

Natur – durch die natürliche Lupe betrachtet

BIRGIT, RAINER
birgit.rainer81@yahoo.it

Zusammenfassung

Vergrößerungen spielen in unserem Alltag eine große Rolle. Einzelheiten bis in den atomaren Bereich lassen sich sichtbar und dadurch begreifbar machen. Die Natur für Schüler*innen erfassbar zu machen, bedeutet den Unterricht so zu gestalten, dass Naturgegenstände in ihre kleinsten Details erforscht werden können. Mit diesem Paper wird ein möglicher Weg aufgezeigt, wie im Unterricht optische Instrumente wie Lupen und Mikroskope selbst gebaut und angewendet werden können, sowie der Einsatz von digitalen Medien (Apps & Handykamera), um die Natur besser erforschen zu können. Dabei wird auch die physikalische Theorie hinter dem Prozess der Vergrößerung behandelt.

1 Geschichtliche Einleitung

Bereits bei den alten Ägyptern war der Vergrößerungseffekt von Wassertropfen auf Blättern bekannt. Auch heute wirkt ein Wassertropfen mit seiner konvexen Form wie eine Vergrößerung einer Lupe, da die Lichtbrechung an dessen Oberfläche eine Vergrößerung bewirkt.

Im 1. Jahrhundert erwähnte der römische Gelehrte Seneca der Jüngere ebenfalls den Vergrößerungseffekt von Wasser.

(Mißfeldt (2016): Geschichte einer Lupe, <https://www.optikunde.de/lupe/> (18.02.2020)

Buchstaben durch eine geschliffene, durchsichtige Halbkugel, wenn man sie mit der glatten Seite auf ein Buch legt.

Im Mittelalter, um 1240, übersetzten Mönche das Werk von Alhazen ins Lateinische und so entstanden die ersten Lesesteine- linsenförmige, durchsichtige, plankonvexe Steine aus Glas. Diese Steine und die damit zusammenhängende Kenntnisse führten durch Weiterentwicklung zu allen optischen Geräten, die wir heute kennen: Lupe, Mikroskop, Teleskop, Kamera und viele mehr.



Abb.1 - Wassertropfen zum Vergrößern von Schriften

Um 1000 nach Christi beschrieb der arabische Mathematiker und Optiker Abu Ali al-Hasan iban al-Haitham, lat. Alhazen genannt, in seinem Buch „Schatz der Optik“ die Vergrößerung von



Abb.2 - Lupe

Nicht nur in den Naturwissenschaften wurden diese Lesesteine erwähnt, sondern auch in Literaturangaben findet man Beschreibungen darüber. Der Minnesänger Konrad von Würzburg richtete im 13. Jahrhundert folgende Verse an die Jungfrau Maria: „*Ich habe dich verglichen mit einem krystallinen Stein ... Er hat in sich die große und gewaltige Art, daß nie eine Schrift so klein wäre, ihr Aussehen in ihm würde größer: Wenn dieser Stein sie überdachte und übergriffe, sofern ihn jemand dünn schlicke und auf die Schrift halten wollte, der sähe durch ihn die kleinen Buchstaben größer erscheinen.*“ (Humbolde science(2018): Lupe- Enzyklopädie, <https://humbolde.science/2018/10/23/lupe-encyklopadie/>(18.02.2020)

2 Lehrplanbezug: Die Welt des Sichtbaren

Die Einzelheiten der Natur sichtbar zu machen ist bereits im Kindergarten- und Grundschulalter im Lehrplan verankert, wird dann im Lehrplan der Sekundarstufe I (Neuen Mittelschule-2. Klasse) unter dem Thema „Die Welt des Sichtbaren“ weitergeführt. Der Unterpunkt „Die Funktionsprinzipien von optischen Geräten und deren Grenzen bei der Bildentstehung verstehen und Einblicke in die kulturhistorische Bedeutung gewinnen“ (vgl. Rechtsinformationssystem des Bundes (2020): Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne-Neue Mittelschule. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850>(18.02.2020)

bietet die Möglichkeit mit den Schüler*innen optische Hilfsmittel wie Linsen, Lupen bis hin zum Mikroskop zu bauen und damit die Natur aus ihrem Alltag genauer zu beobachten. Durch das Erleben dieser Betrachtungen unter der Lupe, unter dem Mikroskop können die Schüler*innen die Kompetenzstufen nach Bloom durchschreiten: Wissen, Verstehen, Anwenden, Analyse, Synthese und Evaluation (vgl. Astleitner, H(2009): Komplementäre Lernziele im Unterricht. Grundlagen für ein ganzheitliches Lernen (Forschungsbericht). Universität Salzburg, Fachbereich Erziehungswissenschaften. S.21).

Die Unterrichtsplanung in Physik trägt dazu bei, die Schülerinnen und Schüler nicht nur in der Wissensebene Kompetenzen zu vermitteln, sondern sie zu mündigen Bürger*innen werden zu lassen. Indem sie das Gelernte nicht nur wiedergeben, sondern auch verstehen, anwenden

und anhand des Gelernten fachliche Entscheidungen in ihrem späteren Leben treffen können. Die Optik bietet als eines der großen Interessengebieten von Schüler*innen Platz für kreatives Experimentieren und Erforschen. Im Prinzip können viele Alltagsgegenstände als optische Geräte verwendet werden. Ein einfaches Trinkglas kann als Sammellinse und somit als Lupe aufgefasst werden (Abb.3).



Abb.3 - Wassergläserschnitte als konvexe Linsen verwenden

3 Lupe- Linse und Brennglas

Jedes Gefäß und jeder Gegenstand, der konvex und durchsichtig ist, kann als Linse dienen. Konkavlinse, auch Sammellinse genannt, brechen parallel einfallende Lichtstrahlen so, dass sich die Lichtstrahlen im Brennpunkt F treffen. Die Brennweite f ist der Abstand vom Brennpunkt zur Linsenebene.

Die Lupe ist eine Sammellinse und je nach Brechkraft bündelt sie die einfallenden Lichtstrahlen im sogenannten Brennpunkt. Leicht entzündbare Stoffe wie Papier können so schnell Feuer fangen, da die Sonnenstrahlen gebündelt eine Zündstelle erzeugen (vgl. Schule und Familie. Feuer machen ohne Streichholz. <https://www.schule-und-familie.de/experimente/sonstige-experimente/feuer-machen-ohne-streichholz.html>(18.02.2020).

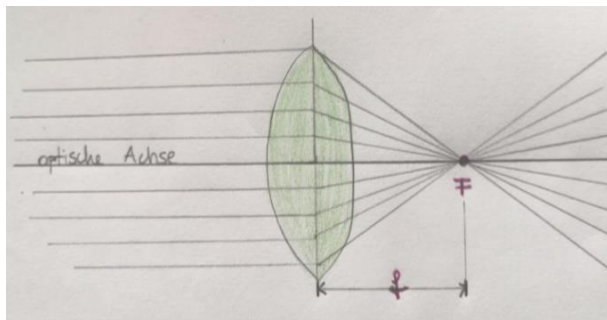


Abb.4 - Strahlengang durch eine Linse mit Brennpunkt



Abb.5 - Brennpunkt einer Lupe auf einem Blatt Papier; leicht entzündbar

Bei der Abbildungskonstruktion an einer Sammellinse sind folgende Größen wichtig:

- G ist die Gegenstandshöhe.
- g ist die Gegenstandsweite, gemessen vom Gegenstand bis zur Linsenebene.
- B ist die Bildhöhe.
- b ist die Bildweite, gemessen vom Bild bis zur Linsenebene.
- Linsen besitzen auf beiden Seiten der Linse einen Brennpunkt, der im Abstand f von der Linsenebene liegt.
- Reelle Bilder entstehen, wenn vom Ort des Bildes aus tatsächlich Lichtstrahlen ausgehen. Dabei gilt: $g > f$, dann entsteht ein höhen- und seitenverkehrtes Bild.
- Ein scharfes Bild B entsteht in einer bestimmten Entfernung, der Bildweite b hinter der Linse. Die Bildweite b hängt von der Brennweite f und der Gegenstandsweite g ab.
- Die Linsengleichung, auch Abbildungsgleichung genannt, lautet:

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$$

- Betrachtet man den Mittelpunktstrahl, dann gilt laut Strahlensatz:

$$\frac{G}{g} = \frac{B}{b}$$

- Virtuelle Bilder entstehen, wenn vom wahrgenommenen Ort des Bildes in Realität keine Lichtstrahlen ausgehen.
- Brechen Lichtstrahlen von einem Medium in das andere, dann gilt das Snelliussche Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- Die Brechzahl ist ein Maß für die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_1 des Lichtes im Medium M_1 , bzw. die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_2 im Medium M_2 .
- Die absolute Brechzahl wird bei einer Temperatur von 20°C und einer Wellenlänge von 589 nm für verschiedene Materialien angegeben (vgl. Tipler, Mosca 2015, S.1053).
- Die Brechkraft D ist der Kehrwert der Brennweite f:

$$D = \frac{1}{f}$$

- Die Maßeinheit für die Brechkraft D ist die Einheit Dioptrie, die mit dpt abgekürzt wird. Es gilt:

$$1\text{dpt} = \frac{1}{\text{m}}$$

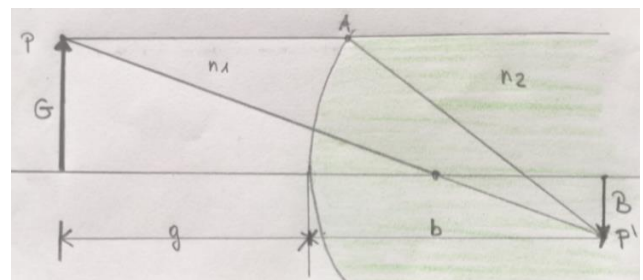


Abb.6 - Brechung der Lichtstrahlen an einer konvexen Ebene, Bildentstehung

4 Die Lupe-Vergrößerung, physikalische Instrumente & Strahlengang im Mikroskop

Die Größe, in der uns ein Gegenstand erscheint, hängt von der Bildhöhe auf der Netzhaut ab. Je größer diese Bildhöhe ist, desto mehr Stäbchen und Zäpfchen werden in der Netzhaut durch das einstrahlende Licht aktiviert. Die Bildhöhe ist vom Sehwinkel θ abhängig (Abb.7). Mittels einer Sammellinse vor dem Auge kann die scheinbare Größe eines Gegenstandes gesteigert werden. Die Lupe ist eine Sammellinse, die bewirkt, dass der Gegenstand „näher gerückt“ wird, sodass er sich innerhalb der Brennweite der Linse befindet. Die Linse erzeugt ein virtuelles Bild beim Nahpunkt des Auges- also dort, wo der Gegenstand platziert werden müsste, damit er mit bloßem Auge scharf gesehen werden soll. Mit der Linse ist der Betrag $|b|$ der Bildweite größer als die Gegenstandsweite g . Das Bild erscheint um den Faktor $V=|b|/g$ vergrößert. Die Bildhöhe $B=V \cdot G$ wird durch diesen Vergrößerungsfaktor und der Gegenstandshöhe berechnet. Für den Winkel θ , unter dem das Bild dem Auge erscheint gilt näherungsweise:

$$\theta = \frac{VG}{|b|} = V \frac{G}{|b|} = \frac{|b|}{g} \frac{G}{|b|} = \frac{G}{g}$$

Für eine gute Vergrößerung muss der Gegenstand am Nahpunkt, also im Abstand s_0 vom Auge positioniert werden. Der Sehwinkel θ_0 , unter dem er im Nahpunkt gesehen wird, wird mit

$$\theta_0 = \frac{G}{s_0}$$

beschrieben. Das Verhältnis θ/θ_0 nennt man Winkelvergrößerung oder Vergrößerung der Lupe. Sie ist gegeben durch

$$V = \frac{\theta}{\theta_0} = \frac{s_0}{f}$$

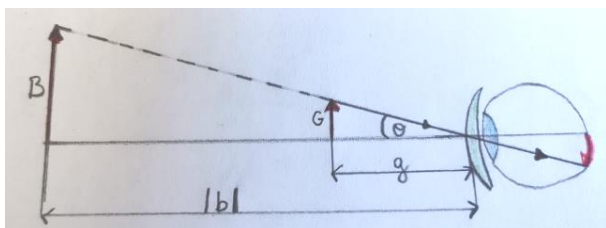


Abb.7 – Die Vergrößerung V der Lupe

Ein Gegenstand, der mit der Lupe zehnmal größer erscheint, hat somit auch eine zehnmal größere Bildhöhe auf der Netzhaut.

Im Mikroskop und Teleskop dient das Okular als Lupe, wobei hier eine Linsenkombination mit kleinen positiven Brennweiten verwendet wird (vgl. Tipler, Mosca 2015, S.1072).

Im Unterricht kann sehr schnell ein Mikroskop selbst gebaut werden und somit der Strahlengang besser mit den Schüler*innen besprochen werden.

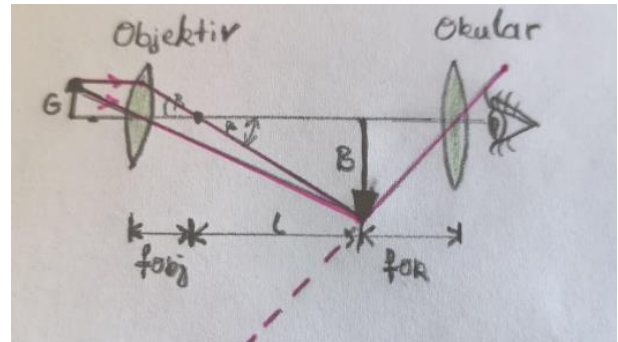


Abb.8 – Strahlengang eines Mikroskops

Der Vorteil eines selbstgebautes Mikroskops liegt darin, dass die Schüler*innen lernen den Zusammenhang von Linsensystemen besser zu verstehen.

5 Selbstgebastelte Lupen und Mikroskope, mögliche Projekte - fächerübergreifender Unterricht

Motivation und Interesse der Schüler*innen lassen sich wecken, wenn sie selbst einen persönlichen Zugang zu den Lerninhalten finden. Erste Hinweise aus der „Interessensstudie Physik Salzburg“ zeigen, dass dadurch das Interesse von Schüler*innen an Physik zunimmt (Herbst, Fürtbauer & Strahl, 2016; Hochwarter, 2017; Herbst, Hochwarter & Strahl, 2017). Physikalisch Inhalte in Stationen zu gliedern, vereinfacht die Unterrichtsstruktur und lässt den Schüler*innen viel Raum für Kreativität und Interessenfindung.

In mehreren Etappen, z.B. in vorbereiteten Stationen oder auch in Form von Referaten kann die Vergrößerungswirkung von selbstgebastelten Lupen von Schüler*innen selbstständig erarbeitet werden.

- Entweder man verwendet das Wissen der alten Griechen und legt eine Klarsichtfolie über einen sehr kleingeschriebenen Text und tropft mit einer Pinzette einen größeren Tropfen Wasser darauf.

Nähern sich die Schüler*innen dem Wassertropfen, sodass sie sich im Nahpunkt befinden, dann erscheinen die kleinen Buchstaben vergrößert (Abb.1).

- Eine Hülle einer Plastikflasche kann durch das Ausschneiden zweier Flaschendeckelformen zu einer konvexen Linse - mit Heißkeber - zusammengefügt werden. Größeren Effekt erhält man durch die Füllung dieser selbstgebauten Linse mit Wasser.
- Biegt man eine Büroklammer in Form einer Ellipse und taucht sie in Wasser, so lässt sich durch die Oberflächenspannung des Wassers ein Tropfen auffangen. Somit lassen sich kleine Buchstaben vergrößern.



Abb. 9 - Lupe aus Büroklammer geformt mit einem Tropfen Wasser

- Linsensystem: Durch das übereinander Legen bzw. hintereinander Setzen von 2 Sammellinsen mit kleiner Brennweite lässt sich ein Mikroskop bauen (Abb.5).

6 Technologieeinsatz: Lupen- Apps- Kamera eines Smartphones - Vergrößerung eines Auges

Der Kreativität der Schüler*innen ist hier keine Grenze gesetzt. Während jahrelang Mikroskope im Unterricht als Spezialvergrößerungsgeräte verwendet wurden und sie aufgrund ihrer Größe und Einstellungen oftmals nicht mehr ganz zeitgetreu waren, hat auch in diesem Bereich die Technik ihren Einzug gehalten. Von Mikroskop- Apps bis hin zu digitalen Mikroskopen können digitale Medien die Darstellungen von Vergrößerungen vereinfachen und qualitativ verbessern. Der Zoomfaktor vom Smartphone hat ebenfalls die Funktion einer Lupe.

Im Alter von 12 bis 14 Jahren beeindruckt es Schüler*innen besonders Alltagsgegenstände

bis ins kleinste Detail unter die Lupe zu nehmen. Der Zoom des Smartphones lässt Vergrößerungen zu: Im Nahpunkt der Kamera sieht man die einzelnen Farbmuster der Iris. Der Effekt lässt sich durch einen Tropfen Wasser auf einer wasserfesten Kamera steigern.



Abb.10 - Auge mit der Kamera eines Smartphones aufgenommen.

Einzigartige Farbwelten eröffnen sich und bieten im Unterricht neuen Diskussionsstoff über Farbpigmentierungen, Farbkombinationen und genetische Merkmalausprägungen. Im Schülerversuch können somit Naturphänomene mit dem Auge, mit der Lupe, mit dem Mikroskop und mit digitalem Mikroskop genauer betrachtet werden.

7 Mikroskopieren: Chromoplasten einer Tomate

Das, was für das Auge offensichtlich erscheint, ist mit einer Vergrößerung oft besser begreifbar. Eine reife Tomate ist eindeutig rot, unter dem Mikroskop erkennen wir die Teilchen, die für diese Rotfärbung verantwortlich sind: die Chromoplasten um den Zellkern.



Abb.11 - Chromoplasten der Tomate, Vergrößerung durch Lupe und Handykamera.

Je nach Vergrößerungsmöglichkeit des verwendeten Mikroskops werden die Chromoplasten besser sichtbar und können von Schüler*innen aufgezeichnet werden. Somit verknüpfen sie den neuen Fachbegriff „Chromoplasten“ mit den gezeichneten Farbträgern.

Die Chloroplasten von Grünpflanzen lassen sich ebenfalls sehr gut unter der Lupe bzw. unter dem Mikroskop sichtbar machen.



Abb.12 - Wassertropfen auf einem Gummi-
baumblatt mit dem Auge betrachtet



Abb.13 - Wassertropfen auf einem Gummi-
baumblatt mit dem Zoom der Handykamera
betrachtet

Beim Einfärben einer Tulpe werden die Kapillarleitungen der Pflanze sichtbar. Die Tulpe rechts in Abb. 15 wurde in Tinte getaucht und stündlich fotografiert. Nach fünf Stunden werden die einzelnen Kapillarleitungen durch die blaue Tinte sichtbar. Durch Einfärben werden die Wege des Wassers und der Nährstoffe einer Pflanze sichtbar.



Abb.14 - Tulpe ohne und mit Tinte mit dem
Auge betrachtet



Abb.15 - Tulpe eingefärbt

8 Anwendungsgebiete von Lupen in verschiedenen Wissenschaften

In verschiedenen Bereichen der Wissenschaften, in der Zahnmedizin und Forensik werden Uhrmacherlupen verwendet, um im Mikrometerbereich Faserrisse oder Details zu erkennen. Der Zahnarzt spürt mit einer Lupenbrille sogar die feinsten Zahnrisse auf und kann sie reinigen und verschließen (TrustedDentists, <https://www.youtube.com/watch?v=VA7GPCzfKAs>) 18.02.202)



Abb.16 – Zahnrisse frühzeitig erkennen

Der Forensiker erkennt bei Tatorten an der äußeren Struktur der Maden, die Aufschluss über deren Entwicklungsstadium liefert, den genauen Tatzeitraum und Tatort. Mikrofasern unter der Lupe geben Aufschluss über mögliche Tatspuren im Auto eines Verdächtigen. Durch genauere Untersuchungen unter dem IR- Spektrometer können Feinstrukturen von Tatortflüssigkeiten genauer untersucht werden (vgl. Spurensicherung am Tatort: Unterwegs mit einer Forensikerin, Reportage, SRF DOK (18.02.2020))

Feuerwehren haben eigene IR- Spektrometer mit denen sie gefährliche von ungefährlichen Substanzen unterscheiden können und diese gezielt durch Brandschutzmaßnahmen entschärfen können. Dabei ist wichtig zu wissen, ob es sich wie hier in Abb. 17 um eine leicht entzündbare Flüssigkeit wie Ethanol handelt (vgl. Schuppe 2014: , https://ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MI/IDF/IBK/Dokumente/Forschung/Fo_Publikationen/sonst_ber/LaFo_2013_Bericht_RAMAN_ATR-IR-Spektroskopie_Schuppe_final_19.09.2014.pdf(18.02.2020))

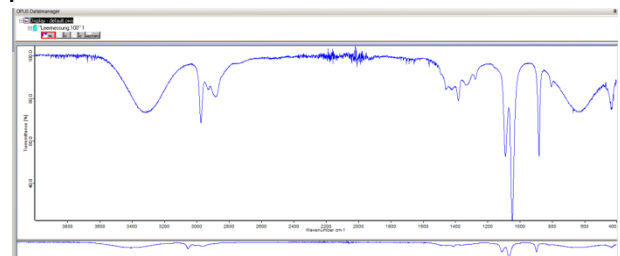


Abb.17 - IR Spektrometeranalyse von Ethanol (Gruber, Rainer 2019, Physikpraktikum 3, Universität Salzburg)

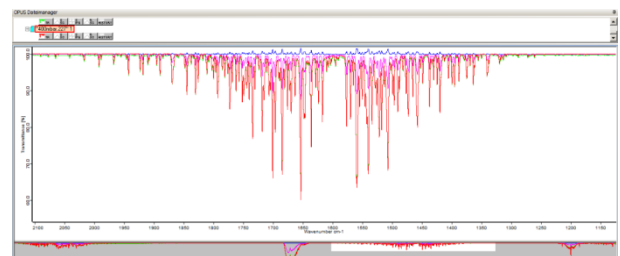


Abb.18 – IR Spektrometeranalyse von Wasser (Gruber, Rainer 2019, Physikpraktikum 3, Universität Salzburg)

Im Unterricht werden diese Anwendungsgebiete als Beispiele angeführt, wodurch die Motivation der Schüler*innen für die Anwendungsgebiete der Physik gefördert werden.

Bei vertiefenden Unterrichtseinheiten wie z.B. einem Förderangebot kann auch in diesen Bereichen weiter gearbeitet werden.

9 Zusammenfassung

Wichtige Bausteine des Lernens sind der eigene Bezug zum Lerninhalt. Das Bauen von optischen Instrumenten wie Lupen und Mikroskopen lässt es zu, dass jede Schülerin und jeder Schüler einen persönlichen Zugang zur Optik bekommt. Die Vergrößerung von Abbildungen lässt sich leichter berechnen, wenn dazu ein Bild aus der Natur abgespeichert wird (Tulpen, Blatt, Auge). Allgemein sind Alltagsbeispiele für physikalische Berechnungen wichtig. Physikalische Erklärungen und auch Fehleranalysen helfen zu verstehen, dass auch die Natur ihre Grenzen hat.

Anwendungsbeispiele aus Medizin, Forensik oder Brandschutz schlagen Brücken von der Theorie, dem Lerninhalt, zur Realität. Die Nutzung von Smartphone und Apps kann hilfreich sein und kann einen weiteren Einblick darüber geben, welche wissenschaftliche Technologien es gibt.

10 Literatur

Internet 1. Astleitner, H (2009). Komplementäre Lernziele im

Unterricht. Grundlagen für ein ganzheitliches Lernen (Forschungsbericht). Universität Salzburg, Fachbereich Erziehungswissenschaft-

ten. <https://www.unisalzburg.at/fileadmin/multimedia/Erziehungswissenschaft/manuskript13.pdf> (18.02.2020)

Internet 2. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2019).

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850> (18.02.2020)

Internet 3. <http://www.optikunde.de> (18.02.2020)

<https://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/001/LehrplanPhCh.pdf> (18.02.2020)

Herbst, M., Fürtbauer, E.M., & Stahl, A. (2016). Interesse an Physik - in Salzburg. PhyDid B.

www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/682 (18.02.2020)

Herbst, M., Hochwarter, M.G. & Strahl, A. (2017). Interesse an Physik - in Salzburgs Neuen Mittelschulen. PhyDid B.

<https://unisalzburg.elsevierpure.com/en/publications/interesse-an-physik-in-salzburgs-neuen-mittelschulen-2>

Hohenwarter, M.G. (2017). Interessensforschung in Salzburg - Interessenstudie Physik 2016. Delta Phi B.

[www.physikdidaktik.info/data/uploaded/Delta_Phi_B/2017/Hochwarter\(2017\)Interessensforschung_in_Salzburg_DeltaPhiB.pdf](http://www.physikdidaktik.info/data/uploaded/Delta_Phi_B/2017/Hochwarter(2017)Interessensforschung_in_Salzburg_DeltaPhiB.pdf)

Internet 4. <https://humboltdedu.science/2018/10/23/lupe-enzyklopadie/> (18.02.2020)

Spurensicherung am Tatort – Unterwegs mit einer Forensikerin | Reportage | SRF DOK

<https://www.youtube.com/watch?v=4zbsOFJOxAM>

Strahl, A. & Preißler, I. (2014) Fachdidaktik der Naturwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Physik. BoD

<https://unisalzburg.elsevierpure.com/en/publications/fachdidaktik-der-naturwissenschaften-unter-besonderer-beruecksicht-2>

Internet 5. [https://ibk-heyrothsberge.sachsen-an-](https://ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MI/IDF/IBK/Dokumente/Forschung/Fo_Publikationen/sonst_ber/LaFo_2013_Bericht_RAMAN_ATR-IR-Spektroskopie_Schuppe_final_19.09.2014.pdf)

[halt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MI/IDF/IBK/Dokumente/Forschung/Fo_Publikationen/sonst_ber/LaFo_2013_Bericht_RAMAN_ATR-IR-Spektroskopie_Schuppe_final_19.09.2014.pdf](https://ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MI/IDF/IBK/Dokumente/Forschung/Fo_Publikationen/sonst_ber/LaFo_2013_Bericht_RAMAN_ATR-IR-Spektroskopie_Schuppe_final_19.09.2014.pdf)

(18.02.2020)

Tipler, Paul; Mosca, Gene (2015): Physik für Wissenschaftler und Ingenieure. 7. Aufl. New York, Berlin Heidelberg: Springer Spektrum. (S.1069-1073)

Internet 6. (TrustedDentists,

<https://www.youtube.com/watch?v=VA7GPCzfKAs>)

(18.02.2020)