

Steuern und Regeln – Grundlagen der Elektronik verstehen

Doris Walkowiak, Görlitz

Wie funktioniert eine Solarleuchte?

Wer schaltet eigentlich die Straßenbeleuchtung jeden Abend an und morgens wieder aus?

Was ist das Besondere an einer Heizungssteuerung?

Und warum ändert mein Handy-Display seine Helligkeit, wenn die Sonne darauf scheint?

All dies ist eng mit den Begriffen „Steuern“ und „Regeln“ verbunden. Aber was ist das eigentlich? Worin besteht der Unterschied zwischen diesen beiden Begriffen und wie lassen sich solche Vorgänge mit einfachen elektronischen Schaltungen nachvollziehen?



I/D

Foto: D. Walkowiak

Heute hat fast jeder Schüler ein Smartphone.

VORANSICHT

Hoher Alltagsbezug
und Praxisnähe!

Der Beitrag im Überblick	
<p>Klasse: 9/10</p> <p>Dauer: 2 Doppelstunden 7 Einzelstunden</p> <p>Ihr Plus:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Farbfolie Solarzelle auf CD-ROM 45 ✓ Farbfolie Anwendungen (M 2) ✓ PowerPoint-Präsentation „Steuern und Regeln“ auf CD-ROM 45 	<p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diode und Transistor auf CD-ROM 45 (Beitrag „Halbleiter“ zur Wiederholung (25. EL; Nov. 2011)) • Solarzellen • Steuern und Regeln in elektronischen Schaltungen

Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Fachliche Hintergrundinformation

Die Welt der Elektronik befindet sich im Umbruch. Dioden und Transistoren sind schon lange bekannt, aber in zunehmendem Maße werden moderne Formen der Leuchtmittel unser Leben bestimmen. Schnell hat sich gezeigt, dass Energiesparlampen, welche auf dem Prinzip der Leuchtstoffröhren basieren, nicht zukunftsfähig sind, da sie die Umwelt stark belasten. Aber welche Technologie ermöglicht es, sowohl energiesparend als auch ressourcenschonend unsere Umgebung zu erhellen? Dazu gehören effiziente Steuerungs- und Regelungsprozesse, die eine optimale Energieausbeute ermöglichen. Einige grundlegende Beispiele sollen hier genauer untersucht werden.

Messen, Steuern und Regeln – unsere **PowerPoint-Präsentation auf CD-ROM 45** erklärt die Begriffe und zeigt Ihren Schülern anhand von Beispielen, wo diese Begriffe in der Praxis eine Rolle spielen (Klimaanlage in einem Auto). Außerdem werden die Aufgaben und Arten von **Sensoren** erläutert (Beispiel: Auto). Assistenzsysteme beim Auto (ABS, ESP, Spurhaltesystem, Tempomat, DISTRONIC und Intelligent Light System) bilden den dritten thematischen Schwerpunkt der PowerPoint-Präsentation.

Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden grundlegende Kenntnisse über **Leitungsvorgänge in Halbleitern**. Die Schüler sollten wissen, wie man in Halbleitern zusätzliche freie Ladungsträger erzeugen kann (Wärme, Licht, ...) und was man unter n- und p-Leitung versteht. Für das Verständnis der Anwendungsbeispiele ist es wichtig, dass sie den grundlegenden Aufbau und die Funktionen von **Diode** und **Transistor** kennen. Alle vorausgesetzten Kenntnisse finden Sie im Beitrag „Halbleiter“ auf **CD-ROM 45**.

Technische Anforderungen

Die dargestellten Experimente wurden mit in der Schule gebräuchlichen Experimentiergeräten getestet. Sinnvoll ist der Einsatz eines **Experimentierkastens zur Elektronik**, wie er bei diversen Anbietern für Schulausstattung, aber auch in Spielzeugläden zu bekommen ist. Für das selbstständige Experimentieren der Schüler zu Hause ist auch das in der Mediathek erwähnte **Lernpaket** (erster Eintrag) geeignet, welches viel Raum für weitere forschende Aufgaben lässt. Für den Unterricht ist dieses Lernpaket allerdings nicht empfehlenswert, da durch die Größe der Experimentierplatte (5 cm x 9 cm) der Aufbau der Schaltungen viel Fingerspitzengefühl verlangt und es nicht möglich ist, während des Unterrichtsgeschehens etwas komplexere Schaltungen zu überprüfen und eventuelle Fehler zu finden.

Lehrplanbezug

Laut den Lehrplänen der verschiedenen Bundesländer¹ sind ab Klasse 9 Grundlagen der Elektronik zu vermitteln. In Bayern beispielsweise steht die Behandlung von Diode und Transistor im Profilbereich „Halbleiter und Mikroelektronik“, Steuern und Regeln taucht unter dem Punkt „Transport und Verkehr“ auf.² Im Lehrplan Rheinland-Pfalz heißt es, dass „Physikalische Grundprinzipien alltäglicher Technik“ vermittelt werden sollen. In Hamburg sind „Elektrizität“ und „Energie“ verbindliche Inhalte.

¹ <https://www.kmk.org/dokumentation-und-statistik/rechtsvorschriften-lehrplaene/uebersicht-lehrplaene.html>

² Bayern: <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438>

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

M 1	Ab, Fo	Steuern und Regeln – was ist der Unterschied?	
M 2	Fo	Steuer- und Regelsysteme in der Praxis	
CD-ROM 45		Durchlassen oder sperren? – Die Halbleiterdiode	
CD-ROM 45		Schalten oder nicht? – Der Transistor	
M 3	Ab	Licht an! – Die Funktionsweise einer Solarzelle verstehen	
CD-ROM 45		Die Solarzelle	
CD-ROM 45 (SV)		Wenn es Nacht wird in der Stadt – Dämmerungsschaltung	
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> Transistor (npn)	<input type="checkbox"/> Spannungsquelle
	⌚ D: 30 min	<input type="checkbox"/> Glühlampe (3,5 V)	<input type="checkbox"/> Fotowiderstand
		<input type="checkbox"/> Widerstand (1,8 kΩ)	<input type="checkbox"/> Kabel
		<input type="checkbox"/> Taschenlampe o. Ä.	
M 4	SV	Wir speichern das Sonnenlicht	
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> LED (rot)	<input type="checkbox"/> Solarmodul (ca. 2,5 V)
	⌚ D: 35 min	<input type="checkbox"/> Widerstand (100 Ω)	<input type="checkbox"/> Diode
		<input type="checkbox"/> Taschenlampe o. Ä.	<input type="checkbox"/> 2 Kondensatoren (z. B. zweimal 4700 µF)
		<input type="checkbox"/> Kabel	
M 5	SV	Wer wird sich denn im Dunkeln fürchten? – Nachtlcht	
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> Transistor (npn)	<input type="checkbox"/> 2 Solarmodule (je ca. 2,5 V)
	⌚ D: 25 min	<input type="checkbox"/> LED (rot)	<input type="checkbox"/> Diode (1N4148)
		<input type="checkbox"/> 2 Widerstände (100 kΩ; 1 kΩ)	<input type="checkbox"/> 2 Kondensatoren (z. B. 1000 µF; 4700 µF)
		<input type="checkbox"/> Taschenlampe o. Ä.	<input type="checkbox"/> Kabel
M 6	SV	Lange Leitung	
	⌚ V: 20 min	<input type="checkbox"/> LED (rot)	<input type="checkbox"/> 2 Solarmodule (je ca. 2,5 V)
	⌚ D: 20 min	<input type="checkbox"/> Widerstand (100 Ω)	<input type="checkbox"/> 2 Transistoren (npn)
		<input type="checkbox"/> Widerstand (10 kΩ)	<input type="checkbox"/> Kondensator (z. B. 47 µF)
		<input type="checkbox"/> Taschenlampe o. Ä.	<input type="checkbox"/> Kabel

I/D

Minimalplan

Ist die Zeit knapp, so behandeln Sie nur die Funktionsweise einer Halbleiterdiode bzw. die eines Transistors (Materialien auf der **CD-ROM 45**). Alternativ können Sie sich auch auf die Behandlung der Solarzelle (**M 3** und **M 4**) beschränken.

M 1 Steuern und Regeln – was ist der Unterschied?

Erste **Steuerungsmechanismen** gab es schon in der Antike. Der griechische Erfinder **Heron von Alexandria** (ca. 20–62 n. Chr.) beschrieb bereits eine Türsteuerung, bei der sich durch Entzünden eines Feuers die Tempeltür öffnet.

Im Keller des Tempels wird Luft in einem hohlen und luftdichten Altar durch ein Feuer erwärmt. Diese dehnt sich aus und drückt Wasser in einen Behälter. Der langsam schwerer werdende Behälter zieht an Seilen, die an den Achsen der Türen befestigt sind, und öffnet so die Türen.

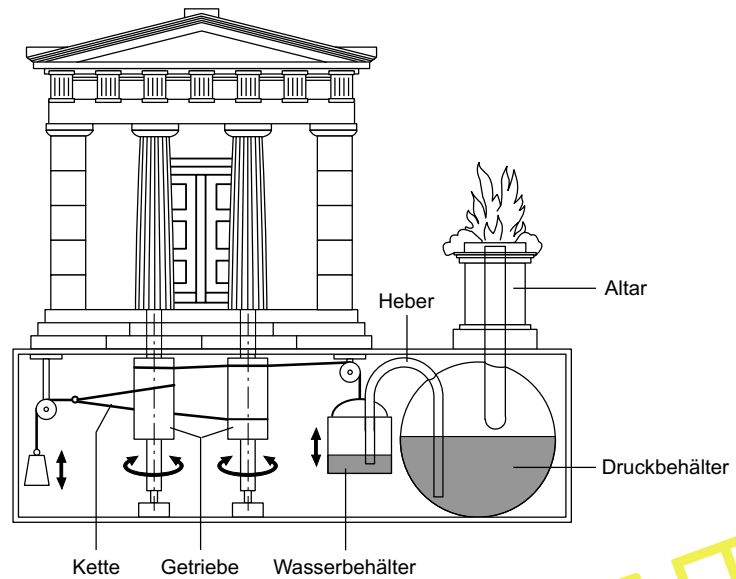


Bild: <http://www.crossingselves.ch/snrm/seminar/rechnergeschichte/androiden.htm>

I/D



Historische Dampfmaschine

Aufgaben

1. Wo spielt Steuern und Regeln in der Praxis eine Rolle? Nenne Beispiele. Wie lassen sich die Beispiele einordnen?

Tipp Betrachte u. a. folgende Beispiele (Folie M 2).

Handy-Display, Heizungssteuerung, Temperaturregelung im Auto, Straßenbeleuchtung, Bewegungsmelder, Navigationssystem, Fliehkraftregler, Pkw-Lenkrad, Tempomat, CPU-Lüfter, Bügeleisen, Lautstärkeinstellung, Kühlschrankschranktemperatur

2. Unterscheide die Begriffe „Steuern“ und „Regeln“. Erläutere sie jeweils an einem Beispiel.

Zur Erfassung der Regelgröße dienen häufig **Sensoren**. Sie spielen insbesondere in der **Fahrzeugtechnik** eine große Rolle und werden hier im Zusammenhang mit Assistenzsystemen verwendet.

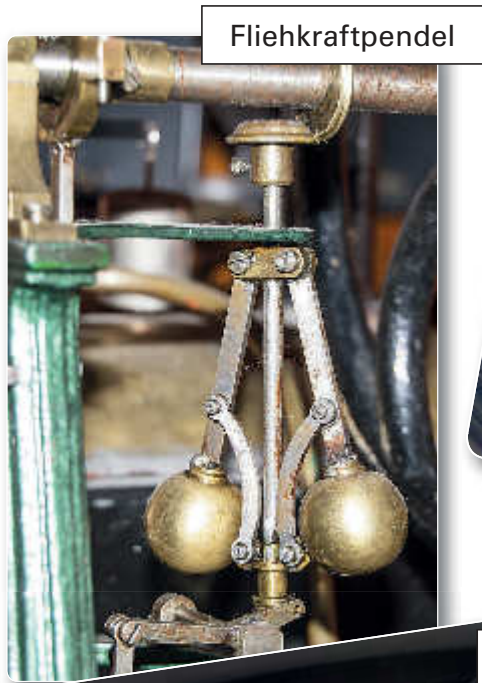
3. Erläutere zwei Assistenzsysteme im Auto. Welche Sensoren kommen dabei zum Einsatz?

Beim Aufbau von Regelkreisen spielen elektronische Bauelemente eine große Rolle.

4. Wiederhole grundlegende Eigenschaften von **Halbleitern**.

Tipp Beitrag „Halbleiter“ auf **CD-ROM 45**.

M 2 Steuer- und Regelsysteme in der Praxis



Fliehkraftpendel



Kühlschranktemperatur



Tempomat



Handy-Display



Navigationssystem



Einparkhilfe



Lautstärkeeinstellung

VORANSICHT

I/D

Fotos: D. Walkowiak

M 3 Licht an! – Die Funktionsweise einer Solarzelle verstehen

Aufgaben

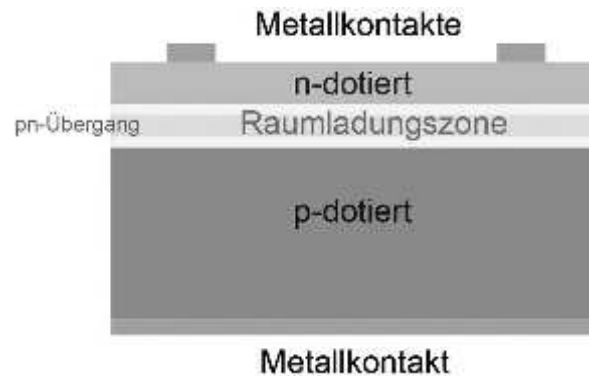
1. Informiere dich zum Aufbau und zur Funktionsweise von Solarzellen.

Aufbau:

Eine Silizium-Solarzelle besteht aus einer ca. 0,3 bis 0,6 mm dicken p-dotierten Si-Schicht und einer nur ca. 0,0002 mm ($0,2 \mu\text{m}$)³ dicken n-dotierten Schicht.

Die n-dotierte Schicht muss so dünn sein, damit das einfallende Licht bis in den pn-Übergang gelangen kann.

Auf der Oberseite der Solarzelle befindet sich der Minuspol, an der Unterseite der Pluspol.



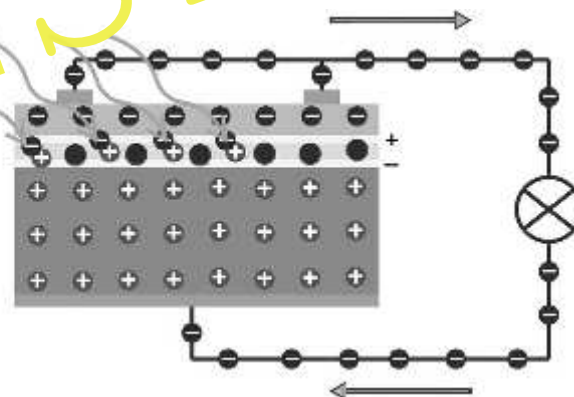
2. Fülle folgenden Lückentext aus.

Funktionsweise:

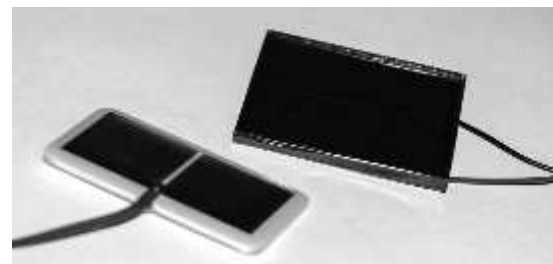
An der Grenzschicht zwischen n- und p-Schicht diffundieren die _____ in die n-Schicht und die _____ in die p-Schicht. Dadurch entsteht eine an freien Ladungsträgern verarmte _____. In dieser bildet sich ein _____ Feld.

Trifft Licht in die _____, werden die negativen _____ aus den _____ dann entstehenden _____ Löchern gerissen.

Die Elektronen bewegen sich zur positiven Raumladung im ____-dotierten Bereich, die positiven Löcher zur negativen Raumladung im ____-dotierten Bereich. Es entsteht an den Metallkontakten eine _____.



3. Wie kann die von einer Solarzelle erzeugte Spannung bzw. Stromstärke erhöht werden?



Zwei Solarzellen

Foto: D. Walkowiak

³ <http://www.renewable-energy-concepts.com/?id=658>

M 6 Lange Leitung

Untersuche die Wirkungsweise einer Langzeitschaltung!

Schülerversuch

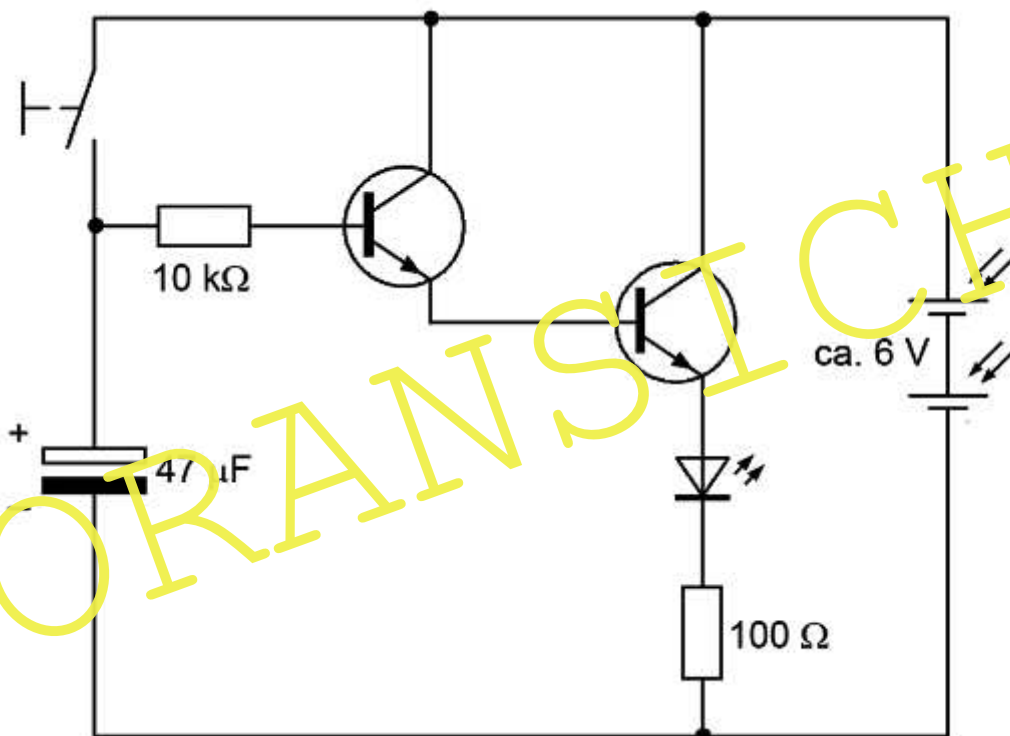
⌚ Vorbereitung: 20 min

Durchführung: 20 min

Materialien

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> LED (rot) | <input type="checkbox"/> 2 Solarmodule (je ca. 2,5 V) |
| <input type="checkbox"/> Widerstand (100 Ω) | <input type="checkbox"/> 2 Transistoren (npn) |
| <input type="checkbox"/> Widerstand (10 k Ω) | <input type="checkbox"/> Kondensator (z. B. 47 μ F) |
| <input type="checkbox"/> Taschenlampe o. Ä. | <input type="checkbox"/> Kabel |

Versuchsaufbau



Versuchsdurchführung

1. Baue die Schaltung auf und lasse sie von deiner Lehrkraft kontrollieren. Achte auf die Polung des Elektrolytkondensators!
2. Beleuchte die Solarzelle und betätige anschließend den Taster. Halte diesen einige Sekunden lang gedrückt, bis die LED ihre maximale Helligkeit erreicht hat.
3. Lass nun den Taster wieder los und beobachte.

Auswertung

1. Beschreibe und erkläre deine Beobachtung.

Erläuterungen und Lösungen

M 1 Steuern und Regeln – was ist der Unterschied?

■ Aufgabe 1 dient zunächst einmal dazu, den Schülern anhand von **Praxisbeispielen** einen Einstieg in die Thematik zu ermöglichen. Dabei ist eine saubere Trennung der Begriffe „Steuerung“ und „Regelung“ noch nicht erforderlich. Es ist allerdings sinnvoll, an ausgewählten Beispielen schon auf die Unterschiede hinzuweisen, um diese dann in Aufgabe 2 genauer zu besprechen und an Beispielen zu erläutern. Zur Wiederholung der Eigenschaften von Halbleitern können die Materialien des Raabits-Beitrags **„Halbleiter – moderne Technik vielfältig angewendet“** (RAAbits Physik, 25. EL, Nov. 2011) genutzt werden. Die Lösungen dazu sind in Kurzform im Folgenden noch einmal aufgeführt.

Lösungen

2. zum Beispiel

- Steuerung der Display-Helligkeit; fest oder automatisch → Steuerung bzw. Regelung
 - Temperaturregelung Heizung mit und ohne Messung der Außen-/Raumtemperatur, Temperaturregelung Auto (Klimaautomatik oder einfache Steuerung),⁴
 - Bewegungsmelder → Steuerung
 - Pkw-Lenkrad → Steuerung, bei Beachtung des Kurvenverlaufes Regelung durch den Fahrer. Bei sog. autonomen Fahrzeugen ist es eine echte Regelung.
 - Wahl der Geschwindigkeit beim Auto; Gaspedal, Tempomat → Steuerung bzw. Regelung
 - CPU-Lüfter; bei älteren Geräten → Steuerung; bei modernen Notebooks temperaturabhängig → Regelung
 - Bügeleisen → Regelung, sog. Zweipunktregelung
 - Lautstärkeinstellung → Steuerung
3. siehe Beispielpräsentation auf der CD-ROM 45
4. siehe Beispielpräsentation auf der CD-ROM 45
5. Eigenschaften von Halbleitern: siehe CD-ROM 45, I/D Reihe 17 Beitrag „Halbleiter“

M 3 Licht an! – Die Funktionsweise einer Solarzelle verstehen

■ Aufgabe 1 können Sie als **Schülervortrag** vergeben. Der Lückentext wird dann zur **Ergebniskontrolle** genutzt.

Lösungen

2. Funktionsweise: An der Grenzschicht zwischen n- und p-Schicht diffundieren die Löcher in die n-Schicht und die Elektronen in die p-Schicht. Dadurch entsteht eine an freien Ladungsträgern verarmte Raumladungszone. In dieser bildet sich ein elektrisches Feld. Trifft Licht in die Raumladungszone, werden die negativen Elektronen aus den dann entstehenden positiven Löchern gerissen.
- Die Elektronen bewegen sich zur positiven Raumladung im n-dotierten Bereich, die positiven Löcher zur negativen Raumladung im p-dotierten Bereich. Es entsteht an den Metallkontakten eine Spannung.
3. Die Spannung kann durch Reihenschaltung mehrerer Solarzellen erhöht werden, die Stromstärke durch Parallelschaltung.

⁴ Straßenlaterne; zeitabhängig oder helligkeitsabhängig → Steuerung bzw. Regelung (Bei einem starken Unwetter, wenn es sehr dunkel wird, gehen zum Teil auch tagsüber die Straßenlaternen an; ist aber recht teuer!)