

Abbildung und Beschreibung
des
Universal-Vibrations-Photometers

v o m

Conservator Dr. Schafhäütl,
ord. Mitgl. der k. Akademie d. W.

Aus den Abhandlungen der k. bayr. Akademie d. W. II. Cl. VII. Bd II. Abth.

München 1854.
V e r l a g d e r k. A k a d e m i e,
in Commission bei G. Franz.

Abbildung und Beschreibung
des
Universal-Vibrations-Photometers

vom
Conserrator Dr. Schafhäütl.

Viel früher stellte sich das Bedürfniss heraus, einen Massstab für die Lichtstärke leuchtender Körper als für die Stärke des Schalles zu erhalten. Seitdem sich Gelehrte mit Astronomie beschäftigten und Sterne beschrieben, waren sie genöthigt, die Lichtstärke der verschiedenen Sterne wenigstens dem Augenmasse nach anzugeben, und nach dem Eindruck, welchen die grössere oder geringere Lichtintensität der Sterne auf der Retina des Auges hervorbrachte, theilte man die Fixsterne auch in Sterne von verschiedenen Grössen.

Gerade die Astronomie, welche eines messenden Instrumentes für die verschiedenen Lichtstärken der Sterne seit Jahrhunderten nöthig hatte, eines Instrumentes, das in Beziehung auf Schärfe der Messung wenigstens einigermaßen mit der Ausbildung der übrigen astronomischen Messwerkzeuge gleichen Schritt hielt — dachte zuletzt an die Construction eines solchen Instrumentes.

Es war der Physiker Wollaston der erste, der ein Photometer auf rein physikalische Prinzipien gegründet, herstellte, welches erlaubte, zwei

Lichtquellen oder wenigstens die hinter optischen Linsen entstandenen Bilder dieser Lichtquellen mit einander messend zu vergleichen.

Wollaston nämlich verglich das Licht der Sonne mit dem einer Kerzenflamme dadurch, dass er das von einer Quecksilberkugel reflectirte Sonnenbild durch ein Fernrohr mit einem Auge betrachtete, die Flamme der Kerze hingegen durch eine Convexlinse mit dem andern Auge, und dann durch Veränderung der Abstände der Linse vom Auge beide Bilder gleichhell zu machen suchte.

Steinheil's Prismen-Photometer beruht auf ähnlicher Grundlage. Es verwandelt Sterne verschiedener Grösse durch Verstellung der Objectivhälften des Photometers in gleich helle Scheiben, und berechnet dann aus diesen und dem Durchmesser der Scheiben die relativen Intensitäten des Lichtes der Sterne.

Steinheil's Construction liefert unstreitig das vollendetste und für delicate Messungen am besten passende Instrument. Indessen kann es seiner Construction nach nur zur Vergleichung der Lichtstärke selbstleuchtender entfernter oder wenigstens stark beleuchteter Körper dienen.

Ritchie hatte schon früher ein Photometer im Allgemeinen nach demselben Principe vorgeschlagen. Anstatt jedoch die Lichtquellen unmittelbar mit einander zu vergleichen und sie in so verschiedenen Entfernungen aufs Auge wirken zu lassen, dass beide Lichtquellen eine gleiche Intensität zu erhalten schienen, wählte er zu diesem Zwecke das von zwei Flächen reflectirte Licht dieser Lichtquellen.

Bunsen wählte zur Vergleichung zweier Lichtquellen eine Papierfläche, von welcher das Licht der einen Lichtquelle an einer Stelle reflectirt, das der andern Lichtquelle an einer andern Stelle zu gleicher Zeit durchgelassen wurde.

Auch hier wird die Entfernung des Papiers von beiden Lichtquellen so lange verändert, bis das reflectirte und durchgelassene Licht einander gleich erscheinen.

Durch alle diese Instrumente lässt sich nur reflectirtes Licht einer Lichtquelle durch Vergleichung mittelst des Augenmasses bestimmen, und die Schärfe dieser Bestimmung hängt also lediglich von einer sehr unsicheren Schätzung ab.

An derselben Unsicherheit innerhalb gewisser Grenzen leidet Rumfords Photometer. Es soll die relative Intensität zweier Lichtquellen messen durch Vergleichung zweier Schatten auf von den Lichtquellen beleuchtetem weissem Grunde. Allein alle künstlichen Lichter von verschiedenen Intensitäten werfen verschieden gefärbte Schatten, so, dass eine eigentliche scharfe Vergleichung nicht mehr wohl möglich ist, und wenn sie auch möglich wäre, immer deshalb unsicher sein muss, weil wir zur Vergleichung der Intensitäten beider Schatten keinen andern Massstab haben, als unser Gefühl, oder auch die Fertigkeit unseres Geistes, die Grade des Eindrucks zweier Schatten auf unsern Gesichtssinn richtig mit einander zu vergleichen.

Da indessen das Licht neben seiner Erleuchtung und Sichtbarmachung von Gegenständen im Raume auch noch durch Erwärmung und chemische Wirkung nicht allein sichtbare, sondern auch messbare Veränderungen in gewissen Körper

Anhaltspunkte zur Construction von Photometern gegeben, welche sich jedoch auch nur unter gewissen Umständen anwenden lassen und noch weniger sichere Resultate geben.

Johann Herschel hat z. B. Bromsilber auf Papier gestrichen, als photometrische Substanz angewandt; aber auf dieses wirkt nur Tageslicht allein, von künstlichem, directem oder reflectirtem Lichte wird es nicht afficirt.

Als vor etwa 17

soluten Geschwindigkeit eines Aethermolecules, oder des Quadrates der Amplitude dieser Schwingungen.

Wir haben alle Gründe für uns, anzunehmen, dass jede Lichtwelle nach dem Gesetze der vis viva dieser schwingenden Molecule eine ähnliche schwingende Bewegung in den Nerven der Netzhaut unsers Auges hervorbringe*).

Die Grösse dieser sch

Die Hauptaufgabe ist also, unter diesen Umständen die Dauer solch eines Lichteindrucks auf die Retina so genau als möglich zu messen. Da die Zeit dieser Dauer sehr klein ist, so reichen unsere gewöhnlichen Mess- und Zählapparate nicht mehr hin.

Aimé construirte vor einigen Jahren, für diesen Zweck gleichfalls einen Apparat, dessen Resultate zuverlässiger waren, als die bis dahin zu diesem Zwecke construirten. Er bediente sich nämlich zweier Scheiben aus Pappe, die sich

der Linse einen rectangulären Schirm aus dünnem, geschwärztem Kupferbleche trägt (b), der in der Mitte von einer rectangulären Oeffnung von bekannter Grösse durchbrochen ist.

Das erste Instrument dieser Art, welches ich noch in England construirte, habe ich an unserer Akademie in einer Sitzung der mathematisch physikalischen Klasse im Jahre 1843 vorgezeigt und in den Bulletins derselben vom 28. Juli 1843 pag. 388 beschrieben. Da ind

Gewicht werden die Federschwingungen auf 120 Doppelschläge oder 240 einfache verlangsamt.

Die Vibrationen der verkürzten Feder kann man ebenso leicht bestimmen, da man die Schwingungen, wenn auch nicht mehr sehen, doch dagegen hören kann.

Ist die Feder bis auf 10 Grade verkürzt worden, so macht sie ohne Schirm

schen vertikalen Säule d befestigt ist, welche parallel mit der Feder und von gleicher Höhe mit derselben ist. In die vertikale Säule d ist an ihrer hintern, der Feder entgegengesetzten Seite ein Zahnrechen e eingelassen; die Säule selbst aber von einer Hülse f dicht umschlossen, die mittelst eines in ihr angebrachten horizontalen, in den Zahnrechen eingreifenden Getriebes ohne zu wanken auf und nieder bewegt werden kann, ähnlich der Vorrichtung an manchen Mikroskopen, welche den Objectträger oder die Bühne regulirt.

dann einmal genau die Zahl der Schwingungen, welche die Feder in ihrer ganzen Länge in einer Sekunde macht, so lässt sich natürlich die Zahl der Schwingungen, die sie bei jeder beliebigen Verkürzung machen wird, leicht berechnen.

Die vertikale cylindrische Säule mit dem Zahnrechen trägt an ihrem obern Ende eine horizontale, von Dioptern k geschlossene Röhre Tf. II. fig. i in solcher Höhe, dass der Schlitz in dem Schirme b der vibrirenden Feder während

Amplitude der Originalwelle in einem bestimmten Verhältnisse stehen und fort-dauern, wenn die erregende Original - Ursache bereits zu wirken aufgehört hat, die aber desto länger dauern werden, je grösser die Gewalt des ersten Eindrucks der Lichtwelle oder des Strahlenbündels war.

Dauert der erste Eindruck auf der Retina länger, oder so lange fort, bis der zweite Lichteindruck auf der Retina bei der zweiten Schwingung des Pendels oder der Feder erfolgt, so wird der Lichteindruck im Auge fortzudauern scheinen, so lange die Feder mit dem Sch

gungen sehr leicht daraus berechnen; — denn diese Schwingungen werden sich umgekehrt verhalten, wie die *Quadrate der Federlängen*, und wenn wir also die bekannte Anzahl der Schwingungen der ganzen unverkürzten Feder in einer Sekunde mit dem Buchstaben n bezeichnen, die ganze Länge der Feder selbst mit L , die vermittle des Nonius abgelesene Länge der Feder hingegen mit l , die Anzahl der Schwingungen die der Federlänge l entsprechen mit N ; so haben wir den Ausdruck $N = \frac{nL^2}{l^2}$, oder

Wir erhalten auf diese Weise ein Maass für den absoluten Glanz eines Gegenstandes, er mag nun keinen scheinbaren Durchmesser haben, wie z. B. die *Sterne*, oder einen merklichen Durchmesser besitzen, wie z. B. die *Sonne*, *Kerzen* oder *Gasflammen* oder auch beleuchtete *Flächen*.

Es kommt jedoch viel häufiger bei photometrischen Aufgaben eine andere Frage zu erörtern, nämlich: Wie verhält sich die scheinbare Helligkeit eines leuchtenden Objects

Steht nun auch die erleuchtete Oberfläche nicht senkrecht gegen die Achse unsers Auges, oder steht die erleuchtete Oberfläche nicht senkrecht auf der Achse des leuchtenden Körpers, so entsteht aus unserer obigen Formel, da sich die Helligkeit schief beleuchteter Flächen verhält wie der Sinus des Beleuchtungswinkels zum Radius $\frac{L^2 \lambda^2 d^2 \text{Rad.}}{l^2 \lambda^2 \sin. a.}$

verkürzen natürlich auch hier die Originallänge der Feder so lange, bis das Bild im Auge ruhig erscheint.

Was wir aber auf diese letzte Weise zu messen haben, ist nicht, wie in unserer ersten Methode, die Dauer eines Lichteindrucks, sondern vielmehr *die Dauer des dunkeln Intervalles zwischen zwei Lichteindrücken, oder die Zeit, die der schwarze Schirm nöthig hat, bis er mit seinem ganzen Durchmesser die Achse der Ocul*

fürte Gesetz: dass sich die Intensitäten wie die vierten Potenzen der verschiedenen Pendel-Längen verhalten.

So weit lässt sich die Theorie meines Instrumentes ohne alles Experiment vorherbestimmen. Bei seiner wirklichen Anwendung ergeben sich aber zwei Umstände, die man, vorzüglich was den letzteren von beiden betrifft, nicht so leicht vorhergesehen haben würde. Betrachten wir nämlich durch unser Photometer während

Lichteindrucks schliessen, dass um ein deutliches Bild auf der Netzhaut des Auges zu erzeugen, den Lichtwellen eine gewisse Zeit verstatet werden müsse, auf unser Auge zu wirken, welche auch schon Aimé bei seinen Experimenten zu bestimmen suchte.

Diese erforderliche Dauer eines Lichteindrucks zum deutlichen Sehen bei meinem Instrumente auszumitteln, ist nichts

nöthig ist, ein deutliches Bild auf der Netzhaut unsers Auges hervorbringen. Ein zweiter, nicht vorauszusehender Umstand ist folgender:

Wir haben so eben gesehen, dass das Lichtbild, wenn sich die Amplitude der Schwingungen verkürzt, plötzlich heller und zuletzt vollkommen deutlich zu werden beginne. Wir werden aber auch zu gleicher Zeit bemerken, dass das früher *ruhige Bild* wieder

Sehnerven am stärksten zu affiziren. Was ferner die Deutlichkeit des Bildes betrifft, so scheint, wie beim Schalle, dazu eine sehr zusammengesetzte Welle nöthig zu sein; denn ich habe schon früher durch Experimente bewiesen, dass z. B. die Basssaite eines Flügels Schwingungs-Amplituden von einer Linie haben könne, ohne dass ein Ton vernehmbar wäre, während dieselbe Saite ohne messbare Schwingungsamplituden den möglichst stärksten Ton hervorbringen könne, was nicht von der Gewalt, die die Saite angreift, abhängt; sondern von

seinen Nuancen vollständig auf der Netzhaut abzuzeichnen, so entsteht nur ein flüchtiges, unklares, verwischtes und deshalb undeutliches Bild. So gibt, um eine gewisse ähnliche Erscheinung aus der Akustik anzuführen, eine tiefe Orgelpfeife aus der 16füssigen oder noch besser 32füssigen Octave, wenn angetreten und staccato angespielt, (d. h. wenn der Clavis so rasch als möglich niedergedrückt und eben so schnell wieder los

möchte ich sagen, wie ein Stoss zweier Schallwellen wirken, welche mit ihren Schwingungszeiten nahe zusammenfallen.

Je mehr wir uns aber diesem Momente höchster Deutlichkeit nähern, indem wir durch Verkürzung der Feder die Dauer des Lichtwellencomplexes verlängern, desto mehr wird diese zunehmende Deutlichkeit des Bildes gegen den vorausgehenden Moment, wo der Lichteindruck von Null angefangen,

Das Instrument soll während des Gebrauches so fest als möglich stehen, da sich die Schwingungen der Feder, wenn diese einmal kurz wird, dem ganzen Stativ mittheilen. Zu diesem Endzweck ist die vertikale Säule d auf der mit Blei eingegossenen Platte p eines Dreifusses festgeschraubt, dessen 3 bewegliche Füße eine sehr grosse Basis überspannen, wenn sie auseinandergeschlagen sind.

Hülse auf und nieder bund lässt sich mittelst des durchbohrten Schraubenknopfes q der Säule q in jeder beliebigen Höhe fest stellen. Dieser cylindrische Stab s trägt erstens an seinem obern Ende einen geschwärzten Ring mit Rückenklappe t zur Aufnahme von Blättchen etwa mit den zu prüfenden Farben bedeckt; der

γ fig. 5. die zwei Schieber k k, welche durch federnde Ringe an jeder beliebigen Stelle ihrer Länge festgehalten werden. Diese Röhre i ist für Gegenstände bestimmt, deren scheinbare Helligkeit gemessen werden soll, und welche deshalb den Dioptern näher, nämlich in die Sehweite des Auges gebracht werden müssen. Für Gegenstände am Himmel oder überhaupt von grosser Entfernung bediene ich mich einer zweiten Röhre fig. 6, die noch eine Auszugsröhre δ

geschärft und können durch Verschiebung der beiden Theile ξ et η des Diopters mit einander so in Berührung gebracht werden, dass kein Lichtstrahl zwischen ihnen durchdringen kann.

Entfernt man mittelst der Mikrometerschraube e diese Ränder ein wenig von einander, so bildet sich ein Schlitz zwischen ihnen, dessen Weite ein an der unteren Schieberplatte angebrachter Nonius π

Zur Beobachtung von Gegenständen am Himmel muss das Instrument parallaktisch aufgestellt werden, was auf die übliche Weise nicht angeht, da die Federschwingungen sich dem ganzen Instrumente und Gestelle mittheilen.

Ich konstruirte mir dazu folgende Vorrichtung: Auf einer, gegen 11 Zoll im Durchmesser haltenden und gegen 2 Zoll dicken, steinernen horizontalen Scheibe, die in der Mitte sich um einen Zapfen dre

