

Zeitschrift:	Schweizerische Lehrerzeitung
Herausgeber:	Schweizerischer Lehrerverein
Band:	91 (1946)
Heft:	20
Anhang:	Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Mai 1946, Nummer 3 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles
Autor:	Knup, Eugen

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ERFAHRUNGEN IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

MITTEILUNGEN DER VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER NATURWISSENSCHAFTSLEHRER
BEILAGE ZUR SCHWEIZERISCHEN LEHRERZEITUNG

MAI 1946

31. JAHRGANG • NUMMER 3

Der Selengleichrichter in der Schule

Von Eugen Knup, Seminar Kreuzlingen.

1. Der Selengleichrichter in der Elektrotechnik

Der Selengleichrichter hat in überraschend kurzer Zeit einen angesehenen Platz in der Elektrotechnik erobert. Bis zum Jahre 1930 befassten sich höchstens einige Laboratoriums-Ingenieure mit den sonderbaren elektrischen Eigenschaften des Selen. Heute spielt der Selengleichrichter eine hervorragende Rolle in einer Reihe von Anwendungsgebieten, von denen hier nur einige wenige genannt seien: Elektrolyse, Telephon, Verstärkerämter, Radio-, Sende- und Empfangsanlagen, Ladung von Akkumulatoren, Ersatz von Batterien, Messgeräte, Gleichstromanlagen für Laboratorien. Es ist kaum verfrüht, wenn auch die Schule sich mit dem Gleichrichterproblem befasst und untersucht, ob und wo der Selengleichrichter bei der Gleichstromversorgung von Experimentier- und Schülerübungstischen mit Vorteil einzusetzen ist.

2. Literatur

K. Maier, Trockengleichrichter, Oldenburg, München und Berlin, 1938; Standard Telephon und Radio AG. in Zürich, Selen Gleichrichter-Elemente.

Die vorliegende Arbeit will als experimentelle Einführung in die Arbeitsweise des Selengleichrichters aufgefasst sein. Darüber hinaus wird, im Sinne einer Nutzanwendung für die Schule, ein Selen-Schulgleichrichter kurz beschrieben.

3. Die Selenscheibe

Fig. 1 zeigt eine für die Demonstration geeignete Selenscheibe. Ihr Aufbau ist in Fig. 2a dargestellt. Die wesentlichen Teile sind: Eisenscheibe 1, Selenschicht 2 und Spritzschicht 3. An der Gleichrichterwirkung unbeteiligt sind die Aluminiumplatte 4 und die Kontaktplatte 5. Die Aluminiumplatte dient zur Wärmeableitung und ermöglicht eine wesentliche Erhöhung der Strombelastung. Fig. 2b: Zeichenschema.

In Fig. 8, 9 und 10 sehen wir Selenscheiben in feuchtigkeitssicherer Ausführung. Die Haube schützt vor Feuchtigkeit, aber auch vor Staub und chemischen Einwirkungen. Für Schullaboratorien kann nur die geschützte Ausführung empfohlen werden.

Der Durchmesser der für die experimentelle Einführung und für den Aufbau des Schulgleichrichters verwendeten Scheibe beträgt 67 mm. Sämtliche in dieser Arbeit enthaltenen zahlenmässigen Angaben beziehen sich auf die Selenscheibe dieser Grösse in Kühlplatten-Ausführung.

Ueber die Herstellung schreibt die Firma Standard Telephon und Radio AG.: «Durch ein besonderes Verfahren wird auf eine vernickelte Eisenplatte eine Selenschicht aufgetragen und auf diese selbst wieder, zur Vermittlung der Stromabnahme, eine aus einer

Spezialallegierung bestehende metallische Spritzschicht als Gegenelektrode.» Ueber die Zusammensetzung der Legierung und die Behandlung des Materials, insbesondere des Selen, sind Einzelheiten vorläufig nicht zu erfahren. Auch in physikalischer Hinsicht ist die Selenscheibe eine etwas geheimnisvolle Angelegenheit. Bekannt ist, dass die Gleichrichtung ihren Sitz hat in einer zwischen dem Selen und der Gegenelektrode liegenden Grenzschicht oder Sperrsicht von wenigen Mikromillimetern Dicke.

4. Gleichrichterwirkung

An eine 4V-Batterie schalten wir nach Fig. 3 ein Glühlämpchen und eine Selenscheibe. Ergebnis:

- Eisen an +Pol der Batterie: Lämpchen glüht.
- Selen an +Pol der Batterie: Lämpchen glüht nicht. Man bezeichnet die Richtung Eisen—Selen als *Durchlassrichtung*, die umgekehrte Richtung als *Sperrrichtung*. Leider stehen diese Richtungen in Widerspruch mit der Richtung des Elektronenstroms.

Durch Messung stellen wir fest, dass auch in Sperrrichtung ein schwacher Strom fliesst. Wir unterscheiden:

- Durchlaßstrom I_d , Durchlaßspannung U_d und Durchlasswiderstand R_d .
- Rückstrom I_s , Sperrspannung U_s und Sperrwiderstand R_s .

Die unsymmetrische Leitfähigkeit der Selenscheibe wird nach Schaltung Fig. 4 untersucht. Dabei sind folgende Höchstwerte zu beachten:

- Gleichspannung in Sperrrichtung maximal 15 V.
- Strom in Durchlassrichtung maximal 2,25 A.

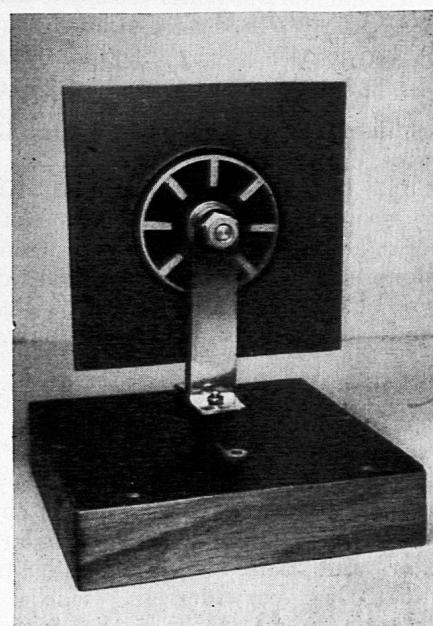
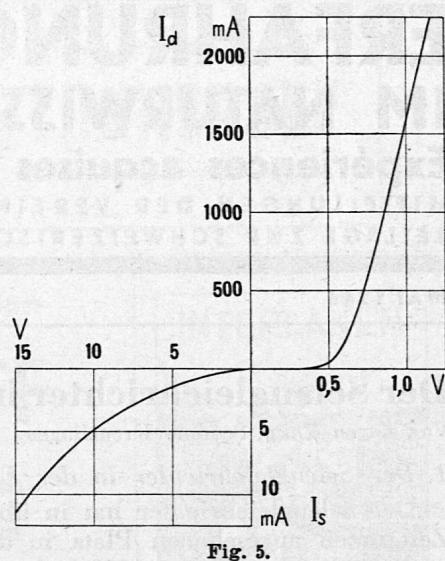
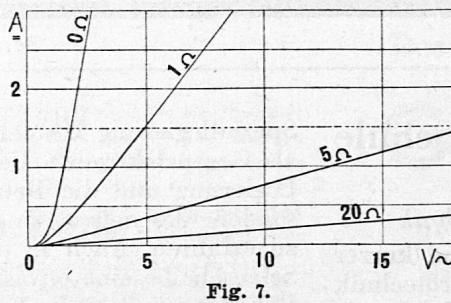
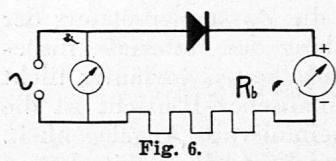
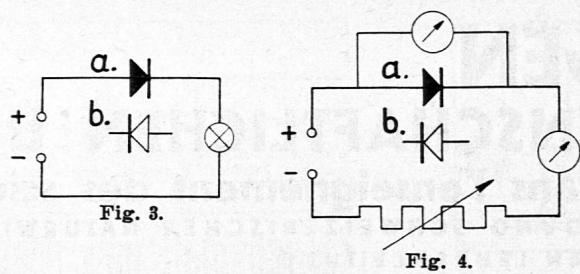
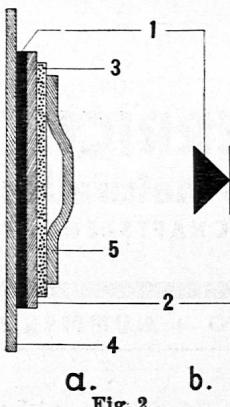


Fig. 1.



In Fig. 5 sind die Ströme I_d und I_s in Abhängigkeit von der Spannung aufgezeichnet. Aus einigen Messungen errechnen wir die Widerstände R_d und R_s sowie das Verhältnis I_d/I_s :

U	I_d	R_d	I_s	R_s	I_d/I_s
V	mA	Ω	mA	Ω	
0,1	0,04	2500	0,017	6000	2,4
0,5	32	16	0,083	6000	390
1,0	1600	0,625	0,187	5300	8600

Das Verhältnis I_d/I_s , das gleich ist dem Verhältnis R_s/R_d , nähert sich mit kleiner werdender Spannung dem Wert 1. Daraus ist ersichtlich, dass die Anwendung der Selenscheibe als Gleichrichter nicht im Bereich extrem kleiner Spannungen zu suchen ist. Für die Spannung 1 V beträgt das obige Verhältnis, in der Sprache des Spezialisten Gütezahl genannt, rund 8600. In der Gleichrichterpraxis wird diese Güte nicht erreicht, weil in Serie zum spannungs- und stromrichtungsabhängigen Widerstand der Selenscheibe stets ein äusserer unveränderlicher Widerstand liegt. Daraus ergibt sich für die beiden Richtungen ungleiche Spannungsverteilung. Wir messen z. B. in Schaltung Fig. 4 bei einer Batteriespannung von 12 V und einem ohmschen Widerstand von 10 Ω :

$$U_d = 0,89 \text{ V} \quad I_d = 1100 \text{ mA} \\ U_s = 11,6 \text{ V} \quad I_s = 6,7 \text{ mA}$$

Daraus errechnen wir $I_d/I_s = 164 : 1$. Das ist immer noch ein gutes Verhältnis.

Anmerkung: Bei der Aufnahme von Kennlinien können sich geringfügige Abweichungen von den angegebenen Werten ergeben. Sie haben folgende Ursachen: 1. Selenscheiben weisen trotz einheitlicher Herstellungsweise kleine Unterschiede auf. 2. Der Durchlasswiderstand ist leicht temperaturabhängig.

5. Die Einphasen-Einweggleichrichtung

Für die Einwegschaltung Fig. 6 gelten folgende Belastungsvorschriften:

a) Wechselspannung maximal 18 V. Die Wechselspannung ist einem Transformator direkt zu entnehmen. Spannungsreduktion auf der Sekundärseite des Transfornators mit Hilfe eines Vorwiderstandes ist nicht möglich. Der Vorwiderstand würde wohl in Durchlassrichtung, nicht aber in Sperrrichtung die gewünschte Wirkung erzeugen. Missachtung dieser

Vorschrift führt unerbittlich zur Zerstörung der Selenschicht. Spannungsmässig erträgt der Selengleichrichter keine wesentliche Ueberlastung.

b) Strommässig ist die Belastung nur durch die Erwärmung begrenzt. Die Temperatur darf 70° nicht übersteigen. Unsere Selenscheibe darf in Einwegschaltung dauernd mit 1,5 A belastet werden. Kurzzeitig erträgt sie das Mehrfache dieses Wertes.

Bei der Messung des lückenhaften Einwegstromes ergeben sich verschiedene Werte, je nachdem man mit Drehspul- oder mit elektromagnetischen Instrumenten misst. Im ersten Fall erhalten wir den arithmetischen, im zweiten Fall den quadratischen Mittelwert des gleichgerichteten Stromes. Bei ohmscher Belastung verlaufen die von einer sinusförmigen Wechselspannung erzeugten Strom-Halbwellen ebenfalls sinusförmig. In diesem Fall ist das Verhältnis

arithm. Mittelwert : quadr. Mittelwert =

$$1 : \frac{\pi}{2} = 1 : 1,57.$$

Für die im folgenden Abschnitt beschriebene Einphasen-Graetz-Schaltung ist dieses Verhältnis

$$1 : \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1 : 1,11.$$

Fig. 7 zeigt den Einwegstrom in Abhängigkeit von der Wechselspannung für verschiedene ohmsche Belastungswiderstände R_b .

Will man die Einwegschaltung zur Gleichrichtung höherer Spannungen verwenden, so schaltet man die entsprechende Zahl von Selenscheiben hintereinander, Fig. 8. Ebenso erreicht man grössere Strombelastbarkeit durch Parallelschaltung, Fig. 9.

6. Die Einphasen-Graetz-Schaltung

Der Einweggleichrichtung kommt in der Praxis keine grosse Bedeutung zu. Gebräuchlicher sind die Vollwegschaltungen, welche beide Halbwellen des Wechselstroms ausnutzen. Von den verschiedenen Schaltungen dieser Art kommt für die Schule die Graetz-Schaltung in Frage, Fig. 10 und 11. Für eine Halbwelle des Wechselstroms stehen zwei gegenüberliegende Ventile offen, während die beiden andern sperren. Während der nächsten Halbperiode des Wechselstroms arbeiten die Ventile mit vertauschten Rollen. Es entsteht ein lückenloser, pulsierender Gleichstrom, dessen arithmetischer Mittelwert — gleiche Wechsel-

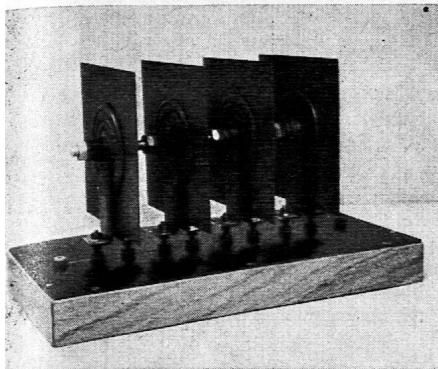


Fig. 8.

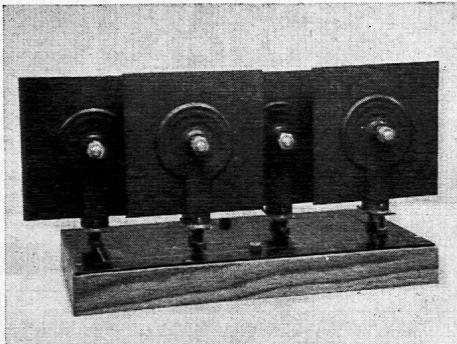


Fig. 9.

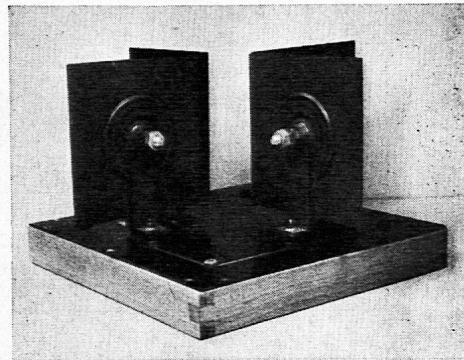


Fig. 10.

spannung und gleicher Widerstand vorausgesetzt — doppelt so hoch ist wie bei der Einweggleichrichtung. Da die einzelnen Ventile strommässig nur halbzeitig beansprucht werden, darf man diesem Gleichrichter doppelt soviel Strom entnehmen wie dem Einweggleichrichter, im Dauerbetrieb also 3 A. Anderseits beachte man, dass in Sperrrichtung jede einzelne Selen scheibe mit der vollen Wechselspannung belastet wird. Diese darf also 18 V nicht übersteigen.

7. Der Schulgleichrichter

Fig. 12 zeigt den Schulgleichrichter der Firma Moer-Glaser & Co. AG. in Basel. In jedem Zweig der Einphasen-Graetz-Schaltung sind zwei Gruppen von drei hintereinandergeschalteten Selenscheiben parallel geschaltet. Daraus ergeben sich folgende Belastungsgrenzen:

a) Wechselspannung: 3mal 18 V = 54 V
(in der Praxis abgerundet auf 50 V)

b) Gleichstrom dauernd: 2mal 3 A = 6 A

Kurzzeitig erträgt der Gleichrichter, ohne irgendwie Schaden zu nehmen, wesentlich höhere Strombelastung. Die Grenze wird auch hier durch die Temperatur bestimmt. Bei sinngemässer Beachtung der Anfangstemperatur gelten für die Strombelastung folgende Grenzen:

Zeit : dauernd, 10, 5, 4, 2, 1½, ¾, ½ Min.
Strom: 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30 A

Da einerseits die länger dauernden Gleichstromversuche normalerweise weniger als 6 A benötigen, anderseits die Hochstromversuche nur sehr kurze Zeit dauern, ist der Selengleichrichter für den Schulbetrieb ausserordentlich geeignet. Wirtschaftlich betrachtet, zahlen wir für 6 A und erhalten 30 A.

Besondere Vorschriften für die Ladung von Akkumulatoren siehe Abschnitt 9.

Der Schulgleichrichter ist mit folgenden Instrumenten ausgestattet: 1 Amperemeter mit Messbereich 0—6 A, 1 Amperemeter mit Messbereich 0—30 A und 1 Voltmeter mit den Messbereichen 0—10 und 0—50 V.

Fig. 13 zeigt den Gleichstrom in Abhängigkeit von der Wechselspannung. Die 0-Ω-Kurve zeigt im besonderen, wie man Apparate mit extrem kleinem Widerstand unbedenklich anschliessen darf. Von dieser Möglichkeit macht man z. B. Gebrauch für die Erzeugung von Kraftlinienfeldern um den stromdurchflossenen Leiter. Mit einem kurzzeitigen Strom von 25—30 A lassen sich prächtige Wirkungen erzielen.

Fig. 14 enthält die Strom-Spannungskennlinien für einige Wechselspannungen. Daraus ist ersichtlich, dass der Gleichrichter Gleichspannungen von 0—40 V liefert.

Voraussetzung für die Erreichung der genannten Strom- und Spannungswerte ist ein genügend dimensionierter Transformator. Besonders geeignet ist der von der gleichen Firma gebaute Schultransformator, der neben einer Anzahl verschiedener Primärspannungen Sekundärspannungen von 0—50 V, abzapfbar von 1 zu 1 V, mit hinreichender Stromstärke liefert. Siehe «Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Lehrerzeitung Nr. 20/1940». Die Kombination Schultransformator + Schulgleichrichter, deren Prinzipschaltung in Fig. 15 aufgezeichnet ist, dürfte die Stromansprüche des Physikunterrichtes weitgehend befriedigen.

8. Welligkeit des gleichgerichteten Stromes

Bei ohmscher Belastung verwandelt die Einphasen-Graetz-Schaltung einen sinusförmigen Wechselstrom in einen analog verlaufenden Wellenstrom. Durch induktive Belastung werden die Wellen weitgehend ausgeglichen. Ein Elektromagnet mit Eisenkern kann daher ebensogut mit einem Gleichrichter wie mit einer Batterie betrieben werden. Ist eine besondere Glättung erwünscht, so bedient man sich der bekannten Mittel: Drossel im Stromkreis, Kondensatoren in Parallelschaltung.

9. Laden von Akkumulatorenbatterien

Dabei ist zu beachten:

- Maximale Belastung des Gleichrichters = 4,2 A.
- In den Stromkreis ist ein Widerstand von etwa 5 Ω zu schalten.

Diese Vorschriften sind ausführlich begründet in der Druckschrift der Firma Standard Telephon und

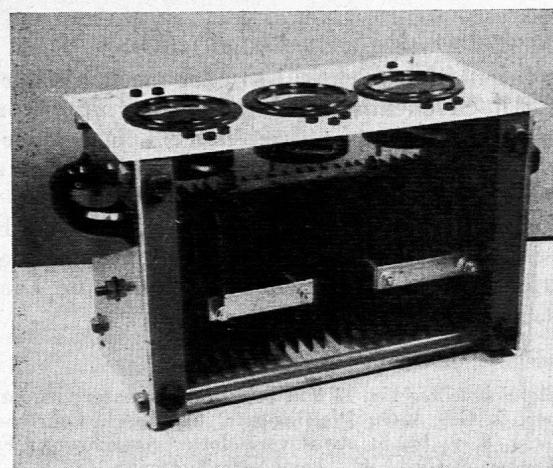


Fig. 12.

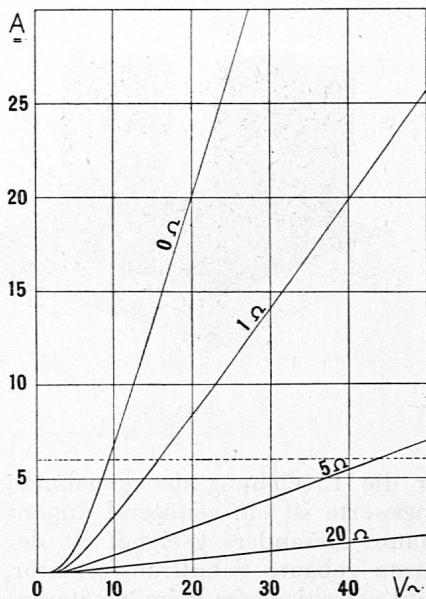


Fig. 13.

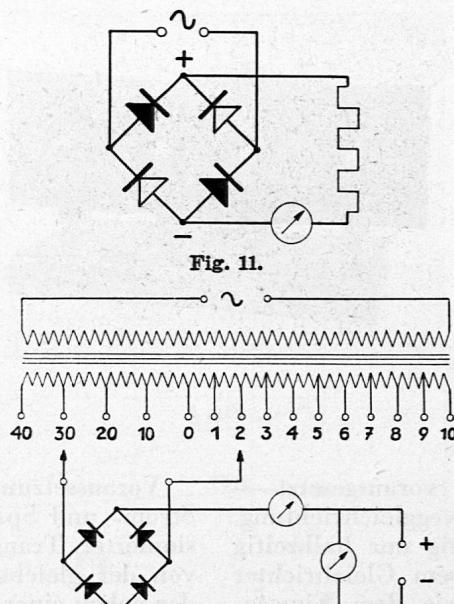


Fig. 15.

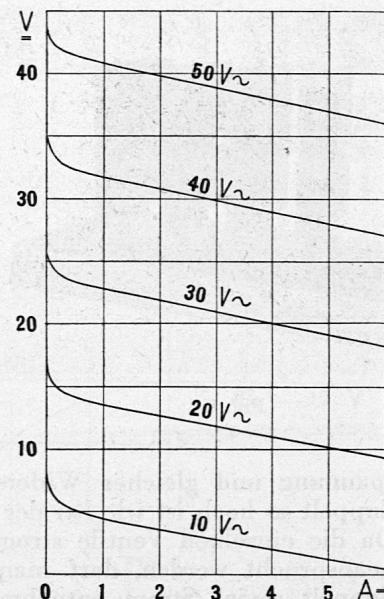


Fig. 14.

Radio AG., Zürich: Dimensionierung der Selengleichrichter-Elemente bei Batterieladung, von C. Zellweger. Für die praktische Einführung mögen folgende Angaben genügen:

a) Während einer Halbperiode steigt die Ladegleichspannung in sinusförmiger Kurve von 0 bis zum Scheitelpunkt und fällt wieder auf 0 zurück. Ladestrom fließt nur während der Zeit, da der Augenblickswert der Ladespannung höher ist als die Gegenspannung der Batterie. Daraus ergibt sich eine starke Abweichung der Ladestromkurve von der Sinusform und damit eine starke Veränderung der Belastungsverhältnisse gegenüber der ohmschen Belastung.

b) Ohne zusätzlichen Widerstand ist der Gesamtwiderstand des Ladestromkreises sehr klein. Dies hat zur Folge, dass kleine Schwankungen der Ladespannung die Stärke des Ladestroms in unerwünschter Weise verändern. Ein 15prozentiger Anstieg der Netzspannung kann den Ladestrom verdoppeln. Der zusätzliche Widerstand in der genannten Größenordnung gleicht die Schwankungen weitgehend aus. Wechselspannung und Widerstand werden so eingestellt, dass bei der maximal zu erwartenden Netzspannung die zulässige Ladestromstärke nicht überschritten wird. Wird diese Vorschrift beachtet, so verlangt das Laden außer der üblichen Kontrolle der Akkumulatoren keinerlei Wartung.

10. Lebensdauer des Selen-Gleichrichters

Der Selen-Gleichrichter ist weder mechanischer Abnutzung noch chemischer Veränderung unterworfen, so dass praktisch mit unbegrenzter Lebensdauer gerechnet werden kann. Diese und andere wertvolle Eigenschaften, wie Wegfall jeglicher Wartung und jeglichen Unterhalts, Geräuschlosigkeit, niedriger Preis sind schuld an der raschen Verbreitung des Selen-Gleichrichters. Er wird auch der Schule gute Dienste leisten.

11. Bezugssquellen

Schulgleichrichter Fig. 12 und Schultransformator: Firma Moser-Glaser & Co. A.-G., Pfeffingerstr. 61, Basel. Lehrmodelle nach Fig. 1, 8, 9, 10, in etwas veränderter Ausführung: Firma Trüb, Täuber & Co. A.-G., Ampérestr. 3, Zürich.

Bücherbesprechungen

Bernhard Bavink: *Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften*. Eine Einführung in die heutige Naturphilosophie. Achte verbesserte Aufl. 813 Seiten in m-80. Bern, A. Francke A.-G. Preis in Leinw. geb. Fr. 33.—.

Dass in neuester Zeit immer seltener Denker auftraten, die noch das Ganze der menschlichen Erkenntnis zu überschauen strebten, liegt weniger, als man gewöhnlich denkt, an der Differenziertheit und Kompliziertheit der heutigen Forschung — die Forschung im eigentlichen Sinne war von jeher kompliziert —, als vielmehr an der philosophischen Grundeinstellung und am persönlichen Mut der Forscher. Im Geiste Bernhard Bavinks hat sich wieder einmal jene Synthese vollzogen, nach der viele von uns sich sehnten. Bavinks vorliegendes Hauptwerk stellt die gesamten Ergebnisse der heutigen Naturwissenschaften dar und eignet sich trefflich zu einer in die Tiefe gehenden ersten Einführung in dieselben. Kapitel I (Kraft und Stoff) und II (Weltall und Erde) umfassen die anorganischen, III und IV (Materie und Leben resp. Natur und Mensch) die organischen Wissenschaften, letztere freilich unter stetiger Bezugnahme auf die in den beiden ersten Kapiteln dargestellten Grundlagen. Für den Wert des Buches spricht schon sein äusserer Erfolg: Auf die im Jahre 1944 in Leipzig erschienene achte Auflage waren 25 000 Exemplare vorbestellt worden und von den beiden seither erschienenen schweizerischen Sonderausgaben, die der Verlag A. Francke in Bern veranstaltete, dürfte auch die zweite in den nächsten Wochen schon vergriffen sein.

Die Kraft zur Synthese kann nur ein Mensch besitzen, der «etwas zu sagen hat», ein Mensch, der durchdrungen ist von Gedanken, die das Ganze der Wirklichkeit tatsächlich zu tragen vermögen. Zu Beginn unseres Jahrhunderts eröffneten sich in der Physik und Chemie und gleichzeitig auch in den organischen Naturwissenschaften, in der Psychologie und auf philosophischen Gebieten Gedankengänge, die eine geistige Wende herbeiführten, wie wir sie seit der Begründung der klassischen Mechanik durch Galilei, Kepler und Newton nicht mehr erlebt haben. Bavink erkannte in dem Neuen, das sich zunächst in recht verschiedener Gestalt darbot, schon frühzeitig das Gemeinsame und hatte von Anfang an den Mut, was er erkannt hatte, auch auszusprechen. So wuchs sein Buch aus den ersten, vor drei Dezennien erschienenen Anfängen durch mannigfache Korrekturen und Erweiterungen zu der einzigartigen Gesamtschau heran, die es heute darstellt. Der Referent hat die Entwicklung des Buches von Anfang an verfolgt. Er ist der Ansicht, dass jeder Naturwissenschaftslehrer, der ernstlich darnach strebt, seinen Unterricht mit den grossen geistigen Strömungen unserer Tage in Beziehung zu setzen, sich am zweckmässigsten dieses Werkes bedient. Bavinks «Ergebnisse und Probleme» gehören nicht nur in unsere Lehrerbibliotheken, sondern vor allem unter die intimen Ratgeber und Kraftspender unseres häuslichen Bücherschatzes.

G.