



3.1.3.1 OPTIK UND BILDERFASSUNG



Abb. 1: Lichtleiter, v. Harten, 04.2018

Dieses Werk ist unter einem **Creative Commons 3.0 Deutschland Lizenzvertrag** lizenziert:

- Namensnennung
- Keine kommerzielle Nutzung
- Weitergabe unter gleichen Bedingungen

Um die Lizenz anzusehen, gehen Sie bitte zu <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de> oder schicken Sie einen Brief an Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

U. v. Harten – E-Mail: ulf.von-harten@anna-essinger-gymnasium.de – Juni 2018



Vorbemerkungen

Stundenaufteilung

Von den 36 Schulstunden eines Schuljahres für eine Wochenstunde werden 9 Schulstunden für Vertiefung, Übung, KA und Unterrichtsausfall benötigt. 27 Schulstunden stehen für die Physik in Klasse 8 zur Verfügung. Für die Unterrichtseinheit Astronomie werden 16 Schulstunden angesetzt. Der folgende Unterrichtsgang benötigt 11 Schulstunden.

Für eine andere Stundenaufteilung werden mögliche Erweiterungen und Vertiefungen vorgeschlagen.

Schülerkompetenzen

Physik

In der Regel wird die Optik in Klasse 7 unterrichtet. Die Schülerinnen und Schüler können den Sehvorgang beschreiben. Unter anderem können sie Reflexion und Brechung experimentell untersuchen und mithilfe des Lichtstrahlmodells beschreiben. Sie kennen die Sammellinse mit den Brennpunkten und Wahrnehmungseffekte (z.B. Bildumkehr). Es empfiehlt sich hier eine Nachfrage bei den Physiklehrerinnen und -lehrern, in welcher Tiefe die Sammellinse unterrichtet wurde (z.B. ausgezeichnete Strahlen).

Mathematik

Die Schüler können Ende Klasse 8 mit Wurzeln umgehen. Der Satz des Pythagoras wird aber erst ab Klasse 9 in Mathematik unterrichtet. Punktabstände können daher nicht berechnet werden. Die Strahlensätze werden bis Ende Klasse 8 behandelt.

Informatik

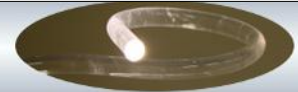
Im Informatikunterricht in der Klasse 7 wurden Texte oder Bilder nach einer vorgegebenen (De-)Codierungsvorschrift in eine Bitfolge überführt. Es kann sein, dass Schülerinnen und Schüler die Bildrasterung kennen.

Schwerpunktsetzung

In diesem Unterrichtsgang werden schon gut ausgearbeitete Unterrichtseinheiten (siehe Schulbücher) zur Optik (Lichtstrahlmodell, Totalreflexion, die Linse und das Teleskop) nur skizziert. Die neuen Themen (Fermat, Lichtleiter und digitale Bildentstehung) werden ausführlich vorgestellt.

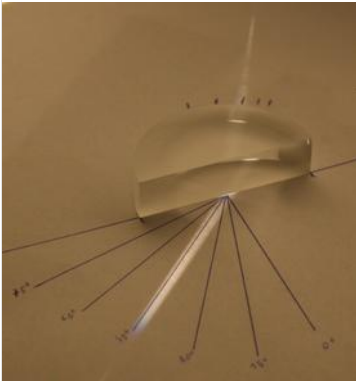
Methoden

Die Unterrichtseinheit zu Fermat kann mit den vorliegenden Arbeitsblättern erarbeitet werden. Andere Unterrichtsformen sind natürlich auch möglich und sinnvoll.



Die Totalreflexion

1. und 2. Stunde



Anhand von optischen Phänomenen wird die Reflexion und Brechung wiederholt (optisches Medium, Einfallslot, Einfallswinkel, Reflexionswinkel und Brechungswinkel).

Bei der Lichtbrechung wird das Experimentieren geübt. Als Wiederholung wird der Übergang von Luft in Glas quantitativ mit einem Schülerversuch untersucht. Aus den Messwerten wird ein Brechungsdiagramm erstellt.

Dabei werden prozessbezogene Kompetenzen geübt und erweitert (zum Beispiel Experimente durchführen und auswerten).

Abb. 2: Lichtbrechung, v. Harten, 04.2018

Der Grenzwinkel

Die Umkehrbarkeit des Lichtweges wird am Diagramm thematisiert. Beim Übergang von Glas in Luft erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass sie keine Aussagen für die Einfallswinkel größer als 42° treffen können.

Mit einer kleinen Änderung im Versuchsaufbau können die Schülerinnen und Schüler dieser Frage nachgehen. Sie stoßen dabei auf das Phänomen der Totalreflexion.

Die Begriffe Totalreflexion und Grenzwinkel werden eingeführt. Die Schülerinnen und Schüler messen dann den Grenzwinkel für den Übergang von Wasser zu Luft und vergleichen ihn mit dem Literaturwert ($48,8^\circ$).

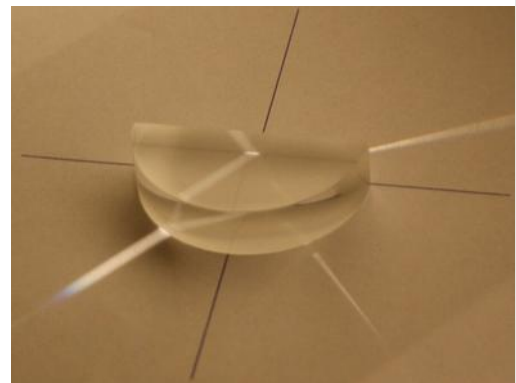


Abb. 3: Brechung und Reflexion, v. Harten, 04.2018

Die Totalreflexion in der Natur



Abb. 4: Unterwasseraufnahme, v. Harten, 04.2018

Eine schöne Anwendung sind Unterwasseraufnahmen. Hier sieht man in einem kreisförmigen Ausschnitt den Himmel. Am Rand ist die Spiegelung des Untergrundes an der Wasseroberfläche zu beobachten.

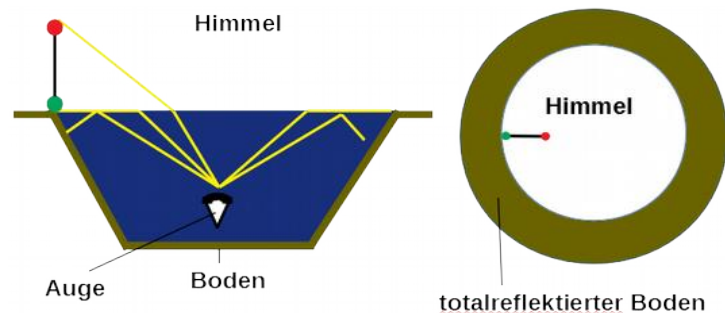


Abb. 5: Strahlengang, v. Harten, 04.2018



Die Totalreflexion in der Technik

Glasfaserkabel und Signalübertragung

Die Funktionsweise eines Lichtleiters (Lichtwellenleiter, Glasfaserkabel) wird demonstriert und an einer Skizze erläutert.



Abb. 7: Skizze, v. Harten, 04.2018

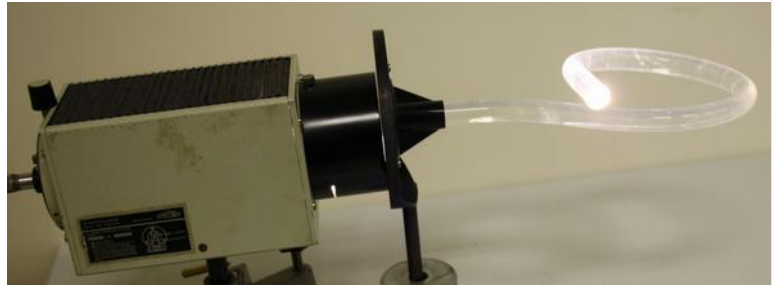


Abb. 6: Demonstration eines Lichtleiters, v. Harten, 04.2018

Ein einfacher Aufbau ist mit einer LED und einem Lichtleiter möglich. Ein kleines Loch bohrt man in die LED, in das der Lichtleiter eingesteckt wird. In den folgenden Abbildungen sieht man mehrere Lichtleiter als Glasfaserbündel.

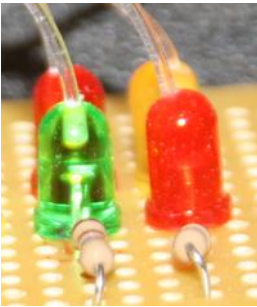


Abb. 9: LED - Lichtleiter, v. Harten, 04.2018

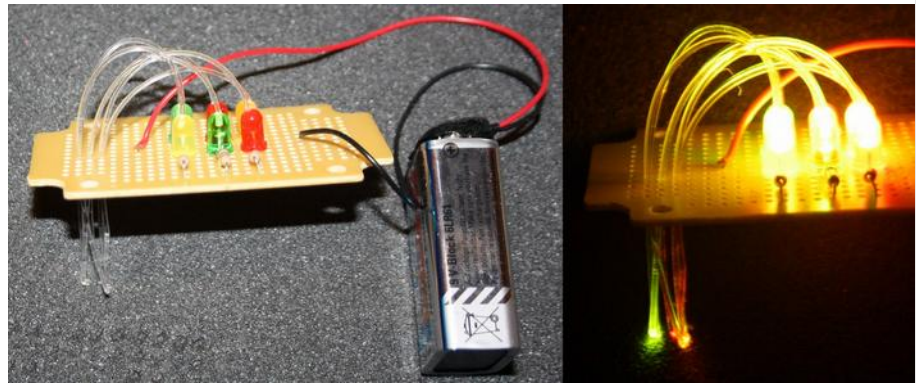
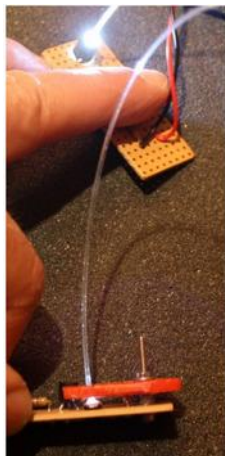
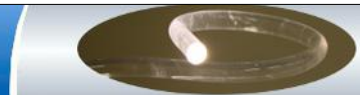


Abb. 8: Farbstrauß aus Lichtleitern, v. Harten, 04.2018

Für die Signalübertragung kann eine, über einen Taster schaltbare, LED verwendet werden. An die LED wird ein Lichtleiter befestigt. Am anderen Ende befindet sich ein Fotowiderstand, der Bestandteil einer HELL-HELL-Schaltung ist.



Sender

Empfänger

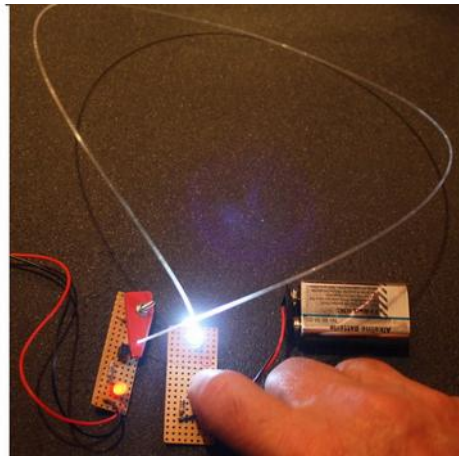


Abbildung 10: Signalübertragung mit Lichtleiter, v. Harten, 04.2018

Als Vertiefung bzw. Differenzierung wird der Aufbau aus innerem Kern und äußerem Mantel) von Lichtleitern, die in der Technik eingesetzt werden, behandelt.

Ein informatives Video kann auch eingesetzt werden:

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=AFIbY6P10mc> (abgerufen am 31.05.2018)

Zusatz:

Der Regensensor

Einige Regensensoren funktionieren optoelektronisch, d.h. Lichtreflexionen an einer Glasscheibe werden mit einer LED und einer Fotodiode gemessen.

Dazu kann ein Modellversuch aufgebaut werden.

URL: <https://www.leifiphysik.de/optik/lichtbrechung/ausblick/regensensor> (abgerufen am 18.04.2018)

Das Fermat'sche Prinzip

3. bis 6. Stunde

Als Einstieg wird zusammenfassend festgehalten:

Optische Phänomene können mit der geradlinigen Lichtausbreitung, der Reflexion und der Brechung beschrieben werden.

Es folgt eine Diskussion über die Gesetze der Lichtausbreitung.

Die Schülerinnen und Schüler kennen das Reflexionsgesetz. Für die Brechung können sie kein Gesetz angeben.

Fermat hat um 1650 ein Prinzip gefunden, dass das Verhalten des Lichts einleuchtend darstellt.

Das Fermat'sche Prinzip

Von allen möglichen Wegen, die das Licht nehmen könnte, um von einem Punkt zu einem anderen Punkt zu gelangen, nimmt es den Weg, der die kürzeste Zeit erfordert.



Das Fluchten über einen krummen Besenstiel dient als Einstieg zur geradlinigen Lichtausbreitung. Für die Schülerinnen und Schüler ist es pausibel, dass dies der schnellste Weg ist.

Fermat und die geradlinige Lichtausbreitung

Licht breitet sich von Punkt zu Punkt geradlinig aus. Dies ist der kürzeste Weg, der auch die kürzeste Zeit erfordert.

Mit einem Perspektivwechsel kann das Fermat'sche Prinzip für die Schülerinnen und Schüler anschaulicher unterrichtet werden. Wir untersuchen zuerst Laufwege an Land und im Wasser.

Ein einfacher Zugang gelingt mit einem Zeitlineal. Die benötigte Zeit kann direkt abgelesen werden.



Abb. 11: Zeitlineal, v. Harten erstellt mit Veusz 2.2.1 u. gimp 2.8.22

Zusatz:

Die Schülerinnen und Schüler erstellen ein Zeitlineal. Je nachdem, welche Kompetenzen man stärken möchte, kann dies mit Bleistift oder mit einem Computer realisiert werden.

Als nächstes wird die Reflexion mit einem Arbeitsblatt untersucht. Für vorgegebene Strecken wird der Weg mit der kürzesten Zeit ermittelt.

00_oub_kopiervorlage_zeitlineal

01_oub_ab_fermat_reflexion_zeitlineal

Einfallswinkel und Reflexionswinkel werden bestimmt und verglichen.

02_oub_ab_fermat_reflexion_winkel

Die vorgegebenen Strecken sind eine didaktische Reduktion. Alle möglichen Wege müssen untersucht werden. Als Vertiefung oder Differenzierung bietet sich hier ein geometrischer Nachweis an.

03_oub_ab_fermat_reflexion_geometrie

Fermat und die Lichtreflexion

Bei der Reflexion gilt das Reflexionsgesetz. Der Lichtweg ist der kürzeste Weg und auch der Weg mit der kürzesten Zeit.

Heron von Alexandria (Heron-Verfahren) soll schon vor 2000 Jahren gezeigt haben, dass das Licht bei der Reflexion den kürzesten Weg nimmt.

Warum formulierte Fermat sein Prinzip mit dem Weg mit der kürzesten Zeit?

Bei der Brechung wird der schnellste Weg am Beispiel Land/Wasser mit einem Zeitlineal ermittelt. Das Geschwindigkeitsverhältnis an Land und im Wasser entspricht dem Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten in Luft und Glas ($n = 1,5$).

04_oub_ab_fermat_brechung_zeitlineal

Den Schülerinnen und Schülern wird mitgeteilt, dass das Geschwindigkeitsverhältnis dem von Luft und Glas entspricht. Sie sollen den Einfallswinkel und den Brechungswinkel bestimmen und mit dem entsprechenden Brechungsdiagramm vergleichen.

05_oub_ab_fermat_brechung_winkel

06_oub_kopiervorlage_brechungsdiagramm



Fermat und die Lichtbrechung

Bei der Brechung ist der Lichtweg nicht der kürzeste Weg. Es ist der Weg mit der kürzesten Zeit.

Auch hier sind die vorgegebenen Strecken eine didaktische Reduktion. Alle möglichen Wege müssen untersucht werden. Eine exakte Herleitung (Extremwertaufgabe) ist in dieser Klassenstufe nicht möglich. Für weitere Wegberechnungen kann ein Computer eingesetzt werden.

Tabellenkalkulation

Fermat_Brechung.ods

Scratch-Programm

Fermat_Brechung.sb2

Durch Verschieben der grünen Fahne in der Mitte der Bühne kann der Einfallswinkel verändert werden (Pfeiltasten). Der Zeitmesser *i* zeigt die benötigte Zeit an. Mit der Leertaste beginnt die Zeitmessung. Auf diese Weise kann der kürzeste Weg bestimmt werden.

Zusatz:

Als Vertiefung können die Schülerinnen und Schüler den Algorithmus aufstellen und programmieren.

Anwendungen des Fermat'schen Prinzip

5. Stunde

Die Umkehrbarkeit des Lichtweges ist eine einfache Folgerung aus dem Prinzip.

Aus dem Prinzip von Fermat folgt die Umkehrbarkeit des Lichtweges.

Zwei weitere Anwendungen können mit einem Arbeitsblatt erarbeitet werden.

1.

Der Lichtweg durch einen Glaskörper mit **planparallelen Flächen** soll mit dem Prinzip qualitativ ermittelt werden.

2.

Warme Luft hat eine geringere Dichte als kältere Luft. Entsprechend größer ist die Lichtgeschwindigkeit in der wärmeren Luft. Die Schülerinnen und Schüler können mit dieser Information auch eine **Luftspiegelung** erläutern.

Den Schülerinnen und Schülern werden die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt mit der neuen Denkweise nicht leichtfallen. Ein Lehrer-Schüler-Gespräch ist eine sinnvolle Alternative.

07_oub_ab_fermat_anwendungen

Zusatz:

Aufgrund der abnehmenden Luftdichte wird die Lichtgeschwindigkeit in der Atmosphäre mit steigender Höhe immer größer. Damit lassen sich **Sonnenuntergangsphänomene** (z.B. vermeintlicher Sonnenstand) erklären.

An Hand eines **elliptischen Spiegels** mit seinen zwei Brennpunkten kann die Ellipse eingeführt werden, die eine zentrale Rolle bei den Planetenbewegungen spielt.



Die Schülerinnen und Schüler sollen nach dem Bildungsplan die **Form einer Sammellinse** mithilfe des Fermat'schen Prinzips qualitativ erklären können.

08_oub_ab_fermat_sammellinse

Hier kann man auch das Scratchprogramm fermat_sammellinse einsetzen.

fermat_sammellinse.sb2

Hier verändern die Schülerinnen und Schüler die Breite der Linsenblöcke derart, dass die Teilstrahlen sich im vorgesehenen Punkt treffen.

Ausblick

Am Ende dieser Einheit regt man eine Diskussion über das neue Konzept an.

Als Impuls kann man die These, dass alle Phänomene auch ohne Fermat erklärt werden könnten, einwerfen.

Im Gegensatz zur geometrischen Optik kann man Voraussagen über die Lichtgeschwindigkeit in verschiedenen optischen Medien machen.

Schülerfragen, woher das Licht weiß, welcher Weg der schnellste Weg ist, können hier nicht beantwortet werden. Eine Antwort dazu gibt die Quantenphysik. Die Physik bleibt für die Schülerinnen und Schüler spannend.

Andere Verfahren

Streckenmessung statt Zeitlineal

Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage über die Formel $t = \frac{s}{v}$ die Laufzeiten zu berechnen.

Scratch

Bei Scratch kann ein Objekt in eine bestimmte Richtung in x-er Schritten gehen. Die Schrittlänge ist unabhängig von der Richtung.

Am Strand kann z.B. mit 3-er Schritten und im Wasser mit 2-er Schritten gelaufen werden. D.h. die Geschwindigkeiten stehen im Verhältnis 3:2. Die Anzahl der Schritte ist damit proportional zur Zeit.

Die Schülerinnen und Schüler sollten nach dem Informatikunterricht in Klasse 7 in der Lage sein ein entsprechendes Programm zu erstellen.

Siehe Fermat_Brechung.sb2.

Tabellenkalkulation

Im Mathematikunterricht sollen die Schülerinnen und Schüler bei der Zinsrechnung eine Tabellenkalkulation verwenden. D.h. die Schülerinnen und Schüler können mit einer Tabellenkalkulation arbeiten. Sie können radizieren. Eine Rücksprache mit den Mathematiklehrerinnen und -lehrern ist zu empfehlen. Für die Streckenberechnung muss man den Satz des Pythagoras vorgeben.

Siehe Fermat_Brechung.ods.

Dynamische-Geometrie-Software

Hier bietet sich z.B. der Einsatz von Geogebra an. Für die Streckenlänge gibt es die Funktion Abstand[Punkt_1,Punkt_2].

Siehe Fermat_Brechung_Simulation.ggb.



Die Sammellinse

7. und 8. Stunde



Die Schülerinnen und Schüler sollen in einem Schülerversuch mit einer Sammellinse verschieden große Bilder erzeugen.

Bei der folgenden Besprechung werden die Begriffe Gegenstandsweite, Bildweite und Brennweite wiederholt oder eingeführt.

Im nächsten Schülerversuch werden die ausgezeichneten Strahlengänge: Mittelpunkt-, Parallel- und Brennpunktstrahl erarbeitet.

Abb.12: Linsenabbildung,

v. Harten, 04.2018

Die Bildentstehung bei einer Sammellinse

Sehr viele Strahlen, nicht nur die Hauptstrahlen, erzeugen das Bild. Siehe zum Beispiel LEIFPhysik:

URL: <https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen> (abgerufen am 28.05.2018)

Die Linsengleichung

Die Linsengleichung wird den Schülerinnen und Schülern ohne Herleitung genannt. Diese Gleichung sollen sie in einem Schülerversuch überprüfen.

09_oub_ab_linsengleichung.odt

Zusatz:

Wenn die Schülerinnen und Schüler die Strahlensätze kennen, kann die Linsengleichung hergeleitet werden.

Zuerst wird mit Hilfe des Mittelpunktstrahls der Zusammenhang zwischen Gegenstandsgröße, Bildgröße, Gegenstandsweite und Bildweite erarbeitet. Mit dem Parallel- und Brennpunktstrahl kann dann die Linsengleichung hergeleitet werden.

Siehe Erarbeitungsaufgabe:

URL: www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/optische-linsen/lb/erarbeitung-linsengleichung (abgerufen am 28.05.2018)



Optische Geräte

9. und 10. Stunde

Das Kepler-Fernrohr bietet sich zur Untersuchung an, da es zwei Sammellinsen (Objektiv, Okular) enthält und in der Astronomie eine große Rolle spielt.

Das Objektiv erzeugt ein reelles Zwischenbild, das mit dem als Lupe wirkenden Okular betrachtet wird.

Aus diesem Grund wird zuerst die Lupe behandelt. Hier bietet sich ein Schülerversuch als Einstieg an. Für die Vertiefung siehe Leifiphysik (Sehwinkel, Nahpunkt, Vergrößerung):

URL: <https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/ausblick/lupe> (abgerufen am 18.04.2018)

Bevor die Schülerinnen und Schüler ein Fernrohr aufbauen, sollen sie sich die Funktionsweise mit einer Animation erschließen:

URL: www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/ausblick/kepler-oder-astronomisches-fernrohr (abgerufen am 18.04.2018)

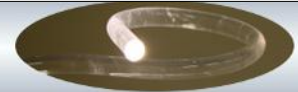
Zusatz:

Die Schülerinnen und Schüler bauen ein eigenes Fernrohr, z.B. das Baumarkt-Fernrohr.

Dafür gibt es einen Bausatz mit Linsen, Zubehör und Anleitung. Das HT-Rohr kann im Baumarkt eingekauft werden.



Abbildung 13: Baumarkt-Teleskop,
v. Harten, 04.2018



Analoge und digitale Bilderfassung

11. Stunde

Die Schülerinnen und Schüler stellen ein analoges Bild her. Dazu können sie Gegenstände oder eine Schablone auf ein Solar-Fotopapier legen. Dies kann bei gedämpftem Tageslicht geschehen, da dieses Papier nur für blaues und ultraviolettes Licht empfindlich ist. Vorsicht ist bei Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen geboten! Dann belichten sie das Fotopapier in der Sonne. Anschließend wird das Papier mit Wasser (zwei Minuten wässern) entwickelt.



Abb. 14: Solar-Fotopapier, v. Harten, 04.2018

Mit Hell-Hell-Schaltungen können die Schülerinnen und Schüler modellhaft die Funktionsweise eines Bildsensors kennenlernen. Die Hell-Hell-Schaltung wird als Blackbox eingesetzt. Fällt Licht auf den Fotowiderstand, so wird eine Spannung erzeugt, die eine LED zum Leuchten bringt.

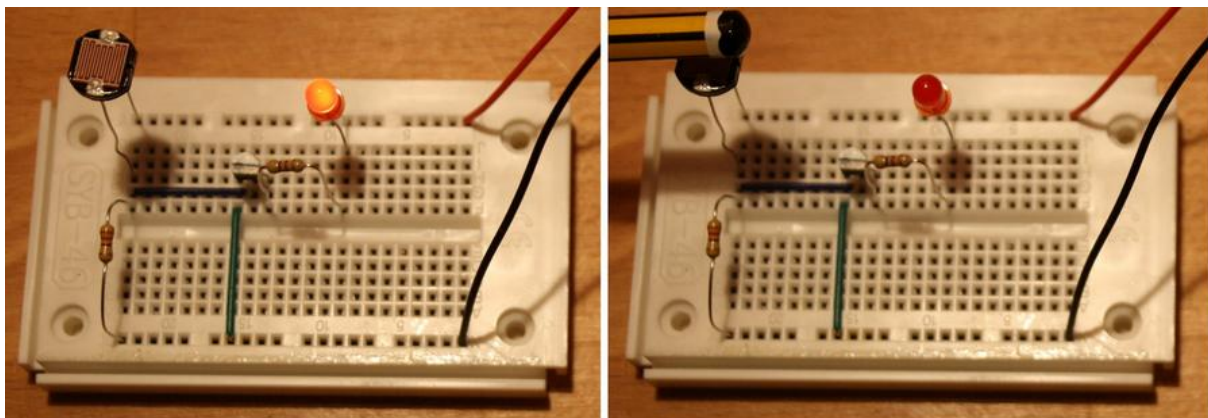


Abb. 15: Hell-Hell-Schaltung, v. Harten 04.2018

OPTIK UND BILDERFASSUNG



Mit drei Hell-Hell-Schaltungen kann ein einfacher Modellbildsensor gebaut werden. Das 3 Pixel-„Bild“ kann mit einer dreistelligen Binärzahl codiert werden. Schwarz (Dunkel) oder Weiß (Hell) muss als 1 festgelegt werden.

Der Modellbildsensor unterscheidet nur zwischen Hell und Dunkel. Grautöne und Farben kann er nicht abbilden.

Der Bildsensor (CCD) eines alten Handys kann ausgebaut und den Schülerinnen und Schülern gezeigt werden. Sie erkennen dann die Miniaturisierung.

Jetzt können die Begriffe analog (altgriechisch für „verhältnismäßig“) und digital (lateinisch *digitus* „Finger“) eingeführt bzw. wiederholt werden. Als Beispiele können analoge (stufenlose) und digitale (mit Zahlen) Anzeigen bei Messgeräten (u.a. Uhren) gewählt werden.

Ein Fotoapparat mit chemischen Film und einer mit Bildsensor werden verglichen. Die Linse (Objektiv) wird als Gemeinsamkeit zur Bildentstehung genannt. Weitere Gesichtspunkte sind z.B. die Speicherung und Bildverarbeitung.

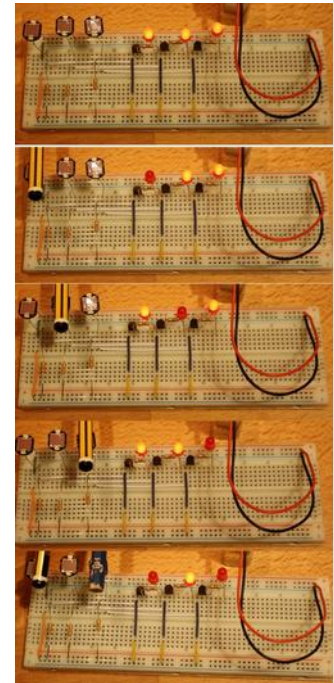


Abb. 16: Modell Bildsensor; v. Harten, 04.2018

Zusatz:

Ein 3x3 Bildsensor ist noch anschaulicher. Eine weitere Festlegung (Spalten-Zeilen) ist jetzt für die Codierung nötig.

Bildsensor

Elektronik

Monitor

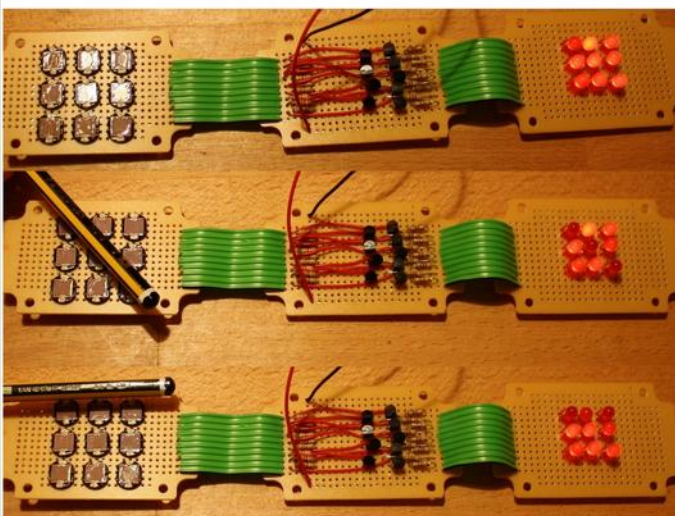
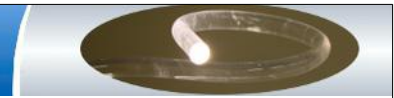
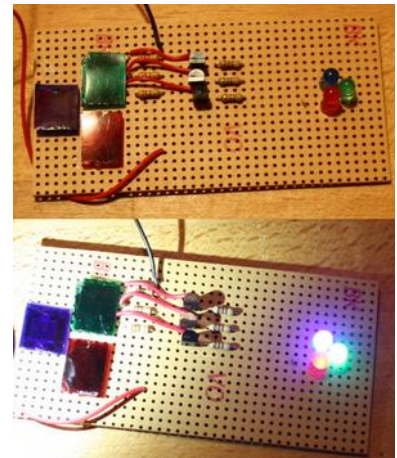


Abb. 17: Modell Bildsensor 3x3, v. Harten, 04/2018



Mit Farbfilterfolien können die Fotowiderstände überklebt werden. Mit den Folien Rot, Grün und Blau (RGB) und die entsprechenden Farb-LEDs erhält man ein Modell eines Farbbildsensors (genauer Pixel).

Z.B. leuchtet die blaue LED nur bei blauem Licht. Bei weißem Licht leuchten alle drei LEDs. Aus der Entfernung sieht dies wie weißes Licht aus.



*Abbildung 18:
Farbsensormodell, v. Harten,
04.2018*