# "Wärmelehre" : ein geeignetes Stoffgebiet zu Beginn des Physikunterrichtes auf der Sekundarschulstufe

Autor(en): **Graber, Oskar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Schule**

Band (Jahr): **47 (1960)**

Heft 10: **Anregungen zum Mathematik- und Physikunterricht in der Sekundarschule**

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-532464

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# «Wärmelehre» – ein geeignetes Stoffgebiet zu Beginn des Physikunterrichtes auf der Sekundarschulstufe

Oskar Graber, Luzern

Die folgenden Ausführungen möchten in erster Linie jenen Kollegen einige Anregungen geben, die Physik unterrichten müssen, ohne besondere Studien in diesem Fache gemacht zu haben.

1. *Was soll ich in der Physik durchnehmen? Wie gestalte ich den Unterricht? Was für Einrichtungen und Geräte brauche ich dazu?* Solche u. a. Fragen und Schwierigkeiten fördern keineswegs die nötige Unterrichtsbegeisterung für die Physik, die nun eben doch unter Naturlehre im Lehrplan vorgesehen ist.
Warum nicht einmal unsere Physik mit einer Einführung in die Wärmelehre (Kalorik) beginnen!
Gerade die Wärmelehre bietet uns eine reichhaltige Stoffauswahl. Eine lückenlose, wissenschaftlich systematische Stoffdarbietung kommt ja auf der Sekundarschulstufe nicht in Frage. Der Lehrer wählt die Themen je nach den vorgeschriebenen Stoffzielen, dem Stande seines Wissens, unter Berücksichtigung der technischen Einrichtungen und Geräte seiner Schule und angepaßt an seine Schüler. Diese verfügen aus eigener Beobachtung und Erfahrung bereits über recht viele Kenntnisse aus der Wärmelehre. Die Versuche aus der Kalorik benötigen keine umfangreichen und kostspieligen Materialien, sind verhältnismäßig einfach verständlich, gut überschaubar und lassen auch die funktionellen Zusammenhänge leicht ermitteln. Einige Versuche eignen sich auch vortrefflich für *Schülerübungen*. Man schaffe sich zunächst ein geeignetes Physiklehrmittel an (ich verwende gerne: Physik für Jungen und Mädchen, von Scharnberg, 2 Bände, Klett-Verlag, Stuttgart) und wähle daraus einzelne Kapitel und Versuche aus! Es lohnt sich, die Versuche einmal selber oder mit einem Kollegen vorher auszuprobieren, sich mit den Tücken der Versuchstechnik abzuplagen und die Erfahrungen im Buch schriftlich festzuhalten. Oft wird man arg enttäuscht, wenn ein scheinbar leichter und einleuchtender Versuch gar nicht klappen will. Die beiden Bändchen von P. Hertli, ‚Methodik und Technik der Veranschaulichung im Physikunterricht', Kant. Lehrmittelverlag Zürich, und das ‚Phywe-Buch' von Rudolf Töpfer, ‚Wir experimentieren', erleichtern das Einarbeiten in die Experimentiertechnik.

2. *Die folgenden Ausführungen aus der Wärmelehre wollen eine Stoffgrundlage sein*, mit deren Hilfe und mit den entsprechenden Ergänzungen aus einem der oben angeführten Physikbücher geeignete Lektionen zusammengestellt werden können. Man zeige nach Möglichkeit die Versuche und Geräte, und lasse auch die Schüler experimentell arbeiten. Natürlich ist ein minimaler Lehrmittelbestand Voraussetzung[1].
Wer sich über Lehrziel und Methode im Naturlehreunterricht etwas eingehender orientieren möchte, lese das sehr anregende Werk von Hans Mothes, Dozent an der Pädagogischen Hochschule Göttingen, Methodik und Didaktik der Naturlehre, bereits 2. Auflage 1958.

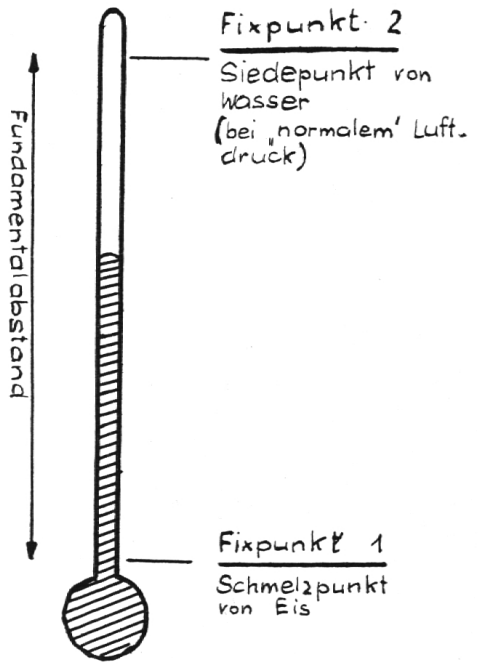
### *a) Vom Messen der Temperatur*

Wenn wir im Sommer in den Keller hinuntergehen, so empfinden wir die Lufttemperatur als relativ kühl, im Winter erscheint uns aber die fast gleiche Kellertemperatur eher warm. Einen entsprechenden Versuch können wir mit Schalen voll warmen, lauen und kalten Wassers machen. Nehmen wir die eine Hand aus dem warmen Wasser und die andere aus dem kalten und tauchen dann beide in das lauwarme Wasser, so empfinden wir in den Händen nicht den gleichen Wärmezustand.
Da wir also mit unsern Sinnesorganen in der Haut den Wärmezustand, die Temperatur von Wasser und Luft nicht sicher bestimmen können, brauchen wir zuverlässige Wärmemesser, ein Thermometer (griechisch thermos = Wärme, metron = Maß, Meßeinrichtung).
Die Schaffung eines qualitativen und quantitativen Temperaturbegriffs war der erste Schritt zu einer Wissenschaft von der Wärme.
Um den Bau von Thermometern haben sich berühmte Gelehrte bemüht, wie Galileo Galilei (1564–1642), Evangelista Torricelli (1608–1647), Otto von

[1] Aus Hans Mothes: «Die Lehrmittelbeschaffung ist und bleibt eine Angelegenheit der Schulunterhaltsträger, also der Gemeinden. Und was diese an einer pflichtgemäßen Versorgung des Naturlehreunterrichtes mit Lehrmitteln fehlen lassen, darf nicht auf dem Rücken der sich ohnehin schwer plagenden Lehrer ausgetragen werden!»

Guericke (1602–1686) und Gabriel Daniel Fahrenheit (1686–1736), der ‚Vater der Thermometrie'. Seine Konstruktion ist die heute noch beim

*Zimmerthermometer* gebräuchliche.




Die Grundlage ist die Wärmeausdehnung von Flüssigkeiten oder Gasen (Demonstrationsversuche zeigen).

Das Thermometer besteht aus einem engen, überall gleich weiten Glasrohr (Kapillarrohr). Solche bekommt man leicht durch Glühen eines Glasrohres in der Bunsenflamme und durch sofortiges starkes Auseinanderziehen beim Herausnehmen aus der Flamme. Vom Querschnitt dieser Röhrchen hängt auch wesentlich die Genauigkeit eines Thermometers ab. Unten befindet sich eine kugelige Erweiterung, die mit der Thermometerflüssigkeit, Quecksilber oder Alkohol (Weingeist), gefüllt ist; der übrige Teil ist luftleer. Auf einer Grundplatte ist die Temperaturskala angebracht. Der Fundamentalabstand wird in eine Anzahl gleiche Teile eingeteilt, die Grade (°).

Von untergeordneter Bedeutung ist es, ob man den Nullpunkt der Skala mit Fahrenheit durch eine bestimmte Kältelösung oder mit René Réaumur (1683–1757) und Anders Celsius (1701–1744) auf den Gefrierpunkt des Wassers festlegt, und ob man dem andern Fixpunkt, der Temperatur des siedenden Wassers, die Gradzahl 212 oder 80 oder 100 zuschreibt.

Das Umrechnen von einer Skala in die andern gibt eine wertvolle Querverbindung zum Rechnen.

Meßbereiche:

| | |
|---|---|
| Quecksilberthermometer | — 38° C bis +300° C |
| Alkoholthermometer | —100° C bis + 70° C |

Andere wichtige Thermometerarten: Fieberthermometer, Maxima- und Minimathermometer in der Wetterkunde.

Weitere Temperaturmessungen durch: Bimetallthermometer, Widerstandsthermometer und Thermoelemente für hohe oder extrem tiefe Temperaturen, Segerkegel und Strahlungspyrometer für Messungen in Schmelzöfen, Temperaturmeßfarben oder -stifte.

Den zweiten großen Schritt in der Wärmelehre vollzog Joseph Black (1728–1799), dem wir die begriffliche Unterscheidung der Wärmemenge von der Temperatur verdanken.

Die Einheit der Wärmemenge, die *Kalorie*, definiert man ganz in seinem Sinne, als die Wärmemenge, welche 1 kg Wasser um 1° C erwärmt (1 kcal).

Um den Schülern die Bedeutung und Wahl der Fixpunkte beim Thermometer noch herauszuheben, dienen die folgenden zwei Versuche, die ohne weiteres auch von den Schülern selber durchgeführt werden können.

*Schmelzpunkt von Eis und Anomalie von Wasser:*

*Material:*

Asbestunterlage, Eisendreifuß, Drahtnetz mit Asbesteinlage, Bunsenbrenner, Becherglas, Thermometer, Fettstift, Eis (zerkleinert).

*Versuche:*

a) Fülle das Becherglas zur Hälfte mit kaltem Wasser. Das zerkleinerte Eis dazugeben. Bestimme die Temperaturverteilung senkrecht im Becherglas und markiere evtl. mit dem Fettstift. (Während der Dauer des Versuchs darf das Wasser nicht bewegt werden, sonst entsteht keine deutliche Schichtung).

b) Erwärme mit ganz kleiner Flamme, bis das Eis geschmolzen ist.

*Beobachtungen:*

| | |
|---|---|
| Temperatur des schmelzenden Eises | 0° C |
| Temperatur des Wassers oben | 0° C |
| Temperatur des Wassers unten | 4° C |

Beim Erwärmen steigt die Temperatur im schmelzenden Eis nicht.

*Ergebnisse:*

Eis schmilzt bei 0°. Solange Eis schmilzt, steigt die Temperatur nicht. Die zugeführte Wärme wird zum Schmelzen verbraucht (Schmelzwärme).

Wasser von 4° hat ein größeres spezifisches Gewicht

als Wasser von 0° und sinkt deshalb zu Boden (4° Wasser braucht am wenigsten Platz). Diese Erscheinung nennt man die ‚Anomalie von Wasser'. Folgen!

*Beobachtung des Siedevorganges und Abhängigkeit des Siedepunktes vom Druck:*

*Material:*

Asbestunterlage, Eisendreifuß, Drahtnetz mit Asbesteinlage, Bunsenbrenner, Meßzylinder 100 ml, Thermometer, Stativklemme klein mit runden Backen, Rundkolben, passender Gummistopfen massiv (ohne Löcher).

*Versuche:*

a) Fülle den Rundkolben mit 100 ml Wasser. Bunsenbrenner mit ruhiger, mittlerer Flamme einstellen. Brenner unter den Rundkolben stellen. Gefäß genau beobachten und alle Minuten die Temperatur ablesen. Immer gut umrühren!

b) Wenn das Wasser siedet, Gummistopfen lose in den Hals des Rundkolbens stecken. Beobachtung!

c) Brenner abstellen. Gummistopfen leicht hineindrücken und den Rundkolben in die Stativklemme einspannen. Vorsichtig den Kolben umkehren und mit Unterbrechungen über dem Brunnen kaltes Wasser darüberströmen lassen. Beobachtung!

d) Vorsichtig Gummistopfen lösen. Beobachtung!

(Vorläufig nur Versuch a) machen, die Versuche b) bis d) gehören zu späterem Stoff, wo sie dann nachgeholt werden können).

*Meßwerte* (dieselben können je nach Flammengröße und Umrühren mehr oder weniger variieren):

| Zeit in Minuten | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur in °C | 16 | 26 | 39 | 52 | 64 | 74 | 87 | 97 | 99,5 |
| Temp.-Differenzen | | 10 | 13 | 13 | 12 | 10 | 13 | 10 | |

*Beobachtungen:*

a) Der Kolben beschlägt sich außen mit Wasser. Der Beschlag verschwindet nach kurzer Zeit wieder.

Niederschlag im Hals des Kolbens (ca. 30°).

Die Temperatur des Wassers steigt einigermaßen gleichmäßig.

Kleine Blasen steigen bis an die Oberfläche (ca. 60°).

Kleine Bläschen steigen auf. Sie verschwinden, bevor sie die Oberfläche erreichen (ca. 85°).

Das Wasser ‚singt'.

Blasen steigen auf und platzen an der Oberfläche (99°).

Die Temperatur steigt nicht mehr. Wenn die Wärmezufuhr aufhört, setzt der Siedevorgang aus.

Der Dampf im Kolben ist nicht sichtbar. Beim Austritt aus dem Gefäß verwandelt er sich in sichtbaren Nebel.

*Ergebnisse (Erklärungen):*

Niederschlag des Wassers am kalten Rundkolben.

Kondensationswasser im Kolben.

Es werden ziemlich gleiche Wärmemengen zugeführt.

Wasser enthält stets Luft, welche nun entweicht.

Erste Dampfbläschen, die sich am Boden bilden. Beim Aufsteigen verschwinden sie, weil sie sich in den kühlern Schichten wieder verflüssigen.

Dampfbläschen

Die zugeführte Wärme wird zur Verdampfung des Wassers verwendet (Verdampfungswärme).

Nebel besteht aus feinen Wassertröpfchen, die in der Luft schweben.

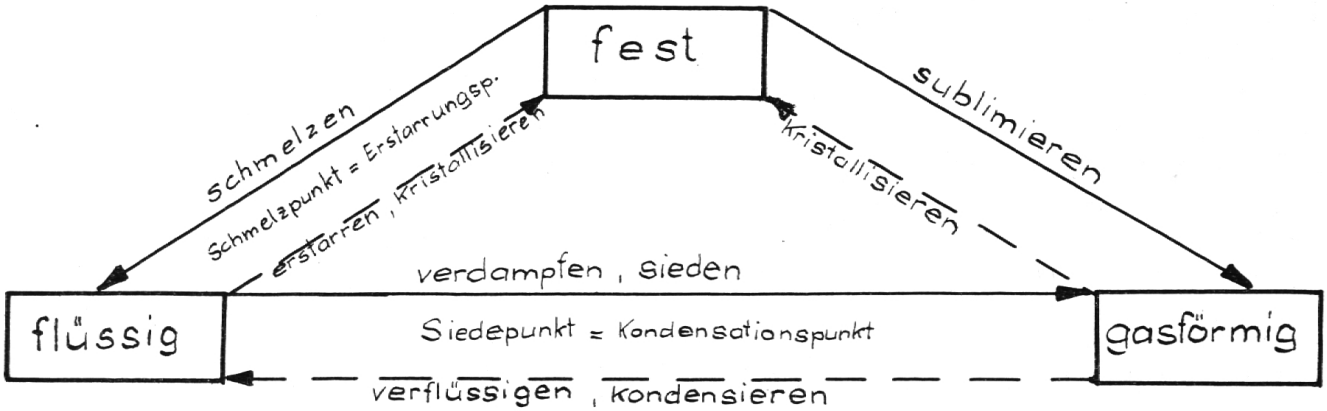
b) Der Gummistopfen ‚tanzt' infolge der Spannkraft des Dampfes.

c) und d) Nach Wegnahme des Brenners hört der Siedevorgang auf. Wird das Gefäß mit kaltem Wasser abgekühlt, setzt er wieder ein. Wenn wir nach dem Versuch den Kolben öffnen, erzeugt die einströmende Luft ein zischendes Geräusch.

Wegen der Abkühlung kondensiert Wasserdampf, sodaß der Druck im Kolben geringer wird. Daher kann sich das Wasser wieder weiter in Dampf verwandeln, also weitersieden trotz der erniedrigten Temperatur (noch bei ca. 40° Wassertemperatur hält das Sieden an). Beim Öffnen strömt infolge Druckunterschied Luft von außen ein.

Die beiden Versuche leiten zu einem weitern interessanten Kapitel über, nehmen sogar zahlreiche Ergebnisse bereits vorweg.

b) *Wärme ändert die Zustandsform (Aggregatzustand, Formart) der Körper*




Dieses vielleicht zu abstrakte Begriffsschema muß den Schülern durch möglichst viele Versuche erklärt und eingeprägt werden.

*Zum Schmelzen:* Siehe Versuch ‚Schmelzpunkt von Eis', ferner zeigt man, wie Blei schmilzt, und z. B. den folgenden Versuch:

*Bestimmung der Schmelztemperatur (Schmelzpunkt) von Kerzenwachs:*

*Material:*

Asbestunterlage, Eisendreifuß, Drahtnetz mit Asbest, Bunsenbrenner, Becherglas, Thermometer, Draht, Kerze, evtl. Stativ mit Klemme.

*Versuch:*

Schneide von einer Kerze eine Scheibe von etwa 5 mm Dicke ab. Ziehe durch das Dochtloch der Scheibe einen dünnen Draht, mit dem die Scheibe an den Quecksilberbehälter des Stabthermometers befestigt wird. Hänge das Thermometer mit Hilfe des Stativs in das Becherglas mit Wasser, das auf dem Dreifuß mit Drahtnetz erhitzt wird. Bestimme die Temperatur, wenn die Kerze anfängt flüssig zu werden.

*Beobachtung:*

Die Kanten beginnen sich bei 52–55° abzurunden. Dann lösen sich Tropfen von der Scheibe und steigen nach oben. (Der Schmelzpunkt beträgt ca. 55° und hängt von der chemischen Zusammensetzung der Kerze ab.)

*Zum Erstarren:*

Leicht zeigt man das Auskristallisieren einer gesättigten Salzlösung, z. B. Kochsalz oder Kupfervitriol. Schwieriger ist das ‚Züchten' eines schönen Alaunkristalls.

Vielleicht können noch die nachstehenden Probleme besprochen werden:

*Warum streuen wir im Winter ‚Tausalz'?*

Auf die Weichen von Tramschienen wird Salz gestreut, damit an diesen Stellen Schnee oder Eis schmilzt.
Ähnlich wie beim Versuch ‚Schmelzpunkt von Eis' füllen wir ein Becherglas zur Hälfte mit Eis, geben etwa 60 Milliliter Wasser dazu und rühren gut um. Das Thermometer zeigt nach einiger Zeit ca. 0° an. Dann geben wir laufend ca. 10 Löffelchen Kochsalz in das Eiswasser. Die Temperatur sinkt, wobei immer mehr Eis schmilzt.
Die Kältelösung hat einen niedrigeren Gefrierpunkt als das auflösende Wasser, das Lösungsmittel.
Dieser Vorgang zeigt auch, wie die Gefriertemperatur verändert werden kann, was auch z. B. durch Druckerhöhung erreicht werden könnte.

*Warum können bei strengem Frost Wasserleitungen platzen?*

Von der Raumzunahme des Wassers beim Gefrieren werden die Schüler gewiß schon gehört haben. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß Eis ein geringeres spezifisches Gewicht als Wasser hat und auf dem Wasser schwimmt (Versuch ‚Anomalie von Wasser'). Eisberge ragen zu $^1/_9$ bis $^1/_{11}$, je nach dem Salzgehalt des Meeres, über die Wasseroberfläche hinaus und bilden für die Schiffe eine Gefahr (Titanic!).

*Warum dauert es lange, bis Schnee- und Eismassen nach dem Einsetzen von Tauwetter schmelzen?*

Der Versuch ‚Schmelzpunkt von Eis' gibt uns teilweise eine Antwort. Wir werden von der Schmelzwärme sprechen müssen. Es ist die Wärmemenge, die 1 kg eines Stoffes für den reinen Schmelzvorgang verbraucht. Die Frühlingswärme wird eben als Schmelzwärme verbraucht, die beim Eis viel größer

ist als bei allen andern Stoffen (ca. 80 kcal pro kg). *Zum Sieden und Kondensieren:* Im Versuch ‚Beobachtung des Siedepunktes' können wir beides beobachten. Nicht übersehen dürfen wir dann den Unterschied zwischen *Sieden* (Dampfbildung im Innern der Flüssigkeit, die eine bestimmte Temperatur, die Siedetemperatur = Siedepunkt, erfordert) und *Verdunsten* (Dampfbildung an der Oberfläche der Flüssigkeit, die bei jeder Temperatur unterhalb des Siedepunktes vor sich geht). Mit Äther können wir noch die Verdunstungskälte zeigen (mit Äther getränkter Wattebausch an die Thermometerkugel binden, in der Luft rasch schwenken, Temperaturabnahme feststellen). Der Versuch ‚Beobachtung des Siedepunktes' demonstriert ferner die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Druck und erklärt auch die Frage:

*Wie kommt es, daß auf hohen Bergen Wasser schon unter 100° C siedet?*

Auf dem Pilatus (2100 m ü. M.), Luftdruck ca. 590 Torr.[2], siedet Wasser bei ca. 93° C. Auf dem Mont Blanc (4800 m ü. M.), Luftdruck ca. 415 Torr., siedet Wasser bei ca. 84° C.

Der gegenteilige Vorgang spielt im Dampfkochtopf eine Rolle, wobei z.B. Wasser bei 2 at Druck erst bei 120° C siedet.

Vielfältig sind die technischen Anwendungen dieser Erscheinungen.

*Die Frage, warum sich Wasserdampf zum Heizen eignet,* führt uns auf die Verdampfungswärme (die Wärmemenge, die 1 kg siedendes Wasser zum vollständigen Verdampfen erfordert). Sie ist sehr groß beim Wasser, ca. 540 kcal pro kg, und wird beim Abkühlen als Kondensationswärme wieder frei. Diese wird eben in Dampfheizungsanlagen ausgenützt.

Die vorliegende Stoffauswahl – aus den bereits erwähnten Lehrbüchern zusammengestellt – die man natürlich durch Kapitel der Wärmeausdehnung von Körpern, der Wärmeübertragung durch Leitung, Strömung und Strahlung, der Wärmequellen und der Wärmekraftmaschinen beliebig erweitern kann, vermittelt den Schülern schon recht viele grundlegende Erkenntnisse, obwohl sie durchwegs auf einfachen Experimenten aufbaut.

[2] 1 Torricelli = 1 mm Quecksilberstufe beim Barometer.

# Transistoren

## Einführung in ihre Wirkungsweise

Hsj. Vonarburg, dipl. Physiker, Aarau

Das Wort *Transistor* wird auch in den Köpfen Ihrer Schüler herumspuken. Vielleicht ist schon ein junger Bastler mit der Frage an Sie herangetreten: «Was ist denn ein Transistor?» Sicher möchten Sie persönlich auch wissen, wie dieses kaum zehn Jahre alte Verstärkerelement funktioniert, das in vielen Fällen sogar die klassischen Vakuumverstärkerröhren verdrängt, welche als unentbehrliches Hilfsmittel praktisch in jeden Zweig der heutigen Technik eingedrungen sind. Der Verfasser möchte Ihnen im folgenden deshalb die prinzipielle Wirkungsweise der Transistoren erklären. Bewußt werden gewisse Zusammenhänge etwas vereinfacht diskutiert. Auf quantitative mathematische Aussagen wird verzichtet.

*Der elektrische Strom*

Unter einem elektrischen Strom verstehen wir bekanntlich das Fließen von elektrisch geladenen Teilchen unter dem Einfluß einer elektrischen Spannung. Dabei zieht der positive Pol der Spannungsquelle negative Ladungen an und stößt positive ab. Die negative Elektrode verhält sich umgekehrt. (Vgl. Fig. 1.)

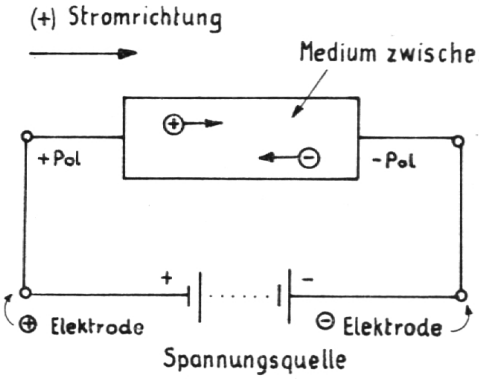



Fig. 1

Der Strom I ist um so größer, je kleiner der elektrische Widerstand R ist, den das Medium zwischen den beiden Polen der Bewegung der Ladungsträger entgegensetzt. Es gilt dabei

$$I = \frac{U}{R} \qquad U = \text{Spannung}$$

Als positiver Strom wird die Richtung der positiven Ladungsträger angenommen.

*Leiter, Isolatoren, Halbleiter*

Ein Körper mit sehr kleinem elektrischem Wider-