Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Angström's experimentelle Untersuchungen über das Spectrum des elektrischen Funkens in Beziehung auf die Farben der Doppelsterne.

Mitgetheilt von dem w. M. **Prof. Joseph Petzval.**

Beiläufig um das Jahr 1851 wurden der mathem.-naturw. Classe von einem ihrer Mitglieder, dem seither verstorbenen Ch. Doppler eine Reihe von Mittheilungen gemacht, über den Einfluss zweier Bewegungen verschiedener Art auf einander, einer Progressiven nämlich, einer Ton- oder Lichtquelle und einer Schwingenden. Doppler gründete hierauf eine Erklärung der Farben der Doppelsterne, und folgerte eine Erhöhung oder Vertiefung der Tonhöhe bei einer in Bewegung gesetzten Tonquelle, je nachdem sie sich dem Beobachter nähert, oder entfernt; wies auch zu wiederholtenmalen auf den Anklang hin, den seine Theorie in allen Welttheilen bei dem wissenschaftlichen Publicum gefunden hatte.

Es gab mittlerweile damals schon eine nicht geringe Anzahl von Männern der Wissenschaft, denen die Doppler'schen Rechnungen nicht recht einleuchten wollten. Sie gewahrten, dass in dieselben mehr als ein Irrthum, mehr als eine nicht zu rechtfertigende Voraussetzung niedergelegt war. Dies war um so leichter und allgemeiner möglich, als sich die Rechnungen Doppler's über den Umfang desjenigen, was man gemeinhin mit dem Namen Elementarmathematik bezeichnet, nicht erhoben, und ich bin desshalb mehrmals von meinen Bekannten angegangen worden, als Repräsentant der formellen Wissenschaft gegen eine solche Weise Mathematik zu treiben, Protest einzulegen, und die Irrthümer in dieser Theorie aufdeckend, die durch sie verführten Geister wieder auf den rechten Weg der besonnenen mathematisch-physikalischen Forschung zurück zubringen. Meine Antipathie gegen allen Unfrieden liess mich diesem Ansinnen lange genug widerstreben, bis es mir von einem sehr

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

achtungswerthen Collegen als Pflicht dargestellt wurde, meine Stimme zu erheben.

Das Gefährliche dieses Beginnens von meiner Seite lag im Wesentlichen darin, dass ich nicht als Physiker, sondern als Mathematiker functionirte und desshalb mich auch nur berechtigt hielt, Einwendungen gegen die mathematische Seite der Theorie zu erheben, während die experimentelle nicht meines Amtes war. Ich konnte mit einem Worte nichts anderes sagen, als: dies ist unrichtige Mathematik. Und es lag offenbar nahe, dass man mir darauf entgegnen würde: Nun, du bist ja Repräsentant der Mathematik, liefere also eine Bessere. Negiren ist leicht, und wer sich darauf verlegt, kann allenfalls den Bestand der gesammten physikalischen Wissenschaften in Frage stellen; Bessermachen aber ist schwer.

Um nun Dem auszuweichen, habe ich den Gegenstand der Doppler'schen Theorie, den Einfluss nämlich progressiver und schwingender Bewegungen auf einander, einer sorgfältigen mathematischen Discussion unterzogen und habe sehr bald gesehen, dass sich mit den Methoden der bisherigen Undulationstheorie, die bekanntlich ein materielles System im stabilen Gleichgewichte voraussetzen, gar nichts zur Erhellung dieses Einflusses leisten lasse, dass es vielmehr nothwendig sei, von einem ganz anderen Zustande, dem nämlich einer permanent gewordenen Strömung auszugehen und über diese strömende Bewegung erst den undulatorischen Zustand zu lagern. Hiemit war nun die andere an die Stelle der Doppler'schen Betrachtungen zu setzende Theorie gefunden, wenn sie auch nur so populär gewesen wäre, wie diese. Leider aber trifft es sich hier, so wie in vielen anderen Theilen der Wissenschaft, dass der Irrthum in bestechender Weise populär, die richtige Theorie hingegen auf mathematische Rechnungsentwicklungen der tiefsinnigsten Sorte, denen nur wenige Verehrer der Wissenschaft gewachsen sind, gegründet war. Es frommte daher nur wenig, den populären Physikern zuzurufen: So müsst ihr rechnen, wenn ihr schon rechnen wollt. Wenn man nicht kann, muss man sich mit demjenigen begnügen, was man eben kann.

Einem Lehrer der Mathematik fällt vorzugsweise die Aufgabe zu, den Lindwurm des Irrthumes in den verschiedensten Gestalten von Quadratur des Cirkels, Perpetuum mobile u. s. w. zu bekämpfen. Er bedarf zu diesem Zwecke wirklich einer ganz eigenen Taktik,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

die am allerzweckmässigsten darin besteht, den in seinem Irrthume Befangenen zu dem höheren Standpunkte eines grossen Principes zu verhelfen. Z. B.: Es will Jemand ein Perpetuum mobile erfunden haben, so frommt es wenig, wenn man dem Erfinder beweist, dass seine Maschine diesem Ansinnen des ewigen Gehens nicht entsprechen werde, er wird dann immer noch eine Complicirtere erfinden; sondern man muss ihm das Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte zu Gemüthe führen. Oder ein anderes Beispiel aus meiner Erfahrung: es will Jemand eine Vorrichtung erfunden haben, vermittelst der man bergauf oder auch durch die Lüfte fahren kann durch Centrifugalkraft, und zwar durch eine eingeleitete drehende Bewegung um zwei verschiedene Rotationsaxen, wodurch ein Überschuss der Centrifugalkraft nach einer Seite entstehen soll. Es nützt nun wieder nichts, dem Erfinder zu beweisen: dass weder die drehende Bewegung um eine einzige, noch um zwei Rotationsaxen einen solchen Überschuss zu erzeugen vermöge, denn er wird es dann mit drei Axen versuchen; sondern man muss den Erfinder auf das Princip der Erhaltung des Schwerpunktes aufmerksam machen, nach welchem die inneren Kräfte eines materiellen Systemes über die Stellung des Schwerpunktes keine Macht haben, ihn weder bewegen können, wenn er ruht, noch irgend einen Umstand seiner Bewegung ändern können, wenn er sich bewegt. Zu meiner nicht geringen Befriedigung gelang es mir auch in der Doppler'schen Angelegenheit, ein die Theorie völlig beherrschendes Naturgesetz aufzufinden, das zwar seit den ältesten Zeiten stillschweigend zugelassen und erst durch die Doppler'sche Erklärung der Farben der Doppelsterne in Frage gestellt, annoch nicht mathematisch erwiesen war, das Princip der Erhaltung der Schwingungsdauer nämlich, nach welchem eine progressive, strömende Bewegung von einer andern mit ihr zugleich in demselben Systeme hervorgerufenen undulatorischen, zwar alle Einzelnheiten als: Wellenlänge, Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Amplitude u. s. w. verändern kann, nur eine einzige Eigenschaft, die Schwingungsdauer nämlich, nicht; progressive Bewegung mithin auf Ton und Farbe ohne Einfluss bleibt. Ich habe den Beweis des Principes der Erhaltung der Schwingungsdauer im Jänner 1852 der kaiserlichen Akademie überreicht und er findet sich in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Classe im Februarhefte des Jahrganges 1852, Bd. VIII, S. 134.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wiewohl nun zwei Mitglieder der kaiserlichen Akademie, Doppler nämlich und Herr Regierungsrath von Ettingshausen meinen Ansichten über diesen Gegenstand entgegen traten, so kann ich doch eben nicht sagen, dass sie entweder mein Princip der Erhaltung der Schwingungsdauer, oder den Beweis desselben angegriffen hätten. Sie beriefen sich auf gewisse Beobachtungen, die mit ihren Rechnungen im Einklange stehen sollten, gaben im Allgemeinen die Richtigkeit meiner analytischen Betrachtungen zu und äusserten nur, dass auch das Princip der Erhaltung der Schwingungsdauer zu Irrthümern Veranlassung geben könne, ohne jedoch näher zu erklären, zu welchen. Ich sah mich mithin genöthigt, meinerseits zu einer in's Detail gehenden mathematischen Analysis der Dopplerschen Theorie zu schreiten, und nachzuweisen, dass die Theorie Doppler's auf ganz irrigen Annahmen beruhe, nachzuweisen ferner, welche speciell diese irrigen Annahmen seien, endlich nachzuweisen, dass eben diese irrigen Annahmen keineswegs von nur geringem Einflusse auf die resultirende Erscheinung seien, sondern dass eine jede Einzelne derselben vielmehr zu den allerabentheuerlichsten und widersinnigsten Folgerungen führe. Dies geschah in einer Reihe von kleinen Abhandlungen, welche unter dem Titel: „Über die Unzulässigkeit gewisser populärer Anschauungsweisen in der Undulationstheorie" der kaiserlichen Akademie überreicht wurden und sich in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Classe Bd. VIII, S. 567 und Bd. IX, S. 699, befinden. Hiemit war nun meine akademische Pflicht erfüllt und meine Mission vollendet. Auf das Experiment und seine Ergebnisse einzugehen, hatte ich als Nichtphysiker keinen Beruf, erklärte vielmehr, dass Versuche von der Art, wie diejenigen, auf die man sich stützte, was das Ergebniss auch sein sollte, eine mathematisch unrichtige Theorie nicht zu einer richtigen machen könnten. Ich habe ja die Theorie als solche und nicht den Mangel ihrer Übereinstimmung mit dem Experimente angegriffen. Und angenommen, aber nicht zugegeben, Doppler's theoretische Angaben stünden mit den angestellten Beobachtungen in der vollsten Übereinstimmung, so könnte man höchstens sagen: Doppler habe völlig richtige Thatsachen unrichtig erklärt.

Wenn dies vielleicht Jenen etwas befremdend vorkommen sollte, die sich einbilden, dass alles, was mathematisch richtig mittelst Gleichungen abgeleitet wird, unbezweifelt und in aller Strenge richtig

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sein müsse, so mögen sie sich versichert halten, dass es an Beispielen von falscher Mathematik in den verwandten Wissenschaften nicht fehle. Die sogenannten Lehrbücher besitzen deren in erklecklicher Fülle, und sie fehlen selbst in den Lehrbüchern der höheren Wissenschaft nicht ganz. Der Lehrer bedient sich ihrer mit Vortheil, um seinen Schülern recht eindringlich klar zu machen, was eigentlich mathematische Strenge sei. Er findet z. B. in einem populären Lehrbuche der Mechanik einen Beweis der Formel $c = \sqrt{2\,gh}$, die die Geschwindigkeit des Wassers aus Öffnungen gibt, und sieht sich genöthigt, die Ableitung dieser Formel als falsche Mathematik zu erklären. Er weist nach, dass das, was dort als bewegende Kraft angegeben wird, keineswegs die wirkliche bewegende Kraft sei und auch von der bewegenden Kraft nicht wenig verschieden. Er weist ferner nach, dass ein zweiter ebenso unzulässiger Trugschluss in der Ableitung der Formel vorhanden sei, der kurz so formulirt werden kann: Gleich und proportional sind einerlei Begriffe. Wenn nun Jemand die Richtigkeit der Theorie dadurch in Schutz nehmen wollte, dass er experimentell nachwiese, die Formel stehe mit den Ergebnissen der Beobachtung im Einklange, so würde man ihm sagen: Die Formel ist es nicht, die man angreift, sondern nur der Beweis derselben, man kann ja auch um die Wahrheit zu beweisen sich des Truges bedienen, nur ist dann der Beweis nicht für einen Beweis zu achten. Und gerade auf dieselbe Weise ist Doppler's Theorie gar keine Theorie, ganz ohne alle Rücksicht darauf, was sich etwa aus dem Experimente ergeben könnte. Nun findet sich aber wirklich ein junger Verehrer der Wissenschaft, der die Dopplersche Theorie aus der Übereinstimmung mit einem gewissen Experimente darthun will. Hier wird offenbar das Experiment zu etwas verwendet, wozu es gar nicht taugt. Klar nachgewiesene logische oder mathematische Widersprüche, entstellte Thatsachen vermag kein Experiment wegzuschaffen.

Es geschieht nur gar zu oft bei ähnlichen Streitigkeiten, dass sich keine der beiden Parteien auf die Widerlegung der Gründe der anderen einlässt, sondern auf ihrem Standpunkte beharrt. Das war wenigstens von Einer Seite auch hier der Fall. Die Anhänger Doppler's gaben sich gar keine Mühe, seine angegriffene Theorie zu vertheidigen, oder die meinige anzugreifen, sondern beriefen sich auf die Experimente Buys Ballot's. Ich hingegen hatte mindestens

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

in erster Instanz mit dem Experimente nichts zu schaffen, und musste die Theorie zum Gegenstande einer sorgfältigen Discussion machen. Mittlerweile starb Doppler und der ganze Streit ward hiemit abgebrochen. Ihn wieder aufzunehmen, hielt ich für völlig unnütz, da mittlerweile das Experiment selbst über Doppler's Theorie definitiv den Stab gebrochen hatte.

Es ist gewiss ein grosser Triumph der Wissenschaft, wenn sie wie Leverrier den Planeten Neptun, eine Reihe von Erscheinungen auf theoretischem Wege entdeckt, die sich dann als in Wahrheit vorhanden bekunden, und es muss nothwendigerweise Jedermann leid thun, wenn er von seinem Standpunkte aus genöthigt ist, so schöne Erwartungen als Täuschung darzustellen. Ich bin leider gegenwärtig gegenüber der Doppler'schen Sache in dieser Lage und kann den Anhängern seiner Theorie zum Troste nur folgende zwei Dinge sagen, nämlich erstens: wäre der Triumph über eine solche Entdeckung, selbst wenns wirklich eine Entdeckung wäre, nur dann ein wahrer, echter Triumph, wenn er auf dem Wege einer strenge richtigen Theorie errungen worden wäre, was hier erwiesenermassen nicht der Fall ist, und zweitens: ist die experimentelle Widerlegung Doppler's an und für sich ein so schöner Triumph der Physik, dass man darüber schon einige Täuschung verschmerzen kann. Das herrliche Experiment, von welchem hier die Rede ist, beweist nämlich mit den allerfeinsten und verlässlichsten Mitteln der Beobachtung, dass eine Geschwindigkeit von 180 Meilen in der Secunde einer Lichtquelle ertheilt, nicht die geringste Änderung in der Farbe derselben bewirke. Da diese Versuche nicht so bekannt zu sein scheinen, als sie es verdienen, so wird es frommen, ihrer hier mit wenigen Worten Erwähnung zu thun.

Angström hat eine Reihe sehr sorgfältiger Untersuchungen über das Spectrum des elektrischen Funkens in Vetensk. Akademie Handlingar (eingereicht am 16. Februar 1853 bei der Stockholmer Akademie) veröffentlicht. Er hat dieses Spectrum durchzogen gefunden von vielen lichten, scharf aus dem übrigen Grunde des Spectrums gleichsam sich hervorhebenden Linien, die ein sehr ausgezeichnetes Object bildend, mit grosser Schärfe einer messenden Beobachtung unterzogen werden können. Die Ergebnisse dieser Experimente setzen ihn in den Stand, in der Doppler'schen Streitsache auf Grundlage nicht der Theorie, sondern der Erfahrung ein Endurtheil zu fällen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Angström's Abhandlung ist in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie 1855, Nr. 1, Seite 141, in's Deutsche übersetzt vorhanden und die Stelle, wo von Doppler's Theorie die Rede ist, lautet folgendermassen:

„Das Studium der Spectra des elektrischen Funkens, scheint mir, „kann auch beitragen zur Lösung der Frage, welche die Optik eben „so sehr interessirt, wie die Astronomie: Doppler hat nämlich die „Farbe der Doppelsterne durch die Annahme zu erklären gesucht, dass „die Geschwindigkeit eines Körpers Einfluss auf dessen Farbe habe. „Andererseits hat Petzval in einem in der Wiener Akademie gehal- „tenen Vortrag auf analytischem Wege bewiesen, dass die Bewegung „des Mediums keinen Einfluss haben kann auf die Oscillationszeit, von „welcher die Farbe ausschliesslich abhängt. Obwohl dieser Satz an sich „wahrscheinlich ist, dürfte doch, wie mir scheint, ein praktischer „Beweis von seiner Richtigkeit nicht ohne Interesse sein.

„Aus Wheatstone's Untersuchung über die Geschwindigkeit „der Elektricität kennt man zwar nicht die wirkliche Geschwindig- „keit des Funkens, aber doch wenigstens einen Grenzwerth, unter „den sie nicht herabsinken kann. Er fand nämlich, dass ein 4 Zoll „langer Funke in kürzerer Zeit als eine Milliontel-Secunde übersprang, „unter Voraussetzung, dass man aus 10 Fuss Abstand in der Form „eines gespiegelten Funkens von geringerer Erstreckung als einen „Zoll keine Veränderung würde erkennen können. Obwohl diese Vor- „aussetzung übertrieben ist, wird doch die Geschwindigkeit beinahe „10 schwedische Meilen in der Secunde. Allein ein 6 Fuss langer „Lichtstrom in einer luftleeren Glasröhre zeigte sich auch im rotirenden „Spiegel unverändert und da nach Masson der Funke sich im luft- „leeren Raume nicht anders als durch die von beiden Polen aus- „strömenden Theilchen fortpflanzen kann, so würde daraus folgen, „dass wenigstens 3 Fuss in kürzerer Zeit als ein Milliontel-Secunde „zurückgelegt werden; das gibt 80 — 90 Meilen in der Secunde, — „eine Geschwindigkeit, welche die der Doppelsterne wahrscheinlich „viele Male übertrifft.

„Lässt man nun einen Funken in schiefer Richtung überspringen, „so müssten, wenn Doppler's Theorie richtig wäre, die von dem „einen Pol ausströmenden Theilchen an Farbe verschieden sein von „denen, welche von dem anderen Pol ausströmen, um so mehr, als „sie sich in entgegengesetzter Richtung bewegen und folglich die

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

„doppelte Geschwindigkeit derselben mitwirkt zu der vorausgesetzten „Farbenveränderung. Indess zeigt sich eine solche nicht. Die hellen „Linien entsprechen einander wie zuvor vollkommen. Sowohl auf „theoretischen, wie aus praktischen Gründen scheint man also zu dem „Schlusse berechtigt zu sein, dass Oscillationszeit und Farbe unab-„hängig sind von der Geschwindigkeit des Mediums, von welchem „das Licht ausgeht."

Also von einem Theile des von der Doppler'schen Theorie in Besitz genommenen Gebietes, dem Himmel nämlich ist sie vertrieben und die Doppelsterne erscheinen nicht darum farbig, weil sie sich bewegen, sondern weil sie eben solches farbiges Licht aussenden. Sie klammert sich jetzt nur noch an die Experimente von Buye Ballot und die neueren des physikalischen Institutes, die mir zufälligerweise gar nicht unbekannt sind, weil ich sie vor sieben Jahren selber erdacht habe. Die Lage der Anhänger Doppler's scheint mir eine stets schwierigere zu werden, denn sie werden jetzt nicht nur ihre Experimente und die von Buye Ballot gegen eine gründliche mathematische Kritik, die von irgend einer Seite gewiss erfolgen wird, zu vertheidigen haben, sondern sie werden nebstdem noch, wenn ihnen diese Vertheidigung allenfalls gelingen sollte, was ich aber sehr bezweifle, die anomale Thatsache zu erklären haben, dass progressive Bewegung auf das Licht gar keinen nachweisbaren, dagegen auf den Schall eine Wirkung erster Ordnung, Hauptwirkung äussere, die mit dem Namen erste Approximation bezeichnet wird, mithin dasselbe sein soll, was die elliptische Bewegung bei den Planeten ist.

Ich sehe meinerseits mit Vergnügen diese Streitsache von dem Felde der Theorie auf das der Praxis überspringen. Es wird wohl noch einige Zeit dauern, bis sie völlig ausgetragen sein wird; dies wird aber gewiss schneller und auch leichter zu erwarten stehen durch die Hilfsmittel der Physik, die ein grosses Publicum hat, als die der Mathematik, die ein Kleines besitzt. Jedenfalls ist diese Streitsache in eine Phase getreten, in der sie nicht lange bleiben kann. Fasst man nämlich die Versuche von Angström, dann die von Buye Ballot und endlich die des physikalischen Institutes in Eines zusammen unter der Benennung Das Experiment, so scheint das Experiment zu sagen, dass Doppler's Theorie auf Erden richtig, am Himmel hingegen unrichtig sei, wo hingegen nach demselben

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

meine Theorie am Himmel richtig, und auf Erden unrichtig wäre. Das wird dem Experiment kaum Jemand glauben, denn die Wissenschaft soll wahr, wenn auch nicht beliebt sein im Himmel und auf Erden.

Über die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung mittelst der Lunge.

Von **Dr. A. Schöffer** aus Moskau.

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Juni durch d. w. M. K. Ludwig.)

(Mit einer Tafel.)

Die schönen Arbeiten der letzten Jahre über Gase des Blutes, ihre Absorption durch das Blut und den Gasaustausch in den Lungen haben die Athmungstheorie gefördert, aber natürlich nicht zum Abschluss gebracht. Vor allem dunkel ist die Abscheidung der Kohlensäure. Wie bekannt hatte Lothar Meyer nur einen geringen Theil der im Blute enthaltenen Kohlensäure durch Erwärmen in dem luftleeren Raume übertreiben können, während der übrige Theil von ihm als nur durch Säuren ausscheidbar betrachtet wurde. Setschenow hatte darauf bewiesen, dass dieses nur vom Verhältniss des luftleeren Raumes zur angewandten Blutquantität abhängt, und dass, wenn man ein genügend grosses Vacuum verwendet und dasselbe mehrere Male erneut, man zu ganz entgegengesetzten Resultaten kommt: es bleibt nämlich im Blute nur ein geringer Antheil Kohlensäure zurück, der nur durch Säuren aus demselben zu entfernen ist. Wollte man nun aber der ganzen Quantität von Kohlensäure, welche Setschenow durch physikalische Mittel erhielt, eine identische Rolle beim Gasaustausch in den Lungen zuschreiben, so würde diese Annahme nach den dermal bekannten Thatsachen nicht ganz gerechtfertigt sein. Nach den Absorptionsversuchen von Lothar Meyer und Fernet zerfällt nämlich die ganze Quantität von Kohlensäure in zwei Antheile, in einen, welcher einfach diffundirt, und in einen andern, welcher vom Drucke unabhängig von einer, wenn auch schwachen chemischen Attraction im Blute zurückgehalten wird. Diese Attraction konnte man nur den kohlensauren und phosphorsauren Alkalien zuschreiben. Beide Salze können Kohlensäure binden, doch zeichnen sich diese Verbindungen dadurch aus, dass sie nur schwer durch physikalische

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1860

Band/Volume: 41

Autor(en)/Author(s): Petzval Joseph Maximilian

Artikel/Article: Angström's experimentelle Untersuchungen über das spectrum des elektrischen Funkens in Beziehung auf die Farben der Doppelsterne. 581-589