

Barcodeleser: Demonstrationsmodell mit Diodenlaser

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Optik Elektronik	Reflexion Photohalbleiter Binärbarcode	●●	■ ■ !	- ca. 45 min. ca. 10 min.

Ziel des Experimentes ist der Aufnahmevorgang eines "echten" (hochkopierten) Barcodes mit einem Diodenlaser.

Vorbereitung

Ein Strichcode wird aus einer Papier- oder Kartonverpackung ausgeschnitten und mit einem Kopierer stark vergrößert (Breite: mindestens 40 cm). Die Kopie wird dann an einem Schirm befestigt.

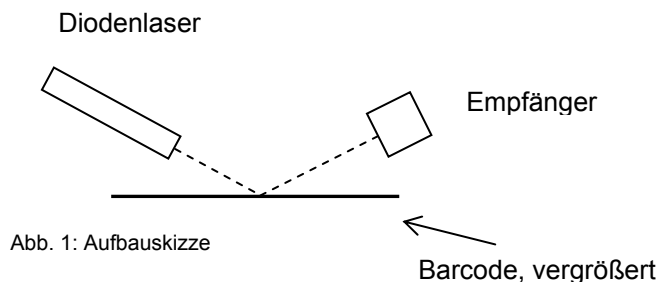


Abb. 1: Aufbauskitze

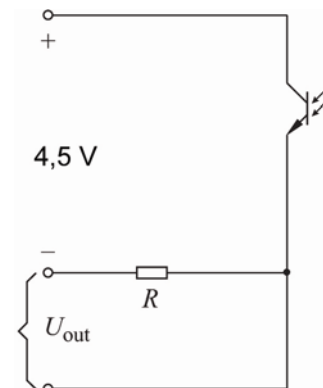


Abb. 2 Schaltskizze

Aufbau/Durchführung

Mit Hilfe von Stativmaterial wird eine Laser-Phototransistor-Einheit gebaut, deren Stativfuß fest auf eine Tischplatte gestellt wird.

Der Diodenlaser und der Phototransistor/Photowiderstand werden so ausgerichtet, dass bei Reflexion des Laserlichtbündels an einem Schirm in ca. 5 cm Entfernung maximale Intensität des reflektierten Strahls vom Phototransistor empfangen wird. Der Phototransistor selbst wird mit einem Widerstand (ca. 4,7 k Ω) in einem Stromkreis geschaltet. Die am Widerstand abfallende Spannung wird abgegriffen und an einen $x-t$ -Schreiber geführt (Digital-Multimeter mit PC-Schnittstelle).

Nun wird der Schirm mit dem daran befestigten Strichcode möglichst mit konstanter Geschwindigkeit von Hand in ca. 5 cm Abstand an der Laser-Phototransistor-Einheit vorbeigezogen, so dass der Lichtstrahl am Barcode reflektiert wird.

Der $x-t$ -Schreiber nimmt dabei die am Widerstand R abfallende Spannung in Abhängigkeit vom abgefahrenen Weg auf.

Hinweis: Die besten Ergebnisse erhält man bei abgedunkeltem Raum, weil sonst die Zimmerbeleuchtung die geringe Intensität des Diodenlasers überstrahlt. Es ist auch möglich, mit Hilfe einer Röhre aus schwarzem Bastelkarton vor dem Phototransistor, das Raumlicht auszublenden.

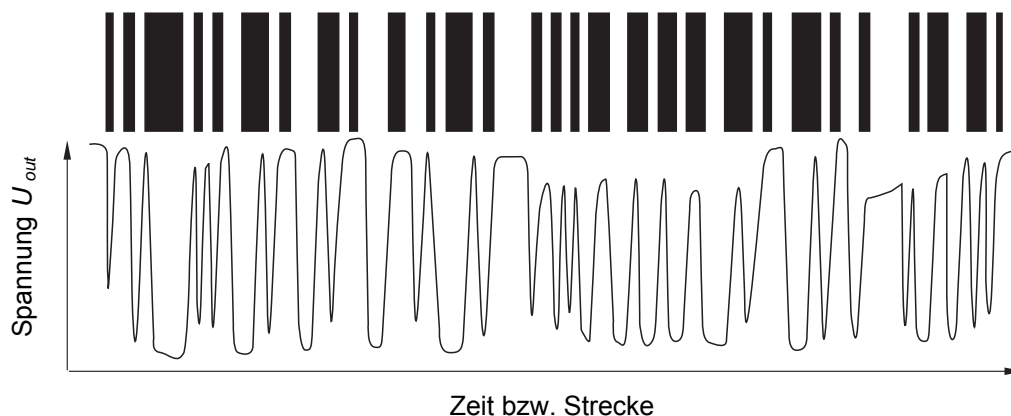


Abb. 3: Barcode (oben) und Spannungs-Weg-Diagramm (unten)

Ergebnis/Fehlerbetrachtung:

Vergleicht man das Spannungs-Weg-Diagramm des x - t -Schreibers mit dem aufgenommenen Barcode (Originalgröße DIN A4 quer), so kann man den weißen und schwarzen Balken eindeutig Spannungsmaxima und -minima zuordnen (hier: maximale Differenz ca. 60 mV), die sich in der Breite unterscheiden.

Allerdings ist beim manuellen Abfahren des Barcodes die Geschwindigkeit nicht ganz konstant, so dass Breiten von z. B. 2 und 3 Einheiten nicht genau zu unterscheiden sind. Hat man jedoch den entsprechenden Strichcode vor sich liegen, so ist die Zuordnung sehr einfach.

Variationen

Statt des Phototransistors ist auch die Verwendung eines Photoelements möglich. Als Thema für eine Facharbeit bietet sich beispielsweise an, die Streckenmessung als Spannungsmessung zu verwirklichen (z. B. mittels einer Drehspindel und eines Drehpotentiometers oder mittels eines Widerstandsdrahtes). Damit könnte ein Diagramm wie Abb. 3 präziser gemessen werden und mit Hilfe eines kleinen Computerprogramms ausgewertet werden.

Abschätzung

Benutzt man anstelle des Phototransistors ein Photoelement, so kann anhand des gemessenen Photostroms (Kurzschlussstroms) und der bekannten Leistung des Diodenlasers ($P = 1 \text{ mW}$) die Empfindlichkeit des verwendeten Photoelements für diese Wellenlänge abgeschätzt werden. (Es kann keine genaue Messung werden, weil wir die tatsächlich unbekannte Strahlungsleistung mit der bekannten elektrischen Leistung nähern). Dazu misst man den Photostrom bei direkter Einstrahlung des Diodenlasers auf das Photoelement (und nicht über Reflexion).

Für die Empfindlichkeit S gilt mit dem Photostrom I und der Strahlungsleistung P :

$$S = \frac{I}{P},$$

so dass wir erhalten:

$$S = \frac{26 \mu\text{A}}{1 \text{ mW}} = 0,0026 \frac{\text{A}}{\text{W}}.$$

Barcodeleser: Demonstrationsmodell mit Diodenlaser

Für Ganglienzellen in der Netzhaut des menschlichen Auges genügen Lichtblitze der Energie 10^{-17} Ws, um Aktionspotentiale auszulösen¹. Wenn man annimmt, dass ein Lichtblitz 10^{-4} s dauert, dann hat er eine Strahlungsleistung von 10^{-13} W. Diese Strahlungsleistung würde im Photoelement einen Strom von $2,6 \cdot 10^{-16}$ A generieren. Daran sieht man die weitaus größere Empfindlichkeit der Netzhautzellen im Vergleich zum Photoelement.

Methodische Hinweise

Das Experiment kann in unterschiedlichem Kontext angesiedelt werden. Es könnte z.B. als Anwendungsbeispiel für Halbleitertechnik dienen oder als motivierender Einstieg in das Thema Elektronik. Im Bereich der Optik veranschaulicht es anhand einer alltäglichen Technik die Reflexion und Absorption des Lichtes.

Fächerübergreifende Ansätze wären:

- Mathematik: in Verbindung mit dem Dualsystem.
- ITG/Informatik: Im Zusammenhang mit Codierung und elektronischen Informationen.
- Gemeinschaftskundliche Fächer: In Verbindung mit Rationalisierung in Einkaufszentren.

Als Schüler- und Schülerinnenexperiment ist dieser Versuch weniger geeignet, er ist speziell als Demonstrationsexperiment konzipiert (übermäßig großer Strichcode, leistungsstarker Laser usw.). Daher eignet er sich gut als Präsentation bei Projekttagen o. ä. Eine verkleinerte Variante ist ebenso möglich (siehe Versuch „Barcodeleser: Handscanner“).

Die Sicherheitsbestimmungen für den Umgang mit Lasern müssen beachtet werden.

Inbesondere muss davor gewarnt werden, dass der Strahl ins Auge trifft.

¹ Linder Biologie, Metzler, Stuttgart 1977, 18. Aufl.

Materialien

- Diodenlaser [200.2996](#) oder [107.3205](#)
- Elektronik-Stecksystem [201.0338](#)
- Komponentenstecker Dipol, leer [201.0340](#)
- Stecksocket Batteriehalter 4,5 V [201.0276](#)
- Flachbatterie 4,5 V [200.4191](#)
- Widerstand 4,7 k Ω
- Phototransistor SFH 300 – III oder Photowiderstand
- Digital-Multimeter mit Schnittstelle zum PC [104.0066](#) oder x-t-Schreiber
- Schirm oder ähnliches zum Befestigen der Strichcode-Kopie
- Strichcode-Kopie (vergrößert auf eine Breite von ca. 40 cm)

Auszug aus dem Buch:

StR B. Eckert, StD W. Stetzenbach, Prof. Dr. H.-J. Jodl:

Low Cost – High Tech Freihandversuche Physik

ISBN 3-7614-2278-4

Erschienen im Aulis Verlag Deubner GmbH & Co. KG Köln

Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung des Verlages

Ergänzende Literatur:

- R. Götz, M. Dahneke, F. Langensiepen (Hrsg.):
Handbuch des Physikunterrichtes SI, Band 4/II:
Optik, Aulis Verlag Deubner, Köln 1995
- O. E. Berge: Der Strichcode-Leser, in:
Naturwissenschaften im Unterricht, Physik Heft 66,
12, 2001 S. 19-25