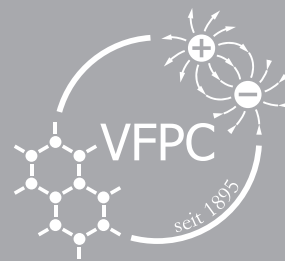


plusLucis

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts



Strahlung

ISSN 1606-3015

Ausgabe 2/2019

Impressum

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschusses Physik & Schule der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (VZR: 668472729)
Erscheint vierteljährlich

Medieninhaber:

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts
Adr.: AECC Physik Universität Wien,
Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien
Web: <https://www.pluslucis.org>
Mail: schriftenleitung@pluslucis.org

Redaktion:

Mag. Dr. Thomas Plotz (Leitung)
Mag. Sarah Zloklikovits

Satz & Layout: DI Maria Wasserburger

Verantwortlicher Herausgeber dieser Ausgabe:

Mag. Dr. Thomas Plotz
AECC Physik, Universität Wien
E-mail: thomas.plotz@univie.ac.at

HerausgeberInnenteam:

Univ.-Prof. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer
Universität Graz, Physikdidaktik
E-Mail: claudia.haagen@uni-graz.at

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
Universität Wien, Physikdidaktik
E-Mail: martin.hopf@univie.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens
Universität Wien, Chemiedidaktik
E-Mail: anja.lembens@univie.ac.at

Prof. Dr. Thomas Wilhelm
Universität Frankfurt, Physikdidaktik
E-Mail: wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

Bezugshinweise:

Das Abonnement der Zeitschrift ist für Vereinsmitglieder im Mitgliedsbeitrag inkludiert.
Ein institutionelles Abonnement (z.B. für Bibliotheken) ist zum Bezugspreis von 40 Euro im Jahr möglich.

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes Grundlegende Richtung: Fortbildung und fachliche Information für Physik- und ChemielehrerInnen, organisatorische Mitteilungen, Vereinsinterna.

Für die Inhalte der Artikel sind ausschließlich die namentlich genannten AutorInnen verantwortlich.

Titelbild (Umschlag):

Mag. Dr. Thomas Plotz

Inhalt

Elektromagnetische Strahlung unterrichten.....	4
<i>Thomas Plotz und Sarah Zloklikovits</i>	
RFIDs.....	10
<i>Roman Dengler</i>	
Kostengünstige Infrarotsensoren im Physikunterricht.....	16
<i>Tobias Schüttler und Raimund Girwidz</i>	
Methoden der Infrarotfernerkundung im Physikunterricht.....	22
<i>Tobias Schüttler und Simone Zepp</i>	
Wann ist das Sonnenlicht entstanden?	28
<i>Leo Ludik</i>	
Verstrahltes Basilikum.....	29
<i>Thomas Schubatzky, Claudia Haagen-Schützenhöfer und Gerhard Rath</i>	
Strahlung konkret.....	34
<i>Thomas Plotz und Sarah Zloklikovits</i>	

Editorial

Liebe Leserinnen, liebe Leser.

Haben Sie vielleicht auch die Angewohnheit ihr Mobiltelefon in der Nacht in den Flugmodus zu versetzen? Oder gehören Sie auch zu den Menschen, die den WLAN-Router am Abend ausschalten? Wenn nicht, dann verfolgen Sie die momentane Diskussion zum Ausbau des 5G-Netzes wahrscheinlich auch mit relativ großer Gelassenheit.

Diese Ausgabe von Plus Lucis widmet sich einem Thema, welches einerseits allgegenwärtig ist, da wir allezeit und immerzu von elektromagnetischer Strahlung unterschiedlicher Intensitäten umgeben sind. Andererseits wird kaum ein anderes Thema von so vielen Mythen und falschen Behauptungen begleitet wie jenes der Strahlung. Die öffentliche Diskussion reicht da von Aufklebern für Sendegeräte, welche von einer Gemeinde im Umland von Wien verwendet werden [1], um das WLAN „gesund“ zu machen, bis hin zu einem Aufruf zum Boykott des 5G-Ausbaus [2]. Beobachtet man die öffentlichen Debatten in den sozialen Netzwerken so fällt schnell auf, dass ein großer Teil der Bevölkerung nicht in der Lage ist basale naturwissenschaftliche Kompetenzen in die Diskussion einzubringen. Dieser Umstand erleichtert es dubiosen Geschäftemachern mit der Angst der Menschen Profit zu generieren. Es ist daher Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts hier eine Grundlage zu schaffen und die Schülerinnen und Schülern mit Basiswissen bezüglich Strahlung auszustatten.

Die Artikel in diesem Heft verfolgen genau diesen Ansatz. So finden Sie zunächst eine grundlegende Aufarbeitung des Themas im Basisartikel *Elektromagnetische Strahlung* unterrichten, der nicht nur die Relevanz des Themas für den Unterricht aufzeigt, Schülervorstellungen anführt und fachdidaktische Basisideen dargelegt, sondern auch eine Elementarisierung des Themas für die Sekundarstufe I anbietet. Roman Dengler war so freundlich das Thema der RFDI-Chips physikalisch zu beleuchten. Dabei geht er nicht nur auf die grundlegende Physik dieser Technologie ein, sondern beschreibt auf einfache Experimente die für den Schulalltag geeignet sind. Tobias Schüttler arbeitet seit einigen Jahren in München an Möglichkeiten über Experimente für Schülerinnen und Schülern diesen das Thema Infrarot nahe zu bringen. In seinem Artikel *Kostengünstige Infrarotsensoren im Physikunterricht* beschreibt er verschiedenste Möglichkeiten Sensoren zu bauen, welche im Unterricht eingesetzt werden können. So wird der Umbau einer günstigen Webcam ebenso beschrieben wie die Möglichkeiten mit einer Wärmebildkamera zu experimentieren. Sehr spannend ist das Thema seines zweiten Artikels *Methoden*



Thomas Plotz

der Infrarotfernerkundung im Physikunterricht. Hier wird zunächst die technische Seite beschrieben und anschließend auf die Anwendung im Physikunterricht eingegangen. Besonders interessant ist der Abschnitt in welchem der Einsatz einer entsprechenden Kamera auf einer Drohne beschrieben wird. Dies im Physikunterricht umzusetzen ist sicher für die Lernenden ein Gewinn. Dass Mikrowellen Wasser erwärmen können, ist kein Geheimnis. Ob diese Strahlungsart auch Einfluss auf das Wachstum von Basilikum hat untersuchte Thomas Schubatzky in seinem Artikel *Verstrahltes Basilikum – Wie gefährlich sind Mikrowellen?* Dieses Experiment wird im Internet oft als „Beweis“ für die Gefährlichkeit von Mikrowellen herangezogen und bietet im Unterricht eine Lerngelegenheit für verschiedenste Kompetenzen (von der Kompetenz Experimente zu planen und diese durchzuführen bis hin zur Bewertungskompetenz von Youtube-Videos). Den Abschluss des Heftes bietet der Artikel *Strahlung konkret* in dem meine Kollegin Sarah Zloklikovits mit mir verschiedene Unterrichtsansätze vorstellt, die Sie unmittelbar für ihren Unterricht heranziehen und verwenden können. Die Materialien können Sie von der Plus Lucis Homepage herunterladen. Außerdem hat sich in diesem Heft Leo Ludik Gedanken darüber gemacht wann das Sonnenlicht, welches uns erreicht eigentlich entstanden ist. Am Ende findet sich noch ein kurzer Bericht von Kollegin Krumphals, die über die vom Verein unterstützte Konferenz in San Sebastian berichtet.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre dieses Heftes und hoffe, dass die darin enthaltenen Beiträge Sie ermutigen das Thema Strahlung mit ihren Schülerinnen und Schülern zu thematisieren. Aus eigener Erfahrung weiß ich, dass diese ein hohes Interesse an dem Thema haben.

Thomas Plotz

- [1] https://www.gerasdorf-wien.gv.at/Stadtgemeinde_Gerasdorf_setzt_auf_gesundes_WLAN_in_Schulen_Kindergaerten_und_im_neuen_Rathaus
- [2] <https://derstandard.at/2000100738589/Angst-vor-Strahlung-Petition-gegen-5G-Netzausbau>

Elektromagnetische Strahlung unterrichten

Thomas Plotz und Sarah Zloklikovits

Das Thema Strahlung ist aus unserem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Von der täglichen mobilen Kommunikation, über die Luftraumüberwachung, Solarien und Röntgenaufnahmen beim Zahnarzt, bis hin zur Infrarotdiode in der Fernbedienung nutzen wir elektromagnetische Strahlung. Um Anwendungen, Gefahren und Nutzen der verschiedenen Strahlungsarten informiert einschätzen zu können, ist ein gutes physikalisches Grundverständnis für dieses Thema unumgänglich.

Der vorliegende Artikel befasst sich mit grundsätzlichen Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler mit in den Unterricht bringen, und basalen Grundideen bzw. Elementarisierungen, welche den Unterricht zu diesem Thema erleichtern und strukturieren sollen. Zunächst sollte aber die Relevanz des Themas, abgesehen von der gesellschaftlichen Notwendigkeit, dieses zu unterrichten, aus dem Lehrplan sowie den Bildungsstandards heraus begründet werden.

1. Strahlung im Lehrplan

Betrachtet man den gültigen Lehrplan [1] für Physik in der Sekundarstufe I, so finden sich bereits bei den Bildungs- und Lehraufgaben Verweise auf Strahlung. So wird im Punkt *„Erkennen von Gefahren, die durch die Anwendung naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse verursacht werden, und Auseinandersetzung mit problemadäquaten Maßnahmen zur Minimierung“* explizit der Strahlenschutz angesprochen. Welche Strahlungsarten hier gemeint sind, bleibt in diesem Punkt offen. Ein paar Zeilen weiter findet sich beim Punkt *Mensch und Gesellschaft* sowohl der Einfluss von Physik und Technik auf die Entwicklung der Menschheit, als auch die kritische Auseinandersetzung mit ebendiesen Entwicklungen. Eine solche Auseinandersetzung ohne fundierte Grundkenntnisse scheint jedoch schwierig und problematisch, was eine Inkludierung des Themas Strahlung aus den erstgenannten Gründen nahelegt. Im Bereich des Lehrstoffes findet sich der Begriff Strahlung vor allem in zwei inhaltlichen Zusammenhängen. Im Inhaltsbereich der Thermodynamik taucht er in der 3. Klasse als Wärmestrahlung auf. Hier sollen die verschiedenen Modelle des Wärmetransports besprochen und die Folgerungen erklärt werden. Die damit einhergehenden Schwierigkeiten werden in diesem Artikel noch aufgegriffen und mögliche Lösungen vorgeschlagen.

Prominent findet sich das Thema Strahlung in der 8. Schulstufe. Hier ist sowohl der Bereich der Optik (sichtbare Strahlung) als auch der Bereich der Radioaktivität genannt. In letzterem ist es die explizite Nennung der drei Strahlungsarten (Alpha-, Beta- und Gammastrahlung), die eine klare inhaltliche Verbindung zu dem Thema zieht. Für Schülerinnen und Schüler ist gerade

diese Thematik schwierig. α -, β - und γ -Strahlung werden oft mit dem Oberbegriff „radioaktive Strahlung“ versehen, der aus physikalischer Sicht nicht korrekt ist. Die Strahlungsarten lassen sich sowohl als Teilchenstrahlung (α - und β -Strahlung), als auch elektromagnetische Strahlung (γ -Strahlung) klassifizieren. Dies widerspricht dem didaktischen Grundsatz, dass Bezeichnungen möglichst eindeutig gewählt werden sollten. Schon an diesem Beispiel, und dies ist nicht das einzige, ist die mannigfaltige Verwendung des Begriffs Strahlung sichtbar. In dieser Ausgabe von Plus Lucis soll natürlich eine solche Ungenauigkeit vermieden werden. Daher wird im nächsten Abschnitt die Definierbarkeit des Begriffes Strahlung genauer erläutert.

Betrachtet man die aktuellen Bildungsstandards, so findet sich auch hier das Thema Strahlung in ähnlicher, jedoch konkreterer Weise im Vergleich zum Lehrplan. Es werden in der Inhaltsdimension Optik explizit die Strahlungsarten UV und Infrarot genannt und im Bereich Aufbau der Materie wird *„Eigenschaften und Auswirkungen von ionisierender Strahlung“* als inhaltliches Ziel der Sekundarstufe I genannt. Anders als im Lehrplan kommt das Thema Wärmetransport nicht vor.

Es zeigt sich also, dass auch in der Sekundarstufe I das Thema Strahlung in verschiedensten Inhaltsbereichen vorkommt. Aus diesem Grund ist es aus unserer Sicht eine Notwendigkeit, diesem Bereich größere Beachtung zu schenken. Der vorliegende Artikel soll Lehrerkolleginnen und -kollegen als Ausgangspunkt dienen, das Thema Strahlung effektiv in den Unterricht der Sekundarstufe I zu integrieren.

2. Definition von Strahlung

Eine allgemeine Definition für den Begriff Strahlung zu finden, stellt den Ausgangspunkt eines fachlichen Verständnisses dar. Beim Begriff der Strahlung ist schon nach kurzer Recherche bemerkbar, dass dies kaum zu bewerkstelligen ist. Weder Fach- noch Schulbücher stellen eine solche allgemeine Definition zur Verfügung, was zunächst überraschend erscheinen mag. Es finden sich bei einzelnen Autorinnen und Autoren jedoch spezifische Definitionen für einzelne Gruppen von Strahlung. Neumann [2] versucht in ihrer Dissertation eine allgemeine Definition:

„...unter dem Begriff Strahlung [versteht diese Arbeit Anm. Thomas Plotz] den Vorgang der Ausbreitung von Photonen oder anderer sub-atomarer Teilchen, die dabei Energie und Impuls transportieren.“ [2] (S. 3)

Dieser sehr allgemein gehaltene Versuch umfasst zwar praktisch alle Strahlungsarten, ist jedoch für den Gebrauch im Unterricht nur eingeschränkt zu gebrauchen. Auch bei Giancoli [3] (einem

bekannten Oberstufenbuch) findet sich ein sehr allgemein gehaltener Versuch:

„Wenn wir von Strahlung sprechen, meinen wir α -, β - und γ -Strahlung und Röntgenstrahlung genauso wie Protonen, Neutronen und Pionen.“ [3] (S. 667)

Beide Definitionsversuche sind für den Unterricht zu breit und verlangen ein Verständnis für verschiedenste strahlungsspezifische Begriffe, als auch Kenntnis über Elementarteilchen. Beides ist in der Sekundarstufe meist nicht gegeben.

Durchsucht man universitäre Standardwerke wie das Physiklehrbuch von Vogel und Gerthsen [4] nach einer Definition des Begriffes Strahlung, so ist diese Suche vergeblich. Wagner, Reischl, und Steiner [5] verwenden zwar den Begriff der Strahlung im Zusammenhang mit Wärme- bzw. Hohlraumstrahlung, geben jedoch keine allgemeine Definition. Tipler und Gerlich [6] erwähnen den Begriff Strahlung im Zusammenhang mit Wärmestrahlung. Es ist jedoch nicht eindeutig, welcher Spektralbereich mit Wärmestrahlung gemeint ist, da zusätzlich Licht, Radiowellen und Röntgenstrahlung angeführt sind.

Eine allgemeine Definition scheint mit Blick auf die Literatur also schwierig. Einfacher ist es, wenn dichotome Definitionen versucht werden. Hier lassen sich schnell drei mögliche Merkmale einer Charakterisierung von Strahlung finden:

- **Teilchenstrahlung und elektromagnetische Strahlung** Die Unterscheidung der Strahlung erfolgt hier durch den Begriff des Teilchens bzw. der Welle. Diese Unterscheidung ist bekannterweise nicht eindeutig, was wiederum zu Schwierigkeiten führen kann. Ein einfacher Zugang scheint hier die Unterscheidung über die Masse: Teilchen besitzen eine Ruhemasse, was Neutronen, Elektronen usw. einschließt, jedoch Photonen ausschließt. In dieselbe Richtung geht die Unterscheidung in Materie (Teilchenstrahlung) und nicht Materie (elektromagnetische Strahlung), die später noch eine Rolle spielen wird.
- **Ionisierende Strahlung und nicht ionisierende Strahlung** Die Unterscheidung erfolgt mit Hilfe der Energie, welche von der Strahlung transportiert wird. Ist diese hoch genug, so ist die Strahlung als ionisierend zu klassifizieren. Der Übergang zwischen ionisierend und nicht-ionisierend ist nicht klar definiert und insofern fließend, als die Ionisierungsenergie vom zu ionisierenden Element abhängt. Sie geht dabei von drei bis zu 25 eV [7]. Stellt man den Menschen in den Fokus, so liegt die Ionisierungsenergie von DNA bei 4,3 eV, was einer Wellenlänge von $\lambda = 230$ nm (UVC-Bereich) entspricht.
- **Strahlung aus dem Atomkern und Strahlung aus der Atomhülle** Diese Unterscheidung bezieht sich auf die Quelle der Strahlung. Die Quelle kann entweder der Atomkern sein (α -, β -, γ - und teilweise Röntgenstrahlung) oder in der Hülle von Atomen (alle weiteren Strahlungsarten) liegen.

Die Artikel dieses Heftes beschäftigen sich mit unterschiedlichen Arten von elektromagnetischer Strahlung, wobei bewusst auf diese reduziert wird. Die vorherigen dichotomen Ansätze sind zwar physikalisch gleichwertig, bergen jedoch unterschiedliche Schwierigkeiten, auf die hier nicht genauer eingegangen werden soll. Genauer findet sich dieser Punkt in der Dissertation von Plotz [8]. Der Begriff Strahlung wird daher in diesem Heft synonym mit elektromagnetischer Strahlung verwendet. Sie beinhaltet dabei sowohl ionisierende als auch nicht ionisierende Arten. Die einzelnen Spektralbereiche werden mit den entsprechenden Präfixen (beispielsweise Infrarotstrahlung) benannt.

3. Schülervorstellungen zu Strahlung

Der Bereich der elektromagnetischen Strahlung steht erst seit wenigen Jahren im Fokus der Schülervorstellungsforschung. Daraus resultiert auch die noch begrenzte Anzahl an Schülervorstellungen, die als gesichert angenommen werden kann.

Viele der zunächst durchgeführten Studien fokussieren auf den Bereich der Radioaktivität [9-12]. Der Reaktorunfall von Tschernobyl (1986) kann als Auslöser und Anlass für eine verstärkte Forschung in diesem Bereich gesehen werden. Oft wird in den obigen Studien die Vorstellungen dokumentiert, dass Schülerinnen und Schüler α -, β - und γ -Strahlung sowie den Transport von radioaktivem Material verbinden bzw. synonym sehen. Auch die Verwechslung von „irradiation“ (Bestrahlung) und „contamination“ („Verschmutzung“ mit strahlendem Material) wird immer wieder dokumentiert. Beide Vorstellungen finden sich auch bei heutigen Schülerinnen und Schülern [13, 14].

Steht elektromagnetische Strahlung im Fokus, so soll zunächst auf einen Überblicksartikel zum Thema Schülervorstellungen zu Strahlung verwiesen werden [15]. In diesem findet sich ein genauerer Überblick über die dokumentierten Schülervorstellungen. Allgemein findet sich ein recht ernüchternder Befund: Schülerinnen und Schüler haben de facto kein Verständnis für den physikalische Zusammenhang zwischen UV-Strahlung, Infrarotstrahlung und sichtbarem Licht. Schülerinnen und Schüler sind oft nicht in der Lage, außer der Sonne noch eine weitere Strahlungsquellen zu nennen. Zusätzlich zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler nicht in der Lage waren ionisierende von nicht ionisierender Strahlung zu unterscheiden.

Neumann [2] widmete sich in ihrer Dissertation Schülervorstellungen zu Strahlung und bestätigte die Ergebnisse von Rego und Peralta [16] bezüglich der Vorstellung der Sonne als alleiniger Quelle von Strahlung. Zusätzlich dokumentierte sie „neue“ Schülervorstellungen, beispielsweise das Licht keine Strahlung sei, oder dass jedes Elektrogerät Strahlung aussendet. Aufbauend auf ihren Ergebnissen konnte Plotz [8] die Vorstellung zu künstlicher Strahlung näher untersuchen. Schülerinnen und Schüler teilen Strahlung oft in künstliche

und natürliche Strahlung ein, wobei diese Einteilung teilweise auch mit den Attributen gefährlich (künstliche Strahlung) und ungefährlich (natürliche Strahlung) konnotiert wird.

Noch ist lange nicht geklärt, welche Vorstellungen auf dem Gebiet der Strahlung als gesichert angenommen werden dürfen. Das Forschungsfeld ist jedoch momentan stärker im Fokus fachdidaktischer Forschung, sodass in den nächsten Jahren hier eine Konsolidierung zu erwarten ist.

4. Didaktische Basisideen

Um Unterricht gut und stringent planen und entwickeln zu können, ist es sinnvoll, Basisideen zu formulieren. Dies wurde für das Gebiet der elektromagnetischen Strahlung in einer normativen Art durchgeführt, da das Gebiet selbst fachdidaktisch nicht vollständig erschlossen ist. Die Ideen wurden von Expertinnen und Experten diskutiert und für sinnvoll erachtet. Eine Validierung durch Studien ist jedoch noch ausständig. Es wurden vier Ideen formuliert, die von mündigen Bürgerinnen und Bürgern am Ende der Pflichtschule verstanden werden sollten [8]:

1. Elektromagnetische Strahlung wird anhand des Spektrums klassifiziert und geordnet. Jede Strahlungsart ist dort vertreten.
2. Elektromagnetische Strahlung benötigt für die Ausbreitung kein Medium. Jede Strahlung breitet sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit aus.
3. Elektromagnetische Strahlung ist omnipräsent. Wir leben in einem „Strahlungsbad“. Jede Strahlungsart umfließt uns in unterschiedlicher Intensität.
4. Elektromagnetische Strahlung transportiert Energie sowie Impuls und wechselwirkt in unterschiedlicher Weise mit Materie.

Diese Ideen sind als vorläufig zu sehen, haben sich aber in der Entwicklung von Unterrichtsmaterial bereits als sinnvoll erwiesen.

Als didaktisches Leitprinzip hat sich zusätzlich das Prinzip von **T**ransmission, **A**bsorption und **R**eflexion (kurz TAR) herauskristallisiert. Betrachtet man elektromagnetische Strahlung aus einer fachlichen Perspektive, so lassen sich verschiedenste Gemeinsamkeiten für alle Strahlungsarten feststellen. Sie breiten sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit geradlinig aus und benötigen kein Medium. Zusätzlich ist ihre Interaktion mit Materie immer gleich: Trifft Strahlung auf ein Medium bzw. auf Materie, so kann die Strahlung entweder transmittiert werden (also nicht mit der Materie interagieren) von dieser absorbiert werden (das heißt die gesamte transportierte Energie in das Medium transferieren) oder die Strahlung wird reflektiert, was oft mittels Absorption und Remission in Verbindung steht. Das TAR-Prinzip ist für Schülerinnen und Schüler eine Hilfe um beispielsweise die Verbindung mit der Optik ziehen zu können.

5. Problemstellen im derzeitigen Lehrplan

Betrachtet man den momentanen Lehrplan der Unterstufe, so findet sich Strahlung vor allem im Kontext Wärme und Radioaktivität. In beiden Gebieten ist eine Einführung in das Thema Strahlung möglich, jedoch mit Tücken versehen. Diese sollen nachfolgend kurz aufgezeigt und Lösungsmöglichkeiten angeboten werden.

5.1 Infrarotstrahlung

Tipp: Verwenden Sie im Unterricht immer den Begriff Infrarotstrahlung. Vermeiden Sie den Begriff Wärmestrahlung.

In der Sekundarstufe 1 wird im Themenbereich Wärme meist der Begriff Wärmestrahlung eingeführt und verwendet. Dies bleibt für Schülerinnen und Schüler oft ohne eine Einbettung in Bedeutungszusammenhänge. Dies führt dazu, dass der Begriff für sich alleine steht und in keinen größeren physikalischen Kontext eingeordnet werden kann. Wird später in der Sekundarstufe 2 die Infrarotstrahlung eingeführt, so kommt es zu einer Doppelbenennung. Erschwerend kommt hinzu, dass der Begriff Wärmestrahlung oft synonym mit dem Begriff Hohlraumstrahlung verwendet wird. Diese bildet wiederum das gesamte elektromagnetische Spektrum in unterschiedlichen Intensitäten ab und nicht nur den Bereich der Infrarotstrahlung (vgl. [5]).

Fachlich konsistent wäre also eher die Einführung der thermischen Strahlung in der Sekundarstufe 1 und daraus abgeleitet die Infrarotstrahlung. Dabei kann thermische Strahlung im Sinn von „alle Objekte mit einer Temperatur ungleich 0° K geben elektromagnetische Strahlung ab“ elementarisiert werden. Ob dies möglich und vor allem nötig ist, ist fraglich. Umgehen lässt sich dieses Problem, indem durchgehend eine Benennung der Strahlung als „Infrarotstrahlung“ angestrebt wird. Damit lässt sich das Prinzip der Übertragung von Wärme ohne Medium, welches oft der einzige Zweck der Einführung der Wärmestrahlung ist, ohne den Begriff der Wärmestrahlung erklären. Die thermische Strahlung ist in der Sekundarstufe 2, nach dem Verständnis des Spektrums, leichter zu erklären und mit den Begriffen „Intensität und Wellenlänge“ in Zusammenhang zu bringen.

5.2 „Radioaktive“ Strahlung

Tipp: Vermeiden Sie im Unterricht den Begriff „radioaktive“ Strahlung. Benennen Sie stattdessen die entsprechenden Strahlungsarten (α , β , γ) bei deren Verwendung.

Das Problem bei der Behandlung des Themas Radioaktivität ist, dass der Begriff „radioaktive Strahlung“ aus einer fachlichen Sichtweise schlicht falsch ist. Die Strahlungsarten (α , β , γ) an sich sind ja nicht radioaktiv, sondern werden von radioaktiven Atomen ausgesandt. Erschwerend kommt hinzu, dass, wie oben schon erwähnt, die Strahlungsarten als Teilchenstrahlung wie auch als elektromagnetische Strahlung klassifizierbar sind. Um

dies für Schülerinnen und Schüler versteh- und unterscheidbar zu machen ist es nötig, Teilchenstrahlung und den Unterschied zur elektromagnetischen Strahlung zu klären. Beides ist in der Sekundarstufe 1 nicht einfach.

Nun stellt sich auch hier die Frage nach der Notwendigkeit der Einführung von Strahlung im Rahmen von Radioaktivität. Obwohl sich aus den Bildungsstandards die Einführung von α -, β - und γ -Strahlung nicht sofort erschließt, so ist Kernenergie explizit genannt. Aus einer gesellschaftlichen Position heraus scheint es jedoch unumgänglich, Radioaktivität und die entsprechenden Strahlungsarten zu behandeln. Mündige Bürgerinnen und Bürger müssen in der Lage sein, eine Beurteilung von möglichen Gefahren, basierend auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, durchzuführen.

Ein möglicher Lösungsansatz könnte über die Trennung der Bezeichnungen führen. So ist zunächst eine Einführung von α - und β -Strahlung sinnvoll. Der Fokus muss dabei auf der verbindenden Eigenschaft Teilchenstrahlung liegen. Hier kann auch die Brücke zur Schülervorstellung der strahlenden Partikel geschlagen werden, aber auch die Gefahren von radioaktiven Wolken und ähnlichem ist thematisierbar. Die Einführung der γ -Strahlung sollte zeitlich getrennt davon erfolgen.

Ein wichtiger Punkt in diesem Thema ist vor allem die Thematisierung des Gefahrenpotentials der verschiedenen Strahlungsarten. Hier muss darauf geachtet werden, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, dass die Gefahr der Strahlungsarten immer durch die Interaktion mit dem Körper entsteht - die Abschirmbarkeit darf nicht mit der Gefährlichkeit der Strahlungsart verwechselt werden! Auch hier ist der oben erwähnte TAR-Ansatz hilfreich. Nur wenn Strahlung absorbiert wird überträgt diese die Energie, welche von ihr transportiert wird.

6. Elementarisierung für den Anfangsunterricht

Aufgrund der tragenden Rolle, die elektromagnetische Strahlung in unserem Alltag einnimmt, wäre es, wie oben beschrieben, erstrebenswert, das Thema bereits im Pflichtschulbereich im Physikunterricht zu verankern. Zloklikovits arbeitet an einem Ansatz, mit dem der Strahlungsbegriff in der 8. Schulstufe eingeführt werden kann. Sie knüpft in ihrem Ansatz dabei an den Optikunterricht an. Der Fokus liegt darauf, Wissen, das zur Beurteilungen von alltäglichen Situationen notwendig ist, möglichst einfach zugänglich zu machen. In ersten Studien hat sich dieser Ansatz als vielversprechend gezeigt [17].

6.1 Optik als Ansatzpunkt

Wahrscheinlich haben Sie in Ihrer eigenen Schulzeit einen Optikunterricht erfahren, der rein auf Mittel-, Parallel- und Brennpunktstrahlen aufgebaut war. Inzwischen wissen wir, dass dieser traditionelle Unterricht nicht zu den erwünschten

Lernerfolgen führt. In mehrjährigen Forschungsarbeit wurde ein Optikunterricht konzipiert, der zu einem guten konzeptionellen Verständnis führt [18-20]. Im Zentrum stehen zwei Ideen: Einerseits die Betrachtung der optischen Vorgänge von Sender zu Empfänger, andererseits die Darstellung von Licht als Lichtbündel. In Testungen mit Schülerinnen und Schülern hat sich dieser Zugang als vielversprechend erwiesen [18]. Ziel ist es, diese bewährten Konzepte auf das gesamte elektromagnetische Spektrum zu erweitern.

Für die Darstellung der Ausbreitung von Strahlung sowie der Wechselwirkung mit Materie wird auf eine Darstellungsform aus dem Optikunterricht zurückgegriffen (vgl. Abb. 1). Strahlung wird dabei als kegelförmige Pfeile skizziert. Die Pfeilrichtung gibt die Ausbreitungsrichtung der Strahlung an, die Größe die Intensität. Absorption wird mittels geschwungener Pfeile dargestellt [18].

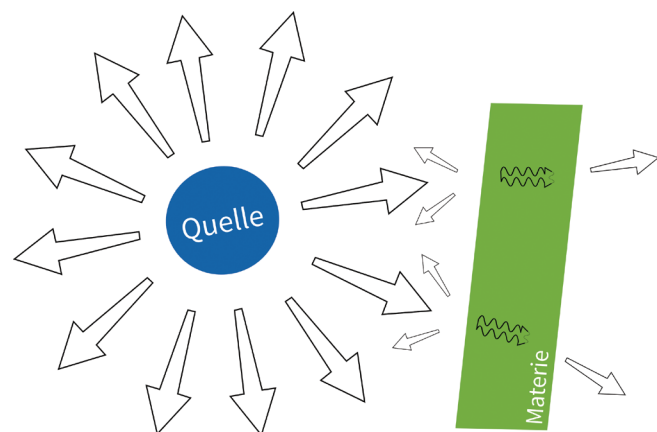


Abbildung 1: Darstellung von Transmission, Absorption und Reflexion mittels kegelförmiger Pfeile

6.2 Grundlegende Ideen

Die hier präsentierten Ideen stellen Adaptierungen der in Abschnitt 4 erwähnten Basisideen für die Sekundarstufe 1 dar. Der Unterricht soll an diesen Ideen aufgebaut werden. Im Nachfolgenden wird zu jeder Idee eine kurze Erläuterung gegeben sowie beispielhaft skizziert, wie sich diese im Unterricht erarbeiten lassen. Passende Aufgaben können dem Artikel „Strahlung konkret“ entnommen werden.

I. Elektromagnetische Strahlung ist ganz anders als Materie – man kann sie nicht anfassen, sie hat keine Masse. Elektromagnetischer Strahlung ist auch sehr schnell – sie breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.

Mit dieser Idee wird der Strahlungsbegriff eingeführt. Es wird davon abgesehen, eine Definition im Wellen- oder im Teilchenbild vorzunehmen. Stattdessen wird elektromagnetische Strahlung durch ihre Eigenschaften charakterisiert. Hier wird wie im typischen Optikunterricht vorgegangen, in dem die Einführung von Licht ebenfalls ohne Beschreibung im Wellen- oder Teilchenbild auskommt. Dass die Abgrenzung von Strahlung zu Materie wichtig ist, hat sich bei Haagen-

Schützenhöfer gezeigt [18]. Anhand dieser Erklärung wird eine Unterscheidung zu α - und β -Strahlung, bei denen es sich um Materie handelt, möglich – diese Differenzierung wird von Schülerinnen und Schülern für gewöhnlich gut akzeptiert. Eine einfache Erklärung für den Begriff „Materie“ findet sich bei Wiener et. al [21]: „Materie ist alles, was man angreifen kann – auch was man theoretisch anfassen könnte, wie z.B. den Mond.“

Es kann hier an Licht als bereits bekannte Strahlungsart angeknüpft werden – mit einer Taschenlampe oder einem Laserpointer lässt sich leicht demonstrieren, dass sich Licht nicht anfassen lässt und schnell am anderen Ende des Klassenzimmers ist. An dieser Stelle sollte im Unterricht betont werden, dass Licht die einzige Strahlungsart ist, die sichtbar ist, um Verwechslungen vorzubeugen.

II. Eine Quelle sendet elektromagnetische Strahlung in alle möglichen Richtungen aus. Die Strahlung breitet sich aus, bis sie auf Materie trifft. Trifft Strahlung auf Materie, so passieren drei Dinge: Ein Teil der Strahlung wird absorbiert/ aufgenommen, ein Teil reflektiert/ zurückgestrahlt, und ein Teil wird transmittiert/ durchgestrahlt. Wie viel absorbiert, durchgestrahlt oder zurückgestrahlt wird, hängt von der Strahlungsart und der Materie ab.

Diese Idee greift das TAR-Prinzip auf. Die Wörter transmittiert, absorbiert und reflektiert können synonym mit durchgestrahlt, aufgenommen und zurückgestrahlt verwendet werden. Es hat sich gezeigt, dass das Verb „strahlen“ sehr anschlussfähig ist [18]; gleichzeitig sollen durch diese einfachen Formulierungen sprachliche Barrieren abgebaut werden.

Im Unterricht kann diese Idee mit einfachen Experimenten zu Licht und Infrarotstrahlung eingeführt werden. Als Quelle für Infrarotstrahlung haben sich Keramik-Infrarot-Heizstrahler, die für Terrarien verwendet werden (siehe Abb. 2), bewährt. Diese senden im Gegensatz zu herkömmlichen Infrarotlampen kein rotes Licht aus. Dadurch kann eine Aktivierung der Vorstellung, dass Infrarotstrahlung rot ist, vermieden werden. In Abb. 2 sind einfache Experimente zum TAR-Prinzip dargestellt: Richtet man eine (am besten einfärbige) Lampe auf ein mit Wasser gefülltes Gefäß aus Plexiglas, so kann man erkennen, dass der größte Teil durchgestrahlt und ein Teil zurückgestrahlt wird. Wird der Versuch mit Infrarotstrahlung wiederholt, so zeigt sich, dass nichts durchgestrahlt wird und ein kleiner Teil

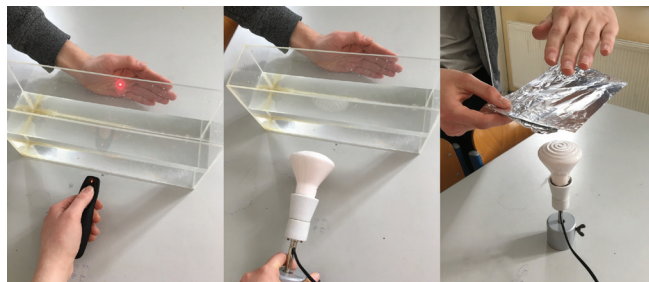


Abb. 2: Einfache Experimente zur Wechselwirkung von Strahlung mit Materie

reflektiert wird. Daraus lässt sich schließen, dass der größte Teil der Strahlung vom Wasser absorbiert wurde. Wird der Strahler auf Alufolie gerichtet, so spürt man, dass nichts durchgestrahlt wird, während ein großer Teil reflektiert wird.

An dieser Stelle sollte die in 6.1 vorgestellte Darstellungsform für die Ausbreitung und Wechselwirkung von Strahlung eingeführt werden. Für Schülerinnen und Schüler ist es sehr hilfreich, solch eine Skizze anzufertigen – ihnen fällt es dann leichter, Versuchsausgänge und Phänomene zu interpretieren und zu erklären

Sobald die Ausbreitung von Strahlung und die Wechselwirkung mit Materie etabliert sind, lassen sich viele Alltagsphänomene erklären. Der schlechte Handyempfang im Aufzug oder in Gebäuden aus Stahlbeton lässt sich beispielsweise darauf zurückführen, dass ein großer Teil der Strahlung von den verwendeten Materialien reflektiert wird. Erfahrungsgemäß sind Schülerinnen und Schüler in der Lage, anhand des TAR-Prinzips selbstständig die Erklärung für dieses Alltagsphänomen zu formulieren.

III. Elektromagnetische Strahlung transportiert Energie. Wird Strahlung absorbiert, so wird diese Energie aufgenommen. Die verschiedenen Strahlungsarten unterscheiden sich darin, wieviel Energie sie transportieren.

Nachdem Strahlung nicht als elektromagnetische Welle eingeführt wird, liegt es nahe, sie anhand ihrer Energie zu klassifizieren. Dies ermöglicht auch eine Unterscheidung zwischen ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung. Aus dem Physikunterricht sollte den Schülerinnen und Schülern bereits bekannt sein, dass Energie in verschiedene Formen umgewandelt werden kann, und dass Energie benötigt wird, damit Prozesse ablaufen können. Als Kontext für den Unterricht bietet sich hier der Energietransport durch Strahlung von der Sonne zur Erde an. Im kleineren Maßstab kann man als Beispiel auch einen Solartaschenrechner o.ä. heranziehen, der mit der Energie, die vom Licht der Lampen transportiert wird, betrieben wird.

Das Spektrum wird an dieser Stelle als Darstellung eingeführt, in der die verschiedenen Strahlungsarten nach steigender Energie geordnet sind. Im Heftbeitrag „Strahlung Konkret: Röntgenstrahlung“ findet sich dazu ein Beispiel. Dass Strahlungsarten, die hohe Energie transportieren, ein höheres Gefahrenpotential besitzen als jene mit niedriger Energie, ist den Schülerinnen und Schülern meist klar. Schülerinnen und Schüler sind mit diesem Wissen bereits in der Lage, das Gefahrenpotential von Handystrahlung informiert einzuschätzen.

7. Zusammenfassung und Schluss

Versucht man den Stand der Forschung und Entwicklung zusammenzufassen, so ist das Bild im Themenbereich noch etwas fragmentiert. In den letzten sechs Jahren wurden im

Rahmen verschiedenster Diplomarbeiten Unterrichtsideen für verschiedenen Strahlungsarten (von Mikrowellen bis Röntgen) entwickelt und mit Schülerinnen und Schülern getestet. Diese Ideen zu einem stringenten Lehrgang zusammenzuführen ist nun zentraler Teil der Forschung von Sarah Zloklikovits. Die vorher angesprochenen Unterrichtsideen werden in diesem Heft noch teilweise präsentiert.

Am Ende bleibt die Erkenntnis, dass der Bereich der elektromagnetischen Strahlung ein wichtiger Bestandteil der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist und dass diesem Bereich künftig auch im Unterricht verstärkte Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Thomas Plotz *Universität Wien, AECC Physik*

Sarah Zloklikovits *Universität Wien, AECC Physik*

Literatur

- [1] BMUKK. Lehrpläne der AHS Unterstufe. 2000 07/222013].
- [2] Neumann, S., Schülervorstellungen zum Thema Strahlung: Ergebnisse empirischer Forschung und Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. 2013, Universität Wien: Wien. p. 145 S.
- [3] Giancoli, D.C., Physik: Gymnasiale Oberstufe. 2011: Pearson Deutschland GmbH.
- [4] Vogel, H. und C. Gerthsen, Gerthsen Physik: Mit 1212 meist zweifarbigen Abbildungen, 10 Farbtafeln, 89 Tabellen, 105 durchgerechneten Beispielen und 1065 Aufgaben mit vollständigen Lösungswegen. 19. Aufl. ed. Springer-Lehrbuch. 1997, Berlin: Springer. XVII, 1262 S.
- [5] Wagner, P.E., G.P. Reischl, und G. Steiner, Einführung in die Physik. 3., erw. Aufl. ed. 2014, Wien: Facultas.wuv. 528 S.
- [6] Tipler, P.A. und D. Gerlich, Physik. 3., korrigierter Nachdr. der 1. Aufl. 1994 ed. Spektrum Lehrbuch. 2000, Heidelberg [u.a.]: Spektrum Akad. Verl. XVIII, 1522 S.
- [7] Atkins, P. und J. De Paula, Physical Chemistry. 8th ed. 2006, New York: Freeman & Company, W. H.
- [8] Plotz, T., Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Studien zum Physik- und Chemielernen, ed. H. Niedderer, H. Fischler, und E. Sumfleth. Vol. 240. 2017, Berlin: Logos Verlag.
- [9] Eijkelhof, H.M.C., Radiation risk and science education. Radiation Protection Dosimetry, 1996. 68(3-4): p. 273-278.
- [10] Eijkelhof, H.M.C., et al., Perceived Incidence and Importance of Lay-Ideas on Ionizing-Radiation - Results of a Delphi-Study among Radiation-Experts. Science Education, 1990. 74(2): p. 183-195.
- [11] Millar, R., School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. Public Understanding of Science, 1994. 3(1): p. 53-70.
- [12] Millar, R. und J.S. Gill, School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. Physics Education, 1996. 31(1): p. 27-33.
- [13] Neumann, S., What Students Think About (Nuclear) Radiation - Before and After Fukushima. Nuclear Data Sheets, 2014. 120: p. 166-168.
- [14] Neumann, S. und M. Hopf, Students' Ideas About Nuclear Radiation - Before and After Fukushima. Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education, 2013. 9(4): p. 393-404.
- [15] Plotz, T., Students' conceptions of radiation and what to do about them. Physics Education, 2017. 52(1): p. 014004.
- [16] Rego, F. und L. Peralta, Portuguese students' knowledge of radiation physics. Physics Education, 2006. 41(3): p. 259-262.
- [17] Zloklikovits, S. und M. Hopf, Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten, in Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, M. C., Editor. 2019, Universität Regensburg: Regensburg. p. 711-714.
- [18] Haagen-Schützenhöfer, C., Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I. Unveröffentlichte Habilitationsschrift. , 2016.
- [19] Wiesner, H., P. Engelhardt, und D. Herdt, Unterricht Physik, Optik I: Lichtquellen, Reflexion. . Unterricht Physik: Vol. 1. 1995, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.
- [20] Wiesner, H., Physikunterricht an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. Unterrichtswissenschaft, 1995. 23(2): p. 127-145.
- [21] Wiener, G. J., Schmeling, S. M., Hopf, M. , Can Grade-6 Students Understand Quarks? Probing Acceptance of the Subatomic Structure of Matter with 12-Year-Olds. European Journal of Science and Mathematics Education, . 2015, 3(4), . S. 313-322.

RFIDs

Grundlegendes im Überblick und Anregungen für eigene Experimente

Roman Dengler

1. Einleitung

Der Begriff RFID (Radio Frequency Identification) steht für eine Vielzahl unterschiedlichster Systeme, denen wir im Alltag begegnen. Von den vielfältigen Anwendungen seien hier einige genannt: Warensicherung, Produktbegleitung, Ausweis, Zugangsberechtigung, Bezahlssysteme, Sport, Tiermarkierung, Medizin [1].

Bei aller Vielfalt der Systeme lassen sich doch Gemeinsamkeiten feststellen. Ein RFID-System besteht aus drei Komponenten. Da ist zunächst der Sender, der elektromagnetische Wechselfelder erzeugt. Dann hat man ein Etikett (Tag, Transponder), das auf die Wellen reagiert. Dieses befindet sich etwa bei Warensicherungssystemen an dem jeweiligen Produkt. Schließlich gibt es einen Empfänger, der die Reaktionen des Tags auf das Sendesignal erkennt. Meist bilden Sender und Empfänger eine Einheit. Je nach Technologie ist nur ein Lesezugriff erlaubt, oder es ist auch ein Schreiben möglich.

Die benutzten Frequenzen reichen von einigen Kilohertz bis in den Gigahertzbereich. Große Unterschiede gibt es auch bei den Tags. Im einfachsten Fall - etwa der Warensicherung - genügt es zwei Zustände zu unterscheiden: das Etikett ist aktiviert oder deaktiviert bzw. es ist vorhanden oder nicht. Andererseits gibt es Tags, bei denen ein Chip mit großer Speicherkapazität (und sogar Sensoren z.B. zum Erfassen der Temperatur) verwendet wird.

Die verschiedenen Systeme kann man nach unterschiedlichen Kriterien, wie der Reichweite, der Funktionsweise oder der benutzten Frequenz, einteilen.

In diesem Beitrag werden hauptsächlich die physikalischen Grundlagen und nur ansatzweise die datentechnischen Aspekte thematisiert. Die Auswahl der Beispiele erfolgt so, dass mit ihnen unterschiedliche Technologien vorgestellt werden können. Weitere Gesichtspunkte sind die Relevanz im Alltag, die Möglichkeit für eigene Experimente im Unterricht und deren kostengünstige Umsetzung.

2. Akustomagnetisches Verfahren

Auf vielen Produkten findet man etwa 4 cm lange, 1 cm breite und 1 mm hohe Aufkleber. Im Inneren dieser Kunststoffbehälter befindet sich ein fest mit ihnen verbundener hartmagnetischer Metallstreifen und ein zweiter aus amorphem Metall (Nickel), der frei in Längsrichtung schwingen kann. Hier nutzt man nun die Tatsache aus, dass ferromagnetische Metalle unter dem

Einfluss eines äußeren magnetischen Feldes geringfügig ihre Länge ändern. Dieser Effekt, den man „Magnetostriktion“ nennt, hängt nur vom Betrag aber nicht vom Vorzeichen des Feldes ab. Man kennt ihn als Ursache für das Brummen von Transformatoren (mit 100 Hz, da nur vom Betrag abhängig) oder von der Anwendung bei Ultraschallwandlern [2].

Regt man einen magnetostriktiven Metallstreifen durch ein magnetisches Wechselfeld zu Längsschwingungen an und entspricht die Anregungsfrequenz der mechanischen (akustischen) Resonanzfrequenz des Streifens, so wird die Amplitude besonders groß. Die Resonanzfrequenz des Metallstreifens hängt von seiner Länge (sie entspricht $\lambda/2$ der akustischen Längsschwingung) und der Vormagnetisierung ab. Für diese Vormagnetisierung sorgt bei einem „aktiven“ Etikett der bereits erwähnte hartmagnetische Metallstreifen. Er wirkt als Dauermagnet. Die Deaktivierung erfolgt durch das Entmagnetisieren an der Kasse nach dem Bezahlen der Ware. Dadurch ist der magnetostriktive Streifen nicht mehr in Resonanz.

Die bei diesen Systemen übliche Frequenz beträgt 58 kHz und die Länge des magnetostriktiven Streifens 36,8 mm. Da die Schallgeschwindigkeit das Produkt aus Frequenz und Wellenlänge ist, bedeutet dies für das verwendete Nickelplättchen eine Schallgeschwindigkeit von 5043 m/s.

Der magnetostriktive Effekt ist aber auch umkehrbar! Das heißt, dass von einem schwingenden magnetostriktiven Streifen ein magnetisches Wechselfeld erzeugt wird.

Akustomagnetische Sicherungssysteme sind nun so ausgelegt, dass das anregende Magnetfeld genau die Frequenz aufweist, die der Eigenresonanz des Metallstreifens entspricht. Unter dem Einfluss des äußeren Wechselfeldes beginnt der Metallstreifen zu schwingen. Wird das anregende Feld nach einiger Zeit abgeschaltet, so schwingt der Metallstreifen eine Weile nach und erzeugt dabei seinerseits ein magnetisches Wechselfeld, das dann vom Empfänger nachgewiesen werden kann.

Wie erfolgt die Warensicherung? Durch die Rahmenantennen an den Türen eines Geschäfts wird ein gepulstes magnetisches Wechselfeld von 58 kHz erzeugt. Dabei liegt die Einschaltdauer (Burst) bei einigen Millisekunden, gefolgt von etwa 10-mal so langen Pausen. Durch die Bursts wird der vormagnetisierte Nickelstreifen zu Resonanzschwingungen angeregt. Wird das anregende Feld abgeschaltet, so schwingt er - wie eine angestoßene Stimmgabel - eine Zeit lang nach. Dabei erzeugt

er selbst ein magnetisches Wechselfeld, das von den Antennen erfasst wird. Die Rahmenantennen dienen also abwechselnd zum Senden und Empfangen. Empfängt nun die Antenne in den Sendepausen ein 58-kHz-Signal, so bedeutet dies, dass sich ein aktives Etikett im Bereich der Rahmenantennen befindet und ein Alarm wird ausgelöst (Piepton).

Im aktivierten Zustand ist der hartmagnetische Streifen im Sicherungsetikett magnetisiert, also ein Dauermagnet. Zum Deaktivieren wird dieser Streifen entmagnetisiert. Dies geschieht durch ein niederfrequentes magnetisches Wechselfeld im Bereich der Kasse. Der Nickelstreifen ist nun nicht mehr in Resonanz und wird vom Empfänger gleichsam nicht mehr erkannt. Das zum Entmagnetisieren verwendete Wechselfeld kann allerdings auch negative Auswirkungen auf EC-Karten mit Magnetstreifen haben, da es darauf gespeicherte Daten löscht. Daher ist häufig ein entsprechender Hinweis angebracht.

2.1 Experimente mit magnetostriktiven Streifen

Für eigene Experimente schneidet man ein altes Sicherungsetikett auf und entnimmt den 36,8 mm langen Nickelstreifen (Abb. 1).

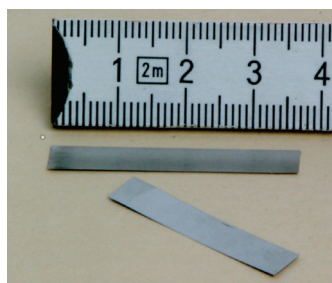


Abb. 1: Aus einem Etikett entnommene Streifen

Benötigt werden weiterhin zwei kleine Spulen. Mit der ersten wird der Streifen angeregt, mithilfe der zweiten wird die Anregung nachgewiesen. Sind keine passenden vorhanden, so kann man sie leicht selbst anfertigen. Auf eine Papp- oder Kunststoffröhre der Länge 10 mm werden 250 Windungen Kupferlackdraht (Durchmesser 0,3 mm) gewickelt. Der Durchmesser der Röhre ist so zu wählen, dass der Nickelstreifen hineinpasst (etwa 1 cm). Insgesamt sind die Daten unkritisch; auch muss nicht besonders sorgfältig gearbeitet werden (Abb. 2).

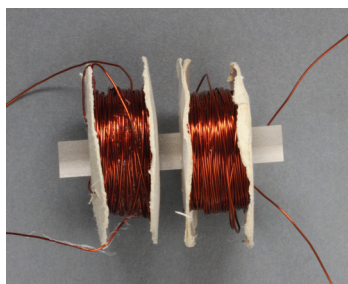


Abb. 2: Selbst gewickelte Sende- und Empfangsspule mit Nickelstreifen

Die eine von den nebeneinander angeordneten Spulen wird über einen 100-Ohm-Widerstand an einen Signalgenerator angeschlossen, der auf eine Sinusschwingung von 58 kHz und z.B. 2 V eingestellt ist. Mit einem Oszilloskop, das mit der zweiten Spule verbunden ist, wird die jeweils induzierte Spannung erfasst.

Zunächst wird das Signal am Oszilloskop ohne Nickelstreifen beobachtet, dann wird dieser in die Spulen gebracht. Aufgrund der nun besseren Kopplung erhöht sich die in der zweiten Spule induzierte Spannung.

Im nächsten Schritt erfolgt zusätzlich eine Vormagnetisierung. Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Man hält einen Dauermagnet in die Nähe.
- Es wird eine dritte kleine Spule verwendet, an die über einen 100-Ohm-Widerstand eine Gleichspannung angelegt, die von 0 bis ca. 10 V regelbar sein sollte.
- Die ursprüngliche Anordnung mit zwei Spulen wird in eine größere Spule (wie man sie etwa bei Transformatormodellen verwendet) gesteckt. Bei 300 bzw. 500 Windungen liegt die erforderliche Stromstärke im Bereich von 100 mA bis 150 mA.

Unabhängig von der gewählten Variante wird die Vormagnetisierung bei null beginnend langsam erhöht, bis ein deutlicher Resonanzeffekt auftritt. Der Streifen ist dabei dann einem B-Feld in der Größenordnung von 0,5 mT ausgesetzt.

Unterbricht man die Anregung, so erkennt man das kurze Nachschwingen des magnetostriktiven Streifens.

Steht ein Arbiträr-Generator zur Verfügung, so kann man das Originalsignal einer Warensicherungsanlage nachbilden: 58-kHz-Burst-Signale mit den entsprechenden Pausen. Bei vielen USB-Oszilloskopen ist ein solcher Generator Teil der Ausstattung [3].

Tipp: Zur besseren Handhabung kann man den Nickelstreifen in ein Rollrandfläschchen (kennt man von Backaromen oder Parfümproben) stecken.

Um den Zusammenhang zwischen der Länge und der Eigenfrequenz des Nickelstreifens zu zeigen, kann man diesen etwas kürzen. Um ihn nun wieder in Resonanz anzuregen, ist jetzt eine höhere Frequenz am Signalgenerator einzustellen.

Die hier beschriebene Versuchsanordnung mit getrennten Spulen zur Anregung des Nickelstreifens und zum Anschluss des Oszilloskops, sowie einer separaten Vormagnetisierung, wurde bewusst gewählt, um die Bedeutung der einzelnen Komponenten besser verstehen zu können. Es ist aber durchaus möglich mit nur einer einzigen Spule auszukommen. Sie übernimmt dann alle drei Aufgaben. Der Signalgenerator wird zur gleichstrommäßigen Entkopplung über einen zusätzlichen in Reihe geschalteten Kondensator (z.B. 100 nF) angeschlossen. So kann der ebenfalls die Spule versorgende Vormagnetisierungsstrom nicht zum Generator gelangen. Der

Anschluss des Oszilloskops schließlich erfolgt direkt an der Spule.

2.2 RFID Rahmenantennen für 58 kHz

Das Signal der Rahmenantennen an den Zugängen von Geschäften, die dieses Sicherungsverfahren verwenden, lässt sich recht einfach nachweisen. Hierzu einige Vorschläge:

1. An eine im Elektronikfachhandel erhältliche Spule mit Kupferlackdraht [4] wird eine Low-Current LED (2 mA) [5] angelötet. Im Bereich einer entsprechenden Rahmenantenne leuchtet (blinkt) die LED (Abb. 3). Alternativ zur LED kann man über eine Gleichrichterdiode (wegen der geringen Vorwärtsspannung bevorzugt Schottky-Typ) ein Multimeter an die Spule anschließen.

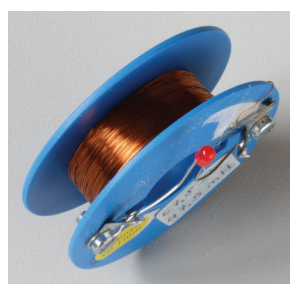


Abb. 3. Spule mit angeschlossener LED

2. Ist noch ein portabler Rundfunkempfänger aus früherer Zeit mit Langwellenbereich verfügbar, so kann man das Signal der Antennen hörbar machen. Man stellt hierzu die Frequenz 174 kHz ein. Das ist die 3. Oberwelle.
3. Besonders empfehlenswert ist der Einsatz eines USB-Oszilloskops [3] zusammen mit einem Notebook. Hiermit lassen sich auch andere RFID-Systeme untersuchen. Die erfassten Daten können zudem bequem abgespeichert und später auf vielfältige Art analysiert werden. So besteht auch die Möglichkeit durch Fast-Fourier-Transformation (FFT) das Frequenzspektrum darzustellen. An den Oszilloskopeingang schließt man eine Spule (z.B. 9 Windungen und 4 cm Durchmesser) an, die dann in die Nähe einer Rahmenantenne gebracht wird (Abb. 4). Wegen der hohen Empfindlichkeit des Oszilloskops, genügt es meist schon sich außerhalb des jeweiligen Geschäfts aufzuhalten.



Abb. 4: Spule mit Anschluss für das USB-Oszilloskop

In Abb. 5 erkennt man deutlich den eingeschalteten bzw. ausgeschalteten Zustand und die Taktfrequenz. Die verschiedenen Amplituden haben eine interessante Ursache. Damit das Sicherungsetikett bei beliebiger (und nicht nur bei horizontaler) Ausrichtung erfasst werden kann, sind abwechselnd verschiedene Bereiche der Rahmenantenne aktiv.

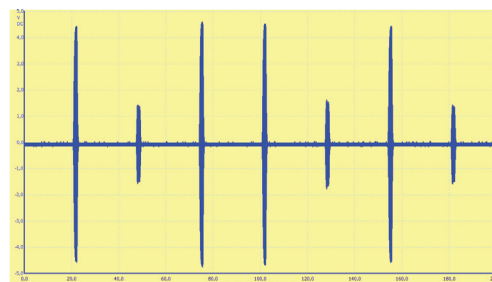


Abb. 5: Signal aufgetragen über der Zeit, dargestellt ist ein Zeitraum von 200 ms.

Die Frequenzdarstellung (FFT-Funktion, Abb. 6) liefert einen Peak bei 58 kHz.

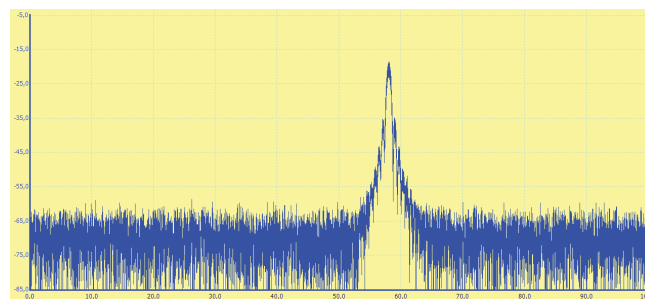


Abb. 6: FFT, Signalstärke aufgetragen über der Frequenz, dargestellt ist der Frequenzbereich von 0 bis 100 kHz.

3. Warensicherung mit dem Radiofrequenzverfahren bei 8,2 MHz

Ein anderes System zur Warensicherung findet man vor allem im Bekleidungsbereich (Radiofrequenzverfahren). Bekannt sind die auffälligen Etiketten, die es in diversen Formen und Farben gibt und die nach dem Bezahlen der Ware an der Kasse entfernt werden. In zunehmendem Maße sind sie allerdings „versteckt“ angebracht, bei Textilien beispielsweise eingnäht in Pflegehinweise oder bei Schuhen in der Zwischensohle. Hierbei handelt es sich um komplette Schwingkreise, mit einer Resonanzfrequenz von 8,2 MHz.

Kurz beschrieben funktioniert das System so: Befindet sich ein Tag im Bereich der Rahmenantennen, die die Hochfrequenz abstrahlen, so wird dem Feld durch den Schwingkreis etwas Energie entzogen. Dies wird registriert und führt zu einer Alarmauslösung. Da es in der Praxis schwierig ist, für alle Tags eine exakte Resonanzfrequenz von 8,2 MHz einzuhalten, wird nicht mit einer konstanten Sendefrequenz gearbeitet. Vielmehr variiert diese ständig um bis zu 10 % nach unten und oben um die Mittenfrequenz, d.h. sie ist gewobbel. Die Wobbelfrequenz beträgt dabei einige hundert Hertz.

3.1 Kurzwellenempfänger im Einsatz

Hat das tragbare Radio (siehe oben) auch einen Kurzwellenbereich, so stellt man die Frequenz 8,2 MHz ein und begibt sich in die Nähe eines Textilgeschäfts. Man wird dann die Wobelfrequenz als Brumm- bzw. Pfeifton hören.

3.2 Erfassung der 8,2-MHz-Signale

Analog zu den Versuchen bei 58 kHz kann man auch hier mit dem USB-Oszilloskop Untersuchungen vornehmen. Für alle Messungen (egal bei welcher Frequenz) mit dem Oszilloskop kann die Spule (Abb. 4) verwendet werden. Eine spezielle (resonante) Spule ist nicht zu empfehlen, da diese fast immer den Alarm auslöst. In der Zeitdarstellung (Abb. 7) lässt sich bei dem untersuchten Geschäft eine Wobelfrequenz von knapp 600 Hz erkennen.

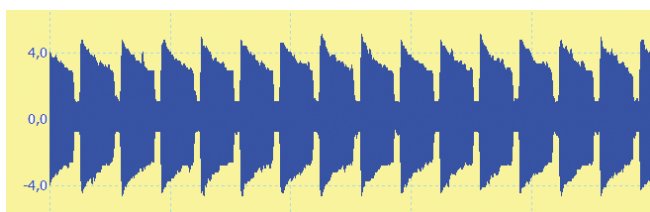


Abb. 7: Signal aufgetragen über der Zeit, dargestellt ist ein Zeitraum von 25 ms.

Die Fourieranalyse (Abb. 8) liefert eine um den Mittelwert von 8,2 MHz verbreiterte Kurve und keinen schmalen Peak.

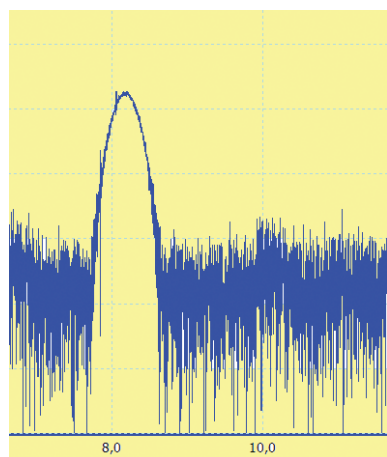


Abb. 8: FFT, Signalstärke aufgetragen über der Frequenz, dargestellt ist der Frequenzbereich von 7 bis 12 MHz.

Hinweis: Die Durchführung der Messung kann dem Feld der Rahmenantennen möglicherweise bereits so viel Energie entziehen, dass es zu einer Alarmauslösung kommt.

4. RFID-Systeme mit Speicherchip

4.1 Radiofrequenzverfahren bei 13,56 MHz

In Büchern aus einer Bibliothek findet man häufig Klebeetiketten mit einer deutlich erkennbaren Antennenspule. Der dunkle Punkt ist ein Chip zum Speichern von Informationen. Die Kommunikation (Lesen und Schreiben) findet hier meist

bei 13,56 MHz statt. Diese Frequenz wird auch in vielen anderen Bereichen - zur Arbeitszeiterfassung („Stechuhr“), bei bargeldlosen Zahlungssystemen usw. benutzt.

- Mit dem portablen Radiogerät kann man in der Nähe des Ausleihschalters einer Bibliothek oder an einem Zeiterfassungsterminal auf der Frequenz 13,56 MHz deutliche Signale wahrnehmen.
- Das USB-Oszilloskop liefert in der Zeitdarstellung unterschiedliche Signale - abhängig davon, ob gerade mit einem Tag kommuniziert wird oder nicht. Unabhängig von der Komplexität im Einzelnen, ergibt die FFT-Darstellung erwartungsgemäß einen deutlichen Peak bei 13,56 MHz.
- Zum Nachweis des Felds der Rahmenantennen mit einer LED ist aufgrund der höheren Frequenz eine andere Spule als bei 58 kHz erforderlich. Hier sollte sie 9 Windungen und 4 cm Durchmesser haben (Abb. 9). Zusammen mit der Sperrschichtkapazität der Low-Current LED ergibt das einen Schwingkreis mit Resonanz im gewünschten Bereich.



Abb. 9: Spule mit LED für 13,56 MHz

Da NFC-Systeme (Near Field Communication) ebenfalls auf 13,56 MHz arbeiten, lässt sich die Spule mit LED auch hier einsetzen. Hält man die Spule an die Rückseite eines Smartphones und aktiviert die NFC-Funktion, so blinkt die LED (Abb. 10).



Abb. 10: Spule mit LED für 13,56 MHz an der Rückseite eines Smartphones mit NFC-Funktion

4.2 Lastmodulation

Eine bei vielen Systemen benutzte Art der Kommunikation mit dem Tag ist die „Lastmodulation“

Was ist darunter zu verstehen? Wird ein Tag in das Feld einer mit der Resonanzfrequenz gespeisten Antenne gebracht, so wird dem Feld Energie entzogen. Der in dem Tag enthaltene Chip verstimmt den Schwingkreis des Tags

im Takt der zu übertragenden Daten. Daraus resultiert eine entsprechende Veränderung der entzogenen Energie, die sich auf die Sendeantenne auswirkt. Man bekommt gleichsam eine Amplitudenmodulation der Spannung an der Sendeantenne.

Dies wird nun an einem Beispiel bei 125 kHz gezeigt. Für diese Frequenz sind preisgünstige Tags in Form von Chipkarten [6] oder Schlüsselanhängern zu bekommen [7]. Außerdem genügt ein in vielen Fällen vorhandener einfacher Signalgenerator. Diese haben oft nur einen Bereich bis 200 kHz.

Für die geplanten Versuche wird zunächst eine Spule mit 20 Windungen und 7 cm Durchmesser als Sendeantenne für 125 kHz angefertigt. Abb. 11 zeigt den oberen Teil eines Joghurtbechers, auf den der Kupferlackdraht gewickelt wurde. Durch Parallelschalten eines Kondensators (etwa 27 nF, ausprobieren!) ergibt sich ein resonanter Schwingkreis.

Dieser wird nun über einen 100-Ohm-Widerstand mit dem Signalgenerator (ca. 2 V einstellen) verbunden. Direkt an dem Schwingkreis greift man die Spannung ab und stellt sie mit einem Oszilloskop dar (Abb. 12). Dann legt man einen Anhänger in die Spule oder eine Chipkarte auf diese. Durch die Lastmodulation ergibt sich ein typisches Oszilloskopbild. Zu sehen sind kurze und lange Impulse (Abb. 13).

Anmerkung: Um Daten auf den Chip zu übertragen muss das Sendesignal entsprechend moduliert werden. Hierzu ist dann aber ein passendes Gerät erforderlich.

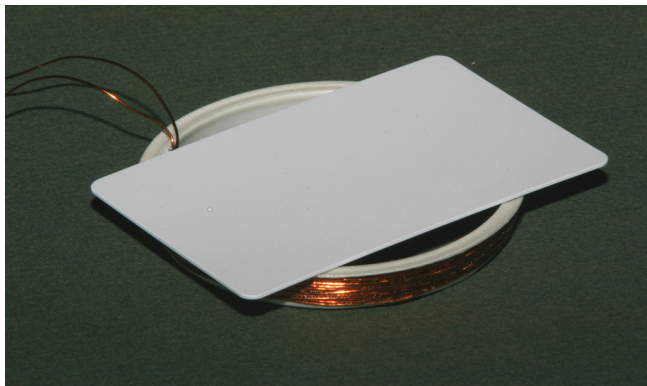


Abb. 11: Spule für 125 kHz mit Chipkarte

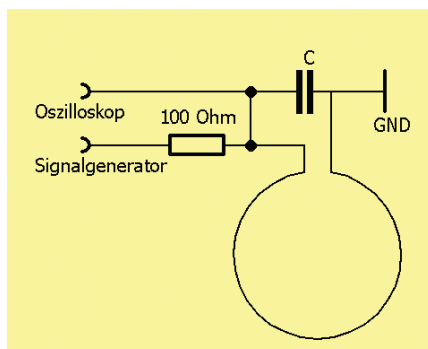


Abb. 12: Schaltbild zum Erfassen der Lastmodulation

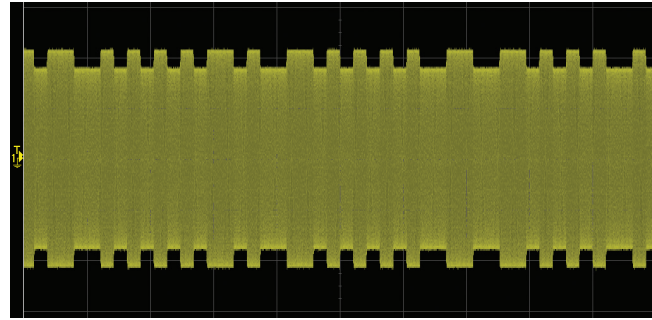


Abb. 13: Signal aufgetragen über der Zeit, dargestellt ist ein Zeitraum von 10 ms.

4.3 Tiermarkierung (134,2 kHz)

Zur eindeutigen Kennzeichnung von Haustieren kommen Transponder in Glasröhrchen (Abb. 14) zum Einsatz, die mit einer Nadel injiziert werden [8]. Eine gängige Arbeitsfrequenz liegt bei 134,2 kHz. Da auch hier Lastmodulation zur Anwendung kommt, lassen sich die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Experimente entsprechend übertragen. Die zur Anregung benutzte Spule sollte allerdings den geringen Abmessungen angepasst sein. Man kann eine der Spulen nutzen, die bereits für Experimente mit magnetostriktiven Streifen verwendet wurde.

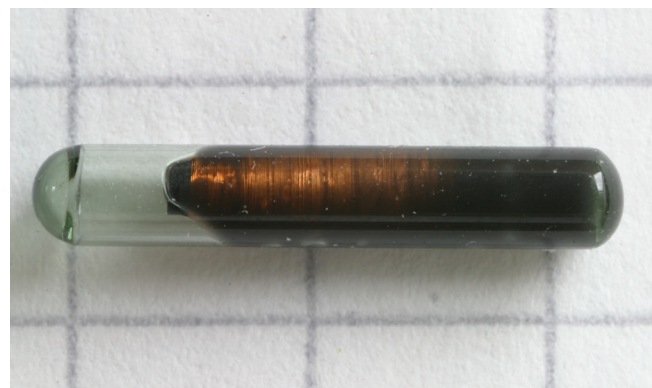


Abb. 14: Injizierbarer Transponder zur Tiermarkierung - zum Größenvergleich auf kariertem Papier (5-mm-Raster). Deutlich zu sehen ist die Antennenspule.

Anmerkung

Bereits heute gibt es Transponderimplantate für Menschen. Über Segen und Risiken für den Medizinbereich, das bargeldlose Zahlen oder die Zugangskontrolle, um nur einige Beispiele zu nennen, wird in der Öffentlichkeit noch eine kritische Diskussion zu führen sein.

Roman Dengler, Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Literatur

- [1] Finkenzeller, K. (2015): RFID-Handbuch - Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. München: Carl Hanser Verlag
- [2] Hering, E., Martin, R., Stohrer, M. (1992): Physik für Ingenieure. Düsseldorf: VDI-Verlag
- [3] <https://www.picotech.com/oscilloscope/2000/picoscope-2000-specifications>
- [4] <https://www.conrad.de/de/kupferlackdraht-aussen-durchmesser-inkl-isolierlack020-mm-110-m-conrad-components-605322.html>
- [5] <https://www.conrad.de/de/led-bedrahtet-rot-rund-3-mm-375-mcd-60-2-ma-175-v-kingbright-l-934lid-145998.html>
- [6] <https://www.conrad.de/de/p/basetech-bt-1656203-transponder-karte-1656203.html>
- [7] <https://www.conrad.de/de/p/basetech-bt-1656202-transponder-1656202.html>
- [8] <http://www.tierchip.de/produkte/>
- [9] Dengler, R. (2007): Vom Mobilfunk zu RFID – Alltagsanwendungen von Hochfrequenz als Unterrichtsgegenstand. Tagungsbericht DPG Tagung Regensburg
- [10] Dengler, R. (2010): Wie funktionieren RFIDs? – Ausgewählte Experimente zu verschiedenen Anwendungsbereichen. NiU 21, Nr. 116, 45-50.

(Alle Internetquellen Stand: 06.05.2019)

Kostengünstige Infrarotsensoren im Physikunterricht

Tobias Schüttler und Raimund Girwidz

Die Einsatzmöglichkeiten von Infrarotkameras im Physikunterricht sind vielfältig und bereits gut dokumentiert (vgl. [1-3]). Während jedoch Infrarotkameras zur bildhaften Darstellung von Wärmestrahlung, so genannte Wärmebildkameras, bis vor Kurzem nur zu Preisen von einigen Tausend Euro zu haben waren, gibt es mittlerweile deutlich günstigere Geräte [4], welche für den Einsatz im Unterricht bereits vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bieten. Im Folgenden werden kostengünstige, einfach verfügbare Verfahren vorgestellt, die einen experimentellen Zugang in die Welt des Infraroten ermöglichen.

Der Beitrag gibt zunächst einen Überblick über drei verschiedene, preiswerte Infrarotsensoren und nennt anschließend Beispiele und Fragestellungen für den Einsatz im Physikunterricht. Die vorgestellten Experimente wurden im DLR_School_Lab, dem Schülerlabor des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, DLR, in Oberpfaffenhofen, mit einer Vielzahl von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufen (ab Jahrgangsstufe 9) erprobt und erwiesen sich durchwegs als (schul-)alltagstauglich.

1. Digitalkameras als Infrarotsensoren: Do It Yourself Infrarotkamera

Die Infrarotstrahlung (IR) schließt im langwelligen Spektrum als unsichtbare Strahlung an das sichtbare rote Licht an. Sie wird untergliedert in nahes IR mit Wellenlängen von etwa 780 nm bis 3 μm , mittleres IR (3 μm bis 50 μm) und fernes IR (50 μm bis 1000 μm). Für die Messung naher Infrarotstrahlung eignen sich einfache, modifizierte Digitalkameras [5], [6]. Dabei nutzt man aus, dass die Bildsensoren der meisten Digitalkameras auch noch bei Wellenlängen bis etwa 1000 nm empfindlich sind. Um die Infrarotinformation zu erhalten, muss jedoch zuerst der normalerweise eingebaute IR-Sperrfilter entfernt werden. Abbildung 1 zeigt die spektrale, also wellenlängenabhängige, Empfindlichkeit eines einfachen Bildsensors mit und ohne IR-Sperrfilter. Um nur noch die Infrarotinformation zu erhalten, ersetzt man den Sperrfilter durch einen für sichtbares Licht undurchlässigen Infrarotfilter, der nur langwelligere Infrarotstrahlung hindurchlässt, (vgl. Abbildung 2).

Als Infrarotfilter eignen sich beispielsweise spezielle Materialien wie LUXACRYL®-IR oder Filter aus dem Fotografiebedarf, welche auch im Internethandel erhältlich sind. Als kostengünstige Alternative kann man auch einen unbelichteten aber entwickelten Farbfoto- oder Diafilm verwenden. Dieses Material ist für sichtbares Licht nahezu undurchlässig (schwarz), für nahes Infrarot ist es beinahe transparent. Da davon nur sehr wenig benötigt wird, genügen bereits kleine Reste, welche

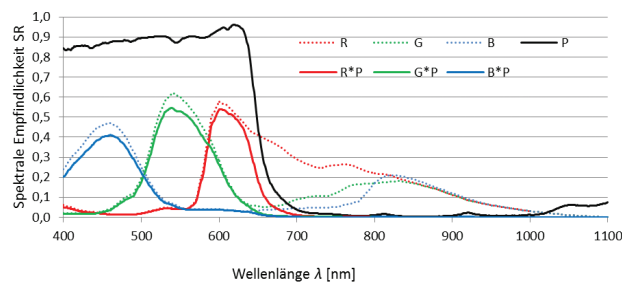


Abbildung 1: Spektrale Empfindlichkeit eines Bildsensors einer einfachen Digitalkamera (gepunktet). Die drei Farbkanäle Rot, Grün und Blau (R, G, B) sind auch für Infrarotstrahlung mit Wellenlängen über 750 nm empfindlich. Ein IR-Sperrfilter (schwarze Linie, Durchlässigkeit P) wird üblicherweise verwendet, um für das menschliche Auge unsichtbare Strahlung mit Wellenlängen über 700 nm abzublocken. Dadurch ändert sich effektiv die spektrale Empfindlichkeit, welche man nun als Produkt der Filterdurchlässigkeit P mit der Empfindlichkeit des jeweiligen Kanals erhält (durchgezogene Linien).

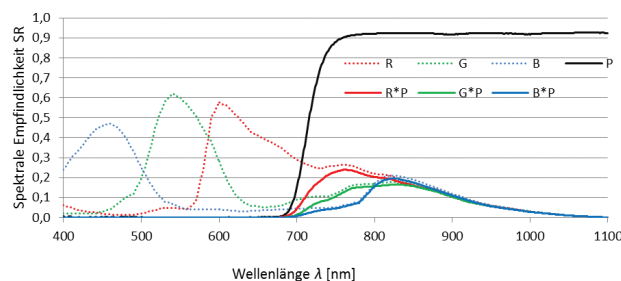


Abbildung 2: Spektrale Empfindlichkeit eines Bildsensors mit Infrarotfilter „LUXACRYL®-IR“. Der Sensor empfängt mit diesem Filter fast nur noch Strahlung im nahen Infrarot.

man unter Umständen sogar kostenlos bei Fotografen oder Fotogeschäften erhalten kann.

Abbildung 3 demonstriert den einfachen Umbau einer Digitalkamera zur Aufnahme von nahem Infrarot am Beispiel einer kostengünstigen, kleinen so genannten Action Cam. Als Infrarotfilter wurde ein Stück LUXACRYL®-IR verwendet. Die Kamera wird mit einem kleinen Kreuzschraubendreher geöffnet und das Kameraobjektiv herausgeschraubt. Anschließend wird der IR-Sperrfilter mit einem kleinen Schlitzschraubendreher entfernt. Mit etwas Vorsicht gelingt es, diesen dabei nicht zu sehr zu beschädigen, so dass er als Anschauungsmaterial verwendet werden kann. Anschließend wird ein Stück des Infrarotfilters passend zurechtgeschnitten und vorsichtig mit wenig Klebstoff dort angebracht, wo sich zuvor der IR-Sperrfilter befand.

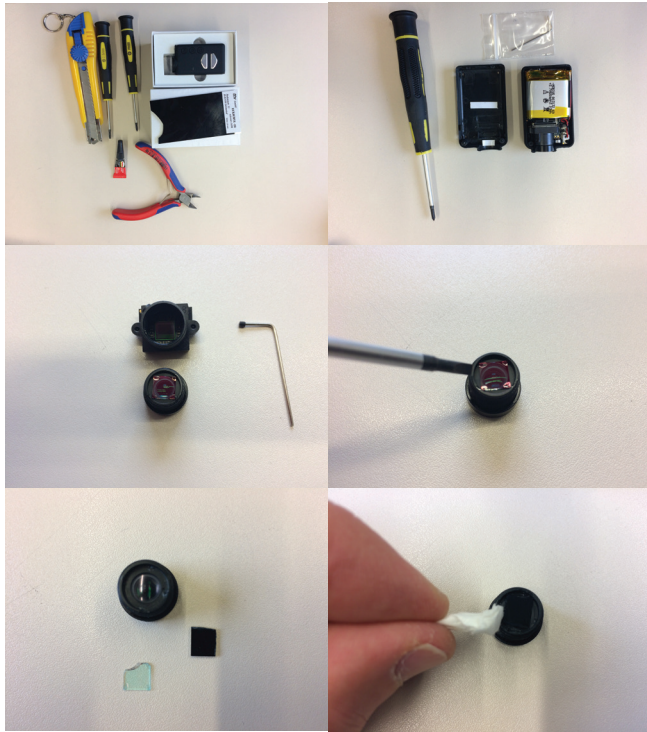


Abbildung 3: Umbau einer einfachen, kostengünstigen Mini-Action-Cam zur IR-Kamera.

Es empfiehlt sich, alle optischen Bauteile sehr sorgsam zu behandeln und vor dem Zusammenbau mit etwas Reinigungspapier von Fingerabdrücken zu befreien. Das Objektiv wird wieder in etwa genauso weit in die Halterung geschraubt, wie zuvor. Dabei ist es hilfreich, wenn man vor dem Auseinanderschrauben die gegenseitige Lage durch Anritzen mit dem Schraubendreher markiert und sich merkt, mit wie vielen Umdrehungen das Objektiv eingeschraubt war. Anschließend muss die Bildschärfe überprüft und die Position des Objektivs neu eingestellt werden, da der Filter die optischen Eigenschaften verändert. Hierzu kann man einfach die noch geöffnete Kamera als Webcam an einen PC anschließen und das Objektiv so weit in die Halterung drehen, bis ein möglichst scharfes Bild zu sehen ist.

Da einfache Webcams bzw. die in diesem Beitrag verwendete Action Cam feststehende Objektive verwenden, wird man bei der Bildschärfe, je nach Anwendung, einen Kompromiss finden müssen. In der Praxis hat es sich bewährt, die Schärfeneinstellung anhand eines Posters im Abstand von ca. drei Metern von der Kamera vorzunehmen. Bei den sehr kleinen Brennweiten der verwendeten Objektive entspricht das bereits einer Gegenstandsweite von näherungsweise unendlich. Der Einsatzbereich der Eigenbau-IR-Kameras ist auf nahes Infrarot mit Wellenlängen bis etwa 1000 nm beschränkt (vgl. Abbildung 2). Aber auch in diesem Wellenlängenbereich können bereits viele interessante Effekte beobachtet werden.

2. Infrarotthermometer

Für die Messung von langwelligerem thermalem Infrarot mit Wellenlängen um 10 Mikrometer können kostengünstige

Infrarotthermometer verwendet werden. Bei diesen wird die eingestrahlte Infrarotstrahlung von einem Sensor absorbiert und führt zu einer Temperaturänderung desselben (so genannter thermischer Detektor). Diese Änderung resultiert in einem Spannungssignal U , welches ausgewertet und wiederum in eine Oberflächentemperatur T_{Obj} der Strahlungsquelle übersetzt wird. Das Messprinzip basiert auf dem Stefan-Boltzmann-Gesetz, nach welchem die von einem schwarzen Körper im gesamten Wellenlängenbereich abgestrahlte Strahlungsleistung proportional zur vierten Potenz der Temperatur des Körpers ist:

$$P = \sigma A T^4$$

Allerdings müssen bei der Messung noch einige Korrekturen und Anpassungen erfolgen. Diese berücksichtigen unter anderem den Emissionsgrad ϵ der Strahlungsquelle sowie die Abstrahlung der Umgebung und des Sensors selbst. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Sensoren nicht im gesamten Wellenlängenbereich absorbieren, also die Voraussetzungen des Stefan-Boltzmann-Gesetzes nicht vollständig erfüllt sind. Dies führt dazu, dass der Exponent der Temperatur nicht 4 ist, sondern Werte zwischen 2 und 17 annehmen kann [7]. Die Signalspannung U ergibt sich dann zu

$$U = C \cdot (\epsilon T_{\text{Obj}}^n + (1-\epsilon) T_{\text{Um}}^n - T_{\text{Py}}^n)$$

woraus die Oberflächentemperatur T_{Obj} ermittelt wird.

3. Wärmebildkameras

Wärmebildkameras arbeiten im Grunde nach demselben Messprinzip wie Infrarotthermometer. Als Sensoren nutzen sie jedoch eine Matrix aus einer Vielzahl von Einzelsensoren, so genannte Mikrobolometerarrays. Diese bestehen aus kleinsten, nur einige Mikrometer großen, temperaturabhängigen Halbleiterwiderständen (Bolometer), welche die einfallende Infrarotstrahlung absorbieren und aus der Temperaturänderung pixelweise elektrische Signale erzeugen. Kostengünstige Kameras mit Preisen von deutlich unter 500 € haben typischerweise eine Infrarotauflösung um 80x60 Pixel, bestehen also gewissermaßen aus 4800 winzig kleinen Infrarotthermometern.

Die einzelnen Bolometer des Infrarotsensors haben eine sehr geringe Wärmekapazität, um eine schnelle Temperaturänderung durch die einfallende Strahlung zu ermöglichen. Der gesamte Sensor wird in den meisten Fällen mit einem so genannten Peltierelement temperaturstabilisiert, damit eine Änderung der Kamertemperatur die Messung nicht verfälscht. Zur Kalibrierung wird zudem in gewissen Zeitabständen der IR-Sensor mit einer Blende mit bekannter Temperatur verschlossen [8].

Bei teureren Kameras geschieht die Kalibrierung automatisch, bei kostengünstigeren muss man zum Teil von Hand einen Verschluss vor die Kameralinse bewegen. Beispiele für preiswerte

Sensoren (geeignete Digitalkameras, Infrarotthermometer und Wärmebildkameras) sind im Anhang aufgelistet.

4. Experimente mit der Do It Yourself Infrarotkamera

Im Folgenden kamen, wie oben beschrieben, Infrarot-modifizierte Kameras vom Typ „Mobius Action Cam“ zum Einsatz, wodurch die Bilder vergleichbar werden. Zu beachten ist, dass die Kamera über eine automatische Helligkeitsanpassung verfügt, was die quantitative Vergleichbarkeit von Helligkeitsmessungen einschränkt.

4.1. Beobachtung heißer Objekte

Besonders eindrucksvoll ist es, wenn mit der IR-Kamera Objekte oder Phänomene sichtbar gemacht werden können, welche man mit den Augen nicht wahrnimmt. Abbildung 4 zeigt eine Glühlampe, eine Leuchtstofflampe und einen LED-Strahler im sichtbaren und im Infraroten. Die Versorgungsspannung wurde jeweils so gewählt, dass in mindestens einem der beiden Kamerasysteme ein helles Leuchten zu sehen war. Während die Glühlampe bereits bei niedriger Spannung im Bild der IR-Kamera leuchtet, emittiert sie dabei nur sehr schwach im Sichtbaren. Genau umgekehrt verhält es sich bei der LED-Lampe. Diese ist im sichtbaren bereits bei niedrigen Spannungen vergleichsweise hell. Die Leuchtstofflampe erscheint hingegen auf beiden Aufnahmen ähnlich hell.

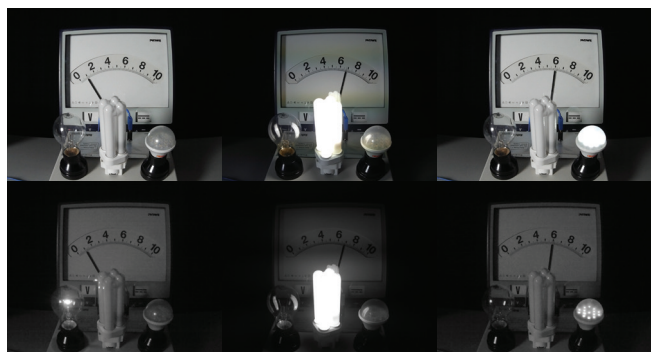


Abbildung 4: Unterschiedliche Leuchtmittel (20W-Glühlampe, 18W-Energiesparlampe und 2,5W-LED Lampe) aufgenommen im sichtbaren (oben) und im nahen Infrarot (unten). Die Versorgungsspannung ist auf dem oberen und dem zugehörigen unteren Bild immer gleich. Sie wurde jeweils so gewählt, dass mit mindestens einem Kamerasystem ein wahrnehmbares Leuchten festzustellen war. Auffällig sind die Unterschiede bei der Glühlampe und dem LED-Strahler.

Die spektrale Charakteristik der verschiedenen Leuchtmittel kann im Unterricht gut in den Lebensalltag eingebettet werden, indem man daran anknüpfend den großen Energiebedarf von Glühlampen und dessen Ursachen thematisiert.

Ein weiteres Alltagsbeispiel zeigt Abbildung 5. Der Heizdraht eines Haartrockners ist heiß genug, um im nahen Infrarot sichtbar zu werden – im sichtbaren Licht kann man ihn nicht

erkennen. Die Abbildung zeigt zudem die Erwärmung des Drahtes, wenn man den Luftstrom hemmt.

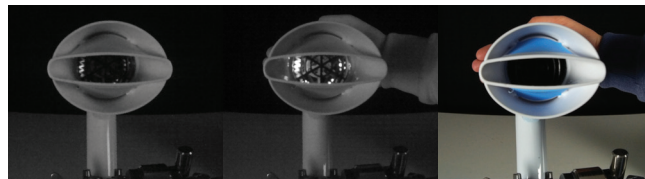


Abbildung 5: Ein Haartrockner im nahen Infrarot und im sichtbaren Licht. Der Heizdraht leuchtet im NIR – deutlich kann man dessen Erwärmung erkennen, wenn man den Luftstrom behindert.

4.2. Infrarotaufnahmen des menschlichen Körpers

Aufnahmen von Menschen im nahen Infraroten wirken befremdlich. Auffällig sind Haarfarben, die Augen sowie insbesondere im sichtbaren Licht schwer zu sehende Adern unter der Haut. Die physikalischen Hintergründe dieser Effekte sind zum Teil recht komplex [9]. Eine interessante Anwendung der guten Sichtbarkeit von Venen im NIR findet sich in der Kinderheilkunde: Da bei Kindern Venen oft nur schwer erkennbar sind, werden NIR-Kameras genutzt, um bei der Blutabnahme oder der intravenösen Verabreichung von Medikamenten die Venen besser sichtbar zu machen (Abbildung 6, [10]).

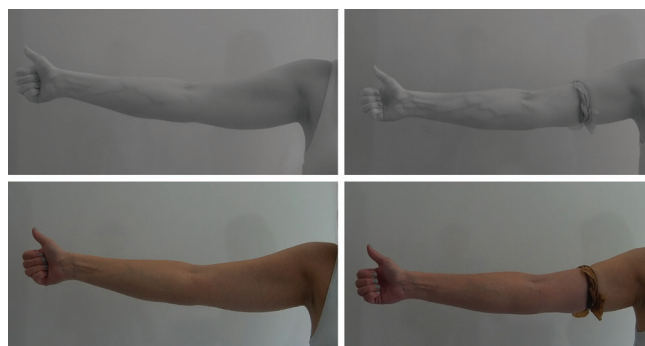


Abbildung 6: NIR-Aufnahmen vom menschlichen Körper im Vergleich zum sichtbaren. Im NIR treten die Venen stärker hervor.

4.3. Vegetation und Wood-Effekt

Bereits dem Pionier der Infrarotfotografie Robert W. Wood fiel auf, dass gesunde Pflanzen im nahen Infraroten ein Aussehen zeigen, welches dem von Schnee im sichtbaren Licht stark ähnelt – dass Vegetation also im NIR stark reflektiert. Dieser Effekt entsteht dadurch, dass Chlorophyll für nahe Infrarotstrahlung nahezu durchsichtig ist. Sie dringt in tiefere Blattschichten ein und wird dort mit nur geringem Verlust durch Mehrfachreflexion gestreut. Ähnlich wie Schnee im Sichtbaren erscheint vitale Vegetation daher im nahen Infrarot sehr hell. In der Satellitenfernerkundung nutzt man diesen Effekt zur Oberflächenklassifizierung [11].



Abbildung 7: Echte Pflanzen im Vergleich zu einer Kunstblume aufgenommen mit einer Kamera mit IR-Sperrfilter (links), ohne jegliche Filter (Mitte) und mit der selbstgebaute NIR-Kamera (rechts). Die Blätter von gesunden Pflanzen reflektieren nahes Infrarot stark und erscheinen daher schneeweiß.

Abbildung 7 zeigt Kameraaufnahmen von echten Blumen und einer künstlichen Pflanze (Mitte). Die Abbildung verdeutlicht, warum vor den Bildsensoren von Digitalkameras IR-Sperrfilter verbaut sind. Da Vegetation stark im NIR reflektiert, entsteht ohne Sperrfilter ein unrealistischer Bildeindruck. Die Aufnahme ohne IR-Sperrfilter hat zudem einen unschönen Rotstich.

5. Experimente mit dem Infrarotthermometer

Zur berührungslosen Temperaturmessung werden Infrarotthermometer, auch Pyrometer genannt, eingesetzt. Mit diesen kann man insbesondere die Abstrahlcharakteristik von verschiedenen Oberflächen gut veranschaulichen. Beispielhaft kann hier der bekannte Leslie-Würfel genannt werden (vgl. Abbildung 8). Ein weiterer interessanter Effekt ist die indirekte Temperaturmessung über die an einer Glasscheibe reflektierte thermale Infrarotstrahlung. Der große Vorteil dieser einfachen Messsysteme ist deren geringer Preis ab etwa 10 €. Dadurch ist es möglich Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen selbst mit den Instrumenten Experimentieren zu lassen.

In diesem Zusammenhang kann auch die Problematik der Messgenauigkeit und systematischer Fehler sehr anschaulich behandelt werden: Bei den meisten sehr preiswerten Infrarotthermometern ist ein Emissionsgrad ε fest eingestellt und kann auch nicht verändert werden. Führt man damit Vergleichsmessungen an unterschiedlichen Oberflächen im Klassenzimmer durch, erhält man trotz gleicher Temperatur unterschiedliche Messergebnisse. Bei teureren Instrumenten kann der Emissionsgrad anhand von Tabellenwerten eingestellt werden. Sie liefern daher deutlich genauere Ergebnisse, insbesondere bei blanken Metallen, welche Emissionsgrade um $\varepsilon \approx 0,05$ aufweisen.

Messungen am menschlichen Körper können besonders motivierend sein und als Ausgangspunkt verschiedener Fragestellungen genutzt werden. Warum wird beispielsweise die Körpertemperatur mit Infrarot-Fieberthermometern im Ohr gemessen und nicht etwa an den Händen? Aufschluss darüber geben Messungen, inwiefern die Temperatur von Fingern und Händen von der Körperkerntemperatur abweicht.

6. Aufnahmen mit der Wärmebildkamera

Die Technik der Wärmebild- oder genauer Thermalinfrarotkameras hat sich in den letzten Jahren so rasant entwickelt, dass mittlerweile für Unterrichtszwecke geeignete Geräte für Preise um 250 € verfügbar sind. Diese nutzen als Anzeigeelement meist ein Smartphone oder Tablet mit speziellen, kostenlos verfügbaren Apps. Neben einer Aufnahme im thermalen Infrarot wird auch ein Bild im sichtbaren Licht mit einer Digitalkamera erstellt und mit dem Infrarotbild überlagert. Bei älteren Versionen der preiswerten FLIRone Kamera kann man das im sichtbaren Licht erstellte Bild erhalten, wenn man sich die Aufnahmen im Bilderalbum der App ansieht und am Display mit dem Finger vom oberen zum unteren Ende streicht. Durch einen Screenshot des Displays kann man auf diese Weise etwas umständlich das visuelle Bild erhalten. Neuere Kameras bieten die Möglichkeit, beide Aufnahmen, sichtbar und infrarot, getrennt voneinander zu speichern.

Ebenso wie bei Infrarotthermometern ist die Messgenauigkeit auch bei Wärmebildkameras von der korrekten Einstellung des Emissionsgrades abhängig, wie Abbildung 8 verdeutlicht. Obwohl alle Oberflächen des Leslie-Würfels eine annähernd gleiche Temperatur von ca. 80°C haben, liefert die Kamera für die unbehandelte Aluminiumoberfläche, wegen des geringen Emissionskoeffizienten, einen deutlich niedrigeren Wert, welcher in erster Linie durch reflektierte Hintergrundstrahlung zustande kommt. Eine Einstellung des Emissionsgrades ist bei den sehr preiswerten Wärmebildkameras nicht möglich.

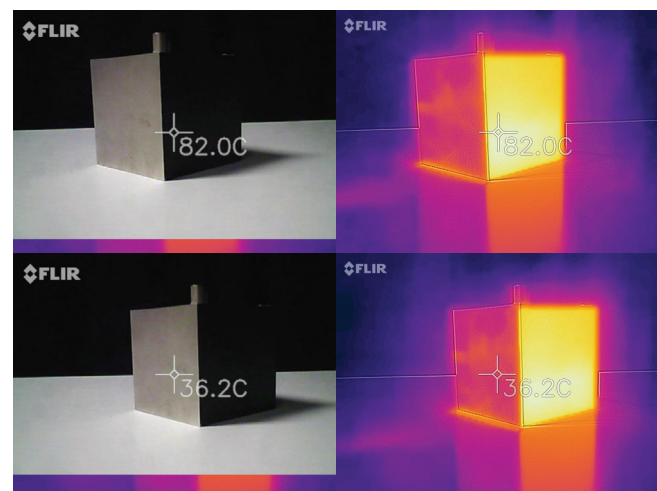


Abbildung 8: Ein mit heißem Wasser gefüllter Leslie-Würfel im Wärmebild (rechts) und im sichtbaren Licht (links). Das Experiment veranschaulicht, dass die Abstrahlung von thermalem Infrarot stark von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig ist.

6.1. Sichtbarmachen der Temperatur von warmen Objekten

Der eigentliche Einsatzzweck von Wärmebildkameras ist es, Temperaturunterschiede sichtbar zu machen, beispielsweise zur Verbesserung der Wärmedämmung an Gebäuden. Die hohe Empfindlichkeit der Messung macht es dabei möglich, eine Vielzahl interessanter physikalischer Phänomene zu

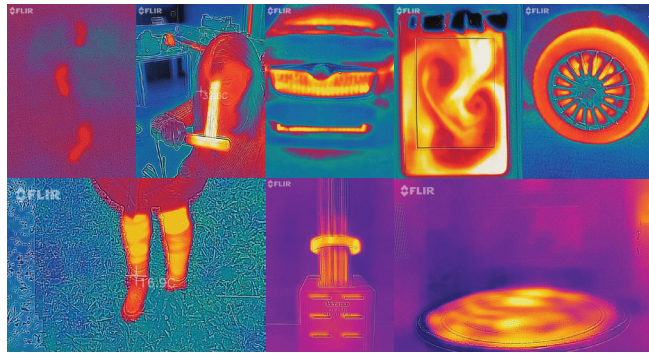


Abbildung 9: Beispiele für im Wärmebild sichtbare Phänomene zu (von links nach rechts, oben nach unten) Wärmeleitung (barfuß laufen, Haarglätteisen, Fahrzeug), Konvektion (Eiswürfel in lauwarmem Wasser), Reibungswärme (Reifen eines Autos), Isolation (Fuß in dichtem Heu versteckt), Erwärmung durch Strom (Thomson'scher Ringversuch) und Erwärmung im Mikrowellenofen (sichtbar gemacht mit etwas Wasser).

veranschaulichen. Beispielhaft seien hier genannt: Wärmeleitung, Konvektion in Flüssigkeiten, Abkühlen durch Verdunstung, Umwandlung von kinetischer Energie in Wärme (Reibung), Erwärmung durch Strom/ Wirbelströme, ungleichmäßige Erwärmung im Mikrowellenofen und Wärmedämmung (vgl. Abbildung 9).

6.2. Transmission, Reflexion und Absorption von Infrarotstrahlung

Elektromagnetische Strahlung kann auf drei verschiedene Arten mit Materie wechselwirken: Von Transmission spricht man, wenn die Strahlung die Materie durchdringt, von Reflexion, wenn sie davon in den Raum zurückgeworfen und von Absorption, wenn sie von der Materie aufgenommen wird und dabei deren innere Energie erhöht. Meist treten die genannten Effekte in Mischformen auf und sind stark wellenlängenabhängig.

Thermale Infrarotstrahlung kann beispielsweise für Licht durchsichtiges Fensterglas nicht durchdringen, sondern wird davon reflektiert. Die dünne, undurchsichtige Kunststoffolie einer Einkaufstüte oder eines Luftballons hingegen ist zwar auf Grund der verwendeten Pigmente für sichtbares Licht undurchlässig, thermale Infrarotstrahlung wird davon hingegen recht gut transmittiert. Diese verblüffenden Effekte können im Unterrichtskontext gut genutzt werden, um die wellenlängenabhängige Durchlässigkeit von Materie für elektromagnetische Strahlung zu thematisieren (vgl. Abbildung 10).

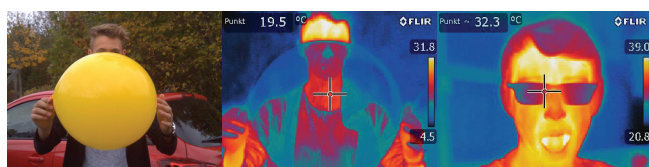


Abbildung 10: Die Durchlässigkeitseigenschaften von thermalem Infrarot und sichtbarem Licht unterscheiden sich.

7.2. Aufnahmen des menschlichen Körpers

Wärmebildkameras werden vermehrt auch in der medizinischen Diagnostik insbesondere von Brustkrebs und entzündlichen Erkrankungen wie speziellen Formen von Arthritis und Rheuma eingesetzt. Zudem nutzt man sie bei der Untersuchung von Durchblutungsstörungen und bei der Vorbeugung von Epidemien durch automatisiertes Fieberscreening beispielsweise an Flughäfen [12].

Im Schulunterricht kann man das Prinzip des Diagnoseverfahrens mit Thermalkameras vor allem in der kalten Jahreszeit gut verdeutlichen. Wärmebilder von Menschen zeigen in der Kälte deutlich, wie der Körper die Kerntemperatur dadurch reguliert, dass er die Durchblutung der Extremitäten aber auch der Nase und der Ohren einschränkt. Kalte Finger, Nasen und Ohren kann man mit der Wärmebildkamera gut untersuchen (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11: Linke Abbildung: Wärmebilder zeigen, dass Nikotin gefäßverengend wirkt. Die Person mit der kalten Hand hat kurz vor der Aufnahme eine Zigarette geraucht, diejenige mit der warmen nicht. Davor waren die Hände der beiden Personen noch in etwa gleich warm. Die Frau auf den beiden anderen Bildern hat neben ihrem linken Auge eine kleine Hautentzündung. Diese sorgt für eine deutlich stärkere Durchblutung auch der umgebenden Gefäße. Die Temperaturangaben sind nicht ganz exakt, da der Emissionsgrad bei der verwendeten, preiswerten Kamera nicht eingestellt werden kann.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Die Technik der Wärmebildkameras hat sich in den vergangenen zehn Jahren rasant entwickelt [13]. Musste man damals mit einer Anschaffung ab 3.000 € rechnen, kosten für den Unterricht geeignete Aufstecksysteme mittlerweile nur noch weniger als ein Zehntel davon. Gemeinsam mit noch günstigeren Eigenbaukameras fürs nahe Infrarot und Infrarothermometern eröffnen sie im Wortsinn Einblicke in eine uns sonst verborgene Welt und können neben der Visualisierung einer Vielzahl von physikalischen Phänomenen vor allem auch neugierig machen. Eine sehr motivierende Anwendung stellt die Infrarotastronomie dar. Hierzu gibt es eine ansprechende Internetseite der US-amerikanischen Raumfahrtagentur NASA, welche in vielen Aufnahmen die faszinierende Ästhetik von Astronomischen Objekten im Sichtbaren und im Infraroten zeigt und zudem über viele weitere Themen rund um Infrarotstrahlung informiert (vgl. Abbildung 12, [14]).

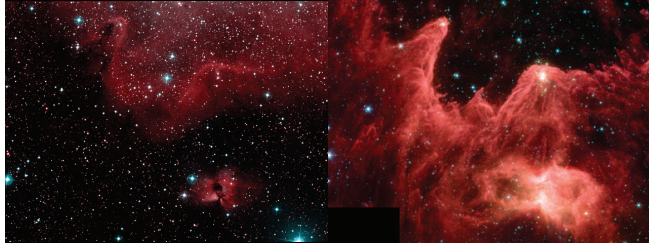


Abbildung 12: Sternentstehungsgebiet W5 im Seelennebel aufgenommen im Sichtbaren (links) und im thermalen Infraroten (rechts, Falschfarbendarstellung im Wellenlängenbereich $3,6\ \mu\text{m}$ bis $8,0\ \mu\text{m}$). Im Infraroten beobachtet man zwei Effekte: Zum einen werden die noch sehr jungen und kleinen Sterne sichtbar, da die Infrarotstrahlung den Nebel durchdringen kann und zum anderen wird auch die Struktur des aufgeheizten Nebels selbst erst im Infraroten sichtbar. Solche Aufnahmen helfen Astrophysikern dabei, die Entstehung des Universums besser zu verstehen. Bildrechte: Courtesy NASA/JPL-Caltech

Das Experiment „Infrarotmesstechnik“ wird am DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen seit bald 15 Jahren mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt und zählt mit zu den beliebtesten. Besonders oft wird bei der internen Evaluation der Veranstaltungen den von Teilnehmenden festgestellt, dass ihnen bei diesem Workshop vor allem die Möglichkeit, selbst zu experimentieren und ihre eigenen Fragestellungen zu untersuchen, sehr gut gefällt. Die Autoren sind zuversichtlich, dass diese Technologie immer mehr Einzug in den Physikunterricht finden wird – auch dank der mittlerweile für Schulen bezahlbaren Geräte.

Danksagung

Vielen Dank an „Tobi's Dreamteam“, Veronika Beyer, Lisa Nagel, Nicola Schneider und Simone Zepp, für deren Unterstützung bei der Konzeption und der Durchführung der Schülerexperimente.

Literatur

- [1] Girwidz, R. & Rubitzko, Th. (2008). Einblicke in die Welt der nahen Infrarotstrahlung. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 8/(57), 31-37.
- [2] Nordmeier, V., Strahl, A., Kirstein, J. & Müller, R. (2008). Spannende Versuche mit der Wärmebildkamera. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 8/(57), 15-20.
- [3] Kuhn, J., Vogt, P. & Müller, S. (2011). Handys und Smartphones - Einsatzmöglichkeiten und Beispielerperimente im Physikunterricht. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 7 (60), 5-11.
- [4] Molz, A., Kuhn, J. & Wilhelm, T. (2016). Das Unsichtbare sichtbar machen: Smartphones als Wärmebildkamera. Physik in unserer Zeit 47 (5), 255-256.
- [5] Girwidz, R. (2006). Ich sehe was, das ihr nicht seht. Einblicke in den nahen Infrarotbereich mit einer Kamera für 20 €. Unterricht Physik, 17, Nr. 96, S. 40-41.
- [6] Thoms, L. J., Colicchia, G. & Girwidz, R. (2013). Low-cost experiments on infrared phenomena. Physics Education, 48(1), 16.
- [7] Optris (2017). Grundlagen der berührungslosen Temperaturmessung. http://www.optris.de/fachartikel?file=tl_files/pdf/Downloads/Zubehoer/IR-Grundlagen.pdf
- [8] Vollmer, M. & Möllmann, K.-P. (2010). Infrared thermal imaging: fundamentals, research and applications. John Wiley & Sons, Weinheim.
- [9] Mangold, K., Shaw, J. & Vollmer, M. (2013). The physics of near-infrared photography. European Journal of Physics 34 (2013), 51 – 71
- [10] Cuper, N. J., Klaessens, J. H., Jaspers, J. E., de Roode, R., Noordmans, H. J., de Graaff, J. C. & Verdaasdonk, R. M. (2013). The use of near-infrared light for safe and effective visualization of subsurface blood vessels to facilitate blood withdrawal in children. Medical engineering & physics, 35(4), 433-440.
- [11] Jones, J. & Vaughan, R. (2010). Remote Sensing of Vegetation. Oxford University Press, Oxford
- [12] Ring, E. F. J. & Ammer, K. (2012). Infrared thermal imaging in medicine. Physiological measurement, 33(3), R33.
- [13] Grötzebach, H. & Nordmeier, V. (2008). Marktübersicht Wärmebildkameras. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 8/(57), 38-40.
- [14] <http://coolcosmos.ipac.caltech.edu>
- [15] <http://www.mobius-actioncam.de>
- [16] <https://publiclab.org/notes/cfastie/04-22-2014/mobius-ir-conversion>
- [17] <http://www.flir.de/flirone>

Anhang

A1 Eigenbau Infrarot Kamera

Prinzipiell kann hierfür jede einfache Webcam verwendet werden. Gut bewährt hat sich die „Mobius Action Cam“ [15]. Sie bietet einen guten Kompromiss aus günstigem Preis (bei ebay ab 60 €) und hoher Aufnahme- und Verarbeitungsqualität. Für diese Kamera findet man zudem einige Online-Tutorials zum Infrarotumbau [16].

A2 Pyrometer

Geeignete Instrumente gibt es im Baumarkt oder im Internet ab etwa 10 €. Man sollte beim Kauf im Internet jedoch unbedingt darauf achten, dass die Geräte CE-konform mit Peil-Lasern der Klasse maximal 2 ausgestattet sind.

A3 Thermalkameras

Alle Wärmebilder in diesem Artikel können mit einer Kamera vom Typ FLIRone ([17], ab ca. 250€) aufgenommen werden. Die Kamera wird einfach auf ein Smartphone oder Tablet (iOS bzw. Android) aufgesteckt. Zur Bedienung wird eine kostenlose App verwendet. Damit kann die Kamera auch von Schülerinnen und Schülern relativ problemlos eingesetzt werden. Es besteht zudem die Möglichkeit, die Aufnahmen vom Smartphone/ Tablet direkt über einen Beamer im Großformat zu betrachten. Die neueste Version dieser Kamera ermöglicht auch die getrennte Aufnahme im Sichtbaren und im Infraroten.

Tobias Schüttler Ludwig-Maximilians-Universität München &
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Raimund Girwidz Ludwig-Maximilians-Universität München

Methoden der Infrarotfernerkundung im Physikunterricht

Tobias Schüttler und Simone Zepp

Die Satellitenfernerkundung ist einer der wichtigsten Bereiche der Raumfahrttechnologien mit Anwendungen in Alltag, Forschung und in der Wirtschaft. Sie basiert auf Prinzipien und Methoden der modernen Physik, unter anderem der Strahlungs- sowie Atom- bzw. Molekülphysik und den entsprechenden Messverfahren. Dabei bedeutet „Fernerkundung [...] die Gesamtheit der Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Erdoberfläche durch Messung und Interpretation der von ihr ausgehenden (Energie-)Felder. Als Informationsträger dient dabei die von der Erde reflektierte oder emittierte elektromagnetische Strahlung“ (DIN 18716/3). Da die Fernerkundung für den Alltag eine große Bedeutung hat kann sie, wie die folgenden Beispiele verdeutlichen sollen, als Unterrichtskontext mit hohem motivationalem Potential genutzt werden.

1. Infrarotfernerkundung als sinnstiftender Kontext für den Physikunterricht

Die Idee, physikalische Themen in Kontexte einzubetten, welche von Lernenden als relevant und bedeutsam empfunden werden, ist nicht neu [1,2]. Die Kontextorientierung wird dabei einerseits genutzt, um Interesse und Motivation der Lernenden zu steigern, andererseits, um bei der besseren Einbettung des neu gelernten in bestehendes Vorwissen zu unterstützen. Die hier vorgestellten Beispiele können in den Kontext der Satellitenfernerkundung eingebettet werden. Dies bietet den Vorteil der Interdisziplinarität und darüber hinaus eine ganze Reihe von Alltagsbezügen. Aufnahmen im Infraroten wirken jedoch auch ganz unabhängig von deren vielfältigen Anwendungen und ihrem großen Nutzen für Wissenschaft und Technik faszinierend, da sie uns einen Blick auf die Welt mit ganz anderen Augen ermöglichen: Mit Infrarotkameras können wir das Unsichtbare sichtbar machen.

Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über die Physik zweier Bereiche der Infrarotfernerkundung gegeben. Im Anschluss wird aufgezeigt, wie man selbst aus frei im Internet verfügbaren Daten eigene Falschfarben-Satellitenbilder erstellen kann. Darüber hinaus stellt dieser Beitrag aber auch zwei kostengünstige, einfach verfügbare experimentelle Verfahren vor, die einen Zugang zur Infrarotfernerkundung ermöglichen. Alle Experimente und Verfahren wurden im DLR_School_Lab, dem Schülerlabor des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen, mit einer Vielzahl von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufen

(ab Jahrgangsstufe 9) erprobt und erwiesen sich durchwegs als (schul-) alltagstauglich.

2. Infrarotfernerkundung

Bei der Satellitenfernerkundung nutzt man, neben hier nicht weiter betrachteter synthetischer Strahlung (aktive Radar- und Lidarsysteme), die Wechselwirkung von Sonnenstrahlung mit der Erdoberfläche und der Atmosphäre um daraus berührungslos Rückschlüsse auf die jeweils vorhandenen Stoffe zu ziehen. Die Sonnenstrahlung, deren Spektrum sich von harter Röntgenstrahlung bis weit in den Radiowellenbereich erstreckt, kann in guter Näherung als Schwarzkörperstrahlung bei etwa 6000K betrachtet werden. Allerdings wird sie in weiten Wellenlängenbereichen von verschiedenen Bestandteilen der Erdatmosphäre absorbiert. Beispielfhaft seien hier Ozon (absorbiert hochenergetische Strahlung) und die Treibhausgase (Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan und andere) genannt. Letztere absorbieren insbesondere Strahlung im mittleren und fernen Infrarot. Die Erde selbst emittiert aufgrund ihrer Oberflächentemperatur von etwa 300 K insbesondere im mittleren, so genannten thermalen Infrarot bei Wellenlängen um 10 μm .

Die Wellenlängenbereiche, in welchen die Atmosphäre von Strahlung durchdrungen werden kann, sind als atmosphärische Fenster bekannt und eignen sich besonders für die Oberflächenklassifikation mit Satelliten, da die reflektierte Strahlungsintensität in diesen Bereichen groß und damit vom Weltall aus gut messbar ist (vgl. Abbildung 1). Aus Gründen der technischen Realisierbarkeit, der Bedeutung und der Anschaulichkeit werden wir uns im Folgenden auf die Fernerkundung von Vegetation (sichtbares Licht

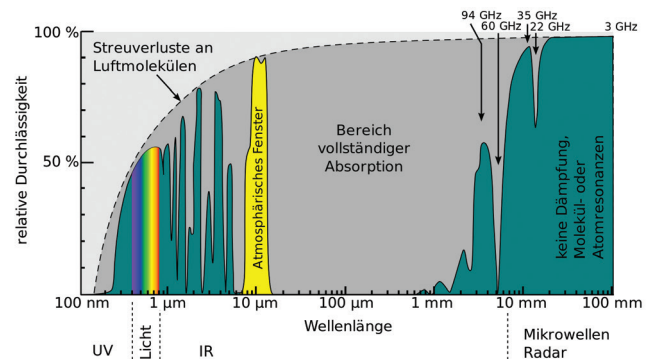


Abbildung 1: Darstellung der atmosphärischen Fenster, bzw. der atmosphärischen Absorptionsbanden für einen Ausschnitt des elektromagnetischen Spektrums.

und nahes Infrarot) und die berührungslose Messung von Oberflächentemperaturen (mittleres Infrarot) beschränken.

2.1. Fernerkundung von Vegetation

Laut dem deutschen Umweltbundesamt [3] stehen weltweit ca. 5 Milliarden Hektar an Agrarflächen zur Verfügung. Davon werden etwa 1,45 Milliarden Hektar als Ackerland, der Rest als Weideland genutzt. Bei einer Weltbevölkerung von etwa 7,5 Milliarden Menschen sind dies im Mittel nur knapp 0,2 Hektar Ackerland für jeden Menschen und etwa doppelt so viel für seine Nutztiere. Daher ist es unerlässlich, sich mit der globalen Vegetation intensiv auseinanderzusetzen, um eine weltweite Versorgung mit Lebensmitteln zu gewährleisten.

Zur Analyse und Klassifikation von Vegetation und anderen Oberflächen von Satelliten aus, macht man sich deren charakteristisches Reflexionsverhalten zunutze. Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Reflexionsspektren von Erdboden, Vegetation, Schnee und Asphalt in einem Wellenlängenbereich von $0,4 \mu\text{m}$ – $2,5 \mu\text{m}$. Gegen die Wellenlänge ist die jeweilige Reflektanz, also das Verhältnis aus reflektierter zu eingestrahelter Leistung, aufgetragen. Dabei fällt das grün gezeichnete Vegetationsspektrum besonders beim Übergang vom sichtbaren Licht zum Infraroten, ab etwa 750 nm , durch einen starken Reflektanzanstieg auf.

Der Grund für dieses, für vitale Vegetation charakteristische, Verhalten ist die Photosynthese: Während das sichtbare Licht stark vom Chlorophyll absorbiert und zur Energiegewinnung genutzt wird, kann Infrarotstrahlung wegen zu geringer Photonenenergie nicht zu diesem Prozess beitragen und durchdringt die oberen Zellschichten der Blätter. In tieferliegenden Schichten wird es an den Zellwänden stark diffus reflektiert und verleiht Pflanzen im nahen Infraroten eine Erscheinung, welche der von Schnee im Sichtbaren sehr ähnelt [4].

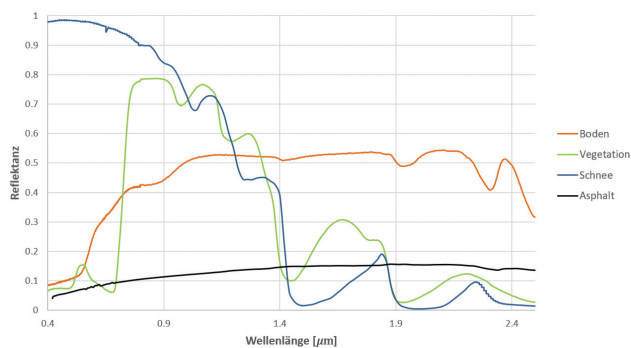


Abbildung 2: Reflexionsspektren verschiedener Landoberflächen. Das Vegetationsspektrum ist durch einen deutlichen Reflektanzunterschied zwischen dem roten Wellenlängenbereich (niedrige Reflektanzen) und dem NIR (sehr hohe Reflektanzen) gekennzeichnet.

Das Reflexionsverhalten von Vegetation nutzt man zur Oberflächenklassifizierung mit Indices, also Maßzahlen, welche aus dem reflektierten Signal abgeleitet werden und welche die Komplexität von Satellitenbildern reduzieren. Anstelle von Echtfarben Darstellungen, erhält man auf diese Weise Falschfarbenbilder wie in Abbildung 3. Der zugrundeliegende Vegetationsindex, NDVI (Normalisierter-Differenzierter-VegetationsIndex), ist einer der bekanntesten und wichtigsten Oberflächenindizes der Satellitenfernerkundung [5]. Er wird berechnet nach

$$NDVI = \frac{\varrho_{NIR} - \varrho_{RED}}{\varrho_{NIR} + \varrho_{RED}}$$

Formel 1: Der Normalisierte differenzierte Vegetationsindex, NDVI

Dabei stehen ϱ_{NIR} und ϱ_{RED} für die im nahen Infraroten und roten Spektralkanal gemessenen Reflektanzen. Bei dem US-amerikanischen Landsat 8 Satelliten sind das die Kanäle 5 (NIR; $\lambda = 851 - 879 \text{ nm}$) und 4 (RED; $\lambda = 636 - 673 \text{ nm}$, vgl. [6]). Die Quotientenbildung dient der Normierung auf einen Wertebereich von -1 bis +1.

Da vitale Vegetation im nahen Infraroten stark und im Roten nur schwach reflektiert, zeichnet sie sich durch hohe NDVI-Werte, typischer Weise über 0,5, aus. Boden hat niedrige Werte nahe Null und Wasser, Wolken und Schnee negative. In Abbildung 3 sieht man eine Gegenüberstellung eines RGB-Echtfarbenbildes mit einem NDVI-Falschfarbenbild. Dem NDVI-Bild liegt eine Farbskala zugrunde, nach welcher große Werte (Vegetation) durch Grüntöne repräsentiert werden, Werte um Null (Erdboden) durch braune Farben und negative Werte (Wasser) sind weiß eingefärbt. Auf diese Weise wird das Satellitenbild nach einem ganz konkreten Kriterium, in diesem Fall „Vegetation“, einfach visuell aber auch statistisch interpretierbar. Neben dem NDVI existieren noch viele weitere, z.T. deutlich komplexere Indizes zur Analyse nach anderen Kriterien, auf welche hier jedoch nicht eingegangen werden kann. Details finden sich in der Fachliteratur (z.B. [7]).

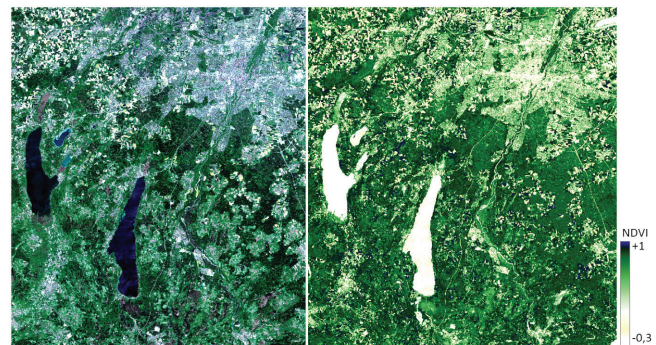


Abbildung 3: RGB-Echtfarbenbild (links) und NDVI-Falschfarbendarstellung (rechts) basierend auf einer Sentinel-2-Szene vom 17.05.2017 südlich-westlich von München. Hohe NDVI-Werte werden durch grüne Farben repräsentiert und sind typisch für vitale Vegetation. Andere Oberflächen (Wasser, Boden, versiegelte Flächen) werden üblicherweise in einem weiß-braunen Farbverlauf dargestellt (Datengrundlage: Sentinel-2, ESA 2017).

2.2. Messung von Oberflächentemperaturen im thermalen Infrarot

Durch die Untersuchung der Vegetationsbedeckung können unter anderem auch Rückschlüsse auf den globalen Klimawandel gezogen werden. So zeigt sich beispielsweise, dass sich die Vegetationsgrenzen immer weiter in polare und hochalpine Regionen verschieben. Ein weiterer, noch entscheidenderer Indikator für die globale Erwärmung sind die Meerestemperaturen. Da diese zudem eine zentrale Rolle spielen bei der Entstehung von Starkwindereignissen wie Hurrikans, ist eine genaue Kenntnis darüber, wie warm die Weltmeere sind, auch für den Katastrophenschutz von großer Bedeutung. Die Messung der Oberflächentemperaturen erfolgt dabei global anhand der emittierten thermalen Infrarotstrahlung mit Wellenlängen um 10 μm . Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet der Infrarotfernerkundung ist die Überwachung von Großfeuern, wie beispielsweise Waldbränden. Das DLR betreibt zu diesem Zweck im Rahmen der Mission FireBIRD [8] zwei Fernerkundungssatelliten mit Sensoren im sichtbaren Licht sowie im mittleren und im thermalen Infraroten (vgl. Abbildung 4).

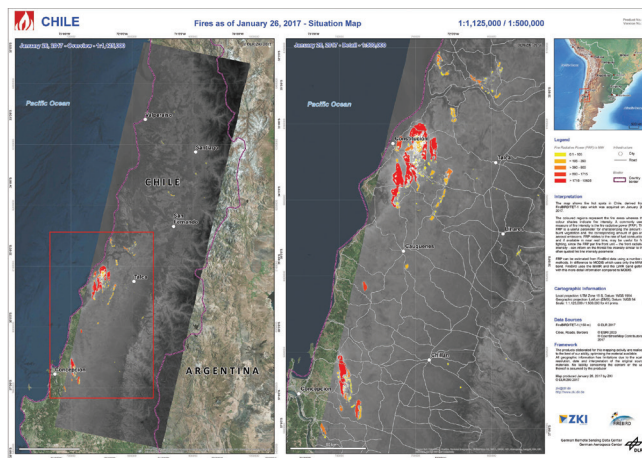


Abbildung 4: Karte einer Waldbrandregion in Chile, erstellt vom Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation des DLR auf Basis von Daten des Satelliten TET-1 der FireBIRD-Mission. Bild: DLR, CC-BY 3.0

Der amerikanische Landsat 8 Satellit misst in den Kanälen 10 und 11 die Intensität von Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich um 10 μm . Nach dem Planck'schen Strahlungsgesetz nimmt die von einem schwarzen Körper abgestrahlte Strahlungsleistung mit steigender Temperatur und kleiner werdender Wellenlänge zu (vgl. Abbildung 5). Die pro Flächenelement in einem Wellenlängenbereich $\Delta\lambda$ um eine bestimmte Wellenlänge λ herum pro Raumwinkel abgestrahlte Strahlungsleistung wird auch spektrale Strahllichte L_λ genannt [9]. Für sie gilt:

$$L_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

Formel 2: Planck'sches Strahlungsgesetz

Ersetzt man $C_1 = 2hc^2$ und $C_2 = hc/k$ und löst nach der Temperatur T auf, erhält man:

$$T = \frac{\frac{C_2}{\lambda}}{\ln\left[\frac{C_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{L_\lambda} + 1\right]}$$

Bei der Auswertung von Satellitendaten fasst man noch zusammen $K_1 = C_1/\lambda^5$ und $K_2 = C_2/\lambda$ und erhält für die Temperatur

$$T = \frac{K_2}{\ln\left[\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right]}$$

Formel 3: Formel zur Temperaturbestimmung aus Satellitendaten

K_1 und K_2 sind sensorspezifische Konstanten, die von der Wellenlänge des Spektralkanals abhängen, L_λ die gemessene spektrale Strahllichte. Für den Kanal 10 des Landsat 8 Satelliten werden beispielsweise $K_1 = 774,89 \text{ Wm}^{-2}\mu\text{m sr}^{-1}$ und $K_2 = 1321,08 \text{ K}$ angegeben [6]. Damit kann man die Daten des Thermalen Infrarotkanals des Satelliten bezüglich der Oberflächentemperatur gemäß Formel 3 auswerten und diese in Falschfarbenbildern darstellen. Jedoch sind verschiedene Faktoren, welche die Genauigkeit der Messung beeinflussen, zu berücksichtigen. Zum einen unterscheidet sich die tatsächliche Ausstrahlung der Erdoberfläche von der eines schwarzen Strahlers. Dies wird durch den jeweiligen Emissionsgrad $\varepsilon(\lambda, T)$ berücksichtigt:

$$L_{\lambda, \text{Boden}} = \varepsilon(\lambda, T) \cdot L_\lambda$$

Formel 4: Zusammenhang spektrale Strahllichte und Emissionsgrad

Darüber hinaus sind Einflüsse der Atmosphäre und der direkten und indirekten Sonnenstrahlung von Bedeutung, welche nur durch Computermodelle oder Referenzmessungen ausgeglichen werden können. Die berührungslose Temperaturmessung der Erdoberfläche aus dem All ist daher ein recht anspruchsvolles Unterfangen.

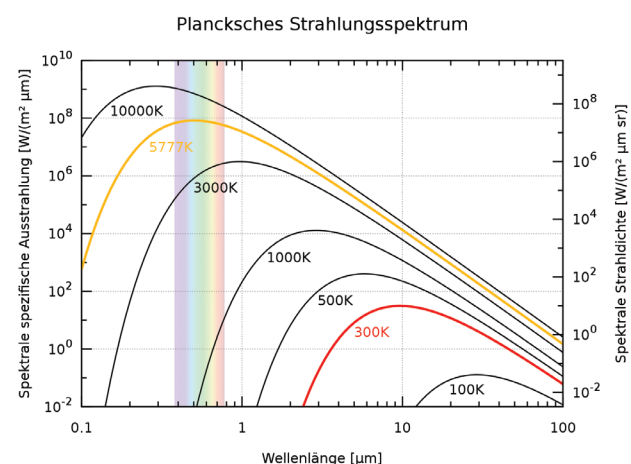


Abbildung 5: Planck'sches Strahlungsspektrum für unterschiedliche Temperaturen, doppelt logarithmisch aufgetragen. Der thermale Kanal von Satelliten misst in einem Bereich um 10 μm Wellenlänge (atmosphärisches Fenster).

3. Infrarotfernerkundung im Unterricht

Wenngleich die Verfahren der „echten“ Satellitenfernerkundung zum Teil sehr anspruchsvoll sind, gibt es doch einige Bereiche, welche auch für Schülerinnen und Schüler verständlich gemacht werden können. Die Auswertung von Satellitendaten erfolgt mit spezieller Software. Für Bildungszwecke eignet sich dabei besonders das von der europäischen Raumfahrtagentur ESA kostenlos zur Verfügung gestellte Programm LEOWorks [10]. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick gegeben, wie man damit aus Landsat 8 Daten NDVI-Bilder und eine Darstellung der Oberflächentemperatur erstellen kann. Eine ausführliche Anleitung sowie einen Beispieldatensatz findet man auf der Internetseite des SatTec Projektes der LMU München [11]. Hier wird auch beschrieben, wie man aktuelle Daten der europäischen Sentinel-2 und der amerikanischen Landsat Satelliten kostenlos herunterladen kann.

3.1. Erstellen von NDVI-Bildern mit LEOWorks

Die Software LEOWorks bietet verschiedene Werkzeuge, so genannte Tools, mit Hilfe derer Bildauswertungen durchgeführt werden können. Das Tool *Compute a NDVI* erlaubt eine einfache Erstellung von NDVI-Falschfarbenbildern mit wenigen Klicks. Hierzu ist lediglich die Kenntnis der Wellenlängen der Kanäle des verwendeten Satelliten erforderlich (vgl. Tabelle 1). Die Berechnung selbst erfolgt automatisch und pixelweise.

Tabelle 1: Überblick über ausgewählte Kanäle der Fernerkundungssatelliten Landsat 8 und Sentinel-2. Die Daten beider Satelliten sind kostenfrei im Internet verfügbar.

Satellit	Kanal	Wellenlängenbereich in μm	Räumliche Auflösung (Meter)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) und Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 2 - Blue	0,452 – 0,512	30
	Band 3 - Green	0,533 – 0,590	30
	Band 4 - Red	0,636 – 0,673	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0,851 – 0,879	30
	Band 10 - Thermal 1	10,60 – 11,19	100
	Band 11 - Thermal 2	11,50 – 12,51	100
Sentinel-2 MultiSpectral Instrument (MSI)	Band 2 - Blue	4,45 – 0,52	10
	Band 3 - Green	0,54 – 0,57	10
	Band 4 - Red	0,65 – 0,68	10
	Band 8 - Near Infrared (NIR)	0,785 – 0,90	10

LEOWorks hinterlegt jeder NDVI-Berechnung automatisch eine voreingestellte Farbzugeweisung, sodass die verschiedenen NDVIs des Falschfarbenbildes visuell gut unterscheidbar sind (vgl. Abbildung 3). Die einzelnen Pixelwerte können über das Tool *Pixel Info* durch Klick auf einen beliebigen Pixel abgerufen werden. Hinzu kommt die Möglichkeit einer statistischen Auswertung der Daten. Die Wertebereiche und

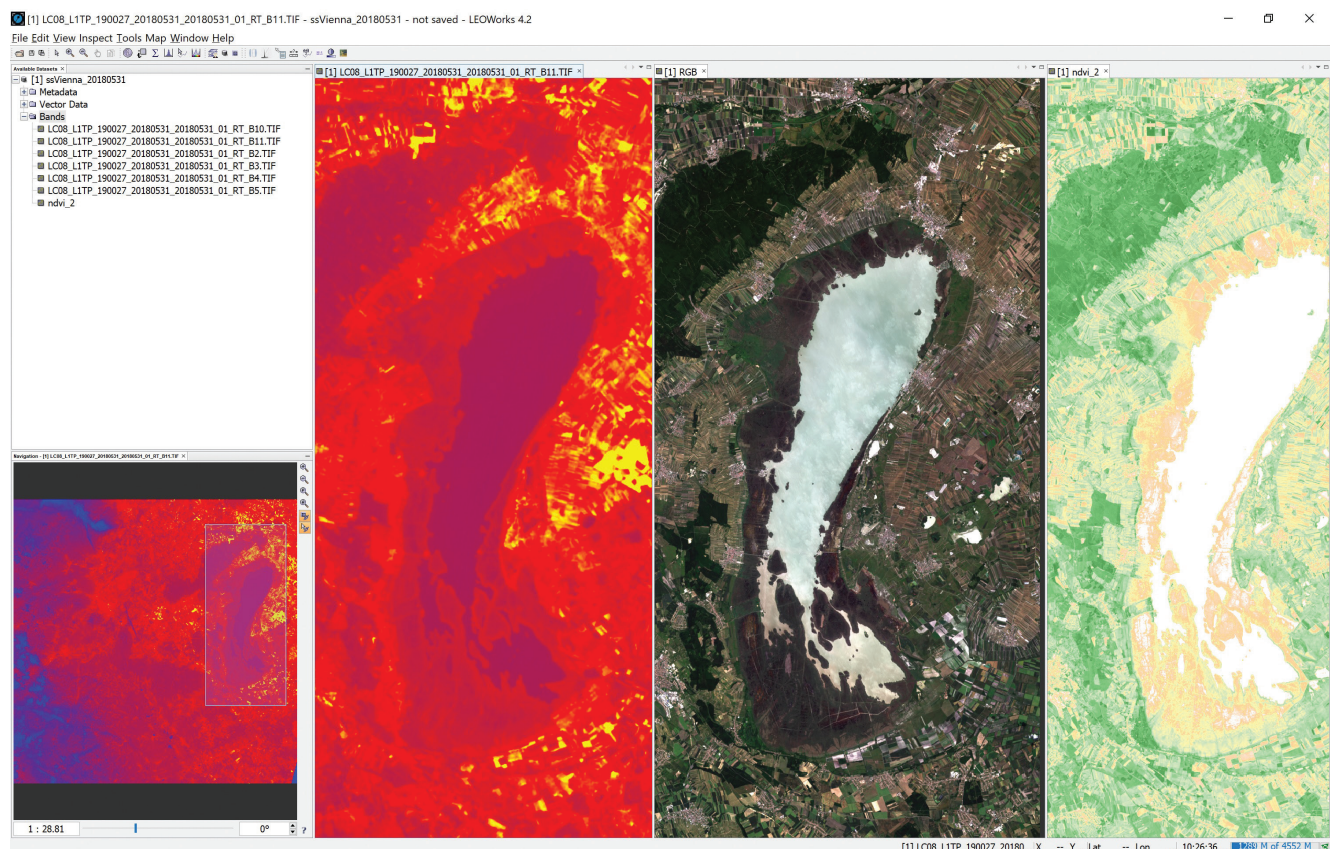


Abbildung 6: Der Neusiedler See Ende Mai 2018 bei Wien im thermalen Infrarot (links) als Echtfarbendarstellung (Mitte) und in einer NDVI-Falschfarbendarstellung. Die Landsat 8 Daten wurden mit dem Programm LEOWorks visualisiert. Neben der Anschaulichen Darstellung der Satellitendaten kann das Programm auch statistische Informationen, wie beispielsweise den mittleren NDVI wiedergeben.

dementsprechend auch die farbliche Darstellung können aber auch individuell angepasst werden.

Die Berechnung von Oberflächentemperaturen aus Satellitendaten ist für Schülerinnen und Schüler im Allgemeinen wohl zu anspruchsvoll. Allerdings besteht eine anschauliche Visualisierungsmöglichkeit, indem man die Aufnahme des thermalen Infrarotkanals mit entsprechenden Farben hinterlegt. Größere Pixelwerte und damit höhere Temperaturen bekommen Gelb, mittlere Werte Rot und niedrige Werte Blau als Farbzueweisung. Mit dem Tool *Color Manipulation* ist dies mit wenigen Klicks sehr einfach zu realisieren. Das resultierende Bild ermöglicht einen qualitativen Vergleich von Oberflächentemperaturen verschiedener Geländeformen (Abbildung 6).

3.2. Eine Eigenbau-NDVI-Kamera für eigene Fernerkundungsprojekte

Durch die frei verfügbaren Daten der Landsat- und Sentinel-Satelliten ist es möglich, Fernerkundungsmessungen nahezu jeder beliebigen Region der Erde mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 10x10 m durchzuführen. Dennoch gibt es Gründe, die dafürsprechen, auch selbst Fernerkundungsdaten zu erstellen.

- Sehr kleinräumige Gebiete, wie beispielsweise der Schulgarten, können durch Satellitendaten nicht aufgelöst werden. Hierzu sind Messungen aus geringerer Entfernung erforderlich.
- Es gibt nicht zu jeder Zeit an jedem Ort entsprechende Aufnahmen, da zum einen nicht genügend Satelliten zur „Echtzeit“ Erdbeobachtung verfügbar sind und zudem oft Wolken den Erdboden verdecken.
- Satelliten sind der direkten Erfahrungswelt von Schülerinnen und Schüler nicht zugänglich und ihre hoch komplexen Messinstrumente nur sehr schwer verständlich. Die Datenquelle ist somit eine Art „Blackbox“ und entzieht sich einer eingehenden physikalischen Betrachtung.

Daher wird im Folgenden ein einfaches, kostengünstiges Kamerasystem beschrieben, mit dem eigene NDVI-Aufnahmen möglich sind. Die Grundidee dieser Technik nutzt aus, dass die Bildsensoren von Digitalkameras auch für nahes Infrarot empfindlich sind. Um einen Bildeindruck zu gewährleisten, welcher dem des menschlichen Auges entspricht, werden aber meist Infrarotsperrefilter vor dem Sensor angebracht, welche nur sichtbares Licht transmittieren. Entnimmt man diesen und ersetzt ihn durch einen Tiefpassfilter, welcher Strahlung mit Wellenlängen größer als ca. 600 nm (Rot bis NIR) durchlässt, so empfängt der Bildsensor nun nur noch Strahlung im Roten und im nahen Infraroten. Dies sind gerade die für NDVI-Messungen relevanten Farbkanäle.

In Abbildung 7 ist die spektrale Empfindlichkeit eines derart veränderten Bildsensors dargestellt. Als Filter wurde preiswerte rote Filterfolie verwendet, die auch für NIR durchlässig ist. Der rote Bildkanal empfängt daher Rot und etwas nahes Infrarot,

der vormals blaue Kanal wird zum reinen Infrarotkanal. Details zu dieser Technik findet man bei [12], eine Anleitung zum Umbau einer einfachen Digitalkamera zur NDVI-Kamera unter [11].

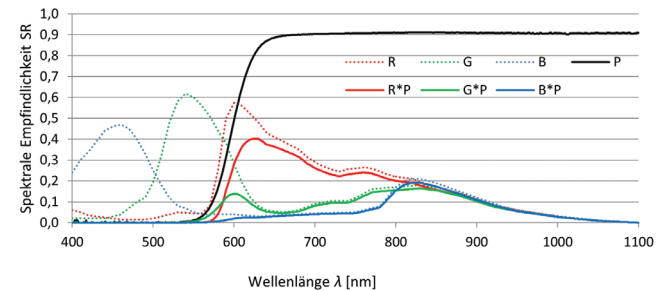


Abbildung 7: Spektrale Empfindlichkeit eines für NDVI-Bilder modifizierten Bildsensors. Der vorgelagerte, rote Filter transmittiert nur Strahlung mit Wellenlängen über 580 nm. So wird auf dem blauen Bildkanal nun fast ausschließlich Strahlung im nahen Infrarot, auf dem roten zusätzlich auch sichtbar rotes Licht empfangen.

Die Bilder der NDVI-Kamera zeigen Vegetation, aufgrund der starken Infrarotreflexion, in leuchtendem Hellblau (vgl. Abbildung 8). Sie eröffnen die Möglichkeit, eigene Fernerkundungsmissionen durchzuführen. Hierzu werden die kleinen und leichten Kameras beispielsweise an einem Fesselballon oder einem Quadropter befestigt, sodass Aufnahmen aus großer Höhe möglich werden. Die Bilder können anschließend entweder mit einem einfachen Tool im Internet [13] oder mit LEOWorks analysiert werden. Die Ergebnisse sind für Unterrichtszwecke ausreichend genau [14].

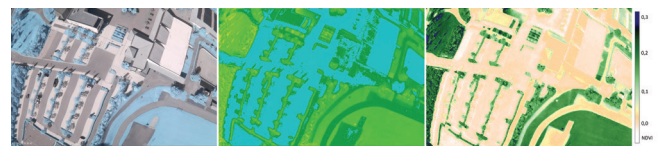


Abbildung 8: Aufnahmen eines Schulgeländes aus 50m Höhe mit einer NDVI-Kamera (links). Mit einem einfachen Tool im Internet können daraus NDVI-Falschfarbenbilder erstellt werden (Mitte). Die Verwendung spezieller Software, wie LEOWorks ist zwar aufwändiger, liefert aber auch deutlich aussagekräftigere Ergebnisse (rechts).

Eine interessante Anwendung der NDVI-Kameras ist der direkte Vergleich der Bilder mit echten Satellitendaten in einem größeren Projekt. Als Trägerplattform für die Kameras kann ein Wetterballon verwendet werden, welcher Aufstiege in Höhen bis über 40 km zulässt [11]. Die Kameras bieten so die Möglichkeit, eigene „Quasi-Satellitenmissionen“ mit Schülerinnen und Schüler durchzuführen und diese dann mit echten zu vergleichen. Die auf diese Weise selbst gemachten Aufnahmen stimmen qualitativ gut mit den Satellitendaten überein (Abbildung 9).

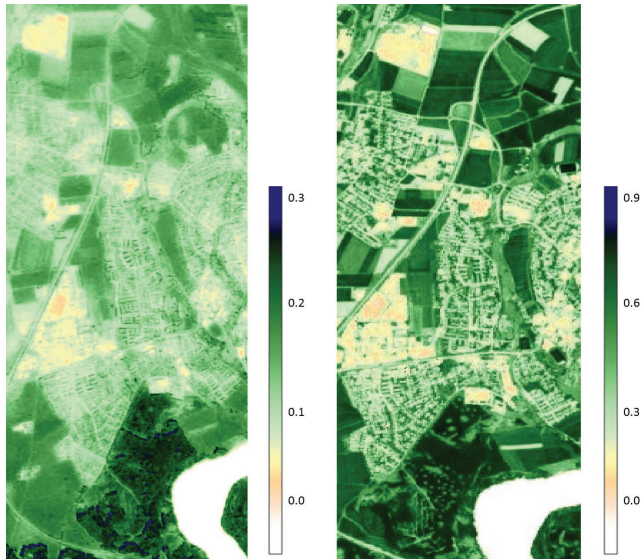


Abbildung 9: NDVI-Falschfarbenaufnahme verschiedener Landschaftsformen (urbane Flächen, Wald, Felder, Gewässer) auf Basis von NDVI-Kamera Aufnahmen (links) von einem Ballon aus ca. 5 km Höhe und von Sentinel-2 Daten (rechts). Die Aufnahmen stimmen qualitativ gut überein, jedoch sind die Absolutwerte der NDVI-Kamera wegen fehlender Kalibrierung zu niedrig. Das selbst erstellte Bild wirkt zudem etwas unscharf, da die Kamera gegenüber der Bewegung des Ballons nicht stabilisiert wurde.

3.3. Nutzung von thermalem Infrarot zur Rettung von Wildtieren

Auch die berührungslose Messung von Temperaturen im thermalen Infraroten mit Wärmebildkameras ist aufgrund der schnellen technischen Entwicklung mittlerweile mit relativ geringem finanziellem Aufwand möglich. Waren solche Kameras noch bis vor kurzem für Schulen viel zu teuer, gibt es mittlerweile Aufstecksysteme für Tablets oder Smartphones um 250 € [15]. Ob man allerdings bereit ist, diese Systeme mit einem Wetterballon mitfliegen zu lassen, auch auf die Gefahr hin, sie im ungünstigsten Fall zu verlieren, wird jeder selbst entscheiden müssen. Daher stellen wir im Folgenden eine interessante, einfacher zu realisierende Anwendung der eher kleinräumigen thermalen Infrarotfernerkundung mit direkt nachvollziehbarem Nutzen vor.

In Deutschland werden jährlich mehrere hunderttausend Wildtiere bei der Frühjahrsmahd getötet. Viele dieser Tiere, insbesondere Jungtiere wie Rehkitze, verfügen über keinen Fluchtinstinkt sondern versuchen, sich bei drohender Gefahr im hohen Gras zu verstecken – mit fatalen Folgen. Da diese Tiere zudem sehr gut getarnt sind, ist es Landwirtinnen und Landwirten nahezu unmöglich, sie von Mähmaschinen aus zu erkennen. Die Kadaver gelangen ins Futtermittel und verursachen dadurch auch finanziellen Schaden da sie das Nutzvieh vergiften.

Bisher wurden und werden Felder zur Vermeidung dieser Vorfälle in sehr aufwändigen Begehungen abgesucht. Eine zeit- und kostensparende, effektive Lösung des Problems liefert ein System aus einer Wärmebildkamera und einer Digitalkamera, welches auf einer autonom fliegenden Drohne verbaut wird. Das Funktionsprinzip kann man bereits mit preiswerten Infrarotkameras veranschaulichen. Dazu werden kleine Kunststofftierchen aus dem Spielwarenbereich und etwas trockenes Heu benötigt. In einem Wasserbad erhitzt man die Kunststofftierchen und versteckt sie so gut im Heu, dass man sie nicht mehr sehen kann. Mit der Wärmebildkamera werden die Verstecke hingegen schnell sichtbar (Abbildung 10) und die Tiere können „gerettet“ werden.



Abbildung 10: Drei wenige Zentimeter große Kunststofftierchen wurden im Wasserbad erhitzt und im Heu versteckt (links). Im thermalen Infrarotbild werden ihre Verstecke schnell erkannt (Mitte). Die Technik wird bereits erfolgreich zur Rettung von Wildtieren eingesetzt (rechts Bild: DLR).

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die genannten Beispiele zeigen Möglichkeiten zum Einsatz von Methoden der Infrarotfernerkundung im Physikunterricht auf. Die zugrundeliegende Strahlungsphysik ist Inhalt vieler Curricula und fachlich von großer übergeordneter Bedeutung. Durch die Einbettung in den Kontext Satellitenfernerkundung können Bezüge zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler entstehen, wodurch das Lernen der teilweise abstrakten, der Erfahrungswelt unzugänglichen Theorien interessanter und bedeutsamer werden kann. Studien zum Physiklernen in Kontexten zeigen, dass die Einbettung der Fachinhalte in Lebensweltbezüge eine positive Wirkung auf affektive und kognitive Lernaspekte haben kann. Die Satellitenfernerkundung bietet viele Anknüpfungspunkte zu Alltagsaspekten und ist zudem überaus interdisziplinär. Sie eignet sich daher aus Sicht der Autorin und des Autors bestens für fächerverbindende naturwissenschaftliche Unterrichtsprojekte mit großem motivationalem und inhaltlichem Potential.

Tobias Schüttler Ludwig-Maximilians-Universität München &
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Simone Zepp Ludwig-Maximilians-Universität München &
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Literatur

- [1] Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin: Cornelsen.
- [2] Duit, R. (2010). Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht; Kontextorientierung, neue Lehr-Lern-Kultur; naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, moderne Physik und Technologie. Friedrich.
- [3] Jering, A., Klatt, A., Seven, J., Ehlers, K., Günther, J., Ostermeier, A., & Mönch, L. (2012). Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- [4] Mangold, K., Shaw, J. & Vollmer, M. (2013). The physics of near-infrared photography. European Journal of Physics 34 (2013), 51 – 71
- [5] Jones, J. & Vaughan, R. (2010). Remote Sensing of Vegetation. Oxford University Press, Oxford
- [6] <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook>
- [7] Albertz, J. (2001): Einführung in die Fernerkundung: Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. WBG, 2013.
- [8] <http://www.dlr.de/firebird>
- [9] Baehr, H. D. & Stephan, K (2010). Wärme- und Stoffübertragung. Springer, Berlin, Heidelberg
- [10] leoworks.terrasigna.com
- [11] www.sattec.org
- [12] Schüttler, T., Maman, S. & Girwidz, R. (2018). Physics teaching by infrared remote sensing of vegetation. Physics Education, 53(3).
- [13] <https://infragram.org>
- [14] Schüttler, T., Girwidz, R. & Zepp, S. (2017). Validierung von NDVI-Messungen mit einer modifizierten Digitalkamera–Fernerkundung von Vegetation als Thema des Physikunterrichts. PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(16), 81-90.
- [15] Molz, A., Kuhn, J. & Wilhelm, T. (2016). Das Unsichtbare sichtbar machen: Smartphones als Wärmebildkamera. Physik in unserer Zeit 47 (5), 255-256.

Wann ist das Sonnenlicht entstanden?

Leo Ludik

Es ist kein Geheimnis, dass das Licht von der Sonnenoberfläche bis zur Erde rund 8,3 Minuten benötigt. Dies lässt sich schnell ausrechnen, da die mittlere Entfernung von Sonne zu Erde 150 Millionen Kilometer ist und die Lichtgeschwindigkeit gerundet 300000 km/s beträgt. Diese Tatsache ist vielleicht nur dann interessant, wenn wir die Frage stellen, ob die Sonne „in diesem Moment“ scheint. Genau genommen kann man nämlich stets nur die Aussage treffen, wenn man Sonnenstrahlen sieht bzw. wenn es taghell ist, dass vor acht Minuten und 20 Sekunden die Sonne geschienen hat. Nun entsteht aber das Licht nicht an der Sonnenoberfläche, sondern ist das Produkt eines Kernfusionsprozesses im Inneren der Sonne. Wir fragen uns daher, wie lange braucht das Licht vom Sonneninneren bis an die Sonnenoberfläche? Eigentlich dürften es nur etwas mehr als zwei Sekunden sein, denn der Sonnenradius beträgt zirka 700 000 km. Allerdings kommen wegen der hohen Dichte die

entstandenen Gammaphotonen nicht sehr weit und treffen oft nach Bruchteilen von Sekunden auf Atomkerne. Hier werden sie absorbiert und in anderer Form wieder abgestrahlt. Dadurch verwandelt sich die Gammastrahlung in stets energieärmere Strahlung bis es, unter anderem, als sichtbares Licht von der Sonnenoberfläche abgestrahlt wird. Dieser Prozess dauert rund 170 000 Jahre. Die heute uns erreichenden Sonnenstrahlen haben ihren Ursprung in Kernfusionsprozessen, die vor rund 170 000 Jahren stattgefunden haben.

Leo Ludik *Physiklehrer an Gymnasien von 1971 bis 2010, Mitarbeiter im Bereich der Fachdidaktik für Physik an der JKU Linz von 1987 bis 2000 und derzeit Pädagogischer Berater des Science Centers Welios in Wels*

Verstrahltes Basilikum

Wie gefährlich sind Mikrowellen?

Thomas Schubatzky, Claudia Haagen-Schützenhöfer und Gerhard Rath

1. Einleitung

Es gibt Themen, auf die man als Physiklehrkraft im alltäglichen Leben eher selten angesprochen wird, andere Themenbereiche sind hingegen beinahe omnipräsent. Ein Paradebeispiel für ein heiß diskutiertes Thema stellt die (Nicht-) Gefährlichkeit von Strahlung dar, insbesondere wenn die Quelle dieser Handys oder Smartphones sind.

Die vermeintlichen Quellen schädlicher Strahlung sind hierbei unzählig: Unter den gängigen Quellen (Handystrahlung, Mikrowelle, WLAN) finden sich auch seltener genannte Beispiele wie Babyphone, Induktionsherde oder LED-Lampen. Dies spiegelt sich nicht zuletzt in einem ständig wachsenden und lukrativen Markt von Schutzeinrichtungen gegen Strahlung jeglicher Art wider. Von Handyaufklebern, die „Magnetfeldgradienten zu sanften Verläufen zerlegen“ [1] bis hin zu „Harmonisierern“ für Einfamilienhäuser, welche die elektromagnetische Strahlung angeblich durch Gleichrichtung, Beeinflussung der Phase oder Wechselwirkung mit Festkörpern unschädlich machen sollen, lässt sich alles finden. Die Wirkungsweise und Wirksamkeit dieser Geräte und Schutzeinrichtungen ist meist schleierhaft. Aus rechtlichen Gründen muss auf einigen Betreiberseiten sogar klargestellt werden, dass die Wirkungen nicht bestätigt werden konnten [2]. Betrachtet man aktuell vorliegende Studien und Daten (für eine Zusammenfassung siehe [3]), so ist es sehr unwahrscheinlich, dass Mobilfunk eine Gefahr darstellt; die Weltgesundheitsorganisation stuft Handystrahlung etwa gleich krebserregend ein wie Kaffee [3-4].

1.1 Handystrahlung und Mikrowellenherde

Betrachtet man Mobilfunk aus einer physikalischen Perspektive, so ist diese Einstufung der WHO auch nicht überraschend. Der aktuelle Mobilfunkstandard (4G) ist LTE, hierfür werden Frequenzen zwischen 800 und 2700 MHz verwendet. Das bedeutet, dass die Wellenlänge des Mobilfunks zwischen 11 und 38 cm liegt. Handystrahlung zählt somit zum Bereich der Dezimeterwellen, deren Wellenlängen zwischen 10 cm und einem Meter liegen können. Energetisch bewegen sich Dezimeterwellen im einstelligen μV -Bereich, also im Gebiet der nicht ionisierenden elektromagnetischen Strahlung. Strahlungsquellen dieser Kategorie sind neben dem Handy übrigens auch WLAN-Router, Bluetoothsender und -empfänger und Mikrowellenherde.

Dem zufolge ist Angst, dass Nahrungsmittel durch Ionisation während der Erhitzung im Mikrowellenherd gesundheits-

schädigend werden, ungerechtfertigt. Dies wird ersichtlich, wenn man die Funktionsweise von Mikrowellen-herden genauer betrachtet. Entgegen der verbreiteten Ansicht, dass die Frequenz eines Mikrowellenherds (2,455 GHz) einer besonderen Resonanzfrequenz von Wasser entspricht, bedingen stehende elektromagnetische Wellen in diesem Bereich lediglich eine Rotation der Wassermoleküle aufgrund ihrer elektrischen Dipoleigenschaft [5]. Fakt ist, dass im Mikrowellenherd erhitzte Speisen wie zum Beispiel Gemüse nach dem Garprozess oder Erwärmen zum Teil noch wesentlich mehr Nährstoffe enthalten können als konventionell gegarte bzw. aufgewärmte Speisen [6-9].

2. (Mikrowellen-) Strahlung im Physikunterricht

Das Thema (gefährliche) Strahlung ist somit ein gesellschaftlich höchst relevantes und allgegenwärtiges Thema und muss Einzug in den Physikunterricht finden. Eine wichtige Bildungsaufgabe des Physikunterrichts besteht demnach darin, sogenanntes „Halbwissen“ über Strahlung auszuräumen und die Schülerinnen und Schüler anzuleiten, sich selbständig einen Eindruck über die (Un-) Gefährlichkeit von Strahlung zu machen. Eine Schlüsselidee ist dabei, die verschiedenen Strahlungsarten richtig in das elektromagnetische Spektrum einordnen zu können, also insbesondere auch den umgangssprachlichen Ausdruck der Handystrahlung richtigerweise dem Bereich der Mikrowellen des elektromagnetischen Spektrums zuordnen zu können. Zum Thema Strahlung allgemein entstanden in den letzten Jahren auch einige konkrete Vorschläge für den Unterricht [10-13], welche sie teilweise in diesem Heft finden.

Halbwissen in Bezug auf gefährliche (Mikrowellen-) Strahlung zeigt sich unter anderem durch eine Reihe weit verbreiteter und sich hartnäckig haltender „Mythen“, wie zum Beispiel Basilikum vs. Mikrowelle. Diese vor allem im Internet verbreitete urbane Legende bezieht sich darauf, dass Basilikumsträucher, welche mit „Mikrowellen-behandeltem Wasser“ gegossen werden, innerhalb weniger Tage absterben (als Beispielfideos: [14] oder [15]). Dieser Mythos bietet sich an, im Physikunterricht als Experiment aufgegriffen zu werden. Einerseits um wissenschaftliche Arbeitsweisen mit Schülerinnen und Schülern zu besprechen, andererseits aber auch um Variablenkontrollstrategien zu diskutieren und zu trainieren. Diese Aspekte finden sich zudem im österreichischen Lehrplan der neuen Oberstufe wieder, wobei die in Kasten 1 beschriebenen Kompetenzen durch das in den folgenden

Kapiteln beschriebene Unterrichtsexperiment angesprochen werden.

Laut Lehrplan der neuen Oberstufe [16] sollen im ersten Semester der 7. Klasse elektromagnetische Wellen unterrichtet werden, weshalb das Experiment auch mit einer 7. Klasse eines Grazer Realgymnasiums durchgeführt wurde.

Experimentieren und Erkenntnisgewinnung

- Zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.
- Im Rahmen naturwissenschaftlicher Untersuchungen oder Experimente Daten aufnehmen und analysieren.

Standpunkte begründen und aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten

- Naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden.
- Informationen aus unterschiedlich verlässlichen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht und aus anderen Blickwinkeln reflektieren.
- Entscheidungskriterien für das eigene Handeln entwickeln und aus naturwissenschaftlicher Sicht überprüfen.

Kasten 1

3. Umsetzung des Basilikum-Experiments im Physikunterricht

Für die Durchführung des Experiments sind denkbar viele Varianten möglich. Bei der hier geschilderten Version wurden in einer ersten Durchführungsart zwei Basilikumsträucher bei demselben Gartenhandel gekauft, in einem zweiten Durchgang wurden zwei Schalen mit Kressesamen als Versuchsobjekte gewählt [3].

Inhaltlich lässt sich dieses Experiment gut nach der konzeptuellen Einführung von elektromagnetischer Strahlung und dem elektromagnetischen Spektrum verorten. Die Schülerinnen und Schüler sollten also bereits in der Lage sein, „Handystrahlung“ in den Bereich der Mikrowellen einzuordnen.

3.1 Grundlegende Vorüberlegungen und Experimentierdesign

In der ersten Unterrichtseinheit erfolgt eine Einführung in das Thema. Dazu eignen sich verschiedene Youtube-Videos [14] [15], welche die Vorgangsweise des Experiments schildern, aber auch einen gewissen Anteil an „Verschwörungstheorien“ beinhalten. In einem ersten Durchlauf analysieren die Schülerinnen und Schüler die Videos und fassen diese zusammen. Dabei soll vor allem darauf geachtet werden, welche Aspekte des Videos die Ergebnisse des Experiments unglaublich erscheinen lassen und welche Schwachpunkte beim experimentellen Design gefunden werden können. Einige Aspekte, die von Schülerseite bei der Erprobung dieses Konzepts aufgeworfen wurden, waren:

- Die Vorgehensweise der Experimente wurde nicht genau dokumentiert.
- Der Ausgang des Experiments wurde generalisiert und ohne Begründungen auf viele andere Fälle übertragen.
- Diverse andere (Verschwörungs-) Theorien, die im Video vorkamen, schmälerten die Glaubwürdigkeit und Objektivität der Versuchsleitung.
- Die Frage, ob das Absterben der Basilikumpflanze tatsächlich am mit „Mikrowellen behandelten“ Wasser lag, blieb ungeklärt.
- Im Video fanden sich keinerlei Quellenangaben zu den genannten Studien.

In einem zweiten Schritt analysierten die Schülerinnen und Schüler dieselben Videos noch einmal um herauszufiltern, welche Aspekte des Experiments für eine eigene Untersuchung beibehalten werden und welche Modifikationen vorgenommen werden sollen. Das Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, das Untersuchungsdesign so zu konfigurieren, dass im Sinne der Variablenkontrolle tatsächlich nur das gegossene Wasser variiert wird. Im Plenum ergaben sich dabei folgende Kriterien:

- In einer zweiwöchigen „Vorlaufzeit“ werden die beiden Pflanzen mit dem gleichen, nicht „verstrahlten“ Wasser gegossen, um abzuklären ob eine der beiden Basilikumsträucher bereits krank gekauft wurde.
- Die beiden Pflanzen müssen in gleichartigen Töpfen (Form, Material, Größe, etc.) aufbewahrt werden.
- Das Wasser für beide Pflanzen muss aus demselben Wasserhahn stammen.
- Die beiden Pflanzen müssen am gleichen Standort platziert werden, sodass beide gleich viel direkter/indirekter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.
- Das Gießwasser für den Versuchsstrauch wird in der Mikrowelle erhitzt, das Gießwasser für den „Kontroll-Strauch“ in einem konventionellen Kochtopf oder Wasserkocher.
- Das so erhitzte Wasser bleibt mindestens einen Tag stehen, um auf Zimmertemperatur abzukühlen.
- Das Gießwasser für beide Pflanzen muss separat, aber in gleichartigen Gefäßen (Material, Form, Größe) aufbewahrt werden.
- Beide Pflanzen müssen mit derselben Menge an Wasser gegossen werden. Das Experiment muss öfter wiederholt werden, um verlässliche Daten zu erhalten.

Anhand dieser Fülle an selbst erdachten Restriktionen sollte den Schülerinnen und Schülern klar werden, welcher enormer Aufwand betrieben werden muss, um schon bei einem einfachen Experiment wie diesem eine Variablenkontrollstrategie umzusetzen.



Abbildung 1: Basilikumpflanzen nach der "Vorlaufzeit"



Abbildung 2: Basilikumpflanzen nach einer Woche, links die Testpflanze



Abbildung 3: nach zwei Wochen, links die Testpflanze



Abbildung 4: Pflanzen nach 3 Wochen, Testpflanze links



Abbildung 5: Pflanzen nach einem Monat, Testpflanze links

In unserer Umsetzung wurden die Basilikumsträucher an einem festen Ort platziert. Innerhalb des sechswöchigen Experiments wurden die Positionen der Sträucher wöchentlich getauscht, um auch geringe Einflüsse aufgrund des Standorts zu minimieren. Für die Durchführung des Experiments wurden die Schülerinnen und Schüler in Dreiergruppen eingeteilt, welche die beiden Pflanzen zu einem festgelegten Tages- und Uhrzeitrhythmus mit der gleichen Menge Wasser gießen sollten.

3.2 Ergebnisse Experiment „Basilikum“

Die sechswöchige Durchführungsdauer wurde in zwei Phasen gegliedert. In der zweiwöchigen „Vorlaufzeit“ wurden beide Pflanzen mit dem gleichen Leitungswasser gegossen, um Vorerkrankungen oder ähnliches auszuschließen. In Abbildung 1 sind beide Basilikumsträucher inklusive der Gefäße für das Gießwasser nach der zweiwöchigen „Vorlaufzeit“ zu sehen. Die Abbildungen 2 bis 5 zeigen den Status des Experiments nach einer, zwei, drei und vier Wochen.

Auffallend ist dabei nicht nur, dass die Testpflanze sich ähnlich gut entwickelt hatte wie die Kontrollpflanze, sondern nach vier Wochen sogar buschiger und voller als der Kontrollstrauch war. Diese Einschätzung basierte auf einem Rating durch die beteiligten Schülerinnen und Schüler. Die Hypothese der Schülerinnen und Schüler, dass der nur mit „Mikrowellenwasser“ gegossene Basilikumstrauch optisch nicht wesentlich schlechter aussieht als der Kontrollstrauch konnte also bestätigt werden. Mit dem Ausgang, dass die „verstrahlte“ Pflanze sich besser entwickelt, hatten weder die Schülerinnen und Schüler noch -zugegebenermaßen- wir selbst gerechnet.

Nach dem Abschluss des Experiments sollten die Schülerinnen und Schüler noch einmal über den Verlauf und den Ausgang des Experiments reflektieren. Abschließend wurde die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Auswirkungen von in der Mikrowelle erhitzten Lebensmitteln oder Handystrahlung auf den menschlichen Körper diskutiert. Zudem wurde der Ausgang als Anregung für ein weiteres Experiment gesehen, welches im nächsten Abschnitt beschrieben wird.

3.3 Folgeexperiment mit Kressesamen

Um das Problem der Einzeldurchführung des Experiments aufzulösen, bietet sich eine alternative Version an: Anstatt das Verhalten von größeren Basilikumpflanzen über einen längeren Zeitraum hinweg zu beobachten, werden frisch ausgesäte Kressesamen beobachtet.

Der Vorteil dieser Variante liegt ganz klar darin, dass hier über 100 Testobjekte anstatt der zwei Basilikumpflanzen herangezogen werden können, außerdem sind Kressepflanzen während des gesamten Schuljahrs leicht zu besorgen und aufzuziehen. Zudem gilt Kresse als Bioindikator für diverse Umwelteinflüsse (z.B. Kresstest nach ISTA), vor allem für die Boden- und Wasserqualität.

Das Vorgehen gleicht dem Basilikumexperiment. Auch bei dieser Variante wurden gleichartige Gefäße verwendet. Als Alternative können anstatt der hier verwendeten Tontöpfe mit Blumenerde auch Watte pads verwendet werden. In beiden Gefäßen wurden gleichartige Kressesamen in der gleichen Menge ausgesät. In den folgenden Abbildungen 6 bis 9 wird der Wachstumsverlauf der Kressesamen dargestellt. Dabei wurden dieselben Variablen wie beim Basilikum-Experiment konstant gehalten. Die Kressesamen/pflanzen wurden täglich mit 50 ml Wasser gegossen, bei der Verwendung von Watte pads wäre eine kleinere Menge Wasser angebracht.



Abbildung 6: Tag 1: Aussaat der Kresse



Abbildung 7: Tag 3: Erste Keimlinge sind zu sehen



Abbildung 8: Tag 7: Beide Kressenpopulationen sind optisch nicht zu unterscheiden

Anhand der Abbildungen wird deutlich, dass sich auch bei diesem Experiment kein nennenswerter Unterschied in der Wachstumshöhe und -menge zwischen der mit „verstrahltem“ Wasser gegossenen Kresse und Kontrollkresse feststellen lässt. Mit Mikrowellen bestrahltes Wasser scheint also nicht

grundsätzlich kurz- bis mittelfristige Auswirkungen auf Pflanzen zu haben.

4. Fazit

Der Schluss, dass in Zukunft Pflanzen nur noch mit „Mikrowellenwasser“ gegossen werden sollten, wäre vermutlich zu weit gegriffen. Was sich bei diesen beiden Experimenten dennoch herausstellt ist, dass der Mythos des „Pflanzensterbens durch mit Mikrowellen bestrahltem Gießwasser“ doch nur ein Aberglaube bleibt. Es zeigten sich weder beim Basilikum noch bei der Kresse mit hoher Fallzahl negative Auswirkungen.

Ein direkter Vergleich Mikrowellenwasser – Basilikumpflanze gegenüber Handystrahlung – Mensch lässt sich natürlich nicht ziehen. Diese Experimente können aber durchaus einen gewissen Teil dazu beitragen, Lernende über die Gefährlichkeit von Strahlung in einem bestimmten Wellenlängen- und Energiebereich aufzuklären und Informationen zu diesem Thema kritisch zu betrachten. Die Schülerinnen und Schüler bezeichneten die kritische Auseinandersetzung mit Informationen aus dem Internet wie auch das Entwerfen und Planen des Experiments als besonders lehrreich und spannend. Dies zeigt, dass Schülerinnen und Schüler Aufgabenformate, die sich im Kompetenzbereich „Standpunkte begründen und aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten“ verorten lassen, interessant und ansprechend finden. Es ist hinlänglich bekannt, dass dieser Kompetenzbereich im Unterricht noch wenig berücksichtigt wird [17] [18]. Projekte wie dieses könnten einen Teil dazu beitragen, dies zu ändern.

4.1 Aufruf zur Mikrowellen-Datenbank

Sollten Sie, inspiriert durch diesen Artikel, auch Interesse daran haben dieses Experiment in ihrem Physikunterricht durchzuführen, laden wir Sie an dieser Stelle herzlich dazu ein mitzumachen. Dokumentieren Sie das an Ihrer Schule durchgeführte Experiment und übermitteln Sie uns das Ergebnis (in einem Word-File) per Email an thomas.schubatzky@uni-graz.at. Ziel ist es, eine „Mikrowellen-Datenbank“ anzulegen, anhand derer sich schließlich aufgrund der großen Stichprobe eventuelle weitere Rückschlüsse auf Studien zur Schädlichkeit von Mikrowellenstrahlung ziehen lassen.

Einen besonderen Dank möchten wir den Schülerinnen und Schülern der 7a des BRG Keplerstraße Graz (Schuljahr 2016/17) für die penible Planung und Durchführung des Experiments aussprechen.

Thomas Schubatzky Karl-Franzens-Universität Graz

Claudia Haagen-Schützenhöfer Karl-Franzens-Universität
Graz

Gerhard Rath Pädagogische Hochschule Steiermark &
BRG Keplerstraße Graz

Literatur

- [1] <https://www.waveex.at/de/studien-und-gutachten/>, zuletzt aufgerufen am 05.03.2019
- [2] <https://www.elektromoghilfe.com/>, zuletzt aufgerufen am 05.03.2019
- [3] Plotz, T. (2016) Handstrahlung: Wie gefährlich ist sie jetzt wirklich? Praxis der Naturwissenschaften Physik, 65/2, 37-39 [4] Spangl, Nagl, Schneider & Kaiser (2006) Herkunftsanalyse der PM10-Belastung in Österreich, Umweltbundesamt GmbH
- [4] WHO (2014) Electromagnetic fields and public health: mobile phones, Fact Sheet Number 193,
- [5] Gabriel, C.; Gabriel, S.; Grant, E. H. ; Grant, E.H.; Halstead, Ben; Mingo, D. (1998) Dielectric parameters relevant to microwave dielectric heating. Chemical Society Reviews, 27/3, 213-224
- [6] Gross, GA & Fungy, DY (1982) The effect of microwaves on nutrient value of foods. Critical reviews in food science and nutrition, 16/4, 355-381
- [7] Begum, S. & Brewer, M.S. (2001) Chemical, nutritive and sensory characteristics of tomatoes before and after conventional and microwave blanching and during frozen storage. Journal of food quality, 24/1, 1-15
- [8] Villanueva, M. O., Marquina, A. D., Vargas, E. F., & Abellán, G. B. (2000). Modification of vitamins B 1 and B 2 by culinary processes: traditional systems and microwaves. Food chemistry, 71/4, 417-421.
- [9] Natella, F., Belevi, F., Ramberti, A., & Scaccini, C. (2010). Microwave and traditional cooking methods: effect of cooking on antioxidant capacity and phenolic compounds content of seven vegetables. Journal of food biochemistry, 34/4, 796-810.
- [10] Haas, V.; Hollenthoner, F.; Schöfl, F.; Plotz, T. (2016) Infrarotstrahlung – SchülerInnen sehen „rot“. Praxis der Naturwissenschaften Physik, 65/2, 11-17
- [11] Neunteufel, C.; Handler, T.; Müllauer, Ch.; Rotsch, M.; Plotz, T. (2016) Röntgenstrahlung – Ein Werkzeug der medizinischen Diagnostik. Praxis der Naturwissenschaften Physik, 65/2, 18-23
- [12] Lieb, D.; Painsi, J.; Schwarz, K.; Zloklikovits, S.; Plotz, T. (2016) Unglaublich Vielseitig! Praxis der Naturwissenschaften Physik, 65/2, 24-32
- [13] Krutzler, T.; Petti, P.; Valda, A.; Plotz, T. (2016) Mikrowellen. Praxis der Naturwissenschaften Physik, 65/2, 33-36
- [14] <https://www.youtube.com/watch?v=iqyBWUUm8zA>, zuletzt aufgerufen am 05.03.2019
- [15] <https://www.youtube.com/watch?v=hYFvVf4mPnk>, zuletzt aufgerufen am 05.03.2019
- [16] Bundesministerium für Bildung (2017). Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, zuletzt aufgerufen am 05.03.2019
- [17] Joham, B. M., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). Umsetzung der Kompetenzorientierung in österreichischen Physikschulbüchern der Sekundarstufe I. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- [18] Renner, M. (2017) Physikaufgaben zur Bewertungskompetenz in der Sekundarstufe II, Diplomarbeit, Universität Graz

Strahlung konkret

Thomas Plotz und Sarah Zloklikovits

Da es für das Thema der elektromagnetischen Strahlung noch relativ wenig fachdidaktisch erprobtes Unterrichtsmaterial gibt, wurde am AECC Physik in den letzten Jahren intensiv daran gearbeitet, ebensolches zu erstellen. Auf den folgenden Seiten finden Sie exemplarische Materialien zu Röntgenstrahlung, UV-Strahlung, Infrarotstrahlung und Mikrowellenstrahlung.

1. Geschichte der Arbeiten

Bereits 2014 wurden erste Diplomarbeiten am AECC vergeben, welche die Frage untersuchen sollten, in welcher Art und Weise das Thema im Unterricht erarbeitet werden kann. Diese frühen Arbeiten hatten vor allem die Methode des Cross-Age Peer Tutoring im Fokus. Bereits in diesen ersten Arbeiten [1-3] zeigte sich, dass Strahlung in anschlussfähige Kontexte eingebettet werden kann.

Die Methode des Cross-Age Peer Tutoring ist sehr lernwirksam, allerdings bedeutet die Durchführung einen erheblichen organisatorischen Aufwand für die Lehrerinnen und Lehrer. In einem weiteren Entwicklungsschritt entstanden Arbeiten, welche versuchten, diesen doch recht aufwendigen methodischen Ansatz zu ersetzen. Diese Arbeiten verfolgten zudem das Ziel, Experimente zu den Strahlungsarten weiterzuentwickeln [4,5]. Dabei wurde bei der Arbeit von Haas auf den Bau einer einfachen Infrarotkamera gelegt. Bei der Arbeit von Zloklikovits wurden auch methodisch Erweiterungen vorgenommen. So wurden hier erstmals gestufte Hilfen und Concept Cartoons eingesetzt.

Der bislang letzte Entwicklungszyklus fokussiert bei der Entwicklung der Materialien auf das TAR-Prinzip (siehe dazu auch den Artikel "Elektromagnetische Strahlung unterrichten"). Diese letzte Generation [6-9] konnte das Material bereits auf einer stabilen didaktischen Grundlage entwickeln, die in Abschnitt 3 noch detaillierter dargestellt wird. Vor allem zieht sich in diesen Arbeiten schon das TAR-Prinzip durch.

In Summe wurden am AECC Physik neun Diplomarbeiten vergeben, die sich direkt mit dem Thema Materialentwicklung beschäftigten. Zusätzlich wurde in verschiedenen Seminaren Material entwickelt, welches noch nicht ausgereift ist. Insgesamt ist also in den letzten fünf Jahren eine Fülle an Ideen ausprobiert und umgesetzt worden. Einen kleinen Ausschnitt wollen wir hier präsentieren.

2. Fachdidaktische Grundlagen

Bei der Entwicklung der Materialien wurde auf verschiedenen fachdidaktischen Konzepte zurückgegriffen, welche sich

in der Forschung als erfolgreich gezeigt haben. Ziel war es, Unterrichtsmaterial zu entwickeln, welches von den Schülerinnen und Schülern als verständlich empfunden wird und zusätzlich lernwirksam ist.

Die primäre Leitlinie stellt dabei die Orientierung der Materialien an bekannten Schülervorstellung dar. Das bedeutet, dass die Materialien immer gezielt auf die Bearbeitung und Veränderung von Schülervorstellungen abzielen. Dies kann auf unterschiedliche Arten geschehen. So findet sich im Material zur Infrarotstrahlung ein einfaches Experiment, welches den Lernenden die Einsicht ermöglichen soll, dass Infrarotstrahlung nicht rot ist.

Ein zweiter wichtiger Punkt ist die Fokussierung auf die Lernenden. Bei allen entwickelten Materialien wurde darauf geachtet, dass die Lehrperson in einer beratenden bzw. coachenden Rolle agiert. Die Lernenden sollen am und mit dem Material ihr Wissen um den Lerngegenstand steigern. Dazu wurde in den Materialien ein möglichst einfacher und breiter Zugang gewählt, sodass alle Lernenden partizipieren können. Zusätzlich ermöglicht die Fokussierung auf die Lernenden, dass die Materialien relativ unabhängig von den Lehrerinnen und Lehrern und deren Wissensstand bzw. deren Vorlieben sind. Dadurch wird das Material auch für unterschiedliche Lehrkräfte und verschiedenste Schülergruppen einsetzbar.

Als dritte Leitlinie hat sich das TAR-Prinzip (Transmission-Absorption-Reflexion) in der letzten Entwicklungsstufe als dienlich erwiesen. Dieses Prinzip ermöglicht es den Lernenden, dass diese ihr Vorwissen im Bereich der sichtbaren Strahlung unmittelbar anwenden und einsetzen.

3. Methodische Grundlagen

Wie in Abschnitt 2 schon beschrieben, wurden verschiedene didaktische Grundprinzipien bei der Entwicklung beachtet. Zusätzlich wurde in den einzelnen Materialien methodisch ähnliche Herangehensweisen gewählt.

3.1 Predict–Observe–Explain–Methode

Eine erprobte und wirksame Möglichkeit, wie Experiment sinnvoll in den Unterricht eingebettet werden können, bietet die Predict–Observe–Explain–Methode (POE–Methode). Entwickelt wurde sie von White und Gunstone [10] und verläuft in drei aufeinanderfolgenden Schritten:

1) PREDICT: Was glaubst du wird passieren und warum?

Die Schülerinnen und Schüler werden mit einem Experimentaufbau konfrontiert und notieren ihre Gedanken und Erwartungen über den Ausgang des Experiments. Dabei greifen sie auf ihr bisheriges Wissen zu dem Thema zurück. Wichtig ist in diesem Schritt, dass die Schülerinnen und Schüler die Erwartung und die Begründung für ebendiese auch aufschreiben. Passiert dies nicht, werden oft nach dem Experiment die Vorhersagen geändert.

2) OBSERVE: Was konntest du beobachten? Was ist passiert?

Das Experiment wird entweder von der Lehrperson oder von den Lernenden durchgeführt. Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler ist das genaue Beobachten des Phänomens. Anschließend wird die Beobachtung wieder notiert.

3) EXPLAIN: Wie kannst du das erklären?

Im dritten Schritt haben die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe die Ergebnisse des Experiments mit den zuvor aufgestellten Vermutungen zu vergleichen und diese zu diskutieren. Zusätzlich wäre es wünschenswert den beobachteten Vorgang zu erklären und daraus entsprechende Schlüsse zu ziehen.

Grundsätzlich ist die Anwendung der Methode relativ problemfrei. Es sind jedoch einige wenige Punkte unbedingt zu beachten. Bei der Auswahl des Experiments sollte die Lehrperson darauf achten, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, echte Vorhersagen machen zu können. Offensichtliches Raten über mögliche Experimentierausgänge ist nicht sinnvoll. Weiter ist es wichtig, dass die Ergebnisse des Experiments so eindeutig wie möglich sind. Der Spielraum der Beobachtung sollte also so klein als möglich sein. Dieser Punkt ist deshalb so kritisch, da gut dokumentiert ist, dass Schülerinnen und Schüler oft bei Experimenten das sehen, was sie selbst erwarten, unabhängig vom tatsächlich Beobachtbaren [11].

Wendet man die POE-Methode nicht als Demonstrationsexperiment, sondern für Schülerexperimente an, so ist eine genaue Moderation bzw. eine gute Begleitung durch die Lehrperson unumgänglich. Die Gefahr, dass die Lernenden die Anweisungen ignorieren und „losexperimentieren“, ist hier hoch. Auch das Überspringen der Predict-Phase bzw. die fehlende Verschriftlichung sind hier Problemstellen. Es ist daher vorteilhaft, wenn die Schülerinnen und Schüler mit der POE-Methode vertraut sind und sie immer wieder darauf hingewiesen werden, dass die Reihenfolge der Schritte einzuhalten ist [12].

Grundsätzlich ist die Methode jedoch einfach durchzuführen und hilft den Schülerinnen und Schülern dabei, sich mit ihren eigenen Vorstellungen und Vorhersagen auseinanderzusetzen.

3.2 Concept Cartoons

Eine weitere Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler mit ihren Vorstellungen zu konfrontieren, bieten Concept Cartoons. Die von Naylor und Keogh [13] entwickelte Methode der Concept Cartoons präsentiert immer eine Gruppe von Menschen, die gemeinsam über alltägliche (naturwissenschaftliche) Phänomene und kontextorientierte Fragestellungen diskutieren. Thema ist dabei ein für Schülerinnen und Schüler subjektiv ansprechender Kontext in welchem eine übergeordnete Fragestellung besprochen wird. Mögliche Fragestellungen sind zum Beispiel: Was passiert mit einem Luftballon, wenn man ihn in den Gefrierschrank legt? Welcher Gegenstand kommt früher am Boden an, wenn beide von derselben Höhe fallen gelassen werden? Wann und warum rosten Nägel? Die Schülerinnen und Schüler können zur Klärung ihr Alltagswissen sowie die ihnen bereits bekannten naturwissenschaftlichen Konzepte nutzen (vgl. dazu auch [15]).

Die dargestellten Menschen nehmen dabei verschiedenen Standpunkte ein und bieten dafür Erklärungsversuche in Form von kurzen Statements an. Diese sind im Sinn eines Cartoons in Sprechblasen geschrieben und enthalten neben der wissenschaftlich korrekten Aussage auch gleichwertig erscheinende gängige Schülervorstellungen.

Ziel ist die intensive Auseinandersetzung mit den Aussagen der abgebildeten Menschen. Das Finden der korrekten Aussage ist nicht der primäre Fokus. Durch die grafische Darstellung und das Angebot von fertigen Statements wird es den Lernenden erleichtert, über die Fragestellung zu diskutieren, ohne ihre eigenen Vorstellungen in der Gruppe preiszugeben. Dies ist vor allem für zurückhaltende Schülerinnen und Schüler hilfreich.

Concept Cartoons sind im Unterricht vielfältig einsetzbar und sind einfach in der Handhabung. Oft genügt es die entsprechenden Statements in die vorhandenen Templates [14] einzufügen um einen fertiges Concept Cartoon zu erhalten. Ihre Einsatzmöglichkeiten sind im Unterricht vielfältig. Sie eignen sich für den Unterrichtseinstieg und dafür, Ideen und Vorstellungen der Lernenden sichtbar zu machen. Sie können alternative Sichtweisen darstellen und laden die Lernenden dazu ein, diese auch zu beurteilen - außerdem bieten sie Gesprächsanlässe für Experimente.

Das Unterrichtswerkzeug funktioniert in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit. Der Einsatz im Plenum ist etwas schwieriger, aber möglich. Der Vorteil von Kleingruppen ist jedoch, dass in einem kleineren Rahmen schneller ein kommunikativer Diskurs entsteht und die Lernenden eher bereit sind ihre Vorstellungen mit anderen zu teilen [15].

3.3 Gestufte Lernhilfen

Gestufte Lernhilfen haben das Potential, bei lernerzentriertem Unterricht als große Erleichterung für die Schülerinnen und Schüler zu wirken. Die Lernhilfen kommen immer dann

zum Einsatz, wenn das zu lösende Problem in mehreren Schritten lösbar ist [16]. Die zugrundeliegende Fragestellung sollte zudem von den Lernenden als sinnvoll und realitätsnah empfunden werden. Die Gestaltung der Lernhilfen ist dabei so vorzunehmen, dass die Lernenden nicht sofort die Lösung präsentiert bekommen, sondern zunächst zu Handlungen und Überlegungen aufgefordert werden, die der Lösung dienlich sind. Meist repräsentieren diese Überlegungen und Aufforderungen bereits Teile der Problemlösung [17].

In einer ersten Variante können die Lernhilfen so gestaltet sein, dass die Hinweise sich in gefalteten Zetteln bzw. in Kuverts befinden. Zloklikovits hat diese einfache Art weiterentwickelt und vor allem für Concept Cartoons erweitert (siehe Abbildung 1). Die Stufung der Lernhilfen gibt den Lernenden die Möglichkeit, zielgenau jene Informationen als Hilfen zu bekommen, die es ihnen ermöglichen die Problemstellung am Ende selbst zu lösen. Nach Wodzinski [18] können die Hinweise folgendermaßen aussehen: der erste Hinweis erfüllt die Aufgabe der Reformulierung. Die Lernenden sollen die Aufgabenstellung in eigenen Worten wiedergeben. Meist folgt darauf ein Hinweis der prozedurale Charakter hat: „Wo bist du im Prozess des Problemlösens?“, „Was weißt du sicher?“ und ähnliche Fragen. Die restlichen Hinweise können entweder das Vorwissen weiter aktivieren oder bereits eine Verifizierung darstellen. Am Ende steht meist eine, je nach Aufgabe, mögliche Musterlösung.

Wichtig ist, dass alle Tipps darauf abzielen, dass die Lernenden möglichst miteinander ins Gespräch kommen und so gemeinsam das Ziel erreichen.

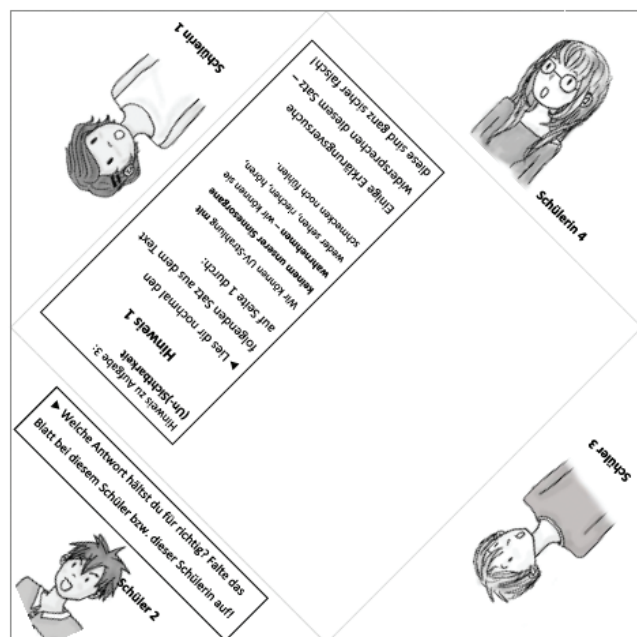


Abbildung 1: Gestufte Lernhilfen bei Concept Cartoons [5]

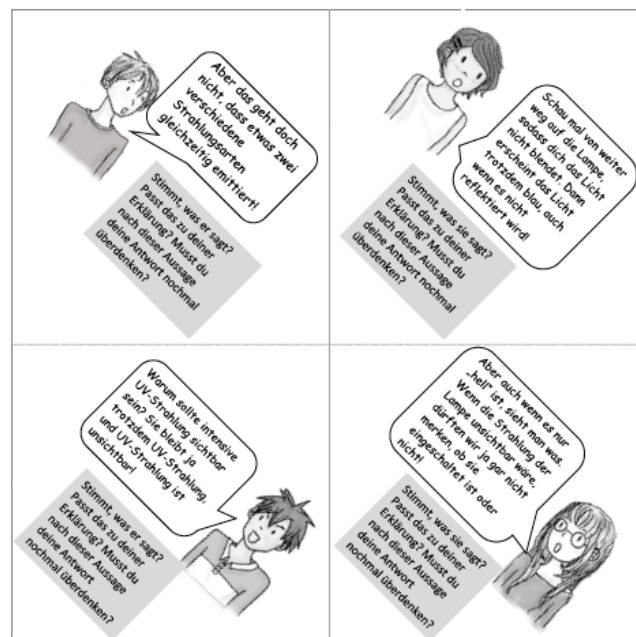
4. Wie wurde das evaluiert

Bei allen Arbeiten wurde darauf Wert gelegt, dass die Materialien evaluiert werden. Dabei lag der Fokus immer auf der „Durchführbarkeit“ der Einheiten einerseits und der „Verständlichkeit“ der Materialien andererseits. Die Lernwirksamkeit der Materialien konnte in den Arbeiten nur eingeschränkt überprüft werden, da ein dafür nötiger valider Test noch nicht vorliegt. Dennoch war es möglich zumindest Hinweise auf eine entsprechende Wirksamkeit zu bekommen. Grundsätzlich wurde bei der Entwicklung in einem frühen Stadium mit einzelnen Schülerinnen und Schülern gearbeitet. Diese wurden einzeln mit dem Material in Berührung gebracht und dabei aufgefordert, beim Bearbeiten mitzusprechen („Think-Aloud“). So wurden Stolperstellen und Unverständlichkeiten im Material schnell erkannt und konnten vor der Testung mit ganzen Klassen ausgebessert und verändert werden.

Oftmals wurden nach der Testung des Materials in Klassen auch noch Interviews mit einzelnen Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Diese dienten einer weiteren Bestätigung der Beobachtungen.

5. Zusammenfassung und Vergleich der Strahlungsarten

Das auf den folgenden Seiten vorgestellte Material wurde bei verschiedensten Gelegenheiten in Klassen eingesetzt und wird von Schülerinnen und Schülern gut bearbeitet. Momentan haben die Materialien nur einen losen Zusammenhang, sodass es sinnvoll ist, am Ende des Einsatzes einen Vergleich der



Strahlung konkret: Röntgenstrahlung

Diese Unterrichtssequenz umfasst vier Aufgaben für die 8. Schulstufe [1]. Im Zentrum steht die Röntgenuntersuchung: Durch ein Modellexperiment wird, eingekleidet in einen interessanten medizinischen Kontext, die Transmission, Absorption und Reflexion von Röntgenstrahlung an Materie erarbeitet. Durch die Verwendung einer Lernmappe und Wissensarchiven [2] können die Schülerinnen und Schüler diese Unterrichtssequenz weitestgehend selbstständig bearbeiten. Das Unterrichtsmaterial wurde mehrmals im Unterricht erprobt und überarbeitet.


Copyright: via parabay

Beschreibung

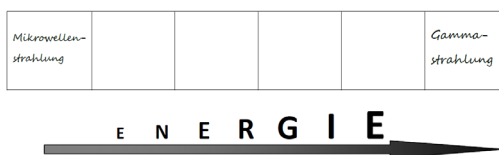
Die Unterrichtssequenz hat zum Ziel, die Schülerinnen und Schüler zu „Röntgenmeister“ zu bilden. In der sogenannten „Röntgenmeisterkarte“ können die Lernenden ihre Fortschritte eintragen.

Aufgabe 1

Mit Hilfe von Charakterkarten werden die verschiedenen Strahlungsarten und deren Eigenschaften erarbeitet. Die Informationen finden die Schülerinnen und Schüler in sogenannten Wissensarchiven.

Aufgabe 2

Die Ordnung im Spektrum wird anhand der Energie eingeführt. Die Gefährlichkeit von Strahlung wird über Energie erklärt – je höher die Energie, desto gefährlicher ist die Strahlung.

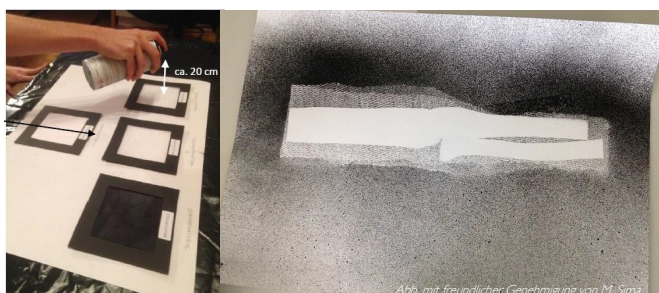

Abb. mit freundlicher Genehmigung von M. Sima

Aufgabe 3

Herzstück der Unterrichtssequenz ist ein Modellexperiment zur Röntgenstrahlung. In einer vorbereitenden Übung werden verschiedene Materialien mit Netzstruktur mit schwarzem Farbspray besprüht. Es wird erarbeitet, dass die verschiedenen Materialien das Spray unterschiedlich gut durchlassen – der Rest wird vom Material absorbiert.

Aufgabe 4

Die Erfahrungen aus dem Sprayexperiment werden verwendet, um eine Röntgenuntersuchung zu erklären. Schwerpunkt liegt dabei auf Transmission, Reflexion und Absorption der Strahlung durch Knochen und dem umliegenden Gewebe. Zusätzlich können die verschiedenen Materialien verwendet werden, um einen Knochen nachzubilden (hier abgebildet: ein Ellbogen)


Abb. mit freundlicher Genehmigung von M. Sima

Tipps & Hinweise

Aufgabe 1 & 2 können allgemein zur Einführung elektromagnetischer Strahlung verwendet werden!

Das Spektrum kann auch vertikal dargestellt werden, um die steigende Energie deutlicher zu machen.

Stellen Sie die Bereiche nicht alle gleich groß, sondern im richtigen Verhältnis dar—so wird z.B. deutlich, dass wir nur einen kleinen Teil des Spektrums sehen können!

Viele Schülerinnen und Schüler glauben, dass ein Röntgenbild zustande kommt, weil die Knochen die Röntgenstrahlung reflektieren. Mit diesem Modellexperiment soll erarbeitet werden, dass es an der Absorption liegt.

Für diese Netzquadrate wurden haushaltsübliche Materialien wie Feinstrumpfhosen und Fliegengitter verwendet. Als Spray eignen sich z.B. ein schwarzes Kreidespray.

Die Handhabung des Sprays muss vorher geübt werden!

Onlinere Ressourcen

Alle Materialien finden Sie im Zeitschriftenarchiv auf www.pluslucis.org/Zeitschrift.html

Zum Weiterlesen

- [1] Sima, M. (2017). Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Röntgenstrahlung (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.
- [2] Leisen, J. (2016). Handbuch Fortbildung "Sprachsensibel unterrichten": Buch + Online-Angebot. Stuttgart: Klett.

Strahlung konkret: UV-Strahlung

Die folgende Unterrichtssequenz zum Thema UV-Strahlung ist für eine Partnerarbeit in der 8. Schulstufe konzipiert [1]. Zum Experimentieren kommen UV-Taschenlampen und Perlen, die sich bei Bestrahlung mit UV-Strahlung verfärben, zum Einsatz. Die Schülerinnen und Schüler erhalten dazu eine Box mit allen benötigten Materialien. Zu jeder Aufgabe gibt es eine gestufte Lernhilfe, die beim Arbeiten unterstützen soll. Insgesamt wird dadurch ein hohes Maß an Eigenständigkeit und Selbstverantwortung erreicht.

Tipps & Hinweise

Im Text wird zur Charakterisierung von Strahlung die Wellenlänge verwendet. Eine andere Möglichkeit besteht darin, Strahlung über Energie zu charakterisieren. Anregungen zur Einführung mittels Energie finden Sie beim Material zur Röntgenstrahlung.

Meist kennen Schülerinnen und Schüler nur eine einzige UV-Quelle – die Sonne!

UV-Strahlung ist nicht blau! Machen Sie im Unterricht klar, dass nur Licht sichtbar ist, und dass die meisten Quellen mehrere Strahlungsarten gleichzeitig emittieren.

Beschreibung

Aufgabe 1

Elektromagnetische Strahlung wird in einem Informationstext eingeführt. Die Schülerinnen und Schüler sollen anschließend selbst einen Merksatz formulieren. Sollte Strahlung als generelles Thema eingeführt wird, ist diese Aufgabe obsolet.

Aufgabe 2

Auf Kärtchen sind verschiedene Objekte dargestellt. Die Schülerinnen und Schüler müssen herausfinden, welche davon UV-Strahlung emittieren. Sie sollen dabei verschiedene Quellen für UV-Strahlung kennenlernen.



Aufgabe 3

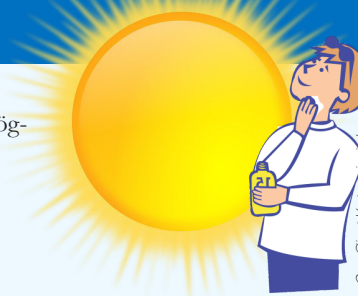
In Form eines Concept Cartoons wird die (Un-)Sichtbarkeit von UV-Strahlung thematisiert. Dies ist eine vorbereitende Übung für das spätere Experimentieren mit UV-Lampen, da diese gleichzeitig UV-Strahlung und blaues Licht emittieren, was zu Verwirrungen führen kann.

Aufgaben 4

Bei dieser Aufgabe lernen die Schülerinnen und Schüler verschiedene Anwendungen und Wirkungen von UV-Strahlung kennen. Sie sollen diese eigenständig kategorisieren. Die Abbildung zeigt die Lösung einer Schülerin.

Lebensnotwendig oder gut für den Körper		Belastung der Augen		Haut	Verwendung und Behandlung
Verbesserung des Blutkreislaufes UV-Strahlung kann einen positiven Effekt auf das Herz-Kreislaufsystem haben.		Augenentzündungen Sind die Augen starker UV-Belastung ausgesetzt, können sie sich entzünden. Das kann z.B. im Solarium oder beim Skifahren passieren!		Sonnenbrand Ist man zu viel UV-Strahlung ausgesetzt, wird die Haut rot und beginnt zu schmerzen. Diese Reaktion der Haut nennt man "Sonnenbrand".	Behandlung von Hautkrankheiten Eine spezielle UV-Therapie kann z.B. gegen Neurodermitis helfen.
Vitamin D UV-Strahlung startet die Erzeugung von Vitamin D. Dazu reichen 15-20 min pro Tag in der Sonne. Es ist wichtig für unsere Knochen.		Linsentrübung (grauer Star) UV-Strahlung kann die Erkrankung am Grauen Star begünstigen – das ist eine Trübung der Linse, die auch zu Blindheit führen kann.		Bräune UV-Strahlung ist dafür verantwortlich, wenn Haut nach einem Sonnenbad braun wird. Das ist aber ein Zeichen dafür, dass die Haut durch die Strahlung beschädigt wurde!	Desinfektion Man kann UV-Strahlung auch zur Desinfektion von Laboren oder Fischpumpen verwenden. Sie wird dort so eingesetzt, dass sie Viren und Bakterien abtötet. UV-Strahlung wird z.B. auch bei der Desinfektion des Wiener Leitungswassers benutzt.
Glücksgefühl UV-Strahlung kann die Bildung von Glückshormonen („Endorphinen“) anregen. Das kann die Stimmung bessern!				Hautkrebs Zu viel UV-Strahlung kann Hautkrebs verursachen.	Fluoreszenz Es gibt Materialien, die zu leuchten beginnen, wenn man sie mit UV bestrahlt. Diesen Effekt nennt man Fluoreszenz. Auch Leuchtstoffe sind fluoreszierend. Probieren es auch – schreibe etwas mit Leuchtstoff und beleuchte es mit der UV-Lampe!
				Hautalterung Ist man viel UV-Strahlung ausgesetzt, wird die Haut früher dünner, fältig und bekommt Flecken.	

Ziel ist, dass die Schülerinnen und Schüler Gefahren und Nutzen sowie Anwendungsmöglichkeiten von UV-Strahlung kennen. Sie sollen verschiedene Quellen nennen und über adäquate Schutzmöglichkeiten Bescheid wissen. Auch das Thema Sonnenschutz ist Teil dieser Unterrichtssequenz, um mit typischen Fehlvorstellungen aufzuräumen.



Aufgabe 5

Bei dieser Aufgabe kommen die erarbeiteten Informationen aus Aufgabe 4 zum Einsatz: Die Schülerinnen und Schüler wird der Vorschlag präsentiert, die Erde mit einem UV-Schutzschild auszustatten. Sie müssen bewerten, ob dies eine sinnvolle Idee ist. Dazu müssen sie die daraus resultierenden Folgen abschätzen.

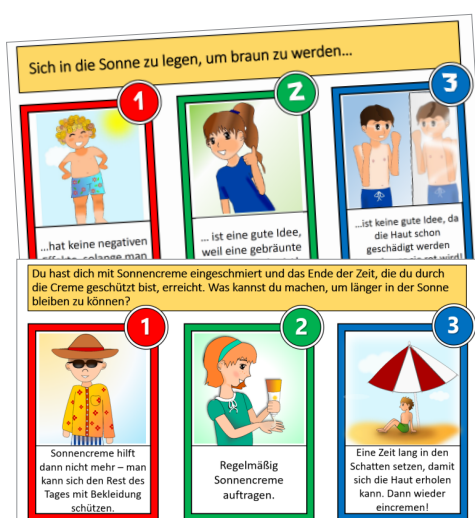
Aufgabe 6

Anhand von einfachen Versuchen finden die Schülerinnen und Schüler heraus, welche Materialien vor UV-Strahlung schützen. Dazu werden UV-Taschenlampen und Perlen, die sich bei UV-Bestrahlung verfärben, verwendet.



UV-Lampen und Perlen sind sehr kostengünstig, und können z.B. im Onlinehandel erworben werden.

Achten Sie darauf, dass die Schülerinnen und Schüler nicht anhand des blauen Lichts die Transmission von UV-Strahlung beurteilen. Erinnern Sie sie daran, dass UV-Strahlung nicht sichtbar ist!



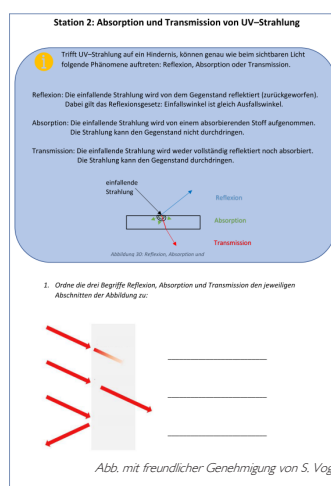
Aufgabe 7 ist ein Quiz zum Thema Sonnenschutz, bei dem typische Misskonzepte aufgeklärt werden. Das Quiz wird von der Lehrperson angeleitet. Die Schülerinnen und Schüler müssen mit farbigen Kärtchen zeigen, welche Antwort sie für richtig halten—anschließend wird die Frage aufgeklärt.



Oftmals ist nur die Sonnencreme als Schutzmittel bekannt. Schülerinnen und Schülern ist oft nicht bewusst, dass Sonnenschäden auch langfristige Wirkungen haben können; die Bräunung der Haut wird oft als „rein kosmetischer Effekt“ wahrgenommen. [2]

Aufgabe zum TAR-Prinzip

Die oben beschriebene Unterrichtssequenz kann durch eine Aufgabe zur Absorption und Transmission von UV-Strahlung ergänzt werden [3]. Dabei werden die Begriffe Reflexion, Absorption und Transmission eingeführt und anschließend im Zuge eines Experiments verschiedene Materialien auf ihre Durchlässigkeit für UV-Strahlung untersucht.



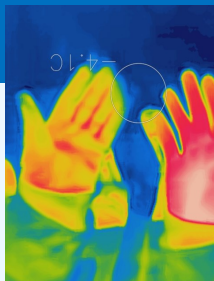
Die nebenstehende Aufgabe kann Aufgabe 6 der beschriebenen Unterrichtssequenz ersetzen.

Zum Weiterlesen

- [1] Zloklikovits, S. (2016). Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema UV-Strahlung (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.
 [2] Langer, S. (2015). Schülervorstellungen zur UV-Strahlung (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.
 [3] Vogt, S. (2018). Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Ultraviolettstrahlung (UV-Strahlung) (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.

Onlinere Ressourcen

Alle Materialien finden Sie im Zeitschriftenarchiv auf www.pluslucis.org/Zeitschrift.html



Strahlung konkret: Infrarotstrahlung

Die Sequenz für die Infrarotstrahlung wurde als Stationenbetrieb für die 8. Schulstufe entwickelt [1]. Im Gegensatz zur Mikrowellenstrahlung ist der experimentelle Anteil nicht ganz so hoch und vor allem die erste Station ist eher theoretisch zu lösen. Sollten die Lernenden bei den Stationen Schwierigkeiten haben, so können Tipps zur Verfügung gestellt werden. Die Stationen können in beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden.

Tipps & Hinweise

Es bietet sich in dieser Sequenz an, dass die Arbeitsblätter bei den Stationen liegen und die Lernenden diese dort abholen müssen. Dies führt zu einem klaren Ablauf und erleichtert das Classroommanagement.

Wichtig ist hierbei, dass die Lernenden tatsächlich die einzelnen Schritte nacheinander und schriftlich durchführen.

Beschreibung

Station 1

Bei dieser Station lernen die Schülerinnen und Schüler das elektromagnetische Spektrum kennen. Dabei wird vor allem auf die Infrarotstrahlung fokussiert und deren Position im Spektrum thematisiert. Mittels Cartoon soll hier verdeutlicht werden, dass Infrarotstrahlung nicht sichtbar ist. Die Komplexität der Aufgaben bei dieser Station ist gering und die Lernenden sollten keine Probleme haben das Arbeitsblatt selbstständig zu bearbeiten.

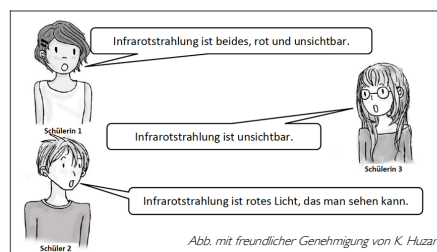


Abb. mit freundlicher Genehmigung von K. Huzar

Station 2

Ziel der zweiten Station ist es mit Hilfe eines einfachen Experiments herauszufinden, welche Materialien Infrarotstrahlung transmittieren. Zusätzlich bearbeitet diese Station die Schülervorstellung, dass Infrarotstrahlung rot ist. Methodisch wird nach der Predict-Observe-Explain Methode vorgegangen.

Station 3

Bei dieser Station soll den Lernenden gezeigt werden, welche Materialien reflektieren und welche transmittieren, und dass diese Eigenschaften von der Strahlungsart abhängen. Sollte in der Schule eine Infrarotkamera vorhanden sein ist diese Station natürlich auch mit authentischen Bildern zu bearbeiten. Dennoch sollten auch anhand der Abbildung auf dem Arbeitsblatt die Lernenden in der Lage sein zu erkennen, welches Material Infrarotstrahlung reflektiert.

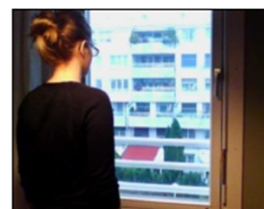


Abb. mit freundlicher Genehmigung von K. Huzar

Bauen Sie sich Ihre eigene Infrarotbox!

Durch Entfernen des Infrarotfilters einer Webcam kann kostengünstig eine Möglichkeit zur Detektion von Infrarotstrahlung realisiert werden. Mit der „Infrarotbox“ [2] lässt sich die Funktionsweise eines Nachtsichtgeräts demonstrieren. Außerdem kann gezeigt werden, dass ein erhitzter Draht im Infrarotbereich zu leuchten beginnt, bevor man das Glühen mit einer normalen Kamera sehen kann.

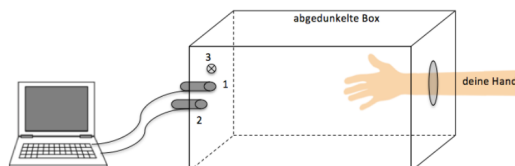


Abb. mit freundlicher Genehmigung von V. Haas

Onlinere Ressourcen

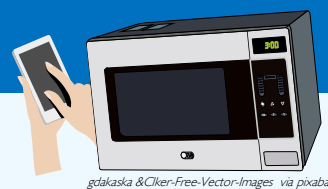
Alle Materialien Sie im Zeitschriftenarchiv auf www.pluslucis.org/Zeitschrift.html

Zum Weiterlesen

[1] Huzar, K. (2017). Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Infrarotstrahlung für die Sekundarstufe I (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.

[2] Haas, V. (2016). SchülerInnen sehen "rot": Entwicklung und Evaluierung einer Unterrichtssequenz zum Thema Infrarotstrahlung (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.

Strahlung konkret: Mikrowellenstrahlung



Die Sequenz wurde für die achte Schulstufe entwickelt und auch in dieser getestet [1]. Die Sequenz besteht aus drei verschiedenen Forschungsstationen, die von den Schülerinnen und Schülern durchlaufen werden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Stationen möglichst unabhängig zu bearbeiten sind. Die Lernenden erhalten ein Arbeitskriptum, in welchem Sie sowohl die Aufgaben als auch Platz zum Bearbeiten dieser finden. Um die Lehrkraft zu entlasten wurden zusätzlich gestufte Hilfen zu den einzelnen Stationen entwickelt. Wichtig ist, dass zumindest eine Mikrowelle vorhanden ist, was aber in der Schule durchaus machbar scheint.

Beschreibung

Forschungsstation 1

Das Lernziel dieser Station ist die experimentelle Bestimmung der Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung mit Hilfe von Schokolade. Dabei werden die Lernenden im Arbeitskriptum recht kleinschrittig begleitet. Der Versuch bedarf etwas Erfahrung und es ist sinnvoll als Lehrperson anwesend zu sein. Vor allem besteht die Gefahr, dass die Schokolade zu lange in der Mikrowelle ist und nicht schmilzt, sondern verbrennt.

Forschungsstation 1 – Wellenlänge



Wie du aus dem Text zu elektromagnetischer Strahlung weißt, wird Mikrowellenstrahlung zur Erwärmung von Lebensmitteln im Mikrowellenofen eingesetzt. Die erzeugten Mikrowellen besitzen eine bestimmte **Wellenlänge λ** , die du ermitteln wirst.

Material:	Mikrowellenofen, Schokolade, Teller, Küchenrolle, Stoppuhr, Lineal
Anleitung:	Packe die Schokolade aus der Folie aus und lege das ganze Stück auf ein Blatt Küchenrollen-Papier in die Mitte des Tellers. Achte darauf, dass du die Schokolade mit der glatten Seite nach oben platzierst. Stelle den Teller in den Mikrowellenofen und schalte diesen bei 600 W für 45 Sekunden ein. Miss die Zeit mit einer Stoppuhr! Nimm den Teller aus dem Mikrowellenofen – Achtung heiß! – und miss mit dem Lineal den Abstand zwischen den geschmolzenen Bereichen („Hot Spots“) auf der Schokolade. Notiere dir den Wert.



Gemessener Wert: _____ cm

Überlege wie du aus deiner Messung die Wellenlänge der Mikrowellen ermitteln kannst und schreibe den Wert der Wellenlänge λ auf:

Abb. mit freundlicher Genehmigung von E. Friesenbichler

Forschungsstation 2

Diese Station soll vor allem den Lernenden ermöglichen, eine Unterscheidung zwischen Materialien zu geben, die Mikrowellen transmittieren und jenen, die dies nicht tun. Die Umsetzung erfolgt mittels Mobiltelefonen, die von den Lernenden selbst zur Verfügung gestellt werden. Diese werden mit unterschiedlichen Materialien umwickelt und anschließend getestet, ob das Handy noch via Anruf erreichbar ist.

Forschungsstation 3

Wie schon an der Station 2 wird auch hier die Transmission der Strahlung untersucht. Dabei wird jedoch das relativ unempfindliche Instrument des Wassers verwendet, indem zwei Gläser mit Wasser, eines davon mit Alufolie umwickelt, in die Mikrowelle gestellt und anschließend die Temperaturen verglichen werden. Der Vorteil liegt in der einfachen Handhabung und der eindeutigeren Datenerhebung

Forschungsstation 3 – Mikrowellenstrahlung

Der Mikrowellenofen wird in Alltag genutzt, um Lebensmittel zu erwärmen. Durch ein einfaches Beispiel – von Vögeln – werden Mikrowellen erzeugt, die sich im Inneren ausbreiten. Mit diesem Forschungsraum führt das folgende Versuch zu den Eigenschaften von Mikrowellenstrahlung durch.

Material:	Mikrowellenofen, zwei Gläser, Wasser, Alufolie, Thermometer, Stoppuhr
Anleitung:	Fülle beide Gläser halb mit Wasser und miss die Anfangstemperaturen. Notiere dir die Werte. Umhülle ein Glas vollständig mit Alufolie. Achte darauf, dass keine Kanten entstehen und die Oberfläche glatt bleibt. Stecke dafür die Alufolie so dicht wie möglich an das Glas. Stelle beide Gläser für 45 Sekunden bei höchster Stufe in den Mikrowellenofen. Stoppe die Zeit. Nimm beide Gläser aus dem Mikrowellenofen – Achtung heiß! – und miss die Endtemperaturen des Wassers beider Gläser. Notiere dir die Werte! Vergleiche vor Wechsel der Station noch darauf, das Wasser in den Gläsern wieder auskühlt!



Versuche gemeinsam mit deinem Forschungsraum eine Begründung für den Ausgang des Experiments zu formulieren.

Abb. mit freundlicher Genehmigung von E. Friesenbichler



Zu den drei Hauptstationen sind zwei **Zusatzaufgaben** sowie eine **Einleitungsaufgabe** im Arbeitskriptum. Dies ermöglicht guten Schülerinnen und Schülern über die Kernstationen hinaus einen vertieften Einblick in die Materie.

Tipps & Hinweise

Es macht sich bezahlt, die Mikrowelle zunächst zu testen und vor allem die Leistung klein zu halten.

Da Mobiltelefone natürlich darauf ausgelegt sind, möglichst gut Mikrowellen zu empfangen, muss sehr genau darauf geachtet werden, dass diese von allen Seiten lückenlos vom Material umgeben sind.

Es ist beim Umhüllen des Glases mit der Alufolie darauf zu achten, dass diese eine relativ glatte Oberfläche nach außen bildet. Bei Spitzen könnten es zu Überspannung und Funkenbildung kommen.

Zum Weiterlesen

[1] Friesenbichler, E. (2018). Entwicklung von Unterrichtsmaterial zum Thema Mikrowellenstrahlung mit dem Fokus auf Gefahren und Nutzen (Diplomarbeit). Universität Wien, Wien.

Onlinere Ressourcen

Alle Materialien finden Sie im Zeitschriftenarchiv auf www.pluslucis.org/Zeitschrift.html

Strahlungsarten zu machen. Dies ist sowohl als Vortrag als auch von den Lernenden selbst möglich, wobei letzteres zu favorisieren ist. Die Lernenden sollen dafür Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Strahlungsarten herausarbeiten und haben so die Möglichkeit, das Gelernte nochmals zu reflektieren.

Die Materialien können auf der Homepage von Plus Lucis heruntergeladen werden. Es wäre schön, wenn Sie diese in einer ihrer Physikklassen auch einmal ausprobieren würden!

Thomas Plotz Universität Wien, AECC Physik

Sarah Zloklikovits Universität Wien, AECC Physik

Literatur

- [1] Neunteufel C., Die Wirkungsweise von CAPT bei Röntgenstrahlung. 2017, Diplomarbeit, Universität Wien
- [2] Schöfl, F., Die Wirkungsweise von CAPT bei Infrarotstrahlung. 2016, Diplomarbeit, Universität Wien
- [3] Schwarz K., Die Wirkungsweise von CAPT bei UV-Strahlung. 2015, Diplomarbeit, Universität Wien
- [4] Haas, V., SchülerInnen sehen ‚rot‘ – Entwicklung und Evaluierung einer Unterrichtssequenz zum Thema Infrarotstrahlung. 2016, Diplomarbeit, Universität Wien
- [5] Zloklikovits S., Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema UV-Strahlung. 2016, Diplomarbeit, Universität Wien
- [6] Friesenbichler E., Entwicklung von Unterrichtsmaterial zum Thema Mikrowellenstrahlung mit dem Fokus auf Gefahren und Nutzen. 2018, Diplomarbeit, Universität Wien
- [7] Huzar K., Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Infrarotstrahlung für die Sekundarstufe I. 2017, Diplomarbeit, Universität Wien
- [8] Sima M., Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Röntgenstrahlung. 2017, Diplomarbeit, Universität Wien
- [9] Vogt S., Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Ultraviolettstrahlung (UV-Strahlung). 2018, Diplomarbeit, Universität Wien
- [10] White, R. und R. Gunstone, Probing Understanding. 1992, London, New York: RoutledgeFalmer.
- [11] Duit, R., Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 1993(16): p. 4–10.
- [12] Dalziel, J., Practical eteaching strategies for predict - observe - explain problem-based learning and role plays. 2010, Macquarie University, N.S.W : LAMS International.
- [13] Keogh, B. und S. Naylor, Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. International Journal of Science Education, 1999, 21(4): p. 431-446.
- [14] https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb7/1_hetero/3_assessment/2_cartoon/2_vor/
- [15] Steinger, R., Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht: Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit, in AECC Chemie. 2016, Wien: Wien.
- [16] Hänze, M., F. Schmidt-Weigand, und L. Stäudel, Gestufte Lernhilfen, in Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen. Weinheim. 2010. p. 63-73.
- [17] Franke-Braun, G., et al., Aufgaben mit gestuften Lernhilfen – ein besonderes Aufgabenformat zur kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und zur Intensivierung der sachbezogenen Kommunikation. Lernumgebungen auf dem Prüfstand. Zwischenergebnisse aus den Forschungsprojekten, 2008: p. 27-42.
- [18] Wodzinski, R., Lernen mit gestuften Hilfen: Gestufte Lernhilfen fördern selbstständiges Lernen und lassen individuelle Lernwege zu. Physik Journal, 2013. 12(3): p. 45-49.

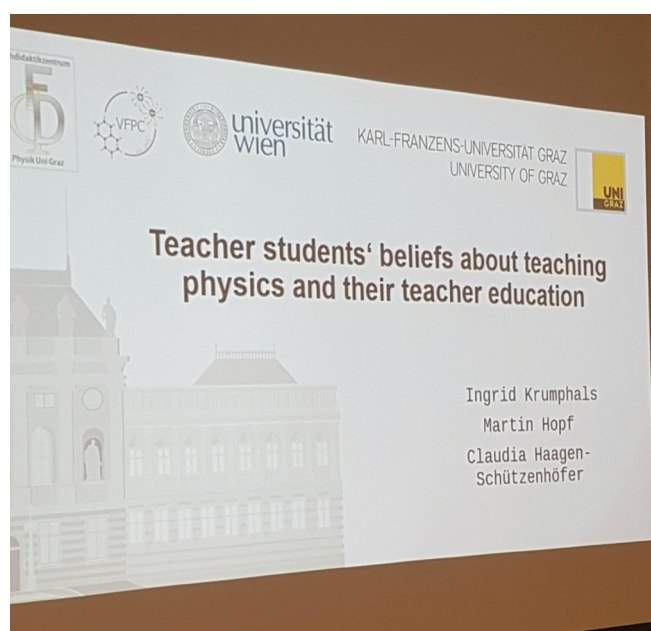


Abbildung 1: Vortrag

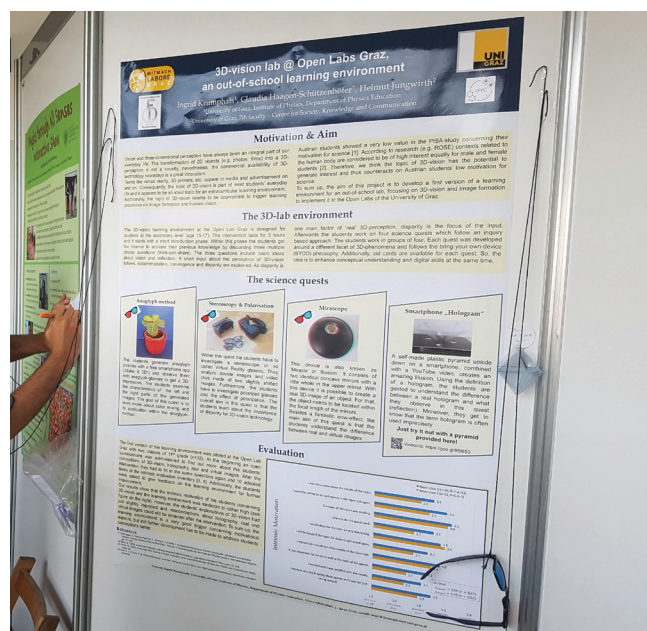


Abbildung 2: Posterbeitrag

GIREP-MPTL 2018 – Research and Innovation in Physics education: two sides of the same coin

Ein Tagungsbericht

Ingrid Krumphals

Der Begriff Konferenz ist bei uns Lehrkräften meist negativ besetzt. Der Zeitpunkt solcher Konferenzen im Schulalltag ist oft ein sehr ungünstiger, da er entweder nach der stressigen Beurteilungsphase ist oder genau dann, wenn wir Lehrkräfte denken, eigentlich wichtigere Angelegenheiten erledigen zu müssen. Es gibt jedoch auch andere Konferenzen, nämlich jene bei denen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Fachdidaktikerinnen sowie Fachdidaktiker aber auch Lehrerinnen und Lehrer austauschen und ihre Projekte präsentieren. Eine solche Konferenz ist beispielsweise die alljährliche internationale GIREP (Groupe Internationale de Recherche sur l'Enseignement de la Physique) Konferenz, die 2018 vom 9.-13. Juli in St. Sebastian (Spanien) stattfand. In diesem Jahr nahmen knapp über 250 Personen teil und auch ich hatte durch die teilweise finanzielle Unterstützung vom Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts die Möglichkeit teilzunehmen.

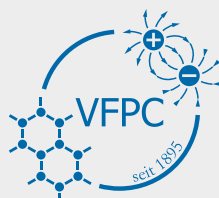
Sie mögen sich nun fragen, was Ihnen die Teilnahme an einer solchen Tagung als Lehrkraft eigentlich bringt. Ich werde Ihnen genau diese Frage beantworten und Ihnen dabei auch einen kurzen Einblick in meine eigenen Beiträge zur Tagung geben. Ich habe während meiner Unterrichtstätigkeit meine Dissertation, die einen Beitrag zur Verbesserung des Lehramtsstudiums leistet, abgeschlossen. Außerdem entwickelte ich während meiner Lehrtätigkeit – im Zuge eines naturwissenschaftlichen Moduls in der Oberstufe – erste Unterrichtsmaterialien, die sich mit dem Thema 3D-Sehen beschäftigten. Seit Dezember 2017 widme ich mich beruflich Vollzeit der fachdidaktischen Forschung an der Universität Graz. Dennoch blieb der Drang, meine Unterrichtsmaterialien zum 3D-Sehen weiterzuentwickeln, sowie die Dissemination der Erkenntnisse aus meiner Dissertation, erhalten. Beides konnte ich im letzten Jahr umsetzen und auf der internationalen GIREP Tagung präsentieren. Der Posterbeitrag mit dem Titel „3D-vision lab @ Open Labs Graz, an out-of-school learning environment“ beschrieb eine entwickelte Lernumgebung zum Thema 3D-Sehen. Die Lernumgebung folgt einem Inquiry-based Ansatz, wobei den Kern vier forschend-entdeckende Stationen zu je 35 Minuten bilden. Zusätzlich sind die Smartphones der Schülerinnen und Schüler im Sinne des „Bring your own device“ wesentlicher Bestandteil der Stationen. Die Lernumgebung basiert auf den Grundkonzepten der Bildentstehung und fokussiert binokulare Disparität als wesentlichen Faktor für stereoskopische Wahrnehmung. Die Lernumgebung selbst

und erste Ergebnisse der Erprobung des 3D-Vision Labs wurden auf der Tagung vorgestellt. Mein interaktiv gestaltetes Poster verhalf mir zu vielen spannenden Diskussionen. Die Lernumgebung zum Thema 3D-Sehen wird für Oberstufenklassen in Form von Workshops an der Universität Graz angeboten. Die Materialien zur Lernumgebung befinden sich dabei in laufender forschungsbasierter Weiterentwicklung. Bei Interesse zur Lernumgebung melden Sie sich gerne via E-Mail bei mir (ingrid.krumphals@uni-graz.at).

In meinem zweiten Tagungsbeitrag präsentierte ich die Ergebnisse meiner Dissertation. Für diese interviewte ich Physiklehramtsstudierende zu Studium und zu ihren Vorstellungen zum Physiklehramtsstudium, sowie zum Physikunterricht. Dies stellte einen ersten Schritt dar, um gezielt Perspektiven der Studierenden in die Konzeption der Fachdidaktik-Lehrveranstaltungen und der dort gestalteten Lernumgebungen aufnehmen zu können. Beispielsweise sollte in der Ausbildung die Praxisrelevanz und die Planung und Umsetzung von lernwirksamem Physikunterricht herausgestrichen und der Abbau des Mythos, dass Experimente automatisch motivationsfördernd wirken, adressiert werden. Die an meine Präsentation anschließende Diskussion machte mir wiederum bewusst, wie wichtig es ist, Studierende im Studium und in den Praxisphasen gut zu unterstützen. Und zwar sowohl von Seiten der Universität als auch von Schulseite vertreten durch die Mentorinnen und Mentoren.

Auf dieser Tagung konnte ich von den Vorträgen und Präsentationen und vor allem von den vielen Diskussionen und Gesprächen mit den unterschiedlichsten Tagungsteilnehmenden sehr viel lernen. Mein fachlicher und fachdidaktischer Horizont wurde wesentlich erweitert. Ganz besonders zu erwähnen sind natürlich auch die vielen Ideen, die ich für den Unterricht in der Schule mitnehme. Die GIREP wird laut der Homepage (girep.org) im Deutschen als „Internationaler Arbeitskreis zur Förderung des Physikunterrichtes“ genannt. Als solches kann diese Tagung auch gesehen werden und es lohnt sich sowohl für Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker als auch für Lehrkräfte an einer GIREP Tagung teilzunehmen. Die nächste GIREP Tagung findet von 1.7.-5.7.2019 in Budapest statt.

Ingrid Krumphals *Karl-Franzens-Universität Graz*



Neues aus dem Verein

Rückblick auf die Fortbildungswoche

Die 73. Fortbildungswoche fand auch in diesem Jahr traditionell in den Räumlichkeiten der Fakultät für Physik in der letzten Februarwoche statt. Mit insgesamt mehr als 250 teilnehmenden Lehrkräften aus ganz Österreich war die Veranstaltung auch in diesem Jahr ausgezeichnet besucht und der Obmann Martin Hopf eröffnete die Fortbildungswoche mit der Verleihung der Preise für den Werner Rentzsch Fotowettbewerb. Der erste Platz ging in diesem Jahr ins Ausland. Mag. Arne Traun vom Colegio Suizo de México, A.C. (Schweizerschule Mexiko) überzeugte die Jury mit einer spannenden Aufnahme von Schatten beim Sonnenzenit.

Wie gewohnt standen die ersten beiden Tage im Zeichen der Physik und die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erfuhren in Vorträgen physikalische und fachdidaktische Neuigkeiten. Ein besonderes Highlight war für viele der Vortrag von Prof. Harald Lesch, der die Problematik des Klimawandels spannend aufbereitet hat. Darüber hinaus wurde in den verschiedensten Workshops praktisch gearbeitet und angeregt diskutiert.

Den Auftakt des chemischen Teils der Fortbildungswoche 2019 bildete ein Vortrag über die Chemie des Wassers. Die neue physikalische Chemikerin an der Universität Wien, Univ.-Prof. Dr. Ellen Backus, stellte ihre aktuelle Forschung zur Grenzflächenchemie- und physik des Wassers dar. In ihrem Vortrag wurde auch die große Interdisziplinarität des Forschungsgebiets deutlich und gleichzeitig konnte im Rahmen der Fortbildungswoche so eine gelungene Brücke zum physikalischen Teil der ersten Tage erfolgen.

Komplettiert wurde die Fortbildungswoche mit einer Vielzahl von Exkursionen, welche es den Lehrerinnen und Lehrern immer wieder ermöglichen, direkt mit Expertinnen und Experten vor Ort zu diskutieren.

Der Vorstand bedankt sich bei Andrea Hauff-Achleitner, Maria Schwarz und Philipp Spitzer für die Organisation der Workshops und der Exkursionen im Vorfeld der Veranstaltung, sowie bei Sarah Zloklikovits für die Gestaltung der Programmhefte und die große Hilfe während der Veranstaltung.



Österreichische Post AG
SP 17Z041123 S

Verein zur Förderung des physikalischen
und chemischen Unterrichts,
Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien

DVR 0558567
VRN 668472729

Impressum: Medieninhaber (Verleger) und Hrsg.: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts. Druck: Fa. Wograndl GmbH, Mattersburg

Retouren an: AECC Physik Universität Wien, Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien.