



**SCHOOL-SCOUT.DE**

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Der Transistor als Schalter*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



## Der Transistor als Schalter – ein experimenteller Zugang

Axel Donges, Isny im Allgäu

Unser moderner Alltag ist heute ohne Transistoren nicht mehr denkbar. Doch wie funktioniert ein Transistor?

In diesem Beitrag untersuchen Ihre Schüler den Transistor auf experimentellem Wege.



© Viabo/Shutterstock

I/D

Abb. 1: Ein diskret aufgebauter Transistor

Jährlich werden weltweit  
so viele Transistoren hergestellt,  
wie es Sterne im Weltall gibt.<sup>1</sup>

Der Beitrag im Überblick	
<p><b>Klasse:</b> 9/10</p> <p><b>Dauer:</b> 7 Stunden</p> <p><b>Ihr Plus:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aktuelles Thema</li> <li>✓ Theoretischer Hintergrund zur Frage, wie ein Transistor funktioniert, auf <b>CD-ROM 41</b></li> <li>✓ Excel-Datei mit Messdaten und Kurven auf <b>CD-ROM 41</b></li> </ul>	<p><b>Inhalt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentelle Erarbeitung der Funktionsweise eines Transistors</li> <li>• Praktisches Anwendungsbeispiel</li> </ul>

<sup>1</sup> [http://www.mpg.de/445792/forschungsSchwerpunkt?c=166434&force\\_lang=de](http://www.mpg.de/445792/forschungsSchwerpunkt?c=166434&force_lang=de)

## Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Das Wort **Transistor** leitet sich von dem englischen **transfer resistor** ab. Dieser Ausdruck beschreibt einen elektrischen Widerstand, der durch eine elektrische Spannung bzw. einen elektrischen Strom gesteuert werden kann. Der Transistor ist somit ein elektronisches Bauteil, das Ströme verstärkt und damit auch zum Ein- und Ausschalten von elektrischen Strömen geeignet ist. Gegenüber einem mechanischen Schalter lassen sich Ströme ohne bewegliche mechanische Teile schnell schalten.

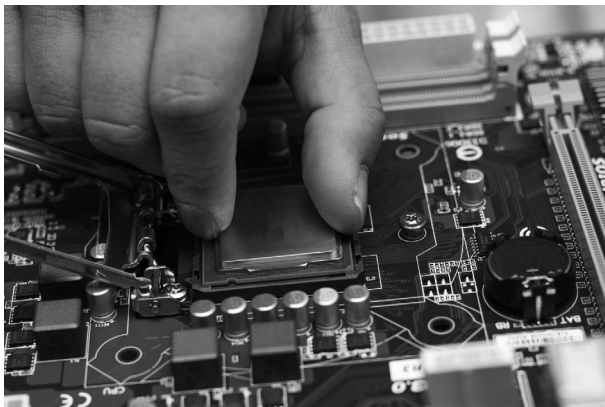
Abb. 1 zeigt einen einzelnen (diskreten) Transistor. Der Durchmesser des Transistors beträgt nur wenige Millimeter. Charakteristisch sind seine drei „Beinchen“ (elektrische Anschlüsse).



© vlabo/Shutterstock

Abb. 1: Ein diskret aufgebauter Transistor

Einzelne diskrete Transistoren spielen in der praktischen Anwendung kaum eine Rolle. Meist findet man eine große Anzahl von Transistoren bei integrierten Schaltungen. Abb. 2 zeigt als Beispiel eine CPU, das Rechenzentrum eines PCs. Auf solchen Prozessoren sind heutzutage mehrere Milliarden Transistoren auf wenigen Quadratzentimetern Fläche integriert.



© Shahrii KHMD/Shutterstock

Abb. 2: Eine CPU wird auf das Motherboard eines PCs gesteckt.

### Geschichtlicher Hintergrund

Anfang des 20. Jahrhunderts wurden zur Stromverstärkung und zum Schalten von Strömen **Elektronenröhren** eingesetzt. Abb. 3 zeigt als Beispiel eine Elektronenröhre in einem alten Röhrenradio.



© iStock/Thinkstock

Abb. 3: Elektronenröhre in einem alten Röhrenradio

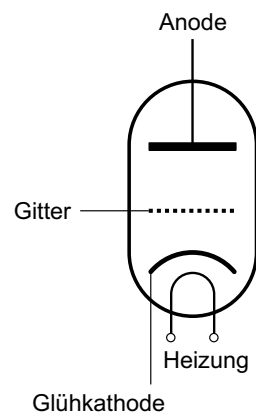


Abb. 4: Schematische Darstellung einer Triode

Eine einfache Elektronenröhre ist die sog. **Triode** (Abb. 4 auf der vorherigen Seite). Sie besteht aus einer Glühkathode und einer Anode. Die Elektronen, die aus der geheizten Kathode austreten, wandern zur Anode, da zwischen Anode und Kathode eine Spannung/ ein elektrisches Feld liegt. Dieser Strom kann mithilfe einer weiteren Elektrode – dem sog. Gitter – gesteuert werden.

Die Elektronenröhren verschafften der Nachrichtentechnik ihren technologischen Durchbruch. Aber auch für den Bau von Rechnern wurden Elektronenröhren eingesetzt. So arbeitete einer der ersten Großrechner *ENIAC* in den USA im Jahr 1946 mit über 14 000 Elektronenröhren.

Der Einsatz von Elektronenröhren ist mit Nachteilen verbunden. Röhren sind empfindlich gegenüber Stößen, und ihre Lebensdauer ist auf einige wenige Jahre beschränkt. Außerdem haben selbst kleine Röhren ein Volumen von mehreren Kubikzentimetern und benötigen mehr als ein Watt Leistung für die Heizung. Werden mehrere Röhren auf engem Raum eingesetzt, so entwickeln diese eine beachtliche Wärme, welche die Lebensdauer der Röhren zusätzlich verkürzt.

Diese Nachteile der Röhren ließen die Physiker und Ingenieure nach Alternativen suchen. Sie entwickelten den Transistor, der wie eine Röhre eingesetzt werden konnte. 1948 wird allgemein als das Jahr angesehen, in dem der Transistor erfunden wurde. Beteiligt an der Erfindung waren **William Shockley**, **John Bardeen** und **Walter Brattain**. Sie erhielten dafür 1956 den Nobelpreis für Physik.

In den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelte sich ein Wettlauf zwischen den Röhren und den neu entwickelten Transistoren. 1962 wurden weltweit erstmals mehr Transistoren als Röhren hergestellt. Heute werden Elektronenröhren nur noch selten eingesetzt. Sie wurden von den Transistoren verdrängt. Momentan werden weltweit jährlich so viele Transistoren hergestellt, wie es Sterne im Weltall gibt.

### Transistortypen – ein kurzer Überblick

Es gibt zwei wichtige Gruppen von Transistoren, nämlich die **Bipolar-Transistoren** und die **Feldeffekt-Transistoren (FET)**. Sie unterscheiden sich durch die Art der Ansteuerung voneinander.

Physikalisch besteht ein Bipolar-Transistor aus einem Halbleiterkristall, bei dem drei Zonen unterschiedlich dotiert sind. Je nach Dotierungsfolge unterscheidet man zwischen npn- und pnp-Transistoren (Abb. 5). Bei einem Bipolar-Transistor tragen sowohl die negativen Elektronen (n) als auch die positiven Löcher (p) zum Stromfluss bei. Ein Bipolar-Transistor wird mit einem elektrischen Strom gesteuert. Seine drei Anschlüsse heißen **Basis**, **Emitter** und **Kollektor**.

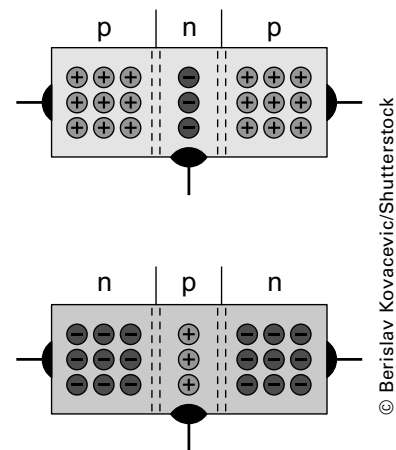


Abb. 5: Schematische Darstellung eines pnp- bzw. npn-Transistors

Beim Feldeffekt-Transistor trägt nur ein Ladungstyp (entweder Elektronen oder Löcher) zum Stromfluss bei. Sie werden daher auch Unipolar-Transistoren genannt. FETs haben einen sehr hohen Eingangswiderstand und können daher nahezu verlustfrei mit einer Spannung gesteuert werden. Die drei Anschlüsse werden als **Quelle**, **Gatter** und **Senke** bezeichnet.

Abb. 6 zeigt als Beispiel einen n-Kanal-MOSFET. Wenn am Gatter keine Spannung anliegt, können Elektronen von der Quelle zur Senke durch die Verarmungszone passieren. Wenn am Gatter eine negative Spannung anliegt, wird dies verhindert.

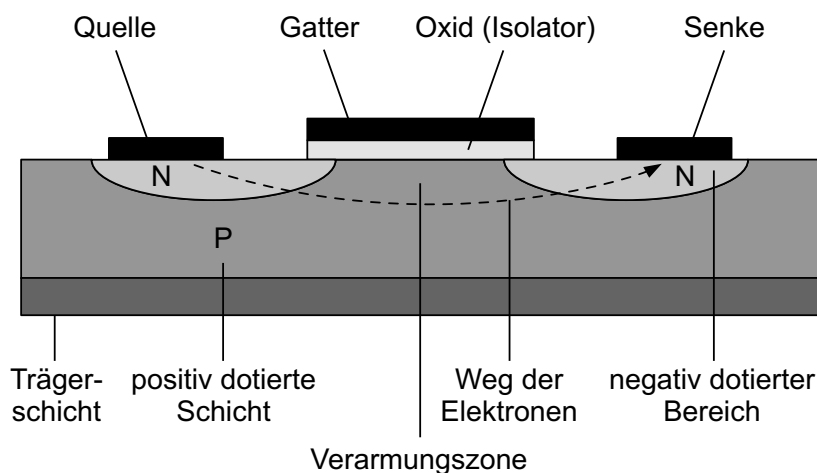


Abb. 6: Schematischer Aufbau eines MOSFET

### Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

In diesem Beitrag arbeiten die Schüler experimentell mit einem **bipolaren npn-Transistor**. Für sie ist der Transistor eine **Black Box** mit drei Anschlüssen. Durch experimentelle Untersuchungen lernen Ihre Schüler die grundlegende Funktionsweise des Transistors kennen.

Auf dem Wiederholungsblatt (**M 1**) finden Ihre Schüler die zur Durchführung der Experimente und Aufgaben erforderlichen Grundkenntnisse, nämlich das **Ohm'sche Gesetz**, den **Maschensatz** und die **Strom- und Spannungsmessung**. Dieses Material überspringen Sie, wenn diese Grundkenntnisse bereits vorhanden sind. Anschließend erarbeiten sich Ihre Schüler im Material **M 2** experimentell das **Stromverstärkungsverhalten** eines bipolaren npn-Transistors bei sog. **Emitterschaltung**. In den Materialien **M 3** und **M 4** werden die im Versuch experimentell erarbeiteten Fakten nochmals zusammengefasst, diskutiert, vertieft und ergänzt. Das optionale Material **M 5** zeigt ein Anwendungsbeispiel („**Alarmanlage**“, die auf Lichteinfall reagiert) aus dem Bereich der Optoelektronik, bei dem die Schüler einen Foto-Widerstand kennenlernen. Material **M 6** dient der **Lernerfolgskontrolle**.

### Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz

Allg. physikalische Kompetenz	Inhaltsbezogene Kompetenzen Die Schüler ...	Anforderungsbereich
E 1, E 3, E 4, E 5, F 1 – F 3, K 5	... lernen die Funktionsweise eines Transistors und eines Foto-Widerstandes kennen ( <b>M 2–M 5</b> ),	I
E 7, E 9, E 10	... üben sich im Experimentieren ( <b>M 2, M 5</b> ).	I–II

Für welche Kompetenzen und Anforderungsbereiche die Abkürzungen stehen, finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM 41.

## Materialübersicht

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

⌚ D = Durchführungszeit    WH = Wiederholungsblatt    LEK = Lernerfolgskontrolle

<b>M 1</b>	<b>Ab</b>	<b>Strom und Spannung – frischen Sie Ihr Wissen auf!</b>
	⌚ D: 45 min	
<b>M 2</b>	<b>Ab, SV</b>	<b>Der Transistor als Stromverstärker</b>
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> mehrere Widerstände
	⌚ D: 80 min	(z. B. 1,5 kW; 2,7 kW; 5,6 kW; 91 kW oder 100 kΩ)
		<input type="checkbox"/> mehrere Kabel
		<input type="checkbox"/> Steckbrett
		<input type="checkbox"/> 4 Vielfachmessgeräte
		<input type="checkbox"/> 2 Gleichspannungsnetzgeräte
		<input type="checkbox"/> 1 npn-Transistor
<b>M 3</b>	<b>Ab</b>	<b>Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus dem Versuch (M 2)</b>
	⌚ D: 45 min	
<b>M 4</b>	<b>Ab</b>	<b>Der Transistor als Schalter</b>
	⌚ D: 45 min	
<b>M 5</b>	<b>Ab, SV</b>	<b>Wir bauen eine Alarmanlage!</b>
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 Glühbirnchen (z. B. 4 V)
	⌚ D: 35 min	<input type="checkbox"/> 1 Foto-Widerstand
		<input type="checkbox"/> mehrere Kabel
		<input type="checkbox"/> 2 Gleichspannungsnetzgeräte
		<input type="checkbox"/> 1 npn-Transistor
		<input type="checkbox"/> 1 Steckbrett
<b>M 6</b>	<b>Ab</b>	<b>Lernerfolgskontrolle zum Thema „Transistor“</b>
	⌚ D: 45 min	

**Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 12.**

## Mediathek

[http://schulen.eduhi.at/pts\\_perg/halbleiter\\_digitaltechnik/projekt2/p2\\_2b.htm](http://schulen.eduhi.at/pts_perg/halbleiter_digitaltechnik/projekt2/p2_2b.htm)

<http://www.instructables.com/id/How-Electronic-Switches-Work-For-Noobs-Relays-and-step5/How-a-Does-a-Transistor-Work/>

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/transistor/versuche#Der%20Transistor%20als%20Schalter>



**SCHOOL-SCOUT.DE**

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Der Transistor als Schalter*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)

