



Im Lehrplan der AHS Österreichbezug herstellen

STEFAN, BRUNNER
stefanbrunner4@gmail.com

Zusammenfassung

In diesem Beitrag soll erörtert werden, an welchen Punkten des AHS-Lehrplans für Physik ein gewinnbringender Bezug zu Österreich hergestellt werden kann. Durch die fächerübergreifenden Elemente, die dadurch entstehen, werden vernetzte Denkmuster gefördert und unterschiedliche Interessen angesprochen. In der Unterstufe können die Leistungen von österreichischen Physikerinnen und Physikern im Bereich der Mechanik, Thermodynamik und Kernphysik angesprochen werden. Auch die Geschichte um das Kernkraftwerk Zwentendorf spielt hier eine Rolle. Wenn in der Oberstufe die moderne Physik unterrichtet wird, dürfen die Leistungen der vielleicht berühmtesten Physiker der Geschichte Österreichs, Erwin Schrödinger und Wolfgang Pauli, nicht fehlen. In der aktuellen Forschung haben sich Anton Zeilinger und Lisa Kaltenegger einen Namen gemacht. Die Beiträge letzterer können genutzt werden, um Schülerinnen dabei zu helfen, Identifikationsmöglichkeiten mit der Physik zu finden.

1 Einleitung

Die Inspiration zu diesem Beitrag kam aus dem Lehrplan für das Unterrichtsfach Geografie und Wirtschaftskunde. Hier steht geschrieben, dass das Thema Österreich in jeder Schulstufe behandelt werden sollte (BMBWF, 2022). In diesem Beitrag wird versucht, dieses Vorhaben auf den AHS Lehrplan für Physik umzulegen und dadurch die Vorteile fächerübergreifenden Unterrichts zu nutzen. Für den Österreichbezug dienen vor allem österreichische Physikerinnen und Physiker aber auch Ereignisse mit physikalischem Hintergrund, die eine große Bedeutung in der Geschichte Österreichs und der Physik hatten. Als roter Faden dient der Lehrplan der AHS, der Aufbau des Beitrags folgt diesem. Schulstufe für Schulstufe wird der Lehrplan dahingehend analysiert, wie ein sinnvoller Österreichbezug hergestellt werden kann. Die Auswahl der dafür herangezogenen Physikerinnen und Physiker ist subjektiv, es wurden die nach Meinung des Autors bekanntesten Vertreterinnen und Vertreter ausgewählt. Die Beiträge österreichischer Forscherinnen und Forscher reichen bis ins 19. Jahrhundert zurück. Der erste österreichische Physiker, der auch heute noch international bekannt ist, war Christian Doppler. Gekrönt wurden diese österreichischen Leistungen, mit den Beiträgen Schrödingers und Paulis zur modernen Physik (Kuchar, 2000).

2 Warum fächerübergreifender Unterricht?

Durch die Herstellung eines Österreichbezugs im Physikunterricht kann das Potential von fächerübergreifendem Unterricht genutzt wer-

den. Aufgrund der historischen Aspekte werden vordergründig die beiden Fächer Physik und Geschichte in Verbindung gebracht. Jedoch fließen auch Elemente aus Geografie und Philosophie ein. Aus Geografie, weil die Veränderung der Staatengrenzen bei der Staatszugehörigkeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Rolle spielt und Philosophie, weil die großen Denker, die in dieser Arbeit behandelt werden, nicht nur auf der Suche nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten und Erklärungen waren, sondern auch nach der Natur der menschlichen Erkenntnis. Durch die Verbindung von Elementen in fächerübergreifenden Arbeitsphasen, können Einsichten in Lebenszusammenhänge und Problemlösungsansätze gewonnen werden, die sich nicht aus der alleinigen Betrachtung einer Fachdisziplin erschließen lassen. Den Schülerinnen und Schülern kann so eine multiperspektivische Sicht auf die Inhalte geboten und die Vielschichtigkeit der Inhalte aufgezeigt werden. Das fördert den Kompetenzerwerb. Die Schülerinnen und Schüler können so vernetzte Denkmuster entwickeln, die ihnen beim Lösen von Problemen helfen (Homann, et al., 2011). Auch der Lehrplan fordert fächerübergreifenden Unterricht, wenn das behandelte Thema das Zusammenwirken verschiedener Schulfächer erfordert. So wird es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, sich selbstständig Wissen in größeren Zusammenhängen anzueignen (BMBWF, 2022). Auch aus Sicht der Interessensforschung erscheint ein fächerübergreifender Unterricht sinnvoll. Während Physik nicht zu den beliebtesten Fächern der Schülerinnen und Schüler zählt, ist beispielsweise Geschichte auf der Beliebtheitsskala weiter vorne.

Bei der Interessensstudie von Herbst et al. (2017) belegte Geschichte im Ranking der beliebtesten Fächer Platz 5, Physik befand sich im Vergleich auf Platz 10 von 16. Zwischen Mädchen und Burschen gibt es hier wenig Unterschiede. Führt man sich die Heterogenität der Schülerinnen- und Schülergruppe vor Augen, machen fächerübergreifende Elemente im Unterricht also durchaus Sinn, um verschiedene Interessen anzusprechen.

3 Österreichbezug im Lehrplan herstellen

In diesem Kapitel wird der Lehrplan der AHS Schulstufe für Schulstufe beleuchtet. Dabei wird erörtert, wie sich ein gewinnbringender Österreichbezug herstellen lässt. Jedes Unterkapitel widmet sich dabei einer Schulstufe.

3.1 2. Klasse

Im Lehrplan ist für die 2. Klasse AHS unter anderem folgender Themenbereich angeführt:

*Alle Körper bestehen aus Teilchen:
Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler immer intensiver mit dem Teilchenmodell und seinen Auswirkungen auf diverse Körpereigenschaften vertraut gemacht werden.
–Teilchenmodell aller Körper und wichtige Auswirkungen akzeptieren und verstehen;
–grundlegende Zusammenhänge zwischen dem Teilchenaufbau und grundlegenden Wärmephänomenen verstehen; Temperatur, Wärme, Wärmemenge und Wärmedehnung;*
BMBWF, 2022

Der erste große Name, der in diesem Themenfeld genannt werden muss, ist **Josef Loschmidt** (1821-1895). Er war der erste dem es gelang, den Durchmesser von Molekülen experimentell zu bestimmen. Damit berechnete er, wie groß die Anzahl an Teilchen ist, die eine gewisse Menge eines Stoffs enthält (Rath, 1996). Diese Anzahl der Teilchen in einem bestimmten Volumen, wird zu seinen Ehren als Loschmidt Konstante bezeichnet und gilt als seine bedeutendste wissenschaftliche Leistung. Loschmidt wurde in der Nähe von Karlsbad in Böhmen geboren, was damals noch zu Österreich gehörte. Da er sich bei der körperlichen Arbeit ungeschickt anstellte, ermöglichten ihm seine Eltern eine gehobene Bildung. Er absolvierte das Gymnasium und begann ein Chemiestudium, was er allerdings aufgrund von Geldmangel abbrach.

Anschließend war der talentierte Loschmidt erfolgreich in der chemischen Industrie tätig, aufgrund von Unglücksfällen gingen seine Unternehmen allerdings Konkurs, was ihn über Umwege zurück an die Universität nach Wien, wo er seine Forschungen, die er zuvor privat betrieb, weiterführte. Er befasste sich vor allem mit der physikalischen Chemie, der Gastheorie und der theoretischen Physik (Angetter & Maritschinig, 2005). Loschmidt war ein genialer Denker, das genaue Ausarbeiten seiner Ideen bereitete ihm jedoch weniger Freude. Das große Ganze interessierte ihn mehr als praktische Details. Dies mag ein Grund dafür sein, dass ihm der ganz große Ruhm verwehrt blieb (Rath, 1996). Zeitlebens galt sein größtes Interesse den philosophischen Anschauungen der Naturwissenschaften, was er seinem Förderer, dem österreichischen Philosophen Franz Exner, verdankte (Angetter & Maritschinig, 2005). Zwei Namen, die beim Unterricht des Themengebiets Teilchenmodell gemeinsam genannt werden müssen, sind **Ludwig Boltzmann** (1844-1906) und **Ernst Mach** (1838-1916). Ihre Sichtweisen und Forschungen zeigen, dass die Atomhypothese, so akzeptiert sie heute auch ist, zu Zeiten ihrer Formulierung ein kontroverses Thema war. Boltzmann trug entscheidendes zu ihrer Durchsetzung bei, Mach versuchte sie zu widerlegen (Rath, 1996). Boltzmann wurde 1844 in Wien geboren, einen Teil seiner Kindheit verbrachte er in Salzburg. Während seiner wissenschaftlichen Karriere war er unter anderem als Professor für Mathematik, Experimentalphysik und theoretische Physik tätig. Boltzmann gehörte zu den letzten herausragenden Vertretern der klassischen Physik und legte den Grundstein für die moderne Physik. Er begründete die Hauptsätze der Thermodynamik mit dem Mittel der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Angetter & Maritschinig, 2005). Sein Lehrer Josef Stefan entdeckte das T^4 -Strahlungsgesetz, Schüler Boltzmann begründete es mathematisch (Kuchar, 2000). 1906 nahm sich Boltzmann von einem Nervenleiden geplagt das Leben (Angetter & Maritschinig, 2005). Eine Inschrift auf seinem Grabstein am Wiener Zentralfriedhof erinnert an eine weitere bedeutende Leistung: Es gelang ihm im Bereich der kinetischen Gastheorie die Thermodynamik und die statistische Mechanik zu verbinden, wobei er die Entropie mit seiner berühmten Formel $S=k \ln W$ beschrieb (Kuchar, 2000). Boltzmann gilt als Pionier der Atomtheorie. An diesem Punkt kreuzt sich sein wissenschaftlicher Weg mit dem von Ernst Mach, einem vehementen

Gegner der Atomtheorie. Bei Diskussionen über Atome entgegnete er mit dem Ausspruch: „Habens eins gsehn?“ Mach versuchte in den Naturwissenschaften auszuschalten, was nicht durch Erfahrung und Anschauung nachzuweisen war. So verfolgte er unhinterfragte Begriffe der Physik, auch mit großem Erfolg wie beispielsweise Newtons Vorstellung von absolutem Raum und Zeit. Einstein meinte gar Mach hätte auf die Relativitätstheorie kommen können, hätte sich die Physik zu diesem Zeitpunkt damit beschäftigt. Mach stellte die menschlichen Sinne in den Vordergrund und entwickelte dahingehend eine Erkenntnistheorie, die in der Philosophie große Beachtung fand. Auch wenn Mach bei der Atomtheorie irrte und Boltzmann recht behielt, schätzten sich die beiden sehr und hatten auch viele Gemeinsamkeiten. Beide galten als ausgezeichnete Lehrer, sie verband überdies eine Liebe zu Philosophie. Für Mach war in Wien ein Lehrstuhl für „Geschichte und Theorie der exakten Naturwissenschaften“ errichtet worden, nach Machs Schlaganfall übernahm Boltzmann diesen (Rath, 1996). Ernst Mach wurde 1838 in der Nähe von Brünn geboren, bereits zu Kindertagen war sein Interesse an Naturwissenschaften unbestritten. Er war unter anderem an der Universität in Prag tätig und hatte im damaligen Böhmen auch politische Funktionen inne (Angetter & Maritschinig, 2005). Als hervorragender Experimentator forschte er mit fliegenden Projektilen, wobei es ihm gelang mehrfach belichtete Aufnahmen zu generieren. So entdeckte er die nach ihm benannten Strömungskegel (Rath, 1996). Zu seinen Ehren wird das Verhältnis von Objektgeschwindigkeit zu Schallgeschwindigkeit als Mach-Zahl bezeichnet. Außerdem bestätigte er den Dopplereffekt und wurde so zu einem Pionier der Spektralastronomie (Angetter & Maritschinig, 2005).

3.2 3. Klasse

Im Lehrplan für die 3. Klasse AHS sind unter anderem folgende Themenkreise angeführt:

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler ein immer tiefergehendes Verständnis der thermischen Vorgänge in der unbelebten und belebten Welt gewinnen. –Die Alltagsbegriffe „Wärme“ und „Kälte“ als Bewegungsenergie der Aufbauteilchen der Körper sowie den Unterschied zwischen „Wärme“ und „Temperatur“ verstehen;

*–modellartig verschiedene Formen des Wärmetransportes und wichtige Folgerungen erklären können; Wärmeleitung, Wärmeströmung, Wärmestrahlung;
–Zustandsänderungen und dabei auftretende Energieumsetzungen mit Hilfe des Teilchenmodells erklären können;*

BMBWF, 2022

Wird die Thermodynamik behandelt, muss natürlich der Name Ludwig Boltzmann fallen. Sein Leben und Wirken wurde bereits im Unterkapitel zur 2. Klasse beschrieben, auf das an dieser Stelle verwiesen sei. In dieser Klassenstufe ist vor allem auf sein Wirken bezüglich der kinetischen Gastheorie und der mechanischen Wärmetheorie Bezug zu nehmen.

3.3 4. Klasse

Unter anderem hat der Lehrplan für die 4. Klasse folgendes Themenfeld vorgesehen:

*Das radioaktive Verhalten der Materie: Ausgehend von Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler soll ein grundlegendes Verständnis wichtiger Vorgänge in Atomkernen erzielt werden.
–Einsichten in Veränderungen im Atomkern als Ursache der „Radioaktivität“ gewinnen (Eigenschaften von Alpha-, Beta- und Gammastrahlen);
–radioaktiven Zerfall als ständig auftretenden Vorgang erkennen;
–grundlegende Vorgänge bei der Energieumsetzung in der Sonne, in Sternen und bei Kernreaktionen verstehen können (Kernfusion, Kernspaltung).*

BMBWF, 2022

Hier sind Österreichs wohl bekannteste Physikerin Lise Meitner und der steirische Nobelpreisträger Victor Hess zu nennen. Für eine Betrachtung der Pro- und Contra-Argumente der zivilen Nutzung von Kernenergie kann die Debatte um das geplante Kernkraftwerk Zwentendorf beleuchtet werden. **Lise Meitner** (1878-1968) wurde in Wien geboren und besuchte dort die Schule (Angetter & Maritschinig, 2005). Da es in Wien zur damaligen Zeit nur Knabengymnasien gab, musste Meitner, um studieren zu können, dort eine externe Matura ablegen. Auch sonst hatte sie es in ihrer wissenschaftlichen Karriere als Frau nicht leicht. Das chemische Institut in Berlin

durfte sie nur durch die Hintertür betreten, wobei damit für sie schon eine Ausnahme gemacht wurde. Die junge und talentierte Studentin besuchte unter anderem die Vorlesungen von Ludwig Boltzmann, dessen Vorträge sie begeisterten. Später wurde sie die erste Professorin in Preußen. Ihr Forschungsinteresse galt der damals neu entdeckten Radioaktivität. Erste Erfolge verzeichnete sie mit nur 23 Jahren bei der Erforschung der Beta Strahlung. Als der erste Weltkrieg einbrach, meldete Meitner sich freiwillig und wurde als Röntgenschwester eingesetzt. Anschließend folgte die große Zeit des Duos Lise Meitner und Otto Hahn. Hahn war der Chemiker, sie die theoretische Physikerin. Für die Entdeckung des Elements Protactinium wurden sie für den Nobelpreis nominiert. Nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten verschlechterten sich die Bedingungen für Lise Meitner (Rath, 1996). Sie war jüdischer Abstammung, auch wenn sie bereits 1908 zum evangelischen Glauben konvertierte. Meitner war gezwungen nach Schweden zu emigrieren (Angetter & Maritschinig, 2005). Zu dieser Zeit stand sie in intensivem Briefkontakt mit ihrem Forschungspartner Otto Hahn. Dem war es in der Zwischenzeit gelungen, durch den Beschuss von Uran Elemente zu erzeugen, die leichter als Uran waren. Meitner gelang mit der theoretischen Beschreibung dieses Phänomens, das fortan als Kernspaltung bekannt war, ihre wohl bekannteste wissenschaftliche Leistung. Für diese Entdeckung erhielt Hahn den Nobelpreis, Meitner ging leer aus, wenngleich sie während ihrer Laufbahn ebenfalls vielfach geehrt wurde (Rath, 1996). Um gendergerecht zu unterrichten ist es wichtig, den Schülerinnen Identifikationsmöglichkeiten mit dem Fach zu bieten. Das kann durch die Vorbildfunktion berühmter weiblicher Physikerinnen geschehen, wie es beispielsweise Lise Meitner und Lisa Kaltenegger sind (Kircher et al., 2015). Letztere findet im Abschnitt zur 8. Klasse Erwähnung.

Ein Mann, dem diese Ehre des Nobelpreises zu Teil wurde, der jedoch nicht so einen hohen Bekanntheitsgrad wie Meitner genießt, ist **Victor Hess** (1883-1964). Bereits als Kind wurde sein Interesse an der Physik geweckt, als ein Blitz in das Elternhaus einschlug. Der brillante Schüler und Student promovierte „sub auspiciis imperatoris“, er hatte in seiner ganzen Laufbahn nur Bestnoten zu verzeichnen. Anschließend übersiedelte er nach Wien, wo er sich dem Forschungsgebiet der Radioaktivität zuwandte. (Angetter & Maritschinig, 2005). Er beschäftigte

sich vorwiegend mit der Lufterlektrizität. Damals wurde angenommen, dass die Lufterlektrizität durch die Radioaktivität des Bodens verursacht werde und geschlussfolgert, dass sie deshalb mit zunehmender Höhe abnehmen müsse. Hess erwarb den Ballonführerschein und führte in seinen späten Zwanzigern dahingehende Messungen durch. Dabei stellte er fest, dass die Leitfähigkeit der Luft mit der Höhe zunahm. Die Quelle der rätselhaften Strahlung musste also von oben kommen (Rath, 1996). Später wurde diese Strahlung als Teilchenstrahlung identifiziert. Wie auch Meitner musste Hess nach der Machtübernahme der Nationalsozialisten das Land verlassen. Seine Frau war jüdischer Abstammung, darüber hinaus hatte er sich öffentlich gegen die Nationalsozialisten positioniert. Er wurde von einem befreundeten Gestapo-Offizier vor der Verhaftung gewarnt und flüchtete in die USA. Nach dem Abwurf der Atombomben über Hiroshima und Nagasaki galt sein Interesse dem Strahlenschutz (Angetter & Maritschinig, 2005). Nach Ende des zweiten Weltkriegs besuchte er noch oft sein Geburtsland Österreich, er blieb jedoch in Amerika. Eine weitere Errungenschaft seiner Beschäftigung mit der Radioaktivität ist ein Gerät zur Messung der Strahlung, einem Vorläufer des Geigerzählers. Bei seinen Experimenten zog er sich Radiumverbrennungen zu, weshalb sein Daumen amputiert werden musste. Den Nobelpreis erhielt er 1936 für die Entdeckung der kosmischen Höhenstrahlung (Rath, 1996).

Betrachtet man die Geschichte der Kernkraft in Österreich fällt einem sofort das erbaute, jedoch nie in Betrieb genommene Kernkraftwerk im Niederösterreichischen **Zwentendorf** auf. Der Spatenstich für dieses Kraftwerk erfolgte im Jahr 1972, es sollte bis zu 1,8 Millionen Haushalte mit Strom versorgen. Der Bau wurde 1976 abgeschlossen, der Bescheid zur Inbetriebnahme war jedoch noch nicht ausgestellt. In der Bevölkerung regte sich Widerstand gegen das Kernkraftwerk. Der damalige Bundeskanzler Bruno Kreisky beschloss die Abhaltung einer Volksabstimmung über die Frage der Inbetriebnahme, an deren Ausgang er seine politische Zukunft knüpfte. Bei einem negativen Ausgang kündigte er seinen Rücktritt an. 1978 fand die Volksabstimmung statt, 1 576 839 Stimmen wurden dabei abgegeben. Das Thema spaltete die Meinungen wie kaum ein anderes, dementsprechend knapp war das Ergebnis. 49,53 % stimmten für die Inbetriebnahme, 50,47 % dagegen. Ein Unterschied von etwa 30 000 Stim-

men war genug, um die Inbetriebnahme zu verhindern. Die österreichische Energiepolitik wurde dadurch nachhaltig geprägt. Für die speziell ausgebildeten Angestellten des AKWs brach eine Welt zusammen, sie konnten ihren Beruf nicht ausüben. Kreisky trat allerdings nicht zurück. Hunderte Millionen waren bereits in das Kraftwerk geflossen, für das Abhalten einer Abstimmung nach dem Bau wurde Österreich international belächelt. In der Folge wurde das Kraftwerk in der Hoffnung auf eine spätere Inbetriebnahme für fast zehn Jahre konserviert, was die Kosten auf insgesamt eine Milliarde Euro ansteigen ließ. Nachdem sich sämtliche Hoffnung auf eine Inbetriebnahme zerschlug, wurde das Kraftwerk anderweitig genutzt. Es gab Pläne für ein Gaskraftwerk, die allerdings wieder verworfen wurden. Auch originelle bis abstruse Ideen waren im Gespräch, wie ein Museum der fehlgeleiteten Technologien, ein Abenteuerland oder ein Friedhof der Senkrechtbestatteten. Verwirklicht wurde allerdings die Einrichtung eines Sicherheitstrainingszentrums für Angestellte aktiver Atomkraftwerke. Später wurde das AKW einem größeren Publikum geöffnet, Führungen erfreuen sich großer Beliebtheit. Aktuell wird das Gelände unter anderem für Tagungen, Firmen-Events, Fotoshooting oder Musikfestival genutzt. Das AKW Zwentendorf ist auch als Location für Filmproduktionen gefragt (Zach, 2019). Wird im Physikunterricht das Thema Atomkraftwerk angesprochen, darf die Geschichte rund um das geplante AKW Zwentendorf auf keinen Fall fehlen. Es bieten sich Pro- und Contra-Diskussionen an, bei denen die Schülerinnen und Schüler in die Rollen der einzelnen Parteien schlüpfen.

3.4 5. Klasse

Auszug aus dem Lehrplan für die 5. Klasse:

-Größenordnungen im Mikro- und Makrokosmos; Stellung im Universum
-Mechanik I: Relativität von Ruhe und Bewegung, Bewegungsänderung durch Kräfte, Newton'sche Bewegungsgleichung, geradlinige und kreisförmige Bewegung, Gravitation
-Thermodynamik: Energie, Energieerhaltung, Teilchenmodell, Entropie, thermodynamische Hauptsätze, nachhaltiger Umgang mit Energie
 BMBWF, 2022

Betrachtet man die Relativität von Ruhe und Bewegung, muss man die Forschungsarbeit von

Ernst Mach ansprechen, dessen Denkweise auch von Einstein gewürdigt wurde. Da sein Leben und Wirken in dieser Arbeit bereits beschrieben wurde, wird an dieser Stelle nicht mehr darauf eingegangen. Dasselbe gilt für Ludwig Boltzmann, dessen Name untrennbar mit dem Themenbereich der Thermodynamik verbunden ist. An dieser Stelle wird dagegen der Physiker **Josef Stefan** (1835-1893) vorgestellt, nicht nur aufgrund seiner Beiträge zur Thermodynamik, sondern auch weil er ein Beispiel dafür ist, wie eng damals oft die Zusammenarbeit zwischen den Größen der Forschung war und dass man es auch weit bringen konnte, wenn man aus widrigen Verhältnissen stammte. Josef Stefan wurde in St. Peter bei Klagenfurt geboren, wo er in ärmlichen Verhältnissen aufwuchs. Seine Eltern waren Analphabeten. Trotz dieser ungünstigen Voraussetzungen gelang es ihm, am Gymnasium in Klagenfurt mit Auszeichnung zu maturieren. Anschließend übersiedelte er nach Wien, wo er Mathematik und Physik studierte. Wie viele andere seiner Physiker-KollegInnen war auch er im Lehramt tätig. 1866 wurde er zum Professor der theoretischen Physik der Universität Wien berufen. Hier forschte er gemeinsam mit den in diesem Beitrag bereits erwähnten Joseph Loschmidt und Ludwig Boltzmann. Trotz knappster Mittel gelangen ihnen zu dieser Zeit bahnbrechende Leistungen und Erkenntnisse. Berühmt wurde er durch die Entdeckung des Stefan-Boltzmann Strahlungsgesetzes gemeinsam mit Boltzmann, womit sie einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der Wärmestrahlung leisteten. Zu seinen bedeutendsten Arbeiten gehört auch die experimentelle Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Gasen. Die praktische Anwendung war ihm immer besonders wichtig. Er war gleichermaßen ein hervorragender Theoretiker wie auch ein begabter Experimentator (Angetter & Maritschinig, 2005).

3.5 6. Klasse

Auszug aus dem Lehrplan für die 6. Klasse:

Mechanik II: Impulserhaltung; Rotation und Drehimpulserhaltung
-Schwingungen und mechanische Wellen: Erzeugung, Reflexion und Brechung, Beugung und Interferenz, Resonanz, stehende Wellen
 BMBWF, 2022

Einer der berühmtesten Söhne der Stadt Salzburg, nicht umsonst wurden unter anderem

eine Klinik und ein Gymnasium nach ihm benannt, ist **Christan Doppler** (1803-1853). Er beschrieb den ebenfalls nach ihm benannten Effekt, der bei der Bewegung relativ zu Wellenfronten auftritt, ebenso simpel wie genial (Rath, 1996). Eigentlich sollte Doppler den Beruf des Kaufmanns erlernen, vor Beginn der Ausbildung ließ sein Vater jedoch die Fähigkeiten des jungen Dopplers im Rechnen von einem Mathematiker prüfen. Doppler schnitt dabei derart gut ab, dass man ihn das Polytechnische Institut in Wien absolvieren ließ. Anschließend war er unter anderem in Prag als Lehrer tätig, bevor ihn sein Weg an die Universität Prag führte, wo er zum Professor ernannt wurde. Dort publizierte er „Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels“, wobei er sich mit dem Einfluss des Bewegungszustands dieser Objekte auf das Licht beschäftigte. Während dieser Arbeiten entdeckte er den Doppler-Effekt im Alter von 39 Jahren. Somit wurde der Doppler-Effekt, der der Allgemeinheit eher in Bezug auf den Schall bekannt ist, im optischen Bereich entdeckt. Nach seiner Entdeckung fand der Doppler-Effekt vielfach Anwendung, Christan Doppler schuf damit die Grundlage der modernen Astrophysik (Angetter & Maritschinig, 2005). Die ganz große Anerkennung erhielt seine Entdeckung allerdings erst Jahre nach seinem Tod. Doppler war seiner Zeit weit voraus, z.B. mit seiner Erklärung der wechselnden Farben von Doppelsternen. Spektakulär ist auch die Tatsache, dass sich die Ausdehnung des Weltalls durch Überlegungen zu Frequenzveränderungen analog zum Doppler-Effekt beschreiben lässt. Neben seiner Forschung leistete er auch andere Beiträge zur Förderung der Naturwissenschaften. Er gründete das erste physikalische Hochschullaboratorium in Wien. Zu dieser Zeit stieg das Interesse an den Naturwissenschaften, was beispielsweise an der Einführung des Physikunterrichts an Mittelschulen zu beobachten war (Rath, 1996).

3.6 7. Klasse

Im Lehrplan der AHS für die 7. Klasse ist folgender Auszug zu lesen:

-Atomphysik: Licht als Überträger von Energie, Spektren, Absorption und Emission, Modell der Atomhülle

-Quantenphysik: Besonderheiten der Quantenwelt, Doppelspaltexperiment, Heisen-

berg'sche Unschärferelation, statistische Deutung

BMBWF, 2022

In der 7. Klasse wird der Übergang von der klassischen in die moderne Physik behandelt. Dieser Übergang fand in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts statt und wurde von **Erwin Schrödinger** (1887-1961) gekrönt. Eigentlich erscheint es überflüssig Schrödinger vorzustellen, seine Bedeutung für die Physik ist allgegenwärtig, nicht umsonst erhielt er 1933 den Nobelpreis (Kuchar, 2000). Schrödinger wurde in Wien geboren, wo er das akademische Gymnasium besuchte, bevor er mit dem Studium von Mathematik und Physik begann. Zu Beginn seiner wissenschaftlichen Karriere befasste er sich mit Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie. Nach dem ersten Weltkrieg ging er nach Zürich, wo er begann, sich mit Wellenmechanik zu beschäftigen (Angetter & Maritschinig, 2005). Zu Beginn des 19. Jahrhunderts fand man heraus, dass sich Licht in bestimmten Elementen so verhielt, als würde es aus Teilchen, sogenannten Quanten, bestehen. Dies läutete den Beginn der Quantenmechanik ein (Rath, 1996). Ebenso wie Einstein missfiel Schrödinger die Quantenmechanik. Er fühlte sich nach eigener Aussage erschreckt und abgestoßen. Schrödinger suchte nach einer „schöneren Theorie“. Einstein gab Schrödinger einen Hinweis auf die Arbeit von Louis de Broglie, was den Durchbruch bedeuten sollte. De Broglie maß der Materie sowohl Teilchen- als auch Welleneigenschaft zu, so auch dem Elektron. Schrödinger fand in dieser Welleneigenschaft den Ausgangspunkt für seine Theorie. Er stellte sich das Elektron als reales schwingendes System vor, vergleichbar mit einer Saite. So sei das Elektron nur zu ganz bestimmten Schwingungsformen fähig und könne so nur ganz bestimmte Energiewerte annehmen-die Brücke zu Bohrs stabilen Bahnen war geschlagen. Um die Elektronenwelle beschreiben zu können, benötigte er eine Wellengleichung, die Schrödinger-Gleichung war geboren. Diese lässt sich nicht ableiten. Feynman sagte dazu: „Die Schrödinger-Gleichung entsprang Schrödingers Kopf“. Schrödingers Arbeit stieß auf breite Zustimmung, es gab große Anerkennung (Rößler, 2019). Schrödinger erhielt völlig zurecht den Nobelpreis. Er hatte ein System geschaffen, mit dem das Atom beschrieben werden konnte. Dennoch war die Quantenmechanik weiterhin ein viel diskutiertes Feld, aus dem er sich 1933 zurückzog. Er flüchtete vor den Nazis nach Ir-

land und beschäftigte sich mit genetischer Forschung. In seinem Buch „Was ist Leben?“ postulierte er die Gene als Moleküle (Rath, 1996). Die Entdecker der DNA-Doppelhelix Crick und Watson wurden von diesem Buch in ihrer Forschung inspiriert (Kuchar, 2000). Anders als die ebenfalls vertriebenen Hess und Meitner kehrte er nach Österreich zurück, wo er auch starb. Er wurde inmitten der von ihm geliebten Berge begraben (Rath, 1996). Ein weiterer großer Name, der Bahnbrechendes zu dieser ereignisreichen Phase der Physikgeschichte beitrug, war **Wolfgang Pauli** (1900-1958). Schrödinger war der Theoretiker, Pauli der „Über-Theoretiker“. Pauli wurde in Wien geboren (sein Taufpate war Ernst Mach), bereits während seiner Schulzeit beschäftigte sich das „Wunderkind“ mit Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie (Rath, 1996). Trotz seiner Begabung war er kein Musterschüler, stattdessen war er lieber für Späße zu haben. Sein Taufpate Mach förderte ihn während seiner Ausbildung, beispielsweise führte er ihm Experimente in seiner Wohnung vor (Enz, 2000). Physik studierte er in München. Bei seiner Dissertation stieß er auf die damaligen Grenzen der Quantenmechanik. Der junge Wolfgang Pauli kam mit Größen der Physikwelt wie Niels Bohr und Max Born in Kontakt, was in nachhaltig prägte. Er übersiedelte nach Kopenhagen, dem damaligen Zentrum der Quantenphysik (Angetter & Maritschinig, 2005). Die Arbeit dort sollte ihm den Nobelpreis einbringen. Er beschäftigte sich unter anderem mit der Frage, warum es im Periodensystem der Elemente eine fundamentale Ordnung gab, wobei sich gewisse Eigenschaften der Atome wiederholten. Warum ordneten sich die Atome so um den Atomkern an, wie sie es taten? Paulis Antwort war, dass keine zwei Elektronen eines Atoms in allen Quantenzahlen übereinstimmen dürfen. Das Pauli-Prinzip war geboren, er formulierte es mit gerade einmal 25 Jahren. Es erwies sich als fundamentales Prinzip der Natur. Wenngleich er ein überragender Theoretiker war, gehörte das Experiment nicht zu seinen Steckenpferden. Er galt als ungeschickt, weshalb er das Autofahren aufgab, nachdem er den Führerschein nach 100 Fahrstunden erwarb. In Wissenschaftskreisen erlaubte man sich den Witz, dass eine funktionierende Maschine und Pauli sich nicht zugleich im selben Raum aufhalten konnten, eine Anspielung auf sein Ausschließungsprinzip. Aufgrund seines scharfen Verstands war Pauli als „oberster Richter“ in der theoretischen Physik geschätzt und gefürchtet zugleich (Rath, 1996).

Seine Kritik war schonungslos, von Weizsäcker meinte, wer Pauli nicht gut kannte, würde von seinen Aussagen verletzt werden. Pauli meinte seine Kritik allerdings nie böse (Rößler, 2019). Eine zweite bedeutende Leistung war die Postulierung der Existenz eines neuen Teilchens, das später Neutrino genannt wurde. Das war seine Erklärung für die vermeintliche Verletzung des Energie-Erhaltungssatzes beim Beta Zerfall. Er war allerdings überzeugt, dass dieses Teilchen nie nachgewiesen werden könne, hier irrte er. 1955 gelang Reines der Nachweis, womit dieser zum Nobelpreisträger wurde. Pauli beschäftigte sich auch mit philosophischen Fragen, vor allem mit Erkenntnistheorie (Rath, 1996).

3.7 8. Klasse

In der 8. Klasse werden unter anderem folgende Themenbereiche behandelt.

-Kernphysik: Aufbau und Stabilität der Kerne, natürliche Radioaktivität, ionisierende Strahlung, Kernfusion und -spaltung; medizinische und technische Anwendungen

-Relativitätstheorie: Konzepte der speziellen Relativitätstheorie, Grundidee der allgemeinen Relativitätstheorie

-Aktuelle Forschung: Einblicke in aktuelle physikalische Forschung

BMBWF, 2022

Bei Kernphysik darf natürlich der Verweis auf Lise Meitner und den Nobelpreisträger Hess, das Leben und Wirken beider wurde bereits beleuchtet, nicht fehlen. Mit der Relativitätstheorie ist untrennbar der Name ihres Begründers verbunden: **Albert Einstein**. Aber was hat Einstein mit Österreich zu tun? In Salzburg fand 1909 ein Ereignis statt, welches einen Wendepunkt für die Physik darstellte. Auf der 81. Tagung der "Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte" stellte der junge Albert Einstein erstmals seine spezielle Relativitätstheorie der Öffentlichkeit vor. Das Publikum war prominent besetzt, Max Planck, Max Born, Lise Meitner und Wilhelm Wien waren unter den Teilnehmern. „Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung“ lautete der Titel seines Vortrags. Dabei erläuterte er seine berühmte Formel $E=mc^2$. Bei der anschließenden Diskussion erntete er Anerkennung aber auch viel Skepsis. Die Diskussion war lebhaft, kaum jemand ahnte, welche Bedeutung Einsteins Ausführungen hatten. Für Lise

Meitner waren Einsteins Erkenntnisse derart überraschend, neu und umwerfend, dass sie Einsteins Vortrag ein Leben lang in Erinnerung behielt und auch in ihrer Biografie beschrieb. Der Vortrag fand im Turnsaal der Andräschule statt. Hier zeugt eine Gedenktafel von diesem bahnbrechenden Ereignis für die Physikgeschichte (Die Presse, 2009). Zu guter Letzt werden in der 8. Klasse Einblicke in die aktuelle physikalische Forschung gegeben. Hierbei kann man auf österreichische Größen Verweisen, die Bedeutendes zur aktuellen Forschung und der Forschung der letzten Jahre beitragen und immer noch beitragen. Eine dieser Persönlichkeiten ist **Anton Zeilinger**, der auch aufgrund der Publikation von Büchern bekannt wurde, die sein Forschungsgebiet einer breiteren Masse verständlich machen sollen. Zeilinger wurde 1945 in Ried im Innkreis geboren. Ab 1963 studierte er Physik und Mathematik an der Universität Wien. Seine Forschungskarriere verschlug ihn in viele verschiedene Länder. Er war nicht nur in Wien, sondern unter anderem auch in Grenoble, am MIT in Boston, in München, Melbourne und Paris tätig. Zeilingers Forschungsgebiet ist die Quantenphysik und Quantenoptik. Ihm und seiner Forschungsgruppe gelang 1997 die erste Quantenteleportation. Darunter wird die direkte Übertragung des Zustandes eines Lichtteilchens verstanden, wobei Raum und Zeit überwunden werden, jedoch kein Weg zurückgelegt wird. Umgangssprachlich wird dieser Vorgang als „beamen“ bezeichnet. Er war auch der erste, dem mit seiner Forschungsgruppe die Verschlüsselung einer Geheimnachricht durch Quantenkryptographie gelang. Bei diesem Vorgang ist die Sicherheit des Systems durch Naturgesetze gewährleistet. Als seine bekannteste Publikation gilt das Buch „Einsteins Schleier“ (Angetter & Maritschinig, 2005). Nach seiner gelungenen Quantenteleportation wurde er in der Öffentlichkeit als „Mr. Beam“ bezeichnet, was ihm zu Beginn gar nicht behagte. Heute hat er nach eigener Aussage kein Problem damit, da die Bezeichnung mehr Menschen veranschaulicht, was er und sein Team geschafft hatten. Zeilinger hat schon immer versucht die Grenzen des Fachs zu überschreiten, z.B. zur Religion. Auch der Philosophie ist er zugewandt (Illetschko, 2020). Zeilinger ist auch ein musikalischer Mensch, er spielt Cello und Bass. Während seiner Karriere wurde er vielfach ausgezeichnet (Angetter & Maritschinig, 2005). Bis heute gilt er als Kandidat für einen Nobelpreis. Seit 2013 ist Zeilinger Präsident der Akademie der Wissenschaften. 2022 endet sei-

ne Amtszeit. Auch während dieser hatte er sich der Forschung gewidmet (Illetschko, 2020).

Ein zweites Gesicht der aktuellen Forschung, das im Rahmen des Lehrplans der 8. Klasse vorgestellt werden muss, ist die Astrophysikerin **Lisa Kaltenegger**. Sie wurde 1977 in Kuchl bei Salzburg geboren. Ihr Weg führte sie an die Universität Graz und von dort aus zur Europäischen Weltraumorganisation in die Niederlande. Mit 27 wechselte sie an die renommierte Harvard Universität. Zusätzlich übernahm sie die Leitung einer Forschungsgruppe am Max-Planck-Institut. Bevor sie sich mit Astronomie beschäftigte, besuchte sie Vorlesungen der Studienrichtungen Spanisch, Japanisch, Filmwissenschaften und BWL, wofür sie sich ein Semester lang Zeit nahm. Nach eigener Aussage habe ihr das sehr dabei geholfen, ihre Interessen zu erkunden und den richtigen Beruf zu wählen. „Mach was dich begeistert“ ist ihr Credo. Kaltenegger promovierte 2004 sub auspiciis über die Suche nach extrasolaren Planeten, das sind Planeten, die um andere Sonnen kreisen. Unter anderem aufgrund der dortigen ausgezeichneten Kinderbetreuung ging sie zu Forschungszwecken in die USA. „Sind wir allein im Universum?“ ist eine der großen Fragen, denen sie ihre Forschung widmet. Sie und ihr Team untersuchen den spektralen Fingerabdruck von erdähnlichen Exoplaneten. Das erlaubt auch den Blick in die mögliche Zukunft unserer Erde (Paar, 2014). Kaltenegger leitet das Carl Sagan Institut an der Cornell Universität im US-Bundesstaat New York. Dieses Institut hat sich ihrer Suche nach habitablen Planeten verschrieben. Man geht davon aus, dass jeder fünfte Stern von einem Planeten umkreist wird, welcher sich in der habitablen Zone befindet. Das klingt nach viel, laut Kaltenegger ist hier aber eine weitere große Frage, ob Leben immer entsteht, wenn die Möglichkeit dazu da ist. Bei ihrer Forschung helfen auf jeden Fall leistungsstarke Teleskope wie das James-Webb Weltraumteleskop (Traxler, 2021). Kaltenegger bezeichnet sich nicht als Perfektionistin, sondern eher als „optimistische Chaotin“. Die Repräsentation von Frauen in der Forschung ist ihr besonders wichtig. Als sie den Heinz-Meier-Leibniz Preis für Physik verliehen bekam, hielt sie ihren Vortrag bewusst im Kleid, statt in Hose und Sakko. Damit wollte sie sichtbar machen, dass eine Frau in diese Position gekommen ist, und so jungen Frauen zeigen, dass Spitzenforschung in der Physik nicht nur reine Männersache ist (Paar, 2014).

4 Zusammenfassung

Wie in dieser Arbeit gezeigt wurde, finden sich viele Möglichkeiten, um einen Österreichbezug im Lehrplan der AHS herzustellen. Am einfachsten erfolgt dies durch die Beschreibung des Lebens und Wirkens der Physikerinnen und Physiker, die große Leistungen in diesen Gebieten erbrachten. So kann es gelingen, den Inhalten Namen zu geben, womit die Schülerinnen und Schüler das Gelernte mit einem Gesicht oder einer Geschichte verbinden können. Durch diese fächerübergreifenden Elemente aus dem Fach Geschichte, kann das Interesse von Schülerinnen und Schülern geweckt werden, die Physik nicht als ihr Lieblingsfach bezeichnen würden. Anekdoten, wie die über Paulis Ungeschick oder Meitners Schwierigkeiten als Frau in der Wissenschaft, können den Unterricht auflockern und lebendig machen. Ebenfalls kann den Schülerinnen und Schülern aufgezeigt werden, wie eng die Verflechtungen in der wissenschaftlichen Community waren und immer noch sind. Boltzmann forschte mit Stefan, Meitner saß in Boltzmanns Vorlesungen und lauschte Einsteins Vortrag zur Relativitätstheorie, Mach war Paulis Taufpate. Durch die Diskussion zwischen Boltzmann und Mach kann den Schülerinnen gezeigt werden, dass Inhalte, die für sie abstrakt erscheinen mögen, zu Zeiten ihrer Entdeckung keineswegs von jedem gleich angenommen und akzeptiert wurden. Eine Tatsache die beim Auf-

arbeiten des Atommodells auf jeden Fall berücksichtigt werden muss. Nicht nur hier ergibt sich methodisches Potential. Die Debatte rund um das Kernkraftwerk Zwentendorf kann die Grundlage für eine Pro und Contra Diskussion bilden. Weiters können die bekannten Physikerinnen und Physiker für die Schülerinnen und Schüler als Vorbild- und Identifikationsfiguren dienen. Es ist erstaunlich, in welch jungen Jahren diese schon bahnbrechendes leisteten. Dabei ist es auch wichtig weibliche Identifikationsfiguren wie Lise Meitner und Lisa Kaltenegger anzubieten. Als methodischen Möglichkeit der Beschäftigung mit diesen prägenden Gesichtern der österreichischen Physikgeschichte kann die Erstellung von „Werbeplakaten“ für die einzelnen Physikerinnen und Physiker sein. Um während des Unterrichts nicht den Überblick über Namen und Zeitabschnitte zu verlieren, empfiehlt es sich, mit einem Zeitstrahl zu arbeiten. So ein Zeitstrahl ist in Abbildung 1 exemplarisch mit den in dieser Arbeit genannten Namen (ausgenommen der noch aktiven) gezeigt. Abschließend sei noch einmal gesagt, dass dies keinesfalls alle Namen sind, die eine Erwähnung in dieser Arbeit und im Unterricht verdienen. Allein die in diesem Beitrag oft zitierte Arbeit „Biografien österreichischer PhysikerInnen“ beschreibt das Leben und Wirken von 98 Physikerinnen und Physikern. Um den Rahmen nicht zu sprengen, wurde eine subjektive Auswahl getroffen.

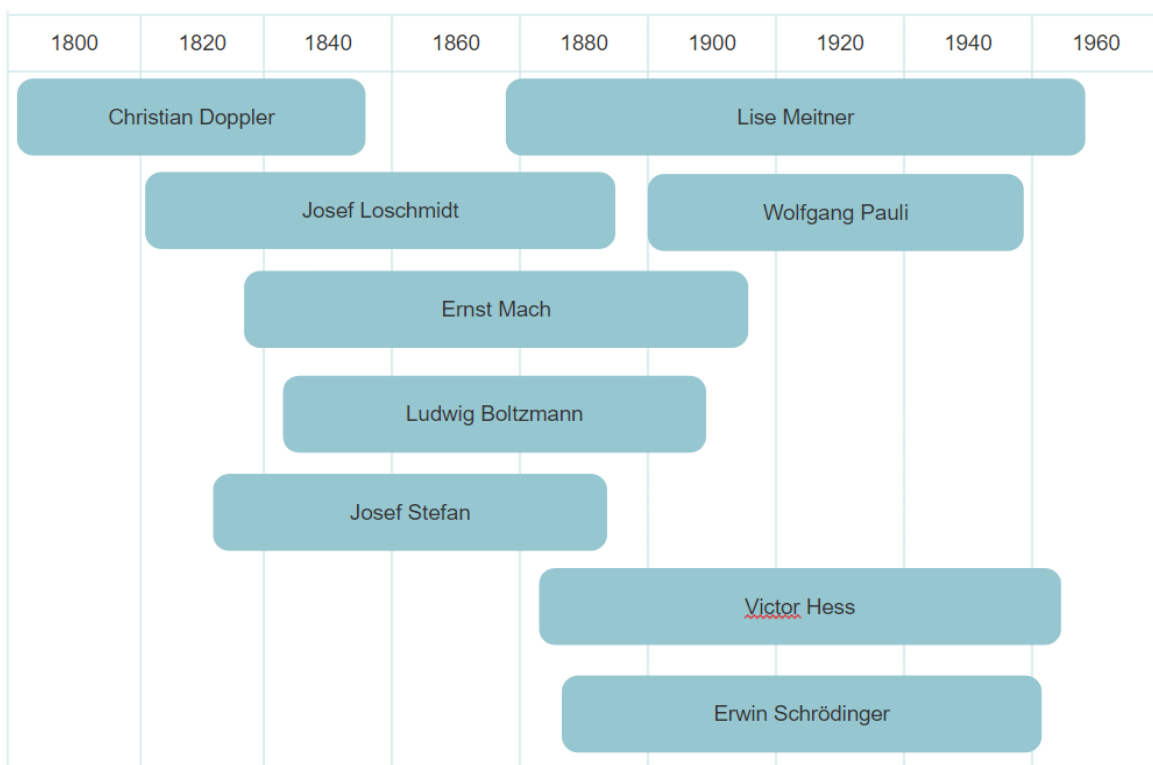


Abbildung 1: Zeitstrahl zum Leben historischer österreichischer Physikerinnen und Physiker (Angetter & Maritschning, 2005), (erstellt mit cloud.smartdraw.com).

5 Literatur

- Angetter, D. C. & Martischnig, M. (2005). Biografien österreichischer (Physiker) innen. Österreichisches Staatsarchiv (Hrsg.). Wien: Eigenverlag.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF). (2022). Verordnung des Bundesministers für Unterricht und Kunst vom 14. November 1984 über die Lehrpläne der allgemein-bildenden höheren Schulen; Bekanntmachung der Lehrpläne für den Religionsunterricht an diesen Schulen (i.d.F.v. 16.02.2022). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> (16.02.2022)
- Die Presse. (2009). Einstein präsentierte vor 100 Jahren Relativitätstheorie. Abgerufen am 16.02.2022 von <https://www.diepresse.com/509713/einstein-praesentierete-vor-100-jahren-relativitaetstheorie>
- Enz, C. P. (2000) Wolfgang Pauli-Wegbereiter der Quantenmechanik. Physik in unserer Zeit 31(6), 268-274.
- Herbst, M., Hochwarter, M. G. & Strahl, A. (2017). Interesse an Physik in Salzburgs Neuen Mittelschulen [Frühjahrs-tagung Dresden]. Universität Salzburg, School of Education. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/787/931> (16.02.2022)
- Homann, W., Haubold, R. & Grotjohann, N. (2011). Biologie und Kunst als fächerübergreifender Unterricht – Planung einer fächerübergreifenden Projektwoche. Journal für Didaktik der Biowissenschaften 1(1), 10-15.
- Illetschko, P. (2020). Ein genialer Experimentator: Physiker Anton Zeilinger wird 75. Abgerufen am 16.02.2022 von <https://www.derstandard.at/story/2000117592203/ein-genialer-experimentator-physiker-anton-zeilinger-wird-75>
- Kircher, E. (2015). Methoden im Physikunterricht. In Kircher, E., Girwidz, R. & Häusler, P. (Hrsg.), Physikdidaktik (S. 144-190). Heidelberg: Springer.
- Kuchar, F. (2000). Beiträge österreichischer Physiker zur modernen Physik. Physik in unserer Zeit 31(5), 188-190.
- Paar, T. (2014). "Spitzenforschung nicht nur Männersache". Abgerufen am 16.02.2022 von <https://www.derstandard.at/story/2000009447938/astrophysikerin-lisa-kaltenegger-spitzenforschung-ist-nicht-nur-maennersache>
- Rath, G. (1996). Bedeutende österreichische Physikerinnen und Physiker. Erschienen in: Ausstellungskatalog "1000 Jahre Österreich". Graz: Eigenverlag.
- Rößler, W. (2019). Eine kleine Nachtphysik. Große Ideen und ihre Entdecker. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Traxler, T. (2021). Tausend außerirdische Zivilisationen könnten uns gerade beobachten. Abgerufen am 16.02.2022 von <https://www.derstandard.de/story/2000124563981/tausend-ausserirdische-zivilisationen-koennten-uns-gerade-beobachten>
- Zach, S. (2019). Kernkraftwerk Zwentendorf. Die sanfte Vermarktung eines ungewöhnlichen Ortes. Ein österreichischer Sonderweg. ICOMOS-Hefte des Deutschen Nationalkomitees, 68, 110-117.