

**Zeitschrift:** Schweizerische Lehrerzeitung

**Herausgeber:** Schweizerischer Lehrerverein

**Band:** 89 (1944)

**Heft:** 30

**Anhang:** Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Juli 1944, Nummer 4 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

**Autor:** Günthart, A. / Moppert, K.F.

### **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:** 25.07.2025

**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

JULI 1944

29. JAHRGANG • NUMMER 4

### Selbstgefertigte Apparate zur Pflanzenphysiologie

Von A. Günthart, Kantonsschule Frauenfeld.

#### IV. Zentrifugalapparate

(Schluss.)

Die Zentrifugalapparate mit horizontaler Drehachse schalten die Schwere gänzlich aus; bei den Apparaten mit vertikaler Achse tritt die Zentrifugalkraft nur zur Schwerkraft hinzu. Die Lichteinwirkung wird bei beiderlei Apparaten durch die Drehung ausgeglichen, so dass keine Verdunklung erforderlich ist. Bei Tourenzahlen von 3—5/sek und genügender Aussentemperatur erzielt man in wenigen Stunden gute Wirkungen.

Ein Zentrifugalapparat mit horizontaler Achse, bei dem ein Wasserstrahl die Triebkraft liefert und zugleich die Keimpflänzchen feucht erhält, ist im «Biologischen Arbeitsbuch» von Schäffer-Eddelbüttel auf S. 97 und 98 besprochen. Auch in unserer Fig. 1 ist er dargestellt. Als Stativ dient hier ein Bügel aus Bandstahl, dessen beide Enden etwas gegeneinander federn und dessen Mittelschenkel auf der paraffinierten Bodenplatte aufgeschraubt ist. Als Achse eine Stricknadel, die in der Mitte ein Holzzylinderchen trägt und an den beiden Enden in leichten Bohrhöhlen des Stahlbandlagers möglichst reibungsarm rotiert. Von dem Holzzylinder gehen vier Speichen aus Stahldraht aus, die den aus demselben Material bestehenden Kreisdraht (Durchmesser 22 cm) tragen. Auf letzterem sind die Korkscheiben aufgezogen, die innerhalb des kreisrunden Stahldrahtes durch feine, in der Figur noch gut sichtbare Drähte nochmals miteinander und mit den Speichen verbunden sein müssen, damit

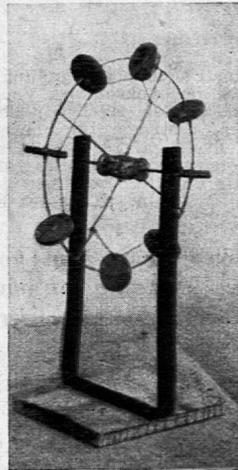


Fig. 1.

Zentrifugalapparat mit horizontaler Achse.

sie sich nicht drehen können. Auf die Korkscheiben werden mit zwei Stecknadeln angekeimte Bohnen, Erbsen oder Feuerbohnen so befestigt, dass die Keimwurzeln horizontal stehen. Die Scheiben dienen zugleich als Schaufeln dieses Miniaturwasserrades. Die Versuche gelingen nur im Hochsommer gut, da zu anderer Zeit das Leitungswasser zu kalt ist.

Bei den Apparaten mit vertikaler Drehachse tritt die Zentrifugalkraft nur zur Wirkung der Erdschwere hinzu und Sprosse und Wurzeln stellen sich darum in die Richtung der Resultierenden beider Kräfte. Einen

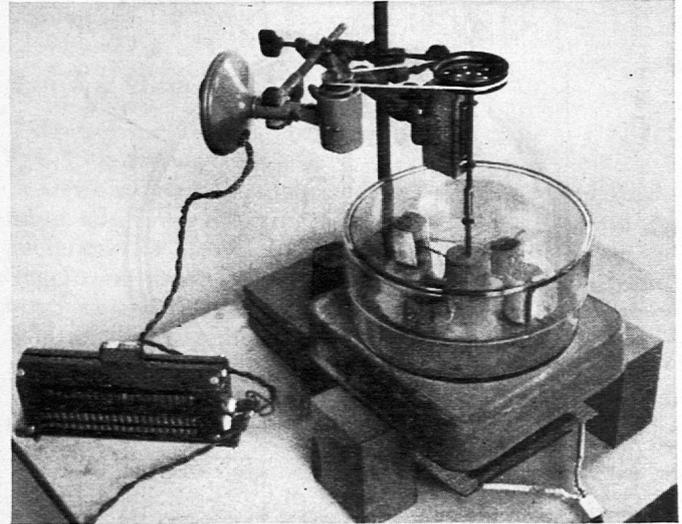


Fig. 2. Zentrifugalapparat mit vertikaler Achse, elektrisch heizbar.

solchen Apparat stellt unsere Fig. 2 dar. In einer Glaschale von ca. 22 cm Durchmesser und 10 cm Höhe mit durchbohrtem Deckel dreht sich eine kreisrunde Platte *Ap* aus starkem Aluminiumblech (Fig. 3a und b). Die Achse *A*, ein eisernes Rundstäbchen von ca. 3 mm Durchmesser (aus einem Metallbaukasten, «Matador» oder dergl.) ist fest in die runde Platte eingetrieben und ausserdem noch mit Korken *Ak* und *Ak'* an ihr festgeleimt (mit Metallkitt «Plüssifix»). Auf die Platte werden zwei 6 cm hohe Korke *K* mit quadratischem Querschnitt (Champagnerkorke) aufgeleimt und durch Streichholzstreben *St*, mit Schellack befestigt, noch mit dem zentralen Achsenkork *Ak* verbunden, damit sie durch die Zentrifugalwirkung nicht abgerissen werden. An den Aussen- und Seitenwänden der Korke *K* werden mit ganz kurzen Stecknadeln mehrfache Filtrierpapierlagen *F'* befestigt, die durchnässt werden. Auf diese befestigt man die Versuchspflanzen, vorgekeimte Bohnen, mit je zwei Stecknadeln (Fig. 3b und d), die erst wenig vorragenden Keimwurzeln senkrecht abwärts gerichtet. Auf die Aluminiumscheibe *Ap* kittet man ausserdem 2 ca. 4 cm hohe Korkknöpfe *N* auf. Während die hohen Korke *K* zur Demonstration des positiven Geotropismus der Wurzeln dienen, zeigen wir mit den beiden Korkknöpfen den negativen Geotropismus der Sprosse (Fig. 3 d resp. c). Letzteres, indem wir die Nöpfe mit feuchtem Sägmehl füllen und angetriebene Weizenkörner, bei denen das Koleoptil bereits herausguckt, in dasselbe einpflanzen. Das Sägmehl muss mit nassen Filtrierstückchen *F''* bedeckt werden, damit es nicht weggeschleudert wird, und diese müssen noch mit Faden oder Gummibändchen befestigt werden (dies in der photograph. Wiedergabe Fig. 2, ebenso wie die Versuchspflanzen weggelassen). Zu letzterem Zwecke sind in die Aussenwände der

Korkknöpfe mit Schellack je 8 Streichhölzchen  $Sf'$  eingekittet, um welche man den Faden herumschlingen kann. Zwischen den nassen Filtrierpapierstückchen gucken die Sprosse der Keimpflänzchen in vertikaler Stel-

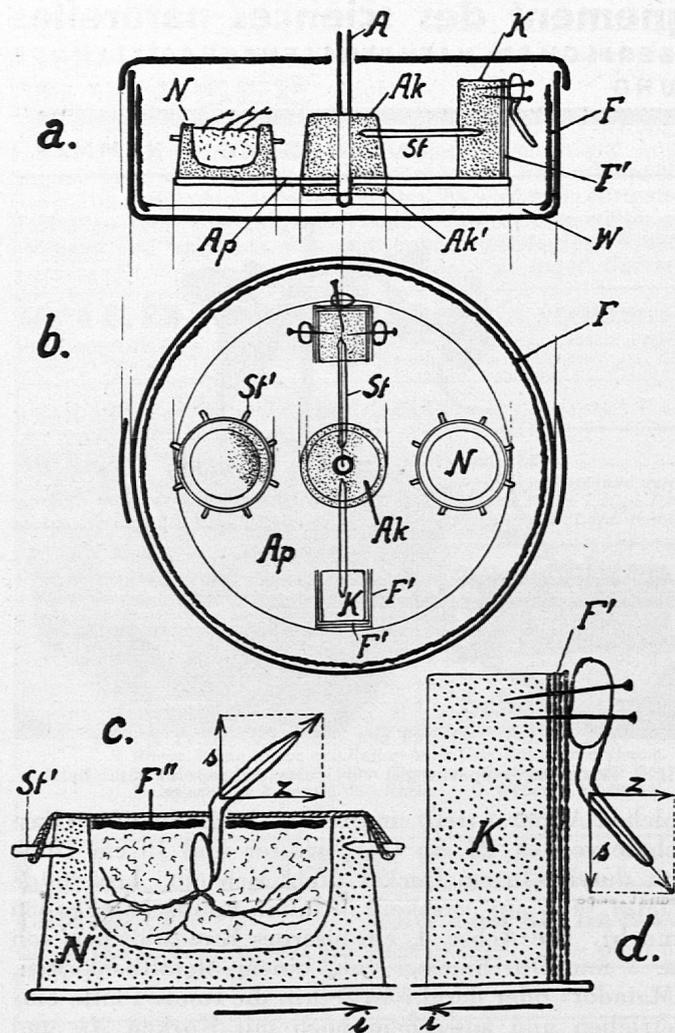


Fig. 3.

Der in Fig. 2 dargestellte Zentrifugalapparat mit vertikaler Achse, *a* im Aufriss, *b* im Grundriss, *c* Korkknopf für negativen und *d* Kork für positiven Geotropismus im Vertikalschnitt, wobei *z* die Wirkung der Zentrifugalkraft und *s* die Wirkung der Schwerkraft, die bei Sprossen (*c*) aufwärts, bei Wurzeln (*d*) abwärts erfolgt; *i* zeigt die Richtung nach innen (zur Achse). Die Korke sind grösstenteils punktiert.

lung heraus. Schon nach einer Stunde haben sie sich deutlich einwärts gebogen. Der Versuch mit den negativ geotropischen Sprossen ist noch einleuchtender als der entsprechende mit den positiv geotropischen Keimwurzeln, weil die Krümmung bei den Sprossen der Zentrifugalkraft entgegen erfolgt.

Auf den Boden der Glasschale kommt etwas Wasser (*W*) und die Seitenwände werden mit nassem Filtrierpapier *F* belegt (in Fig. 2 weggelassen).

Die Achse *A* ist (Fig. 2) oben mittels Schraubgewinde durch ein zweites Eisenrundstäbchen verlängert (damit man den Apparat leichter demontieren kann) und letzteres geht durch eine Geradföhrung, die aus einem der bekannten durchlocherten Eisenblechstreifen eines «Matador»-Baukastens hergestellt ist. Die verlängerte Achse trägt oben ein «Matador»-Rädchen, das durch Schnurtransmission mit einem kleineren Rädchen gleicher Herkunft verbunden ist. Dieses sitzt auf der Achse eines kleinen Elektromotors (von einem Ventilator, einem Haartrockner oder Par-

fumzerstäuber), der mit einem Regulierwiderstand ins Starkstromnetz eingeschaltet wird.

Der Apparat wurde heizbar gemacht: eine elektrische Heizplatte oder ein Heiznetz, dessen Zuleitungskabel in Fig. 2 vorne sichtbar ist, liegt auf einer Steinplatten- oder Kachelunterlage in einiger Distanz unter dem Zentrifugalapparat. Dieser steht auf einer durch Holzklötze gestützten Samenschale. In den Stromkreis der Heizplatte ist, damit diese nur mässig erhitzt wird, ein Widerstand eingebettet. Bei guter Aussentemperatur gehts auch ohne diese Heizvorrichtung. Die Fussplatte des Stativs, das Motor und Geradföhrung trägt, muss tüchtig beschwert werden, damit kein Schleudern entsteht.

Bei grösseren Rotationsgeschwindigkeiten kann man mit dem zuletzt beschriebenen Apparat auch den *Piccardschen Versuch* ausführen, der z. B. in Wetzels Grundriss der allgemeinen Botanik (Erf. XXVII, 1942, Nr. 2) beschrieben ist. Man befestigt auf dem Achsenkork eine keimende Bohne oder Erbse, und zwar so, dass die Wurzelspitze 1–2 mm über die Achse hinausragt. Spitze und Basis der Wurzel erfahren dann gegensinnige Zentrifugalkräfte und die Krümmung folgt nun stets der an der Wurzelspitze angreifenden Kraft, was beweist, dass die Reizaufnahme der Erdgravitation in der Wurzelspitze erfolgt. Unsere Fig. 4 zeigt den Achsenkork stärker vergrössert von oben, samt dem aufgesteckten Keimpflänzchen. Die Bohne muss, wie die Zeichnung zeigt, etwas schief gesteckt werden; wenn das Keimwurzelnchen das Filtrierpapier von Anfang an berührte, so würde es sich in der Folge durch die gleichzeitige Schwerkraftwirkung an dieses anpressen und weiteres Wachstum und Krümmung würden dadurch gehemmt. Verwendet man zu diesem Versuch den Zentrifugalapparat mit Horizontalachse (Fig. 1), auf dessen Dreh-

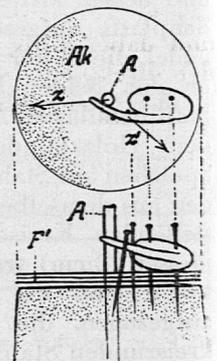


Fig. 4.

Der Piccardsche Versuch. *A* die Achse und *Ak* der Achsenkork von Fig. 3 von oben. Die Wurzel wächst in der Richtung *z* weiter, trotzdem ihr oberer Teil durch die Zentrifugalkraft in der ziemlich entgegengesetzten Richtung *z'* beeinflusst wird. Die Punkte bezeichnen die Steckstellen der Nadeln. *F'* nasses Filtrierpapier.

achse man zum vorliegenden Zweck eine geeignete Korkscheibe anbringt, so fallen solche Störungen durch die Schwerkraft fort.

Es wurde dann noch ein zweiter Zentrifugalapparat mit vertikaler Achse gebaut. Er besteht aus der in Fig. 5 dargestellten Blechdose von ca. 20 cm Durchmesser und 8–10 cm Höhe und wird durch die in allen chemischen Laboratorien benützte Wasserturbine angetrieben. Auf dem Boden dieser Blechdose können mit Schellack ähnliche Korke wie in Fig. 3 *d* aufgekittet werden; der Rest der Bodenfläche wird mit Torfplatten (aus Insektenkästen) belegt und dann mit Kresse besät, um auch den negativen Geotropismus der Sprosse zu zeigen. Ein Vorteil dieses Apparates liegt darin, dass die ganze Dose samt ihrem Luftinhalt gedreht wird. Die sonst immer störende Vertrocknungsgefahr fällt dadurch weg und zarte oberirdische Teile können auch nicht durch Gegenwind abgelenkt werden. Auch die Verdunklung wirkt günstig, da sie Etiolement der oberirdischen Teile hervor-

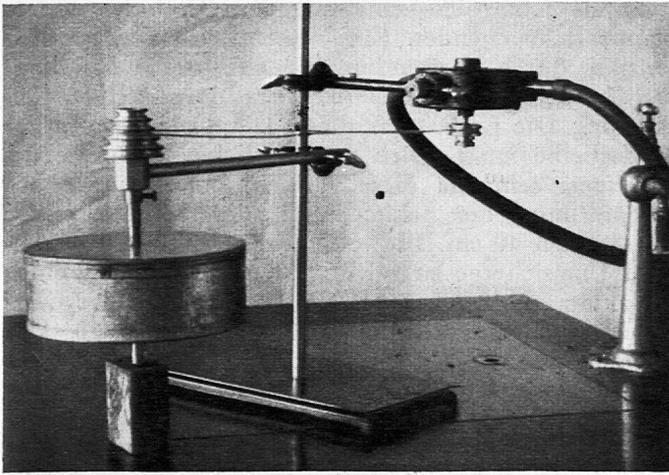


Fig. 5.

Zentrifugalapparat mit vertikaler Achse und mitrotierender Dose, durch Wasserturbine getrieben.

ruft und dadurch ihren Längenzuwachs beschleunigt. Der vorhin beschriebene Apparat ist aber doch vorzuziehen, da die Versuchspflanzen dort von aussen sichtbar sind.

## Der Synchronmotor im Physikunterricht

Von K. F. Moppert, Töchterinstitut Fetan.

Für Schulversuche ist oft ein Motor mit relativ niedriger, aber genau bekannter und konstanter Drehzahl erwünscht, der hauptsächlich für Registrierzwecke verwendet wird. Ausserordentlich brauchbar und dabei billig ist der Wechselstromsynchronmotor, der direkt an die Lichtleitung angeschlossen werden kann (Stromverbrauch einige W). Ich benütze für die im folgenden beschriebenen drei Versuche den Sajakleinmotor, erhältlich bei Keller & Cie, Basel, Voltastrasse 102 (Drehzahl 50 und 100 U/min, Schwungrad mit 100 Zähnen).

1. *Zeitmessungen* können mit dem Synchronmotor sehr genau vorgenommen werden, entspricht doch bei einer Drehzahl von 100 U/min einem Drehwinkel von 1° die Zeit 0,00166 sk. Darauf stützt sich der folgende, in Fig. 1 und 2 dargestellte Versuch zur *Bestimmung*

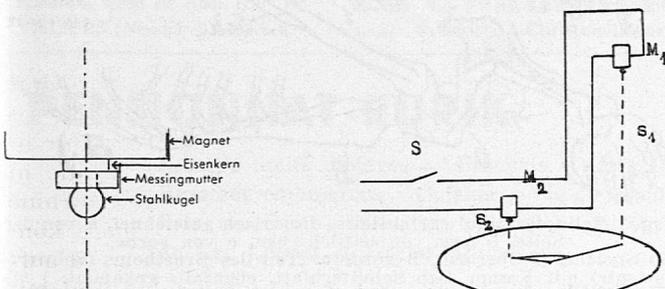


Fig. 2.

Fig. 1. Synchronmotor, 100U/min.

von  $g$  aus dem freien Fall, den ich einer Schülergruppe als Quartalarbeit gegeben habe.

$M_1$  und  $M_2$  sind zwei gleiche Elektromagnete, die, wenn in Betrieb, zwei kleine berusste Stahlkugeln tragen. Um zu vermeiden, dass diese Kugeln auch nach Ausschalten des Stroms an den Magneten kle-

ben bleiben, habe ich (Fig. 2) an den Eisenkern jedes Magneten eine kleine Messingmutter geklebt, die durch ihre Bohrung die Lage der Stahlkugel genau festlegt.

Der Versuch besteht darin, dass zuerst bei stillstehendem Motor der Schalter  $S$  geöffnet und der Winkel zwischen den beiden Marken, welche die Stahlkugeln auf dem Papierblatt zurücklassen, bestimmt wird, und nachher dasselbe bei sich drehendem Motor. Aus den Grössen  $s_1$ ,  $s_2$  und  $\Delta\alpha$  ( $\Delta\alpha$  ist die Differenz der beiden gemessenen Winkel) folgt

$$g = \frac{2s_2}{\Delta t^2} \left( \sqrt{\frac{s_1}{s_2}} - 1 \right)^2 = 7,2 \cdot 10^5 \frac{s_2}{\Delta\alpha^2} \left( \sqrt{\frac{s_1}{s_2}} - 1 \right)^2$$

$s_1$  und  $s_2$  in cm,  $\Delta\alpha$  in °.

Die erreichte Genauigkeit beträgt bei  $s_2 \approx 5$  cm,  $s_1 \approx 35$  cm etwa 1 %.

Der einfache Versuch ist in Ausführung und Rechnung sehr instruktiv, auch zur Fehlerabschätzung gut geeignet. Er lässt sich einfacher gestalten, wenn der Synchronmotor selbst durch einen Kontakt den Schalter  $S$  an einem genau bekannten Punkt öffnet; diesen Kontakt zum genauen Funktionieren zu bringen ist aber nicht ganz einfach.

2. Es wird in den meisten Klassen nicht möglich sein, aus dem linearen Kraftgesetz die *harmonische*

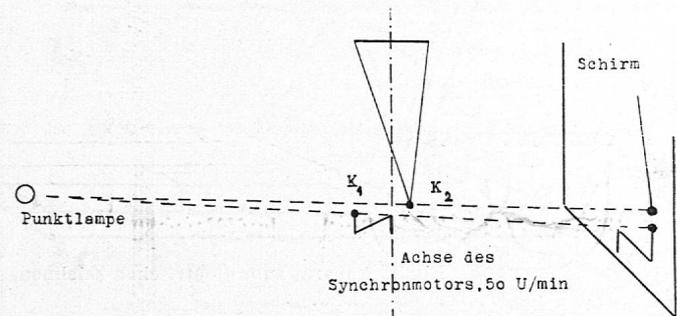


Fig. 3.

*Schwingung* herzuleiten. Umso wichtiger ist es, diesen Zusammenhang experimentell deutlich zu zeigen. Dazu bietet der folgende Versuch (Fig. 3) eine eindrucksvolle Möglichkeit.

Eine Kugel  $K_1$  ist durch einen gewinkelten Draht so an der Achse des Synchronmotors befestigt, dass sie einen horizontalen Kreis mit Radius  $r$  beschreibt. Darüber ist eine gleiche Kugel  $K_2$  pendelnd bifilar aufgehängt, so dass sie in der Ruhelage in der verlängerten Achse des Motors liegt. Die Fadlänge ist so gewählt, dass die Schwingungsdauer des Pendels mit der Umdrehungszeit des Motors (in diesem Fall 1,2 s) übereinstimmt. Die beiden Kugeln werden durch eine Punktlampe, die in einer zur Schwingungsebene des Pendels senkrechten Ebene liegt, auf einen Schirm projiziert. Man gibt dem Pendel die Amplitude  $r$  und wählt die Phase so, dass die Projektionen der beiden Kugeln auf dem Schirm einmal genau übereinander liegen. Dann bleiben sie übereinander; ihre schön gemeinsame Bewegung wirkt sehr eindrucksvoll.

3. Das gezähnte Schwungrad des Motors dient zur bequemen Bestimmung der *Schallgeschwindigkeit*. Man lässt ein Kartenblatt an den Zähnen des Rades schnarren und bestimmt die Resonanzlänge dieses Tones (bzw. seiner Oktave) in einem Glasrohr.

Dies einige Beispiele von Versuchen, bei welchen überall die genau bekannte Drehzahl des Motors der wesentliche Punkt ist. Ihre Liste liesse sich beliebig verlängern, so z. B. durch einen Versuch zur Bestimmung der Zentrifugalkraft. Der Synchronmotor ist aber auch sonst ein sehr praktischer Gegenstand. Man treibt mit ihm ein Rührwerk, ein Pumpenmodell, den Polygonspiegel usw. Ich möchte ihn jedenfalls in meiner sonst eher bescheidenen Sammlung auf keinen Fall missen.

## Das dioptrische Verfahren zum Zeichnen naturwissenschaftlicher Objekte

Von A. Günthart, Kantonsschule Frauenfeld.

Ueber dieses praktische Zeichenverfahren habe ich vor längerer Zeit in einem Aufsatz über die Herstellung sogenannter Tageslichtbilder berichtet<sup>1)</sup>. Inzwischen habe ich bemerkt, dass das dioptrische Zeichnen immer noch nicht allgemein bekannt ist und wenig verwendet wird. Darum sei es hier nochmals ausführlicher dargestellt.

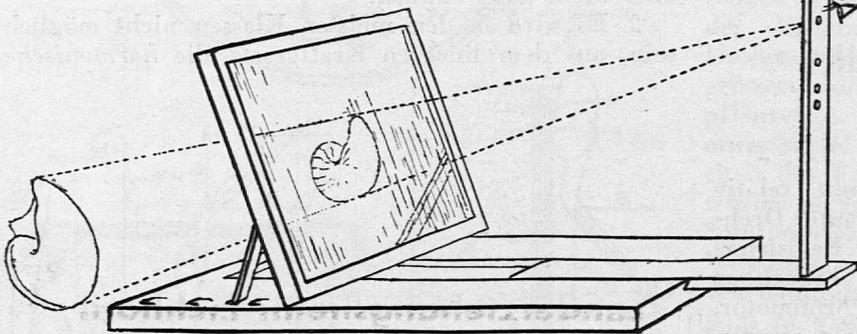


Fig. 1. Apparat zum dioptrischen Zeichnen.

Die dioptrische Methode ist zwar durchaus nicht neu. Albrecht Dürer hat sie in einer Zeichnung «die Glastafelmethode» und in andern seiner Kupferstiche wiedergegeben<sup>2)</sup>. Neuerdings ist sie z. B. von Ferd. Hodler angewendet worden.

Man bringt zwischen Auge und Gegenstand (Tiere, Skeletteile, wie in unsern Fig. 2 und 3, Kristallmodelle, Apparate usw., aber auch Bildvorlagen, die man verkleinern will) eine durchsichtige Zeichenfläche an (eine gelatinierte oder auch nur mit Alkohol gut gereinigte Glastafel, oder eine an den Ecken auf diese Glastafel festgeheftete Zellophanfolie), auf der sich nun mit dem Tuschfederchen leicht zeichnen lässt. Auf dieser Zeichenfläche wird der Gegenstand einfach nachgezeichnet. Die Glastafel muss senkrecht zur Blickrichtung in einem geeigneten stabilen Gestell befestigt sein. Je weiter sie vom Objekt entfernt wird, um so kleiner wird selbstverständlich das Bild. Das nicht benützte Auge wird dabei geschlossen gehalten, und der Kopf des Zeichners darf seinen Ort nicht verändern, was leidlich erreicht wird, wenn

<sup>1)</sup> In Erf. VIII (1923/24), Nr. 4. Tageslichtbilder sind Zeichnungen auf Zellophanfolie oder auf gelatinierte Glasplatten, deren Herstellung dort beschrieben wird. Wegen der völligen Durchsichtigkeit des Grundes können solche Bilder ohne Verdunkelung des Zimmers projiziert werden.

<sup>2)</sup> Vgl. Abb. 2, 3 und 4 in Georg Wolff, Mathematik und Malerei, Nr. 20/21 der mathemat. Bibliothek, von B. G. Teubner, Leipzig, 1916.

man als Kinnstütze eine auf den Tisch gestemmte Papprolle verwendet. Eine wesentliche Verbesserung entsteht durch Verwendung einer feststehenden Dioptrische Lochöffnung, wie bei der in Fig. 1 dargestellten Einrichtung. Die Entfernung dieses Dioptrische Loches von der Bildscheibe muss gleich der deutlichen Sehweite des Zeichners sein; da diese variiert und im Alter zunimmt, muss der Schieber mit den Sehlöchern bis auf 30 oder 40 cm Bildweite ausgezogen werden können. Um sicherer zu zeichnen, verwendet man einen Holzklötzchen als Handstütze. Der Entwurf auf der Glastafel braucht nur die wichtigsten Linien des Objektes zu enthalten. Dieser Entwurf wird dann auf Papier durchgezeichnet und hier fertiggemacht. Diese Zeichnung kann nun als Episkopbild verwendet werden. Verfügt man nicht über ein Episkop und will darum das Bild diaskopisch projizieren, so legt man ein gelatinisiertes Diapositivdeckglas oder eine Zellophanfolie, die nachher zwischen zwei Glasplatten gefasst wird, auf

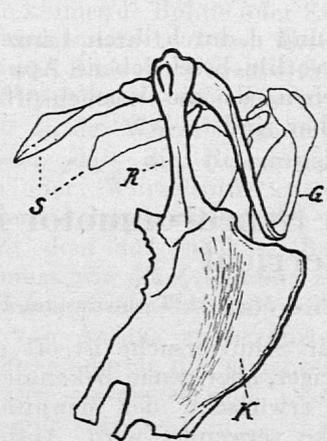


Fig. 2. Schultergürtel des Uhu. S Säbelbein (Schulterblatt), G Gabelbein (Schlüsselbein), R Rabenschnabelbein, K Kamm des Brustbeins.

die Zeichnung und zeichnet sie nochmals durch. So erhält man ein «Tageslichtbild»<sup>1)</sup>.

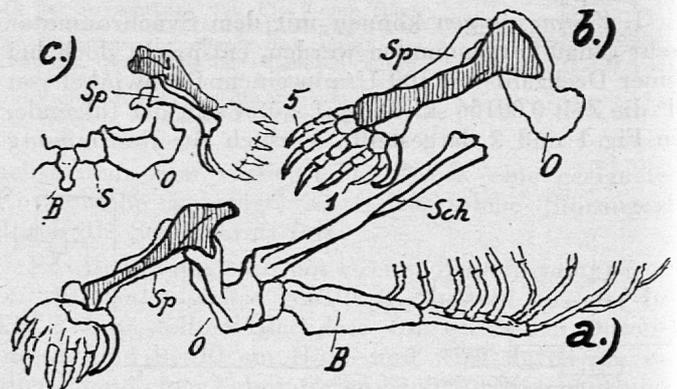


Fig. 3. Teile des Maulwurfskeletts, dioptrisch gezeichnet, a von der Seite, b Arm von seitlich-vorn, c von vorne. Sp Speiche, O Oberarm, B vorderer Teil des Brustbeins (Schwertfortsatz) mit Kamm, Sch Schulterfortsatz, ebenfalls gekämmt, 1 bis 5 Finger, daneben das Sichelbein. Die Elle ist schraffiert.

Wer je versucht hat, Gegenstände auf kurze Distanz naturgetreu abzuzeichnen, wird erstaunt gewesen sein über die starken perspektivischen Verkürzungen, die sich da geltend machen. Selbst der beste Zeichner wird ihnen ohne zeitraubende Messungen nicht gerecht werden. Die dioptrische Methode jedoch liefert rasch Bilder von photographischer Naturtreue.