

Who murdered Sir Ernest?

Detektivstory im naturwissenschaftlichen Unterricht

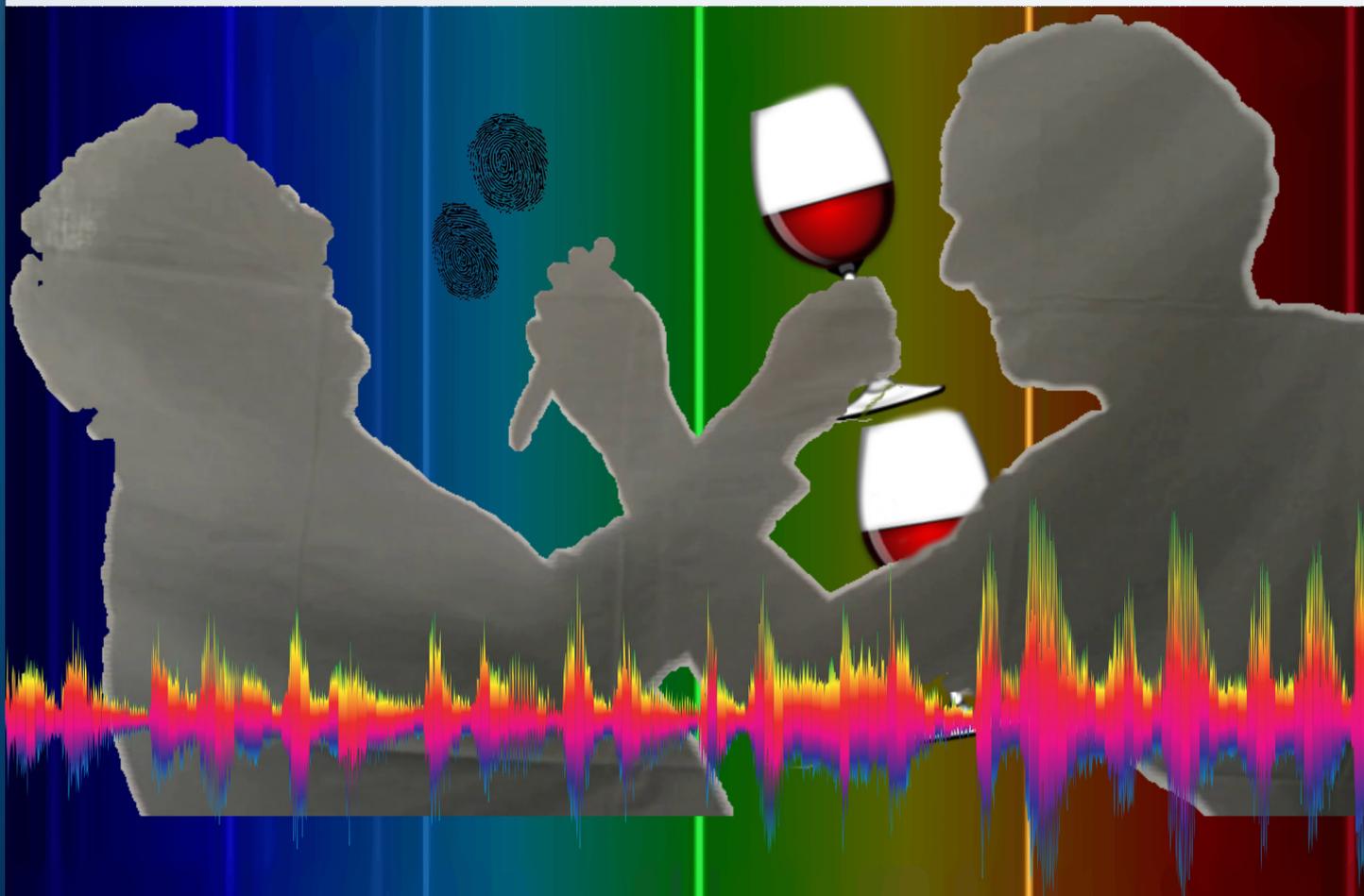
Stichwörter: Spektroskopie, Frequenzanalyse, Flammenfärbung

Unterrichtsfächer: Chemie, Physik, Musik

Altersgruppe der Schülerinnen und Schüler: ab 9. Klasse nach einem Jahr Chemie- und oder Physikunterricht im Rahmen der Themen „Aufbau der Atome“ und „Aufnahme und Abgabe von Energie“

Projekt vom Nationalen Science on Stage Festival 2016

ausgewählt für das Europäische Science on Stage Festival 2017, Debrecen, Ungarn



Einführung

Joseph Fraunhofer war der Pionier der Spektralanalyse. Ohne echte wissenschaftliche Ausbildung waren seine Neugier und sein Perfektionismus stets Antrieb für neue bahnbrechende Entdeckungen. Dieser Antipode der klassischen Schulbildung ermöglichte es gleichsam einem naturwissenschaftlichen Krimi, dass zwei Urgesteine der Naturwissenschaften die Photosphäre der Sonne entschlüsselten. Das fächerübergreifende Arbeiten von Gustav Robert Kirchhoff als Physiker und Robert Wilhelm Bunsen als Chemiker führte schließlich zum Erfolg.

Dies ist nur eines der vielen Beispiele aus der Wissenschaft, das zeigt, dass interdisziplinäre Ansätze und fächerübergreifendes Denken zu neuen Erkenntnissen führen. Um hierfür eine Grundlage zu schaffen, sollen Schülerinnen und Schüler verschiedene Aspekte der Frequenzanalyse entdecken. Im Lehrplan für Chemie und Physik tauchen einerseits Atommodelle und deren Energieabgabe und -aufnahme auf, andererseits kommt die Akustik und deren Frequenzanalyse oft nur sehr knapp außerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Fach Musik vor. Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es, dass Schülerinnen und Schüler die Frequenzanalyse als Fingerabdruck zum Erkennen von Objekten erfahren, nicht nur optisch sondern auch akustisch.

Die gesamte Unterrichtssequenz besteht allerdings aus drei naturwissenschaftlichen Handlungssträngen. Der erste Strang ist die akustische Frequenzanalyse zur Motivation und Analogiebetrachtung. Der zweite Strang beschäftigt sich hauptsächlich mit der chemischen Flammenfärbung. Die Physik von diskreten und kontinuierlichen Spektren bildet den dritten Strang. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Inhalte fächerübergreifend dargestellt werden, um mit Hilfe von Analogien und inhaltlichen Überschneidungen das Thema nachhaltig und experimentell mit allen Sinnen den Schülerinnen und Schülern zugänglich zu gestalten. Am Ende der Unterrichtseinheit gestalten die Schülerinnen und Schüler individuelle Abschlussplakate. Diese spiegeln die offene Lernumgebung mit verpflichtenden und fakultativen Elementen wieder.



ABB. 1: Gleichsam eines Fingerabdruckes zur Identifikation nutzte Joseph Fraunhofer die Absorptionslinien des Sonnenspektrums zur Qualitätssicherung.

Mördersuche mit der akustischen Frequenzanalyse

1. KONZEPT

Sir Ernest lädt zum Hausball und begrüßt zu Beginn alle Gäste. Dabei stößt er mit allen Gästen an. An dieser Stelle bringen die Schülerinnen und Schüler nur das Glas des Gastes mit einem Anschlaghammer zum Klingen und nehmen dieses Geräusch auf. Im späteren Verlauf des Balls stößt Sir Ernest erneut mit einem bekannten Gast an, ohne dessen Namen zu nennen. Diesmal wird der Klang aufgenommen, wenn beide Gläser aneinanderstoßen (siehe ABB. 2). Anschließend wird Sir Ernest ermordet, wobei nur die Tonspur der Videoüberwachung Hinweise auf den Mörder liefert.

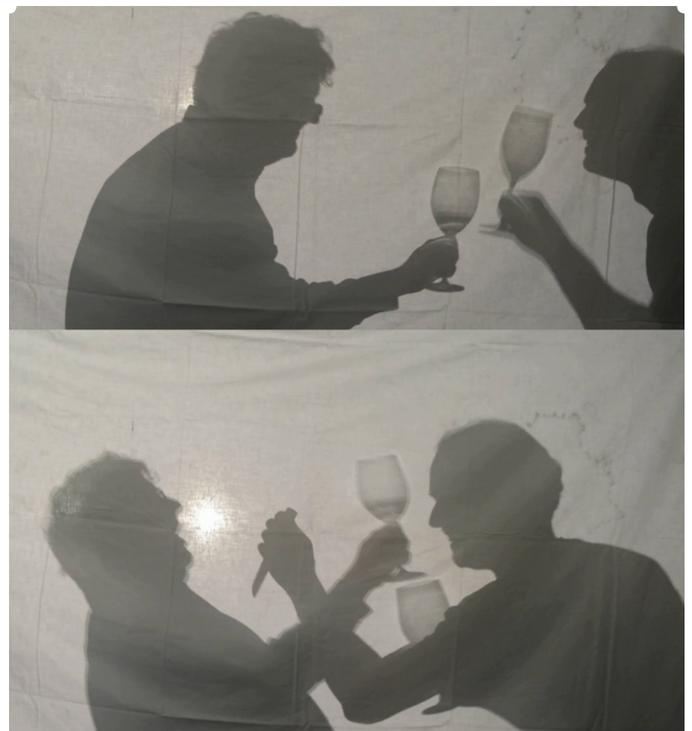


ABB. 2: Sir Ernest begrüßt zuerst alle Gäste (Darcy, Bennet und Bingley) und stößt anschließend mit ihnen an. Im späteren Verlauf wird einer dieser Gäste zum Mörder, nur der Klang des Glases verrät ihn.

Die Schülerinnen und Schüler müssen nun von den Audiodateien der Begrüßungsszenen (Darcy, Bennet und Bingley) mit Hilfe einer Frequenzanalyse einen „Fingerabdruck“ der Gläser erstellen und diesen anschließend mit den Frequenzen der Todesszene vergleichen. Dies führt die jungen naturwissenschaftlichen Ermittlerinnen und Ermittler schließlich zum Fahndungserfolg.

1. BENÖTIGTE MATERIALIEN/RESSOURCEN/PROGRAMME

- Audiodateien von der Homepage^[1]
- Audacity^[2] für Frequenzanalyse der Dateien
- verschiedene Weingläser und Anschlaghammer
- Apps^[3] zum Bestimmen des Frequenzspektrums

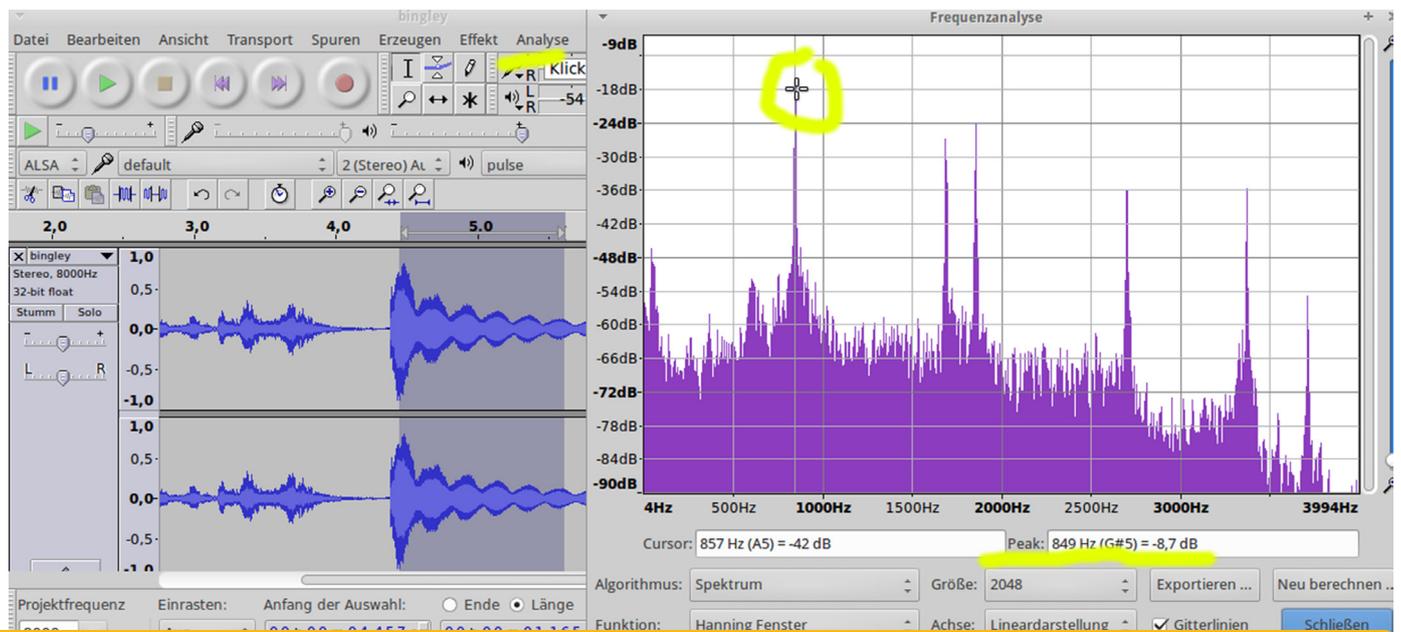


ABB. 3: Die Audiodateien werden zur Verfügung gestellt, damit die Schülerinnen und Schüler sich auf die Frequenzanalyse konzentrieren können. Das einfachere, aber ungenauere, Aufnahmen direkt vom Glas per Smartphone wird zur Binnendifferenzierung genutzt.

2. AUFGABEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER

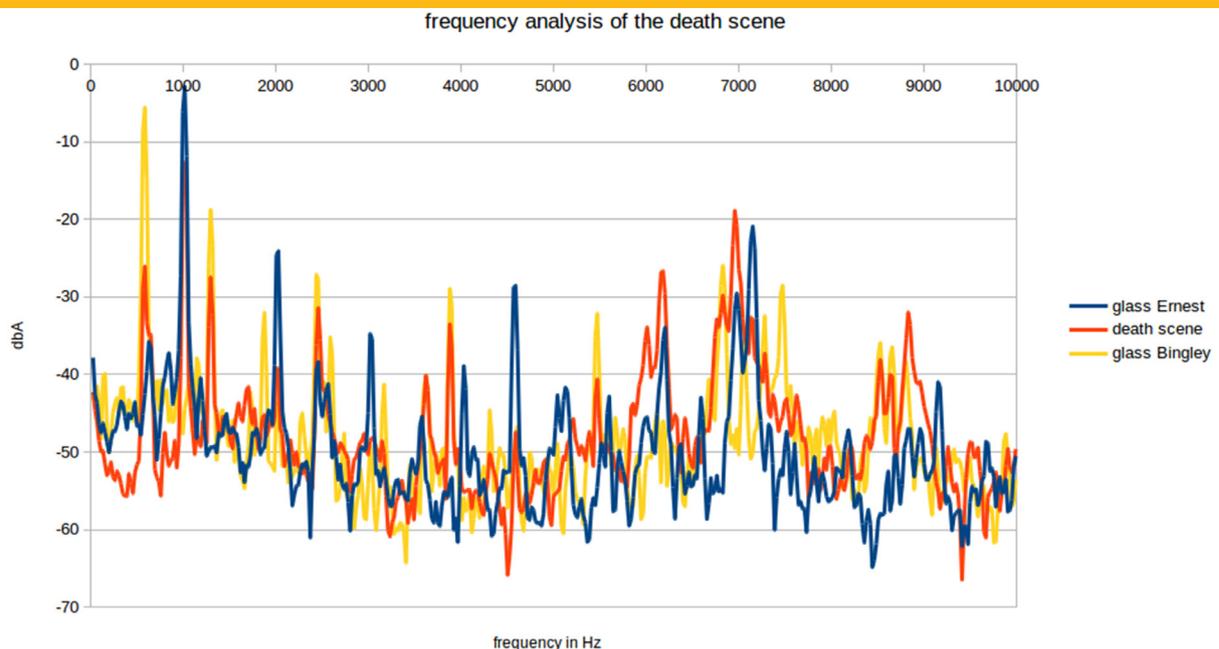
Dieser Handlungsstrang ist binnendifferenziert, da er optionale Lehrplaninhalte abdeckt. Leistungstärkere Schülerinnen und Schüler analysieren die Frequenzen am PC mit der Software Audacity (siehe ABB. 3). Dabei werden die Daten als *.csv exportiert und mit einer Tabellenkalkulation ausgewertet. Um Schülerinnen und Schüler dabei zu unterstützen, gibt es ein Hilfsvideo^[4] mit den Handlungsanweisungen. Beim Vergleich der Frequenzen innerhalb eines Diagramms (siehe ABB. 4) erkennen Schülerinnen und Schüler dann schnell, wer der Mörder in der dargestellten Szene ist.

Für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler gibt es binnendifferenzierte Aufgaben, etwa das Frequenzspektrum

von zwei unterschiedlichen Gläsern mit dem Smartphone aufzuzeichnen und zu vergleichen. Somit erhalten alle einen Einblick in das Thema je nach Fähigkeiten, um anschließend die Mördersuche der anderen Gruppen zu verstehen.

Die Erkenntnisse dieser Einheit kann man auch zur Personenidentifizierung nutzen. Lässt man einen Schüler und eine Schülerin etwa den Kammerton a mit 440 Hz singen, erkennt man am Spektrum sofort das Geschlecht des Sängers. Dazu verwendet man ein Smartphone mit einer Stimmgeräte-App. Man versucht, den vorgegeben Ton nachzusingen und nimmt das Spektrum mit einem zweiten Smartphone auf. Dies ist dann auch ein kleiner Einblick in die Obertonreihe von Tönen und der naturwissenschaftlichen Bestimmung eines Klangs.

ABB. 4: Man erkennt im Frequenzspektrum gut, dass die wichtigen Markerfrequenzen des Glases von Bingley im Spektrum der Audiodatei der Todesszene vorkommen.



Flammenfärbung als Fingerabdruck in der Chemie

1. KONZEPT

Im Handlungsstrang 2 werden in Gruppenarbeit die Linienspektren von angeregten Metallkationen untersucht. Zur Einleitung in das Thema dient folgende Geschichte:

Mr. und Mrs. Wickham speisen in Netherfield Hall. Es gibt u. a. Hähnchenschenkel. Nachdem sie das Fleisch von den Knochen abgenommen haben, legen sie diese wieder auf den Teller. Plötzlich zieht Mr. Wickham eine kleine Tüte aus der Tasche und streut etwas Lithiumchlorid über die Knochen. Mrs. Wickham wundert sich, erhält aber von Mr. Wickham keine Erklärung. Am nächsten Tag sind beide zum Ball auf Netherfield, es gibt Hühnersuppe. Mr. Wickham zieht beim Essen einen Spiritusbrenner und ein Magnesiastäbchen aus der Tasche. Das Magnesiastäbchen taucht er in die Suppe und hält es danach in die Brennerflamme! Die Flamme leuchtet rot!

2. BENÖTIGTE MATERIALIEN UND CHEMIKALIEN

- Schutzbrille
- Bunsenbrenner
- Feuerzeug
- Magnesiastäbchen
- Porzellanschale
- Tüpfelplatte
- Handspektroskop
- Pasteurpipetten mit Hütchen
- Tiegelzange
- Stativ mit Klemme
- verdünnte Salzsäure ($c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/l}$)
- Lithiumchlorid
- Natriumchlorid
- Kaliumchlorid
- Calciumcarbonat
- Salzmischung 1 (Natriumchlorid und Calciumcarbonat)
- Salzmischung 2 (Lithiumchlorid und Kaliumchlorid)
- Arbeitsblatt mit Arbeitsaufträgen und Kontrollkarten ^[5]

3. AUFGABEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER

Die Salzmischungen müssen vor dem Unterricht im Mörser frisch hergestellt werden, da Calciumcarbonat hygroskopisch ist. Die Kontrollkarten werden bereitgestellt. Das Material soll für vier parallel arbeitende Gruppen ausgelegt sein. Die Lehrkraft hat während der Gruppenarbeit lediglich auf die Einhaltung der Vorschriften zur Laborsicherheit zu achten und die Gruppen in der Bedienung des Handspektroskops anzuleiten. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich nun mit einer Vorlage für ein Spektrum (Wellenlängen und Farben) die jeweiligen Spektren der Metalle und wiederholen

anschließend die chemischen Grundlagen der Verbindungen (Arbeitsaufträge 6 – 8). Zur gestuften Unterstützung gibt es Lösungsvorschläge auf den Kontrollkarten. Die benötigte Arbeitszeit der Gruppen variiert von 20 bis 40 Minuten.

Die Schülerinnen und Schüler werden mittels eines Textes zur Förderung der Lesekompetenz auf einen unsachgemäßen Umgang mit Nahrungsmitteln während des Balles gestoßen. Mr. Wickham markiert seine Speisereste mit Lithiumchlorid und verbrennt am nächsten Tag die Hühnersuppe auf dem Bunsenbrenner. Die Schülerinnen und Schüler stellen die Hypothese auf, dass mit dem Salz und seiner charakteristischen Flammenfarbe als „Fingerabdruck“ ein Verkochen der Speisereste aufgedeckt werden kann.

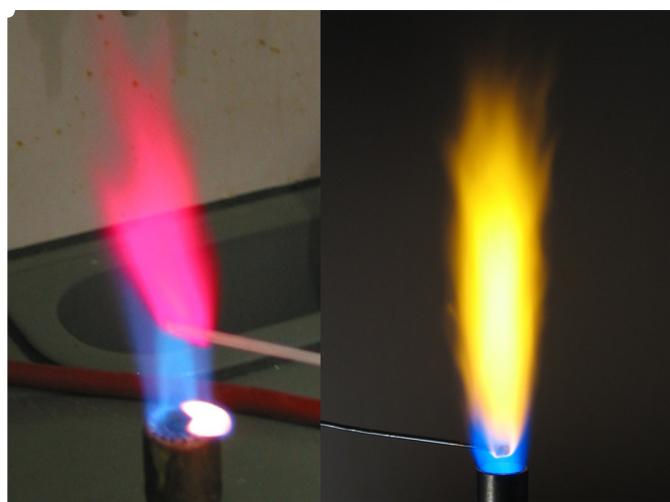


ABB. 5: Die Flammenfärbung von LiCl und NaCl

In den folgenden Arbeitsaufträgen (6 – 9) erarbeiten sich die Gruppen eigenständig und experimentell die Grundlagen der Spektroskopie zur Unterscheidung von Kationen (hier: Li^+ , Na^+ , K^+ und Ca^{2+}), wobei Grundwissen wie das Aufstellen chemischer Formeln wiederholt wird. Sie lernen eigentätig den Umgang mit Spektralkarten kennen und entwickeln auf der Teilchenebene den Zusammenhang zwischen Energie und Wellenlänge des Lichtes. Hierbei erhalten sie als Hilfe ein Energiediagramm und einen Lückentext. Anhand von Kontrollkarten können sich die Schülerinnen und Schüler selbstständig über die Qualität ihrer Ergebnisse informieren. So wird sichergestellt, dass alle unabhängig von ihrem Leistungsniveau die wichtigen Informationen aus dem Unterricht mitnehmen. Die Ergebnisse werden in der jeweiligen Gruppe diskutiert. Dabei wird den Schülerinnen und Schülern das gemeinsame Grundprinzip mit den Spektren von LEDs bewusst.

Der Arbeitsauftrag 9 (Salzmischungen) ist nicht obligatorisch, sondern für fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler zur Binnendifferenzierung gedacht. Hier müssen sie ein überla-

WHO MURDERED SIR ERNEST?

gertes Spektrum von zwei Kationen im Spektroskop analog dem überlagerten Tonspektrum in der Mordszene deuten. Abschließend werden die Ergebnisse in das Abschlussplakat der Unterrichtseinheit eingebaut.

Energieniveaus und Spektren im Alltag



ABB. 6: Der „Fingerabdruck“ einer Hg-Straßenlampe als Beispiel eines diskreten Spektrums im Alltag.

1. KONZEPT

In Handlungsstrang 3 soll den Schülerinnen und Schülern an Beispielen gezeigt werden, wo sie diskrete und kontinuierliche Spektren in ihrem Alltag finden können und wodurch sich diese unterscheiden.

2. BENÖTIGTE MATERIALIEN

- LEDs unterschiedlicher Farbe und Steckbrett
- Multimeter
- alltägliche Lichtquellen (Laser, Kerze, Smartphone-Display, ...)
- Handspektroskope

3. AUFGABEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER

Der Physikteil dient dazu, mit Hilfe des LED-Versuchs verschiedene Farben verschiedenen diskreten Energiestufen zuzuordnen. Dazu werden die farbigen LEDs in Reihe geschaltet und mit einem strombegrenzten Netzgerät ($I_{max} \sim 20\text{mA}$) jeweils die Spannung bestimmt, bei welcher die LEDs zu leuchten beginnen. Anschließend werden diese LEDs aus der Schaltung entfernt. Mit Hilfe der Formel $U = E \cdot q = E \cdot e$ (U : Spannung, E : Energie, q : Ladung, e : Elementarladung) ergibt sich die Spannung als direktes Maß für die Energie der einzelnen Photonen.

Im weiteren Verlauf bestimmen die Schülerinnen und Schüler das Spektrum alltäglicher Lichtquellen und erarbeiten sich damit den Unterschied zwischen diskreten Spektren (z. B.

Laserdioden), kontinuierlichen Spektren (z. B. Kerze) und einer Mischform (z. B. Smartphone-Display oder Leuchtstoffröhre). Diese Inhalte werden aber später im Unterricht aufbereitet, wobei man durch diese Unterrichtseinheit auf einen breiten praktischen Erfahrungsschatz bei den Schülern zurückgreifen kann. Auch hier dient das Spektrum zum Erkennen z. B. der Displaytechnologie wie OLED-Bildschirm im Vergleich zu LCD-Display.

Interaktive Ergebnissicherung

Am Ende dürfen die Schülerinnen und Schüler aussuchen, welche aktuelle Anwendung sie untersuchen wollen. Einerseits gibt es vom BR (Bayerischer Rundfunk) einen aktuellen Film zu Joseph Fraunhofer^[6] mit mehreren Aspekten der Kriminalistik und Archäologie, andererseits wird die NASA-Mission des Mars Rovers Curiosity angeboten. Dabei gibt es für die Schülerinnen und Schüler interaktive Elemente zum Festigen und selbstständigen Erarbeiten des Stoffes (siehe ABB. 7). Beide Arbeitsaufträge sind auf der Homepage^[1] vorhanden, mit entsprechenden interaktiven Elementen.

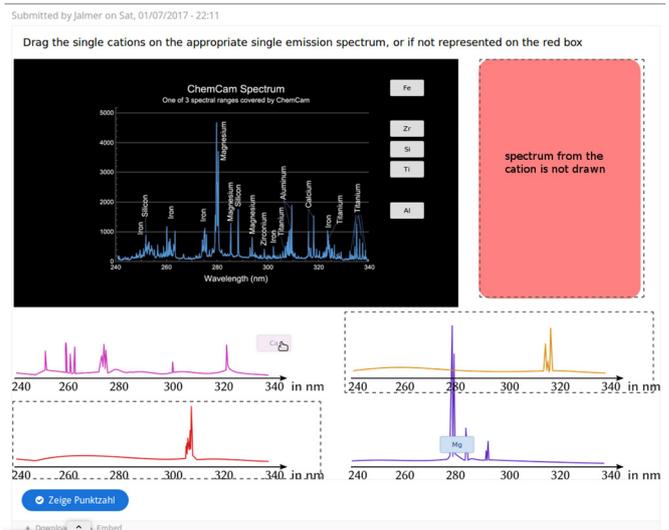


ABB. 7: Zum Ende der Einheit gibt es verschiedenen interaktive Elemente, z. B. der Mars-Rover Curiosity mit realen wissenschaftlichen Daten. Dadurch wird den Schülerinnen und Schülern die Relevanz und Aktualität des Themas bewusst, was zu ihrer Motivation beiträgt.

Fazit

Die Unterrichtseinheit ermöglicht binnendifferenziert einen Einblick in die Spektralanalyse unter verschiedenen Gesichtspunkten und in diversen Wissenschaftsrichtungen. Die Schülerinnen und Schülern erkennen die Bedeutung eines gemeinsamen analytischen Grundprinzips für gänzlich unterschiedliche Problemstellungen und Anwendungen. Die Eigentätigkeit kann das Interesse an den MINT-Fächern unterstützen, erweitern und manchmal sogar entzünden.

Gerade leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler finden durch den Motivationsrahmen des Krimis eine zusätzliche Chance, in den Fächern Chemie und Physik wieder Fuß zu fassen.

Bildquellen, Literatur und weitere Ressourcen

[1] <http://www.edu-maphy.de/dokuwiki/doku.php?id=sons16>

[2] <http://www.audacityteam.org/>, auch von einem USB-Stick ohne Installation lauffähig

[3] z. B. Android Advanced Spectrum Analyzer; Apple IOs

[4] <https://youtu.be/IMuVfVrNZIM> (Zugriffsdatum 9.3.2017)

[5] http://www.science-on-stage.de/download_unterrichtsmaterial/Arbeitsblatt_Frequenzanalyse_deutsch.pdf

[6] „Folge 2 – Forscher aus Leidenschaft“ – Joseph von Fraunhofer | ARD Mediathek <http://www.ardmediathek.de/tv/Joseph-von-Fraunhofer/Folge-2-Forscher-aus-Leidenschaft/ARD-alpha/Video?bcastId=14913026&documentId=15675704> (Zugriffsdatum 9.3.2017)

ABB. 1: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sch%C3%A4uble_Fingerprint_stamp_\(3561866525\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sch%C3%A4uble_Fingerprint_stamp_(3561866525).jpg)
Urheber: Max Braun, CC-BY-SA 2.0 (Zugriffsdatum 9.3.2017)

ABB. 5: links: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Flammenf%C3%A4rbungLi.png>, CC0;
rechts: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Flametest--Na.swn.jpg>; Urheber: Søren Wedel Nielsen, CC-BY-SA 3.0 (Zugriffsdatum 9.3.2017)

ABB. 6: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Compact-Disc-spectrum-Mercury.jpg>, Urheber: Pieter Kuiper, CC-BY 2.5 (Zugriffsdatum 9.3.2017)

Science on Stage

WER WIR SIND

Science on Stage bietet mit Europas größten Lehrerfestivals, Workshops und Fortbildungen Lehrkräften von MINT-Unterrichtsfächern eine Bühne, ihre besten Unterrichtsprojekte gemeinsam zu präsentieren und voneinander zu lernen. Die Initiative besteht seit 2003 und erreicht von der Grundschule bis zur Oberstufe 100.000 Lehrkräfte in 30 Ländern.

UNSERE UNTERRICHTSMATERIALIEN

Science on Stage Deutschland bietet kostenlose Unterrichtsmaterialien für Grundschul- und MINT-Lehrkräfte von der Vorschule bis zur Sekundarstufe II. Alle Unterrichtsmaterialien wurden von Lehrkräften für Lehrkräfte entwickelt. Als Unterrichtsmaterial des Monats stellt Science on Stage neben Unterrichtseinheiten aus den in internationalen Kooperationen entwickelten Broschüren auch Projekte aus vergangenen nationalen und internationalen Festivals vor.

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Science on Stage übernimmt keine Haftung für die Vollständigkeit und Richtigkeit des angebotenen Materials. Diese Unterrichtseinheit wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Science on Stage übernimmt keine Haftung für die mögliche Urheberrechtsverletzung Dritter.

Creative-Commons-Lizenz:

Namensnennung, Nicht-kommerziell, Weitergabe unter gleichen Bedingungen



Hauptförderer:



IMPRESSUM

Science on Stage Deutschland e.V.

Poststraße 4/5

10178 Berlin | Deutschland

+49 (0)30 400067-40

info@science-on-stage.de

www.science-on-stage.de

[facebook.com/scienceonstagedeutschland](https://www.facebook.com/scienceonstagedeutschland)

twitter.com/SonS_D