Serviceheft

Lisa Schüttler

Tobias Schüttler (tobias.schuettler@lmu.de)

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

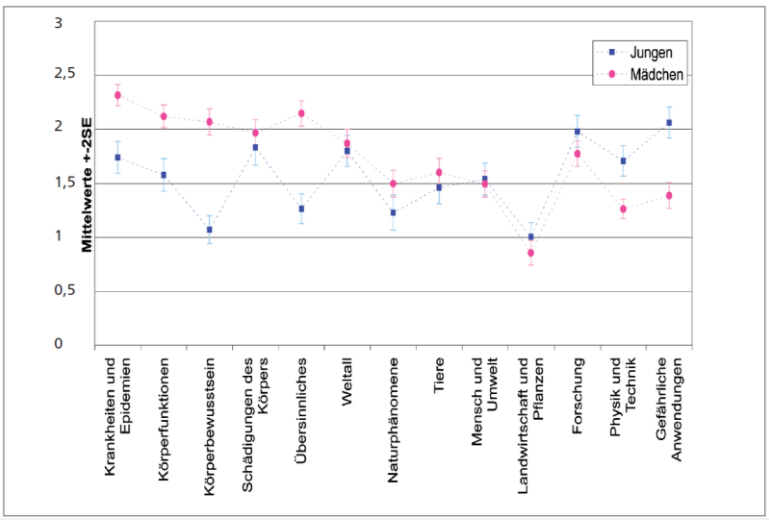
DLR

Das Projekt SatTec, dem die vorliegende Arbeit zuzuordnen ist, wird mit Mitteln des Bundes-Ministeriums für Wirtschaft und Energie durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) unter dem Förderkennzeichen 50 RO 1900 gefördert. Den Projektpartnern des DLR gilt ein herzlicher Dank für die konstruktive Diskussion und die Unterstützung bei der Erprobung des entwickelten Konzeptes im Schülerlabor.

Vorwort

Internationale Vergleichsstudien wie TIMSS[1] und PISA[2] zeigen, dass deutsche Schülerinnen und Schüler[3] in den Naturwissenschaften zwar keine Spitzenplätze belegen, jedoch weltweit – auch im EU- und im OECD-Vergleich – gut mithalten können und sogar leicht überdurchschnittliche Ergebnisse erzielen. Demgegenüber ist das allgemeine Interesse an Naturwissenschaften bei Jugendlichen, insbesondere bei Mädchen, nach wie vor gering, was laut entsprechenden Erhebungen, auch an einem nicht mehr zeitgemäßen Bild naturwissenschaftlicher Berufe liegt[4]. Dies führt unter anderem dazu, dass bestimmte technische und naturwissenschaftliche Berufe für junge Menschen nicht sonderlich attraktiv erscheinen und sich ein Fachkräftemangel abzeichnet bzw. zum Teil bereits deutlich erkennbar ist. Gleichzeitig wird jedoch das Leben in unserer zunehmend technisierten Welt immer komplexer und die Abhängigkeit von technischen Instrumenten – auch Raumfahrtanwendungen – nimmt zu.

Obwohl das Interesse an Physik bei deutschen Jugendlichen nicht besonders groß ist, scheint die Faszination Raumfahrt davon unbenommen zu sein, was auch entsprechende Studien[5] belegen. Vielmehr noch gelingt bei diesem Thema etwas, was Pädagogen und Didaktiker der Naturwissenschaften seit Jahrzehnten versuchen, nämlich Mädchen und Jungen gleichermaßen anzusprechen (vgl. Abbildung 1): Das Thema „Weltall“ scheint interessenmäßig zwischen den „typischen Jungs- bzw. Mädchenthemen“ zu stehen.



Themengebundenes Interesse von Mädchen und Jungen (Holstermann, Bögeholz, 2007)

[1] http://www.km.bayern.de/download/5997_zusammenfassung_timss_2011_internet_km.pdf
[2] www.oecd.org/berlin/themen/PISA-2012-Zusammenfassung.pdf
[3] Im Folgenden wird im Sinne der besseren Lesbarkeit auf die Nennung beider Geschlechter verzichtet.
[4] Vgl. u.a. MINT Nachwuchsbarometer 2015 der Körber Stiftung, http://www.koerber-stiftung.de
[5] http://roseproject.no/

Vielfach wurde bereits beobachtet, dass die Implementierung physikalischer Inhalte in einen sinnstiftenden, spannenden Kontext allgemein interessefördernd ist, so betont beispielsweise Rabe 2010:

> *„Die Einbettung in alltägliche Erfahrungen ist generell Interesse fördernd, für Mädchen jedoch nur, wenn sie dabei auf Erfahrungen zurückgreifen können, die sie selbst gemacht haben können.“* (PIKO-BRIEF NR. 2, 2010)

Wie kann man aber die für Mädchen wie Jungen gleichermaßen ansprechenden Raumfahrtinhalte einer direkten „Selbsterfahrung“ zugänglich machen und somit das ihnen innewohnende Potential als faszinierender Kontext für physikalisches Wissen und Kompetenzen ausschöpfen?

Zu diesem Zweck wurden unter dem Motto „SatTec.II – Grundlagen der Satellitentechnik für den Schulunterricht“ speziell für Schüler*innen der Sekundarstufen I und II weiterführender Schulen, sowie für deren Lehrkräfte Unterrichtsmaterialien zu Inhalten der angewandten Raumfahrt für einen modernen naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt, fachdidaktisch evaluiert, optimiert und online frei zur Verfügung gestellt. Das Material wurde so ausgestaltet, dass damit bestimmte, in den Lehrplänen nahezu aller Bundesländer vorkommende, physikalische Inhalte in einem sinnstiftenden Kontext unterrichtet werden können. Die Unterrichtsmaterialien sind untergliedert in ein Schülerheft mit Serviceteil. Verfügbar sind die Materialien im Internet unter www.sattec.org.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 2

Vorwort zu Umwelttechnologien 5

1. Licht und deren Wechselwirkung 6

Schlagwortverzeichnis 6

Jahrgangstufe 6

Musterlösung 7

a) Wie entsteht ein Farbbild 7

b) Reflexion – Transmission – Absorption 8

2. Spektrometrie 9

Schlagwortverzeichnis 9

Jahrgangstufe 9

Musterlösung 10

a) Lichtspektrometrie 10

b) Elektromagnetisches Spektrum 11

3. Unsichtbares Licht 13

Schlagwortverzeichnis 13

Jahrgangstufe 13

Musterlösung 14

a) UV- Strahlung 14

b) Experimente mit UV-Strahlung 16

c) Infrarot 18

4. Fernerkundung von Vegetation 21

Schlagwortverzeichnis 21

Jahrgangstufe 21

Musterlösung 22

a) Aktive und passive Systeme 22

b) Vegetationsanalysen 23

c) Weitere Indizes und Anwendungen bei der Oberflächenklassifikation 25

5. Lehrplanzuordnung 27

Vorwort zu Umwelttechnologien

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

mit diesem Serviceheft erhalten Sie lehrerspezifische Begleitmaterialien zum Schülerheft rund um das Thema Umwelttechnologien.

Eine Doppelseite im Schülerheft ist im Normalfall für eine 90-minütige Unterrichtseinheit konzipiert. In diesem Serviceheft sind Zusatzinformationen sowie ggf. Tipps zum Experimentieren enthalten. Beispielsweise ob die beinhalteten Experimente als Demoexperiment, Schülerexperiment oder Projekt geeignet sind. Auch werden Sicherheitshinweise gegeben, der Experimentaufbau und die –Durchführung erläutert und die benötigten Materialien genannt.

1. Licht und deren Wechselwirkung

Schlagwortverzeichnis

Spektralfarben, Lichtbrechung, Wellenlänge, Interferenz am optischen Gitter, Reflexion, Transmission, Absorption

In diesem Kapitel geht es um Licht und dessen Wirkung. Zuerst wird die Frage behandelt, auf welche Art und Weise weißes Licht in seine Spektralfarben zerlegt werden kann. Dies kann mit Hilfe eines Glasprismas oder mit einem optischen Gitter entstehen. Anhand verschiedener Wechselwirkungen von Strahlung mit unterschiedlichen Oberflächen können die Schüler und Schülerinnen nachvollziehen warum diese verschiedene Farben haben.

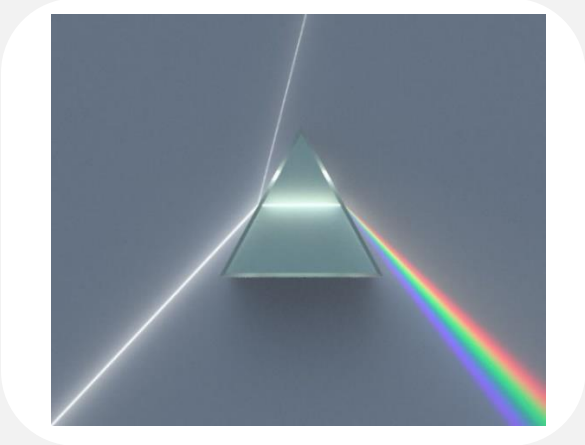
Jahrgangstufe

☐	☐	☒	☒
09	10	11	12

☐	☒	☐
Demoexperiment	Schülerexperiment	Projekt

Musterlösung

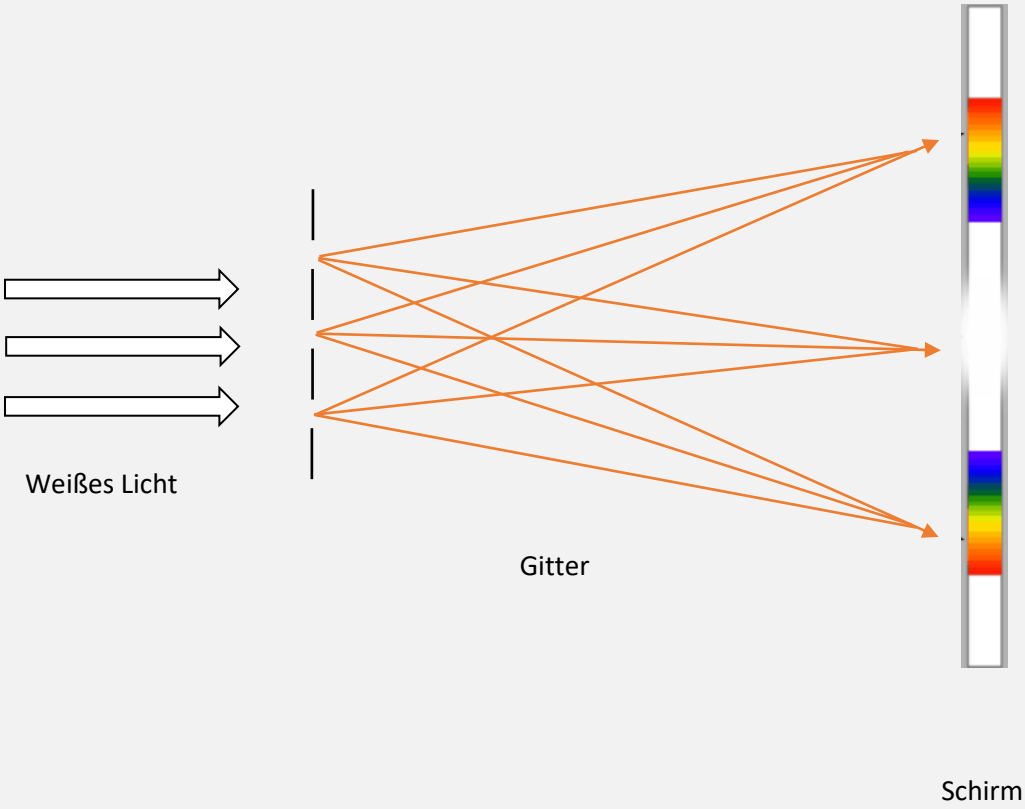
a) Wie entsteht ein Farbbild



Zeichne in die nebenstehende Abbildung ein, in welche Farben das weiße Licht mittels Prisma zerlegt wird. Beachte die richtige Reihenfolge! Recherchiere, welche Farbe die größte und welche die kleinste Wellenlänge repräsentiert. Gib jeweils den Wellenlängenbereich an.

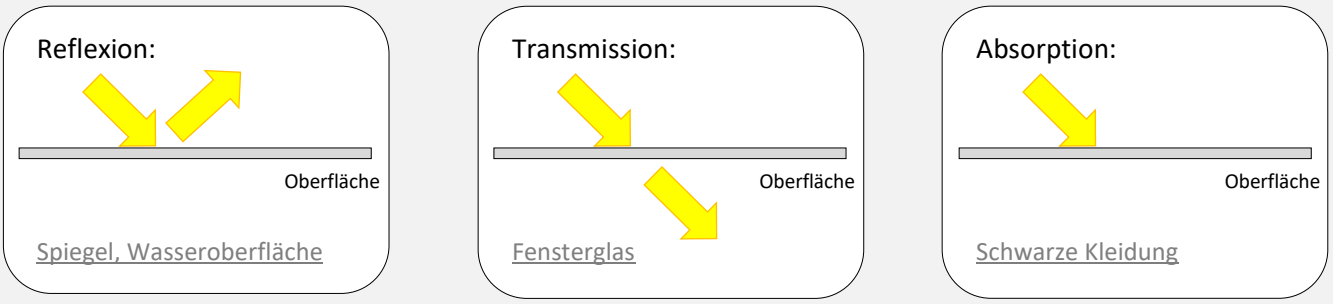
Größter Wellenlängenbereich: Rot – 640 - 750 nm

Kleinster Wellenlängenbereich: Violett – 380 - 430 nm

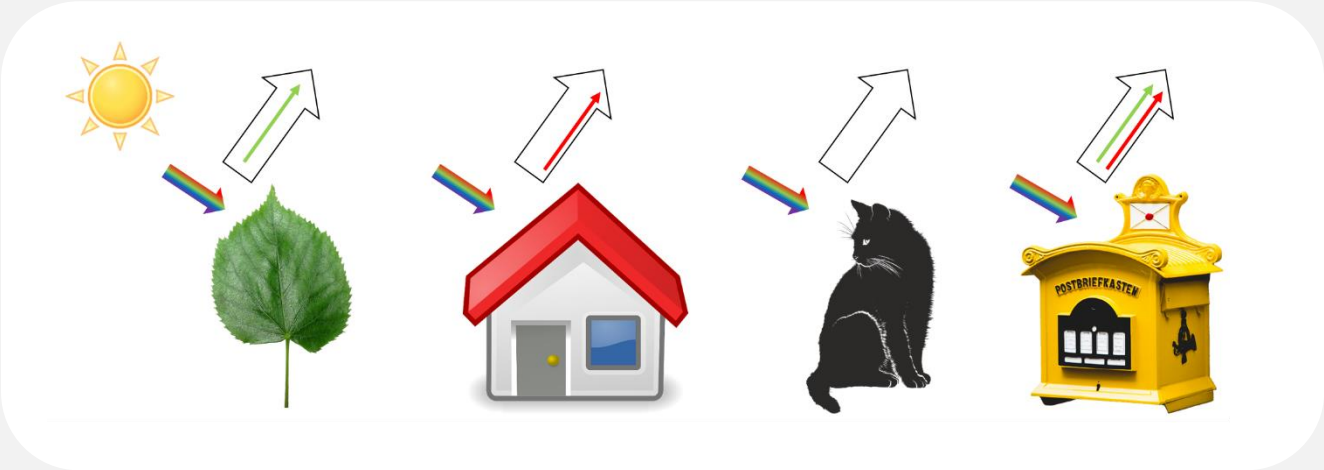


b) Reflexion – Transmission – Absorption

Stelle die drei Möglichkeiten, wie Licht mit einem Objekt wechselwirken kann, grafisch dar und nenne jeweils ein Materialbeispiel.



Zeichne in die Pfeile die in den Farben Rot, Grün und Blau reflektierten Anteile des einfallenden Sonnenlichts ein.



2. Spektrometrie

Schlagwortverzeichnis

Linienspektrum, kontinuierliches Spektrum, Handspektroskop, LED, elektromagnetisches Spektrum, Lichtgeschwindigkeit, Welle, Frequenz, Röntgenstrahlung, Röntgenröhre

In diesem Kapitel geht es um Spektrometrie. Die Schüler und Schülerinnen sollen den Unterschied zwischen einem kontinuierlichen Spektrum und einem Linienspektrum kennen lernen. Neben der sichtbaren Strahlung gibt es auch Strahlungsarten, die für das menschliche Auge unsichtbar sind. So enthält das Sonnenlicht unter anderem die ultraviolette, Röntgen- und Gamma-Strahlung sowie das Ferne (FIR), Mittlere (MIR) und Nahe (NIR) Infrarot. Die Schüler und Schülerinnen sollen in diesem Kapitel erfahren, dass verschiedene Strahlungsarten des elektromagnetischen Spektrums in Abhängigkeit der Frequenz oder der Wellenlänge unterschieden werden.

Jahrgangstufe

☐	☒	☒	☐
09	10	11	12

☐	☒	☐
Demoexperiment	Schülerexperiment	Projekt

Musterlösung

a) Lichtspektrometrie

Erkläre den Unterscheid zwischen einem Linienspektrum und einem kontinuierlichen Spektrum.

Ein Linienspektrum besitzt voneinander getrennte Stellen erhöhter Intensität (Spektrallinien).

In einem kontinuierlichen Spektrum finden sich keine diskreten Linien, da es das Licht in allen Wellenlängen aufweist.

Nenne zwei Vor- und zwei Nachteile der LED-Lampe. Beachte hierbei auch die Produktion und Entsorgung.

Vorteile:

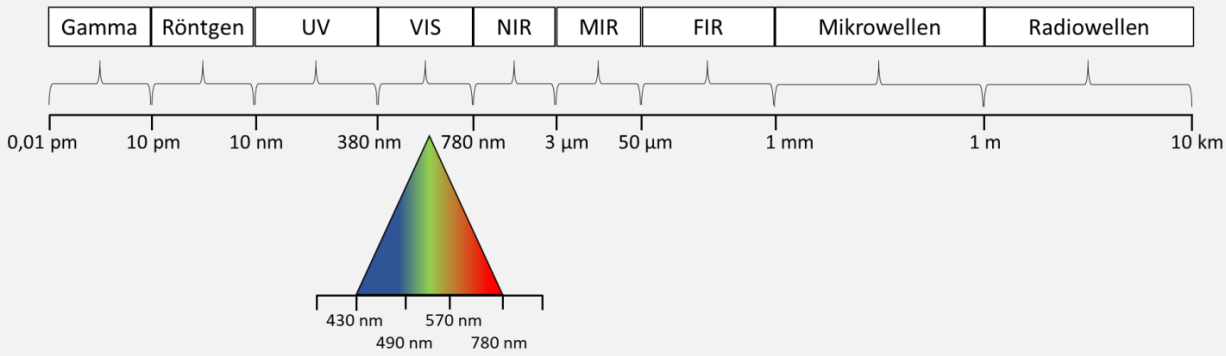
- Lange Lebensdauer (20.000-50.000 Stunden)
- Hohe Energieeinsparung (bis zu 90% weniger Stromkosten als bei einer Glühbirne)

Nachteile:

- Zur Herstellung werden seltene Erden benötigt
- Entsorgung nur über Müll-Sammelstellen (Sondermüll!)

b) Elektromagnetisches Spektrum

Das Intensitätsmaximum der Strahlung liegt bei etwa λ=500 nm (blau-grünes Licht), auf welches sich auch das menschliche Auge angepasst hat. Man bezeichnet den vergleichsweise kleinen Bereich von λ=400 nm (violett) bis λ=750 nm (rot) als sichtbares Licht (englisch: Visible (VIS)). Neben diesem enthält das Sonnenlicht auch die ultraviolette, Röntgen- und Gamma-Strahlung sowie das Nahe (NIR), Mittlere (MIR) und Ferne (FIR) Infrarot. Auch die Mikrowellen sind Teil des elektromagnetischen Spektrums. Trage die einzelnen Strahlungsarten passend zur Wellenlänge in die freien Kästen ein.



Die verschiedenen Bereiche des elektromagnetischen Spektrums werden neben der Wellenlänge auch anhand der Frequenz unterschieden. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit *c* (Lichtgeschwindigkeit:
$c = 299\,792\,458\ \frac{m}{s}$) elektromagnetischer Wellen in Luft nahezu unabhängig von der Wellenlänge ist, sind die Wellenlänge λ und die Frequenz *f* indirekt proportional zueinander:

$$c = \lambda \cdot f$$

Berechne die Frequenzen für sichtbares Licht mit den Farben Rot, Grün und Blau und den Frequenzbereich der Infrarotstrahlung.

IR: ca. 0,3 – 380 THz Rot: f = ca. 380 – 470 THz Grün: f = ca. 500 - 600 THz Blau: f = ca. 600 – 700 THz

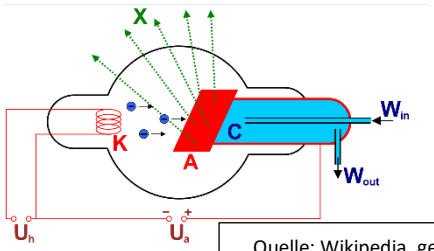
Die Beziehung E=h*f verknüpft die Energie eines Photons/Energiequantums (Teilcheneigenschaft) mit der Frequenz des Lichtes (Welleneigenschaft). Stelle den Zusammenhang zwischen Frequenz f, der Wellenlänge λ und der Energie E anhand des elektromagnetischen Spektrums her.

Elektromagnetische Wellen transportieren Energie. Die Strahlungsenergie einer Welle hängt von der Frequenz und von der Amplitude der Welle ab. Je höher die Frequenz, desto mehr Energie kann von einem einzelnen Photon transportiert werden: E ~ f. Je größer die Amplitude der Welle, desto mehr Energie wird transportiert. Die Gammastrahlung (sehr hohe Frequenz) ist am energiereichsten, die Radiostrahlung (sehr niedrige Frequenz) am energieärmsten

Begründe, warum kurzwellige Strahlung wie UV-, Röntgen- oder Gammastrahlung für die Zellen des menschlichen Körpers schädlich ist.

Hochenergetische Strahlung wirkt ionisierend und kann Zellmutationen verursachen. Zellen im menschlichen Körper sind in der Lage Schäden durch Strahlung zu reparieren, gelingt dies aber nicht, so sterben sie ab. Es können aber auch genetisch veränderte Zellen durch diese Schäden entstehen.

Erläutere anhand der Skizze, wie Röntgenstrahlung entsteht.



Quelle: Wikipedia, gemeinfrei

Von der Kathode werden Elektronen emittiert (ausgesandt) und durch eine Hochspannung (25–600 kV) zur Anode beschleunigt. Die Elektronen dringen in das Anodenmaterial ein und werden dabei abgebremst. Sie erzeugen drei verschiedene Strahlungsarten: Die charakteristische Röntgenstrahlung, die Bremsstrahlung und die Lilienfeldstrahlung (eine Form der Übergangsstrahlung).

3. Unsichtbares Licht

Schlagwortverzeichnis

UV, Stickstoffdioxid, Methan, Formaldehyde, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Schwarzlicht, Fluoreszenz, Lumineszenz, Photosynthese, Infrarot, Herschel, saurer Regen, Treibhauseffekt

In diesem Kapitel geht es um unsichtbares Licht, zumindest für das menschliche Auge unsichtbar. Stickstoffdioxid, Methan, Formaldehyde, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid sind Spurengase, die sich in unserer Atmosphäre befinden und zu gesundheitlichen Problemen beitragen. Umso wichtiger ist es, diese Spurengase zu detektieren und zu verringern.

Jahrgangstufe

☐	☒	☒	☐
09	10	11	12

☐	☒	☐
Demoexperiment	Schülerexperiment	Projekt

Musterlösung

a) UV- Strahlung

Methan ist u.a. auch ein Treibhausgas, das den Treibhauseffekt begünstigen. Erkläre kurz, was man unter dem Treibhauseffekt versteht.

Die Erdatmosphäre besteht aus unterschiedlichen Spurengasen. Ein Großteil der Treibhausgase (Spurengase der Atmosphäre zusammen mit Wasserdampf) lassen kurzwellige Strahlung (insbesondere die sichtbare Sonnenstrahlung) bis zur Oberfläche vordringen, die Wärmestrahlung hingegen nur durch einzelne „Fenster“ in den Weltraum entweichen. Die Wärmestrahlung wird also wieder zur Erde geschickt und von der Erdoberfläche zurückgeworfen, sodass sich der untere Bereich der Atmosphäre erwärmt.

Nenne Folgen des Treibhauseffekts.

- Temperaturanstieg der Atmosphäre
- Zu hohe Temperatur verursacht viele Probleme:
  - Gletscher schmelzen
  - Trinkwasser wird knapp
  - Veränderungen in der Pflanzen- und Tierwelt

In einer exoenergetischen Reaktion verbrennt Kohlenstoff mit Sauerstoff in Anwesenheit von Kohlenstoffdioxid zu Kohlenstoffmonoxid. Wie lautet die vollständige Reaktionsgleichung?

$$3C + O_2 + CO_2 \rightarrow 4CO + E$$

Eine Kohlenstoffmonoxid-Vergiftung (oder Rauchgasvergiftung) kann zum Tode führen. Erkläre kurz, was bei einer Kohlenmonoxid-Vergiftung im Körper passiert.

Kohlenmonoxid verdrängt den Sauerstoff in der Muskulatur und im Blut. Dadurch werden lebenswichtige Organe (v.a. das Gehirn) nicht mehr Sauerstoff versorgt und sterben ab.

In der Stratosphäre, also in einer Höhe von etwa 15- 35 km, sammeln sich die Ozonmoleküle und bilden eine Schicht - die Ozonschicht. Beschreibe, warum die Ozonschicht für alle Lebewesen und Pflanzen der Erde so wichtig ist.

Die Ozonschicht ist ein wirksames UV-B-Schutzschild. Sie verhindert also, dass UV-Strahlung auf die Erde trifft. Dadurch sind die Zellen der Tiere und Pflanzen und die menschliche Haut geschützt.

Wie lautet die Reaktionsgleichung

$$NO_2 + O_2 + E \rightarrow NO + O_3$$

Welche Auswirkungen hat der saure Regen auf Pflanzen, Gewässer und auf Gebäude?

Pflanzen: Wasser- und Nährstoffhaushalt kommen durcheinander

Gewässer: Saurer regen kann in das Grundwasser sickern und wandert dann über Zuflüsse zu anderen Gewässern. Dadurch ist die Artenvielfalt gefährdet.

Gebäude: Die Gebäudefassaden verfallen durch den sauren Regen schneller

b) Experimente mit UV-Strahlung

Betrachte mehrere Bananen mit unterschiedlichen Reifegraten im UV-Licht. Beschreibe deine Beobachtungen. Welche mögliche Erklärung gibt es für dieses Phänomen?

Beim Reifen der Bananen wird Chlorophyll abgebaut. In der Bananenschale finden sich die farblosen, aber fluoreszierenden Abbauprodukte des Chlorophylls wieder.

Viele Tiere können, anders als wir Menschen, im UV-Bereich sehen. Die Vermutung liegt hier nahe, dass die Tiere dadurch wissen, wann die Banane reif ist.

Untersuche mit einer UV-Lichtlampe Coca-Cola© und Tonic-Water. Welchen Unterschied kannst Du erkennen?

Coca-Cola erscheint unter UV-Licht milchig-grau.

Das enthaltende Chinin im Tonic-Water fluoresziert unter UV-Strahlung hellblau. Es absorbiert die UV-Strahlung und gibt Licht in einer anderen, sichtbaren Frequenz wieder.

Erkläre den Unterschied zwischen Fluoreszenz und Lumineszenz. Nenne jeweils ein Beispiel aus dem Alltag.

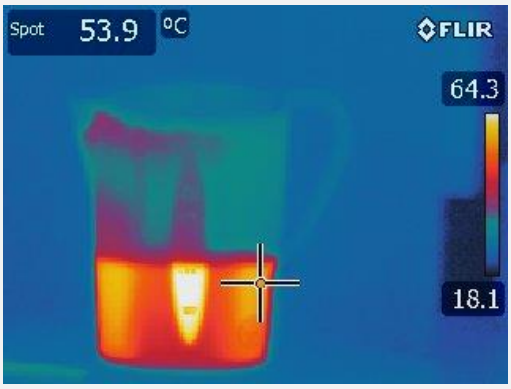
Fluoreszenz: Ist die kurzzeitige spontane Emission von Licht, die beim Übergang eines elektronisch angeregten Systems zurück in einen Zustand niedrigerer Energie erfolgt. (Fälschungssicherheit von Geldscheinen)

Lumineszenz: Bedeutet die Fähigkeit eines Körpers zu leuchten. Dies kann aber nur nach Anregung des Systems erfolgen. (Leuchtziffern eines Weckers, Klebe-Leuchtsterne)

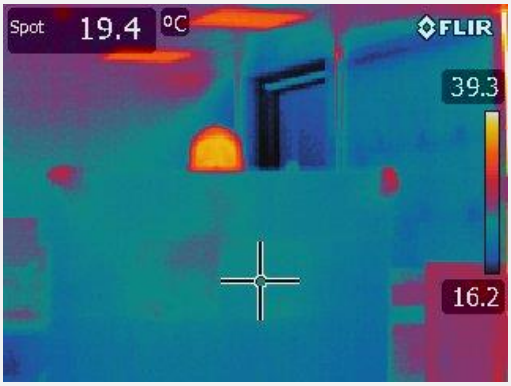
c) Infrarot

Experimente: Mit Hilfe einer Wärmebild-/ Infrarotkamera (z.B. flir one) können verschiedene Experimente durchgeführt werden.

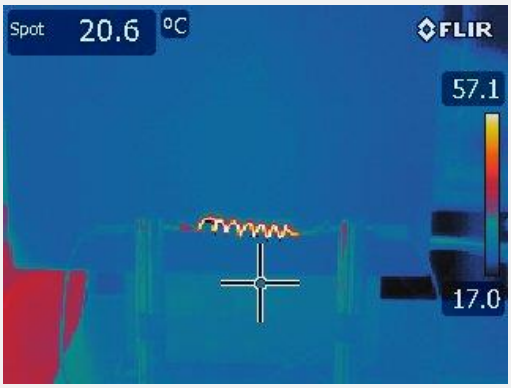
Im Wasserkocher kann der Wasserstand des warmen Wassers sichtbar gemacht werden:



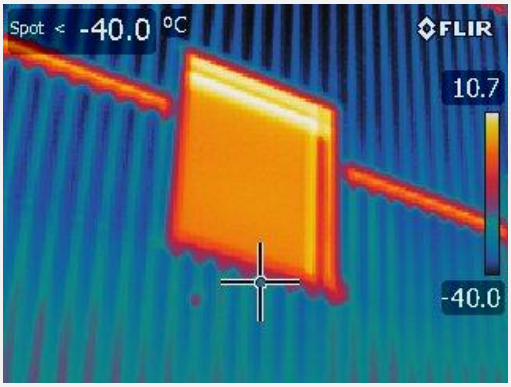
Eine Tarndecke lässt der Körper „verschwinden“:



Ein Glühdraht ist in der Infrarotkamera schon sichtbar, bevor erkennbar glüht:



Auch Alltagsgegenstände können mit der Infrarotkamera betrachtet werden. Wärmedämmung am Fenster:



Natürlich können auch „Spaßbilder“ entstehen:

Friedrich Wilhelm Herschel hat im Jahr 1800 die Infrarotstrahlung der Sonne entdeckt. Skizziere den Versuchsaufbau des Herschel-Experiments und erkläre, wie Herschel den Nachweis für die Infrarotstrahlung gefunden hat.

Herschel untersuchte die Temperaturen der einzelnen Spektren und stellte fest, dass das Thermometer neben dem roten Bereich – also dem Infrarot – wider Erwarten auch eine Temperaturerhöhung anzeigte.

Berechne die Wellenlänge der maximalen Emission für einen Stern mit der Oberflächentemperatur 5500 K. Gib das Ergebnis in nm an.

$$\lambda = \frac{2898\ \mathrm{K} \cdot \mu\mathrm{m}}{T}$$

$$\lambda = \frac{2898\ \mathrm{K} \cdot \mu\mathrm{m}}{5500\ K} = 0{,}53\mu\mathrm{m} = 530\ \mathrm{nm}$$

Welcher Spektralfarbe entspricht die berechnete Wellenlänge?

grün

4. Fernerkundung von Vegetation

Schlagwortverzeichnis

Aktive und passive Fernerkundungssysteme, Reflexionen, Radar, Photosynthese, Großfeuer, LEOWorks, Satellitendaten-Auswertung

Abschließend soll in diesem Kapitel das zuvor Gelernte angewendet und verknüpft werden. In den ersten beiden Teilen des Kapitels sollen die Schüler und Schülerinnen ein Grundverständnis über Fernerkundungssysteme und das Prinzip der (Vegetations-)Fernerkundung erhalten. Hierbei sollen sie v.a. die Indizes, die in der Fernerkundung verwendet werden, kennenlernen. Der dritte Teil dieses Kapitels gibt Anregungen bzw. Vorschläge für DIY-Fernerkundungsprojekte.

Jahrgangstufe

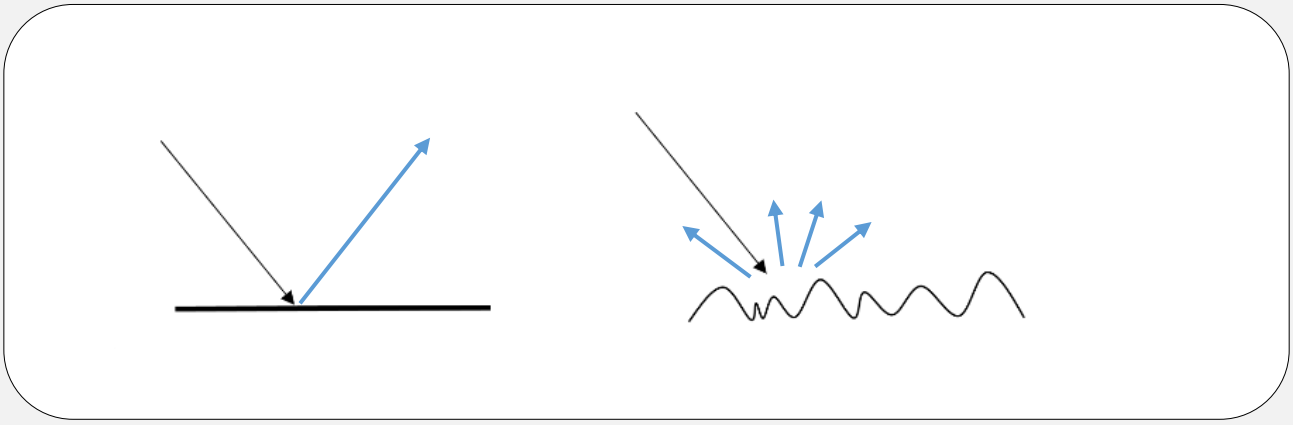
09	10	11	12
☐	☒	☒	☐

Demoexperiment	Schülerexperiment	Projekt
☐	☒	☒

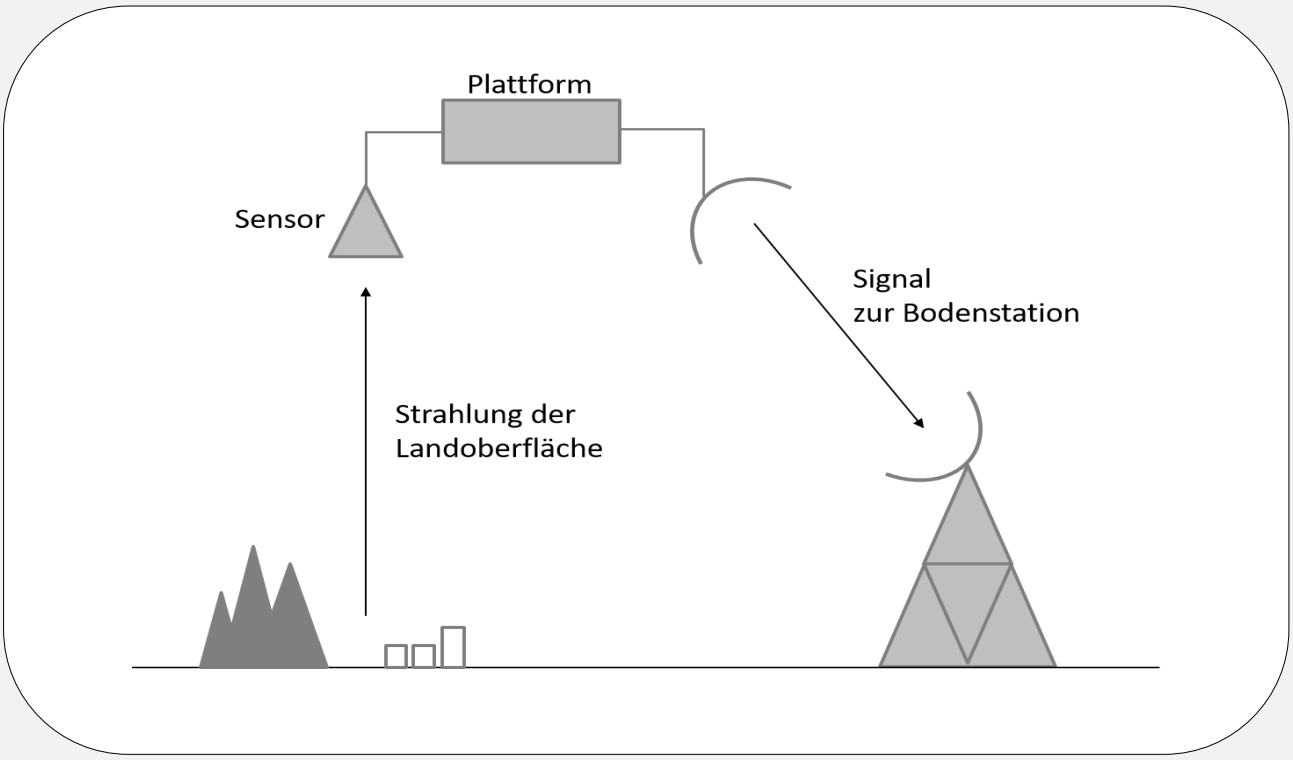
Musterlösung

a) Aktive und passive Systeme

Treffen Lichtstrahlen auf eine Oberfläche, so werden sie reflektiert. Die Lichtstrahlen werden unterschiedlich zurückgeworfen in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit. In der Aufgabe ist die Oberfläche links ein glatter Spiegel und rechts ein rauer Spiegel. Zeichne die reflektierte Strahlung ein.



Beschrifte die einzelnen Bestandteile für das Prinzip der Fernerkundung.



Die europäische Weltraumagentur ESA betreibt in ihrem Copernicus Programm die sechs Sentinel-Satellitenfamilien. Ergänze die Tabelle:

Name	aktiv / passiv	Wellenlängenbereich	Hauptaufgabe
Sentinel-1	aktiv	6 cm	Radargestützte Beobachtung der Erde
Sentinel-2	passiv	443 nm – 2190 nnm	Optisch für Vegetation
Sentinel-3	passiv	400 nm – 1020 nm	Optisch/Thermisch für Meere
Sentinel-4	passiv	305 nm – 775 nm	Luftqualität über Europa
Sentinel-5P	passiv	270 nm -775 nm 2305 nm – 2385 nm	Luftverschmutzung
Sentinel-6	aktiv	Mikrowelle	Meeresspiegelhöhe

b) Vegetationsanalysen

Die Photosynthese ist der Sauerstofflieferant für Menschen, Tiere und Pflanzen. Erkläre anhand des Bilder der Vorgang der Photosynthese und beschrifte die einzelnen Komponenten im Bild.

Zucker/Kohlenhydrate

Begründe, warum gesunde Vegetation sichtbares Licht so stark absorbiert. Was genau macht die Pflanze mit dem Licht?

Die Pflanze betreibt Photosynthese. Die hierfür wichtigen Pigmente (v.a. Chlophyll) absorbieren sichtbares Licht. In gewissem Sinne „ernährt“ sich die Pflanze also vom Licht.

Bei diesen Bildern handelt es sich um Aufnahmen im sichtbaren Wellenlängenbereich (links) und im nahen Infrarot (rechts). Welche Pflanze ist künstlich und welche ist echt? Begründe deine Antwort.

Die mittlere Pflanze ist unecht. Die zwei äußeren Pflanzen sind echt. Sie reflektieren sehr viel nahes Infrarot, deshalb erscheinen sie im Bild hell.

Begründe mit der Formel für den NDVI, dass dieser nur Werte zwischen +1 und -1 annehmen kann.

Durch die Quotientenbildung wird der NDVI auf Werte zwischen +1 und -1 normiert

Der NDVI, welcher Vegetation von anderen Landoberflächen abgrenzt, liegt bei ca. 0,4. Berechne mit Hilfe der Reflexionsspektren aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** den NDVI für Boden, Vegetation, Schnee und Asphalt. Was fällt dir auf?

Boden: 0,09

Vegetation: 0,88

Schnee: -0,03

Asphalt: 0,05

c) Weitere Indizes und Anwendungen bei der Oberflächenklassifikation

Gib mit Hilfe von **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** an, in welchen Wellenlängenbereichen Schnee ein besonderes Reflexionsverhalten Zeigt. Vergleiche es mit dem Verhalten von Vegetation.

Stark abnehmende Reflektanz zwischen 0,9 – 1,4 µm

Zunahme der Reflektanz bei 1,8 µm

Zunahme der Reflektanz bei 2,2 µm

Bestimme mit Hilfe von **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** die Kanäle der Satelliten Landsat 7 und 8 sowie Sentinel-2, die sich jeweils zur Berechnung des NDSI eignen.

Für den NDSI benötigen wir die Kanäle Grün und SWIR.

Landsat 7: Kanal 2 und Kanal 5

Landsat 8: Kanal 3 und Kanal 6

Sentinel 2: Kanal 3 und Kanal 11

Nenne vier weltweite Großfeuer (mit Orts-und Zeitangabe) der letzten fünf Jahre.

Buschbrände Australien: Juni 2019

Brand von Notre Dam, Paris: April 2019

Waldbrand Paradise, Kalifornien: November 2018

Grenfell Tower, London: Juni 2017

Trage in die Tabelle ein, welche Brandschwere sich für die einzelnen Farben ergeben.

ΔNBR	Brandschwere
< -0,25	Hohes Wachstum nach Feuer
-0,1 – 0,1	Unverbrannte Flächen
0,1 – 0,27	Geringe Schäden durch den Brand
0,27 – 0,44	Moderat-geringe Schäden durch den Brand
> 0,66	Hohe Schäden durch den Brand

5. Lehrplanzuordnung

Schlagwort	Lehrplanzuordnung	Kapitel	Sonstiges
Absorption	Ph 9, Ph 11	1b) Reflexion-Transmission-Absorption	Licht und deren Wechselwirkung
Aktive und passive Fernerkundungssystem	Ph 10	4a) Aktive und passive Systeme	Fernerkundung von Vegetation
Elektromagnetisches Spektrum	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie
Fluoreszenz	C 10	3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Formaldehyde	C 10	3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Frequenz	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie
Herschel	Ph 11	3b) Infrarot	Unsichtbares Licht
Infrarot	Ph 11	3b) Infrarot	Unsichtbares Licht
Interferenz am optischen Gitter	Ph 11	1a) Wie entsteht ein Farbbild	Licht und deren Wechselwirkung
Kohlenmonoxid	C 10	3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Kontinuierliches Spektrum	Ph 11	2a) Lichtspektrometrie	Spektrometrie
Lichtbrechung	Ph 11	1a) Wie entsteht ein Farbbild	Licht und deren Wechselwirkung
Lichtgeschwindigkeit	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie
Linienspektrum	Ph 11	2a) Lichtspektrometrie	Spektrometrie
Lumineszenz	C 10	3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Methan	C 10	3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Mikrowelle	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie

Photosynthese	B 11	4b) Vegetationsanalysen	Fernerkundung von Vegetation
Plancksches Strahlungsgesetz	Ph 11	3b) Infrarot	Unsichtbares Licht
Radar		4a) Aktive und passive Systeme	Fernerkundung von Vegetation
Reflexion	Ph 9, Ph 11	4a) Aktive und passive Systeme	Fernerkundung von Vegetation
Röntgenröhre	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie
Röntgenstrahlung	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie
Schwefeldioxid	C 10	3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Spektralfarben	Ph 11	1a) Wie entsteht ein Farbbild	Licht und deren Wechselwirkung
Stickstoffdioxid	C 10	3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Transmission	Ph 9, Ph 11	1b) Reflexion-Transmission-Absorption	Licht und deren Wechselwirkung
UV		3a) UV-Licht	Unsichtbares Licht
Wärmebild	Ph 9	3b) Infrarot	Unsichtbares Licht
Welle periodisch	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie
Wellenlänge	Ph 11	2b) Elektromagnetisches Spektrum	Spektrometrie