

Schlagen, pumpen, hören

**Pulsmessung – ein Vorschlag
für selbstorganisiertes Lernen
von Dr. Wieland Müller.**

Das Problem: Auf der Intensivstation eines Krankenhauses muß der Puls eines Patienten ständig überwacht werden. Dafür soll eine Experimentieranordnung entwickelt werden.

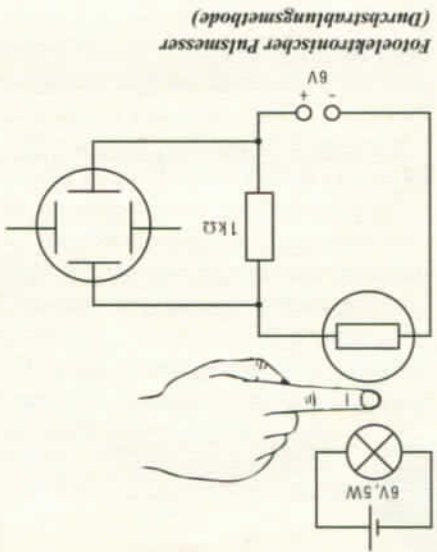
Führen Schülerinnen und Schüler in Sekundarstufe I oder II diese Aufgabe aus, so ist der erste Schritt eine Literaturrecherche. Besonders geeignet für unser Problem ist das „Kompendium Medizin und Technik“ von Horst Bley, 1994 erschienen bei der Forum Medizin Verlagsgesellschaft. In diesem Buch werden unter anderem Sensoren zur Messung von Körperereignissen vorgestellt.

Nachdem die Schülerinnen und Schüler die Ergebnisse ihrer Recherche diskutiert haben, sollen sie anhand von Leitfragen schrittweise Lösungsvorschläge entwickeln:

- Welche Körperereignisse lassen sich zur Messung des Pulses nutzen?
- Welche physikalischen Wandler eignen sich zur Erfassung dieser Körperereignisse?
- Wie sieht eine mögliche Schaltskizze aus?
- Die Antworten auf diese Fragen lauten:
Die Füllung der Blutgefäße schwankt im Takt des Pulses. Dort ist eine Pulsmessung möglich.
- Die Lichtdurchlässigkeit von Fingerkuppen und Ohräppchen ändert sich, je nachdem, wie stark sie mit Blut gefüllt sind.
- Bei lichtempfindlichen Bauelementen wie Fotowiderständen oder Fototransistoren ruhen diese Schwankungen dem Puls entsprechende Widerstands- bzw. Stromstärkeänderungen hervor. Diese können mit einem Meßgerät registriert werden.

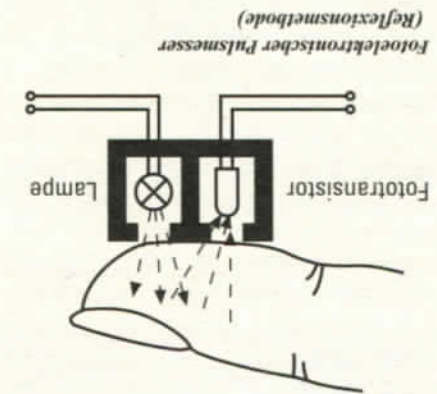
Auf welchen physikalischen Grundlagen beruhen die Lösungsvorschläge? Die Diskussion dieser Frage muß sich am Wissensniveau der Schülerinnen und Schüler orientieren. Bei fortgeschrittenen Schülern wird man ein atomistisches Modell zur Erklärung der Vorgänge bei der Belichtung des Fotowiderstandes und des Fototransistors wählen, bei den anderen dagegen eher phänomenologisch vorgehen.

Dann setzen die Schülerinnen und Schüler ihre Überlegungen in die Praxis um: Sie bauen einen kontinuierlichen Pulsfrequenzmesser mit Materialien aus der Physikkassammlung. Nach einigem Probieren könnte dabei diese Versuchsanordnung herauskommen:



Legt man das Signal an den y-Eingang eines Oszilloskops, erhält man ein im Herzrhythmus pulsierendes Signal. Neben dem Fotowiderstand eignet sich für diese Schaltung auch ein Fototransistor.

Für leistungsstarke Schüler gibt es eine Zusatzaufgabe: Sie können eine Schaltskizze zur kontinuierlichen Pulsmessung mit Hilfe eines piezoelektrischen Wandlers anfertigen.



**Physikalische Aufgaben zum
kontinuierlichen Blutstrom
von Prof. Dr. Frank Bittmann.**



Das Herz arbeitet im Zweierakt: Auf die Austreibungsphase (Systole) folgt die Erschlaffungsphase (Diastole), in der sich die Herz- und Kammer wieder füllen. Während in der Systole der Überdruck 120 mm Hg oder mehr beträgt, fällt der Druck bei der diastolischen Ruhephase in der linken Herzkammer, die den Körperkreislauf versorgt, auf Null zusammen. Muß das Herz mit jedem Schlag fünf Liter Blut immer aufs neue beschleunigen und abbremsen? Oder gibt es einen biologischen Trick, der dieses physikalische Problem löst? Fließt eine Flüssigkeit durch ein starres Rohrsystem, unterliegt sie dem Hagen-Poiseuilleschen Gesetz:

$$V = \frac{R}{\Delta p}$$

Wird R als Gefäßwiderstand in V eingesetzt, ergibt sich folgende Formel:

$$V = \frac{\Delta p \cdot r^4}{8 \cdot l \cdot \eta}$$

V ist das strömende Flüssigkeitsvolumen pro Zeiteinheit, Δp die Druckdifferenz zwischen arteriellem und venösem Blut, r ist der Gefäßradius, l die Gefäßlänge und η die Viskosität des Blutes. Nach dieser Formel erhöht sich bei zunehmender Länge des Rohrsystems die erforderliche Pumpleistung. Sie nimmt auch zu, wenn der Querschnitt der Röhre fälschlicherweise vermindert wird oder die Viskosität des flüssigen Mediums ansteigt.

Experiment

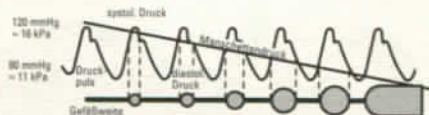
Ein Gefäß mit Abfluß am Boden wird mit Wasser gefüllt. Das Wasser wird abgelassen, die dafür erforderliche Zeit gemessen. Anschließend den Vorgang wiederholen: Dieses Mal erhält der Abfluß einen anderen Durchmesser. Welcher mathematische Zusammenhang besteht zwischen Abflußzeit und Durchmesser? Den Versuch mit verschiedenen langen Schläuchen durchführen!

Nun ist Blut ein ganz besonderer Saft, der sich von anderen Flüssigkeiten unterscheidet: Blut kann seine Konsistenz und damit seine Fließeigenschaften durch gerinnungsfördernde und gerinnungshemmende Prozesse verändern. Zudem enthält es mit den Blutkörperchen feste Bestandteile. Die sind oft „dicker“ als die Durchmesser kleiner Gefäße, passen sich aber an, indem sie ihre Form verändern. Die Folge: Blut fließt in laminarer Strömung, das heißt, die inneren Teile der Blutsäule fließen schneller als die äußeren an der Gefäßwand. Das ist sehr ökonomisch, denn bremsende Einflüsse werden minimiert. Dazu kommt, daß die Gefäßwände nicht starr, sondern elastisch sind. Dadurch wird der diskontinuierliche Blutstrom geglättet.

Die während der Systole vom Herzen erzeugte kinetische Energie des Blutes wird zu einem Teil durch die Vorspannung der elastischen Fasern der Gefäßwand aufgenommen. Sie liegt damit zunächst in potentieller Form vor. Gleichzeitig erweitern sich die Gefäße und bewältigen ein größeres Blutvolumen. Die so gespeicherte mechanische Energie wird während der Diastole, in der vom Herzen keine Druckerarbeit geleistet wird, wieder freigegeben. Die vorgespannten Fasern in den Arterien ziehen sich passiv zusammen, die potentielle Energie wird frei, das gespeicherte Blut

kommt in Umlauf. Der Blutdruck wird also während der Diastole aufrecht erhalten – wenn auch in vermindertem Umfang. Dieses Prinzip entlastet das Herz: Es muß die Blutsäule nicht wieder neu beschleunigen, sondern nur dafür sorgen, daß die Zirkulation in Gang bleibt.

Die indirekte Methode der Blutdruckmessung nutzt diese physiologische Besonderheit. Mit der Oberarmmanschette wird dem auf der Gefäßwand lastenden Druck von außen Druck entgegengesetzt – so viel, bis die Arteria brachialis völlig komprimiert ist. Im handnahen Bereich ist dann kein Puls mehr zu spüren. Läßt man nun geringfügig Druck ab, breiten sich die systolischen Spitzen wieder in Richtung Unterarm aus: Das ergibt den oberen systolischen Blutdruckwert. Verringert sich der Druck durch die Manschette weiter, öffnet sich die Arterie vollständig. Das Blut fließt wieder kontinuierlich. Auf dem Gerät ist der diastolische Druck abzulesen.



Indirekte Blutdruckmessung nach Riva-Rocci und Korotkoff

Aufgaben

- Mit einem Blutdruckmesser soll der eigene Blutdruck gemessen werden. Wie wird er erfaßt? Was besagen die beiden Werte?
- Mit zunehmendem Alter nimmt die Elastizität der großen Gefäße ab. Was bedeutet das für den Blutdruck und die Herzbelastung?
- Warum wird der Blutdruck etwa in Höhe des Herzens gemessen?
- Warum besitzt der linke Teil des Herzens mehr Muskelmasse als der rechte?

Experimente zu den Grenzen menschlichen Hörens von Dr. Rolf Winter

Die Leistungsfähigkeit des Ohrs ist groß: Es kann Schallsignale mit einem Schalldruck von $2 \cdot 10^{-5}$ Pa noch wahrnehmen (Hörschwelle) und überstreicht bis zur Schmerzgrenze sechs Zehnerpotenzen des Schalldrucks. Diese und andere physikalische Besonderheiten lassen sich in einfachen Experimenten eindrucksvoll demonstrieren.

- Das subjektive Lautstärkeempfinden hängt nicht linear von der Reizstärke (Schallintensität) des akustischen Ereignisses ab.

Naturwissenschaftlicher Unterricht mal anders: „Projekt Naturwissenschaften“

Naturwissenschaften projektorientiert und fächerübergreifend zu unterrichten, wird in den meisten Bundesländern zunehmend zum Thema. Die passenden Materialien für Ihren Unterricht bieten wir Ihnen mit der Reihe „Projekt Naturwissenschaften“.

Die Hefte sind so angelegt, daß Ihre Schülerinnen und Schüler immer die Möglichkeit haben, sich auf Einzelaspekte einzulassen: Sie finden vielfältige Bezüge zum Alltag, zur Lebenswelt, zur Freizeit und zum Beruf.

Die wichtigsten Merkmale der Reihe „Projekt Naturwissenschaften“:

- Ein kommentiertes Inhaltsverzeichnis stellt jedes Thema mit Zeichnung, Thementaufstellung und kurzer Inhaltsangabe vor. Je nach Interessenlage können sich Ihre Schülerinnen und Schüler dann für ein Thema entscheiden.
- Jedes Thema wird auf einer Doppelseite abgeschlossen behandelt.
- Zur Motivation und als Anregung für Vorgehensweise, Auswertung und Dokumentation finden Sie Projektbeispiele, die tatsächlich von Schülern durchgeführt worden sind.
- Ein Lexikon mit Fachbegriffen befindet sich am Ende der Hefte.

Die Hefte der Reihe eignen sich zum Einsatz in allen Schularten.

Projekt Naturwissenschaften Wetter und Klima

Klettbuch 077562, DM 11,20 €

Lehrerkommentar

Klettbuch 077572, DM 8,80 €

NEU

Fortbewegung

Klettbuch 077561, DM 11,20 €

Lehrerkommentar

Klettbuch 077571, Februar 1996

