

Ber. nat.-med. Ver. Salzburg	Band 13	S. 87-96	Salzburg 2001
------------------------------	---------	----------	---------------

## **CHRISTIAN ANDREAS DOPPLER LEBEN UND WERK EINES GROSSEN SALZBURGERS**

KARL FORCHER

Christian Doppler Fonds, Makartplatz 1, A-5020 Salzburg

Christian Andreas Doppler zählt heute mit Wolfgang Amadeus Mozart und Herbert von Karajan zu den weltweit bekanntesten Salzburgern. Die Erkenntnisse von Christian Doppler der Doppler-Effekt sind heute, mehr denn je, von grundlegender Wichtigkeit für viele Gebiete der Naturwissenschaften, Technik und Medizin und aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken.

### **1 Die Steinmetzfamilie Doppler**

Die Familie Doppler, eine Steinmetzdynastie, kam ursprünglich aus der Gmain (Großgmain), betrieb das Steinmetzgewerbe in Himmelreich bei Salzburg, um dann in die Neustadt zu kommen und sich im Bereich des heutigen Makartplatzes niederzulassen. An der damals noch bestehenden Stadtmauer wurde in der jetzigen Theatergasse und am Makartplatzes ein Steinmetzbetrieb aufgebaut. Die ursprünglich einstöckigen Gebäude entlang der Stadtmauer beherbergten die notwendigen Werkstätten, zu denen neben den typischen Lager- und Arbeitsräumen eines Steinmetzes auch eine Schmiede gehörten. Diese Schmiede wurde zur Herstellung von schmiedeeisernen Werkstücken, wie Grabkreuzen, Verankerungen der schweren Steine aber vor allem zur Herstellung und Bearbeitung der Steinmetzwerkzeuge benötigt. 1791 wurde ein Plan zur Aufstockung eines Gebäudes eingereicht. In diesem neuen Haus befanden sich neben den Räumen zur Planung und Verwaltung des Unternehmens auch die Wohnräume der Familie Doppler. Diese Haus, heute Makartplatz 1, war, wegen der schlechten wirtschaftlichen Verhältnisse, eines der ganz wenigen Häuser, die in Salzburg in dieser unruhigen Zeit gebaut wurden. Es ist heute das einzige Haus in der ganzen Stadt Salzburg, das mit seiner Fassade aus dem frühen Klassizismus, in seiner gesamten Bausubstanz seit damals nahezu unverändert erhalten ist.

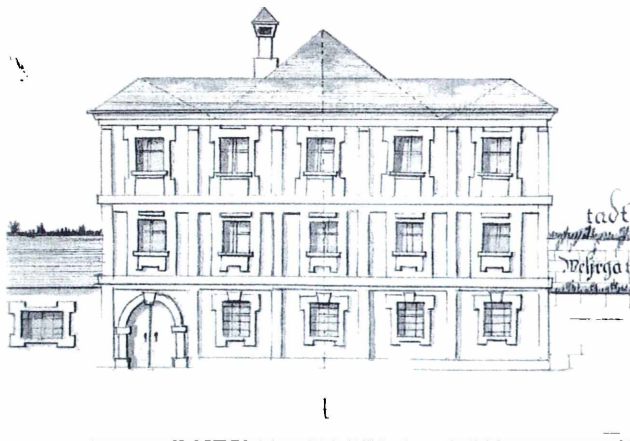


Abb. 1: Christian Doppler Geburtshaus, Ausschnitt des Originalplanes von 1791 (Salzburger Landesarchiv)

Die Stadtmauer, an die es angebaut wurde, und deren Reste sich in den Fundamenten des Hauses finden, war ursprünglich nicht so sehr als militärischer Schutz gegen Feinde gebaut worden, sondern vielmehr als Schutzeinrichtung gegen die Hochwässer der damals noch unregulierten Salzach. Über das wesentlich breitere Flussbett der Salzach hatte die Familie Doppler praktisch Blickkontakt zu ihrer weiteren Betriebsstätte in der Griesgasse Nr. 8. Der Steinmetz Doppler war ein wirtschaftlich erfolgreiches Unternehmen, was sich nicht nur durch die drei Standorte Makartplatz, Griesgasse und Himmelreich manifestiert, sondern für jedermann erkennbar, auch an den Signaturen an den Grabdenkmälern beispielsweise auf dem Sebastiansfriedhof an der Linzergasse. In genau diesem Friedhof befindet sich auch die große, prunkvolle Grabstätte der Familie Doppler, die man natürlich auch als "Werbung" für den Steinmetzbetrieb auffassen kann. Hauptsächlich wurden die berühmten und bekannten Salzburger Dekorgesteine Untersberger Marmor und Adneter Marmor verwendet. Am Untersberg hatten die Doppler sogar selbst einen Steinbruch gepachtet, ebenso wie am damals noch salzburgischen, heute bayerischen Högl, wo der graue Flyschsandstein gebrochen wurde. Dieser wurde wegen seiner Hitzebeständigkeit als Stützen für die Salzsudpfannen in Hallein benötigt. Außerdem wurden die Treppen im Dopplerhaus am Makartplatz 1 aus diesem Material gefertigt.

Weitere Spuren hinterließen die Steinmetze Doppler auch in der Umgebung der Stadt Salzburg. Die bekannteste ist wohl der berühmte Dopplersteig auf den Untersberg. Er wurde Zeitraum zwischen 1860 und 1870 gebaut, wobei das Herausarbeiten der Stufen durch die Dopplerwand natürlich die Hauptaufgabe

darstellte, die von den Steinmetzen Doppler, also Neffen bzw. Großneffen von Christian A. Doppler, durchgeführt wurde. Diesen Steinmetzen und nicht dem Physiker Doppler verdanken dieser Weg und auch die Wand, durch die er führt, ihren Namen. Der direkte Nachfolgebetrieb des Steinmetzunternehmens Doppler, Steinmetz Gollackner ist bis zum heutigen Tage in diesem Gewerbe tätig.

Christian Andreas Doppler wurde am 29. November 1803 um 14.00 Uhr im Haus Makartplatz 1, in Salzburg geboren.

Der Vater von Christian Doppler war Johann Baptist Doppler, Steinmetzmeister und die Mutter Theresia Doppler, geborene Seeleuthner.

## **2 Das Leben von Christian Doppler**

Christian Doppler wuchs in dem Steinmetzbetrieb auf, besuchte die Volksschule und arbeitete im elterlichen Gewerbe mit. Er fertigte Zeichnungen an und versuchte sich auch an der Umsetzung seiner Entwürfe. Der Vater Johann B. Doppler musste jedoch erkennen, dass der junge Christian für den schweren Beruf eines Steinmetzes über eine viel zu schwache körperliche Konstitution verfügte und daher für diesen Beruf nicht geeignet war. Also fragte er den Professor für Mathematik und Physik am Salzburger Lyceum Simon Stampfer um Rat. Stampfer, ein großer - völlig zu Unrecht weitgehend unbekannter Salzburger Naturwissenschaftler, erkannte das große mathematische und physikalische Talent von Christian Doppler und riet dem Vater, die weitere Ausbildung des Sohnes zu veranlassen. Christian Doppler besuchte die Deutsche Normalschule in Linz, der damaligen Kreishauptstadt. Nach dem Abschluss übersiedelte er 1821 nach Wien, wo er die Studien der Mathematik, Physik und Geometrie am Polytechnischen Institut, der heutigen Technischen Universität, aufnahm. Nach dem erfolgreichen Abschluss musste Doppler nach Salzburg zurückkehren, um hier am Lyceum bei Stampfer die Matura nachzuholen. Nach der Hälfte der vorgeschriebenen 6 Semester hatte Doppler diese Aufgabe bewältigt und schloss die philosophischen Studien ebenfalls in Salzburg an. Neben diesen Aufgaben erlernte noch die modernen Fremdsprachen Englisch, Französisch und Italienisch. Zudem absolvierte er eine kaufmännische Ausbildung zum Handelsbuchhalter. 1829 kehrte nach Wien zurück und trat am Polytechnischen Institut eine Assistentenstelle beim Mathematiker Professor Hantschl an. Obwohl Doppler sich dort in Lehre und Forschung bewährte, seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten veröffentlichte, musste er, wegen des Auslaufens seines Vertrages, nach 4 Jahren das Polytechnische Institut verlassen.

Im biedermeierlichen Österreich hatten die Naturwissenschaften keinen besonders hohen Stellenwert und so war es Christian Doppler unmöglich eine adäquate Anstellung als Wissenschaftler zu finden. Er hielt sich finanziell als Handelsbuchhalter einer Manufaktur in Bruck an der Mur über Wasser, war jedoch mit seiner persönlichen Situation völlig unglücklich. Daher fasste er den Entschluss

in die USA auszuwandern. Um sich die Reise finanzieren zu können, musste er jedoch sein gesamtes Hab und Gut verkaufen. Besonders schmerzlich muss für einen jungen Wissenschaftler in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Veräußerung all seiner Bücher gewesen sein.

Bereits auf der Reise erhielt er zwei Stellenangebote als Professor an höheren Schulen. Er schlug das Angebot aus Bern in der Schweiz aus und entschied sich aus patriotischen Gründen für die schlechter bezahlte Stelle als Professor für Mathematik und Handelsbuchhaltung an der Ständischen Realschule in Prag. Nach der Übersiedelung nach Prag 1835 und mit der fixen Anstellung auch finanziell abgesichert, heiratete er die Tochter eines Salzburger Goldschmiedemeisters Mathilde Sturm. Aus dieser Verbindung sollten in der Folge 5 Kinder entstammen.

Die für Christian Doppler wissenschaftlich fruchtbarste Zeit in Prag begann er als supplierender Professor für Mathematik und Physik am Technischen Institut, heute Technische Universität Prag, 1838. 1841 wurde er zum Ordentlichen Professor für Mathematik und Physik berufen und Mitglied der Böhmisches Akademie der Wissenschaften. Am 25. Mai 1842 stellte er sein Hauptwerk "Über das farbige Licht der Doppelsterne" - in dem er den Dopplereffekt beschreibt - vor.



Abb.2: Christian Doppler Daguerrotypie, Prag 1844

Er verfasst in der Folge eine Vielzahl von Werken, bis er mit seiner Familie 1847 Prag verlässt und nach Schemnitz in Westungarn, heute Slowakei, geht. An der dortigen Bergakademie wird er Bergrat und Professor für Mathematik, Physik und

Mechanik. Vor dem Ungarnaufstand flüchtet die Familie schon 1849 nach Wien, wo Doppler am Polytechnischen Institut seinem Entdecker, Lehrer und Gönner Simon Stampfer als Professor für praktische Geometrie nachfolgt. Doppler und Stampfer standen zeitlebens in engem, zumindest brieflichen Kontakt miteinander.

Am 17. Jänner 1850 wird Christian Doppler vom jungen Kaiser Franz Josef per Dekret zum Direktor des neugegründeten Physikalischen Institutes an der Universität Wien berufen. Er beschäftigt sich nun hauptsächlich mit der Suche nach einem Institutsgebäude, das er in Erdberg findet, sowie mit der Einrichtung des neuen Institutes. Bereits 1852 muss Christian Doppler, schwer von seiner Lungenerkrankung gezeichnet, deren Wurzeln vermutlich schon in seiner Kindheit im staubigen Steinmetzbetrieb zu suchen sind, nach Venedig reisen, um dort Linderung zu suchen.

Am 17. März 1853 verstirbt Christian Andreas Doppler in den Armen seiner eilig herbeigereisten Frau in Venedig und wird am Friedhof San Michele begraben.

### 3 Der Doppler-Effekt

Für das Auftreten des Doppler-Effektes sind Wellen, die von einem Sender ausgesendet und von einem Empfänger aufgenommen werden, und eine Relativbewegung zwischen Sender und Empfänger notwendig.

Bewegt sich der Sender zum Empfänger, oder der Empfänger zum Sender hin, werden die ausgesandten Wellen "gestaucht" wahrgenommen. Es kommt zu einer Frequenzerhöhung der empfangenen Wellen.

Bewegt sich hingegen der Sender vom Empfänger weg, oder der Empfänger vom Sender, werden die Wellen "gedehnt" wahrgenommen. Es kommt zu einer Frequenzerniedrigung beim Empfangen der Wellen.

So wird beispielsweise das Motorengeräusch eines Rennwagens beim Annähern höher, beim Entfernen des Autos jedoch tiefer gehört.

$$\Delta f = f_0 \cdot v/c$$

Frequenzänderung = Ausgangsfrequenz mal Bewegungsgeschwindigkeit durch Ausbreitungsgeschwindigkeit

Der Doppler-Effekt gilt für alle Arten von Wellen und bei jeder Frequenz.

Christian Doppler erlitt das Schicksal vieler großer Geister: Der Doppler-Effekt fand in der Lebenszeit von Doppler keine wissenschaftliche Anerkennung. Besonders der Wiener Professor Josef Petzval behauptete, dass es nicht möglich sei, etwas so Bedeutsames in einer Arbeit von acht Seiten, die noch dazu nur auf einfachen Gleichungen beruhte, darzustellen. "Ohne Anwendung von Differentialgleichungen könne man unmöglich in die "große Wissenschaft" eintreten."

1845 führte der junge, niederländische Physiker Christoph Buys Ballot ein Experiment durch um, seine Zweifel an der Doppler'schen Theorie zu bestätigen. Er postierte Musiker Hornisten auf einem offenen Eisenbahnwaggon und auch entlang der Bahnstrecke zwischen Utrecht und Maarsen. Diese Eisenbahn konnte auf der ebenen Strecke eine Geschwindigkeit von 40 Meilen erreichen.

Er ließ die Musiker am Zug einen bestimmten Ton spielen, der von den Musikern am Bahndamm bei Annäherung um eine Halbton höher und bei Entfernung des Zuges um einen Halbton tiefer gehört wurde. Der gleiche Effekt wurde erzielt, wenn die stationären Musiker spielten und die bewegten Musiker auf dem Zug die Tonhöhe protokollierten. Buys Ballot setzte also die trainierten Ohren von Musikern sozusagen als Frequenzmessgeräte ein.

Doch obwohl nun auch der experimentelle Beweis für die Doppler-Theorie geglückt war, blieb diese noch lange höchst umstritten. Erst der Wiener Physiker Ernst Mach verhalf mit seinen Forschungen über Überschallphänomene (Überschallknall, Mach'scher Kegel) dem Doppler-Effekt zum wissenschaftlichen Durchbruch.

### **3.1 Einige moderne Anwendungen des Doppler-Effektes**

#### **3.1.1 Astronomie**

Christian Doppler hat den Doppler-Effekt zum ersten Mal in einer astronomischen Arbeit "Über das farbige Licht der Doppelsterne" veröffentlicht. Bis zum heutigen Tage sind die Erkenntnisse der modernen Astronomie ohne Doppler-Effekt völlig undenkbar. Alle Geschwindigkeiten im All sind uns nur durch die Doppler-Beziehung zugänglich geworden.

Die Messung erfolgt mittels der, für jedes chemische Element typischen Auslöschungslinien, der Fraunhofer'schen Linien, im Spektrum des Sternenlichtes. Sind diese Linien in Richtung des roten Bereiches im Spektrum verschoben, die sogenannte Rotverschiebung, heißt das laut Doppler-Prinzip, dass die Lichtwellen "gedehnt" bei uns ankommen. Der Stern bewegt sich also von uns weg, und je nach Ausmaß der "Dehnung" der Lichtwellen kann man aber auch die Geschwindigkeit dieser Bewegung messen. Betrachtet man die Lichtwellen der Sterne fremder Galaxien, so wird man feststellen, dass die Lichtwellen "gedehnt" bei uns ankommen, und je größer die Entfernung, desto stärker ist auch die Rotverschiebung, also ist die Geschwindigkeit höher. Diese Beobachtungen lassen sich heute mit der Urknalltheorie erklären: Am Beginn des Universums war die gesamte Materie auf engstem Raum konzentriert. Seit dem Urknall dehnt sich das Universums aus.

### 3.1.2 Geschwindigkeitsradar

Die Verkehrspolizei überwacht die Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von Fahrzeugen mit Radaranlagen, die entweder an festen Standorten montiert sind, oder auch mobil in Fahrzeugen untergebracht werden können. Diese Geräte senden elektromagnetische Wellen (Radarwellen) mit einer bekannten Frequenz aus. Von einem Fahrzeug werden die Radarwellen reflektiert, damit wird dieses Fahrzeug zum Sender der reflektierten Wellen. Nähert sich das Fahrzeug der Sende- und Empfangseinheit wird die Frequenz durch den Doppler-Effekt erhöht empfangen. Entfernt sich das Fahrzeug hingegen von dem Radargerät, wird die Frequenz der reflektierten Wellen erniedrigt. Durch einen Vergleich der bekannten Ausgangsfrequenz mit der empfangenen Frequenz kann mit dem Doppler-Gesetz genau die Geschwindigkeit des Fahrzeuges errechnet werden.

### 3.1.3 Navigation

Die Geschwindigkeit ist ein wichtiger Parameter der Navigation.

Ein Flugzeug kann nur seine Geschwindigkeit relativ zur Luft direkt messen, bei Gegen-, Seiten- oder Rückenwind kommt es aber zu erheblichen Fehlmessungen. Sendet man Radarwellen zum Boden, werden diese dort reflektiert und zum Flugzeug zurückgesendet. Aufgrund der durch den Doppler-Effekt verursachten Frequenzverschiebung zwischen abgestrahlten und empfangenen Wellen, kann die tatsächliche Geschwindigkeit über dem Boden genau bestimmt werden. Auch im umgekehrten Fall kann der Luftraumbeobachter die Geschwindigkeit von fliegenden Objekten durch die Doppler-Frequenzverschiebung der Radarwellen feststellen.

Satelliten senden Funksignale auf einer genau bekannten Frequenz. Mit der Doppler-Frequenzverschiebung kann die Geschwindigkeit, als wichtige Information für die Steuerung von der Erde aus, festgestellt werden.

Eine wichtige Navigationshilfe für die Luftfahrt ist das Doppler-VOR (very high frequency omnidirectional radio range), das die Luftstraßen markiert. Eine zentrale Antenne, die das Bezugssignal sendet ist von 50 festen im Kreis mit 13,5 m Durchmesser aufgestellten Antennen umgeben, an die nacheinander, kurzzeitig ein variables Signal geschaltet wird. So wird eine Kreisbewegung erstellt. Das variable Signal erzeugt eine Phasenverschiebungen zum Bezugssignal mit deren Hilfe auch geringste Kursabweichungen Fluglagen-unabhängig festgestellt werden können. Um Reflexionen in hügeligen und gebirgigen Gebieten auszuschalten, wird nun auch die Doppler-Frequenzverschiebungen des variablen Signals erfasst. Es läuft kurz auf das Flugzeug zu und entfernt sich dann wieder von ihm. An Bord werden zyklische Frequenzveränderungen beobachtet, die eine reflexionssichere und damit Hindernis-unabhängige Navigation garantieren.

### 3.1.4 Doppler-Ultraschall in der Medizin

Die weltweit bekannteste Anwendung des Doppler-Effektes stellt die Doppler-Ultraschalluntersuchung dar.

Bei einer Ultraschalluntersuchung werden Schallwellen in den Körper gesendet. Die Frequenz dieser Wellen liegt deutlich über der menschlichen Hörgrenze und beträgt zwischen 2 und 10 MHz. Die Schallwellen werden von verschiedenen Geweben unterschiedlich reflektiert. Die reflektierten Wellen werden in Grauskalenbilder umgewandelt, die dem Arzt einen unblutigen Blick in das Innere des Körpers ermöglichen. Der Doppler-Effekt kommt wiederum bei der Messung von Geschwindigkeit zum tragen. Die Schallwellen werden dabei von den roten Blutkörperchen im fließenden Blut reflektiert. Analog zum Geschwindigkeitsradar der Polizei werden sie damit zu Wellensendern, und je nachdem wie stark "gestaucht" bzw. "gedehnt", d.h. mit welcher Frequenz im Vergleich zur Ausgangsfrequenz, die reflektierten Wellen empfangen werden, können sowohl Blutflussrichtung aber vor allem auch die Blutflussgeschwindigkeit genau bestimmt werden.

Mit dieser Methode können - ohne schädliche Nebenwirkungen - Verschlüsse, es wird keine Geschwindigkeit mehr gemessen, und auch Verengungen, an den Engstellen muss das Blut mit höherer Geschwindigkeit fließen, der Blutgefäße genau lokalisiert werden. Wo genau eine solche Engstelle oder Verstopfung eines Gefäßes vorliegt ist sowohl bei Vorbeugemaßnahmen gegen Schlaganfall und Herzinfarkt als auch bei der Nachsorge von entscheidender Bedeutung. Mit speziellen Einrichtungen können auch ansonsten schwer zugängliche Stellen, wie Gefäße im Gehirn, untersucht werden.

Bei pränatalen Untersuchungen mit dem Doppler-Ultraschall wird die Versorgung von Fötus und Placenta untersucht.

Die behandelnden Ärzte können dann über die weitere Therapiemöglichkeiten fundiert entscheiden.

### 3.1.5 Weitere Anwendungen

Es bestehen in der modernen Wissenschaft und Technik noch viele Anwendungen des Doppler-Effektes, von denen einige angeführt seien:

Untersuchungen mit dem Mößbauer-Effekt, der den Doppler-Effekt zur gezielten Frequenzänderung von Gamma-Wellen benutzt, werden in der Physik und Materialkunde durchgeführt.

In der Meteorologie werden die Geschwindigkeiten von Wettersystemen, wie Schlechtwetterfronten, Tornados etc. mit dem Doppler-Radar gemessen. Die Radarwellen werden dabei von den winzigen Wassertropfchen reflektiert.

Die Erdvermessung (Geodäsie) mittels Satelliten ist ohne Nutzung des Doppler-Effektes nicht denkbar.



Die Geschwindigkeiten von extrem heißen Abgasen von Verbrennungsmotoren, Kolben- und Strahltriebwerken, können nur berührungsfrei erfasst werden. Dabei wird ein Laserstrahl teilweise an den Rußpartikeln reflektiert und die Doppler-Frequenzdifferenz der Lichtwellen lassen die Geschwindigkeit genau bestimmen.

#### **4 Christian Doppler heute in Salzburg**

Die erste Ehrung in Salzburg erfuhr Christian Doppler anlässlich seines hundertsten Geburtstages durch eine Gedenktafel der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde an seinem Geburtshaus.

Alle weiteren Erinnerungshinweise stammen aus der jüngsten Vergangenheit:

Beim Salzburg Airport, als Anwender des Doppler-Effektes in der Flugnavigation, schmückt eine Bronzeskulptur Christian Dopplers den Christian-Doppler-Platz.

Im Stadtteil Lehen führt die Christian-Doppler-Straße zum Christian Doppler Gymnasium, vor dem ein Christian Doppler Brunnen entsteht.

Die ehemalige Landesnervenklinik, wo der Doppler-Effekt tagtäglich unzählige Male verwendet wird, um Patienten zu untersuchen, trägt nun den Namen Christian Doppler Klinik.

Die Konditorei Fürst hat dem berühmten Salzburger Physiker das Doppler Kon(ef)fekt gewidmet.

Im stark besuchten Salzburger Naturkundemuseum Haus der Natur befindet sich eine große Christian Doppler Dauerausstellung mit Experimenten. Das Haus der Natur ist täglich von 9 - 17 Uhr geöffnet.

Der Christian Doppler Fonds hat auf Initiative seines Präsidenten Landeshauptmann Schausberger 1998 in der Originalwohnung der Familie Doppler, in genau jenen Räumen, in denen Christian Doppler geboren wurde, die Christian Doppler Forschungs- und Gedenkstätte eingerichtet. Die Gedenkstätte kann Dienstag und Mittwoch jeweils von 9 - 12 und 13 - 15 Uhr besichtigt werden.

#### **5 Literatur**

EDEN A. (1992): The Search for Christian Doppler. - Springer-Verlag, Wien - New York

EDEN A. (1988): Christian Doppler - Thinker and Benefactor. -Christian Doppler Institute for Medical Science & Technology, Salzburg

GRÖSSING, H. & K. KADLETZ (1992): Christian Doppler (1803 - 1853), 1. Band - Perspektiven der Wissenschaftsgeschichte Band 9/1, Böhlau Verlag, Wien Köln - Weimar

SCHUSTER, P. (1992): Christian Doppler (1803 - 1853), 2. Band - Perspektiven der Wissenschaftsgeschichte Band 9/2, Böhlau Verlag, Wien - Köln - Weimar

- SCHUSTER, P & CHRISTIAN STRASSER & ROLAND FLOIMAIR (Hrsg.) (1998): Simon Stämpfer (1790 - 1864) - Von der Zauberscheibe zum Film. - Land Salzburg, Amt der Salzburger Landesregierung, Schriftenreihe des Landespressebüros, Salzburg
- ZWINK, E. (Hrsg.) (1988): Christian Doppler - Leben und Werk. - Land Salzburg, Amt der Salzburger Landesregierung, Schriftenreihe des Landespressebüros, Serie Sonderpublikationen Nr.76, Salzburg