übersteigen und noch als Hand-Instrument gelten dürfen. Es soll dabei freilich nicht gesagt seyn, daß eine Vergrößerung des Apparates zwecklos wäre, denn Genauigkeit der Messung oder Empfindlichkeit des Apparates stehen hier jedenfalls im geraden Verhältnisse zur Gröfse.

Wenn ich mir nun erlaube meinen Brennweitenmesser hiemit als Distanzmesser in die Praxis einzuführen, darf ich zu Gunsten des Meßprincipes wohl noch einiger in der That ausgeführten größeren Messungen Erwähnung thun. Es waren dies Brennweitenmessungen von Miren-Gläsern auf Entfernungen von mehreren hundert Fußsen. Diese Gläser, von dem optischen Institute geliefert, finden sich auf den Sternwarten von Pulkowa, Kiew, Neuenburg, Palermo etc. Die Richtigkeit der Messung fand durch die nach Maafgabe der Brennweite aufgestellten Meridianzeichen dortselbst ihre volle Bestätigung.

Wirklich ausgeführte Distanzmesser hoffe ich in Kurzem der Oeffentlichkeit übergeben zu können.

XIII. *Das mechanische Aequivalent des Lichts;* von Prof. Julius Thomsen in Kopenhagen.

(Auszug aus einer Mittheilung an die Naturforscherversammlung in Stockholm, Juli 1863.)

Daß der Lichtstrahl eine mechanische Wirksamkeit enthält, unterliegt keinem Zweifel, aber über die Gröfse derselben hat man noch keine Bestimmungen. Ich habe mir daher die Aufgabe gestellt, wenigstens annähernd diesen Werth zu bestimmen. Da das Licht sich in Wärme umändern kann, wenn es von einer schwarzen und glanzlosen Schicht absorbirt wird, so kann man aus der Erwärmung durch die von Wärmestrahlen befreiten Lichtstrahlen auf die mechanische Thätigkeit des Lichtes schließen. Die Wärmeerzeugung der Lichtstrahlen wurde durch den Melloni'schen

Apparat bestimmt, da aber dieser Apparat nur für relative Untersuchungen benutzt worden ist, war es nothwendig die Resultate auf ein absolutes Maafs zu reduciren.

Es wurde deshalb die Angabe des Thermomultiplicators mit der absoluten Ausstrahlung einer bekannten Wärmequelle verglichen. Als Wärmequelle wurde eine Glaskugel benutzt, welche mit warmem Wasser gefüllt, in verschiedenen Abständen von der Thermosäule aufgestellt wurde. Es enthielt die Kugel (incl. den Wasserwerth des Glases) 1351 Grm. Wasser; bei einer Temperatur von 50° C. war die Abkühlung der Kugel $0^{\circ},185$ in der Minute, und die Kugel erlitt demnach einen Wärmeverlust von $1351^{\text{gr}} \cdot 0^{\circ},185 = 250^{\circ}$ C pro Minute.

Dieser Verlust stammt aber theilweise von der Ausstrahlung und theilweise von der Abkühlung durch die Berührung mit der Luft her. Berechnet man nach den Dulong'schen Formeln den Theil derselben, welcher auf die Strahlung fällt, so findet man bei einer Lufttemperatur von 17° für 1 Minute 102° C.

Es wurde diese Wärmequelle in einem Abstände von 0,8 Meter von der Thermosäule aufgestellt, und der Multiplicator zeigte alsdann einen constanten Ausschlag von $17^{\circ},8$. Es läßt sich also daraus schliessen, dafs eine Wärme- oder Lichtquelle, die in einem Abstände von $0^{\text{m}},8$ von der Thermosäule aufgestellt, einen Ausschlag von $17^{\circ},8$ hervorbringt, ebenfalls in der Minute 102 Wärmeeinheiten ausstrahlt. Da aber die Angaben des Multiplicators binnen gewisser Gränzen mit der Wärmestrahlung proportional sind, so wird unter diesen Umständen ein Ausschlag von 1° einer Wärmestrahlung von $5^{\circ},76$ in der Minute entsprechen.

Indem die Kugel nach und nach in verschiedenen Abständen von der Säule aufgestellt, und die Stellung der Multiplicatornadel beobachtet wurde, als die Temperatur des Wassers nur 50° betrug, wurden ähnliche Factoren für einige andere Abstände bestimmt, in welchen später die verschiedenen Lichtquellen aufgestellt werden sollten.

Ich stellte alsdann ein Licht in einem Abstand von $0^{\text{m}},8$

von der Säule und erhielt einen constanten Ausschlag der Nadel von $36^{\circ},5^1$). Es war demnach *die ganze Ausstrahlung des Lichts, das 8,2 Grm. Wallrath pro Stunde verbrannte* $5^{\circ},76 \cdot 36^{\circ},5 = 210^{\circ}$ *in jeder Minute*. Da die entsprechende Menge Wallrath ungefähr 1400° in der Minute entwickelt, so geht aus dieser Beobachtung hervor, daß nur $\frac{1}{7}$ der ganzen entwickelten Wärme die Flamme als strahlende Wärme und Licht verläßt, während $\frac{6}{7}$ der Wärmemenge durch die erwärmte Luft fortgeführt wird.

Es wurden alsdann Versuche mit stärkeren Flammen angestellt. Eine Moderateurlampe, deren Lichtstärke 8,6 war, und eine Gasflamme von 7,7 Lichtstärke wurden in einem Abstand von 2 Metern aufgestellt, und die Resultate auf das Wallrathlicht als Einheit bezogen. Die Resultate waren die folgenden:

Natur der Flamme	Lichtstärke	Austrahlung für die Lichteinheit in 1 Minute
Wallrathlicht	1	210°
Gasflamme	1,2	201
do.	7,7	199
Moderateurlampe	8,6	199

Es geht aus diesen Resultaten hervor, daß *die Strahlung der Flamme mit der Lichtintensität proportional ist, und daß sie für die Lichteinheit (8,2 Grm. Wallrath in der Stunde) ungefähr 200° in der Minute beträgt*.

Dieses ist aber die Wirkung der ganzen Strahlung; um den den Lichtstrahlen entsprechenden Theil zu bestimmen, müssen die Wärmestrahlen eliminirt werden. Es ist wohl kaum möglich die Wärmestrahlen vollständig von den Lichtstrahlen zu trennen, aber annähernd läßt es sich bewerkstelligen. Es schien mir hier am Geeignetsten die Absorption der Wärmestrahlen durch Wasser zu erreichen, und ich überzeugte mich durch verschiedene Versuche, daß die unsichtbaren Strahlen eine Wasserschicht von $0^m,2$ nicht durchdringen oder wenigstens in so geringem Grade, daß sie keinen wahrnehmbaren Einfluß auf das Resultat ausüben.

Die Flamme des Bunsen'schen Gasbrenners entwickelt bekanntlich nur eine sehr geringe Lichtmenge; die Wärmestrahlung der Flamme ist detsungeachtet sehr groß. Ich beobachtete z. B., daß eine Bunsen'sche Lampe, die ohne

1) Der Versuch wurde in diesen, wie auch in andern Fällen, wo der Ausschlag groß ist, so angestellt, daß die Nadel vor dem Versuche zur entgegengesetzten Seite abgelenkt wurde, und daß der wirkliche Ausschlag von 0° aus nicht über 30° betrug.

Luftzutritt eine Lichtstärke von 1,2 Lichteinheiten hatte und in der Minute 255 Wärmeeinheiten ausstrahlte, bei Luftzutritt und nicht leuchtender Flamme eine Wärmestrahlung von 196° in der Minute zeigte. Von diesen nicht leuchtenden Strahlen ging keine Spur durch 0,2 Meter Wasser: sobald aber der Luftzutritt aufhörte und die Flamme leuchtend wurde, gab die Nadel einen Ausschlag und zeigte, daß $4^{\circ},3$ durchstrahlten. Während die Nadel des Multipliers unverändert auf 0ⁿ stehen blieb, wenn die Strahlung der nichtleuchtenden Gasflamme durch das Wasser geschah, zeigte sich augenblicklich ein Ausschlag der Nadel, sobald die Flamme leuchtend gemacht wurde, z. B. durch Chlornatrium und andere flüchtige Verbindungen oder durch einen Platindraht.

Es zeigte sich ferner, daß die Strahlen, welche von einer leuchtenden Flamme durch die Wasserschicht gegangen waren, in sehr verschiedenem Grade von gefärbten Gläsern absorbiert wurden, während dies nur in geringem Grade der Fall war mit den Strahlen, ehe sie durchs Wasser geläutert waren.

Aus diesen verschiedenen Untersuchungen darf man wohl den Schluß ziehen, daß *eine Wasserschicht von 20 Centimetern die Wärmestrahlen vollständig absorbiert und nur Lichtstrahlen durchläßt*, oder daß die Absorption der Wärmestrahlen so vollständig ist, daß der Fehler unmerklich wird. Durch Versuche wurde alsdann der Verlust an Lichtstärke welcher bei der Strahlung durch eine solche Wasserschicht, die zwischen parallelen Glaswänden eingeschlossen war, bestimmt, und die Resultate auf die Lichtstärke des durch Wasser gestrahlten Lichtes reducirt. Die Lichtabsorption war 0,13.

Es wurde also zwischen der Flamme und der Thermosäule ein Glaskasten mit parallelen Wänden von Spiegelglas, die eine Wasserschicht von 0^m,2 einschlossen, aufgestellt, und die Flamme alsdann in derselben Entfernung wie in den ersten Versuchen angebracht. Alle Verhältnisse waren also dieselben: nur daß die Strahlung jetzt durchs Wasser gehen mußte, so daß der Ausschlag der Multiplikatornadel nur von der Erwärmung, welche die absorbierten Lichtstrahlen hervorbringen konnten, abhängig war. Die Resultate waren die folgenden.

Natur der Flamme	Lichtstärke	Wärme- und Lichtstrahlung in der Minute für die Lichteinheit	Lichtstrahlung in der Minute für die Lichteinheit
Wallrathlicht	1	210 ^c	4 ^c ,1
Moderateurlampe	6,25	—	3 ^c ,9
do.	8,6	199 ^c	4 ^c ,1
Gasflamme	7,7	199 ^c	4 ^c ,2
do.	1,2	201 ^c	3 ^c ,7

Das Mittel der Versuche ist 4^c,1 in der Minute, oder in Worten ist das Resultat:

eine Flamme, deren Lichtstärke gleich der eines Lichtes ist, welches 8,2 Grm. Wallrath in der Stunde verbrennt, strahlt als Licht in der Minute eine Wärmemenge aus, die 4,1 Grm. Wasser einen Grad Celsius erwärmen kann.

Die ganze Strahlung der Flamme, inclusive die Wärmestrahlen, beträgt aber ungefähr 200^c oder ist 50 Mal so groß als die der Lichtstrahlen, und die ganze Wärmeentwicklung des chemischen Processes der Flamme ist beim Licht und bei der Lampe etwa 350 und bei der Gasflamme etwa 1000 Mal so groß als diejenige, welche in den Lichtstrahlen auftritt.

Auf mechanisches Maass reducirt, stellt sich das mechanische Aequivalent des Lichts folgendermaßen heraus:

die Einheit der Arbeitsmenge in der Secunde, nämlich 1 Kilogrm. gehoben auf die Höhe von 1 Meter in der Secunde, ist derjenigen gleich, welche die Lichtstrahlen enthalten, die aus einer Lichtquelle in der Secunde entspringen, deren Lichtstärke 34,9 Mal so groß ist als diejenige, welche in einem Lichte entwickelt wird, das 8,2 Grm. Wallrath in der Stunde verbrennt.

Dieses ist demnach das Maximum des mechanischen Aequivalent des Lichts; möglicherweise kann es durch spätere Versuche noch etwas reducirt werden, aber jedenfalls ist das Aequivalent sehr gering. Ich werde später die Untersuchungen mit intensiverem Licht, wie das Sonnenlicht und das elektrische Licht, fortsetzen.