nicht vergessen, dass lange bevor man die letzte Tonne Kohle zu Tage fördert, die graduelle Abnahme sich sehr fühlbar machen wird. Distrikte, wo die Industrie und demgemäss auch die Bevölkerung am grössten ist, werden den Wechsel am ersten empfinden, und es ist unsere Pflicht, bei Zeiten zu überlegen, ob und welche Ersatzmittel dann zu unserer Verfügung stehen werden.

Ich habe gezeigt, dass die Sonne die Universalquelle aller Kraft ist; es muss jedoch eine wichtige Ausnahme genannt

werden und zwar die Energie der Fluthwelle. Diese ist kosmischen Ursprungs, da sie abhängt von der Drehung, die die Erde angenommen hat, sofern sie beeinflusst wird von der lokalen Einwirkung der Anziehungskraft von Sonne und Mond. Würden wir diese Kraft für unsere Zwecke nutzbar machen, so würde im Laufe der Zeiten die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde allmählich vermindert werden; wir können dieselbe jedoch, so bedeutend sie ist, Angesichts der grossen Schwierigkeiten und Ausgaben, die ihre Verwerthung verursachen würde, im grossen Ganzen zu unseren Zwecken nicht heranziehen.

Wir hängen für alle praktischen Zwecke von der gegenwärtigen und vergangenen Thätigkeit der Sonne ab, und wenn die in früheren Zeiten aufgehäuften Vorräthe verbraucht sind, so werden wir uns wohl oder übel mit dem, was die Sonne von Tag zu Tage bietet, begnügen müssen. Eine solche Beschränkung jedoch mag wohl den Neger in Afrika oder den Ackerbauer in Süd-Europa, der von den Erzeugnissen seines Feldes lebt, befriedigen, würde aber einer Versammlung, wie ich sie augenblicklich vor mir sehe, sehr ungenügend vorkommen.

Die Einwohner von Glasgow sehen, wie man mir sagt, die Sonne nur in ziemlich langen Zwischenräumen, und diese Thatsache könnte uns auf die Vermuthung führen, dass für diese Gegend die Wirksamkeit der Sonne keine grosse Bedeutung hat; dies ist jedoch keineswegs der Fall, vielmehr kann mit Leichtigkeit nachgewiesen werden, dass die Thätigkeit des Sonnenstrahls für Glasgow ganz ebenso wichtige Resultate im Gefolge hat, wie für Central-Afrika; sind doch selbst die Wolken, die das Angesicht der Sonne hier so oft verhüllen, das Resultat des Einflusses, den dieselbe durch Verdunstung auf den atlantischen Ocean ausübt. Der Dampf, der in Folge der Sonnenhitze sich von dem Meere erhebt und vom Südwestwinde nach der aufsteigenden Küste getrieben wird,

verdichtet sich und erzeugt dadurch eine Temperatur, welche dieses nördliche Klima fast ebenso gemässigt macht, wie das von Süd-Europa. Zu gleicher Zeit wird dadurch eine Fülle von Regenwasser producirt, von der man, wie ich gleich zeigen werde, mechanische Kraft oder selbst Wärme und Licht in bedeutend grösserem Massstabe erzeugen könnte, als man es jetzt von Kohlen thut.

Diese Bemerkungen werden genügen, um den gegenwärtigen Stand unseres Wissens bezüglich der Energie in ihren verschiedenen Aeusserungen im Allgemeinen darzulegen. Es liegt nicht in meiner Absicht, diesen neuen Wissenszweig, den wir den obengenannten berühmten Männern verdanken, hier eingehender zu behandeln; meine Aufgabe ist vielmehr die bescheidenere, wenn auch vielleicht nicht weniger nutzbringende, einige Arten der Verwerthung der in Rede stehenden Wissenschaft für unsere Bedürfnisse zu erörtern. Bereits seit dem Jahre 1846, als die Arbeiten von Carnot, Grove, Joule und Mayer zuerst bekannt wurden, habe ich diesem Gegenstande meine besondere Aufmerksamkeit und Thätigkeit gewidmet. Es schwebte mir die Möglichkeit vor, dass die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Forschungen wenigstens zum Theil praktisch verwerthet werden könnten.

Eine mit Hülfe der mechanischen Wärmetheorie vorgenommene Untersuchung der wirthschaftlichen Ergebnisse der kalorischen Motore, wie sie damals im Gebrauche waren, enthüllte mir die Thatsache, dass die beste Dampfmaschine zu der Zeit nur ungefähr $\frac{1}{10}$ der mechanischen Arbeit, welche das Quantum der angewendeten Wärme erwarten liess, leistete, während die übrigen $\frac{9}{10}$ theils in Gestalt erhitzter Verbrennungsprodukte durch den Schornstein entwichen, theils zum Erhitzen des Wassers im Condensator verbraucht wurden. Es schien fast, als ob die von Watt uns hinterlassene grosse Erbschaft beinahe ihre Mission vollendet habe, als ob die Wissenschaft in ihrer

praktischen Anwendung im Begriffe stände, neue Bahnen zu betreten, analog dem Fortschritte, den die reine Wissenschaft gerade gemacht hatte.

Es war augenscheinlich, dass man, um bessere Resultate zu erzielen, zu höheren Temperaturen seine Zuflucht nehmen müsste, und es war ebenso klar, dass, insofern als die Wirkungssphäre des elastischen Fluidums, womit dasselbe einen Kolben in Bewegung setzt, nothwendiger Weise begrenzt ist, es nicht möglich sein würde, die gesammte Wärme, welche zur Erzeugung der hohen Temperatur im elastischen Medium gedient hatte, in Triebkraft des Kolbens umzusetzen, und dass daher eine Methode ausgefunden werden musste, um den unverbrauchten Rest von Wärme, der nach jeder Bewegung der Maschine in dem elastischen Medium noch enthalten ist, für künftigen Gebrauch aufzubewahren. — Eine derartige Vorrichtung fand man in dem Regenerator oder, wie man richtiger sagen könnte, in dem Wärme-Rekuperator schon fertig vor, eine Erfindung, welche bereits im Jahre 1817 von dem Rev. Robert Stirling in Dundee vorgeschlagen und später von seinem Bruder Mr. James Stirling bei einer atmosphärischen Dampfmaschine angebracht worden war.

Ich will Sie nicht ermüden mit einer detaillirten Beschreibung der Maschine, deren Konstruktion das Resultat dieser Schlüsse zu Grunde lag, sowie der unzähligen Schwierigkeiten und Enttäuschungen, die damit Hand in Hand gingen. Es genüge zu sagen, dass die Ergebnisse meiner Untersuchungen die Richtigkeit der Prinzipien, nach denen ich arbeitete, nachgewiesen, dass aber deren vollständige praktische Verwerthung (welche die Anwendung von Dampf oder Luft von sehr hoher Temperatur unter Druck voraussetzt) vorläufig noch nicht gelungen ist, wie denn die Bemühungen von James Stirling, Ericson und anderen in diesem Fache arbeitenden Männern keine besseren Resultate ergeben haben, als die meinigen.

Auf der anderen Seite aber sind mit der Dampfmaschine, im Allgemeinen nach Watt'schen Prinzipien construiert, einige wichtige Veränderungen vorgenommen worden. Dieselben bestehen unter Anderm in Verbesserungen der Heizung und der Kesselconstruktion, in der Einführung der Oberflächen-Condensatoren und in Abänderungen in der Maschine selbst, die eine bessere Verwerthung der Expansionskraft des Dampfes ermöglichen. Diese Verbesserungen betreffen namentlich die Schiffsdampfmaschine, welche vor 15 Jahren in ökonomischer Beziehung weit hinter den übrigen Maschinen zurückstand, besonders hinter den bekannten Cornischen Pumpmaschinen und hinter der zum Fabrikbetriebe viel verwendeten Doppelcylinder- oder Woolff'schen Maschine. Den Bemühungen eines der grossen hiesigen Schiffbauer, des verstorbenen Mr. John Elder, ist es hauptsächlich zu danken, dass eine ökonomischere Maschine eingeführt worden ist und zwar in Gestalt der entsprechend veränderten Woolff'schen Maschine, bei der man die Kurbel des Hochdruckeylinders rechtwinklig mit der des Niederdruck- oder Expansionseylinders angebracht und auf diese Weise den bedeutenden Vortheil erzielt hat, dass ein einziges Cylinderpaar eine Triebkraft hervorbringt, die während einer Umdrehung der Triebwelle ununterbrochen wirkt.

Die ökonomischen Resultate dieser Verbesserungen werden sehr treffend durch die Thatsache illustriert, dass zur Erzeugung einer Pferdekraft jetzt 2 Pfund Kohlen pro Stunde erforderlich sind, während vor 15 Jahren die best konstruirten Schiffsmaschinen das doppelte Quantum verbrauchten.

Die in einem Pfunde reinen Kohlenstoffes enthaltene Wärmekraft umfasst bei Verbrennung unter den günstigsten Umständen (mit Kohlensäure als Verbrennungsprodukt) 8080 Wärme-Einheiten; gewöhnliche Kohle jedoch, bei einem Durchschnittsgehalt von Feuchtigkeit, Asche und absorbirter Kohlensäure, kann bei vollkommener Verbrennung auf 6000 Ein-

heiten angenommen werden. Diese repräsentiren eine Kraft von

$$6000 \times 424 = 2,544,000$$

Kilogrammetern auf die 2 Pfund Kohlen, welche eine Pferdekraft pro Stunde consumirt. Eine theoretische Pferdekraft ist nur

$$75 \times 60 \times 60 = 270,000$$

Kilogrammeter pro Stunde. Diese Vergleichung bringt uns also zu dem Schlusse, dass unsere beste Dampfmaschine nur etwa den neunten Theil der aus dem Heizungsmateriale erzeugbaren Wärme ausnutzt.

Man darf jedoch nicht vergessen, dass zwar die Kraft vollständig in ihr Aequivalent von Wärme, Wärme aber nicht ohne Verlust in Kraft umgesetzt werden kann, wenn Wärme von einem höheren auf einen niederen Grad von Energie oder Temperatur herabsinkt, da die Kraft, die erzielt werden kann, von dem Unterschiede zwischen Maximal- und Minimal-Temperatur abhängt oder im Falle einer Maschine, getrieben durch eine elastische Flüssigkeit, von der Temperatur vor und nach der Expansion.

Eine Maschine, die mit 2 Pfund Kohle pro Stunde eine Pferdekraft entwickelt, arbeitet mit einem Ueberdrucke von 60 Pfund oder 74,7 Pfund auf den Quadratzoll bei einer entsprechenden Anfangs-Temperatur von 153 Grad Celsius und einem Drucke im Condensator von 1 Pfund pro Quadratzoll, was 40 Grad Celsius gleichkommt; vergleichen wir das Verhältniss der Differenz dieser Zahlen zu der grösseren, in absoluten Temperaturgraden ausgedrückt, so finden wir, dass die Leistungsfähigkeit des Dampfes sich wie folgt stellt:

$$\frac{153 - 40}{153 + 273} = \frac{113}{426}$$

Wir müssen aber auch den Kraftverlust in Betracht ziehen, der durch Entweichen erhitzter Verbrennungsprodukte entsteht. Die Temperatur des Feuers kann auf 1500 Grad Celsius, die des Schornsteins auf 300 Grad Celsius über der atmosphärischen

Temperatur angenommen werden; das Verhältniss der Differenz zwischen diesen beiden Zahlen zu der grösseren Zahl ergibt:

$$\frac{1500-300}{1500} = \frac{4}{5}$$

als den Nutzeffekt des Ofens, was übereinstimmt mit der Leistung der best regulirten, mit Schornsteinabzug arbeitenden Oefen.

Multiplicirt man die vorstehenden Resultate miteinander, so findet man

$$\frac{113}{426} \times \frac{4}{5} = \frac{452}{2130} \approx \frac{2}{9} \text{ (annähernd)}$$

als die theoretisch festgestellte Gesamtleistungsfähigkeit des Dampfes und des Ofens, construirt nach den anerkannt besten Prinzipien.

Es ist also klar, dass die besten Dampfmaschinen, wie man sie heutzutage herstellt, nur etwa $\frac{2}{9}$ der von dem angewendeten Brennmaterial hervorgebrachten Hitze verwerthen, während die Nutzbarmachung der übrigen $\frac{7}{9}$ zukünftigen Verbesserungen vorbehalten bleibt. In der That eine grosse Aufgabe! die nur durch möglichste Erweiterung der Temperaturgrenzen gelöst werden kann. Die vollkommenste Dampfmaschine würde daher die sein, bei welcher die Temperaturen von der Verbrennungshitze, also ungefähr 1600 Grad Celsius, bis zu dem niedrigsten Wärmegrade, der sich durch Condensatoren erzeugen lässt, reichen.

Erzeugung von mechanischer Arbeit ist aber weder die einzige noch die wichtigste Anwendung von Brennmaterial, vielmehr wird dasselbe in den grössten Quantitäten beim Schmelzen und Schweissen von Metallen und anderen Substanzen verbraucht; auch hier bleiben die in der Praxis gewonnenen Resultate weit hinter denen zurück, welche wissenschaftliche Forschungen anzeigen.

Bedeutende Verbesserungen sind allerdings in dem Betriebe von Hochöfen durch die Anwendung heissen Windes durch

Nielson erzielt; betrachten wir aber die Umarbeitung von Eisenerz in fertige Produkte, wie Schmiedeeisen und Stahl, so finden wir, dass noch viel zu verbessern übrig bleibt, und endgültige ökonomische Resultate werden wohl dann erst erzielt werden, wenn die verschiedenen, jetzt gebräuchlichen Methoden einem einzigen, direkten Umwandlungsprozess Platz machen.

Um ein Pfund Eisen auf den Schweisspunkt (ca. 1500 Grad Celsius) zu erhitzen, sind nach den besten Autoritäten nicht mehr als 450 Wärmeeinheiten erforderlich, die man mit etwa

$$\frac{450}{6000} = 0,075 \text{ Kilos}$$

Kohle erzeugen könnte.

In einem gewöhnlichen Ofen aber beträgt das Quantum Kohle, das zum Erhitzen einer Tonne Eisen auf den Schweisspunkt verbraucht wird, ca. 12 Ctr. oder 0,6 Kilo auf 1 Kilo Eisen, also ungefähr achtmal so viel, als der Theorie nach nothwendig ist.

Ferner, beim Schmelzen einer Tonne Stahl in Schmelztiegeln kann man die von dem Metall wirklich absorbirten Wärmeeinheiten auf ca. 900 pro Kilo annehmen, während dagegen das in Wirklichkeit verbrauchte Brennmaterial in der verdichteten Form von Coke sich auf 3 Tonnen oder $3 \times 12,000 = 36,000$ Einheiten auf eine Tonne geschmolzenen Stahles beläuft.

Hier finden wir, dass der wirkliche Consum den theoretischen im Verhältniss von 20 : 1 überschreitet, wobei der Verlust an Nutzeffekt, der durch Umwandlung der Kohle in Coke entsteht, noch nicht einmal in Rechnung gezogen ist.

Es bietet sich hier somit reichlich Gelegenheit dar, durch Verbesserungen Ersparnisse im Consum von Brennmaterialien herbeizuführen, ein Ziel, welchem näher zu kommen, schon seit einer Reihe von Jahren mein Bestreben gewesen ist, und ich erlaube mir nunmehr eine Beschreibung der Mittel folgen zu lassen, die von mir und meinem Bruder Friedrich Siemens,

der mit mir zusammen in dieser Richtung arbeitete, zur Erreichung dieses Zweckes angewandt sind.

Im Wesentlichen bestehen dieselben in der Combination eines Gaserzeugers, der das Brennmaterial in ungereinigtes Gas verwandelt, mit einem Ofen, der nach dem Prinzip der Regeneratoren construirt und zum Betriebe mit solch gasförmigem Brennmaterial geeignet ist.

Der Gaserzeuger (Tafel 1 Figur 1) ist eine rechtwinkelige Kammer, aus feuerfesten Ziegeln gemauert, deren eine Seite B, in einem Winkel von 45 bis zu 60 Grad abfallend, unten mit einem Roste C versehen ist, durch welchen ein geregeltes Quantum von Luft eindringt. Das Beschicken mit Brennmaterial erfolgt vermittelst eines Trichters A, der sich über dem oberen Ende der schrägen Seite befindet; durch die Verbrennung auf dem Roste wird zunächst Kohlensäure erzeugt. Indem dieselbe darauf durch eine dicke Lage glühenden Brennmaterials streicht, setzt sie sich in Kohlenoxyd um, während der überschüssige Theil der erzeugten Hitze die Kohlenwasserstoffe aus dem auf der schrägen Fläche B lagernden Brennmaterial austreibt. Unter dem Rost wird eine gewisse Quantität Wasser durch eine Röhre E geleitet, welches in seine Bestandtheile zerlegt wird durch Hitze, die sonst durch Ausstrahlung sich in der Atmosphäre verlieren würde, nun aber das Gas durch Zuführung von Wasserstoff und Bildung von stickstofffreiem Kohlenoxydgas bereichert. Diese Mischung von Gasen steigt in einer Ziegelesse H empor und geht dann durch das horizontale Kühlrohr J, in welchem ein gewisser Theil der Energie der fühlbaren Wärme in Druck umgesetzt wird; in dieser Form ist sie aus zweierlei Ursachen erforderlich: einmal, um alles Eindringen von Luft in den Gaskanal zu verhindern und zweitens, damit das Gas mit einem geringen Ueberdrucke bei dem Ofen ankommt.

Der Ofen besteht aus den Regeneratoren, den Wechselklappen und der Heizungskammer. Die Regeneratoren sind

4 Kammern C, E (Tafel I Figur 2), in denen feuerfeste Ziegel derart eingestellt sind, dass Luft oder Gase durchpassiren können. Diese Ziegel nun werden durch heisses Gas erwärmt und erwärmen ihrerseits wieder die durch die Kammern passierende kalte Luft oder Gase. Die Regeneratoren sind paarweise durch eine besondere Art von Wechselklappen B, B (Tafel I Figur 3) mit einander verbunden, so dass das eine Paar Regeneratoren mit dem Gaserzeuger bez. der Atmosphäre in Verbindung steht und dem Ofen Gas und Luft zuführt, während das andere Paar die Verbrennungsprodukte aufnimmt und in den Schornstein entweichen lässt. Die Wechselklappen sind wie Vierweghähne eingerichtet, so dass durch Umstellen der Klappen die einlassenden Regeneratoren zu Ausgangsregeneratoren werden und umgekehrt. Der Verbrennungsraum D ist über den Regeneratoren angebracht und von ihm führen Füchse auf beiden Seiten nach den zwei Regenerator-Paaren.

Wenn der Ofen in Thätigkeit ist und sich auf einen hohen Grad erhitzt hat, so tritt aus der Atmosphäre Luft in den Luftregenerator und aus dem Gaserzeuger Gas in den Gasregenerator ein; diese Ströme werden beim Passiren der Ziegel in den betreffenden Regeneratoren erwärmt und verbinden sich zuletzt im Ofen; auf diese Weise fügen sie die von den Ziegeln abgegebene Wärme zu derjenigen der chemischen Verbindung oder Verbrennung hinzu. Nachdem die Flamme in dem Verbrennungsraum ihren Zweck erfüllt hat, entweichen die Verbrennungsprodukte durch die Ausgangsregeneratoren, welche auf diese Weise auf einen hohen Temperaturgrad erwärmt werden.

Nach Ablauf einer gewissen Zeit, gewöhnlich einer halben Stunde, werden die Ströme mittelst der Wechselklappen umgekehrt, wodurch die Ausgangsregeneratoren zu einlassenden werden. In dieser Weise dienen also die zwei Regeneratorpaare abwechselnd zum Erwärmen der eindringenden Luft und Gase und zum Abkühlen der Verbrennungsprodukte, welche

letztere endlich den Schornstein in verhältnissmässig niedriger Temperatur verlassen.

Diese Bauart der Oefen hat eine grosse Ersparniss von Brennmaterial zur Folge, auch Abwesenheit von Schmutz bei der Arbeit und Reinheit der Flamme. Ihr Hauptwerth besteht jedoch darin, dass in Folge der bedeutenden Hitze, die erzielt werden kann, metallurgische Prozesse ermöglicht werden, die bei den gewöhnlichen Oefen ganz ausser Frage sind. Die Temperatur dieser Oefen ist theoretisch durch den Dissociationspunkt (oder den Wärmegrad, bei welchem die Energie der chemischen Verwandtschaft durch die Energie der fühlbaren Wärme übertroffen wird) und praktisch durch den Widerstand begrenzt, welchen die zur Herstellung des Ofens verwendeten feuerfesten Materialien ihrer Schmelzung entgegensetzen. Die Ersparniss wird durch die Thatsache bewiesen, dass eine Tonne Eisen mittelst sieben Centner Kohle auf den Schweisspunkt erhitzt und eine Tonne Stahl mit Anwendung von 12 Centnern geschmolzen werden kann, während früher 2 bis 3 Tonnen Coke zu derselben Leistung erforderlich waren.

Nachdem ich somit die zwei Haupt-Verwendungsarten der Kohle zu praktischen Zwecken erörtert habe, gehe ich über ihre so mannigfaltige weitere Nutzbarmachung für häusliche und allgemeine Zwecke hinweg, und bitte Sie nun, mir in der Betrachtung jener anderen grossen Kraftquelle, der Ebbe und Fluth, zu folgen. Um diese uns nutzbar zu machen, müssten an den Meeresufern, resp. in den Buchten grosse Becken oder Reservoirs angebracht werden, die während der Fluth gefüllt und zur Ebbezeit ihres Inhaltes wieder entleert würden. Am besten kann die Kraft des ein- und ausfliessenden Wasserstromes mit Hilfe von Turbinen, wie sie von dem Professor James Thomson construirt worden sind, in unseren Dienst gezogen werden; dies ist jedoch ein Gegenstand, für welchen ich heute Ihre Zeit nicht in Anspruch nehmen möchte, da es nur

in meiner Absicht liegt, hier zu zeigen, wie gross die Kraft ist, welche wir aus einem Becken von gegebener Grösse bei einem gegebenen Steigen und Fallen der Fluth erzielen könnten.

Nehmen wir das thatsächliche Steigen der Fluth auf 12 Fuss an, so würden 8 Fuss während der halben Zeit des Steigens oder Fallens verfügbar sein, was einer effektiven Druckhöhe von 4 Fuss während der 20 Stunden gleichkommt. Welches ist hiernach die Kraft, die je ein Morgen der Wasseroberfläche ergeben würde? Ein Morgen umfasst 43,560 Quadratfuss und das Gewicht des Seewassers beträgt 64 Pfund pro Kubikfuss. Multiplicirt man diese Summe mit der Höhe des Falles und dividirt das Produkt durch das Aequivalent einer Pferdekraft, so ergiebt sich, dass 5,6 Pferdekräfte die effektive Kraft eines Morgens eingeschlossenen Seewassers sind. Wenn wir aber die bedeutenden Kosten in Betracht ziehen, welche die Construction solcher Bassins verursachen würde, wenn wir ferner den grossen Werth bedenken, den die Buchten resp. geschützten Stellen der Meeresufer, wo allein die Construction solcher Bassins thunlich wäre, für andere Zwecke besitzen, so begreifen wir leicht, dass die Nutzbarmachung der Fluth ebenso kostspielig wie durch natürliche Hemmnisse begrenzt ist. Obgleich die Kraft selbst anscheinend ohne Ausgaben erlangt würde, so zeigen sich doch so schwerwiegende Nachtheile in der jeweiligen Unterbrechung der Zuführung von Kraft, in der Verzinsung der Auslagen, den Unterhaltungskosten und in der Neigung solcher Bassins zu versanden, dass wir die Ausbeutung dieser Quelle natürlicher Kraft wohl kaum in ernstliche Aussicht zu nehmen brauchen.

Wie steht es aber nun um die Verwendung der Kraftquelle, welche die Sonne durch ihre Wirkungen noch täglich hervorbringt? — Man hat berechnet, dass der Gesamteffekt der Sonnenwärme auf die Erdoberfläche genügen würde, um alljährlich eine die ganze Erdoberfläche 14 Fuss tief bedeckende Wassermasse zu verdampfen oder eine 100 Fuss dicke Eis-

fläche zu schmelzen. Um denselben Wärmeeffekt durch einen theoretisch vollkommenen Ofen hervorbringen zu können, müssen wir zunächst feststellen, welches Quantum Wasser wir in einer die Erdoberfläche 14 Fuss tief bedeckenden Fluth vor uns haben. Der mittlere Durchmesser der Erde ist in runden Zahlen ausgedrückt circa 42,000,000 Fuss und ihr mittlerer Umfang 132,000,000 Fuss; die Multiplikation dieser Zahlen ergibt: 5,500,000,000,000,000 \square Fuss für ihre Oberfläche. Multiplizieren wir dies mit den 14 Fuss und mit der Dichtigkeit des Wassers 62,4, so erhalten wir 77,000,000,000,000,000 Kubikfuss oder beinahe 5,000,000,000,000,000,000 Pfund Wasser.

Die Hitze, welche ein Pfund Wasser in einem perfekten Kessel verdampft, ist ungefähr 1000 Wärmeeinheiten, so dass ein Pfund Kohle 12 Pfund Wasser und eine Tonne Kohle etwa 27,000 Pfund Wasser verdampft. Wir würden daher, um einen der Sonnenwärme gleichen Effekt zu erzielen, circa 180,000,000,000,000 Tonnen Kohle pro Jahr gebrauchen, ein Quantum, das ungefähr 660,000 Mal so gross ist, wie dasjenige, welches jährlich auf der ganzen Erde zu Tage gefördert wird.

Diese Ziffern zeigen, dass wir nach Allem doch nicht so sehr von der vergangenen Wirksamkeit der Sonne, wie sie sich in der Kohle darstellt, abhängen, was bis dahin wohl angenommen worden ist, und dass uns im Gegentheil Jahr für Jahr ein weit grösseres Quantum Sonnenkraft durch Ausstrahlung direkt zugeführt wird, das jetzt dazu dient, um Sommer und Winter den befruchtenden Regen, die Winde und Stürme, sowie alle jene anderen Naturerscheinungen hervorzu bringen, die wir täglich sehen, aber nur erst in sehr geringem Masse für unsere besonderen Zwecke verwenden. Die Verwerthung der Naturkräfte ist zwar in unserer Zeit durch die, möchte man sagen, künstliche Ausbeutung der Kohle verdrängt worden. Das alte Wasserrad ist in vielen Fällen ganz verschwunden; auf den Nachbarhöhen unserer Städte und Dörfer

erblickt man nicht mehr so viele Windmühlen und die graziösen, aber nicht so zuverlässigen Segel haben der Dampfesse mit ihrer erstickenden Rauchwolke vielfach Platz machen müssen. Dies ist die natürliche Folge des Kohlenüberflusses, dessen wir uns erfreuen, wie ich aber bereits darzulegen versucht habe, ist diese Quelle keineswegs unerschöpflich, und es wird die Zeit kommen, wo wir wieder auf Naturkräfte zurückgreifen müssen, die wir jetzt vernachlässigen.

Man braucht jedoch nicht zu befürchten, dass die Verwerthung der Naturkräfte uns wieder in die Zeit der Windmühle und des primitiven Wasserrades, das den wenigen Industriewerkstätten zum Betriebe diente, zurückführen wird. Wir werden dann diese Kräfte in einer Weise anzusammeln, zu übertragen und überhaupt uns nutzbar zu machen verstehen, wie sie unseren erhöhten Anforderungen entspricht; und wer kann sagen, ob unsere Nachkommen der dritten und vierten Generation nicht mit ungefähr denselben Gefühlen auf unsere einseitige Verwendung von Kohle zurückblicken werden, mit denen wir heute die Stein- und Bronzegeräthe unserer Vorfahren betrachten. In der That erscheint es mir nicht unmöglich, dass noch vor der Erschöpfung unserer Kohlenlager Naturkräfte zu unseren Diensten herangezogen werden, einfach wegen ihrer verhältnissmässigen Billigkeit und leichten Anwendung.

Als ich vor ungefähr einem Jahre den Niagarafall besuchte, machte auf mich der ausserordentliche Verlust von Kraft, wenigstens soweit die Nutzenanwendung derselben für unsere Zwecke in Frage kommt, den grössten Eindruck. Jede Stunde fallen 100 Millionen Tonnen Wasser aus einer Höhe von 150 Fuss herab und repräsentiren durchschnittlich 16,800,000 Pferdekräfte, die jetzt keine andere Wirkung haben, als die Temperatur des Wassers am Fusse des Falles $\frac{150}{1350} = \frac{1}{9}$ Centigrade zu erhöhen.

Um dieselbe Kraftwirkung zu erzeugen oder, in anderen Worten, die Wassermenge wieder hinaufzupumpen, würden bei einem durchschnittlichen stündlichen Consum von 4 Pfund Kohle pro Pferdekraft nicht weniger als 266 Millionen Tonnen Kohlen pro Jahr erforderlich sein, ein Quantum, das dem Gesamtverbrauch von Kohle auf der ganzen Erde gleichkommt.

Als ich diese Thatsache in meiner Antrittsrede bei Gelegenheit der Uebernahme des Vorsitzes im „Iron & Steel Institute“ erwähnte, sprach ich die Ansicht aus, dass man vielleicht den elektrischen Conduktor benutzen könnte, um solche Naturkräfte in entfernten Städten und Industriepätzen zu verwerthen. Damals konnte ich auf Experimente gegründete Data zur Unterstützung meiner Ansicht nicht vorbringen, habe seitdem jedoch Gelegenheit gefunden, solche zu sammeln und werde mir erlauben, vor Schluss des Vortrages Ihnen einige der gefundenen Resultate zu unterbreiten.

Wie Ihnen bekannt, stammt unser Wissen in Bezug auf elektrische Kraft erst aus der neuesten Zeit. Die Friktions-Elektisir-Maschine und die galvanische Batterie sind benutzt leichte elektrische Wirkungen auf grosse Entfernungen auszuüben und damit war der Grund gelegt zum elektrischen Telegraphen, eine der wichtigsten Einrichtungen der heutigen Zeit. Es ist uns jedoch noch nicht gelungen, die Elektrizität zu Kraftäusserungen zu bringen, die nur einigermassen vergleichbar wären mit denen, die wir durch Verbrennung und Destillation der Kohle erzielen und die uns in den Stand setzen, unsere Fabriken zu betreiben und unsere Städte zu erleuchten. Man kann selbst nachweisen, dass die galvanische Batterie, welche zur Erzeugung ihrer Kraft auf die Verbrennung von Zink angewiesen ist, in ökonomischer Beziehung nie einen Vergleich mit dem Verbrennungseffekt der Kohle aushalten wird, aus dem einfachen Grunde, weil 12 Pfund Kohle erforderlich sind, um ein Pfund Zink aus dem Erze auszuscheiden;

und während die durch Verbrennung oder Oxydirung von einem Pfunde Zink befreite Kraft 700 Wärme-Einheiten repräsentirt, beträgt der Verbrennungseffekt eines Pfundes gewöhnlicher Kohle 6000 Einheiten.

Faraday's Entdeckung des Induktionsstromes aber setzt uns in den Stand, Elektrizität durch Kraftverbrauch hervorzu- bringen und mit Hilfe der (in erster Linie meinem Bruder, dem Dr. Werner Siemens, zu verdankenden) besonderen Construk- tion eines rotirenden Induktors und der Elektro-Magnete können wir den Strom so concentriren und leiten, dass er constant wirkt und auf diese Weise eine Kraft gewinnt, wie sie Batte- rien oder andere Mittel nicht hervorbringen können.

Diese Maschine (Taf. I Fig. 4), welche mit Recht „Dynamo- elektrische Maschine“ genannt wird, erzeugt in der That sehr starke Ströme einzig und allein durch Verbrauch von mecha- nischer Kraft, indem eine Armatur von cylindrischer Form in drehende Bewegung versetzt wird; dieser Cylinder ist der Länge nach mit isolirten Drähten umwunden, die mit ihm in dem magnetischen Felde rotiren, das durch die Polarflächen der Elektromagnete gebildet wird, deren Drahtrollen von demselben Strome elektrisch belebt werden, welcher durch die Rotation in den Drähten auf der Armatur erzeugt wird.

So wird also ein Prinzip der Anhäufung von Wirkung und Gegenwirkung benutzt, dem als solches eine gewisse Aehnlich- keit mit der oben geschilderten potenzierten Wirkung der rege- nerativen Gasöfen nicht abzusprechen ist, und wie in den letzteren die Temperatur nur durch den Dissociationspunkt der brennbaren Stoffe begrenzt wird, so ist auch die Intensität der elektrischen Kraftäußerung bei der Dynamo-elektrischen Ma- schine nur durch den höchsten Grad der Magnetisirung, dessen das Eisen überhaupt fähig ist, beschränkt. Als erprobte That- sache ist zu erwähnen, dass eine 200 Kilos schwere Dynamo- elektrische Maschine, wie auf dem Lizard-Leuchtturme augen-

blicklich eine im Gebrauche ist, 3,3 Pferdekraft in elektrische Kraft umzusetzen vermag, die zur Erzeugung eines dem Lichte von 4138 Kerzen gleichkommenden elektrischen Lichtes dient. Die vor Ihnen stehende, nur 140 Kilos wiegende Maschine, setzt zwei Pferdekraft in elektrische Kraft um, vermittelt welcher ein elektrisches Licht gleich 1250 Kerzen oder auch mechanische Kraft hervorgebracht werden kann, die verwendbar wäre, auf einem entfernten Platze Maschinerie zu treiben, Wasser zu pumpen oder irgend welche andere praktische Arbeit zu verrichten. Experimente haben ergeben, dass das Quantum der auf diese Weise erzeugten mechanischen Kraft der Hälfte der ursprünglich zur Erzeugung des elektrischen Stromes verwendeten Kraft annähernd gleichkommt.

Stellen wir uns nun vor, wir hätten eine Central-Station, wo Dampf- oder Wasserkraft bis zu der Stärke von 100 Pferdekraften thätig wäre, um mehrere Dynamo-elektrische Maschinen in den am praktischsten befundenen Dimensionen in Bewegung zu setzen, und dass der in der Central-Station erzeugte elektrische Strom durch geeignete Leiter in eine Anzahl Hallen oder Fabriken gebracht würde, wo Licht oder mechanische Kraft verbraucht werden soll. Wenn Beleuchtung der einzige Zweck wäre, so würde auf diese Weise eine Leuchtkraft von 125,000 Kerzen gewonnen werden können; diese Leistung würde gleichbedeutend sein mit der von 6520 Argand-Brennern, je von einer Leuchtfähigkeit von 20 Kerzen, die bei einem stündlichen Gasverbrauche von je 6 Kubikfuss, im Ganzen 37,500 Kubikfuss Gas pro Stunde für dieselbe Lichtwirkung erfordern würden. Hierzu würde man $3\frac{3}{4}$ Tonnen Kohle nöthig haben, während das elektrische Licht höchstens ebensoviele Centner beansprucht.

Es wäre jedoch unrichtig anzunehmen, dass wir bei der Benutzung des elektrischen Lichtes mit dem Aequivalente der uns jetzt von dem Gase gebotenen Leuchtkraft zufrieden sein

würden; dies würde wohl ebensowenig der Fall sein, wie wir in der gegenwärtigen Zeit, nachdem wir die Leuchtkraft des Gases schätzen gelernt haben, mit Lampen und Kerzen uns zufrieden geben. Ein fernerer Uebelstand bei Benutzung des elektrischen Lichtes beruht darin, dass seine Strahlen so intensiv sind, dass sie unser Auge nicht erreichen dürfen, ohne vorher gemildert worden zu sein, sei es durch matt geschliffenes Glas oder andere ähnliche Mittel, oder indem man es gegen einen Schirm, resp. gegen die Decke, wie der Duke of Sutherland zur Zeit vorgeschlagen hat, fallen und so nur reflektirend wirken lässt. Indess, alle diese Nachteile in Betracht gezogen, so wird das elektrische Licht als das billigere und unzweifelhaft hellere und glänzendere noch immer dem Gaslicht gegenüber seinen Rang zu behaupten vermögen. Seine praktische Verwendung in grossen Hallen und überhaupt an Plätzen, wo grössere Lichteffekte erforderlich sind, ist auch nur eine Frage der Zeit, während dagegen für häusliche Zwecke das Gaslicht noch lange seine Stellung behalten wird, weil es sich leicht in mehrere Flammen vertheilt, und weil man durch Oeffnen und Schliessen eines einfachen Hahnes die Intensität der Flamme nach Wunsch reguliren kann.

Es ist jedoch nicht meine Absicht, hier den relativen Werth der beiden Beleuchtungsarten zu erörtern, ich will vielmehr nur zeigen, dass man Kraft von einer entfernten Kraftquelle ableiten und zur Erzeugung von Licht verwerthen kann, das mit dem der Sonne verglichen werden kann, da es, wie diese, jeden Gegenstand in seiner wirklichen Farbe zeigt und gleiche chemische Wirkungen hervorruft, wie z. B. die Erzeugung von photographischen Bildern.

Zur Vertheilung mechanischer Kraft dienen genau dieselben Einrichtungen, die die Vertheilung des elektrischen Lichtes besorgen (Taf. I Fig. 5); und man hat durch Experimente nachgewiesen, dass die an dem entfernt gelegenen Platze er-

zielte Kraftleistung immer ziemlich der Hälfte der an der Centralstelle aufgewandten Kraft gleich ist.

Auf den ersten Blick erscheint dieser Verlust an Kraft sehr beträchtlich; vergleichen wir aber die Herstellungskosten einer geringen Menge von Kraft durch die magneto-elektrische Maschine mit denen einer Gas- oder Dampfmaschine, so werden wir finden, dass die magneto - elektrische Maschine sich nicht allein wegen ihrer Reinlichkeit und der Leichtigkeit, mit der sie jederzeit an- und abgestellt werden kann, empfiehlt, sondern auch wegen ihrer Billigkeit, soweit der Kohlenconsum in Betracht kommt. Zum Betriebe einer kleinen Gas- oder Dampfmaschine ist der stündliche Kohlenbedarf auf nicht weniger als 8 Pfund pro Pferdekraft zu berechnen, während zum Betriebe einer 100 Pferdekraften starken, nach ökonomischen Prinzipien arbeitenden Dampfmaschine 2 oder sagen wir 2,5 Pfund Kohle pro Pferdekraft stündlich genügen. Nehmen wir nun an: es werden 45 pCt. der auf der Centralstation verfügbaren Kraft auf der entfernten Station wiedererzeugt, so würde sich der stündliche Kohlenconsum der entfernten Station auf

$$2,5 \times \frac{100}{45} = \frac{250}{45} = 5,6 \text{ Pfund}$$

oder 30 pCt. niedriger stellen, als wenn eine Gas- oder Dampfmaschine direkt verwendet worden wäre.

Die Haupteinwendung, welche von Elektrikern gegen die hier vorgeschlagene Uebertragung von Kraft auf meilenweite Entfernungen gemacht wird, stützt sich auf das anscheinend schnelle Anwachsen des Querschnitts des Conductors, das durch Vergrößerung der Länge desselben nothwendig gemacht wird. Um die elektro - magnetische Maschine unter den günstigsten Bedingungen arbeiten zu lassen, muss der wesentliche Widerstand sich im Grossen und Ganzen nach der Natur der zu verrichtenden Arbeit richten, aber für quantitative Wirkung einen Ohm oder eine Widerstands - Einheit nicht überschreiten.

Ist der Widerstand grösser, so wird ein namhafter Theil der Triebkraft im Conduktor in Wärme umgesetzt, wodurch nicht allein die Wirkung beeinträchtigt, sondern auch grosse Unannehmlichkeiten verursacht werden. Nach einem anderen Gesetze soll der elektrische Widerstand des ausserwesentlichen Stromkreises der Maschine etwas, aber nicht viel grösser sein, als der wesentliche Widerstand derselben, sagen wir $1\frac{1}{2}$ Einheiten. Der ausserwesentliche Widerstand besteht aus 2 Elementen, nämlich dem Conduktor und dem Widerstand der elektrischen Lampe oder der elektro-magnetischen Maschine, welcher letztere auf eine Einheit angenommen werden kann, so dass also nur $\frac{1}{2}$ Einheit bleibt für den Widerstand im Conduktor. Dieses sind die Bedingungen, welche den Durchmesser des Conduktors für irgend welche Entfernungen, nach denen der Strom geleitet werden soll, bestimmen.

Bei einer Entfernung von einer halben Meile würde ein 0,23 Zoll starker Kupferdraht den verlangten Widerstand von $\frac{1}{2}$ Einheit besitzen und dies ist, um eine einzige Lampe zu versehen, bereits Draht von ziemlich beträchtlichem Durchmesser. Wird die Entfernung verdoppelt, so würde Draht von derselben Stärke zweimal so viel elektrischen Widerstand haben und, um denselben wieder auf die halbe Einheit zu bringen, müsste sein Querschnitt verdoppelt werden; wir haben somit einen Conduktor von doppelter Länge und doppeltem Querschnitt und demzufolge von vierfachem Gewichte. Auf Grund dieser Berechnung hat man behauptet, dass das Gewicht des Conduktors zunehmen muss im Verhältniss des Quadrats der Entfernung, so dass z. B. ein Conduktor 30 Meilen Länge $60^2 = 3600$ mal das Gewicht des $\frac{1}{2}$ Meile langen Conduktors haben müsste. Diese enorme Gewichtsvermehrung wird zweifelsohne auch nicht zu vermeiden sein, wenn nur eine Lampe durch eine Dynamo-elektrische Maschine in Thätigkeit versetzt werden sollte.

Die gegnerische Kritik übersieht dabei aber die Thatsache,

dass der Widerstand von $\frac{1}{2}$ Einheit derselbe ist für Stromkreise, die nur eine und für solche, die 100 oder 1000 Lampen in Thätigkeit setzen. Die Leiter der Electricität unterliegen nicht denselben Bedingungen, wie eine Röhre, die eine wägbare Flüssigkeit fortführt, deren Widerstand sich im Quadrate der Geschwindigkeit des Fliessens vergrössert, im Gegentheil, es ist ohne alle Bedeutung, wie gross die Summe von Kraft ist, die man durch den elektrischen Conduktor leitet; die einzige Schranke, welche dabei gesetzt wird, besteht darin, dass ein gewisser Theil der fortgeleiteten elektrischen Kraft im Conduktor zurückbleibt und in der Gestalt von Wärme in demselben auftritt. Liesse man diese Wärme sich ansammeln, so würde der elektrische Widerstand des Conduktors in gleichem Masse sich vermehren und zuletzt der Draht zum Schmelzen gebracht werden.

Ich werde jetzt diese Platin-Spirale mit der Dynamo-electrischen Maschine in Verbindung setzen, die in einer Entfernung von 100 Yards von hier thätig ist, und Sie werden sehen, dass der Draht sofort rothglühend wird in Folge der grossen Menge von Electricität, die durch einen Draht von so geringer Durchschnittsfläche geleitet wird.

Die wirkliche Leitungsfähigkeit eines elektrischen Stromes hängt sonach davon ab, wie weit er die ihm innewohnende Wärme an seine Umgebung abgeben kann, und man wird leicht verstehen, dass ein Draht, der in seinem Querschnitt und seiner Längesechzigmal grösser ist, als ein anderer auch $60\sqrt{60}=460$ mal soviel Wärme durch Strahlung verlieren wird, und dass er 460 Maschinen oder Lampen ohne Anstand versorgen kann.

Als ich vor einigen Wochen Gelegenheit hatte, dieses Argument in der Institution of Civil Engineers vorzubringen, erkannte Ihr Präsident, der ebenfalls der Versammlung beiwohnte, sofort die Bedeutung desselben und schlug mit der ihm eigenen Schlagfertigkeit zugleich ein Mittel vor, wodurch die Leitungsfähigkeit eines grossen elektrischen Conduktors fast un-

begrenzt vermehrt werden könnte, und zwar indem man dem Conduktor die Form einer Röhre giebt, durch die Wasser geleitet wird. Es ist klar, dass das kalte Wasser, durch einen so konstruirten Conduktor fliegend, die Anhäufung von Wärme in dem Metall verhindern würde, und es würde nicht schwer halten, das Wasser in gewissen Zwischenräumen in die Röhre hinein- und wieder herauszulassen, ohne die nothwendige Isolirung des Conduktors von der Erde dabei zu beeinträchtigen.

Unser letztes Experiment zeigt, dass in dem Conduktor intensive Wärme erzeugt werden kann, und ich will nun mittelst eines anderen einfachen Experimentes darlegen, wie leicht die so erzeugte Wärme zum Erwärmen von Wasser benutzt werden könnte. Ich tauche diese Platinspirale in ein Glasgefäß, das ungefähr einen Liter Wasser enthält, und nachdem der elektrische Stromkreis geschlossen ist, werden Sie bemerken, dass binnen einer oder zwei Minuten das Wasser auf den Siedepunkt gebracht ist. Diese Art und Weise kleine Quantitäten Wasser zu erwärmen, würde auch keineswegs kostspielig sein, wenn dynamo-elektrische Ströme nach unseren Häusern geleitet wären und wer weiss, ob im elektrischen Zeitalter, dem wir entgegenzugehen scheinen, dieser Apparat, wie er hier vor Ihnen steht, nicht die alltäglich gebrauchte Kaffeemaschine sein wird.

Erlauben Sie mir, nach dieser Abschweifung, nochmals einen Augenblick auf meinen vorigjährigen Vorschlag: 1000 Pferdekräfte vermittelt eines 3 Zoll starken Conduktors 30 Meilen weit fortzuführen, zurückzukommen.

Der elektrische Widerstand eines solchen Conduktors würde 0,18 einer Einheit betragen, und angenommen der Gesamtwiderstand im Stromkreise wäre $2\frac{1}{2}$ Einheiten, was, wie bereits erwähnt, als günstiges Verhältniss für die Arbeit gilt, so finden wir, dass $\frac{0,18}{2,5} \times 1000 = 72$ Pferdekräfte verloren würden durch die Erwärmung des Conduktors.

Dies repräsentirt etwa 150 Pfund Kohle pro Stunde, ein Quantum, das ganz ungenügend ist, um 1900 Tonnen Kupfer mit einer Oberfläche von 132,000 Quadratfuss irgend wahrnehmbar zu erwärmen. Anstatt demnach zuzugeben, dass ich die Leistungsfähigkeit meines grossen elektrischen Conductors überschätzt habe, bin ich im Gegentheil davon überzeugt, dass sein Querschnitt ganz gut auf die Hälfte (oder sein Durchmesser auf 2 Zoll) reducirt werden könnte, wodurch der Preis desselben auch um die Hälfte vermindert würde.

Wir brauchen nicht auf die andere Seite des atlantischen Oceans zu gehen, um eine Gelegenheit zu finden, in dieser Art die natürliche Kraft von fallendem Wasser fortzuleiten, da es vielleicht kein Land giebt, wo diese Kraft in solchem Ueberflusse vorhanden ist, wie an der Westküste von Schottland mit ihren Hochebenen und häufigen Regengüssen. Sie leiten bereits das Wasser eines Ihrer hochgelegenen Lochs nach Glasgow mittelst einer gigantischen Röhre, und würde es doch viel leichter sein, das Wasser, während es von den Hochebenen herabkommt, durch eine Turbine zu leiten und die so gesammelte gewaltige Menge von Kraft mittelst starker metallner Leiter nach den Städten und Dörfern behufs Beleuchtung und Verrichtung mechanischer Arbeit weiterzuführen!

Praktische Schwierigkeiten würden ohne Zweifel zu bekämpfen sein, besonders was die richtige Vertheilung des Hauptstromes über seine zahlreichen Abzweigungen anbelangt. Diesem Gegenstande ist auch in letzter Zeit meine Aufmerksamkeit zugewendet worden, und ich glaube, dass ein befriedigender Abschluss erreicht werden kann.

Es ist nicht meine Absicht, Ihre Aufmerksamkeit mit den praktischen Einzelheiten in Anspruch zu nehmen, noch auch auf die weiteren Verwendungsarten der Elektrizität, die durch Naturkräfte erzeugt ist, wie z. B. Ausscheiden von Kupfer und anderen Metallen aus ihren Verbindungen etc., hier weiter einzugehen.

Man könnte auch viel über die Nutzbarmachung der unregelmässigen Kraft des Windes sagen, die in Gegenden, wo andere Kraftquellen fehlen, dieselben ersetzen könnte und eine enorme Leistung ergeben würde. Eine Anzahl von Windmühlen, wie man sie in Holland behufs Drainirung des Landes beständig in Thätigkeit sieht, könnte z. B. benutzt werden, um Wasser nach einem hochgelegenen Teiche oder Reservoir hinaufzupumpen, von wo die Kraft dann je nach Bedürfniss durch hydraulische Motore entnommen und auf elektrischem Wege nach den Wohnorten fortgeleitet werden könnte.

Noch andere Arten der Benutzung der Sonnenkraft, sei es in Gestalt des direkten Strahles oder in modifizirten Formen, könnten den von mir beschriebenen hinzugefügt werden; ich muss jedoch fürchten durch meine Mittheilungen Ihre Geduld schon zu sehr in Anspruch genommen und mir den Vorwurf zugezogen zu haben, dass ich für diejenigen Zweige des besprochenen Gegenstandes, mit denen ich in Folge meiner Berufsthätigkeit oder auf sonst eine Weise bekannt bin, eine gewisse Vorliebe an den Tag gelegt habe.

Ich weise diesen Vorwurf auch durchaus nicht zurück und führe zu meiner Entschuldigung nur an, dass dies gerade die Zweige sind, über die zu sprechen ich mich wohl berechtigt halten darf, mit der Hoffnung, Ihr Interesse dafür einigermassen zu fesseln.

Ob mir das Letztere gelungen ist oder nicht, ist eine Frage, bei deren Beantwortung Sie, wie ich hoffe, weniger das im Auge gehabt haben, was meine Vorgänger an dieser Stelle geleistet haben, als vielmehr mein Bestreben, mich der übernommenen Aufgabe nach besten Kräften zu entledigen.

Additional information of this book

(*Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart;*
978-3-642-50630-7;978-3-642-50630-7_OSFO1) is provided:



<http://Extras.Springer.com>

Ueber einige Methoden

den

**elektrischen Strom zu messen und zu
reguliren.**

(Aus den „Proceedings of the Royal Society“,
No. 192. 1879.)

Mit Hilfe der Dynamo-elektrischen Maschine kann man elektrische Ströme von bedeutender Stärke erzeugen, und es ist nachgerade von grosser Wichtigkeit geworden, die Stärke des Stromes, der durch einen Zweig-Stromkreis geleitet werden soll, zu messen und zu reguliren, besonders in solchen Fällen, wo die Erzeugung von Licht oder mechanischer Kraft in Betracht kommt.

Am 19. Juni vorigen Jahres, bei Gelegenheit der Soirée des Präsidenten der Royal Society, nahm ich zuerst Veranlassung, meine Ideen über einen Apparat zur Regulirung solcher Ströme darzulegen, und ist es mir seitdem gelungen, den Apparat in praktischer Form herzustellen. Zu gleicher Zeit habe ich eine Methode ersonnen, nach welcher Ströme, die durch einen Stromkreis oder einen Zweig-Stromkreis gehen, gemessen und graphisch dargestellt werden.

Es ist bekannt, dass, wenn der elektrische Strom durch den Conduktor geht, Wärme erzeugt wird, welche nach Joule im Verhältniss steht zu dem Widerstande des Conduktors und zu dem Quadrate des Stromes, der in einer Zeiteinheit durch denselben geht oder aber

$$H = C^2 \cdot R.$$

Ich bediene mich dieses zur Genüge erwiesenen Gesetzes der Elektro-Dynamik, um die Stärke des Stromes, der durch einen Stromkreis geht, zu beschränken und zu messen, und den Apparat, der zu diesem Zwecke verwendet wird, finden Sie unter den beigegebenen Abbildungen (Tafel II Figur 1 bis 3)

dargestellt. Die Erklärung der Buchstaben, mit welchen die Haupttheile des Instrumentes bezeichnet sind, ist auf der Zeichnung gegeben.

Der wesentlichste Theil des Instrumentes ist ein Streifen (A) von sehr dünn gewalztem Kupfer, Eisen oder anderem Metall, durch welchen der zu regulirende Strom geleitet wird. Das eine Ende dieses dünnen Metallstreifens ist an der Schraube (B) befestigt, mittelst deren seine Spannung regulirt werden kann; der Metallstreifen geht von dort oben über die isolirte Rolle (I) und dann wieder nach unten nach dem Ende eines kurzen Hebels zu, der sich auf einer Achse bewegt, die mit einem Gegengewicht und einem Hebel (L) versehen ist; die Winkelstellung des letzteren wird durch die geringste Ausdehnung des Metallstreifens, welche durch irgend welche Ursache hervorgerufen werden mag, beträchtlich beeinflusst. Der Apparat besteht ferner aus einer Anzahl Metall-Prismen (P), die auf metallenen Federn (M) ruhen, welche letztere durch bewegliche Gewichte (W) derart regulirt werden, dass die einzelnen Prismen in gleichmässiger Entfernung von einander verharren, so lange der Hebel (L), in Folge der Verkürzung des Metallstreifens, sie nicht gegeneinander drückt. In letzterem Falle würde ein Prisma nach dem anderen mit dem ihm nächsten in Berührung gebracht werden, bis endlich das oberste Prisma gegen die Kontaktfeder (S) gedrückt wird, die mit der Klemme (T) in metallischer Verbindung steht.

Der den dünnen Metallstreifen passirende Strom geht in solchem Falle durch den Hebel (L) und die Reihe von Prismen nach dem Ende (T), ohne einem merklichen Widerstande zu begegnen. Es giebt jedoch einen zweiten noch längeren Weg zwischen dem Hebel (L) und der Klemme (T) und zwar in Gestalt einer Reihe verhältnissmässig dünner Drahtrollen aus Neusilber oder einem anderen schlechtleitenden Metalle (R R), welche die Enden von je zwei neben einander liegenden Federn

in Verbindung bringen, während die unterste und die oberste Feder auch mit dem Hebel (L), respektive der Klemme (T) in Verbindung stehen.

Wenn der Hebel (L) sich in der Stellung befindet, die er auf der Zeichnung einnimmt, so berühren sich die Contactstücke nicht und der Strom hat durch die ganze Reihe Drahtrollen zu passiren, die zusammen hinreichenden Widerstand besitzen, um den Strom zu verhindern die gewünschten Grenzen zu überschreiten. Wenn der Strom am schwächsten ist, so hat auch der Metallstreifen seine niedrigste Temperatur und die Metallprismen sind sämmtlich in Contact, wobei der Strom den geringsten Widerstand zu überwinden hat. Sobald er aber verstärkt wird, erhöht sich sofort die Temperatur des Metallstreifens, der sich demzufolge verlängert und so den Hebel (L) aus seiner vorigen Stellung zurückgehen lässt, wodurch ein Contactstück nach dem andern seine Fühlung mit dem nächstgelegenen verliert. Letzterer Umstand aber lässt die Drahtrollen, die mit den Enden der Federn in Verbindung stehen, in Wirksamkeit treten, was sofort eine entsprechende Abschwächung des Stromes durch vergrösserten Widerstand zur Folge hat. Auf diese Weise wird ein vermehrter Widerstand in den Stromkreis gebracht, bis das Gleichgewicht hergestellt ist zwischen dem Wärmeeffect des Stroms in dem empfindlichen Metallstreifen und der Wärmeabnahme desselben durch Ausstrahlung auf seine Umgebung. Um gleichförmige Resultate zu erzielen ist es natürlich nothwendig, dass der Wärmeverlust durch Ausstrahlung nicht von zufälligen äusseren Ursachen, wie z. B. von Luftzug oder plötzlichen Veränderungen in der äusseren Temperatur beeinflusst wird. Man bringt deshalb den Metallstreifen unter Glas und sieht darauf, dass das Zimmer, in welchem das Instrument steht, auf möglichst gleicher Temperatur, sagen wir 15° Celsius gehalten wird. Unter diesen Umständen steigert sich der durch Ausstrahlung und Leitung entstehende Wärme-

verlust (— wir haben es nur mit niedrigen Wärmegraden zu thun —) im arithmetischen Verhältniss mit der Temperatur des Streifens; die Ausdehnung des letzteren, welche die Stellung des Hebel (L) bedingt, steht im Verhältniss zur Temperatur, die ihrerseits wieder im Verhältniss steht zum Quadrate des Stromes, — ein Umstand, der genaues Arbeiten des Instrumentes sehr wesentlich begünstigt.

Nehmen wir an, der Strom, der durch das Instrument gehen soll, wäre im Stande den Metallstreifen auf einer Temperaturhöhe von 60° C. zu erhalten, nehmen wir ferner an, der Strom werde plötzlich verstärkt, sei es durch Vermehrung der Electricität selbst oder durch etwaige Modification im äusseren Widerstande, so würde diese Stärkezunahme eine entsprechende Steigerung der Temperatur zur Folge haben, die solange andauert, bis das Gleichgewicht zwischen der erzeugten und der ausgestrahlten Wärme wieder hergestellt ist. Ist der Streifen aus einem sehr gut leitenden Metalle, wie Kupfer oder Silber, gefertigt und nicht stärker als 0,05 mm., so ist seine Wärme-Capacität eine äusserst geringe; dazu kommt noch seine verhältnissmässig grosse Oberfläche, die auch mit dazu beiträgt, das neue Gleichgewicht zwischen der erzeugten und der durch Ausstrahlung sich verlierenden Wärme fast unmittelbar herzustellen. Mit der Temperaturerhöhung aber wird gleichzeitig die Stellung des regulirenden Hebels (L) verändert, eines oder mehrere der Kontaktprismen verlieren ihre Fühlung und ziehen dadurch die betreffenden Drahtrollen mit ihrem grösseren Widerstande in den Stromkreis; als Resultat finden wir, dass die Temperaturveränderungen des Metallstreifens sich nur innerhalb sehr enger Grenzen bewegen und dass für den Strom selbst eine grosse Gleichmässigkeit erzielt wird, ungeachtet der bedeutenden Variationen in seiner Stärke, in dem Widerstande der Lampe oder in irgend welchem anderen äusseren Widerstande, der regulirt werden soll.

Im ersten Augenblicke mag es wohl scheinen, als könnten bei starken Strömen solche Kontaktunterbrechungen ernstliche Schwierigkeiten herbeiführen in Folge der zwischen den Kontaktpunkten entstehenden Extraströme. Letztere sind in der Wirklichkeit jedoch nicht von Bedeutung, indem die metallische Continuität des Stromkreises nie unterbrochen wird und ein jeder Contact nur dazu dient, um den Widerstand des regulirenden Rheostats in gewissem Grade zu vermindern. Die Widerstandsrollen, durch welche die anliegenden Contactfedern verbunden sind, können leicht ausgetauscht und besonderen Fällen angepasst werden; sie werden vorzugsweise von unbedecktem Drahte hergestellt, damit die gesammte Oberfläche dem kühlenden Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt ist.

Für schwache Ströme benutze ich einen anderen Regulator, in welchem der Drahrheostat durch Kohlenscheiben ersetzt wird. Der Graf du Moncel lenkte im Jahre 1856 zuerst die Aufmerksamkeit auf den neuerdings auch von Mr. Edison verwertheten interessanten Umstand, dass der elektrische Widerstand der Kohle im umgekehrten Verhältnisse zu dem Drucke, dem sie ausgesetzt ist, variirt, derart, dass mittelst einiger Kohlenscheiben, in einer vertikalen Glasröhre übereinander geschichtet, ein Rheostat hergestellt werden kann, der zwischen weiten Grenzen variirt, je nachdem der mechanische Druck in der Axenlinie vermehrt oder vermindert wird. Figur 4 stellt den auf diesem Principe basirenden Stromregulator dar und die Noten am Fusse der Zeichnung geben die nöthigen Erklärungen der einzelnen Theile. Ein Stahldraht von, sagen wir 0,3 mm. Durchmesser ist straff zwischen das Ende eines Winkelhebels (L) und eine Stellschraube (B) gespannt und der Druck des Hebels wird auf eine Schicht Kohlenscheiben (C) in einer vertikalen Glasröhre ausgeübt. Der Strom, wenn er durch den Stahldraht, den Winkelhebel und die Kohlenscheiben geht, begegnet in letzteren dem geringsten Widerstande, solange der

Draht in seiner Maximalspannung ist; wird aber die Temperatur des Stahldrahtes durch den passirenden Strom nur im Mindesten erhöht, so erfolgt eine Verminderung des Druckes auf die Kohlenscheiben und demgemäss eine Vergrösserung des elektrischen Widerstandes derselben. Man wird hieraus mit Leichtigkeit ersehen, dass mit Hülfe dieses einfachen Apparates schwächere Ströme sehr genau regulirt werden können, so dass sie nur innerhalb bestimmter enger Grenzen variiren.

Der in Figur 1 bis 3 beschriebene Apparat kann auch zur Messung von starken elektrischen Strömen eingerichtet werden, wie Figuren 5 und 6 zeigen. Der veränderliche Rheostat fällt in diesem Falle weg; am Ende des Hebels (L) ist ein Stift (P) befestigt, dessen Spitze auf einem Papierstreifen steht, der mittelst eines Uhrwerkes in paralleler Richtung mit dem Hebel fortgezogen wird. Ein anderer unbeweglicher Stift (D) zeichnet eine zweite oder Datumlinie auf den Papierstreifen, und zwar ist derselbe so gestellt, dass die von den beiden Stiften gezeichneten Linien zusammenfallen müssen, so lange kein Strom durch den empfindlichen Metallstreifen geht. Tritt aber dieser Fall ein, so entfernt sich der am Ende des Hebels (L) befestigte Stift sofort von der Datumlinie und die Distanz zwischen den beiden Linien repräsentirt die Temperatur des Metallstreifens, die abhängig ist: erstens von der Stärke des passirenden Stromes, zweitens von dem durch Ausstrahlung entstehenden Wärmeverluste — zwei Factoren, die sich gegenseitig ausgleichen, solange der Strom constant bleibt.

Wenn C der Strom ist, ehe eine Temperaturerhöhung eingetreten,

R der Widerstand des Conductors bei einer äusseren Temperatur (T),

H die zu Anfang des Stromlaufes per Zeiteinheit erzeugte Wärme,

R' der Widerstand und H' die Wärme, wenn die

Temperatur T' und der Strom C' erreicht worden sind;

dann ist nach Joule's Gesetz:

$$H = R' C'^2.$$

Insofern aber als die Ausstrahlung während des Zeitraumes, wo Strom und Temperatur gleichmässig bleiben, dem erzeugten Wärmequantum während derselben Zeit entspricht, haben wir nach den Gesetzen von Dulong und Petit:

$$H = (T' - T) S,$$

in welchem S die Ausstrahlungsfläche ist. Sodann ist:

$$R' C'^2 = (T' - T) S \text{ oder } C'^2 = (T' - T) \frac{S}{R'}.$$

Da aber $T' - T$ die Ausdehnung des Metallstreifens oder die Bewegung des Stiftes m repräsentirt, und wenn wir bedenken, dass nach einem zuerst von Helmholtz ausgesprochenen Gesetze der elektrische Widerstand des Conductors wie seine absolute Temperatur variirt (die auf der Centigradskala 274^0 unter dem Nullpunkt ihren Anfang hat), sowie dass wir es hier nur mit sehr geringen Temperaturunterschieden zu thun haben, so begehen wir wohl keinen grossen Irrthum, wenn wir den Werth von R für R' einsetzen, und wir erhalten sodann das Gleichgewichtsverhältniss:

$$C'^2 = m \frac{S}{R} \text{ oder } C' = \sqrt{m \frac{S}{R}}, \quad (1)$$

oder, in Worten ausgedrückt: der Strom variirt wie die Quadratwurzel der Differenz, der Temperatur oder der Ordinaten.

Für irgend ein beliebiges anderes Verhältniss der Temperatur $= T''$ erhalten wir

$$C''^2 = \frac{S}{R} (T'' - T) \text{ oder } C'' = \sqrt{\frac{S}{R} (T'' - T)}$$

$$\text{und } (C''^2 - C'^2) = (T'' - T - T' + T) \frac{S}{R} = (T'' - T') \frac{S}{R},$$

und für unbedeutende Differenzen zwischen C'' und C' können wir die Formel aufstellen:

$$(C''^2 - C'^2) = 2C''(C'' - C'),$$

das heisst: kleine Stromveränderungen stehen in Proportion zu den Temperaturveränderungen im Metallstreifen.

Um die Bestimmung des Werthes eines Diagramms in Webers oder anderen Stromeinheiten zu erleichtern, würde man, wenn die Variationen nicht zu gross sind, nur den Durchschnitt der Ordinaten zu nehmen und deren Werth nach Gleichung (1) oder nach einer für diesen Zweck angefertigten Tabelle zu bestimmen haben. Der Fehler, der dadurch entsteht, dass man die Durchschnittsordinate anstatt der absoluten Ordinaten in Berechnung zieht, ist, solange der Strom in engen Grenzen variirt, nur sehr klein, da die Variationen der Ordinaten über ihrem Mittelwerth die Variationen unter demselben ausgleichen.

Der dünne empfindliche Conduktor kann sonach verwendet werden, um den durch einen Zweigstromkreis gehenden Strom innerhalb gewisser enger Grenzen zu halten oder um eine Aufzeichnung der Stärke eines Stromes zu geben, der in einer bestimmten Zeit einen Stromkreis passirt hat.



Additional information of this book

(*Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart;*
978-3-642-50630-7;978-3-642-50630-7_OSFO2) is provided:



<http://Extras.Springer.com>

Briefe

an den Herausgeber der Times.



(The Times, 12. Oktober und 13. December 1878.)

12. Oktober 1878.

Die vor einigen Tagen durch das atlantische Kabel empfangene Nachricht, dass es Mr. Edison, dem genialen Erfinder des Phonographen etc., gelungen, elektrische Ströme behufs Erzeugung von Licht und mechanischer Kraft in unbeschränkter Weise zu theilen, scheint das Publikum völlig überrascht und besonders auf die Inhaber von Actien der Gasfabriken einen sehr deprimirenden Einfluss geübt zu haben. Da bereits seit dem Jahre 1867 — wo ich, im Verfolg der Untersuchungen meines Bruders, des Dr. Werner Siemens, der Royal Society eine Abhandlung über das Dynamo-elektrische Prinzip vorlegte — meine Aufmerksamkeit der Frage „elektrischer Beleuchtung“ zugewendet gewesen, so darf ich mir vielleicht über die Neuheit dieser überraschenden Nachricht und über die Folgen, welche sie haben dürfte, einige Bemerkungen erlauben.

Wenn man einen elektrischen Stromkreis aus dem Hauptkonduktor in mehrere oder eine beliebige Anzahl Abzweigungen leitet, so vertheilt sich der Strom über dieselben, nach Ohm's allbekanntem Gesetze, genau umgekehrt proportional mit ihrem Leitungswiderstande. Ein Strom kann sonach z. B. in zehn getrennte Ströme getheilt werden, die ganz gleiche Stärke besitzen, sobald die verschiedenen Zweige von gleicher Drahtlänge und gleicher Leitungsfähigkeit sind; würde einer dieser Drähte in weitere 10 Theile gespalten, die zusammen seine Leitungs-

fähigkeit repräsentiren, so würde davon ein jeder den hundertsten Theil des Gesamtstromes leiten. Und so könnte die Theilung fortgesetzt werden, ein jeder Zweig würde einen Strom leiten, dessen Stärke genau ausgedrückt wird, wenn man den relativen Widerstand des einen durch den Totalwiderstand sämmtlicher Zweige dividirt. Hiernach erscheint es fast als ob nichts leichter wäre, als einen starken Strom in eine beliebige Anzahl Zweige mannigfach zu vertheilen; bei dem elektrischen Lichte aber stossen wir auf eine Schwierigkeit, nämlich die Veränderungen im Widerstande eines jeden elektrischen Lichtes oder Kerze, die hervorgerufen wird durch die sich nothwendiger Weise immer etwas ändernde Entfernung der Kohlenspitzen, die die Länge des Lichtbogens bedingt. Um eine Anzahl Lampen mittelst verschiedener Zweige ein und desselben Stromes in Thätigkeit zu setzen, ist es nothwendig, jeden Zweig mit einem Regulator zu versehen, derart eingerichtet, dass Verstärkungen des Stromes durch zu grosse Annäherung der Kohlenspitzen automatisch einen wachsenden Widerstand in den betreffenden Zweig einschalten, wohingegen, wenn die Kohlenspitzen weiter auseinandergehen, der Regulator den äusseren Widerstand des Stromkreises auf ein Minimum reduciren muss. Diese Art und Weise, den Strom zu reguliren, schwebte mir schon vor, als ich im März 1877 bei einem Vortrag im „Iron and Steel Institute“ die Ansicht aussprach, dass grosse elektrische Leiter benutzt werden könnten, um natürliche Kraft, wie z. B. Wasserfälle repräsentiren, für elektrische Beleuchtungszwecke oder als Triebkraft verwendbar zu machen, selbst an Plätzen, die 30 Meilen entfernt liegen. Diese meine Ansicht gab, besonders in den vereinigten Staaten, Veranlassung zu zahlreichen Diskussionen und Kritiken, welche letzteren zum Theil durch meinen Vortrag in Glasgow im März d. J. beantwortet worden sind, während ich dieser Frage auch schon am 29. Januar in der „Institution of Civil Engineers“ Erwähnung

gethan hatte. Nachdem ich inzwischen den Regulator vervollkommenet, zeigte ich denselben am 19. Juni gelegentlich der Soirée der Royal Society in Thätigkeit vor und warte jetzt nur noch auf die Ergebnisse einiger Experimente, um sodann den Gegenstand vollständig mit den gehörigen Resultaten vor eine der wissenschaftlichen Gesellschaften zu bringen. Der Apparat besteht einfach aus einem dünnen, etwa 6 Zoll langen und $\frac{1}{2}$ Zoll breiten Streifen Kupfer oder Silber, zwischen zwei Stützen horizontal ausgestreckt und in der Mitte mit einem Gewichte oder einer Feder versehen, die einen gewissen Druck ausübt. Der zu regulirende Zweigstrom wird durch diesen Streifen geleitet, der sich dadurch in mässigem Grade erwärmt, je nach der Stärke des Stromes und der Wiederausstrahlung der erzeugten Wärme Seitens des Metallstreifens auf seine Umgebung. Angenommen der Streifen würde bei normalen Verhältnissen auf einer Temperatur von 100 Grad Fahrenheit erhalten, es fände aber in Folge zufälligen Näherzusammenrückens der Kohlenspitzen in der Lampe eine plötzliche Verminderung des Widerstandes im Stromkreise statt, so würde die Temperatur des Streifens sofort erhöht und derselbe dadurch ein wenig verlängert werden, das in der Mitte befindliche Gewicht würde sich in Folge dessen herabsenken und den Widerstand in einem kleinen Rheostaten, durch welchen der bezügliche Zweigstrom zu gehen hat, vermehren.

Man ersieht hieraus, dass nicht so sehr die Neuheit von Mr. Edison's Entdeckung, als vielmehr die Art und Weise, in der uns die Nachricht darüber zukam, einen Theil des englischen Publikums allarmirt hat, und ich halte dafür, dass derartige aufregende Ankündigungen, als der Wissenschaft ebenso unwerth, wie ihrem wahren Fortschritt verderblich besser unterblieben.

Ogleich ich allerdings den Glauben hege, dass die Elektrizität ihrer grösseren Billigkeit und des besseren Effektes halber, das Gas in seiner Anwendung für manche wichtige

Zwecke allmählich verdrängen wird, so bin ich doch ebenso überzeugt, dass, wie Mr. Northover in seinem gestrigen Briefe sagt, die Verwerthung derselben, in unserer Generation wenigstens, auf die grösseren Leistungen, wie Küstenbeleuchtung, Marine- und Militairsignale, auf Häfen, Quays, Speicher und öffentliche Gebäude beschränkt bleiben wird; auch Bildergalerien und grössere Gesellschaftsräume, in denen die Unzulänglichkeit des Gases sich derart fühlbar macht, dass dessen Verbannung nach den weniger wichtigen Räumlichkeiten gerechtfertigt erscheint, mögen an der elektrischen Beleuchtung Theil haben. Eine noch allgemeinere Verbreitung derselben ist aber vorläufig nicht vorauszusehen, ihre Einführung selbst innerhalb der erwähnten Grenzen wird vermuthlich noch geraume Zeit auf sich warten lassen; und wenn das Gas dann endlich seinem grossen Rivalen für die erwähnten Zwecke weichen muss, so wird sein Consum doch auf beträchtlicher Höhe erhalten bleiben, einmal durch das fortschreitende Wachsthum der Städte und die damit schon bedingte Ausdehnung des Consumkreises, dann aber auch durch die nach und nach noch zu erwartende anderweitige Verwendung des Gases, z. B. für Koch- und Heizungszwecke, wo es an die Stelle des jetzt gebrauchten festen Brennmaterials treten und der Menschheit gleichzeitig den weiteren wichtigen Dienst erweisen wird, Rauch und Asche dem erwünschten Ende zuzuführen. Die Gascompagnien würden ihre eigenen Interessen am besten fördern, wenn sie selbst elektrische Beleuchtung an Plätzen einführten, wo dasselbe den Vorzug verdient; sie könnten daneben das Gas in allgemeinere Aufnahme für Heizungszwecke zu bringen suchen und würden auf diese Weise nicht allein dem Publikum die besten Mittel für Beleuchtung und Heizung an die Hand geben, sondern auch ihr Geschäft als Beleuchtungs-Compagnien weit über seine jetzigen Grenzen ausdehnen.

13. December 1878.

In der heutigen Ausgabe der Times legt Captain J. T. Bucknill, R. E. in einem Briefe seine Bedenken an den Tag hinsichtlich der Strassenbeleuchtung mittelst elektrischen Lichtes in der von mir angeregten Weise und mit Ihrer gütigen Erlaubniss will ich diese Gelegenheit benutzen, um den Gegenstand hier eingehender, als mir bisher vergönnt war, zu betrachten.

Capitain Bucknill betont ganz besonders, dass die im verflossenen Frühjahre von Professor Tyndall und Mr. Douglas an den South Forelands für das Trinity-house angestellten Experimente einen beträchtlichen Verlust an Lichteffect ergeben haben, der durch den wachsenden Widerstand in dem metallischen Conduktor, welcher den Strom von der dynamo-elektrischen Maschine nach der Lampe leitet, entstehe. Dieser Verlust wäre bei der Siemens'schen Maschine relativ grösser als in der Gramm'schen Maschine aus dem einfachen Grunde, weil ihrer Construction nach die erstere mit sehr geringem Widerstande in ihren Drahtrollen mehr die Menge als die Intensität des Lichtes im Auge habe. Elektriker werden mir gerne beipflichten, wenn ich sage, dass, um einen Maximaleffect zu erzielen, der innere Widerstand der dynamischen Maschine oder der Umfang, Dicke und Länge des zu ihrer Construction zur Verwendung kommenden isolirten Drahtes immer im richtigen Verhältniss stehen solle zu dem äusseren Widerstande, der die Lampe und ihre leitenden Drähte umfasst. Es würde unrichtig und ver-

schwenderisch sein, eine dynamo-elektrische Maschine von beträchtlichem inneren Widerstande für einen Stromkreis von sehr geringem Widerstande zu verwenden, wie es ebenso falsch ist, wenn man einen grossen äusseren Widerstand mit einer Maschine von nur geringem inneren Widerstande, wie sie beispielsweise für metallischen Niederschlag sich eignet, begegnen will.

Als ein Beispiel, wie elektrisches Licht auf namhafte Entfernungen erzeugt werden kann, erwähne ich hier Sir William Armstrong's interessante Vorrichtung, mittelst deren er auf Craigside seine Bibliothek sehr erfolgreich durch einen Strom erleuchtet, der 1500 Yards davon durch einen Wasserfall hervorgebracht wird. Eine der kleinsten Siemens'schen Dynamo-elektrischen Maschinen erzeugt den Strom, und dieser wird durch einen $\frac{3}{10}$ Zoll starken Kupferdraht, der in gewissen Zwischenräumen an eisernen Stangen befestigt ist und ungefähr einen Widerstand von $1\frac{1}{2}$ Einheiten oder Ohms repräsentirt, nach der Lampe und von dieser wieder zurück nach der Maschine geleitet. Könnte man ein Wasserrohr oder die Schienen einer Eisenbahn resp. Pferdebahn für den Rücklauf des Stromes verwenden, so würde der Widerstand der Leitung auf die Hälfte reducirt und die Entfernung zwischen dem Licht und dem Ausgangspunkte des Stromes könnte somit auf 300 Yards verlängert werden. Dies würde sonach in einer Stadt, wo die Gas- und Wasserröhren einen vorzüglichen Retourdraht für eine beliebige Anzahl elektrischer Stromkreise darstellen, die äusserste Entfernung sein, zu welcher das Licht getragen werden kann.

Sir William Armstrong beabsichtigt nun in der Nähe des Platzes, wo die Wasserkraft sich befindet, eine dynamische Maschine von Mittelgrösse aufzustellen und die kleinere Maschine am Tage als Motor zum Treiben der Drehbänke und anderer Maschinerien in seiner Experimentirwerkstatt, Abends aber zum Erleuchten der Wohnräume zu benutzen.

Diese praktische Illustration der Kraft des elektrischen Conductors zeigt uns die Möglichkeit, dieselbe auch in grossem Massstabe zu verwerthen, wie ich mir erlaubt habe in Anregung zu bringen. Ein massgebender Vergleich der Kosten des elektrischen Stromes und seines Concurrenten, des Gases, kann nicht angestellt werden, solange man nicht den Versuch macht, in einem bevölkerten Distrikte, wo Dampfkraft sich zu der stündlichen Rate von $2\frac{1}{2}$ M. Kohle pro Pferdekraft erzeugen lässt, Central-Motore aufzustellen, von denen aus strahlenförmig Leiter die Gegend in einem Umkreise von vielleicht einer Meile mit Licht und auch mit mechanischer Kraft für kleinere industrielle Arbeiten versehen. Ein solches System setzt die Möglichkeit voraus, den elektrischen Strom bis zu einem gewissen Grade zu zertheilen, ein Problem, das keineswegs unlösbare Schwierigkeiten bietet, wenn man nur anstatt der grösstentheils früher zum Zweck der Strassenbeleuchtung verwendeten Wechsel-Ströme continuirliche zur Anwendung bringt.

Das Argument des Capitains Bucknill, wonach mein Strassenbeleuchtungsplan (verhältnissmässig starke Lampen, 100 Yards von einander entfernt, in beträchtlicher Höhe unter metallenen Reflektoren anzubringen) lange metallene Leiter erfordern würde, die den Effekt beeinträchtigen müssten, ist mir nicht recht klar, da das einfache Erhöhen der Stellung des Lichts den Conductor wohl kaum nennenswerth verlängert, wohingegen es allbekannt ist, dass die Anwendung von Wechsel-Strömen in Verbindung mit den halbdurchsichtigen Glasglocken, womit das in gewöhnlicher Höhe angebrachte Licht gedämpft werden muss, den Lichteffekt um 60 bis 70 % verringert. Ausserdem weiss man sehr wohl, dass es nothwendig ist, das elektrische Licht, soll es sich im Preise vortheilhaft stellen, in möglichst concentrirtester Form zu benutzen, aus dem Grunde, weil die Leuchtkraft im Quadratverhältniss des Stromes, der das Licht producirt, zunimmt. Aus demselben Grunde kann

auch eine sehr weit getriebene Vertheilung des Lichtes für häusliche Zwecke nicht anders als verlustbringend auf den Effekt wirken, ein Faktum, das in noch bedeutend grösserem Massstabe zu Tage tritt, wenn man versucht, den elektrischen Lichtbogen ganz bei Seite zu lassen und sich an seiner Stelle des Glüheffektes eines Platin- oder Iridiumdrahtes oder eines vom Strome passirten Kohlenstiftes zu bedienen.

Man muss sich überhaupt sehr hüten in einer Zeit gewitzigter Concurrenz, wie der unsrigen, praktische Erfolge auf Kosten von Naturgesetzen erzielen zu wollen, Gesetze, die sich unter allen Umständen bald wieder volle Geltung verschaffen würden.

Ueber

**Uebertragung und Vertheilung von
Energie**

vermittelt des elektrischen Stromes.

(Aus dem „Physical Magazine“ Mai 1879.)

Bei meinem Besuche des Niagarafalles im Herbst 1876 drängte sich mir, nachdem die erste Bewunderung des grossartigen Schauspieles vorüber, der Wunsch auf, die Grösse der hier unaufhörlich verbrauchten Kraft kennen zu lernen, einer Kraft, die jetzt nur das Resultat hat, durch Aufschlagen des Wassers auf die Felsen die Temperatur des St. Lawrence um den Bruchtheil eines Grades zu erhöhen*).

Die Stromschnellen am Fusse des Falles bieten ein passendes Mittel den Querschnitt und die Schnelligkeit des Flusses zu messen und nach diesen Daten berechnete ich das Aequivalent der von dem Falle repräsentirten Energie auf nahezu 17 Millionen Pferdekräfte, welche durch Dampf zu produciren einen jährlichen Verbrauch von etwa 260 Millionen Tonnen Kohlen, d. h. gerade ungefähr das Gesamtquantum der auf unserer Erde zu Tage geförderten Kohlen bedingen würde.

Wenn ein einzelner Wasserfall schon einen solchen bedeutenden Verlust von Energie repräsentirt, was muss dann auf der ganzen Erde im Durchschnitt verloren gehen? Verträgt es sich wohl mit den Prinzipien der Nutzbarmachung, derartige Quantitäten von Energie fast ganz unbenutzt zu lassen? Indess, hier stossen wir auf die Schwierigkeit, solche Energie, da sie

***) Da der vertikale Fall 150' beträgt, so wird die Temperatur auf $\frac{150}{1350} = \text{ca. } \frac{1}{9}$ Centigrad erhöht.

meistens in gebirgigen Gegenden vorkommt, nach den Industrie- und Bevölkerungs-Centren zu schaffen.

Verpflanzung mittelst hydraulischer Vorrichtungen oder durch comprimirt Luft empfiehlt sich nicht ihrer Kostspieligkeit wegen und weil auf grosse Entfernungen ein zu bedeutender Kraftverlust entsteht; ich kam jedoch auf den Gedanken, dass grosse Quantitäten Energie, mit Hülfe des dynamo-elektrischen Stromerzeugers producirt, durch einen metallnen Conduktor, z. B. durch einen auf isolirenden Stützen ruhenden Kupferdraht, geführt werden könnten. Ein Conduktor dieser Art würde ohne Zweifel kostspielig sein; ist er aber einmal vorhanden, so sind seine Unterhaltungskosten nur sehr geringe und seine Transmissionskraft würde sich einzig und allein durch die vom elektrischen Widerstande hervorgerufene Wärme begrenzt finden.

Im März 1877 nahm ich mir die Freiheit, diesem Gedanken in einer Rede im „Iron & Steel-Institute“ Ausdruck zu geben und erwähnte damals, dass durch einen 3 Zoll dicken kupfernen Conduktor Energie bis zu 1000 Pferdekraften nach einer Entfernung von 30 Meilen geleitet und dort verwendet werden könnte, um dynamo-elektrische Maschinen in Bewegung zu setzen oder um zur Beleuchtung zu dienen, in welchem letzteren Falle sie hinreichen würde eine Stadt mit 250,000 Kerzenkräften zu beleuchten.

Wenn schon diese Ansicht damals vielfach als eine gewagte bezeichnet wurde, so finde ich jetzt doch, dass ein Conduktor der Art, wie seiner Zeit beschrieben, das Drei- oder Vierfache der genannten Kraft fortführen könnte, während der mittelst einer Pferdekraft hervorzubringende Lichteffekt ebenfalls bedeutend unterschätzt war, wie unser inzwischen weiter vorgeschrittenes Wissen in diesem Zweige darlegt.

Ernstliche Schwierigkeiten hinsichtlich der Herstellung eines Stromes, der stark genug wäre für einen Conduktor von den

angedeuteten Dimensionen, sind keineswegs zu befürchten, und wenn es vielleicht unmöglich ist, eine für den gewünschten Zweck genügend starke dynamo-elektrische Maschine zu konstruiren, so lässt sich dafür eine beliebige Anzahl kleinerer Maschinen recht wohl zur Erzeugung der gewünschten Durchschnitkraft, sowohl was Intensität als Quantität anbelangt, verwenden.

Dagegen würde am Ausgangspunkte der Leitung, da wo die hergeleitete elektrische Kraft praktisch zur Verwendung kommen soll, eine Schwierigkeit entstehen, insofern als daselbst eine Vorrichtung erforderlich ist, die den Strom über eine Anzahl Zweige vertheilt, von denen ein jeder soviel von dem Gesamtstrome im Haupt-Conduktor erhalten muss, wie er zu der von ihm gewünschten Licht- oder Kraftwirkung braucht. Eine zufällige Vermehrung des Widerstandes in dem einen oder anderen der Zweigstromkreise würde den doppelten Nachtheil mit sich bringen, dass demjenigen Stromkreise, dessen Widerstand sich vergrößert hat, die Kraft entzogen, den übrigen Stromkreisen aber mehr Kraft als erforderlich zugeführt wird.

Um nun in dieser Beziehung ein gutes System durchzuführen, müsste man zunächst ein Mittel haben, um den Strom in einem jeden Zweigstromkreise so zu reguliren, dass derselbe nur in vorher bestimmter Stärke durchpassiren kann; und ferner wäre es wünschenswerth, dass man in einem jeden Stromkreise die Stärke des zu irgend einer Zeit durchpassirenden Stromes messen und aufzeichnen könnte.

Es ist nun mein spezieller Zweck Ihnen ein Instrument vorzulegen, welches diese doppelte Funktion erfüllt. Der Stromregulator, wie auf Tafel III dargestellt, besteht in der Hauptsache aus einem Metallstreifen (am liebsten aus weichem Stahl oder geschmolzenem Eisen), welcher durch seine Ausdehnung und Zusammenziehung den durchgehenden Strom regulirt. Die Dicke des Streifens beträgt nicht über 0,05 mm, und hinsicht-

lich seiner Breite ist er so hergestellt, dass der Strom, der durch den regulirten Zweigstromkreis gehen soll, die Temperatur des Streifens auf, sagen wir 50° C. erhöhen würde.

Der Metallstreifen (A) ist horizontal zwischen einer befestigten Stütze und einer Regulirschraube (B) ausgespannt, bei welcher letzteren der Strom in den Streifen tritt, um nach Passirung desselben durch eine Neusilberspirale (C) zu gehen, die in Form eines Kragens um das Centrum gelegt ist und an ihrem anderen Ende mit einer Verbindungsschraube (D) in Verbindung steht, von welcher der Strom dann nach den Lampen oder anderen Apparaten, welche er in Thätigkeit setzen soll, weitergeht. In der Mitte trägt der Streifen einen aus isolirendem Material, z. B. aus Hartgummi gefertigten Sattel, auf dem eine vertikale Spindel ruht, die ihrerseits eine runde Metallscheibe (E) stützt, auf deren oberen Fläche Platinkontakte angebracht sind. Zehn oder eine beliebige Anzahl kurzer dicker Drähte verbinden den spiralförmigen Rheostaten an gleichmässig von einander entfernten Punkten mit stellbaren Kontaktschrauben (F), die auf der Oberfläche der Metallscheibe über den Platin Kontakten angebracht sind. Diese Drähte sind auf dem kreisförmigen Rahmen (G), der aus Holz oder einem anderen isolirenden Material gefertigt wird, derart angebracht, dass sie aufgehoben werden, sobald die Metallscheibe sich soweit hebt, dass sie mit den Schrauben in Contact kommt. Die Schrauben sind so gestellt, dass keine davon die Metallscheibe berührt, wenn diese sich in ihrer niedrigsten Stellung befindet, während sie eine nach der anderen mit der Scheibe in Contact kommen, wenn diese sich hebt; es ist hiernach leicht zu sehen, dass bei einer jeden Schraube, wie sie in der Reihenfolge die Scheibe berührt, eine Sektion des spiralförmigen Rheostaten zwischen Kontaktpunkt und Kontaktpunkt durch die Metallscheibe kurz geschaltet und dadurch aus dem Stromkreise ausgeschlossen wird. Wenn die Scheibe sich in ihrer höchsten Stellung befindet, so

ist der gesammte Rheostat kurz geschaltet und der Widerstand, den der Strom im Regulator findet, beschränkt sich somit auf denjenigen im Metallstreifen. Um den Regulator arbeiten zu lassen, wird die Regulirschraube (B) soweit angezogen, dass sämtliche Kontaktschrauben mit der Metallscheibe in Contact stehen. Der Strom, wenn er durch den Streifen geht, erhöht dessen Temperatur in gleichem Verhältniss zu dem elektrischen Widerstande; in demselben Masse aber verlängert sich der Streifen und veranlasst somit, dass sich die Spindel mit der Kontaktscheibe herabsenkt.

Eine andere Form dieses Instrumentes beruht auf der vom Grafen du Moncel 1856 gemachten und in neuerer Zeit von Edison verwertheten Entdeckung, dass der elektrische Widerstand der Kohle im umgekehrten Verhältniss mit dem Drucke, dem sie ausgesetzt wird, variirt. Ein Stahldraht von 0,3 mm. Durchmesser ist mit dem einen Ende an der Stellschraube (B) befestigt und mit dem anderen an dem einen Arme des Winkelhebels (L), mittelst welchem Druck ausgeübt wird, auf eine Anzahl Kohlenscheiben, (C), die in einer vertikalen Glasröhre aufgeschichtet sind. Der Strom tritt bei der Stellschraube (B) in das Instrument ein, um nach Passirung des Drahtes und des Winkelhebels unterhalb der Schicht Kohlenscheiben wieder auszutreten. Er bewirkt dabei eine Erhöhung der Temperatur im Stahldraht, der, in Folge seiner Spannung, den Druck auf die Kohlenscheiben vermindert und so deren elektrischen Widerstand entsprechend erhöht. Dieser einfache Apparat gibt uns somit ein Mittel an die Hand, schwache Ströme so zu reguliren, dass sie nur innerhalb sehr enger Grenzen variiren.

Nach dem Gesetze von Joule hängt die in einer Zeiteinheit in dem Streifen erzeugte Wärme von dessen Widerstand und dem Quadrat des Stromes ab oder:

$$H = C^2 R \text{ oder } C = \sqrt{\frac{H}{R}}.$$

Bei der Zerstreuung der Wärme durch Ausstrahlung wieder kommt die Oberfläche des Streifens und der Unterschied zwischen dessen Temperatur und derjenigen der Atmosphäre in Betracht. Wenn daher der Strom C gleichmässig stark bleiben soll, so muss er stets der Quadratwurzel der Temperatur, getheilt durch den Widerstand, gleich gehalten werden; diese Funktion nun wird automatisch von dem Regulator besorgt, der in der beschriebenen Weise Widerstand hinein- oder herausbringt, je nachdem die Temperatur steigt oder fällt.

Das Regulir-Instrument kann auch zur Messung starker elektrischer Ströme eingerichtet werden, indem man an dem einen Ende des empfindlichen Streifens einen Hebel befestigt mit einem Stift, dessen Spitze auf einem Papierstreifen steht, der mit Hülfe eines Uhrwerks in paralleler Richtung mit dem Hebel darunter hingezogen wird, während ein anderer Stift auf dem Streifen eine Datulinie zieht. Die Länge der Ordinate zwischen den beiden Linien wird bestimmt erstens durch den Strom, der jeden Augenblick durchpassirt, und dann durch den Wärmeverlust des Streifens durch Ausstrahlung.

Ist R' der Widerstand und H' die Wärme bei einem Strome C' und einer Temperatur T' , so ist, nach Joule's Gesetz:

$$H' = R' \cdot C'^2,$$

und der Verlust durch Ausstrahlung ist gleich

$$H' = (T' - T) S,$$

wobei T' die Temperatur des Metallstreifens, T die der Atmosphäre und S die Oberfläche des Metallstreifens bedeutet.

Da nach dem zuerst von Clausius aufgestellten Gesetze der Widerstand abhängig ist von der absoluten Wärme des Conduktors, so kann für geringe Temperaturveränderungen der Werth von R für R' eingesetzt werden. Zu der Zeit aber, wo der Strom gleichmässig stark bleibt, ist die erzeugte Wärme gleich der ausgestrahlten und wir erhalten daher:

$$C'^2 = (T' - T) \frac{S}{R}, \text{ oder } C' = \sqrt{\frac{(T' - T)S}{R}}, \quad (1)$$

wobei $T' - T$ die Bewegung des Stiftes repräsentirt und S constant ist.

Für jede beliebige andere Temperatur $= T''$ ist

$$C'' = \sqrt{\frac{(T'' - T)S}{R}} \text{ und}$$

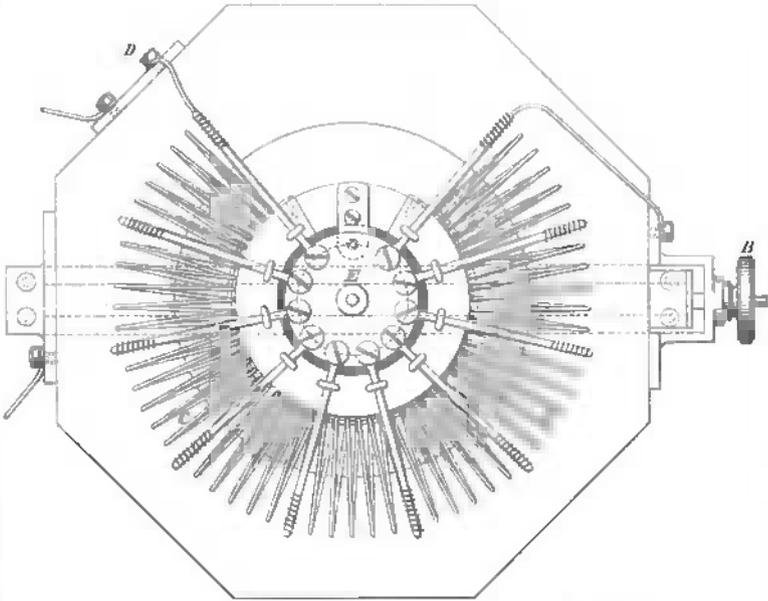
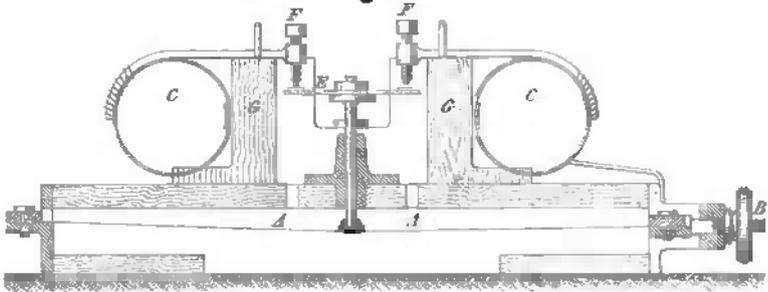
für kleine Differenzen zwischen C'' und C' ist $(C'' - C')^2 = 2C''(C'' - C')$; d. h. kleine Strom-Veränderungen verhalten sich proportional zu den Veränderungen in der Temperatur des Metallstreifens.

Um den Werth eines Diagrammes in Weber's oder anderen Stromeinheiten zu bestimmen, hat man nur nöthig, wenn die Variationen keine zu grossen sind, den Durchschnitt der Ordinateen zu nehmen und ihren Werth durch Gleichung (1) oder nach einer Tabelle zu bestimmen.

Diese Bemerkungen mögen genügen, um die Möglichkeit zu zeigen, elektrische Ströme zu reguliren und zu messen mit gleicher Leichtigkeit und Sicherheit, wie flüssige Ströme, z. B. Gas und Wasser; und vielleicht ist die Zeit nicht mehr fern, wo die Einführung solcher Instrumente sich allgemein nothwendig machen wird.

Die construirenden Ingenieure werden noch manche anderen Formen für das Instrument finden; die zwei typischen Formen aber, die ich hier beschrieben habe, werden ohne Zweifel hinreichend sein, um den Charakter des Instrumentes im Allgemeinen zu erläutern.

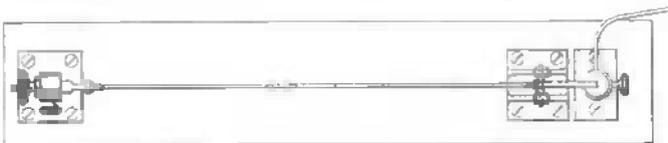
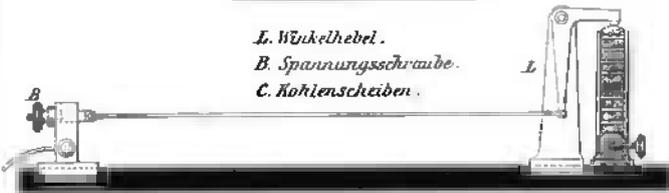
Stromregulator.



L. Winkelhebel.

B. Spannungsschraube.

C. Kohlscheiben.



Ueber die
F a b r i c a t i o n d e s S t a h l s
und seine Verwerthung
für militärische Zwecke.

V o r t r a g

gehalten in dem

Royal United Service Institut

am 3. März 1879.

Der Vorsitzende: Ich brauche Sie nicht darauf aufmerksam zu machen, dass einer der hervorragendsten Physiker unserer Zeit uns mit seiner Gegenwart beehrt. Derselbe tritt jedoch heute nicht als der hervorragende Elektriker, der Erbauer des Faraday, der Erfinder des Bathometers oder als der fruchtbare Schaffer vor uns, dessen Gebiet sich erstreckt über Dinge so entgegengesetzter Natur wie das Buchstabensetzen und das Messen der Meerestiefen, sondern er tritt heute vor uns in seiner Eigenschaft als einer der ersten wissenschaftlichen Metallurgen Englands, dem wir so viele in dieses Fach einschlagende, bemerkenswerthe Verfahren verdanken, besonders eines, das die direkte Ausscheidung von Stahl oder Eisen aus dem Erze betrifft, über welches er uns heute einige Mittheilungen zu machen gedenkt, und man kann wohl mit Ruhe von ihm sagen, dass noch kein Gegenstand von ihm berührt worden ist, der nicht dadurch gewonnen hätte.

Dr. Siemens. Der Gegenstand, den ich Ihnen heute vorlegen will, ist nicht neu. Schon die Alten kannten den Stahl und noch heute wird derselbe von halbbarbarischen Völkern auf ähnlichem Wege hergestellt, wie derselbe in alten Aufzeichnungen beschrieben ist, und der darin bestand, dass man reich eisenhaltige Erze auf glühende Holzkohlen legte, die in einer Höhlung am Bergabhange aufgeschichtet waren; hatte man dann mit den aus Ziegenfellen gefertigten Blasebälgen einen Tag hart gearbeitet, so erhielt man einen Klumpen Metall mit Holzkohle und Schlacken untermischt, der, nachdem er ge-

schmiedet worden, zuweilen verhältnissmässig weich und dann wieder härter war; im ersteren Falle nannte man das Produkt Eisen, im letzteren Stahl. Hieraus geht hervor, dass die wesentlichen Bestandtheile der beiden Metalle: Eisen und Stahl dieselben sind und dass diese beiden Metalle nur ihren abweichenden physikalischen Eigenschaften nach, die von sehr geringen chemischen Beimischungen herrühren, zu unterscheiden sind.

Der im Alterthum gefertigte Stahl war von vorzüglicher Qualität und zeichnete sich ebenso sehr durch Härte wie durch langsame Abnutzung aus. Wer hat nicht von den Damascener Klingen gehört oder von den in einer späteren Periode in Toledo und von den Normannen angefertigten Schwertern? Ja, die Normannen legten so grossen Werth auf scharfschneidige Instrumente, die möglichst grosse Härte mit der Eigenschaft verbanden, nicht auszuspringen, dass solche, die derartige gute Klingen herzustellen verstanden, der grössten Ehren theilhaftig und in einem oder zwei Fällen sogar mit dem Purpur bekleidet und zu Seekönigen erwählt wurden.

Aber obgleich hiernach der Stahl schon seit so frühen Zeiten bekannt ist, so war es doch erst der allerneuesten Zeit vorbehalten, in Produktion und Verwendung desselben den wichtigsten Schritt vorwärts zu thun. Schon im Jahre 1722 machte Réaumur, der berühmte französische Denker, den Versuch durch Verbindung von Guss- oder Roheisen mit Schmiedeeisen oder Eisenabfällen Stahl in grösseren Quantitäten zu erzeugen. Indem er die verschiedenen Bestandtheile in einem Schmelztiegel zusammenschmolz, erhielt er ein Metall, das an der Natur des Stahls allerdings Theil hatte; er traf aber auf ein Hinderniss in der Unzulänglichkeit der erzeugbaren Hitze und auf diese Weise ist, soweit bekannt, Réaumur's Gedanke nicht weit über das Stadium eines Vorschlages hinausgekommen. Erst im Jahre 1820 gelang es Huntsman in Sheffield das

Stahlschmelzen mit Erfolg einzuführen und zwar durch Verwendung von Coke in einem Ofen mit sehr intensivem Zug, wie er uns jetzt als Zugofen bekannt ist. Huntsman retisirte, Stahl in beträchtlichen Quantitäten in Töpfen zu schmelzen, und seitdem hat das Metall durch seine verschiedenartigen Verwendungen grossen Werth im Handel gewonnen.

Kleine Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung bedingen im Stahl auch verschiedene Eigenschaften. So kommt mancher Stahl im gehärteten Zustande fast dem Diamanten gleich in seinem Widerstande gegen die Abnutzung und in seiner Brauchbarkeit zum Schneiden anderer Metalle; im gewalzten Zustande wiederum zeigt er eine permanente Elasticität wie sie keine andere Substanz besitzt; er ist empfänglich für Magnetismus und wird zum sogenannten permanenten Magneten, eine Eigenschaft, die nur zwei andere Metalle, nämlich Nickel und Kobalt, in geringem Maassstabe mit ihm gemein haben. Stahl wird nun noch anders als sogenannter weicher Stahl producirt, in welcher Gestalt er eine Eigenschaft gänzlich verschiedener Art aufweist, nämlich eine Dehnbarkeit, welche der von Kupfer und Silber nicht allein gleichkommt, sondern sie noch übertrifft.

Ich habe hier eine Vase, die aus einem Stück solchen weichen Stahles getrieben ist, und zwar ist es die Arbeit eines gewöhnlichen Schmiedes, oder ich sollte lieber sagen eines aussergewöhnlichen Schmiedes, denn die Arbeit der Vase, wenn man sie näher untersucht, ist eine wirklich staunenswerthe. Die Vase ist durchaus hohl und bei vollständiger Fehlerlosigkeit und ohne jegliche Schweiss- oder Löthstelle nicht dicker als $\frac{1}{32}$ Zoll. Dieses Kunstwerk verdanke ich meinem geehrten Freunde, Herrn Henri Schneider von der berühmten Fabrik Creusot in Frankreich, der mir dasselbe als ein Muster seiner Stahlerzeugnisse durch den Offenen-Herd-Prozess, auf den ich später zurückkommen werde, zugeschickt hat.

Ein Mittel zur billigen Herstellung von Stahl wurde jedoch erst im Jahre 1856 vorgeschlagen, als Herr Henry Bessemer bei der Versammlung der British Association in Cheltenham seine berühmte Abhandlung vorlas, betitelt; „The manufacture of malleable iron and steel without fuel“ oder „Die Herstellung von schmiedbarem Eisen und Stahl ohne Brennmaterial“, eine Schrift, die begreiflicher Weise das ganze Land in Aufregung versetzte. Es gelang jedoch Herrn Bessemer nicht sogleich, durch seinen Prozess Stahl zu erzeugen, der sich zum Gebrauche eignete: vielmehr erwarb sich der Bessemer Stahl erst im Jahre 1862 zur Zeit der Weltausstellung in London eine bestimmte Stellung im Markte. Wenn ich von diesem so hochwichtigen Gegenstand spreche, kann ich jedoch nicht umhin, auch des Namens Mushet's Erwähnung zu thun, der, als er von dem Bessemer Prozess hörte, auf den Gedanken kam, dass derselbe noch einer Zuthat benöthigt wäre — analog dem, was der Sheffielder Topf-Schmelzprozess Heath verdankt — und zwar des Zusatzes von Mangan. Mushet schlug eine besondere, von ihm patentirte Methode vor, dem Bessemer Metall, wenn es noch im flüssigen Zustande ist, Spiegeleisen (oder Roheisen, das einen bedeutenden Prozentsatz von Mangan enthält) zuzuführen, wodurch der in Folge des Blasens in dem Metall zurückgehaltene Sauerstoff aus demselben ausgeschieden, gleichzeitig aber, wie wir jetzt wissen, dem Metall ein kleines Quantum von Mangan zugesetzt wird, was von sehr wesentlicher Bedeutung ist, wenn das Produkt gehörig schmiedbar werden soll. Wir haben hier einen Prozess, der wohl mehr als jede andere Erfindung unserer Zeit die wichtigsten Industriezweige des Landes in ihren Grundbedingungen verändert hat. Gegenwärtig werden nicht nur die zum Eisenbahnbetrieb nothwendigen Maschinen aus Stahl gefertigt, sondern sogar die Schienen, auf denen wir dahinfahren, sind anstatt von Eisen, von Stahl, und wenn ich sage, dass diese Stahlschienen die eisernen fünf-

bis sechsmal an Dauerhaftigkeit übertreffen, so muss ich leider beifügen (und ich spreche jetzt nicht als Consument, sondern als ein der Stahlproduktion als Industrie Nachstehender), dass sie unglücklicher Weise zu beinahe billigeren Preisen als Eisen oder irgend ein anderes Metall geliefert werden. Vielleicht aber gelingt es den Fabrikanten, sie zu diesen Preisen zu produciren und doch etwas dabei zu verdienen.

Beinahe zu derselben Zeit, als Herr Bessemer seine wichtige Erfindung machte, wurden an einem nicht 100 Yards von diesem Hause entfernten Platze Experimente angestellt, die zu einem anderen Prozesse der Stahlfabrikation geführt haben. Ich errichtete nämlich zusammen mit meinem Bruder Friedrich Siemens (der vorher mein Schüler gewesen war) in Scotland Yard einen Experimentir-Ofen, mittelst dessen wir sehr hohe Hitzegrade zu erzielen hofften, und ich habe fast vom ersten Beginn an in diesem Ofen die Fähigkeit vermuthet, die Wünsche Réaumur's und Heath's zu verwirklichen, d. h. Stahl in grossen Quantitäten am offenen Herd zu produciren.

Anfänglich beschränkten wir uns auf Schmelzen von Stahl in Tiegeln, auf Glasschmelzung und einige andere Prozesse, zu denen uns die erzeugte intensive Hitze dienen konnte; grosse Schwierigkeiten stellten sich uns entgegen und erst das Jahr 1861 oder 1862, als der Ofen eine Gestalt angenommen hatte, die über seine vortheilhafte Verwendbarkeit keinen Zweifel liess, sah die Vorurtheile gegen seine praktische Verwerthung schwinden. Und es ist ein merkwürdiges Zusammentreffen, dass wir zur Fertigstellung unseres Ofens genau so lange Zeit gebrauchten, wie Herr Bessemer zur Reifung seines Processes nöthig hatte. Im Jahre 1861 wurde in den Glaswerken der Herren Lloyd und Summerfield bei Birmingham ein grosser Ofen errichtet, dessen bis auf den heutigen Tag fortgesetzte Thätigkeit unsere Hoffnungen vollständig realisirte. Dieser Erfolg veranlasste mich zu einer Reihe von Experimenten behufs

Stahlproduktion am offenen Herde, um Sie aber nicht zu ermüden, will ich zur Beschreibung des regenerativen Ofens übergehen, wie er jetzt zur Stahlfabrikation am offenen Herde in Quantitäten von 5 bis 10 Tonnen im Gebrauche ist.

Der regenerative Gasofen ist ein so wesentlicher Theil des Stahlfabrikations-Prozesses am offenen Herd, dass es nicht vermieden werden kann, sein Prinzip und seine Construction in ziemlich eingehender Weise zu beschreiben. Er besteht aus zwei verschiedenen Theilen, nämlich dem Ofen selbst mit seinen Wechselklappen, Regeneratoren und seiner Schmelzkammer, und aus dem Gaserzeuger, in welchem das rohe Brennmaterial (meist kleine Kohle) in gasartiges Brennmaterial umgewandelt wird, mit Hinwegschaffung aller schlackigen und schmutzigen Bestandtheile der Kohle. Im ersten Augenblicke mag es wie eine weitläufige Operation aussehen, das Brennmaterial aus seiner festen in eine gasförmige Gestalt zu bringen und das Gas dann in einem anderen Ofen zu verbrennen; das Gas, wenn es aus dem Erzeuger kommt, ist in erhitztem Zustande und muss beim Uebergang nach dem Ofen nothwendiger Weise einen grossen Theil seiner Wärme verlieren; daher könnte man wohl fragen, wozu diese Umwandlung des festen Brennmaterials in gasförmiges diene; denn sicherlich muss die aus dem Gas erzeugbare Wärme sich geringer stellen, als die durch Verbrennung des Brennmaterials in der Heizungskammer des Ofens zu erzielende Hitze. Dieses Argument würde auch stichhaltig sein, wenn die Regeneratoren nicht da wären. Diese Regeneratoren sind bei Weitem der wichtigste Theil des ganzen Ofens und ich will, um das allgemeine Prinzip des letzteren verständlich zu machen, jetzt zunächst ihre Thätigkeit beschreiben.

Die beigegebenen Zeichnungen Taf. IV (Fig. 1 und 2) stellen den Ofen im Längen- und Querschnitt dar; das aus dem Gaserzeuger kommende Gas passirt eine Wechselklappe, mittelst deren es nach dem unteren Theile der Regenerator-Kammer

dirigirt wird; geht es dann durch das eine grosse Fläche darbietende und mit verworrenen Zickzackgängen versehene Mauerwerk der Kammer, so wird es erhitzt, vorausgesetzt, dass in dem Mauerwerk Hitze angesammelt worden ist, was jedoch zu Anfang nicht der Fall ist, so dass also das Gas unerwärmt durch die Regeneratorkammer und von da weiter nach der Verbrennungskammer des Ofens geleitet wird. Gleichzeitig aber lässt man in die Luft-Regeneratorkammer, welche grösser ist als die Gaskammer, durch die Luftwechselklappe Luft eintreten, welche in dem Mauerwerke aufwärts steigend beim Eintritt in die Verbrennungskammer des Ofens denselben Punkt erreicht wie das Gas. Da nun aber beide Faktoren: das Gas sowohl wie die Luft kalt sind und sich beim Eintritt in die Verbrennungskammer zum ersten Male treffen, so ergibt ihre Verbrennung daselbst natürlich keineswegs eine grössere Hitze als wenn festes Material verwendet worden wäre; im Gegentheil, Gase, wie die hier in Rede stehenden, sind sogar weniger ergiebig als festes Brennmaterial und werden daher nur eine sehr mässige Wärme im Ofen erzeugen können. Allein die Flamme geht, nachdem sie über das Bett des Ofens passirt, nicht direkt nach der Esse; sie muss vielmehr erst durch zwei Regenerativkammern, ähnlich den bereits beschriebenen. Der grösste Theil der erhitzten Verbrennungsprodukte aber geht durch die Luftregeneratorkammer, die in Folge ihrer Grösse den geeignetsten Ausweg dafür bildet, während der andere Theil in den Gasregenerator entweicht, und aus diesen Kammern werden sie dann durch die Wechselklappen in den zur Esse führenden Gang geleitet.

Der ganze Vorgang besteht somit einfach darin, dass die Luft und das brennbare Gas durch das eine Kammerpaar nach dem Ofen aufsteigen und nach erfolgter Verbrennung durch das andere Paar nach der Esse entweichen. Beim Passiren des zweiten Paares jedoch geben die Verbrennungsprodukte ihre

Hitze an das Mauerwerk ab, dessen zuerst berührter oberer Theil den grössten Theil davon absorbirt, bis nach beendetem Durchgange den verbrannten Gasen ihre Hitze fast vollständig entzogen ist und sie die Esse verhältnissmässig kalt erreichen. Nachdem der Ofen vielleicht eine Stunde lang in dieser Weise thätig gewesen, wirft man die Wechselklappen über. Diese letzteren sind einfache, nach Art eines Vierweghahnes arbeitende Klappen, und wenn man den Hebel, der sie bewegt, überwirft, werden die verschiedenen Ströme umgekehrt. Luft und Gas treten jetzt also durch das zweite Kammerpaar und nehmen beim Aufsteigen in ihren betreffenden Regeneratoren von dem vorher durch den herabkommenden Strom erwärmten Mauerwerke Hitze auf. Die hierdurch auf, sagen wir 500° C. erhitzten Gase sollten, wenn ihre Verbrennung vorher 500° C. ergab, nunmehr 1000° C. ergeben, da ihre Anfangstemperatur 500° C. höher ist. Die Verbrennungsprodukte entweichen auf einer Temperaturstufe von ebenfalls 1000° C. in das erste Regeneratorenpaar, dessen Mauerwerk sie in seinen obersten Lagen auf einen fast ebenso hohen Hitzegrad bringen, während sie selbst bei ihrem weiteren Durchgange immer mehr von ihrer Wärme abgeben, um endlich in fast kaltem Zustande unten am Boden anzulangen. Kehrt man nun nach Verlauf einer Stunde oder einer halben Stunde, jenachdem es sein mag, den Prozess wieder um, so wird das Gas ziemlich 1000° C. Hitze aufnehmen, wodurch mit den aus der Verbrennung resultirenden 500° C. die Temperatur des Ofens diesmal auf 1500° C. gebracht würde. Man könnte schliessen, dass auf diese Weise, wenn keine Arbeit im Ofen gethan wird, dessen Temperatur durch die Verbrennungswärme bei einem jedesmaligen Ueberwerfen der Wechselklappen um 500° C. oder etwas weniger erhöht werden könnte, bis die Ankunft am Schmelzpunkt des feuerfestesten Körpers, den wir finden können, nämlich des chemisch reinen Quarzes in Gestalt von Dinas-Ziegeln, die gewöhnlich zur

Herstellung der Schmelzkammern dienen, diesem Verfahren ein praktisches Ziel setzt. Diese hohe Temperatur wird durch ein System gradueller Anhäufung erzielt, ohne irgend einen Luftzug, der das geschmolzene Metall oxydiren oder die Seitenwände und das Dach der Schmelzkammer zerstören könnte.

Es gibt jedoch eine theoretische sowohl als eine praktische Begrenzung der durch Verbrennung erzeugbaren Hitze und zwar ist dies, wie Herr H. St. Claire Deville zuerst zeigte, der Dissociationspunkt, auf welchem die Kohlensäure sich wieder in ihre Bestandtheile: Kohlenstoff und Sauerstoff auflösen würde. Wenn Kohlenoxyd oder irgend ein anderes brennbares Gas und Luft auf einer dem Dissociationspunkt sehr nahen Temperatur in den Ofen eintreten, so ist es klar, dass keine Association oder Verbrennung stattfinden kann; und so bannt die Natur glücklicher Weise die Vergrößerung der Hitze durch Anhäufung, selbst innerhalb verhältnissmässig sicherer Grenzen. In einem bis zum Schmelzpunkte des Eisens erhitzten Ofen kann man die Thätigkeit der Dissociation sehr genau beobachten. Zuerst, wenn Gas und Luft noch verhältnissmässig kalt sind, erfolgt die Verbrennung nur langsam, die Gase gehen durch den Ofen und bringen nur eine dunkelrothe Flamme hervor; beim nächsten Ueberwerfen der Wechselklappen zeigt sich eine weissliche Flamme, das nächste Mal darauf eine kurze weisse Flamme und dann, nachdem eine volle, den Schmelzpunkt des Eisens überschreitende weisse Hitze erreicht ist, wird die Flamme wieder lang, ist anscheinend aber von geringer Kraft und brennt jetzt nicht roth, sondern bläulich weiss und fliesst wie in Wolken dahin. Dies zeigt nun die Nähe des Dissociationspunktes an; die Verbrennung ist nicht mehr möglich, ausgenommen die Hitze wird auf umgebende Gegenstände oder auf das Metall im Ofen übertragen; und dies ist ungefähr der Hitzegrad, den der Prozess der Stahlerzeugung am offenen Herde erfordert.

Vor Abschluss der Ofenfrage muss ich noch einmal auf den Apparat, der die Umwandlung des festen Brennmaterials in gasförmiges bewerkstelligt, zurückkommen. Es ist dies ein sehr einfacher Apparat, bestehend aus einer kubischen Ziegelkammer von etwa 8 Fuss Seitenlänge, deren eine Seite in einer schiefen Richtung abgeschnitten ist. Das Brennmaterial nimmt seinen Weg auf dieser abfallenden Ebene nach dem unten am Fusse befindlichen Roste, wo die Verbrennung stattfindet, welche als Resultat hochehitze Kohlensäure ergibt; und liesse man dieses Verbrennungsprodukt in den Gassammel-Kanal und durch die obere Röhre in den Ofen gelangen, so würde nichts zum Verbrennen da sein; als einziges Resultat unserer Beobachtung würden wir wahrscheinlich die eiserne Röhre sehr bald rothglühend werden und sie dann schmelzen sehen. Indess die Kohlensäure, wie sie sich bei dem Roste bildet, trifft auf eine weitere Lage Brennmaterials, das von oben herabkommt und, obschon es ebenfalls weissglühend ist, doch nicht unter gleichen Bedingungen verzehrt werden kann, da sich kein freier Sauerstoff mehr vorfindet. Als erstes Resultat der Verbrennung haben wir also Kohlensäure, eine Verbindung von einem Theile Kohlenstoff und zwei Theilen Sauerstoff; geht nun die Kohlensäure durch die nachfolgenden Schichten von weissglühendem Brennmaterial, so verändert sie sich insofern, als noch ein zweiter Theil Kohlenstoff hinzukommt, wodurch die Verbindung zu Kohlenoxyd, einem brennbaren Gase, wird. Kohle ist aber nicht bloss Kohlenstoff; sie birgt auch flüchtige Stoffe: Kohlenwasserstoff, Wasser, sowie die Bestandtheile des Ammoniak, und das heisse Kohlenoxyd, wenn es durch eine weitere Lage von diese Stoffe enthaltendem Brennmaterial geht, übt gleiche Wirkung auf dieselben aus, wie Hitze auf Kohle in einer Gas-Retorte. Diese Thätigkeit absorbiert einen Theil der freien Wärme im Kohlenoxyd und das Resultat ist ein Gas, bestehend aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Wasserdämpfen und Stick-

stoff, welcher letztere als Bestandtheil der atmosphärischen Luft nothwendiger Weise mit dieser durch das Brennmaterial steigt und das producirte brennbare Gas um etwa 50 Prozent des Gesamtvolumens vermindert. Dieses zusammengesetzte Gas verlässt den Erzeuger nicht mit 1500° C., der Temperatur direkter Verbrennung, sondern mit nur etwa 350° C. Die übrige Hitze bleibt unbenutzt und zwar absichtlich. Diese scheinbare Wärmeverwendung im regenerativen Gasofen hat schon viele Kritiken hervorgerufen; ich denke jedoch darthun zu können, dass, obgleich ein Wärmeverlust existirt, doch keine Verschwendung stattfindet.

Die aus dem Gaserzeuger kommenden Gase könnten durch mechanische Vorrichtungen dem Ofen zugeführt werden; dies würde jedoch ebenso kostspielig, wie störend sein und deshalb dient die Temperatur von 350° C. dazu, den Gasen die nöthige Tendenz zur Vorwärtsbewegung nach dem Ofen zu verleihen. Die in dem Gasschornstein aufsteigenden heissen Gase repräsentiren eine Säule erhitztes Gas auf einer Temperatur von 350° C., bei welcher die Dichtigkeit des Gases etwa dessen halber Dichtigkeit bei gewöhnlicher Temperatur entspricht. Aus dem Gasschornstein gehen die Gase durch eine lange horizontale Röhre von Eisen- oder Stahlblech und verlieren dabei den grössten Theil der ihnen innewohnenden Wärme, derart, dass sie bei ihrer Ankunft in dem nach unten leitenden Theile der Röhre von den früheren 350° C. Hitze wahrscheinlich nur noch 100° C. besitzen, 250° also durch Ausstrahlung Seitens der Röhre verloren haben. Die Folge davon ist, dass das specifische Gewicht der niedersteigenden Gase etwa zweimal soviel beträgt wie das der aufsteigenden, ein Umstand, der das auf der einen Seite hinab- und auf der anderen Seite aufsteigende Gas in ununterbrochener Bewegung hält; der entstandene Wärmeverlust übt also einen sehr nützlichen mechanischen Effekt aus.

Was würde aber das Resultat sein, wenn man das Gas vom Erzeuger nach dem Ofen leitete ohne es abzukühlen? Das Gas würde auf einer Temperatur von 350° C. anstatt 100° , in die Regenerativkammern eintreten, beim Aufsteigen sich noch weiter erhitzen und endlich mit demselben Hitzegrade, wie er vorher den obersten Theilen des Mauerwerkes durch den herabkommenden Strom oder durch die Verbrennungsprodukte mitgetheilt worden, in die Heizungskammer gelangen. Nun erreicht das Gas aber diese Temperatur auch, wenn es mit 100° C. in den Regenerator eintritt; der einzige Unterschied in diesem Falle betrifft den Regenerator, der ein grösseres Feld für seine erwärmende Thätigkeit vorfindet und die Temperaturdifferenz von 250° C. ausgleichen muss. Da aber der Regenerator bei Ueberwindung grösserer Temperaturdifferenzen ganz ebenso ökonomisch arbeitet, wie bei geringen Unterschieden, so würde die Hitze, wenn sie bewahrt bliebe, doch von keinerlei Nutzen für den Ofen sein und noch den Nachtheil mit sich bringen, dass die Gase beim Hinabsteigen nach der Esse weniger abgekühlt würden, die letztere also heiss wäre, anstatt wie jetzt verhältnissmässig kalt. Durch die Abkühlung der Gase auf ihrem Wege nach den Regenerativ-Kammern erleidet der Ofen also keinen Verlust und ausserdem übt die Temperatur des Gases dadurch, dass sie dasselbe vom Erzeuger nach dem Ofen treibt, eine nicht zu unterschätzende mechanische Wirkung aus.

Die Sparsamkeit des Ofens ist in dem Umstande begründet, dass die Verbrennungsprodukte nicht, wie dies bei den gewöhnlichen Oefen der Fall, auf einer Temperatur, die derjenigen der Heizungskammer entspricht, sondern mit höchstens 150° oder 200° C. den Schornstein erreichen, so dass also fast die gesammte, bei der Verbrennung erzeugte Hitze bei der Arbeit zur Verwendung kommt. Man wird mit Leichtigkeit begreifen, dass die Sparsamkeit dieses Systems am meisten beim Stahlschmelzen oder anderen Schmelz- und Heizungsverfahren, die hohe Temperatur erfordern,

hervortritt, während sie, wenn nur niedrigere Temperaturen, wie z. B. zur Kesselheizung, verlangt werden, verhältnissmässig gering ausfällt. Wie sparsam es bei hohen Temperaturen aber arbeitet, wird am besten durch die Thatsache illustriert, dass man in Sheffield beim Stahlschmelzen in Töpfen in den gewöhnlichen Oefen zum Schmelzen von einer Tonne Stahl drei Tonnen Durham Coke gebraucht, während in dem regenerativen Gasofen eine Tonne kleine Kohle genügt, um eine Tonne Stahl in Töpfen zu schmelzen. Erfolgt die Schmelzung am offenen Herd, so erfährt der Consum von Brennmaterial eine weitere, nicht unbeträchtliche Verminderung und beträgt derselbe in diesem Falle höchstens 12 Centner für eine Tonne Stahl. Beim Erhitzen des Eisens in Schweissöfen beläuft sich die Ersparniss des regenerativen Gasofens den gewöhnlichen Oefen gegenüber in Folge des niedrigeren Temperaturgrades, der dazu nothwendig ist, auf 40 bis 50 Prozent. Will man das System für niedere Temperaturen verwenden, so empfiehlt es sich, die Kühlröhre und den Gasregenerator wegzulassen und die Gas-erzeuger dem Ofen näher zu bringen, damit das Gas auf seiner Anfangstemperatur verzehrt wird. Auf grossen Werken wie sie jetzt für die Stahlfabrikation am offenen Herde errichtet werden, befindet sich eine Anzahl Erzeuger ausserhalb der Gebäude, alle auf einem Platze vereinigt; das Brennmaterial wird von der Bahn an einem erhöhten Platze abgeladen, von wo es in die Erzeuger geschafft und in diesen verzehrt wird, um dann als Gas durch die langen Oberröhre in die Werke hinein zu gehen, wo es eine Anzahl für die Stahlfabrikation bestimmte Oefen speist. Dies wird, denke ich, als Beschreibung des Ofens genügen, der in dem Prozesse, auf den ich sogleich zu sprechen kommen werde, eine hochwichtige Rolle spielt.

Wie bereits erwähnt, hatte ich als einen der Hauptzwecke bei der Construction dieses Ofens die Stahlfabrikation am offenen Herde im Auge, wie es aber gewöhnlich bei Einführung neuer

Prozesse ergeht, bot die Durchführung dieser Idee grosse Schwierigkeiten dar. Es warf sich die Frage auf: kann am offenen Herde eines Ofens bei einer den Schmelzpunkt der meisten feuerbeständigen Ziegel übersteigenden Temperatur Stahl geschmolzen und allen seinen Eigenschaften nach als Stahl erhalten werden? Die Ansichten der Praktiker lauteten im Allgemeinen ganz ungünstig für Erreichung dieses Zieles, und es war aus diesem Grunde vielleicht nur natürlich, dass die Verwirklichung der Idee eine Frage der Zeit blieb. Den ersten Versuch der Stahlfabrikation am offenen Herd eines Regenerativ-Ofens machte Herr Charles Atwood in Tow Law, der 1862 einen freilich nur kleinen Ofen dieser Art nach meinen Entwürfen aufstellen liess; obgleich er jedoch einen theilweisen Erfolg erzielte, so gab er den Plan doch bald wieder auf, da er fürchtete, der auf diesem Wege produzierte Stahl wäre nicht von der gehörigen Güte. Im folgenden Jahre wurde in Frankreich auf den Montluçon Werken mit einem grossen Ofen ein Versuch gemacht, und mein College bei diesem Experimente war ein sehr berühmter französischer Metallurge, der verstorbene Herr le Chatellier, Inspecteur Général des Mines. Das Resultat fiel im Ganzen genommen zufriedenstellend aus. Wir erhielten ein Metall, das entschieden Stahl war; unglücklicher Weise aber zerschmolz bald das Dach des Ofens und die Gesellschaft, welche die Aufstellung des letzteren unternommen hatte, sah, vorläufig wenigstens, davon ab, die Versuche fortzusetzen. Nach weiteren zwei oder drei fehlgeschlagenen Versuchen entschloss ich mich zur Errichtung von Experimentir-Werken in Birmingham, wo der Prozess der Stahlfabrikation am offenen Herde nach und nach soweit gedieh, dass er anderen Händen anvertraut werden konnte. Indess stellte auch wieder eine französische Firma, die Herren Martin Sereuil, einen regenerativen Gasofen auf, der zur Stahlproduktion am offenen Herde benutzt werden konnte, vorläufig aber nur bestimmt war zum Erhitzen von

Schmiedeeisen. Während in Birmingham meine Experimente zur Erzeugung eines guten Stahles voranschritten, erhielten auch die Herren Martin gute Resultate mit dem nach meinem Plane construirten Ofen. 1867 brachten sie ihre vorzüglichen Fabrikate auf die Pariser Ausstellung und machten sich sehr bald einen Namen damit. Auch ich schickte Muster von dem in Birmingham fabrizirten Stahl, der sich von dem Produkt der Herren Martin hinsichtlich des bei dem Prozesse verwendeten Materials unterschied; während nämlich diese Herren der Produktion von Stahl mittelst Auflösung von Schmiedeeisen in geschmolzenem Gusseisen ihre Bemühungen widmeten, waren meine Versuche von Anfang an auf die Verwendung von Gusseisen und Erz gerichtet.

Bei dem Prozess, wie die Landore und andere Werke ihn gegenwärtig durchführen, gelangen ebensowohl Eisenabfälle, wie Erz mit Roheisen und den übrigen Bestandtheilen, die die Qualität des Stahles bestimmen, zusammen zur Verwendung. Der Prozess mag, wie folgt, beschrieben werden: Nachdem der Ofen auf den Stahlschmelzpunkt oder etwa 2000° C. erhitzt worden, hat der Stahlschmelzer zunächst die Pflicht, sich des arbeitstüchtigen Zustandes des Quarzbodens und des Stichloches zu vergewissern; sollten durch vorhergegangene Schmelzungen auf der Oberfläche des Bodens Unebenheiten entstanden sein, so wird zu deren Ausgleichung ein entsprechendes Quantum calcinirter weisser Sand eingeschüttet und für acht bis zehn Minuten bei geschlossenen Ofenthüren dem Einflusse der Hitze ausgesetzt, nach welcher Zeit die Kieselerde oder der weisse Sand theilweise geschmolzen ist und sich mit dem älteren Theile des Bodens verbunden hat. Das Stichloch wird mit weissem Sand ausgefüllt, der mit pulverisirtem Anthracit oder Coke untermischt wird, wodurch das vollständige Verdichten oder Zusammenschmelzen des Sandes zu Klumpen verhindert und somit bei Beendigung der Operation das Ablassen des Metalles erleichtert wird.

Nachdem diese Vorbereitungen beendet, bringt man vielleicht 6 Tonnen Roheisen in den Ofen gemischt mit 2 Tonnen Eisen- oder Stahlabfällen wie Eingüsse, Abfälle von früheren Operationen, alte Eisen- oder Stahlschienen, was gerade da sein mag. Man schliesst hierauf die Ofenthüren und lässt die Hitze $2\frac{1}{2}$ Stunden lang auf das Metall einwirken, das nach Ablauf dieser Zeit geschmolzen ist und bei der Analyse sich als ein Mittelding zwischen Eisen und Stahl herausstellen würde, da der darin enthaltene Prozentsatz von Kohlenstoff sowohl als von Silicium bereits eine beträchtliche Reduktion erfahren hat. Die weitere Oxydation dieser Bestandtheile wird durch Zugaben reicher Erze oder Eisenoxyde, die in Zwischenräumen von etwa $\frac{1}{2}$ Stunde in Quantitäten von je 5 Centnern erfolgen, bewerkstelligt. Der unmittelbare Effekt der Einführung eines jeden solchen Satzes ist ein lebhaftes Aufwallen, die Folge der Reaction des Oxydes im Erz auf den Kohlenstoff im Metall, wodurch sich Kohlenoxyd entwickelt. Dieses Gas entweicht nach der Oberfläche, wohingegen das Eisen, das in dem Erz oder Oxyd enthalten war, metallisch wird und sich dem geschmolzenen Metalle zugesellt. Wenn auf diese Weise etwa 25 Centner Erz eingeführt worden sind, entnimmt man dem Bade mit Hülfe eines kleinen eisernen Giesslöffels eine Probe, die auf einem schnell, aber freilich nicht ganz genau zum Resultate führenden, sehr einfachen, mechanischen Wege auf ihren Kohlenstoffgehalt untersucht wird. Ergiebt diese Untersuchung dass die Kohlung nahezu vollendet ist, so wird kein Erz mehr, wohl aber 3 bis 4 Centner Kalkstein in den Ofen geworfen, der sich mit dem in den Schlacken enthaltenen Silicium verbindet und dabei Eisenoxyd befreit, welches letztere, seiner Verbindung mit dem Silicium ledig, nun die Entkohlung des Metallflusses fortsetzt. Wenn der Stahlschmelzer nach wiederholtem Probenehmen, beim Brechen des Musters die eigenthümliche seidenartige Faser erhält, die auf die Reduktion des

Kohlenstoffes im Metall bis zu 0,1 Prozent hinweist, so ist das Metall fertig für seine endgültige Behandlung, die sich nach der gewünschten Stärke oder Härte des Stahles richtet.

Um z. B. gewöhnliches Eisenbahnschienenmetall herzustellen, werden 7 bis 8 Centner rotherhitztes Spiegeleisen, das 20 pCt. Mangan enthält, eingetragen, die Schmelzung wird mit Hülfe einer Kratze umgerührt und dann, nachdem man sie einige Minuten zur Ruhe kommen lässt, entweder in Giesspfannen oder gleich in bereit stehende Barrenformen geleitet, während die dem Metall durch das Stichloch folgenden Schlacken in ein Loch oder eine dafür bestimmte Form gehen. Die Menge der Schlacken hängt hauptsächlich von dem Siliciumgehalt des verbrauchten Roheisens ab und auch von dem Grade der Reinheit des zur Reduzirung verwendeten Erzes; gewöhnlich erhält man auf einen Einsatz von 8 Tonnen 2 Tonnen Schlacken. Der Metallertrag sollte der Gesamtmenge des in den Ofen eingetragenen Roh- und Abfalleisens (wenn dieses von fester Beschaffenheit ist) bis auf 1 bis 2 Prozent gleichkommen; denn wenn schon das Roheisen etwa 7 bis 8 Prozent Kohlenstoff und Silicium, die ausgeschieden werden müssen, enthält, so wird der hier entstehende Gewichtsverlust durch die Abgabe von metallischem Eisen Seitens der Erze doch wieder ausgeglichen. Der nahe am Schluss der Operation zugeführte Kalk hat noch den besonderen Nutzen, einige der anderen Unreinheiten, wie Schwefel und Phosphor aus dem Metall aufzunehmen, wenn auch nur in unbedeutendem Maasse. Nachdem der Ofen geleert, untersucht der Stahlschmelzer wieder den Boden, um etwaige schadhafte Stellen auszubessern, füllt das Stichloch auf und trägt den neuen Einsatz ein.

Ein jeder Einsatz nimmt je nach seiner Beschaffenheit und nach der Hitze des Ofens von 7 bis zu 9 Stunden in Anspruch. Wenn nur Roheisen und Abfälle zur Verwendung kommen, so kann die Arbeit schon in 6 bis 7 Stunden ge-

schehen und ist dabei eine Reduktion des Rohmetalls auf 10 bis 15 Prozent des Gesamteinsatzes zulässig; werden aber keine Abfälle verwendet, so muss die Masse des Roheisens dem gewünschten Gesamttertrag an Stahl gleich sein; ausserdem verlängert in diesem Falle die Reaktion zwischen dem Erz und Roheisen die Dauer der Operation um etwa 3 Stunden. In dieser Beziehung zeigt somit der Abfalleisen- oder Siemens-Martin-Prozess (scrap-process) gegenüber dem Erzprozess (ore-process) einen Vortheil, wohingegen der Erzprozess die wichtigen Vortheile hat, dass er nicht von den Unregelmässigkeiten des Abfall-Metalles zu leiden hat, und dass bei ihm erstens das Oxyd und dann der Kalk auf das flüssige Metall eine reinigende Wirkung ausüben. Die Erfahrung hat gelehrt, dass für Arbeiten im kleineren Maassstabe der Abfalleisen- oder Siemens-Martin-Prozess sich vortheilhafter stellt, während für grösseren Betrieb der Vortheil auf Seite des Erzprozesses liegt.

Bei der Fabrikation von besonders guten Qualitäten Stahles, wie man sie für Dampfkessel, Schiffspanzer und Gusswaaren braucht, weicht das Verfahren erst gegen das Ende der Operation von dem oben geschilderten Prozesse ab. Der Kohlenstoffgehalt wird auf einen noch niedrigeren Stand als 0,1 pCt. gebracht und zwar greift man, um sicher zu sein, dass der erforderliche Grad der Entkohlung erreicht wird, diesmal zur chemischen Analyse der dem Ofen entnommenen Muster. An Stelle des Spiegeleisens tritt reich eisenhaltiger Braunstein, nebst einem kleinen Theil Silicium-Eisen (ein Rohmaterial, welches etwa 10 Prozent Silicium enthält), welches letztere Metall die Wirkung hat den Sauerstoff aus dem flüssigen Metall auszusondern und somit das Entstehen von Blasen im Guss zu verhüten. Noch eine andere Weise, den Stahl zu verdichten, sehen wir in der von Sir Joseph Whitworth eingeführten und so erfolgreich von ihm verwertheten Methode. Der Stahl, welchen er verarbeitet, wird in der vorstehend beschriebenen

Weise am offenen Herde des Ofens fabrizirt; nun zieht sich Stahl aber, wenn er aus den Giesspfannen in die Formen fliesst, zusammen und bei diesem Zusammenziehen bilden sich kleine Blasen oder Höhlungen, die die Continuität, d. h. den ununterbrochenen Zusammenhang der Theile des Stahles unterbrechen, selbst wenn sie später vielleicht wieder ausgefüllt werden. Sir Joseph Whitworth nun unterwirft das Metall, während es sich im geschmolzenen Zustande befindet, einem grossen hydraulischen Druck; durch eine derartige Verdichtung füllt er die Blasen aus und der Stahl, den er auf diese Weise gewinnt, ist vollständig regelmässig im Bruch und verbindet grösste Härte mit solcher Zähigkeit, dass z. B. daraus gefertigte Geschosse, nachdem sie bereits drei- oder viermal durch dicke eiserne Platten gegangen waren, sich noch immer zum Wiedergebrauche eigneten.

Das reichhaltige Ferro-Mangan, das jetzt in den Markt gebracht wird, erleichtert dem Stahlfabrikanten die Herstellung eines guten Metalles gar sehr trotz seines beträchtlichen Gehaltes an unreinen Substanzen, wie vorzugsweise Schwefel und Phosphor. Clevealandeisen und andere Eisensorten geringerer Qualität können mit Benutzung dieses Mittels für die Produktion von stählernen Eisenbahnschienen verwendbar gemacht werden und von einigen Werken, die nach meinem Prozess arbeiten, sind bedeutende Contrakte für die Umarbeitung alter eiserner Schienen von zweifelhaftem oder gemischtem Ursprunge in stählerne, ausgeführt worden.

Dieser dem Stahlfabrikanten gebotene Vortheil bringt jedoch eine Gefahr mit sich, auf welche Consumenten gut thun werden, ihr Augenmerk zu richten. Eine Stahlschiene mit 1 bis $1\frac{1}{2}$ Prozent Mangan Gehalt mag gut aussehen und auch die Probe auf Zähigkeit und Stärke gut bestehen und dabei doch $\frac{1}{4}$ Prozent Phosphor oder Schwefel, oder beides, enthalten. Die Gegenwart von Phosphor macht sich erst bei Temperaturen

unter dem Gefrierpunkte durch Symptome von Kaltbrüchigkeit bemerklich, und es würde somit nicht rathsam sein, solche Schienen in nördlichen Gegenden zu verwenden.

Für wichtige Zwecke, wie Geschützkonstruktion u. s. w. ist meiner Ansicht nach, mehr als eine ganz unbedeutende Quantität von Mangan in dem Metall entschieden verwerflich; denn Mangan, obgleich sehr wohl zu gebrauchen, um Unreinheiten im Stahl zu verbergen, ist an und für sich selbst eine Unreinheit und als solche nicht verträglich mit guter Qualität des Produktes. Seine Vermischung mit dem Metall ist eine rein mechanische und die Untersuchung verschiedener Theile eines und desselben Ingots stellt seine Vertheilung als sehr unregelmässig heraus. Ferner oxydirt Mangan leichter als Eisen; Metall, das einen bedeutenden Prozentsatz davon enthält, kann also nicht ohne Qualitätsverlust erhitzt werden; dem Seewasser ausgesetzt, wird es von demselben zerfressen und bei einer strikten Untersuchung bleibt auch seine Zähigkeit und Stärke hinter der eines wirklich reinen Metalles zurück. Es ist daher von Wichtigkeit, für Kriegszwecke bestimmten Stahl, von dem man bedeutende Härte und grosse Dehnbarkeit verlangt, von Mangan möglichst rein zu halten, wie auch von allen anderen Beimischungen, Kohlenstoff allein ausgenommen. Extra weicher Stahl, der sich durch so ausserordentliche Streckbarkeit auszeichnet, sollte in 100 Theilen 99,75 Theile metallisches Eisen und von fremden Substanzen, alle zusammengenommen, nur 0,25 Prozent enthalten.

Für die Herstellung solcher reinen Qualitäten von Stahl macht man von dem offenen Herd-Prozess gegenwärtig einen sehr umfassenden Gebrauch und wird derselbe, sei es ganz oder theilweise, von vielen der Hauptwerke hier in England sowohl als auch anderwärts angewendet. Die Gesamtproduktion, von Stahl am offenen Herd fabrizirt (nach dem Siemens'-Martin'schen sowohl als nach dem Siemens'schen Prozess) be-

trug 1877 275,000 Tonnen, welche Ziffer seitdem fortwährend im Zunehmen begriffen ist, ungeachtet der noch immer anhaltenden so äusserst gedrückten Lage des Eisen- und Stahlgeschäftes.

Die Idee, Stahl sehr weicher Sorte zum Schiffsbau zu benutzen, tauchte zuerst in der französischen Marine auf und gegenwärtig findet er Seitens des brittischen Marine-Ministeriums vielfach für diesen Zweck Verwendung, deren Resultate, wie ich glaube, demnächst vor einer anderen Gesellschaft zur Erörterung gelangen werden und zwar durch den Hauptconstrukteur, Herrn Barnaby.

Wie ich oben beschrieben, erstreckt sich der Offene-Herd-Prozess auf die Benutzung von Roheisen und Erz oder Roheisen und Eisenabfälle; ich bin indessen bereits seit einer Reihe von Jahren auf die Vollendung eines anderen Verfahrens bedacht, bei welchem das zu benutzende Erz einem vorgängigen Prozess behufs Reduktion und Niederschlagung unterliegt und nur ein kleines Quantum Roheisen verwendet wird, um die Masse im Schmelzofen flüssig zu machen. Bei meinen ersten Experimenten in dieser Richtung producirte ich, wie Chenot und andere vor mir gethan haben, den sogenannten Eisenschwamm, d. h. Eisenerz, dem sein Sauerstoff dadurch entzogen wird, dass es mit Zugabe von Kohlenstoff enthaltendem Material auf die Rothglühhitze gebracht wird. Es stellte sich jedoch bald heraus, dass auf diese Weise praktische Resultate nicht erzielt werden konnten, da der Eisenschwamm die Gangart des Erzes mit enthält, die nur schwer davon zu scheiden ist und nachher die Arbeit im Schmelzofen durch übermässige Schlackenbildung benachtheiligt. Ausserdem verbleiben dem Eisenschwamm alle im Erze enthaltenen Unreinigkeiten, wie Schwefel, Phosphor, Arsenik u. s. w. und der Schwefel erfährt sogar noch eine bedeutende Vermehrung dadurch, dass der Eisenschwamm die in der Flamme des Ofens enthaltene schwefelige Säure in be-

trächtlichem Maasse absorbiert. Es kam jedoch darauf an, ein Mittel zu finden, durch welches das metallische Eisen gleichzeitig vom Erz und von seinen Unreinigkeiten geschieden werden konnte und dies ist mir gelungen zu erreichen mit Hilfe eines rotirenden Ofens, der bis jetzt jedoch noch keine ausgedehnte Anwendung gefunden hat. Der Ofen, wie in Taf. IV Fig. 3 dargestellt, besteht aus dem Gaserzeuger, dem Luftgenerator, einer Wechselklappe und der Drehtrommel. Gasregeneratoren giebt es bei diesem Ofen nicht, sondern das Gas gelangt aus dem Erzeuger durch einen länglichen Kanal ohne Unterbrechung in die drehende Kammer, wo es mit dem erhitzten Luftstrom, der aus dem einen oder anderen der Luftregeneratoren in dieselbe eintritt, in Berührung kommt. Die so erzeugte Flamme schießt nach vorne in die Heizungskammer, erhitzt das darin befindliche Material und kommt dann wieder nach dem Eingangspunkte zurück, von wo die Verbrennungsprodukte durch den zweiten Luftgenerator und die Wechselklappe in die Esse entweichen. Durch diese Einrichtung bleibt die Vorderseite des rotirenden Ofens frei; an derselben befindet sich eine Thüre, die excentrisch angebracht ist, damit, wenn die Oeffnung in ihrer niedrigsten Stellung angelangt ist, die Massen oder Bälle von Eisen aus dem Ofen in der Höhe der Fütterung herausgenommen werden können. Die Ausfütterung des Ofens besteht aus Steinen, reich an Thon oder Bauxite Steinen, die auf der inneren Seite bis zu einer gewissen Dicke mit einer Schicht durch Schmelzung von Hammerschlag und reichen Erzen im Ofen erzeugten Eisenoxydes bedeckt sind, welches sich an den Wänden ansetzt, während der Ofen langsam rotirt. Die Rotirung des Ofens wird durch eine kleine Brotherhood oder irgend eine andere Maschine mit entsprechendem Triebwerk vermittelt.

Der Modus operandi ist, wie folgt: Nachdem der Ofen ausgefüttert und erhitzt worden ist, wird ein Satz von Erz, das mit schmelzenden und reduzierenden Materialien versetzt ist, in

Verhältnissen, die seiner chemischen Beschaffenheit entsprechen, von einer erhöhten Plattform an der Vorderseite in den Ofen eingeführt, zu welchem Zwecke man den Rotator mit der Füllöffnung nach oben anhält. Nach Einfüllung eines Satzes von 30 bis 40 Centnern wird die Thüre geschlossen und die Ofenkammer in langsam rotirende Bewegung versetzt, so dass sie höchstens sechs bis acht Umdrehungen in einer Stunde macht. Das Gas in Verbindung mit der stark erhitzten Luft aus dem Regenerator erzeugt in der Kammer eine hohe Temperatur, welche die langsam rotirende und der Hitze immer neue Berührungsflächen darbietende Masse schnell erhitzt. Chemische Wirkungen treten unter diesen Umständen erst ein, wenn die Temperatur der Masse auf volle Rothglühhitze gestiegen ist; dann entwickelt sich durch die auf diesem Punkte stattfindende Reaktion zwischen dem kohlenstoffhaltigen Material und dem Erz, Kohlenoxyd, das beim Zusammentreffen mit der erhitzten Luft, die den Regeneratoren entströmt, verbrennt und so die Hitzkraft der Flamme vermehren hilft. Wenn diese Reaktion sich in vollem Gange befindet, kann man die Zufuhr von Gas aus dem Erzeuger fast ganz aufhören lassen und auf solche Weise den Eintritt von schwefelhaltigem Gas in den Ofen während dieser kritischen Zeit verhindern. Die Hitze nimmt nun in schnellem Maasse zu, und während die Reduzirung ihren weiteren Verlauf nimmt, schmelzen gleichzeitig auch die erdigen Bestandtheile des Erzes. Nach $1\frac{1}{2}$ Stunde besteht der Einsatz aus metallischem Eisen in mehr oder weniger zusammengeballtem Zustande, das man bei Analysirung beinahe chemisch rein findet und einer flüssigen Schlacke, welche die erdigen Theile des Erzes und andere unreine Substanzen enthält. Die Rotirung des Ofens wird nun unterbrochen, und durch das ganz nach unten gestellte Stichloch die Hauptmasse der Asche abgelassen; dies geschehen, verschliesst man das Stichloch wieder und setzt den Ofen in eine etwas schnellere rotirende Bewe-

gung, wodurch die Zusammenballung des metallischen Eisens erleichtert wird, durch rechtzeitige Anwendung einer Kratze kann dieselbe derart regulirt werden, dass sich zwei oder drei für die Hantierung passende Klumpen bilden. Wenn dies geschehen, wird der Ofen angehalten, derart, dass die grosse Thüre sich unten befindet und der Einsatz herausgebracht werden kann. Letzteres bewerkstelligt man durch Zangen, die mit oberhalb in Schienen laufenden Rollen in Verbindung stehen, so dass die Eisenmassen schnell von dem Ofen nach einem Quetschwerk (das etwaige Aschentheile auszupressen hat) und von da zur Schmelzung nach einem Stahlschmelzofen, wie oben beschrieben, transportirt werden können.

Die grosse Reinheit des so aus dem Erz reduzierten Metalles und die schnelle, verhältnissmässig geringe Kosten verursachende Reduzirung, sind sehr günstige Faktoren für die Herstellung von Stahl guter Qualität zu geringem Kostenpreise, und es liegt in meiner Absicht, den Offenen-Herd-Prozess durch Verbindung mit der eben beschriebenen Behandlungsweise des zu schmelzenden Materiales nach und nach zu vervollkommen.

Bei dieser Gelegenheit will ich auch nicht versäumen, auf gewisse Eigenschaften des Stahles aufmerksam zu machen, die man bei Betrachtung seiner Verwendbarkeit für Ingenieur- und Militairzwecke nicht übersehen darf. Wir wissen, dass Stahl hinsichtlich seiner Härte und Dehnbarkeit zwischen sehr weiten Grenzen sich bewegt. Dagegen ist es nicht so allgemein bekannt, dass Stahl bis zu einem gewissen Punkte den Zug gleich gut aushält, sei er hart oder weich; ich habe eine Tabelle aufgestellt, die in den aufgezeichneten Resultaten die Natur von weichem und hartem Stahl, unter verschiedenen Spannungen verglichen, klar darlegt. (S. Tab. S. 91.)

Man ersieht daraus, dass eine Belastung von 6 bis zu 15 Tonnen pro Quadratzoll, sämmtliche Stangen, harte und weiche, nachgelassen oder nicht nachgelassen, gleichmässig af-

Bericht

über Experimente mit weichen und harten Stangen.

Weiche Stangen.

Zug per □ Zoll.	Nicht nachgelassen.													
	Nachgelassen.				Experiment No. 2.				Experiment No. 3.				Experiment No. 4.	
	I.		II.		I.		II.		I.		II.		I.	II.
	Verlän- gerung.	Perma- nente Verlän- gerung.	Verlän- gerung.	Perma- nente Verlän- gerung.	Verlän- gerung.	Perma- nente Verlän- gerung.	Verlän- gerung.	Perma- nente Verlän- gerung.	Verlän- gerung.	Perma- nente Verlän- gerung.	Verlän- gerung.	Perma- nente Verlän- gerung.	Verlän- gerung.	Perma- nente Verlän- gerung.
Tommen.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.
3	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015
6	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03
9	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046
12	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062
15	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078
18	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090	0·090
18½	0·100	0·095	0·100	0·095	0·125	0·045	0·09	0·015	0·090	0·07	0·07	0·015	0·10	0·095
19	..	0·125	0·03	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Harte Stangen.														
3	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015	0·015
6	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03
9	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046	0·046
12	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062	0·062
15	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078	0·078
18	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092	0·092
21	0·108	0·108	0·108	0·108	0·108	0·108	0·110	0·110	0·108	0·110	0·110	0·110	0·108	0·108
24	0·3	0·15	0·125	0·16	0·125	0·16	0·4	0·25	0·57	0·427	0·28	0·175	0·525	0·4
25	..	0·182	0·06	..	0·2	0·07	..	..	..	..	..	..	..	..

NB. Bei den Experimenten, die mit I bezeichnet sind, wurde die Verlängerung an einer 5füßigen Stange gemessen, bei den mit II bezeichneten in einer Höhe von 4' 11" vom Boden an derselben Stange.

fiziert, und diese Gleichmässigkeit bleibt erhalten bis zu 18 Tonnen, bis zu welchem Gewichte die elastische Verlängerung sämmtlicher Muster gleichviel betrug. Mit $18\frac{1}{2}$ Tonnen Belastung jedoch erfuhr der weiche Stahl eine permanente Verlängerung, während die harten Stangen eine normale Zunahme der elastischen Verlängerung zeigten. Bei Fortsetzung der Experimente mit den letzteren ergab sich unter Belastung von 21 Tonnen pro Quadratzoll die noch immer ganz normale elastische Verlängerung von 0,108; mit 24 Tonnen aber trat auch bei den harten Stangen die permanente Verlängerung ein. Die elastische Grenze des harten Stahles war sonach 24, die des weichen aber nur 18 Tonnen.

An diese Verlängerungen knüpft sich jedoch ein eigenthümlicher Umstand. Wenn man eine Stange weichen Stahl von der Walze nimmt und sie sogleich auf eine Belastung von vielleicht 18 Tonnen probirt, so wird man sehr wahrscheinlich eine permanente Verlängerung finden; wendet man auf dieselbe Stange aber zuerst für mehrere Stunden eine Belastung von etwa 17 Tonnen an, so wird sie darauf die von 19 oder vielleicht gar 20 Tonnen aushalten können, ehe sie eine permanente Verlängerung erfährt. Man könnte beinahe sagen, dass der Stahlstange beigebracht werden kann, einen grösseren Zug auszuhalten, ohne dauernd nachzugeben. Sir William Thomson hat in letzter Zeit einige sehr genaue Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt und wird der Versammlung vielleicht einige Mittheilungen darüber machen.

Die Verwendung von Stahl für Ingenieur- und Militairzwecke hängt viel davon ab, welcher besonderen Art diese Zwecke sind. Weicher Stahl hat die Eigenschaft, der Spannung ausserordentlich nachzugeben, ehe er Brüche zeigt. Die Stangen werden gewöhnlich auf 28 Tonnen probirt, bei welcher Belastung weicher Stahl, wie er zum Schiffsbau dient, nach einer Verlängerung von 25 Prozent in der Regel bricht. Der noch weicher

fabrizirte Stahl für Dampfkessel verträgt nur eine Gesamtspannung von 24 Tonnen, zeigt aber eine grössere Verlängerung, ehe er bricht. Von hier können wir aufwärts gehen und Stahl produziren, der eine Belastung von 50 Tonnen verträgt, bei einer Verlängerung von vielleicht 12 Prozent. Noch härterer Stahl verträgt 60 Tonnen mit Verlängerung von nur 7 oder 8 Prozent, ehe er bricht und Sir Joseph Whitworth hat nachgewiesen, dass die absolute Widerstandskraft des Stahles in Gestalt von Stangen von der richtigen Härte durch einen Oelhärtungsprozess auf 90 Tonnen pro Quadratzoll gebracht werden kann; eine derartige Spannkraft wird von sorgfältig gehärtetem Stahldraht kaum übertroffen. Wir haben also hier eine lange Skala verschiedener Stärken, die wir unter verschiedenen Verhältnissen vortheilhaft verwerthen können. Man darf nicht vergessen, dass der härtere Stahl bei plötzlicher Abkühlung leicht spröde wird und aus diesem Grunde liegt grössere Sicherheit in der Benutzung weicherer Sorten für Ingenieur- und Militairzwecke. Letzteren Punkt möchte ich mit einigen Bemerkungen über Geschütz-Construktion mir vor Schluss meines Vortrages noch zu berühren gestatten.

Vor Jahren machte die Geschützfabrikation mit Einführung der bekannten Methoden von Sir William Armstrong einen bedeutenden Fortschritt. Zu damaliger Zeit war Schmiedeeisen das festeste Material, das dem Geschützgiesser zur Verfügung stand und diesem gab Sir W. Armstrong die möglichst festeste Form durch die Construktion von Spiralen, auf welche Weise die Faser des Metalls in gleiche Richtung kommt mit der Spannung. Das Woolwich'er oder Fraser'sche System der Geschützconstruktion wendet, da es eine Modifikation der Armstrong'schen Methode ist, die erwähnte Art und Weise der Kräftigung des Eisens gleichfalls an Angesichts der wichtigen Fortschritte aber, die die neuere Zeit in der Produktion von weichem Stahl, der an Festigkeit, Zähigkeit und Gleichförmig-

keit hoch über dem Eisen steht, gemacht hat, dürfte es wohl an der Zeit sein, zu fragen, ob es sich nicht empfehlen würde, die Geschützfabrikation diesen Fortschritten anzupassen.

Bei Beantwortung dieser Frage ist es zunächst von Wichtigkeit, die hauptsächlichsten Unterschiede zwischen Eisen und weichem Stahl zu erörtern.

Weicher Stahl besteht aus 99,75 Prozent der Elementar-substanz Eisen und nur aus $\frac{1}{4}$ Prozent Mangan, Kohlenstoff und anderen Unreinheiten, wie sie eben kleinste Quantitäten von Schwefel und Phosphor zu liefern vermögen, während dagegen das in den Handel kommende Schmiedeeisen bei einem Bestand von 96 bis 97 Prozent metallischem Eisen 3 bis 4 Prozent andere Stoffe, meistens Schlacken, enthält. Allerdings mag es wohl auf den ersten Blick nicht von so grosser Wichtigkeit erscheinen, dass 100 Pfund Eisen 3 Pfund Schlacken in sich bergen; wenn wir uns aber durch den Augenschein von der Bedeutung dieses Verhältnisses näher überzeugen, so finden wir Angesichts des Volumens der Schlacken und ihrer völligen Armuth an Elasticität, dass die erwähnte Quantität doch durchaus keine so sehr geringe ist. Ich habe hier zwei Würfel, einen $4\frac{1}{2}$ und einen 2-zölligen, die so annähernd wie möglich, der eine das Eisen, und der andere die Schlacken darstellen, welche Substanzen mit einander vermischt Schmiedeeisen bilden. Wenn die Schlacken unregelmässig mit dem metallischem Eisen gemischt wären, so würde das Eisen wahrscheinlich nicht viel mehr Festigkeit besitzen, als die glasische Schlacke, indem die dünnen Schlackenschichten das Metall ganz durchschneiden könnten, dadurch aber, dass das Eisen immer und immer wieder ausgestreckt wird, verlängern sich die ursprünglichen Metallkugelchen zu Fäden oder Fasern, die durch Fasern der Schlacke zusammengehalten werden, und so erzielen wir im Eisen durch das Strecken scheinbar eine Vermehrung seiner Festigkeit. Aber wenn wir es auch strecken soweit als nur immer möglich,

so blüsst es doch soviel an Festigkeit ein, wie der Querschnitt, den die Schlacke einnimmt, ausmacht, und wir erhalten somit weniger Widerstandskraft, als wenn das Metall durch den Schmelzprozess von den Schlacken befreit wird, in welchem letzteren Falle wir die grösste Festigkeit, deren das Metall fähig ist, nach allen Richtungen hin erzielen und überhaupt ein Metall erhalten, dass in seiner Fähigkeit eine regelmässige Spannung auszuhalten, dem besten zuzurechnen ist, da, wie wir gesehen haben, der härteste Stahl ebensoviel nachgiebt, wie das weichste Metall, wenn wir ihn nur mässiger Spannung unterwerfen.

Herr Longridge hat vor einer anderen Gesellschaft die Konstruktion nach dem Spiralsystem, wie sie noch immer in Woolwich herrschend ist, sehr streng kritisirt und zwar weil die Spannungen nicht gehörig vertheilt würden, und während ich besonders in dem Punkt nicht mit ihm derselben Anschauung bin, inwieweit man das Schwinden des Metalles vortheilhaft verwerthen kann, so muss ich auf der anderen Seite gestehen, dass es mir im Prinzip nicht richtig erscheint, das härtere und widerstandsfähigere Material inwendig, das schwächere aber für die Aussenseite des Geschützes zu benutzen, wie es in Woolwich noch geschieht.

Nach der Ansicht des Herrn Longridge sollten eine oder zwei Lagen von Ringen so straff um das innere Geschützrohr gelegt werden, dass das Metall beträchtlich zusammengezogen wird, derart, dass wenn die ausdehnende Kraft der Pulvergase auf die Innenseite der Kanone wirkt, der innere Ring durch den Druck von Aussen dem ersten Andrängen der Pulverkraft entgegenwirkt, um nachher, wenn er auf seiner normalen Lage angelangt, den ihm zukommenden Theil elastischer Widerstandskraft auszuüben. Thatsächlich aber, denke ich, macht man nicht so ausgedehnten Gebrauch von dem Schwinden und mir scheint dies auch ganz in der Ordnung trotz des Argumentes

des Herrn Longridge; denn wenn so grosse Massen Eisen, wie Herr Longridge sie anwenden will, in dem Grade, wie die Theorie es als zulässig angiebt, zusammengepresst werden, so würde Eindrückung der inneren Röhre oder deren permanente Verunstaltung die unvermeidliche Folge sein. Fertigt man das innere Rohr von Stahl, die Aussentheile aber von Eisen, das dem Stahl an Elasticität nachsteht, so wird bei wiederholtem Drucke das äussere Metall über die Grenze seiner Elasticität angespannt werden, ehe das elastischere Metall im Inneren dieselbe erreicht.

Ausserdem dehnt beim Abfeuern des Geschützes die Hitze das innere Metall aus, was den Druck des inneren Ringes auf die äusseren vergrössert und als Folge der übermässigen Anspannung der äusseren Ringe dieselben ausweiten und lockern oder aber durch Druck auf das innere Rohr dessen Zermalmung herbeiführen kann.

Es scheint mir hiernach kaum zweifelhaft, dass Stahl allein für die Geschützfabrikation verwendet und die Spannung nach Möglichkeit so vertheilt werden sollte, dass eine jede Stelle dem Pulverdruck gleichen Widerstand entgegensetzt. Dieser Zweck liesse sich nach meiner Meinung recht vollständig durch einen Prozess erzielen, der dem Verfahren von Admiral Rodman bei Konstruktion von gusseisernen Kanonen analog ist, nur dass Gusseisen sich vielleicht am wenigsten für den Zweck eignet. Brächte man ein stählernes Geschützrohr oder einen Ring desselben in einen auf 600° C. erhitzten Ofen und kühlte man die Innenseite ab, während die Aussenseite auf der Temperatur des Ofens erhalten bliebe, so würde man für die Widerstandsfähigkeit des Geschützes höchst vortheilhafte Kraftvertheilung erzielen. Durch Abkühlung der inneren Fläche des Ringes oder Rohres würde das Metall am inneren Umfange gekühlt werden. Dieses Metall könnte sich nicht zusammenziehen noch auch würde das Kaliber der Kanone sich vermindern, da es durch

die noch erhitzte Metallmasse bestimmt wird. Die dadurch in dem abgekühlten Metall entstehenden leeren Räume würde das von Aussen einflussende erhitzte Metall wieder dichten und die Temperatur würde zwischen 100° C. im Innern des Geschützrohres und 600° C. an der Aussenseite variiren. Nähme man dann das Geschützrohr aus dem Ofen heraus, um es nach und nach abkühlen zu lassen, ohne jedoch den inneren Kühlungsprozess aufzuhalten, so würde die gesammte Masse bis auf die Minimaltemperatur erkalten. Wenn wir uns vorstellen, der Ring bestünde aus einer Reihe concentrischer Cylinder, so würde ein jeder derselben eine seiner vorherigen Temperatur entsprechende Spannkraft haben und da die Temperatur inwendig am niedrigsten, an der Aussenseite aber am höchsten wäre, so würde sich die Spannkraft über die ganze Masse vertheilen und inwendig negativ oder zusammenziehend und je weiter nach Aussen desto dehnbarer auftreten. Wenn dann die Pulvergase ihren vollen Druck ausübten, würde die Spannung sämmtlicher Theile ganz gleichmässig sein, der Druck also in der ungekürzten elastischen Kraft des Metalles ein Gegengewicht erhalten. Den inneren Theil des Rohres hätte man bei dieser Constructionsweise nur noch mit grösstmöglicher Widerstandskraft gegen die unvermeidliche äussere Reibung auszustatten. Da das wissenschaftliche Publicum sich gerade jetzt vielfach mit dem besprochenen Gegenstande beschäftigt, so dürften vielleicht die von mir dargelegten Ansichten nicht ganz ohne Interesse sein.

Ehe ich schliesse möchte ich Ihre Aufmerksamkeit noch auf eine Maschine lenken, die mir kürzlich von Amerika zugeschickt worden ist und die Stärkeuntersuchung von Eisen und Stahl zum Zweck hat. Nach Schluss der Versammlung werde ich mir erlauben, den Herren zu zeigen, welchen Grad von Verlängerung weicher Stahl aushält, ehe er bricht.

Der Vorsitzende: Mehrere der anwesenden Herren sind in eminenter Weise befähigt, weitere Mittheilungen über den heute Abend verhandelten Gegenstand zu machen und besonders gilt dies, wie Herr Dr. Siemens auch bereits erwähnt, von Sir William Thomson. Einige von uns haben von dem Nachlassen der Kraft Seitens der Metalle gehört, und als daher Hr. Dr. Siemens bemerkte, dass Sir William Thomson bei seinen Experimenten über die Widerstandsfähigkeit der Metalle gegen lange anhaltende Spannung anstatt einer Abnahme der Kraft vielmehr eine Zunahme derselben constatirt hat, hat mich dies naturgemäss überrascht.

Sir William Thomson: Die Bedeutung der Aufklärungen, die ich darüber zu geben vermag, ist, fürchte ich, überschätzt worden. Ich wurde zuerst vor einer Anzahl von Jahren auf den Gegenstand aufmerksam, und zwar beim Probiren von Kupferdraht, der für das erste atlantische Kabel benutzt wurde. Derselbe wog etwa 9 Decigrammes per Fuss und bei Belastung von 8 oder 9 Pfund Gewicht begann er nachzugeben. Der Draht war so weich, dass er sehr bald Zeichen von Ueberlastung und permanenter Verlängerung sehen liess, bei langsamer Nachfügung weiterer Gewichte fand ich aber, dass die Spannkraft des Drahtes auf 45 Pfund gebracht werden konnte, so dass also ein Draht, der zuerst bei 8 Pfund Belastung Zeichen permanenter Verlängerung sehen liess, zuletzt 45 Pfund trug, ohne Zeichen weiterer permanenter Verlängerung an den Tag zu legen. Die Belastung von 45 Pfund entspricht dem Gewichte von etwa $3\frac{1}{2}$ Seemeilen des Drahtes; denn 21,000 Fuss oder $3\frac{1}{2}$ Seemeilen des Drahtes wiegen 42 Pfund. Das war eine Kraft, wie ich sie in Kupferdraht nicht vermuthet hätte; sie konnte aber auch nur erreicht werden durch sehr sorgfältige Gewichtsvermehrung, wobei den Molekülen des Drahtes Zeit blieb, sich allmählig in den als Folge der jeweiligen Anspannung veränderten und eine permanente Kraftvermehrung bedingenden Zu-

stand zu schicken. Aehnliche Resultate findet man bei Eisendraht, wie ich bei einigen weichen Sorten, die die Herren Johnson in Manchester für mich angefertigt, gesehen habe. Ich fand, dass zuerst ein sehr kleines Gewicht den Draht ausdehnte, nach Verlängerung von 25 Prozent aber, trug er mindestens 5 bis 6 mal das Gewicht, das ursprünglich die permanente Verlängerung veranlasst hatte. Diese Thatsachen zusammen mit den vollständigen Aufklärungen, die wir Herrn Dr. Siemens verdanken, werden, wie ich glaube, die ängstliche Zurückhaltung gegenüber den Probirungen ganz besonders von Dampfkesseln vermindern. Es herrscht fast allgemein die nach meinem Dafürhalten sehr irrthümliche Ansicht, Eisen könne durch Probiren in seiner Qualität geschädigt werden, und die betreffende Bestimmung des Board of Trade ordnet thatsächlich an, dass wenn ein alter Kessel, nachdem er so und so lange im Gebrauch gewesen, wieder probirt werden soll, dies bis zum wirklichen Arbeitsdruck, nicht aber über denselben hinaus zu geschehen hat, ja, dem Inspector wird sogar grösste Vorsicht eingeschärft, dass er dem Kessel durch das Probiren nicht schadet. Belastet der Inspector also den Kessel mit einem Pfund pro Quadratzoll mehr als der beabsichtigte Druck beträgt, so thut er dies auf seine eigene Verantwortung und kann dafür zur Rechenschaft gezogen werden. Ich muss sagen, dass meines Erachtens diese Bestimmung des Board of Trade unbedingt eine Revision erfordert. Dass Schiffe und ihre Bemannung zur See müssen mit Dampfkesseln, die nicht auf das Doppelte ihres Arbeitsdruckes probirt werden können, ist offenbar eine grosse Regelwidrigkeit. Beschädigungen der Kessel kommen nur vor, wenn sie über die eigentliche Widerstandskraft des Materials, aus dem sie bestehen, angestrengt werden. Wenn nun das Material eines Kessels das Doppelte von dessen Arbeitsbelastung verträgt, dann ist der Kessel gut, und hält er diese Probe nicht aus, dann wäre es in der Ord-

nung, wenn der Kessel von Grund auf reparirt und verstärkt oder bei Seite gestellt würde. Wie schon gesagt, erscheint mir eine Aenderung der hierauf bezüglichen Bestimmung des Board of Trade höchst nothwendig und kein Dampfkessel, der nicht auf mindestens das Doppelte seines gewöhnlichen Druckes probirt worden ist, sollte als überhaupt probirt angesehen werden. Untersuchungen von Dampfkesseln unterscheiden sich sehr wesentlich von anderen Proben, bei denen rücksichtsloser verfahren wird und wobei vielleicht eine viel grössere Belastung erfolgt, als der Indicator anzeigt. Z. B. beim Kettenprobiren kann Niemand sagen, wie viel die Kette zu tragen hat; Alles, was wir zu thun haben, ist zu sehen, dass die Kette keine Sprünge hat und sie dann tragen zu lassen, soviel sie kann. Wenn man ein Schiff am Scheitern verhindert, dadurch, dass die Ankerkette das Dreifache oder Vierfache ihrer garantirten Widerstandskraft leisten muss, so ist man eben genöthigt, dieselbe ihre Arbeit verrichten zu lassen; und da wir nie wissen, bis zu welcher äussersten Kraft eine Kette probirt werden kann, so wird natürlich Niemand daran denken bis an die aller äusserste Grenze ihrer Widerstandsfähigkeit zu gehen, wäre es auch nur, damit die Glieder nicht verrenkt oder das Material brüchig wird. Herr Thurston vom Stevens Institute of Technology in Boston hat einige wichtige Experimente mit Metallen angestellt, denen zufolge er sie in zwei Classen rangirt; von mehreren der Metalle gilt, was gewöhnlich vom Eisen fälschlicherweise angenommen wird, nämlich, dass es beim Probiren durch starke Anspannung verliert. Bei einigen Metallen trifft dies zu, bei Eisen nicht. Herr Thurston fand, dass mehrere Metalle, darunter Zinn, ein gewisses Gewicht Stunden- und Tagelang trugen und dann bei einer geringeren Belastung, als die, welche sie so lange getragen, rissen; dies ist aber bei Eisen unter keinen Umständen der Fall, wie auch Herrn Thurston's Experimente zur Genüge darthun. Herr Bottomley im physikalischen Labo-

ratorium der Universität Glasgow, hat seine Experimente über lange Perioden ausgedehnt. Wir nahmen verschiedene Stücke sehr weichen Eisendraht, belasteten denselben Tag für Tag und Unze für Unze bis zu seinem Bruchgewicht und fanden, dass in einigen Fällen die Widerstandskraft des Drahtes um 10 Prozent über das ursprünglich gefundene Bruchgewicht stieg. Einer der Drähte z. B. riss bei der ersten schnell vorgenommenen Probe bei einer Belastung von 49 Pfund. Wir nahmen nun Draht derselben Sorte und liessen ihn für eine beträchtliche Zeit unter 45 Pfund Belastung, um dann halbpfundweise weiteres Gewicht beizufügen, bis der Draht brach, und wie bereits erwähnt, wuchs die Widerstandskraft in einigen Fällen um 10 Prozent; in keinem Falle aber fand sich der Draht durch Anhängung von Gewichten bis zu 1 bis 2 Prozent unter seinem Bruchgewicht beschädigt, auch nicht, wenn nach längerem Aussetzen das gleiche Gewicht wieder angehängt wurde, oder wenn wir ihn Monate lang, bis zu 9 Monaten, der Spannung ununterbrochen ausgesetzt liessen. Der Draht ist also durch die Probirung nicht geschädigt, wohl aber seine Widerstandsfähigkeit mehrfach entschieden vergrössert worden.

Herr Barnaby: Es wäre mir lieber gewesen, wenn einer der Herren, die mit der heute hauptsächlich erörterten Frage der Geschützfabrikation vertraut sind, an meiner Stelle das Wort genommen hätte. Wie Sie bereits vernommen haben, wird sich mir in Kürze Gelegenheit bieten, den beim Schiffsbau Interessirten vor dem Iron und Steel Institut einige diesen Gegenstand betreffende Mittheilungen zu machen, und heute wollte ich mir nur eine kurze Bemerkung gestatten, hinsichtlich der von Sir William Thomson erwähnten, mir nicht bekannten Bestimmung des Board of Trade. In der Königlichen Marine nämlich umfasst die Probe der Dampfkessel stets das Doppelte des Arbeitsdruckes; in der amerikanischen Marine beträgt sie nur $\frac{1}{2}$ mal mehr, in der englischen aber stets das Doppelte,

und ich war deshalb erstaunt, von der bezüglichen Bestimmung des Board of Trade zu hören. Vermuthlich bezieht sich dieselbe nur auf alte Kessel und wenn einer der anwesenden Herren dem Board of Trade angehört und die Sache erläutern könnte, so würden seine Mittheilungen gewiss willkommen sein. — Wir sind heute einer grossen Gunst theilhaftig geworden, indem Herr Dr. Siemens in eigener Person uns Bericht erstattet hat über die grossen Errungenschaften, deren unsere Generation sich rühmen kann, und welche die Nachwelt mit Bewunderung auf unsere Zeit, die solche Männer, wie Herrn Dr. Siemens und Herrn Bessemer hervorgebracht, blicken lassen werden.

Sir William Thomson: Gestatten Sie mir gütigst noch ein Wort über den letzten Theil des Vortrages des Herrn Dr. Siemens zu bemerken und zwar in Betreff des Druckes im Geschütz und des zur Erreichung grösserer Widerstandskraft zu wählenden Materials. Nach meinem Dafürhalten ist das dargelegte Prinzip sehr werthvoll, als ein sicherer Weg die gewünschte Widerstandsfähigkeit in das Metall des Geschützes zu legen und ich wünsche, dass es Herrn Dr. Siemens gelingen möge, das Prinzip durchzuführen und ein entsprechendes Geschütz herzustellen.

Major-General Younghusband; R. A.: Ich möchte hinsichtlich der Bemerkungen des Herrn Dr. Siemens über die Verwendung eines Stahlcylinders im Innern des Geschützes, so dass wir, wie er ganz richtig sagt, inwendig das stärkere, aussen aber das schwächere Material verwenden, mir nur zu erwähnen gestatten, dass, wie Herr Dr. Siemens vielleicht übersieht, wir dabei nicht eine Kräftigung des Metalles im Inneren des Geschützes behufs besserer Widerstandsleistung gegen den Transversaldruck im Auge haben, sondern vielmehr weil wir dem Longitudinaldruck begegnen müssen. Ein nach dem Spiralsystem gefertigtes eisernes Rohr hat in seiner Länge sehr geringe Widerstandskraft, und wir müssen diesen Mangel somit

durch einen Stableylinder ersetzen, auch brauchen wir ein härteres Metall für die Züge, damit dieselben der Abreibung durch die Leitzapfen oder andere Vorrichtungen auf dem Mantel der Geschosse, die dazu dienen, demselben die nöthige Rotation zu geben, besser widerstehen können. Herr Dr. Siemens wird bemerken, dass, wenn man den Querschnitt irgend eines Geschützes betrachtet, Stahl nur einen sehr geringen Prozentsatz von dem Gewichte desselben ausmacht. Es ist nicht unmöglich, sogar nicht unwahrscheinlich, dass die jetzt gebräuchlichen Spiralbarren aufgegeben werden, aber die Zeit ist noch nicht da. Als wir das System adoptirten, waren die Eigenschaften des Stahls nicht so bekannt wie heute; man vermochte damals den Stahl nicht so weich herzustellen, dass er geschweisst werden konnte und wir griffen desshalb zu Spiraleisen; und was die Konstruktion der Geschütze anbelangt, so steht allen Aussetzungen die praktisch begründete Thatsache entgegen, dass unter den 6 bis 7000 Stück, die bereits gemacht worden sind, kein einziger Unfall verzeichnet werden kann. Ich glaube, dass unsere Geschütze einen grösseren Druck per Tonne aushalten, als irgend welche anderen der bis jetzt hergestellten Kanonen. Ich will keineswegs behaupten, dass sie das Beste sind, was gemacht werden kann, sondern nur als Thatsache erwähnen, dass unsere grösseren Geschütze einem grösserem Druck per Tonne Metall ausgesetzt werden, als irgend welche anderen der jetzt im Gebrauche befindlichen Schusswaffen.

Der Vorsitzende: General Younghusband hat besser, als ich es vermocht hätte, den Bemerkungen, die ich hinsichtlich der Kritik des Herrn Dr. Siemens über die bestehende Geschützform zu machen gedachte, Ausdruck gegeben und nur einen wichtigen Punkt unberührt gelassen, nämlich dass wir das kostspieligere Material in der geringeren Quantität verwenden, ein Punkt, der grosse Berücksichtigung verdient, wenn es sich um Ausgabe von 3 oder 4 Millionen Pfund handelt. Wäre ebenso

für die Aussenseite der Kanone, wie für das Innere, Stahl benutzt worden, so hätte sich der Kostenpunkt in's Enorme gesteigert. — Ich will die Diskussion nicht noch weiter hinausziehen und nur noch Gelegenheit nehmen, Herrn Dr. Siemens in Ihrer Aller Namen die hohe Genugthuung aussprechen, die wir empfinden, wenn Männer von seiner Bedeutung uns die Ergebnisse ihrer Erfahrung zu Gute kommen lassen, besonders bei Gegenständen, die unserem Geschäfte und unserer Neigung so nahe stehen, wie die Verwendung von Eisen und Stahl.

Dr. Siemens: Ich bitte noch um Ihre Erlaubniss, ein Wort hinsichtlich einer Bemerkung des Generals Younghusband sagen zu dürfen. Ich wünsche Geschütze, wie sie aus dem Arsenal zu Woolwich hervorgehen, durchaus als nichts Anderes, als was sie wirklich sind, d. h. als ganz vorzügliche mechanische Erzeugnisse hinzustellen, zu deren Fabrikation seiner Zeit das beste damals zu findende Material bestimmt wurde. Mit Bezug auf Eisen gebe ich den Werth, der darin liegt, dass man die Spannung mit der Faser in gleiche Richtung bringt, auch gerne zu; wir haben gegenwärtig aber einen bedeutenden Schritt vorwärts gethan und davon sollte man meines Erachtens auch für die Geschützfabrikation profitiren. Wenn die Länge des Ringes beschränkt ist, so besitzt er, wie General Younghusband sagt, der Länge nach keine Widerstandskraft und das innere Rohr erlangt viel grössere Wichtigkeit, als es nothwendiger Weise haben würde, wenn die Aussenseite der Kanone ein solides Stück wäre, anstatt aus verschiedenen Theilen zusammengesetzt zu sein. Es scheint aber kein Grund vorhanden, wenn die Aussenseite des Geschützes von Stahl und die Elasticität dieser Stahlmasse gehörig vertheilt wäre, warum sie dann getheilt werden und nicht aus einem Stücke bestehen sollte. Wenn das der Fall wäre, bliebe der inneren Röhre keine weitere Funktion als die Züge aufzunehmen; ich halte es für sehr wesentlich, dass die Seele des Geschützrohrs so weich bleibt, als es sich

mit ihrer erforderlichen Widerstandskraft gegen die Abnutzung durch Reibung nur irgend verträgt; denn wenn schon für die Arbeit vollkommen genügend, kann es doch im Prinzip nicht richtig sein, das die innere Röhre bildende Material widerstandsfähiger zu machen, als das Material, welches diese innere Röhre von Aussen umschliesst und von dem die Leistungsfähigkeit des Geschützes abhängt. Die innere Seite muss nothwendiger Weise durch das Feuern selbst beträchtlich ausgedehnt werden. Eine Thatsache möchte ich erwähnen, nämlich, dass ein Schwinden im Verhältniss von 1 zu 1000 eine Spannung von $11\frac{1}{2}$ bis zu 12 Tonnen für jeden Quadratzoll nach sich zieht und das eine Verlängerung von 1 im 1000 durch Erhitzen des Metalles auf 54° C. entsteht. Wenn daher ein Geschütz hergestellt wird nach dem Schwindesystem und die innere Röhre nachher auf 54° C. erwärmt wird, so muss das Verhältniss der sich entgegenwirkenden Kräfte zwischen dem inneren und äusseren Metall gerade das Doppelte betragen. Ueberschreitet, wie wohl anzunehmen ist, die Erwärmung den genannten Grad, so muss die Spannung zwischen Innen- und Aussenseite in demselben Maasse zunehmen und diese Wirkung der beiden wichtigsten Theile des Geschützes aufeinander kann nur dadurch verhindert werden, dass man das innere Rohr von solchem Material anfertigt, dass es der Einwirkung von Aussen unbedingt nachgiebt. Es war daher nicht Kritik, sondern der Wunsch eventuell nützlich zu sein, der mich die betreffenden Bemerkungen machen liess. — Für die freundliche Aufmerksamkeit, die Sie mir heute Abend geschenkt haben, danke ich Ihnen verbindlichst.

Additional information of this book

(*Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart;*
978-3-642-50630-7;978-3-642-50630-7_OSFO3) is provided:



<http://Extras.Springer.com>