

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

# BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

## Wege in der Physikdidaktik

Band 4

ISBN 3 - 7896 - 0588 - 9

Verlag Palm & Enke, Erlangen und Jena 1998

### Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.  
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle  
genutzt werden. Auf der Homepage

[www.solstice.de](http://www.solstice.de)

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

K. Rauner

## Schülerversuche mit „gezeichneten“ Widerständen

### 1 Vorbemerkung

Vor einigen Jahren ergab sich bei der Leitung einer Arbeitsgruppe von zehn- bis zwölfjährigen Kindern für Elektronik und HiFi-Technik das Problem, die grundlegenden Beziehungen zur Schaltung von Widerständen durch Versuche zu erarbeiten. Damit die Versuche auch für Kinder, die mit Physik bis dahin nur wenig Erfahrungen hatten, interessanter wurden, setzten wir statt der üblichen Widerstände „gezeichnete“ ein [1]. Nachdem sich diese Methode bewährt hatte, wurde sie durch einige weitere Anwendung (siehe [2], [3]) ergänzt.

Die Grundidee besteht darin, daß man Kohleschichtwiderstände praktisch ohne Aufwand durch das Zeichnen mit einem gewöhnlichen Bleistift auf hochwertigem Papier herstellen und für Meßschaltungen anwenden kann, ein Verfahren, das sich besonders für Schülerübungen anbietet. Jeder Schüler braucht dabei nur einen weichen Bleistift (Härte 0 oder 1) und kariertes Zeichenpapier; in jeder Arbeitsgruppe werden weiterhin ein Ohmmeter, eventuell auch eine Flachbatterie und ein Milliampereometer benötigt. In der folgenden Übersicht sind einige Beispiele zum Themenkreis elektrische Widerstände ausgewählt, die man mit Hilfe der „gezeichneten“ Widerstände demonstrieren und erarbeiten kann.

### 2 Abhängigkeit des Leiterwiderstandes von seiner Länge

Jeder Schüler malt mit einem Bleistift sorgfältig ein Rechteck aus, mit Seitenlängen von beispielsweise 1 und 3 Kästchen, und mißt dessen Widerstand, indem er die Kontakte des Ohmmeters auf die Ränder des Rechtecks, wie in Abb. 1 gezeigt, drückt. Falls kein Ohmmeter zur Verfügung steht, kann man den Widerstand ausrechnen, indem man die bekannte Spannung einer Flachbatterie anlegt, und durch den mit dem Amperemeter gemessenen Strom teilt. Dann verlängern die Schüler den gezeichneten Leiter dadurch, daß sie zu dem bereits fertigen Rechteck einen weiteren Teil dazu zeichnen, z. B. 1x3 Kästchen. Sie messen wieder den Widerstand und vergleichen den gemessenen mit dem vorangegangenen Wert. Diesen Vorgang kann man mehrmals wiederholen und dann zeigen, daß der Leiterwiderstand mit seiner Länge wächst. Der Vorgang wird in Abb. 1 ersichtlich .

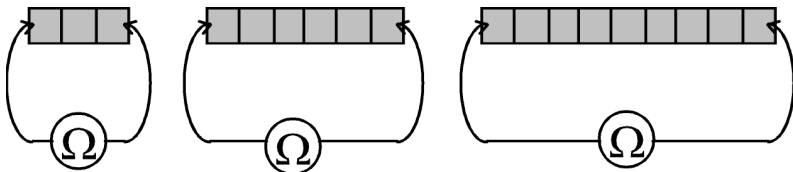


Abb. 1: Zur Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge

### 3 Abhängigkeit des Leiterwiderstandes vom Querschnitt und Material

Die Schichtdicke der „gezeichneten“ Widerstände ist sehr klein; sie kann durch stärkeren Auftrag mit Bleistift nicht meßbar vergrößert werden. Deshalb erhöhen wir den Flächeninhalt durch Vergrößerung der Breite der gezeichneten Rechtecke. Der Zeichen- und Meßvorgang wird ersichtlich in Abb. 2. Wenn man zum Zeichnen Bleistifte verschiedener Härte benutzt, kann man sich auch von der Abhängigkeit des Widerstandes vom Material des Leiters überzeugen: je höher der Härtegrad des Bleistiftes ist, desto dünner ist die aufgetragene Kohleschicht und desto höher ist der Widerstand eines Rechtecks gleicher Abmessung.

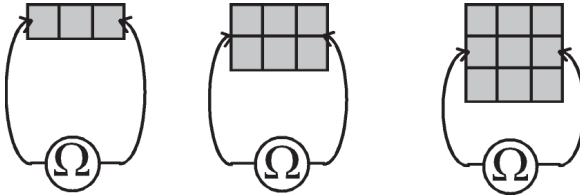


Abb. 2: Zur Abhängigkeit des Widerstandes vom Querschnitt

### 4 Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

Die Schüler zeichnen einige Rechtecke, z. B. je drei Kästchen, die sich mit ihren kürzeren Seiten fast berühren. Sie bestimmen die einzelnen „Widerstände“, schreiben sich die Werte auf und füllen dann sorgfältig die Zwischenräume aus. Dann messen sie den Gesamtwiderstand und vergleichen das Ergebnis mit den Widerständen der ursprünglichen Rechtecke. So weisen sie nach, daß der Gesamtwiderstand einer Serienschaltung von Widerständen der Summe der einzelnen Widerstände entspricht. Der Vorgang wird in Abb. 3 erläutert:

Die Untersuchung der Parallelschaltung erfolgt in Analogie zum vorangegangenen Versuch; der Unterschied liegt darin, daß die ursprünglichen Rechtecke die gleiche Länge haben und mit den längeren Seiten dicht aneinander gezeichnet werden wie in Abb. 4 dargestellt ist. Aus den Messungen folgt, daß der Gesamtwiderstand der nebeneinander (parallel) verbundenen Widerstände kleiner ist als der kleinste der ursprünglichen Widerstände.

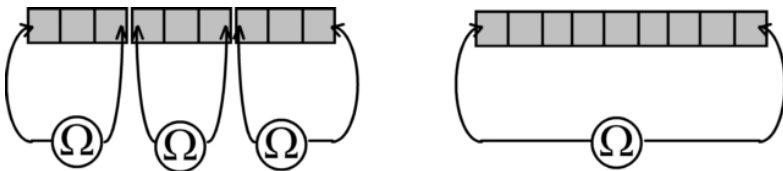


Abb. 3: Zur Serienschaltung von Widerständen

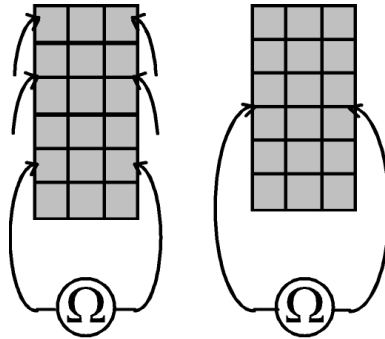


Abb. 4: Zur Parallelschaltung von Widerständen

## 5 Einstellbare Widerstände

Die Funktionsweise eines Regelwiderstandes läßt sich mit einem gezeichneten Widerstand und einem Milliampereometer, das entsprechend Abb. 5 angeschlossen wird, untersuchen. Ein fest installierter Widerstand  $R = 100 \Omega$  verhindert eine Überlastung des Milliampereometers bei zufälligem Kontakt beider Meßspitzen. Wenn ein Schüler eine Meßspitze an den Rand der Längsseite des sorgfältig angefertigten Rechtecks drückt, kann er die Abhängigkeit der Stromstärke vom Widerstand durch Verschieben der zweiten Meßspitze entlang der Längsseite messen. Um den Vorgang der Regelung auch optisch hervorzuheben, empfiehlt es sich, eine Leuchtdiode in den Stromkreis einzufügen.

Es ist auch möglich, mit gezeichneten Widerständen ein nichtlineares Potentiometers zu realisieren. Die Widerstandsbahn eines solchen Potentiometers läßt sich zum Beispiel durch ein gleichschenkliges Dreieck mit kurzer Grundlinie - wie in Abb. 7 gezeigt - verwirklichen. Bei einer Verschiebung der Meßspitze

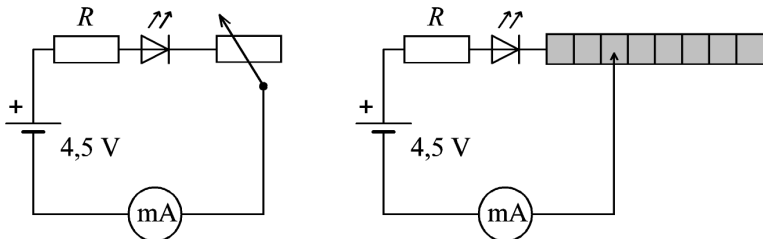


Abb. 5: Stromregelung mit dem „gezeichneten“ Widerstand. Links ist zusätzlich zum Nachweis des Stroms mit dem Milliampereometer noch eine Leuchtdiode eingebaut, deren Helligkeit sich über den Widerstand einstellen läßt.

um ein Quadrat wird der jeweilige Widerstand gemessen. Bei einem festen Bezugspunkt auf der kurzen Grundlinie des Dreiecks, ändert sich der Widerstand exponentiell mit den Abstand von der Grundlinie. Befindet sich die Meßspitze am obersten Punkt des Dreiecks, so ändert er sich logarithmisch mit dem Abstand zur Spitze.

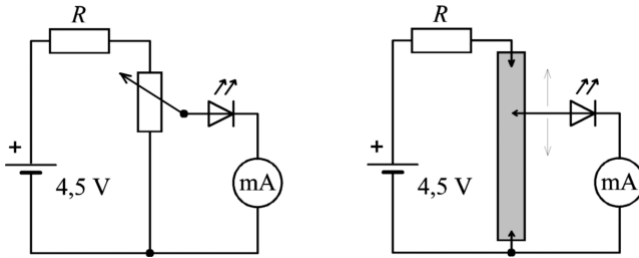


Abb. 6: Zur Spannungsreglung mit dem „gezeichneten“ Widerstand  
Nichtlinearer Widerstand

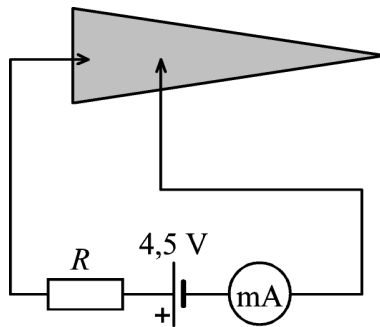


Abb. 7: „Gezeichnete“ nichtlinearer Widerstand

## 6 Frequenzreglung

Eine weitere beliebte Anwendungsmöglichkeit für „gezeichnete“ Widerstände ist die Frequenzeinstellung bei RC-Frequenzgeneratoren. Man kann mit diesen Widerständen die Frequenz stufenlos verändern und so einen „einfachen Synthesizer“ herstellen. Die einfachste Schaltung für ein solches „Musikinstrument“ mit einem gezeichneten Potentiometer findet sich in Abb. 8.

Hier nutzt man aus, daß beim Erreichen der Durchbruchspannung des Transistors der Kondensator schnell über den Transistor entladen wird, so daß kurz

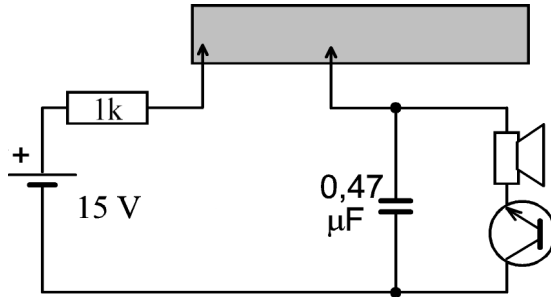


Abb. 8: Schaltung eines einfachen Schwingungserzeugers.

nach dem Öffnen die gesamte Spannung an beiden Widerständen abfällt und damit der Transistor keinen Schaden erleidet. Erst wenn der Kondensator wieder aufgeladen ist, liegt am Transistor die Durchbruchspannung an, und der Vorgang beginnt von neuem. Es entsteht damit eine Folge von Stromimpulsen, die als Ton über den Lautsprecher hörbar gemacht wird. Die Zeitkonstante und damit die Frequenz werden wesentlich durch den „gezeichneten“ Widerstand bestimmt, dessen Wert über den Ort des Abgriffs eingestellt wird. Die Betriebsbedingungen sind unkritisch, so daß ein beliebiger Transistor benützt werden kann (bei einem PNP-Typ verändert man die Polarität der Quelle). Um eine einwandfreie Funktion zu gewährleisten, ist es allerdings nötig, daß die Quelle eine höhere Spannung hat als die Durchbruchspannung des Transistors (in der Regel mehr als 10 V). Der verwendete Lautsprecher kann auch durch einen Telefonhörer ersetzt werden.

## 7 Schlußbemerkung

Der Autor dieses Artikels hat das beschriebene Verfahren mit Schülern zwischen 10 und 14 Jahren ausprobiert und herausgefunden, daß man damit das Interesse für Elektrizitätslehre besonders wecken und den elektrischen Widerstand mit seinen Anwendungen besser verständlich machen kann. Hervorzuheben ist, daß diese Methode vor allem für den Gruppenunterricht geeignet ist. Neben den gezeigten Beispielen sind natürlich noch andere Anwendungen der Methode denkbar.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Rauner, K.: Elektrotechnische Arbeitsgruppen, ÚDPM Praha 1986
- [2] Barták, F., Kašpar, Z., Rauner, K., Scharffová, J.: Arbeitsprogramm für Jugendliche im Bereich der Elektrotechnik und Videotechnik, Svazarm, Praha 1988
- [3] Rauner, K.: Frontalversuche mit gezeichneten Widerständen, Školská fyzika, 1994/2, ISSN 1211-1511