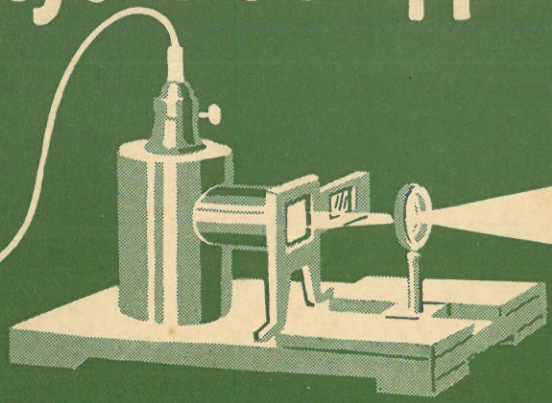
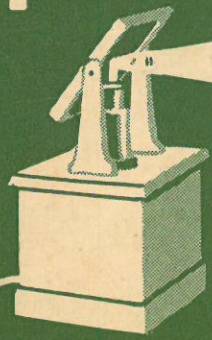
Die Selbstherstellung eines Projektionsapparates und Episkops

L 44





LEHRMEISTER BÜCHEREI · MARK 0,35 ·

von **Dr. O. Nothdurft**

Mit Abbildungen

Die Selbstherstellung eines Projektionsapparates und Episkops

Von

Dr. O. Nothdurft

Mit 40 Abbildungen

Verlag Hachmeister & Thal
Leipzig

Inhaltsverzeichnis

Seite

A. Projektionsapparate (Bildwerfer)

I. Allgemeines 3

II. Lichtquellen für den Bildwerfer 10

III. Der äußere Aufbau 14

IV. Allerhand Bastelei um den Bildwerfer . . . 27

B. Das Episkop

I. Vorversuche 31

II. Bau von Episkopen 35

A. Bildwerfer

I. Allgemeines

Mit dem Bildwerfer oder Projektionsapparat sollen durchsichtige Bilder (Diapositive) soviel vergrößert auf einen weißen Schirm geworfen werden, daß eine größere Anzahl von Zuschauern auch Einzelheiten mühelos erkennen kann. Die nötige Vergrößerung richtet sich damit nach der Zahl der Zuschauer, der Größe des Raumes; für unsere häuslichen Zwecke kommen wir mit Bildern von 80 × 80 cm meist ganz gut aus; Bilder von 1,60 × 1,60 m sind wohl die größten, die in Frage kommen.

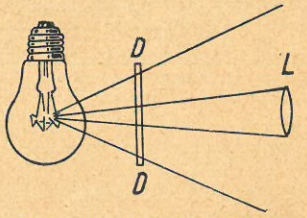


Abb. 1 Schlechte Lichtausnutzung

Damit das Projektionsbild wirkt, muß es eine gewisse Mindesthelligkeit haben; diese nimmt für ein bestimmtes Gerät schnell mit der Größe des Wurfbildes ab. Das Bild von 80 × 80 cm Fläche (0,64 qm) braucht nur ein Viertel von der Beleuchtungsstärke des großen Formats von 1,6 × 1,6 m, dessen Fläche ja 2,56 qm ist. Je größere Bilder wir verlangen, um so stärker muß die Lichtquelle unseres Geräts sein. Bis zu einem gewissen Grade läßt sich mit einer schwachen Lichtquelle noch Gutes erreichen, wenn wir die Diapositive recht zart entwickeln, weil sie dann mehr Licht durchlassen. Immer aber ist die Leistungsfähigkeit unseres Bildwerfers in erster Linie von der Lichtquelle abhängig und von der Art, wie ihr Licht ausgenützt wird.

Den Sinn der zweiten Bedingung sehen wir sofort an Abb. 1. Das Licht der Glühlampe durchleuchtet das Diapositiv D mit einem Lichtkegel, der um so stumpfer wird,

je mehr sich Lichtquelle und Diapositiv nähern. Aber dieser Lichtkegel verläßt das Diapositiv zum größten Teile ganz nutzlos, nur ein schmaler Bezirk trifft die Linse L, die zur Vergrößerung dient. Und, was noch schlimmer ist, nur ein schmaler Bildkreis zwischen D und D ist gut beleuchtet — nur ein kleiner Teil des Diapositivs kann abgebildet werden. Verwendet man eine mattierte Lampe, so wird das etwas günstiger, weil auch Strahlen von dem ganzen Lampenkörper mit zur Beleuchtung helfen. Für Vergrößerungsapparate kommen wir zur Not mit einer solchen Beleuchtung aus.

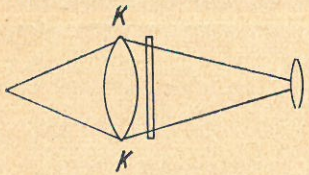


Abb. 2 Gute Lichtausnutzung mit Kondensator

Für einen guten Bildwerfer muß dagegen das Licht gerichtet werden und zwar so, daß möglichst alles durch das Diapositiv gehende Licht zur Bilderzeugung dient, d. h. von der Projektionslinse aufgenommen wird. Abb. 2 zeigt, wie das durch Einschalten einer großen, kurzbrennweitigen Linse K erreicht wird. Wir nennen diese Linse, die gewissermaßen das verfügbare Licht kondensiert, Kondensator oder Beleuchtungslinse. Sie erfüllt ihre Aufgabe am besten, wenn die Lichtquelle möglichst punktförmig ist oder doch nur kleine Ausdehnung hat.

Der Bildwerfer besteht also aus:

a) der Lichtquelle, die möglichst kräftig und möglichst punktförmig sein soll,
b) der Beleuchtungslinse, die groß und kurzbrennweitig sein soll,
c) der Wurflinse oder dem Projektionsobjektiv.

Selbstverständlich muß alles überflüssige Licht abgeblendet werden, wir müssen also die Lichtquelle noch in ein annähernd dichtes Lampengehäuse bringen.

Die Baukosten des Gerätes sind zunächst abhängig von dem Kondensator. Aus optischen Gründen benützt man nicht

eine Linse von der angegebenen Form, sondern zwei „plankonvexe", wie in Abb. 3 gezeichnet, die mit ihren Kugelflächen gegeneinander gestellt werden. Der Durchmesser des Kondensators muß aber mindestens so groß sein, wie

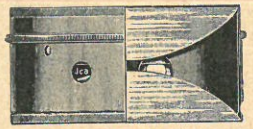


Abb. 3 Doppelkondensator

Abb. 4] Kondensatordurchmesser und Bildgröße

die Diagonale des Diapositivs, oder einfacher ausgedrückt so groß, daß die Ecken des Diapositivs noch in die ebene Kreisfläche einer Linse fallen (Abb. 4). Die folgende kleine Tabelle gibt an, wie groß der Durchmesser für ein bestimmtes Format sein muß, wie groß er noch allermindestens genommen werden muß, wenn man ein Stück Rand beim Dia-

Angaben über Beleuchtungslinsen

Nr.	Für ein Format v. cm	genügt voll Durchmesser cm	reicht zur Not ein Durchm. cm	Brennweite etwa cm	Preis der Einzellinse RM	Fertiger Kondensor RM
1	1×1	1,5	—	2,5	2.70	13.50
2	2×2	3,3	2,8	5	2.70	15.—
3	3×3	—	4	7	2.80	
4	2,4×3,6	—	4	7	2.80	
5	4×4	6	—	10	3.—	9.—
6	4,5×6	—	7	10	3.60	
7	4,5×6	8,5	—	15	3.90	12.—
8	6×6	—	8,5	15	3.90	
9	8,5×8,5	—	10,2	15	6.—	16.50
10	8,5×8,5	11	—	15	6.90	21.—
11	9×12	—	14	30	10.50	
12	9×12	15	—	20–30	13.50	34.50

positiv nicht mitbenützt zur Bilderzeugung, was eine Einzellinse etwa kostet und was ein fertig gekaufter Kondensator kostet. Außerdem ist für jede Einzellinse und für den ganzen Kondensator noch die ungefähre Brennweite in Zentimetern angegeben.

Daß die beiden ersten fertigen Kondensatoren so teuer sind, erklärt sich daraus, daß sie nicht wie die anderen aus zwei, sondern aus drei Linsen bestehen, womit eine beträchtliche Helligkeitserhöhung verbunden ist. Auch wir werden in manchen Fällen eine dritte Linse verwenden können, um hellere Bilder zu erhalten. Die ganz kleinen Kondensatorlinsen kommen für Kleinfilm 9,5 mm in Frage, die nächste Größe für Schmalfilm 16 × 16 mm. Die fettgedruckten Zahlenreihen gelten für die Formate 4 × 4, 4,5 × 6 und für das Diapositiv-Normalformat 8,5 × 8,5 cm.

Man sieht, daß der Kondensator immer ziemlich teuer wird, so daß der richtige Bastler auf Ersatz bedacht ist. Der ist aber nur möglich, wenn man Linsen dem Format und dem Objektiv entsprechend wählt, wenn man sich also über die optischen Voraussetzungen genau klar ist. Das ist auch nicht allzu schwierig. Wir müssen uns nur zweierlei überlegen: Einmal soll das Bild der Lichtquelle in das Objektiv fallen. Dabei aber darf die Lichtquelle nicht zu weit vom Kondensator entfernt werden, um möglichst viel Licht zu „kondensieren" und auch das Lampengehäuse nicht allzu lang bauen zu müssen. Am besten geht das, wenn Lichtquelle und Objektiv symmetrisch zum Kondensator stehen, wenn also Gegenstandsweite und Bildweite gleich sind. Stellen wir zur Klärung ein paar Versuche mit irgend einer Linse und einer Kerze an! Wir haben im Sonnenschein festgestellt, daß der Brennpunkt F von der Linse 20 cm entfernt ist, daß also die „Brennweite" 20 cm beträgt. Stellen wir jetzt die Kerze 40 cm von der Linse entfernt auf, so finden wir ihr scharfes (umgekehrtes!) Bild auf einem weißen Blatt in 40 cm Entfernung (Abb. 5). Nebenbei bemerkt, ist dabei das Bild genau so groß, wie die Kerze selbst.

Wir wissen andererseits, daß die Auszugslänge unseres Photoapparates bei Abständen von 3—5 m nicht sehr verschieden ist von der Brennweite seines Objektivs. Wenn wir also umgekehrt ein Diapositiv vergrößert auf den Schirm werfen wollen, so wird der Abstand des Objektivs von ihm auch nicht viel größer sein als die Brennweite. So ergibt sich der Satz: Die Brennweite des Kondensators muß etwa halb so groß als die des Vergrößerungsobjektivs sein, wenn möglichst viel Licht ins Objektiv kommen soll. Wir sehen zugleich, daß bei geringer Vergrößerung (etwa im Vergrößerungsapparat) das Objektiv weiter vom Kondensator abstehen muß, also etwas mehr als seine Brennweite, daß hier entweder die Kondensatorbrennweite größer genommen oder die Lichtquelle dem Kondensator genähert werden muß.

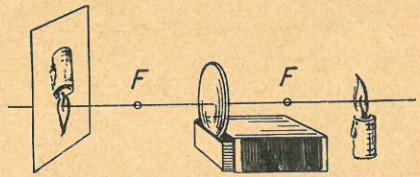


Abb. 5 Lichtquelle und Bild im Abstand der doppelten Brennweite

Schlimmer ist es, wenn die Objektivbrennweite zu klein, die des Kondensators also zu groß ist, weil dann die Lichtquelle vom Kondensator entfernter aufgestellt werden muß, und damit die Lichtstärke schnell absinkt. In solchem Falle ist es dann das beste, zwischen Kondensator und Lichtquelle eine dritte Sammellinse aufzustellen um eine kürzere Brennweite zu erreichen. Da diese der Lichtquelle näher steht, kann sie einen kleineren Durchmesser als die Kondensatorlinsen haben, wird also billiger. — Ein Beispiel zeige, wie richtig es ist, vor dem Bau die optischen Verhältnisse grob durchzurechnen, um nicht ungeeignete Linsen zu erstehen! Es soll ein Bildwerfer für $4^1/_2 \times 6$ cm gebaut werden. Der Kondensator besteht aus 2 Linsen Nr. 7. Einzelbrennweite 15 cm, Gesamtbrennweite etwa 7 cm. Das Objektiv des Aufnahmeapparates mit F = 7,5 cm sollte

zur Projektion verwandt werden, da es sehr lichtstark ist. Es wird für die Projektion etwa 8 cm vom Kondensator entfernt stehen. Das Bild der Lichtquelle entsteht nach der bekannten Linsenformel dann 8 cm entfernt, wenn

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{8}=\frac{1}{f} \text{ ist;}$$

d. h. das unbekannte a, die Entfernung der abzubildenden Lichtquelle muß für b = 8 (die Bildweite) und die Brennweite f (= 7 cm) berechnet werden:

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f};\ \frac{1}{a}=\frac{1}{7}-\frac{1}{8};\ \frac{1}{a}=\frac{1}{56};$$

oder a muß 56 cm werden, die Lichtquelle müßte 56 cm vom Kondensor entfernt sein! In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse etwas günstiger, weil die Brennweite nicht von dem Außenrande des Kondensors gerechnet wird, sondern von einer Mittelfläche. Immerhin aber müßte die Lichtquelle sehr weit vom Kondensor abstehen und würde ganz schlecht ausgenutzt. Es muß also entweder die Brennweite des Kondensators durch eine dritte Linse verkürzt oder ein anderes Objektiv und zwar von etwa 13—15 cm Brennweite gewählt werden, wenn der Bildwerfer lichtstarke Bilder geben soll. — Wählen wir den Kondensator Nr. 6, der an sich ein wenig zu kleinen Durchmesser, aber dafür eine Brennweite von nur 5 cm hat, so ist das Objektiv von 7,5 cm zur Not brauchbar.

Ein Bildwurfgerät soll an der schmalen Endwand eines 8 m langen Zimmers stehen und von dort Bilder 8,5 × 8,5 (mit der wirklichen Bildgröße von 7 × 7 cm) auf den Schirm an der anderen Schmalwand in 20 facher Vergrößerung geben. Aus der Linsenformel kann man berechnen, daß eine 5 fache Vergrößerung im Abstande der 6 fachen Brennweite zu erwarten ist. Für eine 20 fache Vergrößerung wird also die Entfernung 21 × F oder mit genügender Genauigkeit auch 20 × F. Die Brennweite des Objektivs muß also 40 cm (!) werden. Es ist recht nützlich, solche Daten voraus berechnen zu können, damit man nicht einmal für eine fröhliche Veranstaltung das Projizieren von Bildern verspricht und dann den Apparat zum Schluß mitten unter den Hörern aufstellen muß. Für einen Saal von 16 m muß das Objektiv schon eine Brennweite von 80 cm haben! Man überlege sich auch vorher, wie man das Vorderteil des Apparates um soviel verlängern will. Auf jeden Fall ist davon abzuraten, den Apparat hinter eine feuchte Leinwand zu stellen und durch diese hindurch zu projizieren. Für solche lichtschwache Darbietungen ist unsere Zeit schon zu sehr mit Lichtstärken verwöhnt.

Um dabei den vollen Lichtstrom ins Objektiv zu erhalten, muß die Lichtquelle dem Kondensor genähert werden, was ohne weiteres möglich ist. Nur wenn sie sehr viel Hitze abgibt, wird man zur Sicherheit vor dem Kondensator eine Hartglasscheibe als Schutz anbringen. —

Fassen wir die wichtigsten Bedingungen für die Optik des Bildwerfers noch einmal kurz zusammen!

1. Der Durchmesser des Kondensators muß mindestens gleich der Diagonale des zu projizierenden Bildes sein.
2. Die Brennweite des Kondensators muß klein sein, jedenfalls nicht erheblich größer als die halbe Brennweite des Objektivs kürzester Brennweite, das noch verwandt werden soll.
3. Die Brennweite des Objektivs ist abhängig von der gewünschten Vergrößerung V und dem gewünschten Abstande A des Bildwerfers von dem Schirm. Die Brennweite F mal der Vergrößerungszahl muß gleich dem Abstande A des Schirmes sein. Also für 20 fache Vergrößerung bei 4 m Schirmabstand muß sein:
   $F \times V = A$, d. h. $20 \cdot F = 400$, oder $F = 20$ cm
   bei 6 m Schirmabstand und 15 facher Vergrößerung:
   $F \times V = A$; $15 \cdot F = 600$; $F = 40$ cm.
   Und endlich bei 2,50 m Abstand und 20 facher Vergrößerung:

$F \times V = A$; 20 $F = 2{,}50$; $F = 12{,}5$ cm.
In dem letzten Falle darf aber die Brennweite des Kondensators nicht über 6—7 cm gewählt werden.

II. Lichtquellen für den Bildwerfer

Die Lichtquelle soll möglichst punktförmig sein; deshalb ist die beste Beleuchtung die mit elektrischem Bogenlicht.

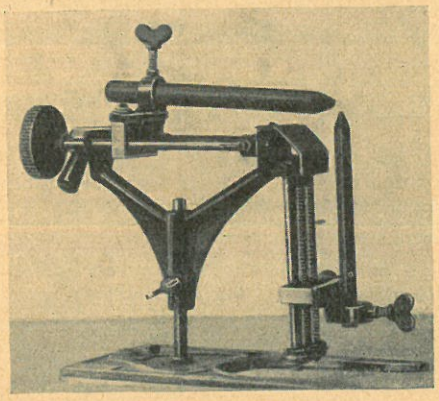


Abb. 6 Bogenlampe zur Handreglung

Denn hier bildet — wenigstens bei Gleichstrom — der stark glühende Krater der positiven Kohle eine Lichtquelle kleinster Ausdehnung und allergrößter Lichtstärke. Nachteile sind der hohe Stromverbrauch, die starke Erhitzung des Gehäuses und die Notwendigkeit ständigen Nachstellens der langsam abbrennenden Kohlen. Für Projektion im Zimmer ist eine Bogenlampe durchaus entbehrlich. Eine Bogenlampe, wie sie für mittelgroße Geräte recht geeignet ist, zeigt Abb. 6. Soll sie mit 4—5 Amperes brennen, so wird ihr bei 110 Volt ein Schniewindt-Widerstandsband Nr. 42, 6 cm breit und 1 m lang so vorgeschaltet, daß eine Zuleitung in der Mitte,

die andere an den miteinander verbundenen Enden des Bandes liegt. Da das Band 48 Ohm hat, ist sein Widerstand in dieser Schaltung ein Viertel davon, also 12 Ohm. Bei 220 Volt nimmt man von demselben Band etwa $^3/_4$ der Länge.

Eine sehr gute Ausleuchtung geben die käuflichen Projektions-Glühlampen. Eine 500-Watt-Lampe z. B. liefert Bilder, die bei 10—15facher Vergrößerung im unverdunkelten Zimmer auf 4—6 m gut zu sehen sind.

In mäßig verdunkelten Räumen kann man ohne weiteres Bilder von 2×2 m vollständig genügend ausleuchten. Recht bequem ist dabei, daß Glühlampen nicht so genau zentriert werden müssen wie Bogenlampen. Eine Projektionslampe von 250 Watt dürfte für häusliche Zwecke vollständig genügend sein; mit einer 100 Watt-Lampe werden Bilder von 1×1 m noch ganz gut ausgeleuchtet. Man kann die Lampen für horizontale und vertikale Brennlage kaufen, je nach dem Gehäuse, das man verwenden will. Recht angenehm ist es bei diesen Lampen, daß man keinerlei Vorschaltwiderstände und dergleichen braucht, sondern nur eine (gewöhnliche oder Goliath-) Glühlampenfassung, von der eine Schnur mit Stecker zur Wanddose führt. Die beiden kleineren Lampen lassen sich bei 110 Volt an jede Leitung anschließen, für die größere darf bei dieser Spannung eine Netzsicherung nicht unter 6 Amperes sein. Bei 220 Volt kann jede der drei Lampen ohne weiteres ans Netz angeschlossen werden. Bei einem Kilowattstunden-Preis von 40 Pfg. kostet der Betrieb der drei Lampen 20, 10 und 4 Pfg. die Betriebsstunde.

Schlecht ausgenutzt wird die Lichtstärke gewöhnlicher Glühlampen. Wie unsere Tabelle auf Seite 13 zeigt, ist hier besonders ungeschickt die Opallampe, die für Vergrößerungsapparate so sehr gute Dienste leistet. Aber auch mit anderen Glühlampen ist die erzielte Bildhelligkeit nur recht mäßig. Eine 75-Watt-Lampe gibt nur von ziemlich dünnen oder gezeichneten Diapositiven leidliche Bilder von etwa einem Quadratmeter.

Sehr praktisch sind die kleinen Niedervoltlampen, wie sie in den Scheinwerfern von Kraftwagen benutzt werden. Eine solche Lampe von 6—8 Volt gibt bei Vollbelastung ein ganz tadelloses Bild von 1 qm Fläche; sie braucht dabei etwa 2,3 Amperes. Die kleine Ausdehnung des Fadens und die starke Überlastbarkeit geben diese große Ausbeute brauchbaren Lichtes. Am billigsten brennen sie an Wechselstromnetzen mit einem Trafo, der dabei höchstens 50 Watt braucht, so daß die Brennstunde auf höchstens 2 Pfg. kommt. Ein solcher Trafo ist leicht aus einem Radio-Netztrafo herzustellen, dessen Spannungswicklung durchgeschlagen ist. Man bekommt auch Heiztrafos zu sehr billigen Preisen und muß dann nur die Lampe entsprechend wählen. Hat man zwei Heizakkus von Radiogeräten, so kann man auch mit diesen arbeiten; falls sie in der üblichen Weise an der Netzsicherung geladen werden, kostet der Betrieb gar nichts. Im Notfall kann man die Autolampen mit Netzstrom und Vorschaltwiderständen benutzen, was allerdings ziemlich teuer im Betrieb ist. Eine Lampe 12 Volt 2 Amp. kostet dabei an 110 Volt (da sie 220 Watt braucht) etwa 9—10 Pfg. die Stunde, an einem 220-Volt Netze das Doppelte!

Eine gute Übersicht über die Vorzüge und Nachteile der in Frage kommenden Lichtquellen gibt unsere Tabelle. Die Messungen machen nicht Anspruch auf große Genauigkeit, weil schon kleine Änderungen der Stellung von Kondensator und Lichtquelle ziemliche Abweichungen ergeben; sie gestatten aber, die Leistung einer Lichtquelle zahlenmäßig zu beurteilen. Gemessen ist die mittlere Beleuchtungsstärke in dem Lichtkegel, der vom Objektiv des Bildwerfers ausgeht und zwar in immer demselben Abstande von 60 cm. Die zuerst vorgenommenen Messungen auf dem Schirm wichen weit mehr voneinander ab. Bei einigen Versuchen wurde auch die Beleuchtungsstärke der frei brennenden Lichtquellen bestimmt, was besonders für die Opallampe beachtenswerte Ergebnisse brachte.

Beleuchtungsstärke bei 60 cm Abstand in Meterkerzen

Messung Nr.	Lichtquelle	Direkt gemessen	Im kondens. Lichtkegel	Wattverbrauch der Lichtquelle	Watt für 1 Nr. Kerze	Wattverbrauch mit Widerstand	Watt für 1 Nr. Kerze
1	Opal-Glühlampe 75 Watt	100	25	—	—	75	3
2	Innenmatt. Glühl. 40 Watt	62	62	—	—	40	0,7
3	Autolampe 8 Volt, 2,3 Amp.	50	150	99	0,15	mit Trafo	0,3
4	Dieselbe m. 6 Volt, 1,9 Amp.	—	50	11	0,2	—	—
5	Autolampe 12 V., 2,1 Amp.	—	210	25	0,12	mit Trafo an 220 Volt	0,2
6	Autolampe 12 V., 2,1 Amp.	—	210	—	—	mit Widerst. 460	2,2
7	Autolampe 12 Volt, 3 Amp.	—	350	36	0,11	mit Trafo	0,2
8	Projektionslampe 500 Watt	—	1250	—	—	500	0,4
9	Bogenlampe 4 Amp.	1100	3000	250	0,08	900	0,3

III. Der äußere Aufbau

Nach der verwandten Lichtquelle richtet sich die zweckmäßigste Form des Lampengehäuses. Abb. 7 zeigt eine

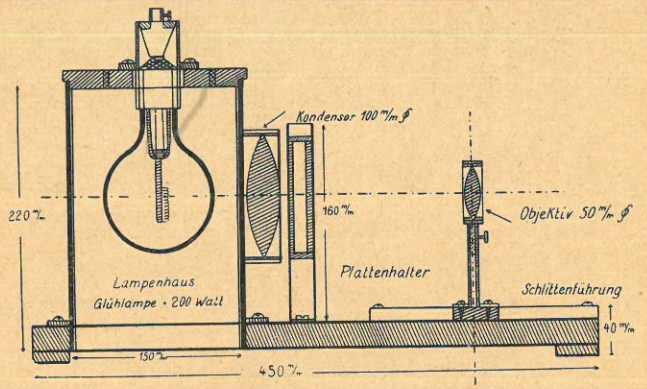


Abb. 7 Konstruktionszeichnung des Projektionsapparates

Form, die für die käuflichen Projektionslampen und auch für größere, gewöhnliche Glühlampen geeignet ist. Das Lampengehäuse ist ein stehender Blechzylinder, an den das

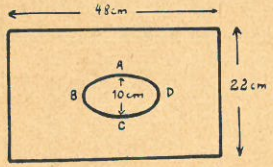


Abb. 8 Schnittmuster für das Lampenhaus

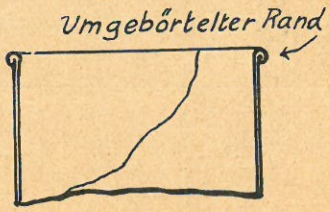


Abb. 9 Wie der Rand des Lampenhauses umgebörtelt wird

Kondensatorrohr angesetzt ist. Der Blechzylinder ist unten ganz offen, wodurch eine sehr gute Kühlung erreicht wird. Da bei den großflächigen Leuchtkörpern der Glühlampen die Einstellung nicht allzu ängstlich ist, kann man die Lampe in der angegebenen Art fest anbringen. Besser ist es aber

doch, die Fassung in einem Schlitz des oberen Deckels verschiebbar zu machen, um für alle Fälle das Diapositiv ausleuchten zu können.

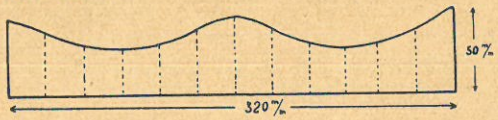


Abb. 10 Schnittmuster für das Ansatzrohr

Abb. 8 gibt ein Schnittmuster für das Lampenhaus, das aus 1 mm starkem Messing- oder Weißblech hergestellt wird. Der elliptische Ausschnitt wird mit ausgesägt, wozu Metallsägen in einem gewöhnlichen Laubsägebogen genü-

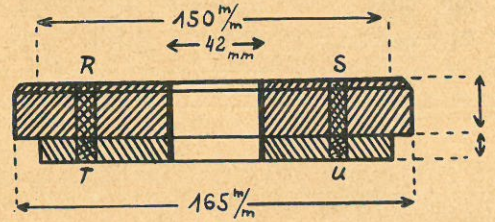


Abb. 11 Der Deckel des Lampenhauses (Schnitt)

gen. Die lange Achse der Ellipse muß 13, die kurze 10 cm sein. Sehr nett ist es, wenn der obere Rand des Zylinders umgebörtelt wird (Abb. 9), doch ist das nicht unbedingt nötig, da der Holzdeckel seitlich übergreift. Der Zylinder wird nach dem Biegen zusammengelötet.

Der Kondensator findet in einem Ansatzrohr Platz, das aus Messingblech nach der Schablone Abb. 10 geschnitten wird. Dieses Stück ist am schwierigsten herzustellen, weshalb man am besten etwas schwächeres Blech dazu verwendet. Es wird zum Zylinder gebogen und dann stumpf zusammengelötet. Das fertige Rohr wird dann an das Gehäuse genau senkrecht zu dessen senkrechter Achse festgelötet.

Das Grundbrett aus 20—22 mm starkem Hartholz soll 45 cm lang und 22 cm breit sein. Der kreisförmige Ausschnitt, der das Lampengehäuse aufnimmt, kann oft nach Abraspeln gleich für den oberen Deckel verwandt werden. Sonst muß man diesen aus einzelnen dünneren Brettern zusammenschrauben und leimen. Der Deckel bekommt 3—4 Bohrungen von etwa Zentimetergröße; diese kann man später durch kleine Bleche, die nach hinten schräg gestellt sind, noch etwas lichtsicherer machen (Abb. 11).

Abb. 12 Wie der Messingring an dem unteren Rand des Lampenhauses befestigt ist

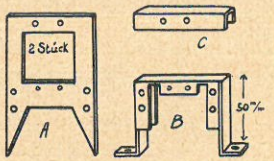


Abb. 13 Einzelteile des Plattenhalters

Das Lampengehäuse erhält dann entweder einen Messingring mit 6—8 Schraublöchern angelötet (Abb. 12) oder einfacher und billiger 3—4 Messingwinkel. Da die Herstellung aller anderen Teile für die verschiedenen Apparate ziemlich gleichartig ist, beschreiben wir sie hier schon. Der Träger für die Diapositive ist ein rechteckiger Rahmen, in den der „Bilderschieber" hineinpaßt (Abb. 13). Am besten sieht er aus, wenn wir ihn aus millimeterstarkem Messingblech zusammensetzen; die nötigen Einzelteile zeigt die Abbildung. Sie werden nach dem Biegen miteinander vernietet und das Ganze wird mit den waagerecht abgebogenen Lappen am Fußbrett festgeschraubt. Doch läßt sich das Ganze auch aus Laubsägeholz recht ansehnlich herstellen.

In diesen Träger paßt nun das Schieberähmchen (Abb. 14), das nach Abb. 15 aus zwei Deckrähmchen (unten in der Figur gezeichnet) und einem Zwischenstück zusammengeleimt wird.

Recht bequem ist auch eine Bildwechslung, wie sie ein Teil der Ica-Apparate hatte (Abb. 16). In einem Fall-

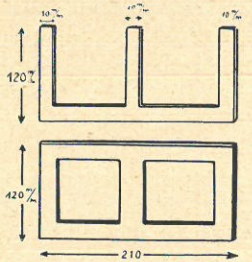


Abb. 14 Einzelteile des Schieberähmchens

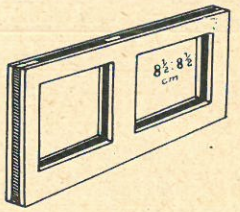


Abb. 15 Fertiges Schieberähmchen

schacht aus Blech oder Holz stehen drei Bilderrähmchen übereinander und zwar so, daß das mittlere vor den Kondensator kommt. Man steckt oben das Rähmchen mit dem neuen Bilde ein und zieht dann das untere seitlich heraus, wodurch das gewünschte neue Bild in den Lichtweg fällt. Zweckmäßig bringt man unten eine Leiste aus dickem Filz an, auf die der zweite Rahmen beim Wechseln fällt. Abb. 17a zeigt eine der Deckplatten, von denen je zwei ausgesägt werden müssen und die drei Leisten, die zwischen die Außenwände kommen. Befestigt wird die Bildwechslung an einer kräftigen Holzleiste, die auf das Grundbrett geschraubt wird.

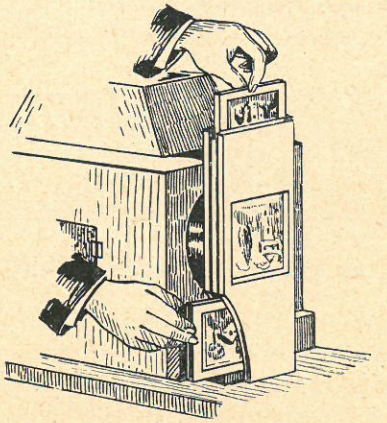


Abb. 16 Fallschacht

Die Rähmchen, die wieder aus zwei Außenbrettchen und einem Innenbrett bestehen (Abb. 17 b, c) muß man unbedingt zuerst herstellen, damit sie nachher auch wirklich in die Fallrinne passen. So einfach das Ganze im Grunde genommen ist, muß es doch sehr sauber und genau gearbeitet werden, wenn es nicht eine Quelle von Verdruß werden soll!

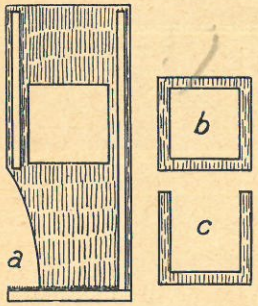


Abb. 17 a Ein Seitenbrett des Rahmens, b, c Bilder-Rähmchen dazu

Eine einfache und doch zuverlässige Art von Bildbühne und Bildschieber zusammen erhält man, wenn man in die untere Leiste eines käuflichen Bilderschiebers zwei Messingdrähte von $2^1/_2$ bis 3 mm einschraubt und diese dann in zwei entsprechend gebohrte Löcher des Grundbretts steckt. Sind diese Löcher etwas enger zusammen als die Befestigungslöcher im Bilderschieber, so hält das Ganze sehr gut fest. Die Einrichtung hat den Vorzug, daß für physikalische und chemische Versuche die Bildbühne mit einem Griff weggenommen werden kann. — Im übrigen wird jeder Bastler leicht andere Möglichkeiten für den Bau von Bildbühne und Bilderschieber finden.

Abb. 18 und 19 zeigt, wie die Projektionslinse verstellbar gemacht und der Holzfuß schräg abgeschnitten wird, um zwischen gleichartig abgeschrägten Holzschienen glatt zu laufen. Leichter scheint es mir, unter den Holzklotz ein Stück dünnes Brett zu leimen, das zwischen fertig gekauften „Faconleisten" oder selbst durch Aufschrauben von Blech- oder Holzstreifen hergestellten Führungen (Abb. 20) läuft. Will man den Apparat auch für physikalische Demonstrationen gebrauchen, so führt man die Schienen bis dicht ans Gehäuse, damit man dort ein Tischchen aufstellen kann. Über weitere Einrichtungen des Projizierens von Versuchen sprechen wir später. —

Für Lichtquellen kleinerer Fläche und nicht allzu großer Hitzeentwicklung gibt der liegende Zylinder das einfachste und zweckmäßigste Gehäuse. Bei solchen Lichtquellen ist eine sehr genaue Einstellung in die optische Achse und eine leicht zu bedienende Abstandsveränderung nötig. Für jede andere

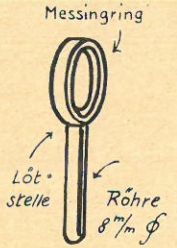


Abb. 18 Linse mit Fassung und angelöteter Röhre

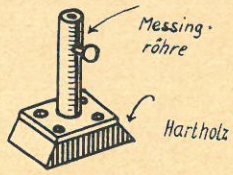


Abb. 19 Objektivträger

Gehäuseform ist dazu ein einschiebbares Stativ erforderlich, das eine genaue Seiten- und Höheverstellung ermöglicht, was gar nicht so einfach zu erreichen ist. Hier können wir dagegen die ganze Regelung außerhalb des Apparats auf der abschließenden Platte anbringen. Sie muß zwar auch sorgfältig gearbeitet werden, aber wir können alle Teile selbst machen.

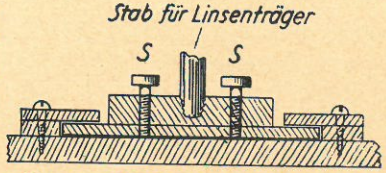


Abb. 20 Feststellbarer Schlitten für Objektiv

Die kleine Lampe sitzt auf einem Messingrohr von 4 bis 6 mm, durch das die stromführende Litze läuft. Zu diesem Rohr kauft man gleich ein 4—5 cm langes Rohr vom nächstgrößeren Durchmesser mit ein, in dem es sich leicht aber ohne Schlottern hin- und herschieben läßt. Dieses wird nun gut senkrecht in die Mitte eines waagerecht beweglichen Messingschlittens gelötet. Der Schlitten läuft seinerseits auf

einer Messinggrundplatte, die mit 3 Schrauben auf der Außenwand des Gehäuses befestigt wird; aber nicht mit Schraubenlöchern, sondern mit etwa 1,5 cm langen Schlitzen, so daß das Ganze bei lockeren Schrauben gehoben und gesenkt werden kann. Die Abb. 21 und 22 zeigen alle Einzelheiten. Die ganze Einrichtung kann auch mit Aus-

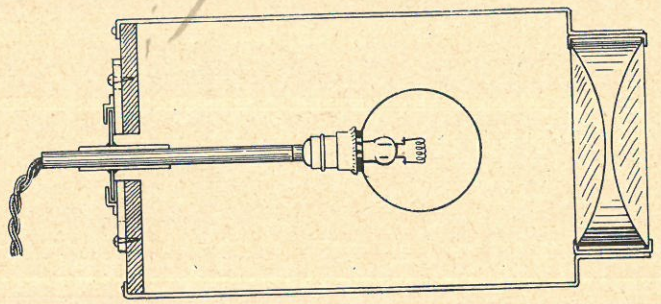


Abb. 21 Einfaches Lampengehäuse

nahme des waagerecht laufenden Schlittens aus hartem Holz hergestellt werden. Um die Bewegung des Lampenträgers zu ermöglichen, muß das Loch in der Holzwand einen Durchmesser von mindestens 3 cm haben.

Die etwas mühselige Arbeit für diese Feinverstellung macht sich bei der Benutzung des Gerätes vielfach bezahlt. Man kann sie vereinfachen, aber der Erfolg ist dann meist der, daß vor Beginn einer Projektion eine üble Einstellerei nötig ist, bei der schließlich zugespitzte Streichhölzer, Haarnadeln und Schreibfedern zur letzten Abgleichung benutzt werden. Wobei dann niemals ausgeschlossen ist, daß plötzlich in einer schönen Sommerlandschaft von links oben her ein tiefblauer Regenbogen entsteht, der bei den eiligen Abgleichsversuchen über Rot und Gelb zu völliger Verfinsterung wird! Wir bringen hier noch gleich eine Anleitung zum Einstellen der

Lichtquelle, wie sie schon in unserem „Photobastelbuch“ [1]) beschrieben ist:

„Man bringe ein Negativ oder Diapositiv vor den Kondensator, beleuchte irgendwie und stelle das Bild scharf ein. Es wird jetzt noch ganz ungleichmäßig beleuchtet auf dem Schirm erscheinen. Nun wird die Lichtquelle eingestellt, indem man das Bild fortnimmt und nur den Lichtkreis auf

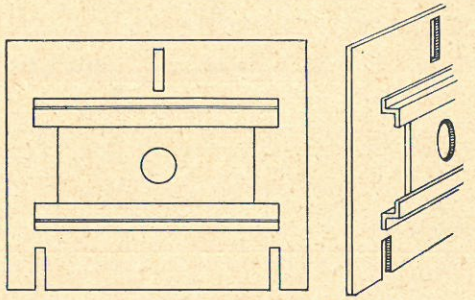


Abb. 22 Feineinstellung für die Projektionslampe

dem Schirm beobachtet. Der Lichtkreis zeigt rechts unten Farbflecken. Das kommt davon, daß die Lichtquelle zu weit nach rechts und zu weit nach unten steht. Bringt man den Lichtpunkt der Lampe mit der Pappe höher, so rückt der Fleck neben die Mitte; rückt man die Lampe nach links, so wandert er nach der Mitte. Jetzt wird durch Verschieben nach vorn oder hinten weiter verbessert. Ist der Rand des Lichtkreises gelb gefärbt, so steht die Lampe zu weit vom Kondensator ab, ist er blau, so steht sie zu nahe. Es wird eine ganze Zeit dauern, bis der Lichtkreis ohne Tadel ist.“

Das zylindrische Lampengehäuse, das Abb. 22 im Querschnitt wiedergibt, muß nun passend gelagert werden. Das kann entweder in zwei nicht zu dünne Bretter geschehen, wie die Abb. 23 a zeigt, oder in Bandeisen oder Messing, wie

[1]) Lehrmeister-Bücherei Nr. 437/40 „Photogerät selbst basteln“.

Abb. 23b veranschaulicht. Je eine Schraube genügt schon für die Befestigung auf dem Holzlager, je zwei Maschinenschrauben bei der Metallbefestigung. Die nötige Erhöhung der optischen Achse des ganzen Gerätes, die durch die Lagerung erzielt werden soll, richtet sich nach dem gewählten Format. Für Apparate 3×4 cm genügt schon eine Höhe des Kondensatormittelpunkts von etwa 12 cm, für Geräte 8×8 eine solche von 15 cm.

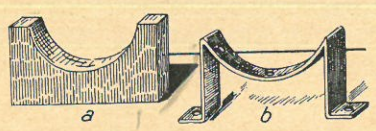


Abb. 23
a Lager aus Holz, b Lager aus Messing

Größere Gehäuse aus Blech herzustellen, erfordert schon handwerksmäßige Geschicklichkeit. Gut ist es dabei, die Grundform recht einfach zu wählen, also das eigentliche Gehäuse etwa nach Abb. 24 zu biegen und später an einem nicht zu dünnen Grundbrett festzuschrauben. Ein etwa 15 cm langer und 5—6 cm breiter Ausschnitt für den Schornstein kann erst nach dem Biegen angebracht werden. Bei dem Ausmeißeln dieser Öffnung hängt man das Gehäuse am besten über ein entsprechendes Rundholz als Widerlager. Die den Kondensator tragende Seitenwand läßt sich am besten aus Holz herstellen; sie wird durch ein Blech geschützt, das so wie bei den später beschriebenen Holzgehäusen anzubringen ist. Die rückwärtige Öffnung verdeckt ein Stück schwarzer Sammt oder Stoff, der mit einer Lösung von 150 g Borax und 100 g Bittersalz auf 1 l Wasser gegen zu leichtes Entflammen gesichert war.

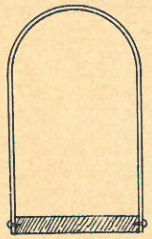


Abb. 24 Einfache Form für größere Blechgehäuse

Baut man ein Holzgehäuse, so nehme man die Maße ruhig recht reichlich, etwa 35 cm lang, 20—22 cm breit und 23—25 cm hoch. Auf jeden Fall muß der Kasten innen entweder mit Asbestpappe ausgefüttert oder durch Blechwände

geschützt werden. Diese werden mit 3—4 mm Abstand aufgeschraubt, wobei ein gleichmäßiger Abstand durch kleine Isolierrollen erzielt wird (Abb. 25a). Der Kasten erhält dann noch einen großen Schornstein in Form eines Pyramidenstumpfes, dessen untere Grundfläche 12×15 cm, dessen Öffnung etwa 8×12 cm ist. Der ganze Lampenkasten sieht auf diese Weise recht plump aus, ist aber auch dauernd für Lichtquellen mit stärkerer Wärmeabgabe zu brauchen. Eine seitliche Tür ist leicht anzubringen; sie ist nicht unbedingt nötig, aber recht bequem. Es genügt sonst an einer geeigneten Stelle auch ein Schauloch von etwa 3—4 cm Durchmesser, das mit einer Rot- oder Rauchglas-Scheibe verdeckt ein ungefährliches Besehen des elektrischen Lichtbogens gestattet (Abb. 25b).

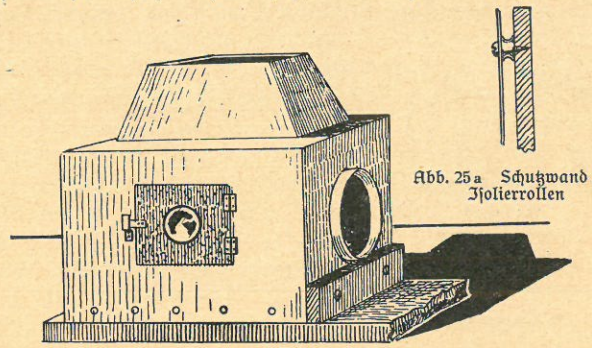


Abb. 25a Schutzwand auf Isolierrollen

Abb. 25b Lampenhaus für starke Lichtquelle

Es wäre noch über einige Kleinigkeiten des Aufbaus zu reden. Wenn man den Kondensator nicht fertig gefaßt kauft, wird man ihn in einem Blechring befestigen, dessen Höhe etwa 1 cm größer ist als die Mitteldicke beider Linsen zusammen. Die eine Linse wird dann dadurch gehalten, daß der Ring etwa vier 2 mm lange und ebenso breite Ansätze gleich angeschnitten oder später angelötet hat. Diese werden radial nach innen gebogen, so daß die Linse auf ihnen ruht. Dann wird

ein Ring aus dünnem Blech eingeschoben, dessen Höhe etwa 3 mm kleiner als die des größeren ist. Auf seinem oberen Rande liegt die zweite Linse auf, die dann ganz oben wieder durch vier Blechfortsätze gehalten wird (Abb. 25b). Mir scheint dieser Aufbau für den Laien der einfachste und sicherste zu sein. Bei starken Lichtquellen kann man beiden Ringen drei bis 4 Zentimeter große Luftlöcher geben, die sich dann aber beim Zusammensetzen auch miteinander und mit entsprechenden Löchern in dem Halterohr des Lampengehäuses decken müssen.

Abb. 25c
Kondensatorfassung

Als Objektiv benutzen wir eine achromatische Linse. Sie wird in einen Messingring gefaßt, der ihr auf der einen Seite durch einen eingelöteten Drahtring Halt gibt. Von der anderen Seite wird sie durch einen Springring aus federndem Messingdraht gehalten.

Es ist recht zweckmäßig, wenn die dem Kondensator zugekehrte Seite des Objektivringes in eine Blechscheibe von etwa 12—15 cm Durchmesser eingelötet wird, die alles Fremdlicht absperrt. Sie muß dazu natürlich schön matt schwarz gefärbt werden.

Eine achromatische Linse ist nicht teuer; man kann sie aber oft auch noch sparen, wenn man das Objektiv eines Feldstechers an ihrer Stelle benutzt. Dann stellt man die Schutzscheibe aus weichem Holz her und dreht in das etwas knapp geschnittene Loch ganz vorsichtig das Objektivgewinde ein. Objektiv ist beim Feldstecher das größere, der Landschaft zugekehrte Glas. Man wird oft beim Althändler ganz billig zu solchen Objektiven kommen. Die Brennweite bestimmt man dabei ganz grob, indem man ein Bild des Fensters an einer mindestens $2^1/_2$ m entfernten Wand entwirft und den Abstand Wand—Linse schätzt oder mißt. Er ist kaum größer als die wirkliche Brennweite.

Auch Projektionsobjektive sind nicht teuer. Man wird aber den Träger für ein solches Objektiv recht derb bauen müssen,

weil das an einem Ende angeschraubte Objektiv stark nach vorn zieht. Muß man aus irgend welchen Gründen einmal mit kleineren Brennweiten auf kurze Entfernungen, dann aber auch mit langen in großen Räumen arbeiten, so kauft man am besten ein Objektiv mit auswechselbaren Linsentuben, die es für alle Brennweiten gibt.

Als Schirm verwendet man am besten gutes Zeichenpapier. Weniger günstig, weil etwas lichtdurchlässig, sind Schirme aus Schirting und ähnlichen Stoffen. Das lästige Verziehen und Faltenschlagen läßt sich verhindern, wenn man den Stoff nicht auf einen dünnen Stab aufwickelt, sondern auf ein etwa 10 cm starkes Papprohr, wie es für das Aufbewahren von Linoleum benutzt wird. Wenn die Beobachter nicht zu weit seitlich sitzen, kann man den Schirm mit einem glänzenden Aluminiumbronze-Anstrich versehen, wodurch sich die Lichtstärke merklich erhöht.

Damit wären die wesentlichen Bauteile für einen Bildwurfapparat besprochen. Meist wird ein solcher mit zylindrischem Lampenhaus mit Glühlampe allen Ansprüchen genügen. Man bedenke stets, daß ein großer Lampenkasten ein recht unhandliches Stück darstellt, dessen Aufbewahrung und Benützung zu allerhand Ärger führt. An einem kleinen, handlichen Gerät wird man mehr Freude haben, umsomehr als es auch für Bildstreifenprojektion und mancherlei chemische und physikalische Versuche gut brauchbar ist.

Die Projektion von Bildstreifen scheint mir für häusliche Zwecke ganz außerordentlich geeignet zu sein. Bildstreifen sind normale, aber nicht brennbare Filme mit der Bildgröße 18 × 24 mm, die recht lichtdurchlässig sind, also auch bei kleineren Lichtquellen schon gute Bilder geben und zwar randscharf bis zu einer Größe von $2 \times 2^1/_2$ m. Ein Kondensator Nr. 3 genügt nicht nur für diese Bildstreifen, sondern auch noch ziemlich für das Doppelte. Für starke Vergrößerungen braucht man natürlich ein gutes Objektiv, etwa von 7,5 cm Brennweite, das aber auch nicht sehr teuer ist.

Die Filmbänder zieht man zwischen zwei Glasplatten durch,

die man auf Stein mit Schmirgel oben und unten gut rund geschliffen hat. Man kann sie dabei von einer Rolle auf die andere durch Drehen wickeln, kann sie aber auch so durchziehen. Geschickte Bastler können die Perforierung benützen,

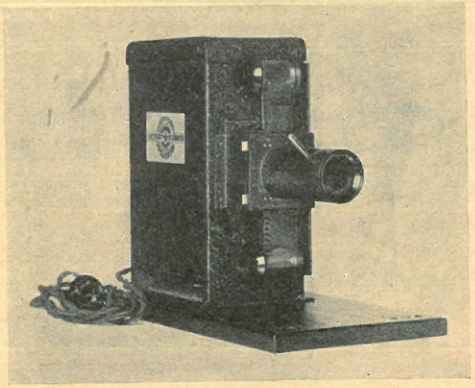


Abb. 26 Bildband-Projektor „Seestern"

um immer mit 1/4 Drehung genau einen Bildwechsel auszuführen. Abb. 26 zeigt den „Seestern"-Bildbandwerfer der Firma Seemann-Leipzig, der mit einer 100 Watt-Röhrenlampe (Preis 6,75 RM) und einer verschließbaren Schutzhaube (3,50 RM) zusammen nur 59,75 RM kostet. Der Bastler kann leicht in die Lage kommen, das wirklich tadellose Gerät einmal zu empfehlen; wo die Mittel für Anschaffung eines Bildwerfers und namentlich der nötigen Bilder nur gering sind, ist ein solcher Apparat die einzige Rettung.

Was gibt es nun an Bildstreifen? Im Katalog Seemann (Leipzig C 1) finden sich Tausende von Bildern aus Geschichte, Erdkunde, Naturkunde, Kunst, Kunstgeschichte, Literatur, Musik, Gesundheitspflege, Industrie, Technik, dazu „Ergötzliches und Belehrendes", Bilder für Kinder, Märchen- und Sagenbilder, Wilhelm-Busch-Bilder usf. Die Preise sind erschwinglich, indem ein Bild etwa 10 Pfg. kostet, bei größeren

Streifen oft noch erheblich weniger. Hans Huckebein z. B. kostet mit 48 Bildern 3,60 RM, die Germanische Religion mit 48 Bildern 4,50 RM, Struwwelpeter mit 35 Bildern 3.— RM, Max und Moritz mit 95 Bildern 7,50 RM, Plisch und Plum mit 100 Bildern 5,40 RM! Auch Bildstreifen zur nationalen Erhebung, zum Thema Rasse und Volk, Auslandsdeutschtum finden sich in guter Auswahl!

IV. Allerhand Bastelei um den Bildwerfer

Die Herstellung von Bildern kann auf mancherlei Weise geschehen. Einmal können wir Negative auf die käuflichen Diapositivplatten kopieren. Dazu gehört keine große Geschicklichkeit. Wir legen das Negativ wie immer in den Kopierrahmen, auf dessen Schicht die Schicht der Diapositivplatte, dahinter ein Stück schwarzes Papier und drei bis vier recht dicke Löschblätter. Die Federn des Rahmens müssen vielleicht etwas schwächer gebogen werden, damit die Platten nicht zerdrückt werden. Dann wird etwa 30 Sekunden vor einer 25 kerzigen Glühlampe belichtet. Um einen Anhalt für die nötige Expositionsdauer zu gewinnen, stellt man am einfachsten einen Gaslichtpapierabzug her. Wenn dieser in einem Entwickler der üblichen Stärke in 1—2 Minuten gut herauskommt, ist die Expositionszeit auch für ein Diapositiv ungefähr richtig.

Die Zusammensetzung der Schicht ist bei den verschiedenen Fabrikaten verschieden. Deshalb nimmt man am besten den Entwickler, der von der Plattenfabrik empfohlen wird. Um die Entwicklung, die bei hellrotem oder orangerotem Licht vor sich geht, schnell zu unterbrechen, schaltet man zwischen Entwickler und saurem Fixierbad ein Zwischenbad von Wasser mit etwas Essigsäure ein, in dem die Platte etwa eine Minute bleibt. Über Tonen, Farbe und Kolorieren der Diapositive, sowie über die Selbstherstellung blauer Diapositivplatten findet der Leser noch mancherlei in dem schon erwähnten Photobastelbuch der Lehrmeister-Bücherei.

Man kann zweitens die Bilder auf Sanns Auskopierfolien

kopieren; das Verfahren entspricht ganz dem Arbeiten mit gewöhnlichen Auskopierpapieren. Die Diapositive werden dann im Tonfixierbad getont.

Mit Ausziehtusche kann man auf unbelichteten und fixierten Platten gut zeichnen. Natürlich kann man auch die Schicht alter Platten in heißem Wasser entfernen und die trockenen, am Ofen vielleicht noch ganz wenig angewärmten Platten mit Gelatine selbst gießen. Etwa 3—5 Blatt auf 100 g Wasser genügen. Da man die Platten auf Zeichnungen auflegen und dann sehr flott durchzeichnen kann, ist z. B. eine Serie Buschbilder für Kinder schnell geschafft. Man wird solche Bilder noch mit 2—3 Farben kolorieren, wozu die Eiweiß-Lasurfarben von Günther Wagner prächtig geeignet sind. Während man für solche grob komischen Bilder mit den Farben munter losarbeiten kann, muß man für das farbige Ausmalen von Landschaften und dergl. einige Grundregeln beachten, die z. B. in dem mehrfach erwähnten Bastelbuch erläutert sind.

In den Katalogen der photogr. Firmen finden sich noch zahlreiche Mittel zum Fertigmachen von Diapositiven durch Überkleben von Schutzgläsern usw.; der Bastler wird das für ihn Nötige selbst herausuchen.

Endlich lassen sich mit dem Bildwerfer eine Unmenge schöner physikalischer und chemischer Versuche vorführen. Wir begnügen uns mit einigen Andeutungen, nach denen die Bastler schon selbständig weitere Versuche anstellen werden. Legt man auf eine schwach erwärmte photographische Platte, die von der Schicht befreit war, ein u-förmig gebogenes Stück Wachsstock und drückt von oben eine zweite Platte darauf, so entsteht eine „Kuvette" mit ebenen Wänden, deren Inhalt sich verzerrungsfrei projizieren läßt. Man kann auch die beiden Platten auf ein u-förmiges Stück Gummischlauch zusammenpressen, kann sie auf ein Holzstück mit passendem Ausschnitt festkitten, kann auch ein abgesprengtes Stück einer flachen Flasche nehmen — tausend Möglichkeiten gibt es, einen solchen Trog herzustellen.

Sonst ganz unauffällige Vorgänge wirken durch die Vergrößerung (oft auch durch die Bildumkehrung!) überraschend: An einer kleinen Holzleiste schmelzen wir ein winziges Stück Kerze fest und stecken in das noch weiche Kerzenfett einen Kristall übermangansaures Kali (Abb. 27 a). Die Leiste legen wir über die Öffnung des Troges, der soweit mit Wasser gefüllt ist, daß der Kristall eben eintaucht. Das übermangansaure Kali löst sich ganz langsam und die rosa gefärbte Lösung fällt nach unten; im Wurfbild steigt sie nach oben und breitet sich baumförmig aus. — So lassen sich viele Lösungsvorgänge schön zeigen.

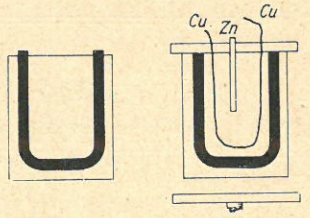


Abb. 27
a Einfacher Glastrog, b Versuche damit

Abb. 27 b zeigt eine ähnliche Leiste, in die ein dünner, blanker Kupferdraht (Cu) und ein Zinkblechstreifen (Zn) eingepaßt ist. In den Trog kommt mit der zweifachen Wassermenge verdünnte Akkumulatorensäure. Am Zink bilden sich reichlich Wasserstoffbläschen, die nach oben steigen. Im Wurfbilde rollen silberne Kugeln nach unten. Berühren wir jetzt mit dem herausragenden Kupferdraht den Zinkstreifen, so tritt plötzlich die Hauptmenge des Wasserstoffs am Kupfer auf! Der Versuch geht auch mit einem Magnesiumstreifen und 7—8 fach verdünnter Essigsäure.

Elektrolytische Zersetzungen von allen möglichen Salzlösungen lassen sich so zeigen (Salpeter + Lakmuslösung, oder + Phenolphthaleinlösung usw.). Am schönsten sind Zinn- und Bleibäume, die aus Lösungen von Zinnchlorid oder Bleizucker bei schwachen Strömen wachsen.

Steckt man in eine Kupfervitriollösung (Zusatz von einigen Tropfen Schwefelsäure ist günstig!) ein Stückchen Zinkblech, so fällt das Kupfer als schwarze Masse aus. Sodalösung + verdünnte Salzsäure (oder Essig, oder Wein- oder Zitronensäure) gibt lebhafte Kohlensäureentwicklung. Auch

viele andere chemische Vorgänge, bei denen Trübungen und Fällungen auftreten oder auch Gasentwicklungen, lassen sich prächtig projizieren. Man nimmt die Lösungen dabei meist am besten stark verdünnt. Will man, was recht bequem ist, die „Reaktionen" im Reagenzglas ausführen, so projiziert man dieses nicht unmittelbar, sondern in einen Trog mit Wasser gestellt.

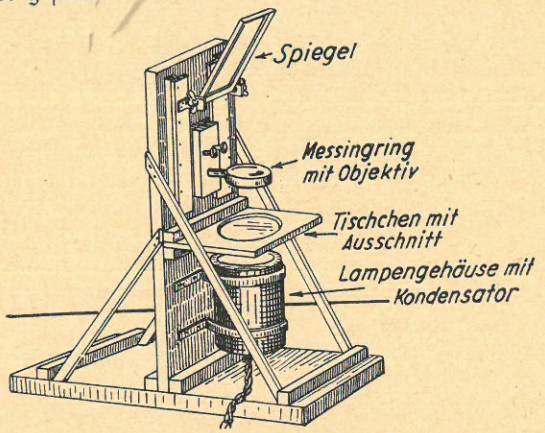


Abb. 28 Bildwerfer in senkrechter Lage

Zum Schlusse noch einen herrlichen Versuch, bei dem pflanzenähnliche Gebilde durch chemische Kräfte wachsen. Man kann ihn auch in großen Gläsern zum unmittelbaren Betrachten machen, braucht dann aber 2—3 Liter der Grundflüssigkeit. Zu ihrer Herstellung wird käufliches Wasserglas mit 6—8 Teilen Wasser verdünnt. Auf den Boden des nicht zu engen Troges legt man dann vorsichtig erbsengroße Stücke von Chlorcalcium, Mangansulfat, Kupfervitriol oder auch Kügelchen aus feuchtem Zucker und Vitriol. Aus ihnen wachsen die merkwürdigsten Gebilde in kurzer Zeit. Sie werden noch mannigfacher in der Form, wenn man auf die Wasserglaslösung 1:6 vorsichtig eine dünnere, etwa 1:15 bis 1:20 gießt.

Diese Andeutungen werden dem versuchsfreudigen Bastler genügen. Ich möchte nur noch erwähnen, daß man die kleineren Projektionsapparate mit einem Grundbrett und vier Streben auch senkrecht stellen kann. Damit der Objektträger dann nicht rutscht, sind zwei Klemmschrauben vorgesehen. Das Bild wird entweder an die weiße Decke geworfen oder durch einen Spiegel wie sonst auf den Schirm (Abb. 28). Auf einer Glasplatte, die über den Kondensator gelegt wird, können wir jetzt magnetische Kraftlinien erzeugen und projizieren, können zeigen, wie in verdunstenden Lösungen Kristalle anschießen usf. In einem flachen Glasschälchen mit glattem Boden können wir chemische Versuche zeigen; wir lassen auch einmal ein Kampferstückchen auf sehr sauberem Wasser schwimmen. Da es aetherische Öle abgibt, fährt es stundenlang eilfertig hin und her, wie ein Raketenauto. Eine ganz unglaubliche Menge von reizenden Versuchen findet der Bastler selbständig, wenn er sein altes Chemie- und Physik-Schulbuch daraufhin mit Ernst durchsieht! Vor allem sei auf Spektral-Versuche hingewiesen, die sehr schön mit unserem Apparat gelingen![1])

B. Das Episkop

I. Vorversuche

Wir sahen, wie sorgfältig bei der Projektion von „Dia"-positiven das Licht gelenkt werden muß, um ein gutes Bild zu erhalten. Können wir das Licht nicht „durch" (griechisch dia) das Bild leiten, müssen es vielmehr „auf" (griechisch epi) ein undurchsichtiges Bild werfen, so ist das weit ungünstiger. Wenn man früher zu einem guten Bildwurfapparat eine episkopische Einrichtung mit bezog, machten ehrliche Firmen darauf aufmerksam, daß erst bei Stromstärken von 20—40 Amperes, also bei sehr hohen Lichtstärken der episkopische Ansatz einigermaßen arbeite.

[1]) Vergleiche auch Lehrmeisterheft Nr. 308/09 „Physikalisches Experimentierbuch. Versuche aus der Lehre vom Licht (Optik)."

In der Tat ist die Lichtstärke kleinerer Episkope recht gering; selbst in einem vollständig verdunkelten Raume ist mit 500 Watt das Bild noch ziemlich kümmerlich. Niemand sollte also mit großen Hoffnungen den Bau beginnen, wenn er mit kleineren Lichtquellen arbeiten muß. Andererseits hat es natürlich seinen Reiz, wenn man gewöhnliche Photographien und Ansichtskarten vergrößert zeigen kann.

Wir haben verschiedene Möglichkeiten für den Bau. Immer aber muß die eine Bedingung erfüllt werden: Das Objektiv muß sehr lichtstark sein, d. h. sein Durchmesser muß groß sein im Verhältnis zu seiner Brennweite. Beträgt diese etwa 20 cm, so muß der Linsendurchmesser mindestens 5 cm sein, entsprechend einer Lichtstärke von 1:4, besser aber 6—8 cm. Da die Linse achromatisch sein muß, wird sie recht teuer. Der Bastler muß sich vor dem Bau entscheiden, ob er mit lichtschwächeren Bildern, die ohne Fehler sind, zufrieden sein will oder lichtstarke Wiedergabe vorzieht, die — besonders nach dem Rande zu — Verzeichnungen und farbige Ränder zeigt. Einen Mittelweg gibt ein selbstgebautes Objektiv aus Brillengläsern, das später beschrieben ist.

Um unsere Leser vor Enttäuschungen zu bewahren, bringen wir zuerst ein paar behelfsmäßige Anordnungen. Der Besitzer eines Bildwerfers mit guter Lichtquelle kann sich leicht einen Vorsatzkasten bauen. Abb. 29 zeigt diesen von oben gesehen. Die Lichtquelle wird dem Kondensator etwas näher gebracht, als dessen Brennweite beträgt, so daß der Lichtstrom ein wenig auseinander geht. Er trifft das undurchsichtige Bild B, das an einer senkrechten Fläche befestigt ist. Senkrecht zu dieser Bildebene steht eine fünfte Wand, in der das Objektiv beweglich ist. Die Entfernung e läßt sich vorausberechnen. Man zählt nämlich zur Brennweite der verwandten Linse für 3fache Vergrößerung $^1/_3$, für 10 fache $^1/_{10}$ der Brennweite zu. Für 4 malige Vergrößerung wäre für eine Linse von 20 cm Brennweite e = 20 + $^1/_4$20, also 25 cm nötig; für 8 fache Vergrößerung e = 22,5 cm usf.

Ebenso leicht läßt sich der Vorsatzkasten, den die spätere Abb. 31 darstellt, zunächst einmal behelfsmäßig herrichten.

Wer kein Bildwurfgerät hat, versucht eine Vorstellung von den Bildern zu bekommen, indem er zwei Schreibtischlampen mit 75 Wattlampen ausrüstet und deren Licht auf das Bild sammelt. In der Mitte wird irgendwie das Objektiv angebracht und dann das Ganze mit Tüchern und Pappdeckeln leidlich lichtdicht gemacht. Das Bild wird an der weißen Zimmerdecke beobachtet.

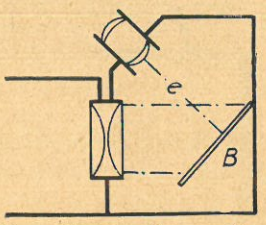


Abb. 29 Vorsatzgerät zur episkopischen Projektion

In allen drei Fällen macht das Bild meist einen höchst merkwürdigen Eindruck: Es ist nämlich seitenverkehrt, was besonders peinlich an der Beschriftung auffällt. Aber auch eine Landschaft, ein Haus, eine Straße — alles ist dadurch oft fast unkenntlich geworden. Deshalb muß das Bild noch einmal von einem Spiegel reflektiert werden. —

Diese einfachen Vorversuche werden schon manchen Bastler bedenklich gemacht haben, ob sich der Bau wirklich lohnt. Meine ehrliche Meinung ist die, daß ein gutes Episkop eine solche Menge Geld kostet, daß man dafür einen erheblichen Vorrat an Diapositiven herstellen oder Bildstreifen kaufen kann, die im gewöhnlichen Projektionsapparat tadellose Bilder geben. Die Aussicht, das Innere von Uhren, Präparate und dergl. mühelos zeigen zu können, ist zwar verlockend; ich möchte aber z. B. das Werk meiner Taschenuhr nicht in diesem Grade erwärmen, auch nicht wertvollere Präparate. Wenn man solche Pläne hat, muß man unbedingt auch noch einen Kühlventilator einbauen.

Messende Versuche ergaben bei mir, daß eine Beleuchtungsstärke von 20000 bis 30000 Lux nötig ist, um Bilder in etwa 6 facher Vergrößerung zu projizieren. Diese Beleuchtung erhält man mit einer 500 Watt Lampe, die mit gutem

Reflektor aus einem Abstande von ungefähr 15 cm bis zur Lampenmitte das Bild beleuchtet und — heizt. Wie hoch die Temperatur des abzubildenden Gegenstandes wird, richtet sich nach seiner Farbe und Oberfläche; Auflegen einer Glasplatte schützt für kürzere Zeit ganz gut, bei längerer Bestrahlung sollte man den kalten Luftstrahl eines „Föhns" zur Kühlung verwenden, wenn es sich um wertvollere Bilder handelt.

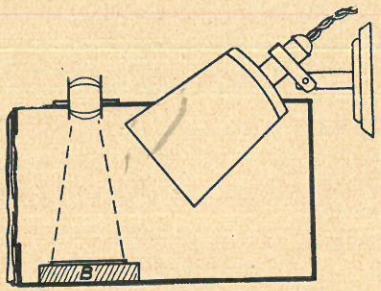


Abb. 30 Behelfsmäßiges Episkop mit Heimlampe

Für gelegentliche episkopische Projektion benütze ich mit gutem Erfolge eine Heimlampe mit engem Reflektor als Lichtquelle. Sie leuchtet in eine Kiste schräg hinein, in

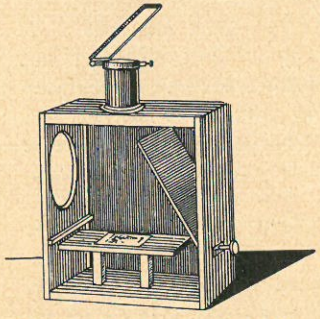


Abb. 31 Vorsatzgerät mit Spiegel

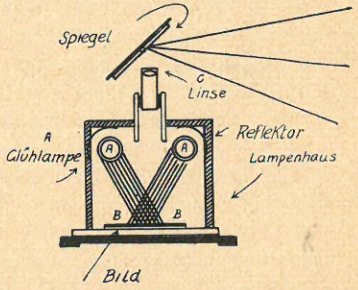


Abb. 32 Episkop (schematisch)

der sich der Bildtisch unter dem Objektiv befindet. Die offene Seite der Kiste, von der aus die Bilder gewechselt werden, ist durch einen Sammetvorhang lichtdicht geschlossen (Abb. 30). Um die Lampe zu schonen, schalte ich entweder zwei Viervoltakkus zum Laden vor, so daß die Spannung um etwa 10 Volt sinkt, oder ein Stück Schniewindt-Band mit etwa 6 Ohm.

Versuche, die Beleuchtung durch Kondensatorlinsen zu verbessern, führten zu unsicheren Ergebnissen. Wohl war es z. B. mit einer 75-Watt-Lampe möglich, eine Beleuchtungsstärke bis zu 7000 Meterkerzen zu erreichen, während die gleiche Lampe in nur 13 cm Entfernung mit gutem Reflektor nur 2500 Meterkerzen gab. Aber bei der geringsten Verschiebung der Lampe gegen den Kondensator erschienen auf dem Bilde Lichtkringel und dunkle Flecken. Solche Konstruktionen kommen nur für Firmen in Frage, die mit den nötigen Mitteln eine große Reihe von Laboratoriumsversuchen anstellen können, um zur höchsten Lichtausnutzung zu kommen.

II. Bau von Episkopen

Nach diesen vielfachen Warnungen seien einige Ausführungen für den Bau eines Episkopes gegeben. Zuerst für den Fall, daß man einen gewöhnlichen Bildwerfer mit Kondensator von etwa 100 mm Durchmesser und starker Lichtquelle — 500-Watt-Lampe oder Bogenlampe von allermindestens 8 Amperes — schon besitzt. Abb. 31 gibt den senkrechten Schnitt durch ein einfaches Ansatzgerät, das vorn durch einen Sammetvorhang lichtdicht verschlossen wird. Das Bild liegt auf der Bildbühne und wird durch einen einstellbaren Spiegel beleuchtet. Über dem Objektiv befindet sich ein zweiter Spiegel, der auf der Vorderseite versilbert sein muß, wenn man wirklich scharfe Bilder erhalten will. Der Ansatzkasten wird an das Lampengehäuse fest angeschoben, wobei einige Filzstreifen für die nötige Lichtdichtigkeit sorgen.

Ein ganz einfaches Gerät für direkte Beleuchtung zeigt unsere Abb. 32. Zwei 75-Watt-Lampen mit Blechreflektoren beleuchten das Bild. Abb. 33 zeigt das fertige Gerät, Abb. 34 das Lampenhaus, das unten offen bleibt, damit man es

ohne weiteres auf ein Bild oder Buch setzen kann. Sein unterer Rand wird zum Lichtabschluß mit weichem Filz versehen. Abb. 35 zeigt einen der Parabolspiegel, den man aus Weißblech über einer Pappschablone zusammen gebogen hat. Das Innere des Kastens wird mit weißem Japanlack gestrichen.

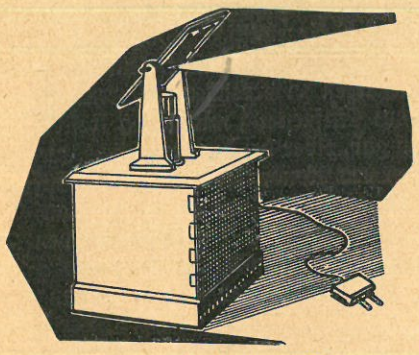


Abb. 33 Das fertige Episkop

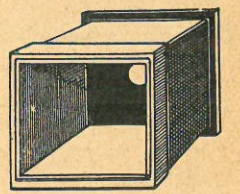


Abb. 34 Lampenhaus (von unten gesehen)

Als Objektiv dient eine achromatische Linse. Da wir über eine vierfache Vergrößerung nicht hinausgehen können, wird ihr Abstand vom Bild bei 16 cm Brennweite etwa 20 cm, was genügt. Hat sie einen Durchmesser von 4 cm, so ist ihre Lichtstärke mit 1 : 4 schon ganz nett. Bei 5 cm Durchmesser ist das Öffnungsverhältnis schon nahezu 1 : 3, was für ein Episkop zur Not genügt.

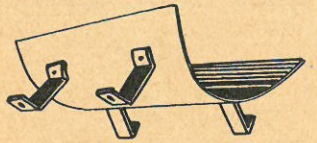


Abb. 35 Fertiger Parabolspiegel mit Füßchen zur Befestigung am Lampenhaus

Wir können auch aus zwei periskopischen Brillengläsern ein Objektiv bauen, wie es als „Weichzeichner" in unserem „Photobastelbuch" beschrieben ist. Mit zwei Gläsern von je +3 Dioptrien erhalten wir ein Objektiv von $16\frac{1}{2}$ cm Brennweite. Da die Brillengläser reichlich 40 mm nutzbaren

Durchmesser haben, wird die Lichtstärke fast 1 : 4. Der Einbau geschieht am besten in ein 6—7 cm langes Stück Messingrohr, das sich in einem zweiten Messingrohr verschieben läßt (Abb. 36). Technisch vollkommen wird die Einstellung, wenn wir in dieses Außenrohr einen Schlitz schneiden oder schneiden lassen, in dem ein Stift läuft, der in das eigentliche Objektivrohr eingelötet ist (Abb. 37). Als Ganghöhe für die etwa $\frac{1}{3}$ des Umfanges lange Schraubenlinie genügen 3 cm, wenn das Außenrohr richtig in das Gehäuse eingepaßt wird.

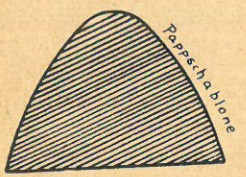


Abb. 36 Pappschablone für Parabolspiegel

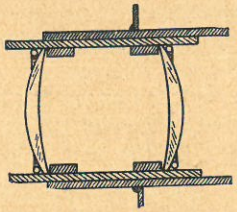


Abb. 37 Selbstgebautes Objektiv

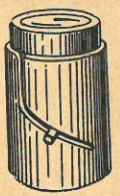


Abb. 38 Einstellung eines Objektivs

Gewöhnliches Spiegelglas ist für den Richtspiegel über dem Objektiv wenig geeignet, weil nicht nur die silbergelegte hintere Glasfläche sondern auch die vordere spiegelt. Man muß also einen vorderseitig versilberten Spiegel k a u f e n; denn so einfach es ist, einen guten Spiegel nach der Glasseite hin zu erhalten, so schwierig ist das für eine freie Silberfläche.

Zum Schluß einige Ratschläge für den Bau eines lichtstarken Episkops, das Bilder von etwa 80 × 100 cm genügend ausleuchtet. Aber nur bei vollständiger Verdunkelung des Raumes! —

Wir können es mit e i n e r mattierten 500-Watt-Lampe bauen, oder mit z w e i mattierten 300-Watt-Lampen oder mit z w e i 500-Watt-Lampen. Günstig ist es dabei, für eine 220 Volt-Leitung Lampen von 205—210 Volt Spannung zu bestellen, für eine 110-Volt-Leitung dagegen solche von 100 Volt, um durch die Überspannung eine noch höhere Licht-

ausbeute zu erhalten. Unsere Abb. 39 gibt einen Aufbau in $^1/_5$ nat. Größe wieder, bei dem ein oder zwei Lampen benützt werden können. Der Hals der Lampen geht durch ein Messingrohr, dessen Durchmesser etwa $1^1/_2$ bis 2 cm größer als der des Lampenhalses ist. Das Rohr hat am oberen Ende zwei Schlitze S von mindestens 1 cm Höhe und zwei cm Breite, so daß der „Schornstein" gut zieht. Die Maße sind der Lampe entsprechend zu wählen, in der Abb. sind sie für eine 500-Watt-Lampe von etwa 13 cm Kugeldurchmesser genommen.

Um einen guten Reflektor einzubauen, gehen wir von der einfachen Form aus, wie sie in der früheren Abb. 35 für das kleine Episkop angegeben ist. Der Spiegel muß dabei in der Achse eine Länge von 18—20 cm haben. In der Mitte erhält er ein Loch für den Lampenhals, das nicht allzu knapp sein sollte. Jetzt muß der Spiegel, der mehr halbkreisförmig als parabolisch werden soll, erst einmal vorläufig in das Gerät eingepaßt werden. Dabei ist darauf zu sehen, daß der obere Spiegelrand nichts vom Bilde abschneidet, aber auch kein Licht von der Lampe unmittelbar ins Objektiv läßt. Die erste Paßform wird man am besten aus blauem Aktendeckel herstellen.

Für dieses Einpassen, für das Eindrehen der Lampe und das sorgfältige Befestigen der Spiegel usw. genügt natürlich die Bildöffnung von etwa 10 × 15 cm im Boden des Gerätes nicht. Die Vorderwand wird nur mit 6—8 Holzschrauben befestigt und dann wieder fortgenommen; sie wird für die Vorversuche durch ein Stück dunklen Stoff ersetzt, der mit ein paar Heftzwecken befestigt wird.

Der Spiegel erhält nun zwei Einschnitte, entsprechend der Abb. 40; die entstehenden Lappen werden nach innen gebogen und durch Umbiegen ihrer Ecken auf der Kante des Spiegels festgehakt. Die günstigste Stellung des Spiegels wird am besten durch federnde Blechstreifen F von 2—3 cm Breite festgelegt, die zwischen Spiegel und Gehäuse sitzen (Abb. 39). Unten soll der Spiegel fest an der Seitenwand des Gehäuses an-

liegen. Ein Hilfsspiegel H, in die Ecke geschoben, bringt bei Verwendung einer Lampe meist eine ziemliche Bildaufhellung. Der Spiegel Sp wird zunächst aus blankem Karton hergestellt. Er liegt oben am Außenrohr des Objektivs an, unten stützt er sich gegen zwei kleine Nägel N. Seine Stellung

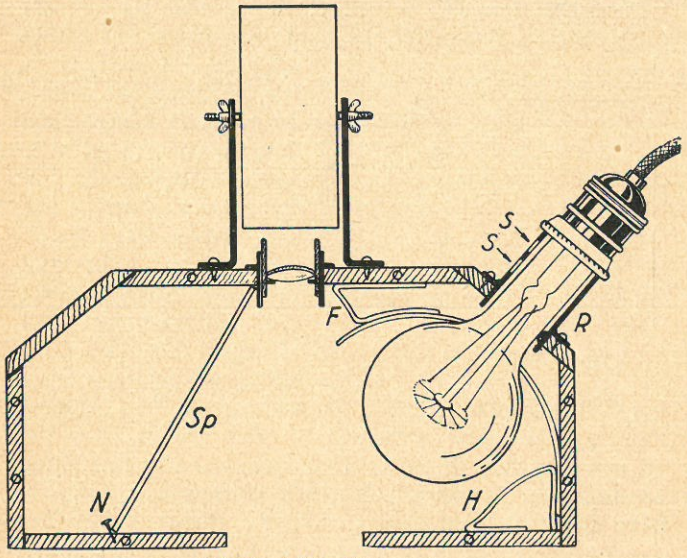


Abb. 39 Episkop für 1—2 Lampen

ist sehr sorgfältig auszuprobieren. In der Hinterwand des Gehäuses sind 6—8 Löcher von 1—2 cm Durchmesser zur Entlüftung anzubringen. Sie können durch dachförmige Bleche ziemlich lichtdicht gemacht werden. Ebenso sind nach der Mitte der Deckwand 3—4 Löcher vorgesehen, die am besten mit schräg abgeknickten Schornsteinen zu versehen sind.

Wie die Glühlampenfassung am Messingrohr angebracht wird, richtet sich nach der Lampe, dem Durchmesser des

Messingrohrs usw. Meist genügt es, wenn die Fassung gut aufliegt und der Lampenhals auf einem halbkreisförmigen Drahtringe in der unteren Röhrenhälfte aufliegt. Um verhängnisvolle Zugwirkungen der Anschluß-Schnur zu vermeiden, wird diese am Gehäuse befestigt — am besten dabei noch durch einen zweipoligen Ausschalter geführt.

Verwendet man eine Projektionslampe, etwa die aus dem selbstgebauten Bildwerfer, so kann man durch eine schräg gestellte Kondensorlinse die Wirkung sehr verbessern. Hat die Lampe einen kurzen Hals, so wird sie o h n e Messingrohr eingebaut, und zwar so, daß am Boden eine schräge Wandfassung befestigt wird. — Umstellt man den Bildausschnitt mit Spiegeln von etwa 4 cm Höhe, die man an biegsame Bleiblechstücke kittet, so kann man die Lichtausnutzung noch weiter verbessern. — Der Bastler kann sich oft den Bau eines Episkops verbilligen, wenn er eine schräg abgeschnittene Leuchte für Schaufenster irgendwie billig ersteht und diese Lichtquelle „umbaut". Kleine Fehler der Leuchte schaden nichts, größere werden mit weißem Emaillelack ausgebessert.

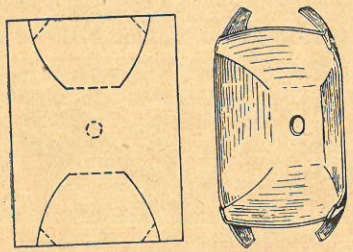


Abb. 40 Reflektor zu Abb. 39

Es sei aber zum Schluß noch einmal davor gewarnt, die Wirkung eines Episkopes zu überschätzen. Auch bei kräftigen Lichtquellen sind die Bilder nur bei v o l l s t ä n d i g e r Verdunklung des Raumes einigermaßen hell. Wenn der Energieverbrauch des ganzen Gerätes unter 250 Watt geht, sind die Bilder so lichtschwach, daß sie kläglich wirken. Es sei deshalb noch einmal zu Vorversuchen geraten, ehe man größere Mittel für ein Episkop aufwendet.

Bastelbücher für Jung und Alt

zur Selbstanfertigung von Gegenständen, die Freude machen und nützlich sind.

	Nr.
Selbstherstellung wirklicher Flugmodelle. Von W. Eggers. Mit 36 Abb.	(939)
Die Bastelwerkstatt. Mit 128 Abb.	(327)
Selbstanfertigung eines Zweisitzer-Faltbootes. Mit 39 Abb.	(140)
Bau eines Segelschlittens. Mit 16 Abb.	(753)
Selbstanfertigung einer einfachen Pendeluhr aus Galalith oder Hartholz. Von G. Andrich. Mit 30 Abb.	(580)
Der Holzschnitt, Mehrfarben- und Linolschnitt. Mit 12 Abb.	(794)
Häusliche Metallarbeiten. Reparatur und Anfertigung metallener Gebrauchs- und Schmuckgegenstände. Mit 72 Abb.	(273/4)
Selbstinstallateur elektr. Hausanlagen. (Klingelanlagen, Fernsprecher, Kleinbeleuchtung.) Mit 93 Abb.	(12/4)
Selbstanfertigung kleiner Elektromotoren. Mit 15 Abb.	(699)
Selbstanfertigung einer Wassermotorenanlage mit Magnetdynamo und Schalttafel zum Aufladen von Akkumulatoren. Von H. Vatter. Mit 40 Abb.	(771)
Bau einer elektrischen Modellbahn. Mit 31 Abb.	(883)
Selbstherstellung von Trockenelementen. Mit 7 Abb.	(864)
Selbstanfertigung eines Segelbootes für Knaben. Mit 15 Abb.	(156)
Selbstanfertigung von Kleinmöbeln. Mit 185 Abb. u. 2 Tafeln	(217/9)
Selbstanfertigung kleiner Küchenmöbel. Mit 14 Abb. u. 5 Taf.	(561/3)
Selbstanfertigung von Möbeln aus Kisten und alten Gebrauchsgegenständen. Mit 10 Abb.	(574)
Selbstflechten von Rohrstuhlsitzen. Mit 11 Abb.	(685)