

# Christian Doppler, weltbewegend - unbekannt!

Peter Schuster

"Keine Neuerung setzt sich ohne Widerstand durch. Ja, am Ende muss man sagen, je geringer der Widerstand ist, den das Neue findet, je schneller sich das Neue durchsetzt, desto schneller eilt es selber zum Veralten", sagte Hans-Georg Gadamer bei seiner Rede zur Eröffnung der Salzburger Festspiele 1981. Wenige Neuerungen haben einen längeren Weg zurückgelegt als die, welche uns der Salzburger Physiker Christian Doppler mit seinem nach ihm benannten Prinzip im Jahr 1842 gebracht hat [1-5].

So einfach sich uns das Doppler-Prinzip im Alltag auch darstellt, wenn wir beispielsweise den Tonsprung eines signalgebenden Fahrzeuges hören, das auf uns zu rast und sich wieder entfernt, wenn wir die Tonschwebungen eines im Kreis geschwungenen Stabes oder gar die Tonschwankungen der unser Ohr umschwirrenden Insekten wahrnehmen, so mussten sich bedeutende Experimentatoren wie Fizeau, Buys-Ballot und Mach doch immerhin zwei Jahrzehnte um seinen Nachweis bemühen. Trotzdem wurde das Doppler-Prinzip für die Physiker auch späterhin kein "befreiender" Grundversuch, denn keine Geschichte der physikalischen Experimente, weder La Cour noch Ramsauer, erwähnen ihn. Erst 1993 haben uns Müller und Kuhne in Jena übersichtliche Demonstrationen des Doppler-Effektes gegeben [6].

Auch nachdem 1845 der experimentelle Beweis für den Effekt auf akustischem Gebiet durch Buys-Ballots Versuche mit der Eisenbahn bereits geglückt war, wurde seine Gültigkeit theoretisch noch jahrzehntelang verneint. Josef Petzval (1807-1891), einer der bedeutendsten Mathematiker Altösterreichs, begann 1852 die Kontroverse darüber mit einer Heftigkeit, wie sie die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien später nie wieder erlebt hat.

Petzval folgerte aus den vier von ihm aufgestellten Differentialgleichungen gleichsam unfehlbar, "dass ein mit einer Tonquelle versehenes schwingendes Pendel genau denselben Ton erzeugen müsse, als wie wenn es ruhte." Weniger zurückhaltend schrieb er eine Woche vor der Abreise des todkranken Kontrahenten nach Venedig: "Von Dopplers Theorie kann man nicht eben sagen, sie habe keinen Wert, weil sie den Vorgang einer Erscheinung entschieden unrichtig angibt, es muss vielmehr behauptet werden, ihr Werth sei ein negativer, weil sie so viele Anhänger der Wissenschaft zum Irrthum verleitet hat, durch eine anscheinende Einfachheit und Klarheit, die aber weiter nichts ist als Oberflächlichkeit und Mangel an Tiefe."

Selbst als dem 22jährigen Ernst Mach 1860 die Konstruktion eines Apparates zur Prüfung des Doppler-Prinzips, und somit der erste Nachweis unter reproduzierbaren Labor-Bedingungen ("Eisenbahnen stehen als Experimentirmittel nicht Jedermann zu Gebote") gelungen war, wusste der bekannte Astro-

nom Mädler, Direktor der Sternwarte Dorpat, bei einem Vortrag in der Akademie in Wien immer noch: "Die Doppler-Formeln, die Herr Mach entwickelt, mögen auf anderem Wege praktisch geprüft werden: die Astronomie kann kein Prüfungsobject dafür bieten."

Dabei hatte Mach die Kontroverse bereits auf einleuchtende Weise gelöst: "Populär könnte man das Verhältnis beider Gesetze, des Petzval'schen und des Doppler'schen so veranschaulichen", schrieb er. "Wenn man Prof. Petzval, etwa für die Erfindung seines Principes, ein Ständchen brächte, so würde dieses selbst bei weniger gemüthlichem Wetter in derselben Tonart, ebenso harmonisch und melodisch zu seinen Fenstern hinauftönen, wie am schönsten Maimorgen. Dagegen könnte man nach Doppler, von der Höhe herabfallend einen Chor aus E-Dur ganz wohl in F-Dur hören" [7].

Noch 26 Jahre nach Dopplers Tod, 1879, zeichnete die Belgische Akademie der Wissenschaften eine Arbeit des Astronomen Spée, die sich gegen das Doppler-Prinzip richtete, mit einem Preis aus, und Kayser formulierte 1906 im Handbuch der Physik übervorsichtig: "Auf Grundlage der Elektronentheorie, wie sie H.A. Lorentz ausgebildet hat, scheint das Dopplersche Prinzip durchaus zu gelten." Das war immerhin in dem Jahr, in dem Einstein festgestellt hatte: "No matter what shape the theory of electromagnetic processes should take, the Doppler-Principle and the law of aberration will remain in any case."

Heute scheint klar: Ob Doppler-Messungen in der Globalen Geodäsie oder Doppler-Navigationsverfahren in der Luft- und Raumfahrt, ob das Doppler-Radar als Hilfsmittel für den Wetterdienst oder Anwendungen in der Medizin und Technik wie die Doppler-Sonographen zur Messung der Blutflussgeschwindigkeit und Laser-Doppler-Anemometer zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeiten in Gasen und Flüssigkeiten, ob in der Astronomie die Entdeckung des interstellaren Gases, die systematische Erfassung der Rotverschiebung von 250.000 Galaxien, und damit Daten über die Lebensgeschichte und Größe unseres Universums - kein Effekt hat unser Weltbild so entscheidend verändert wie die Erkenntnisse aus diesem Prinzip.

Warum blieb der Physiker Christian Doppler mit seinem umfangreichen Werk trotzdem nahezu unbeachtet? Warum wurde erst 1988 vom Autor sein Sterbehau und sein Grabdenkmal in Venedig wiederentdeckt [8]?

Am Effekt selbst kann es nicht liegen. Der Effekt scheint einfach. Wenn sich zwei Dinge begegnen, lässt sich eine Beziehung formulieren - die Wirkung des einen Dings auf das andere wird messbar. So gesehen änderte Doppler nichts am Fundament der Physik. Er beseitigte nur einen Denkfehler, der das Weiterbauen erstarren hatte lassen. Doppler stellte das Gesetz der Konstanz der Schwingungsdauer nicht in Frage. Es interessierte ihn nicht. Ihn interessierte, was er empfand. Er blieb bei seiner radikalen Aussage, dass "ein schwingendes

---

Dr. Peter Schuster, Physiker und Schriftsteller.  
E-Mail: [peterschuster@eircom.net](mailto:peterschuster@eircom.net)

Pendel bei jedem Annähern eine Tonerhöhung, bei jedem Zurückgehen eine Tonerniedrigung veranlassen wird", und er eröffnet damit einen neuen Raum für das wissenschaftliche Denken.

Ist es möglich, dass der Doppler-Effekt, der aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken ist, in seiner erkenntnistheoretischen Bedeutung noch gar nicht wirklich erkannt wurde und dass somit auch seine messtechnischen Anwendungen heute noch gar nicht erschöpft sind?

Christian Doppler wurde am 29. November 1803 mitten im Herzen von Salzburg geboren. Er kam im Haus Makartplatz 1, zwischen dem Wohnhaus von Wolfgang Amadeus Mozart und dem Geburtshaus von Herbert von Karajan, zur Welt. Heute existiert eine Doppler-Forschungs- und -Gedenkstätte an diesem Ort, die am 30. März 1998 mit einem Festvortrag des deutschen Physik-Nobel-Preis-Trägers Rudolf Mößbauer, dessen Effekt ja auch mit dem Doppler-Prinzip zu tun hat, eröffnet worden ist.



Abb. 1: Geburtshaus von Christian Doppler am Makartplatz 1, Salzburg.

Der Physiker entstammte einer Steinmetzdynastie, von der noch viele Meisterstücke ihrer Handwerkskunst in Salzburg und dessen Umgebung zu sehen sind. Sein Vater Christian lieferte Marmor-Grabmäler - und Altäre nach Augsburg, Wien, Ungarn; auch für die Residenz König Ludwigs von Bayern hat er gearbeitet. Für den Vater wurde es aber bald zur Gewissheit, dass sein zweitgeborener Sohn physisch nicht robust genug war, die Arbeit eines Steinmetz auszuführen. Er fragte den jungen Professor für Mathematik und Physik, Simon Stampfer, am Salzburger Lyzeum um Rat. Dieser erkannte auf Anhieb das große mathematische Talent Christians, und so wurde Doppler 1816 Schüler von Stampfer [9]. Als dieser nach Wien berufen wurde, empfahl er Christian seinem Nachfolger Adam Burg.

Die Bedeutung dieser beiden Lehrer, Simon Stampfer und Adam Burg, lässt sich für die Entfaltung der Begabungen und Interessen des jungen Doppler kaum überschätzen, sie wurden für ihn lebensbestimmend. Noch viele Jahre später schrieb Doppler, geprägt von seinem Lehrer Stampfer:

"Praktische Wissenschaften hat es zu allen Zeiten gegeben. Aber diese sogenannte Praxis war meistens nicht viel mehr als eine papierene, und den verschiedenen praktischen Wissenschaften fehlte nur eine Kleinigkeit, nämlich die wahre wissenschaftliche Praxis. Die praktische Wissenschaft zeigt die Anwendung der theoretischen Lehren auf wirklich vor-

kommende Fälle; aber sie zeigt sie eben nur. Die wissenschaftliche Praxis dagegen wendet diese selber an."

Bei Stampfer lernte Doppler "durch Aneignung und Einübung gewisser manueller Geschicklichkeit" jene wissenschaftliche Praxis kennen, die nicht nur zeigt, sondern auch anwendet. Doppler scheute sich nicht, technologische Fragen zu stellen. Er beschrieb eine Metall-Legierung, um Spiegel mit höchstem Reflexionsvermögen herzustellen; er verfügte über ein Wissen, das den Erfahrungen der Meister heute in der modernen Optikfertigung entspricht. Bis zuletzt in Venedig arbeitete er an der Verbesserung des katoptrischen Mikroskops, bis zuletzt schrieb er eine sehr fundierte und umfangreiche Arbeit, von der Hoppe in seiner *Geschichte der Optik* 1926 noch wusste.

Adam Burg (1797-1882), der zweite wichtige Lehrer Dopplers, übernahm 1828 den Lehrstuhl für höhere Mathematik am Polytechnischen Institut in Wien, schlug Doppler, dessen Talent er in Salzburg kennen gelernt hatte, 1829 für die Assistentenstelle für höhere Mathematik vor, und ließ unter seiner Aufsicht Doppler erste selbstständige Arbeiten veröffentlichen. Burg wurde 1836 auch Professor für Mechanik und Maschinenlehre, 1849 Direktor des Polytechnischen Institutes in Wien, 1852 aber in Folge des Hochverratsprozesses gegen seinen Assistenten Bezard seines Postens enthoben und erst später wieder als Professor eingesetzt.

In seiner ersten Abhandlung *Ein Beitrag zur Parallelen-Theorie* versuchte sich Doppler - wie viele Generationen von Mathematikern vor ihm - am Euklidischen Parallelenpostulat. In der Physik zog zuerst die Elektrizität seine Aufmerksamkeit auf sich. Den Weg, den er beschritt, erhellt am besten das folgende Zitat von Lichtenberg: "Die Lehre von der Elektrizität ist jetzt da, wo man gewöhnlich passiert, so abgetreten und abgesehen, dass an der Heerstraße nichts mehr zu gewinnen ist; man muss querfeldein marschieren, und über die Gräben setzen".

Diese Methode, die man die unmethodische nennen könnte, war typisch für den jungen Doppler. Seine Arbeit *Ueber eine merkwürdige Eigenthümlichkeit der elektrischen Spannung*, führte ihn zu der Folgerung, "dass mit dem Eintreten einer elektrischen Spannung nothwendig eine Formänderung der elektrisirten Körper verbunden sey, und dass dem zu Folge eine in elektrische Spannung versetzte Metallstange sich verkürzen müsse". Doppler regte an, seine Versuche auf Leiter, Halbleiter und Nichtleiter unterschiedlicher Länge und Form zu erweitern und die erzielte Formänderung zur Konstruktion neuer Elektrometer zu verwenden.

Da eine Assistentenzeit grundsätzlich auf vier Jahre limitiert war und im biedermeierlichen Donaustaat die Naturwissenschaften einen sehr niedrigen Stellenwert einnahmen, mußte sich Doppler bald eine neue Quelle für seinen Lebensunterhalt suchen. Ein Jahr lang hielt er sich als Handelsbuchhalter einer Baumwollspinnerei finanziell über Wasser. Dann fasste er den Entschluss, in die USA auszuwandern, verkaufte all sein Hab und Gut, einschließlich seiner Bücher. Doch das Schicksal hatte etwas anderes mit ihm vor. Gerade als Doppler mit dem amerikanischen Konsul seine Übersiedlung in München besprach, erreichte ihn die Nachricht, dass er unter fünfzehn Bewerbern als Professor für Arithmetik, Algebra und Geometrie an der Realschule in Prag auserwählt worden war.

Im März 1835 erreichte Doppler Prag. Im Jahr darauf heiratet er Mathilde Sturm, die Tochter eines Salzburger Goldschmiedemeisters. Alle ihre fünf Kinder wurden in Prag geboren. Auch wenn das junge Paar die Stadt an der Moldau keineswegs heimelig fand und Doppler nach anderen Lehrkanzeln in der Monarchie strebte, sollte er zwölf Jahre, ebenso lange wie Kepler, in Prag tätig bleiben. Zuerst ließ er sich zu einer der Geburtsstätte der Astronomie entsprechenden Arbeit inspirieren: Einige Gedanken über die Durchsichtigkeit der Kometen-Kerne und über die Erscheinung der leuchtenden Punkte im Monde. Sie trug ihm die Freundschaft von Karl Kreil (1798-1862) ein, 1845 Direktor der Sternwarte in Prag und 1851 der erste Direktor der neu gegründeten Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien.



Abb. 2: Einzig erhaltene Daguerreotypie der Familie Christian Dopplers, Prag, ca. 1844. Vom Autor bei der Urenkelin Christian Dopplers, Frau Dorothea Merstallinger, entdeckt, heute im Besitz des Doppler-Fonds, Salzburg.

Dopplers nächste Abhandlung *Einige Betrachtungen über das Grosse und Kleine in der Natur* bestätigt, dass er sich früh mit dem Problem des Atoms auseinandergesetzt hat, auch wenn sein wichtigster Beitrag zum Thema erstmals 1953 veröffentlicht wurde. Er trägt den Titel: *Über die Möglichkeit, die Anzahl und den absoluten Abstand der Körperatome sowie das Maß ihrer wechselseitigen Anziehungstärke zunächst bei den verschiedenen einfachen festen Körpern zu bestimmen.*

Doppler schlug darin experimentelle Untersuchungen vor, um die "Mannigfaltigkeit der Modelle" einzuengen. Vor allem ging es ihm um die Heranbildung einer klaren Trennung von Atom und Molekül. "Eine Beantwortung dieser Frage lässt sich kaum länger mehr aufschieben, wenn anders ein ergiebiger Schritt in der Theorie der Physik vorwärts getan werden soll!" - Doppler stellt fest, dass "die Abneigung vor der Erörterung eben dieser Frage keinen anderen Grund als die unheilvolle, durch nichts gerechtfertigte Übertragung des durch einen rein psychologischen Prozess zustande gekommenen Begriffs des Unendlichen auf die wirklich existierenden Dinge der physischen Welt hat."

Verständlich, dass die originellen frühen Werke Dopplers das Interesse des Mathematikers und Philosophen Bernhard Bolzanos (1781-1848) erweckten. Bolzano war als Priester 1805 von Kaiser Franz I. auf den Lehrstuhl für Religionslehre berufen worden mit der zusätzlichen Verpflichtung, für die Studenten "Erbauungsreden" zu halten. Doch bei dem vielzi-

tierten Satz: "Es wird eine Zeit erscheinen, wo man Verfassungen einführen wird, welche dem Missbrauch nicht mehr so schrecklich ausgesetzt sein werden als unsere gegenwärtige", stockte dem Habsburgerkaiser der Atem. Die Vokabeln "Konstitution" oder "Verfassung" in Anwesenheit seiner Majestät auszusprechen, sollen sich damals sogar die Ärzte gehütet haben. Kurz: Bolzano wurde abgesetzt, seine Werke landeten auf den Index, und er selbst stand unter ständiger Polizeiaufsicht.

Dieser Mann nun, der wahrscheinlich unter den Mathematikern am Beginn des 19. Jahrhunderts die tiefsten Fragen in bezug auf die Grundlagen der Analysis gestellt hatte, bezeichnet Doppler 1837 in einem Brief als "Freund". Bolzano fesselte dessen spekulative, zu dieser Zeit in der Physik ganz ungewöhnliche Methode, die seinem eigenen Denken in der Mathematik ähnlich schien. Bolzanos eigene Arbeiten haben in Prag wenig Verständnis gefunden. Noch heute sind etliche Manuskripte nicht publiziert. Seine Functionenlehre wurde erst im Nachlass gefunden und 1930 erstmals herausgegeben. Seine Arbeit *Paradoxien des Unendlichen* blieb völlig unbeachtet, bis H. Hankel darauf hingewiesen hat. Sie entwarfen die Grundbegriffe der Cantor'schen Mengenlehre.

Immerhin gelang es Bolzano, die Aufnahme eines Aufsatzes von Doppler in die Schriften der k.-böhmisches Akademie durchzusetzen. Der Text führt den langen Titel: *Versuch einer analytischen Behandlung beliebig begrenzter und zusammengesetzter Linien, Flächen und Körper nebst einer Anwendung davon auf verschiedene Probleme der Geometrie descriptive und perspective.*

Von nicht minder großer Bedeutung für Dopplers Leben und Werk wurde die Freundschaft mit Franz Exner (1802 -1853), in dessen gastfreundlichen Haus er sich sogleich wohl fühlte. Exner litt als Kind des Vormärzes unter der geistigen Unfreiheit seiner Zeit, wollte aber nichts anderes sein als ein Österreicher, war seit 1832 Professor für Philosophie an der Universität Prag und dort der beliebteste aller Vortragenden. In seinem Salon, in dem an den sogenannten Dienstag-Kränzchen "gleich einer Akademie die gelehrtesten und scharfsinnigsten Köpfe Prags" verkehrten, machte Doppler wichtige Bekanntschaften.

Am 25. Mai 1842 stellt Doppler in der Sitzung der königlich-böhmischen Gesellschaft sein Hauptwerk vor: *Über die merkwürdige Erscheinung des farbigen Lichtes der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels. Versuch einer das Bradley'sche Aberrations-Theorem als integrierenden Teil in sich schließenden allgemeineren Theorie* [10]. Der Physiker stellte darin erstmals die Frage, was passiert, wenn sich Beobachter und Quelle bewegen:

"Es scheint [...] man habe völlig unbeachtet gelassen, dass, wenn man von den Licht- und Schallwellen als Ursachen der Licht- und Schallempfindungen und nicht bloß als von objectiven Vorgängen spricht, man nicht sowohl darnach fragen müsse, in welchen Zeiträumen und mit welchen Intensitätsgraden die Wellenerzeugung an und für sich vor sich gehe, - als vielmehr darnach, in welchen Zeitintervallen und mit welcher Stärke diese Aether- oder Luftschwingungen vom Auge oder vom Ohre irgend eines Beobachters aufgenommen und empfunden werden. Von diesen rein subjectiven Bestimmungen, nicht aber von dem objectiven Sachverhalte hängt die Farbe und Intensität einer Lichtempfindung oder die Tonhöhe und

Stärke irgend eines Schalles ab. In der That scheint nichts begreiflicher, als dass der Weg und die Zwischenzeit zweier aufeinanderfolgender Wellenschläge für einen Beobachter sich verkürzen muß, wenn der Beobachter der ankommenden Welle entgegensteilt, und verlängern, wenn er ihr enteilt, und dass auch gleichzeitig im ersteren Falle die Intensität des Wellenschlags grösser werden, im zweiten dagegen nothwendig sich vermindern muß."

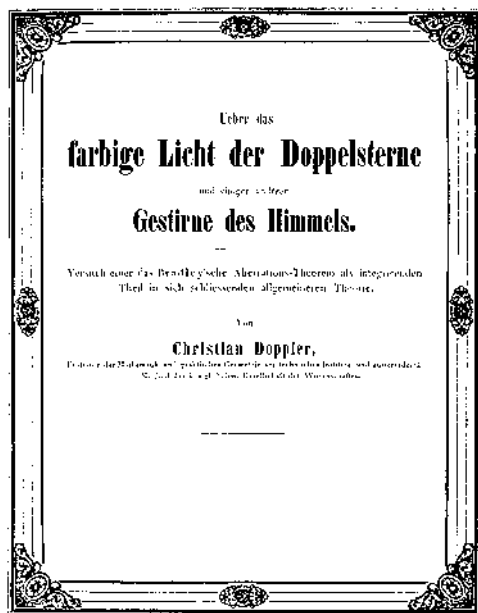


Abb. 3: Titelblatt der Publikation von 1842

Doppler stellte Formeln auf, er diskutierte sie an Hand eines gedachten Experimentes für verschiedene Beispiele der Tonänderungen und fand, dass, falls sich der Beobachter mit Schallgeschwindigkeit von der Quelle entfernt, die Schallquellen das Ohr des Beobachters überhaupt nicht mehr erreichen. Und im Fall, dass sich die Quelle mit Schallgeschwindigkeit vom Beobachter entfernt: "Der Beobachter vernimmt die nächst tiefere Oktave desjenigen Tones, welchen an und für sich der schallende Körper hervorbringt."

Dopplers gesamtes Denken drehte sich in den folgenden Jahren um seinen Effekt, unentwegt überlegte er Folgerungen aus seiner Entdeckung, gab Anregungen zu neuen Versuchen und fand dabei u.a. Ergebnisse, die vierzig Jahre später durch ballistische Experimente von Mach und Salcher bestätigt wurden [11]. So nahm Doppler in der Arbeit mit dem Titel *Über den Einfluß der Bewegung des Fortpflanzungsmittels auf die Erscheinungen der Äther-, Luft- und Wasserwellen* [12] die Beziehung zwischen Öffnungswinkel des Wellenkegels und Geschwindigkeit der Wellenquelle vorweg. Wir finden Mach-Kegel und Mach-Winkel, die von Prandtl 1913 und von dem Zürcher Professor J. Ackeret 1928 erstmals so benannt worden sind, von Doppler bereits angegeben. Doppler behandelt sogar gekrümmte Kopfwellenfronten, hervorgerufen z.B. durch eine beschleunigte oder verzögerte geradlinige Bewegung oder durch eine konstante Geschwindigkeit auf einer gekrümmten Bahn (Siehe Abb. 4). Damit hat er die Fokussierung bei Stoßwellen auf Kurven erstmals beschrieben, also die Fokussierungseffekte, die bei einem Überschallflug im Sturzflug in Kurven auftreten und erst viel später untersucht wurden - leider ebenfalls ohne jeglichen Hinweis auf die Arbeit von Doppler.

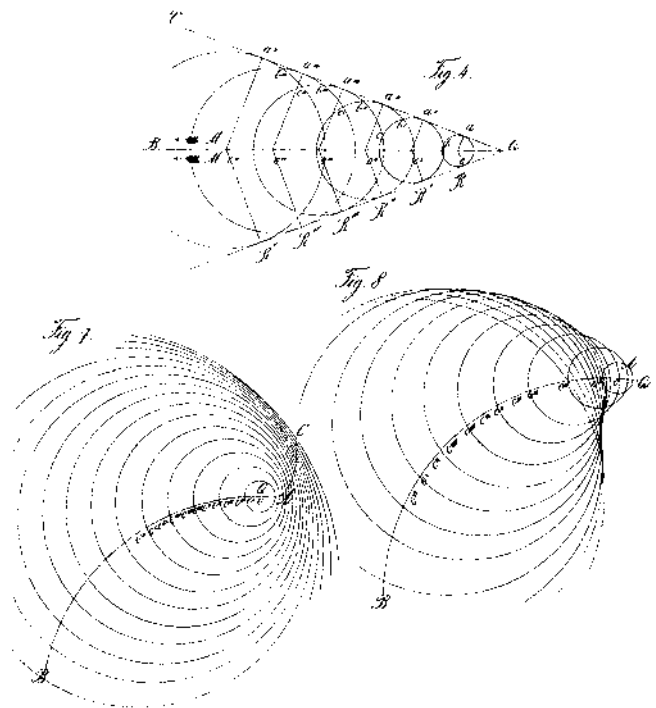


Abb. 4: Fig.4: Die "Geschwindigkeit, mit der sich das Medium fortbewegt, übertrifft jene der Wellenfortpflanzung", d.h. für jeden Beobachter außerhalb des Kegelraumes ist die "Wellenquelle so gut wie gar nicht vorhanden". Fig. 7 und 8 zeigen Beispiele, bei denen "die Luft oder der Äther in einer krummlinigen Bewegung begriffen" sind (aus: "Über den Einfluss der Bewegung des Fortpflanzungsmittels auf die Erscheinungen der Äther-, Luft- und Wasserwellen", neu abgedruckt in [3]).

Dopplers für die Überschall-Aerodynamik so wichtige Folgerung wurde 1852 in der Akademie in Wien von Petzval ausgesprochen boshaft charakterisiert: "Aber schreiten wir noch weiter ins Extreme", spottete der Doppler-Kritiker, "Setzen wir voraus die Geschwindigkeit der Tonquelle sei grösser, als die Geschwindigkeit des Schalles, nun, so wird die Welle von der Tonquelle fortwährend überholt; kaum geboren, wird sie schon zurückgelassen; - ach! wie stell' ich mir das Alles vor? - ich denke an die bekannte Geschichte von dem Pferde, welches so schnell lief, dass ihm sein Schatten nicht folgen konnte, ein weiser Magier fand den marodirenden Schatten und benützte ihn als Reitpferd. Diese poetische Fiction tröstet mich aber nicht, und macht mir die Sache um nichts klarer. [...] Auf diese Weise [...] wie ich gestehen muss, auch ein wenig geärgert, durch die leichte Manier, mit der die schwierigsten Probleme der Undulationstheorie [...] über einen und denselben Leisten geschlagen werden, vermittelt einer kindleichten, achtzeiligen Theorie."

Das Polytechnische Institut befand sich zu dieser Zeit im Aufschwung. Während Dopplers Prager Tätigkeit war die Zahl der Mathematik-Studenten von 126 auf 441, die der Hörer der praktischen Geometrie auf das Zehnfache geklettert. Allein, der labile Gesundheitszustand des rastlosen Lehrers und Forschers vertrug sich schlecht mit solchen Belastungen. Bolzano bemühte sich, dem bewunderten Freund mit Hilfe seiner Bekannten einen anderen Posten zu besorgen. Das Studienjahr 1844/45 wurde besonders kritisch. Dopplers Lungenerkrankung machte sich drastisch bemerkbar. Er musste sich vertreten lassen. Er wollte Prag fliehen, "weg um jeden Preis". Sein Widerwille gegen die Lehrtätigkeit im allgemeinen und am Prager Polytechnischen Institut im besonderen wurde noch

durch den amtlichen Beschluss verstärkt, dass er seine Vorträge über die höhere Mathematik einstellen sollte. Trotzdem gab er 1845 ein Lehrbuch für Arithmetik und Algebra heraus, wovon 1851 in Wien eine zweite Auflage erschien.

Tatsächlich glich Dopplers Gesundheitszustand Ende der Vierzigerjahre bereits einer Katastrophe. Er hatte in seiner Doppelfunktion als Professor und als Sekretär der Gesellschaft eine riesige Arbeitslast zu tragen. Exner gegenüber sagte er sarkastisch, dass er nach der Arbeit in der Gesellschaft "zur Erholung" noch 800 Schüler zu prüfen und 668 schriftliche Arbeiten zu lesen und zu klassifizieren habe. Nach dem Attest des Prager Primararztes J. Oppolzer musste Doppler mindestens im Winter von aller Anstrengung des Kehlkopfes befreit werden, "wenn die Halssucht nicht Schluss seines Leidens bringen solle".

Neben dem Jahr 1842 war die Periode von Januar bis Juni 1846 die fruchtbarste Phase seines Schaffens. In diesen wenigen Monaten trug Doppler die unglaubliche Zahl von elf wissenschaftliche Abhandlungen in den Versammlungen der Gesellschaft der Wissenschaften vor. Dies alles, belastet von Krankheit, von rapide wachsenden Studentenzahlen und den politischen Spannungen zwischen Tschechen und dem Kaiserhaus.

Bolzano sorgte sich um den Freund und schrieb am 7. Februar 1846 an Fesl: "Professor Doppler erregt mich schon seit einigen Wochen mit einer nach der anderen hervorragenden Idee und beschäftigt mich damit wörtlich Tag und Nacht. Das ist unglaublich, welchen schöpferischen Genius in diesem Gelehrten Österreich hat". Bolzano erwähnte die Abhandlung, die Karl Kreil über Doppler geschrieben hatte und fragte an, ob sie schon in die Hände der Personen gelangt sei, "von welchen es abhängt, ob ein solcher Genius für Wissenschaft gerettet oder als Pegasus unter dem Joch untergehen wird. Denn es ist das Schlimmste zu befürchten."

Doppler gönnte sich keine Ruhe, er veröffentlichte die Arbeit: *Ueber ein Mittel periodische Bewegungen von ungemainer Schnelligkeit noch wahrnehmbar zu machen und zu bestimmen*. Er zitierte Arbeiten von Faraday und Stampfer, bemängelte aber, dass beide diese Erscheinungen nur als belehrende optische Täuschungen betrachtet haben. - "Damit sind ihnen Nutzenwendungen entgangen", so Doppler.

Seit 1845 an beschäftigte sich Doppler mit Fotografie und Fotometrie, den Nachweismethoden also, die für die Bestätigung und die Anwendungen seines Prinzips die größte Bedeutung erlangten und der Astronomie zu einem Aufschwung verhalfen, der nur mit der Erfindung des Fernrohrs vergleichbar ist. 1846 schlug er vor, die Daguerreotypie für Meßzwecke zu verwenden, da "die jodierte Daguerre'sche Platte eine beträchtlich grössere Empfindlichkeit für das Licht äussere, als das menschliche Auge".

Doppler konstruiert weiters ein Fotometer, um die Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne zu bestimmen. Und das 15 Jahre vor der Arbeit Zöllners und vier Jahre vor der Bemerkung Humboldts: "Alle mühevollen Arbeit über die relative Helligkeit der Gestirne wird dann erst an Sicherheit gewinnen, wenn die Reihung nach bloßer Schätzung endlich einmal durch Messungsmethoden, welche auf die Fortschritte der neueren Optik gegründet sind, ersetzt werden kann."

1847 zeigte Doppler in einer Versammlung der Akademie einen Weg zur mathematischen Behandlung der Farben und gab durch die Bestimmung von drei Farbmaßzahlen die Grundlage einer Farbmessung - acht Jahre vor der berühmten Arbeit von Helmholtz, der Doppler zwar in der Literaturübersicht anführt, aber im Text nicht weiter erwähnt. Bolzano verfasste vor seinem Tod 1848 noch eine ausführliche Würdigung von Dopplers Forschungen und zählte mehrere Maschinen und Apparate auf, die "theils schon in der Wirklichkeit ausgeführt, ihre Brauchbarkeit erprobten, theils in Modellen oder nur in Beschreibungen den Gutachten der Prager Gesellschaft vorgelegt wurden, ohne dem größeren Publico bisher noch bekannt geworden zu seyn".

Zu Beginn 1847 ergab sich für Doppler ein neuer Hoffnungsschimmer, Prag verlassen zu können. An der Berg- und Forstakademie Schemnitz, heute Banská Štiavnica, war eine Professur für Mathematik, Physik und Mechanik ausgeschrieben worden. Doppler bewarb sich und erhielt die Stelle.

Doch kaum hat Doppler in Schemnitz, in der einst bedeutendsten Bergbaustadt Europas, Fuß gefasst, begannen die nationalen Erhebungen quer durch den Kontinent. Mitten in den Revolutions- und Kriegswirren wurde Doppler zum Nachfolger des in Pension gehenden Stampfers in Wien ernannt. Nach Abzug der ungarischen Revolutionstruppen aus der Stadt übersiedelte er mit seiner Familie nach Wien und präsentierte in der Akademie sein neues Projekt: *Ueber eine bisher unbenutzte Quelle magnetischer Declinations-Beobachtungen*. Denn trotz der unruhigen Zeiten hatte ihn das Studium der alten Grubenkarten zu einem ganz neuen Forschungsthema inspiriert.

In dieser Periode endlich erhielt Doppler eine gewisse Anerkennung seiner Arbeit. Am 26. Jänner 1848 war er zum wirklichen Mitglied der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien gewählt, im selben Jahr zum Ehrendoktor der Philosophie und freien Künste von der böhmischen Universität in Prag ernannt worden. Und 1849 war er in die Stadt zurückgekehrt, in der er als junger Assistent die ersten Impulse zu seiner Karriere erhalten hatte. Seine beiden Förderer Stampfer und Burg waren nun im gleichen Gebäude tätig, sein Freund Exner amtierte im Unterrichtsministerium in der wichtigsten Schaltstelle des Bildungswesens. Ende 1849 begann unter dem Minister für Cultus und Unterricht Graf Leo Thun-Hohenstein grundlegende Reformen auf dem Gebiet des Unterrichtswesens. Diese Reform, von Exner und dem Berliner Bonitz ausgearbeitet, war eine der reifsten Schöpfungen der Staatspädagogik des 19. Jahrhunderts, und sie brachte Doppler das, was seine Freunde für ihn erhofft hatten. Er wurde 1850 zum ersten Direktor des neugegründeten physikalischen Institutes der Universität Wien ernannt.

Der Aufbau dieses ersten physikalischen Instituts der Universität Wien war eine operative Großtat, die Doppler trotz Krankheit konsequent und energisch betrieb. Es gelang ihm, bis zu seinen berühmten Nachfolgern Stefan und Boltzmann eine besondere Atmosphäre zu schaffen, die letzterer als den "Erdberger Geist" beschrieben hat. Doppler bestellte Personal, richtete eine Institutsbibliothek ein und entwarf persönlich die Statuten des Institutes. Darin hieß es: "Es ist neben dem Unterricht und der Leitung der Zöglinge bei ihren Forschungen eine weitere eben so wichtige Pflicht des Institutsvorstandes: die Physik als Wissenschaft durch selbständige Forschungen und

eigene Arbeiten... zu fördern." Damit war erstmals in der Hochschulgeschichte der Monarchie die Aufgabe des Forschens nicht nur genehmigt, sondern mit Nachdruck gefordert worden.

1852 hatte die Lungenkrankheit Doppler bereits so geschwächt, dass er von seinem Arzt bestürmt wurde, einen Krankenurlaub in einem milderen Klima anzutreten. Das geschah ausgerechnet in dem Moment, als sein Prinzip von Petzval vehement in der Akademie angegriffen wurde.

Acht Tage nach der letzten Sitzung, bei der die Dopplersche Theorie schlussendlich als "abgethan, als erwiesenermaßen irrig" betrachtet wurde, genehmigte die Behörde Doppler einen sechsmonatigen Genesungsurlaub. Mit einem dasselbe Datum tragenden, jedoch erst eine Woche später der Fakultät präsentierten Schreiben wurde Ettingshausen die Leitung des Physikalischen Institutes übertragen. Unbeirrt von allen Anfeindungen hatte Doppler dem akademischen Tribunal noch die prophetischen Worte zugerufen:

"Ich lebe mehr als je der Überzeugung, dass der Farbenschmuck, welchen das beobachtende Auge an den Doppelsterne und einigen anderen Gestirnen des Himmels bewundert, uns einstens wohl zu mehr als einer bloßen Augenweide, dass er uns in einer, wenn auch vielleicht fernen Zukunft dazu dienen werde, die Elemente der Bahnen von Himmelskörpern zu bestimmen, deren unermessliche Entfernung uns nur noch die Anwendung rein optischer Hilfsmittel gestattet."

Am 17. März 1853 stirbt Doppler in den Armen seiner Frau in Venedig.

*Dopplers Theorie fiel zeitlich mit einer außerordentlichen Entwicklung der optischen Instrumente zusammen: Spektroskop, Photoapparat und Photometer. Auch die Klärung der Beziehung zwischen Emissions- und Absorptionsspektren*



Abb. 4: Gedenkstein Christian Dopplers im Friedhof San Michele in Venedig.

wurde erst möglich, als Kirchhoff ein einfaches Flammenphotometer aus Bunsenbrenner, Glasprisma und einem Beobachtungsfernrohr mit einer Wellenlängenskala 1859 zusammenstellte.

1892 gelangen H.C. Vogel die ersten exakten Bestimmungen der Radialgeschwindigkeiten von Sternen mittels des Doppler-Effektes.

1905 gelang J. Stark der erste Nachweis des optischen Dopplereffektes im irdischen Bereich, und zwar an Kanalstrahlen, wofür er 1919 den Nobelpreis erhielt.

1929 begann mit dem Hubble-Effekt eine neue Ära in der Kosmologie.

1958 startete mit dem satellitengestützten Doppler-Navigationssystem (Transit) eine neue Ära der Navigation, Ortung und Vermessung.

1959 entwickelte Shigei Satomura und Ziro Kaneko die Doppler-Sonographie für die medizinische Diagnose.

1967 entstanden die ersten grundlegenden Arbeiten zur Laser-Doppler-Anemometrie (LDA).

## Literatur

- [1] Schuster, Peter: *Christian Doppler, weltbewegend - unbekannt*, Pöllauberg, Hainault, Atascadero, Oktober 2003
- [2] Grössing, Helmut, Kadletz, Karl: *Christian Doppler (1803-1853), 1. Bd.*, Wien, Köln, Weimar, 1992
- [3] Schuster, Peter: *Christian Doppler (1803-1853), 2. Bd., Das Werk*, Wien, Köln, Weimar, 1992
- [4] Stoll, I., Seidlerová, I., Schwippel, J., Pöss, O., Solc, M.: *The Phenomenon of Doppler, The Czech Technical University, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Prague, 1992*
- [5] Eden, Alec: *The Search for Christian Doppler*, Wien, New York, 1992
- [6] Dorschner, J., Müller, R., Kuhne, G., Wittig, J., Pfau, W., Marold, Th., Brosche, P., in: 150 Jahre Doppler-Effekt, *Die Sterne* 69, 1993, 313-365
- [7] Mach, E., Beiträge zur Dopplerschen Theorie. Ton- und Farbänderungen durch Bewegung. *Gesammelte Abhandlungen*. Prag, 1873; neu abgedruckt in: *Anm.* (3), S. 436-460
- [8] Schuster, Peter: Eine Rose für Christian Doppler, *Falter*, Wien, 1989
- [9] Schuster, Peter, Christian Strasser, Roland Floimair (Hrsg.): *Simon Stampfer, 1790-1864. Von der Zauberscheibe zum Film*, Schriftenreihe des Landespressebüros, Serie Sonderpublikationen Nr. 142, Salzburg, 1998
- [10] Doppler, Christian: *Abh. d. k. böhm. Ges. d. Wiss., V. Folge, Bd. 2*, Prag, 1843, S. 465-482; neu abgedruckt in: *Anm.* (3), S. 173-189
- [11] Mach, E. und Salcher, P.: Photographische Fixierung der durch Projektile in der Luft eingeleiteten Vorgänge, *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien* 95, 1887, S. 764-780; zB. auch: W. Gerhard Pohl, Peter Salcher und Ernst Mach, Schlierenfotografie von Überschall-Projektilen, *PLUS LUCIS*, 2/2002 - 1/2003, S. 22-26
- [12] Doppler, Christian: *Abh. d. k. böhm. Ges. d. Wiss., V. Folge, Bd. 5*, Prag, 1847, S. 293-306; neu abgedruckt in: *Anm.* (3), S. 216-227