

*Bauer*

SCHMALFILM-  
TASCHENBUCH



***Bauer***

**SCHMALFILM-  
TASCHENBUCH**



**Herausgeber**

**Eugen Bauer GmbH., Stuttgart-Untertürkheim**

**Fernruf: Stuttgart 3 06 54 und 3 06 55**

1954  
UNION DRUCKEREI  
STUTTGART



Union Druckerei GmbH Stuttgart

Otto Wegener  
6 Frankfurt am Main 90

**V O R W O R T**  
Gladenbacher Weg 17  
Telefon 782482

Die Schmalfilmtechnik hat in den letzten Jahren eine immer größere Bedeutung erlangt. Mehr und mehr ist sie ein eigenständiger Zweig im Rahmen der gesamten Filmtechnik geworden. Es erscheint daher nützlich, die technischen Erfordernisse für Konstruktion und Handhabung der Geräte zusammenzustellen und in besonderen Darstellungen auch die physikalischen Grundlagen zu behandeln.

Wir glauben, daß diese Arbeit sowohl dem von Berufs wegen mit dem Schmalfilm Beschäftigten als dem fortschrittlichen Liebhaber ein nützliches Handbuch ist, um so mehr als wir unseren Freunden damit neueste Erkenntnisse und 50jährige Erfahrung zur Verfügung stellen können.

**EUGEN BAUER GMBH**

September 1955



# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Der Film</b>	1
Zur Physiologie des Filmsehens	2
Zeitdehner — Zeitraffer	2
Schwarz-Weiß-Film	3
Negativ-Positiv-Verfahren	3
Umkehrverfahren	3
Ozaphan-Film	4
Farbfilm	4
Aufnahmematerial für 8-mm-Filme	5
Filmempfindlichkeit — Tageslicht — Kunstlicht	5
<b>II. Die Aufnahmekamera</b>	7
Kameragehäuse	7
Objektiv	7
Sucher	8
Parallaxenausgleich	9
Filmführung	9
Greifer	9
Blende	9
Aufwicklung	9
Antrieb	10
Auslösen	10
Zählwerk	10
Akustisches Zeichen	10
Tauchzeiger	11
Bildgeschwindigkeit	12
Belichtungszeit	12
Eingebauter Belichtungsmesser	12
<b>III. Wichtige Ratschläge für die Filmaufnahme</b>	14
<b>IV. Tonfilmaufnahme</b>	15
Lichttonaufnahme	15
Magnettonaufnahme	16
<b>V. Filmwiedergabe</b>	17
<b>VI. Tonwiedergabe</b>	19
Lichttonwiedergabe	19
Magnettonwiedergabe	21
<b>VII. Der Schmalfilmprojektor</b>	23
Konstruktionselemente des Schmalfilmprojektors (16 mm)	23
Spulenarm mit Abwickelachse	23
Schaltorgan	24
Malteserkreuzgetriebe	24
Greifer	25
Schaltverhältnis des Transportorgans	25
Blende	25
Filmfenster	26
Filmkanal — Filmtüre	26
Objektivhalter	28

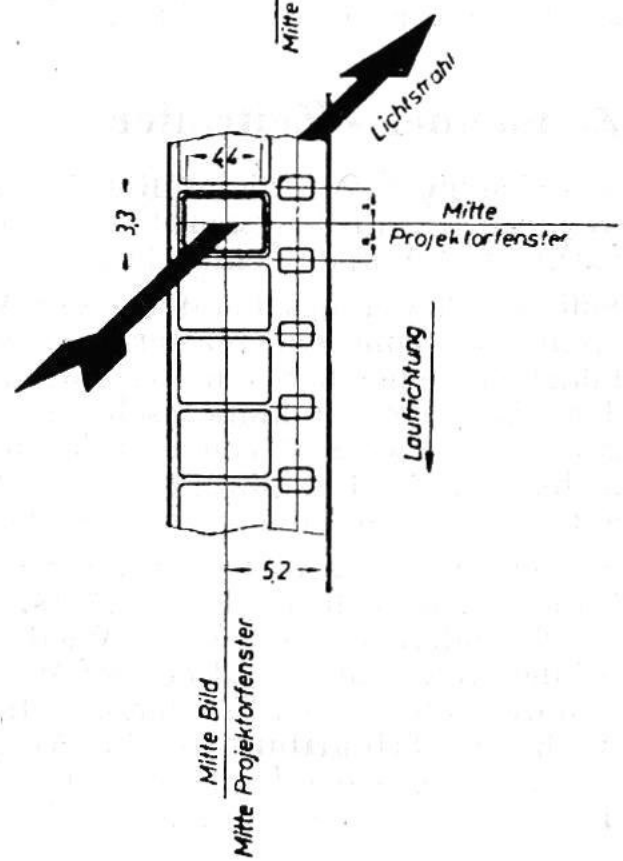
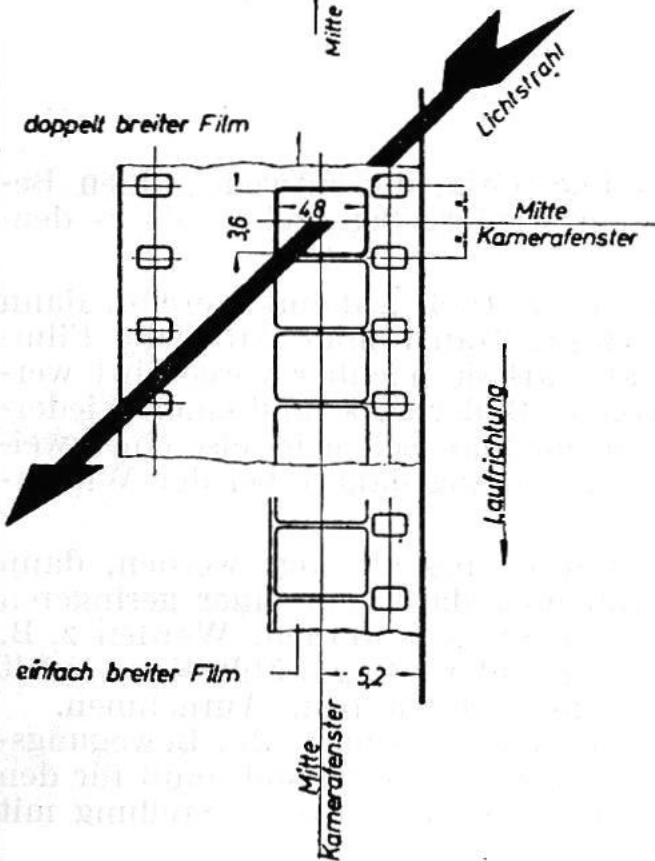
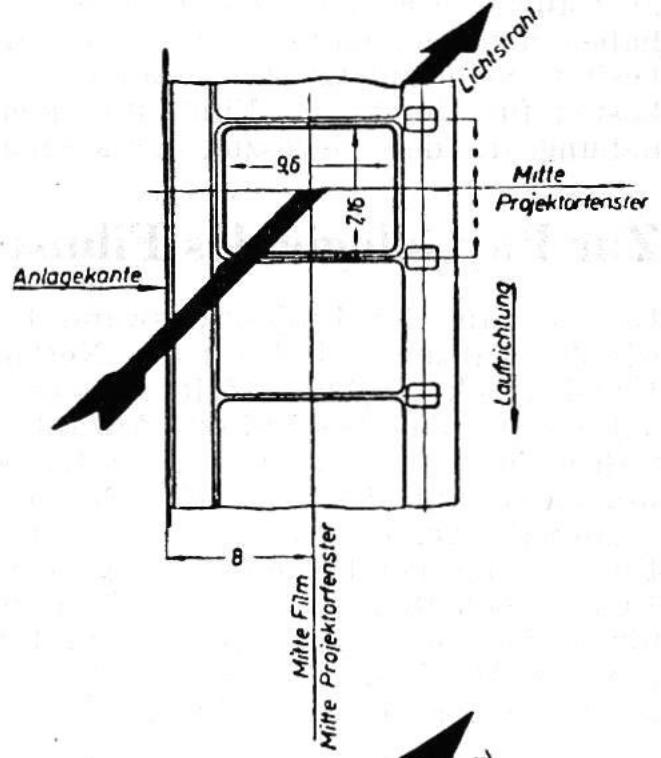
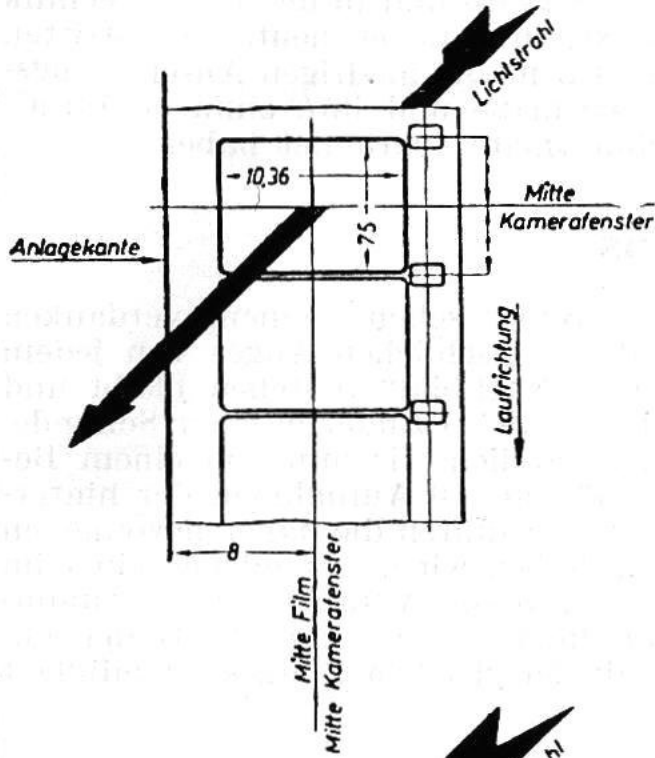
Lichtabdeckklappe . . . . .	28
Bildverstellung . . . . .	29
Vor- und Nachwickelrolle . . . . .	29
Tongerät . . . . .	29
Tonlampe . . . . .	30
Tonoptik . . . . .	30
Umlenkspiegel . . . . .	31
Fotozelle . . . . .	31
Filmaufwicklung . . . . .	31
Getriebe des Projektors . . . . .	32
Antrieb . . . . .	33
Projektionslampe . . . . .	34
Kondensator und Lampenspiegel . . . . .	35
Umlenkspiegel für die Projektionsbeleuchtung . . . . .	35
Lampenstromregulierung . . . . .	35
Schaltersperre . . . . .	35
Anordnung der Schalter und Bedienungsgriffe . . . . .	36
Anpassung des Geräts an die Netzspannung . . . . .	36
8-mm-Projektor . . . . .	38
<b>VIII. BAUER-Schmalfilmgeräte . . . . .</b>	<b>40</b>
Kamera BAUER 88 . . . . .	40
Kamera BAUER 88 C . . . . .	40
Zubehör zu den Kameras BAUER 88 und BAUER 88 C . . . . .	43
Kamera BAUER 88 B . . . . .	43
Zubehör zur Kamera BAUER 88 B . . . . .	43
BAUER-Kleintitelgerät . . . . .	46
BAUER-Pantalux 8 . . . . .	47
BAUER-Pantamat . . . . .	48
BAUER-Pantason S . . . . .	49
BAUER-Pantason T . . . . .	51
BAUER-Pantason L . . . . .	52
BAUER-Pantason M . . . . .	55
BAUER-Selecton II W . . . . .	57
BAUER-Selecton II O . . . . .	59
Bogenlampe zum BAUER-Selecton II O . . . . .	61
Dia-Anbaugerät zum BAUER-Selecton II O . . . . .	62
Spulen 8 mm und 16 mm . . . . .	63
Tabelle: Spulenfassungsvermögen der BAUER-Schmalfilm- projektoren . . . . .	64
Umroller für 600-m-Spulen . . . . .	64
Umroller für 1500-m-Spulen . . . . .	65
Klebepressen . . . . .	65
Arbeitslampe . . . . .	66
Umkehrspiegel . . . . .	66
<b>IX. Abmessungen von BAUER-Schmalfilmgeräten . . . . .</b>	<b>66</b>
Kameras . . . . .	66
Kleintitelgerät . . . . .	66
Pantamat . . . . .	66
Pantalux 8 . . . . .	67
Pantason . . . . .	68
Selecton II W . . . . .	70
Selecton II O . . . . .	71

<b>X. Schaltbilder für Projektoren und Verstärker</b> . . . . .	<b>72</b>
1. Projektoren	
Pantalux 8 . . . . .	72
Pantason S . . . . .	73
Pantason T . . . . .	74
Pantason TE . . . . .	75
Pantason M . . . . .	76
Selecton II W mit Asynchrommotor . . . . .	77
Selecton II W mit Hauptstrommotor . . . . .	78
Selecton II O (Projektor) . . . . .	79
2. Bogenlampe zum Selecton II O . . . . .	80
3. Verstärker	
Pantason T (8 W) . . . . .	81
Untersatzverstärker für Pantason L und M sowie . Selecton II W (14 W) . . . . .	82
Klangfilm-Verstärker für Selecton II W (12 W) . . . . .	83
BAUER-Verstärker für Selecton II W (20 W) . . . . .	84
Vorverstärker im Pantamat . . . . .	85
 <b>XI. Praktische Winke für die Vorführung</b> . . . . .	<b>86</b>
Vorführraum . . . . .	86
Vorführungen im Heim . . . . .	86
Vorführungen in Schulen . . . . .	86
Vorführungen in öffentlichen Räumen . . . . .	86
Bildschirm . . . . .	87
Projektor . . . . .	87
Lautsprecher . . . . .	87
Aufstellung . . . . .	87
Vorführprobe . . . . .	87
Störungen . . . . .	87
Filmrisse . . . . .	87
Umrollen . . . . .	87
 <b>XII. Wartung und Pflege der Geräte</b> . . . . .	<b>90</b>
 <b>XIII. Filmpflege</b> . . . . .	<b>91</b>
Filmspulen . . . . .	91
Vor- und Nachspann . . . . .	91
Aufbewahrung . . . . .	91
Vorführung . . . . .	92
Umrollen . . . . .	92
Kleben . . . . .	92
 <b>XIV. Fehler bei der Filmwiedergabe und ihre Behebung</b> . . . . .	<b>94</b>
 <b>XV. Bildschirme</b> . . . . .	<b>97</b>
Diffuswand . . . . .	97
Kristallperlwand . . . . .	98
Bildwände mit metallisierter Oberfläche . . . . .	100
Bildwände für Durchprojektion . . . . .	102
Eigenschaften der verschiedenen Bildwände . . . . .	102
Tondurchlässigkeit . . . . .	102
Reflexionsvermögen . . . . .	102
Reflexionsfaktor verschiedener Bildwände . . . . .	103

<b>XVI. Lichttechnische Größen und ihre Beziehungen</b>	105
Grundbegriffe und Einheiten	105
Lichtstärke	105
Leuchtdichte	105
Lichtstrom	105
Beleuchtungsstärke	106
Reflexionsfaktor	106
Schirmhelligkeit	107
Beziehungen für die Praxis	107
Lichtquellen	108
Metallfadenglühlampe	108
Glühlampen der BAUER-Projektoren	110
Tonlampen	111
Bogenlicht	111
Reinkohlenlicht	111
HI-Kohlenlicht	112
Blasmagnet	114
Lichtfarbe	114
<b>XVII. Optik, allgemeine Hinweise</b>	115
Licht	115
Begriff der Farbe	115
Körperfarbe	116
Farbtemperaturen	116
Optik	116
Brechung und Reflexion	116
Linsen	117
Linsenfehler	118
Spiegel	120
Objektive	120
Blenden	121
Brennweite	122
Relative Öffnung	122
Bildwinkel	123
Objektivtypen	124
Teleskopische Systeme	128
Hinweise und Hilfsmittel für die Aufnahmeoptik	131
Schärfentiefe	131
Vorsatzlinsen	131
Reflexschutz	132
Sonnenblenden	132
Filter	132
Beleuchtungsoptik	136
Beleuchtungsoptik für Glühlampen	137
Rückspiegel	138
Kondensator	138
Umlenkspiegel	138
Beleuchtungsoptik für Kohlelichtbogen	139
Lichtaufnahmewinkel	140
Leuchtfeldlinsen	140
<b>XVIII. Elektrotechnik</b>	
A. Begriffe	142
Strom, Spannung, Widerstand	142
Maßeinheiten	142

# I. Der Film

Das Wort „Film“ kommt vom Englischen und heißt soviel wie „Häutchen“. Gemeint ist damit das durchsichtige Band, auf dem, durch Gelatine gebunden, verschieden stark geschwärzte Bromsilber- oder Farbkörner aufgebracht sind. Das durchsichtige Band als sogenannter Schichtträger trägt die Fotoschicht oder Fotoemulsion. — Über die Abmessungen der heute gebräuchlichen Schmalfilmformate geben die nachstehenden Skizzen Auskunft. Links: Filmmaße für Kameras, rechts für Projektoren; oben für 16-mm-, unten für Doppellicht- bzw. 8-mm-Film.



B.	Rechenvorschriften . . . . .	144
	Berechnung ohmscher Widerstände . . . . .	144
	Schaltung von Widerständen . . . . .	144
	Ohmsches Gesetz . . . . .	146
	Lineare und nichtlineare Widerstände . . . . .	146
	Kirchhoffsches Gesetz . . . . .	147
	Leistungsgesetz . . . . .	148
	Berechnung der elektrischen Arbeit . . . . .	148
C.	Gleichstrom . . . . .	148
D.	Wechselstrom . . . . .	149
	Effektivwerte . . . . .	150
	Induktivität und Kapazität . . . . .	150
	Kreisfrequenz . . . . .	151
	Phasenverschiebung . . . . .	151
	Kapazitiver Blindwiderstand . . . . .	151
	Induktiver Blindwiderstand . . . . .	152
	Leistungsfaktor . . . . .	152
	Leistung bei Wechselstrom . . . . .	152
	Schaltung von Kondensatoren . . . . .	153
	Schaltung von Spulen . . . . .	153
	Scheinwiderstand . . . . .	153
	Schaltung von Scheinwiderständen . . . . .	153
	Resonanz . . . . .	154
E.	Magnetismus . . . . .	155
	Dauermagneten . . . . .	155
	Kraft zwischen zwei Magneten . . . . .	155
	Magnetische Werkstoffe . . . . .	155
F.	Elektromagnetismus . . . . .	155
	Stromdurchflossener Leiter . . . . .	155
	Eisen im Magnetfeld . . . . .	156
	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld . . . . .	157
	Induktionsgesetz . . . . .	157
	Transformator . . . . .	157
G.	Drehstrom . . . . .	159
	Allgemeiner Begriff . . . . .	159
	Spannungsangabe . . . . .	159
	Verbraucherschaltungen . . . . .	160
H.	Elektromotoren . . . . .	161
	Gleichstrommotoren . . . . .	161
	Wechselstrommotoren . . . . .	163
	Drehstrommotoren . . . . .	164
	Störungen durch Anlasser . . . . .	171
I.	Gleichrichter . . . . .	171
	Glühkathodenröhren . . . . .	172
	Trockenplattenelemente . . . . .	172
	Welligkeit von Gleichrichtern . . . . .	172
	Wechselstrom-Gleichrichtung ohne Zusatzdrosseln . . . . .	173
	Gleichrichterschaltung mit Drosselspulen . . . . .	174
	Drehstromschaltungen . . . . .	175
	Bogenlampen-Gleichrichter . . . . .	176
K.	Akkumulatoren . . . . .	178
	Aufbau . . . . .	178
	Wirkungsweise . . . . .	178
	Wartung . . . . .	180

<b>XIX. Elektrische Schaltsymbole</b> . . . . .	181
<b>XX. Tonwiedergabetechnik</b> . . . . .	189
Technische Erläuterungen . . . . .	189
Dämpfungsmaß . . . . .	189
Lineare Verzerrungen . . . . .	189
Frequenzgang . . . . .	189
Nichtlineare Verzerrungen . . . . .	189
Klirrfaktor . . . . .	190
Grundgeräusch, Stör- oder Fremdspannung, Störabstand . . . . .	190
Dynamik . . . . .	190
Tonverfahren und Abtastgeräte . . . . .	191
Lichttonfilm (16 mm) . . . . .	191
Tonschriften . . . . .	191
Fehler der Tonaufzeichnung . . . . .	192
Spaltbildgeräte . . . . .	193
Tonlampe . . . . .	193
Auswirkungen fehlerhafter Spaltbilder . . . . .	193
Fotozellen . . . . .	194
Magnettonfilm . . . . .	194
Magnetton-Abtastkopf . . . . .	195
Schallplatten und Tonabnehmer . . . . .	196
Magnetbandgeräte . . . . .	196
Verstärker . . . . .	197
Lautsprecher . . . . .	197
Schallwand, Schalltrichter . . . . .	197
Anpassung . . . . .	198
<b>XXI. Akustik</b> . . . . .	199
Schall . . . . .	199
Ton und Klang . . . . .	199
Sprache . . . . .	199
Schalldruck . . . . .	200
Lautstärke . . . . .	200
Schalleistung . . . . .	202
<b>XXII. Raumakustik</b> . . . . .	204
Echo . . . . .	204
Nachhall . . . . .	204
Raumakustische Richtlinien . . . . .	204
<b>XXIII. Polizeiliche Bestimmungen</b> . . . . .	207

## Tabellen und Diagramme

8-mm-Filme (Empfindlichkeitsangaben) . . . . .	6
Vergleichstabelle verschiedener Empfindlichkeitssysteme . . . . .	6
Abmessungen von Spulen (8 und 16 mm) . . . . .	63
Bildbreiten für verschiedene Brennweiten und Projektionslängen . . . . .	88
Filmlaufzeiten . . . . .	89
Reflexionsfaktoren verschiedener Bildwände . . . . .	103
Glühlampen der BAUER-Projektoren . . . . .	110
Lichtstrom, Lichtausbeute und Lebensdauer der Projektions- lampen . . . . .	110
Gleichstrom-Reinkohlen für Selecton II O . . . . .	112
HI-Kohlen für Selecton II O . . . . .	114
Lichtfarbe verschiedener Lichtquellen . . . . .	114
Filter für Aufnahmekameras . . . . .	133
Schärfentiefe für Objektive mit $f = 13$ mm (Einstellfassung) . . . . .	134
Schärfentiefe für Objektive mit $f = 12,5$ mm (Fixfocus) . . . . .	135
Schärfentiefe für Xenar $f = 38$ mm (Einstellfassung) . . . . .	135
Schärfentiefe für Vorsatzlinsen . . . . .	136
Schärfentiefe beim Weitwinkelvorsatz . . . . .	136
Schärfentiefe beim Televorsatz . . . . .	136
Jährlicher Mehrverbrauch beim Umformer- oder Gleich- richterbetrieb mit Widerständen gegenüber widerstands- losem Betrieb . . . . .	177
Säuredichte von Akkumulatoren . . . . .	179
Lade- und Entladekennlinie von Akkumulatoren . . . . .	180
Zulässige Belastung elektrischer Leitungen . . . . .	188
Durchmesser elektrischer Rohrleitungen für verschiedene Drahtstärken . . . . .	188
Auswirkungen fehlerhafter Spaltbilder . . . . .	193
Empfindlichkeitskurven des menschlichen Ohrs . . . . .	201
Günstigste Nachhallzeit in Abhängigkeit vom Raumvolumen . . . . .	206

Der Schichtträger beider Formate besteht aus Azetylzellulose. Hauptmerkmale sind: Aufschrift am Filmrand („Sicherheitsfilm“, „Safety“ oder „Nonflam“). Seine Entflammbarkeit entspricht etwa der des Zeitungspapiers. Die Entflammungstemperatur liegt bei 400° C. Die Verbrennungsgeschwindigkeit dieses schwerentflammbaren Films ist gering. Die Wärmeentwicklung liegt unter derjenigen von Papier. Bei der Verbrennung auftretende Dämpfe sind wegen ihrer geringen Menge nicht gefährlicher als die von Papier unter gleichen Bedingungen.

Vom Filmmaterial her gesehen sind damit der Vorführung von Schmalfilmen praktisch keine Grenzen gesetzt. Insbesondere dieser Umstand, darüber hinaus aber auch die Fortschritte in der Optik, in der Foto- und in der Gerätetechnik haben dem Schmalfilm die Bedeutung verschafft, die er heute unbestritten besitzt. Nicht zuletzt sind es auch die verhältnismäßig niedrigen Anschaffungskosten für Gerät und Film, ihre kleinen Ausmaße und ihre einfache Handhabung, die den Siegeszug der kleinen Filmformate begründet haben.

## Zur Physiologie des Filmsehens

Daß wir auf der Projektionswand bewegte Bilder sehen können, verdanken wir der Tatsache, daß auf der Netzhaut des menschlichen Auges von jedem Bildeindruck für kurze Zeit ein sogenanntes „Nachbild“ bestehen bleibt und daß wir nur eine beschränkte Anzahl, nämlich etwa 10 Bilder in einer Sekunde, wahrnehmen und auseinanderhalten können. Stellen wir nun von einem Bewegungsablauf, der eine Sekunde dauert, mehr als 10 Aufnahmen der hintereinander folgenden Bewegungsabschnitte her und führen die dabei gewonnenen Bilder in rascher Folge dem Auge vor, dann haben wir den Eindruck einer im Bild festgehaltenen fließenden Bewegung. — Für die Aufnahme von Stummfilmen hat man sich auf 16—20, für Tonfilmaufnahmen auf 24 Bilder/sek. geeinigt. Die Bildwiedergabe muß jeweils mit der gleichen Bildgeschwindigkeit geschehen wie die Aufnahme.

## Zeitdehner - Zeitraffer

Abweichungen von dieser Regel machen Filme nötig, die entweder einen Bewegungsvorgang langsamer oder aber rascher wiedergeben sollen, als es dem natürlichen Vorgang entspricht.

Soll ein Bewegungsablauf bei der Wiedergabe zeitlich gedehnt werden, dann greift man zum **Zeitdehner** oder zur **Zeitlupe**. Man nimmt dabei die Filmbilder mit einer höheren Geschwindigkeit auf, als sie nachher-vorgeführt werden. Mit einer Aufnahmegeschwindigkeit von 48 Bildern/sek. und einer Wiedergabegeschwindigkeit von 24 Bildern/sek. erreicht man beispielsweise eine zweifache zeitliche Dehnung; d. h. der Bewegungsvorgang dauert bei der Wiedergabe zweimal so lang als bei der Aufnahme.

Soll ein Vorgang für die Filmwiedergabe zeitlich beschleunigt werden, dann bedient man sich des **Zeitraffers**. Der Film muß dafür mit einer geringeren Geschwindigkeit als der der Wiedergabe aufgenommen werden. Werden z. B. bei der Aufnahme 8 und bei der Wiedergabe 24 Bilder/sek. gewählt, dann spielt sich die Szene in der Wiedergabe dreimal so rasch ab wie beim Aufnehmen.

Auch beim **Trickfilm** wird eine Art Zeitraffung vorgenommen. Ein Bewegungsgeschehen, das bei der Filmwiedergabe eine Sekunde dauern soll, muß für den Tonfilm in 24 Bewegungsabschnitte aufgeteilt und jede einzelne Stellung mit

der Einzelbildschaltung der Filmkamera fotografiert werden. Zeichnungen, die von Bild zu Bild entsprechend verändert werden, oder Puppen, deren Stellung vor jeder Einzelaufnahme verändert wird, dienen gewöhnlich als Vorlage. In ähnlicher Weise können auch sogenannte **Sprungtitel** hergestellt werden, deren Schrift sich etwa aus einzelnen in den Pausen zwischen den Einzelbildaufnahmen ins Bildfeld gebrachten Buchstaben bildet oder sich tanzend aus einem Buchstabenhäufchen ordnet.

## **Der Schwarz-Weiß-Film**

### **a) Das Negativ-Positiv-Verfahren**

Normalfilme werden gewöhnlich auf Negativfilm aufgenommen und durch Kopieren in einem der Stehbildfotografie ähnlichen Verfahren vervielfältigt. Dem Kopiervorgang geht der Filmschnitt voraus, der an einer sogenannten Arbeitskopie vorgenommen wird. Das Negativ-Positiv-Verfahren hat den Vorteil, daß man vom Negativ auf einfache Weise eine verhältnismäßig große Anzahl von Kopien herstellen kann. Bei besonders hohem Kopienbedarf werden vom Originalnegativ über eine Zwischenkopie Duplikatnegative angefertigt, die dann erst zur Herstellung der Vorführkopien dienen.

Auch bei Großbedarf an Schmalfilmkopien, beispielsweise für Unterrichtsfilme, wird häufig dieser Weg beschritten. Vom 35-mm-Duplikatnegativ werden dann auf dem Weg der optischen Verkleinerung Kopien im 16-mm-Format hergestellt.

Wo die Absicht besteht, von einem Film mehrere Vorführfilme anzufertigen, kann der 16-mm-Film ebenfalls auf Negativmaterial aufgenommen und anschließend mehrfach kopiert werden.

### **b) Umkehrverfahren**

Dieses Verfahren ist hauptsächlich für die Verhältnisse des Amateurbedarfs im 16-mm- und 8-mm-Format vorteilhaft. Umkehrfilme sind Unikate. Sie zeichnen sich durch sehr feines Korn und bei richtiger Belichtung durch hohe Brillanz und Schärfe der Abbildung aus. Vom Original-Umkehrfilm können durch Kontaktkopie Umkehrduplikate hergestellt werden. Dadurch entsteht direkt vom Positiv wieder ein Positiv. Bei größerem Kopienbedarf lohnt sich dieses Verfahren nicht, da es dann höhere Kosten verursacht als das Negativ-Positiv-Verfahren.

Die Bearbeitung des Films nach der Aufnahme wird entweder vom Filmhersteller oder in speziell für die Umkehrung eingerichteten Betrieben besorgt. Sie geschieht in folgenden Arbeitsgängen:

1. Entwicklung (ähnlich dem Negativfilm).
2. Ausbleichen des durch Belichtung und Entwickeln geschwärzten Silbernegativs.
3. Nachbelichten des in der Fotoschicht unverändert verbliebenen Bromsilbers.
4. Entwicklung und dadurch Schwärzung des nachbelichteten Bromsilbers. Dabei entsteht das Positiv.

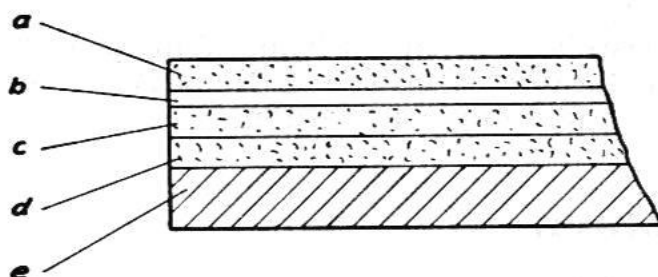
## c) Der Ozaphan-Film

kann nicht für Aufnahmezwecke verwendet werden. Er wird lediglich als vorführfertiger Film geliefert. Bei der Vorführung muß auf sehr weiche Aufwicklung geachtet werden. Für Geräte mit Peesenantrieb der Aufwickelachse ist die Benützung einer Friktionsspule ratsam, um Beschädigungen des sehr dünnen Filmbandes zu vermeiden.

Der Ozaphanfilm ist kein Silberfilm. Das Bild baut sich also hier nicht aus dem in Gelatine eingebetteten Silber, sondern aus einem organischen Farbstoff auf. Der aus Hydrozellulose (Cellophan) bestehende, mit einer lichtempfindlichen Diazoverbindung behandelte Film gibt bei Entwicklung mit Ammoniak ein blauschwarzes Bild. Die Vorzüge des Ozaphanfilms sind seine geringen Anschaffungskosten und die geringe Empfindlichkeit gegen Verschrämmungen. An die Qualität der Bilder dürfen aber keine so hohen Anforderungen gestellt werden wie beim Silberfilm.

## Der Farbfilm

Farbfilme für das 8-mm- und das 16-mm-Format werden auf dem Umkehrwege hergestellt. Dabei wird eine große Anzahl verschiedener Verfahren angewendet, die sich nach dem Aufbau des Filmmaterials richten. Als Beispiel diene der Agfacolor-Umkehrfilm, bei dem der Schichtträger drei übereinanderliegende Schichten (und eine zwischen der ersten und der zweiten Schicht liegende Gelbfilterschicht) enthält.



vor der Aufnahme

nach der Entwicklung

- a) unsensibilisierte Schicht
- b) Gelbfilterschicht
- c) grünsensibilisierte Schicht
- d) rotsensibilisierte Schicht
- e) Schichtträger

gelbes Farbbild  
—  
purpurnes Farbbild  
blaugrünes Farbbild

Die Vorgänge bei Aufnahme und Entwicklung lassen sich wie folgt kurz skizzieren:

1. Belichten in der Kamera.
2. Erste Entwicklung mit Schwarz-Weiß-Entwickler. Dadurch entsteht in allen 3 Fotoschichten ein Silbernegativ.
3. Nachbelichtung mit diffusem weißem Licht. Das von der Erstentwicklung her nicht geschwärzte Bromsilber wird dabei von dieser Belichtung beeinflusst.

4. Far Rentwicklung. In jeder der drei Schichten wird ein positives Silberbild hervorgerufen, das gleichzeitig durch die in die Schichten eingelagerten „Farbkuppler“ positive Farbstoffbilder ergibt. Das oberste Farbstoffbild ist gelb, das mittlere purpurfarben, das untere blaugrün.
5. Bleichen. Das entwickelte Silber des Negativs und des Positivs wird zusammen mit dem noch unentwickelten Bromsilber entfernt. Übrig bleiben nur die verschiedenfarbigen Positive. Die subtraktive Mischung der 3 Farben ergibt das fertige Farbbild. Lichthofschutz und Gelbfilter-schicht sind bereits während der vorbeschriebenen Vorgänge mit entfärbt worden.

## Aufnahmematerial für 8-mm-Filme

Das heute gebräuchlichste Material für den Amateurfilmer ist der 8-mm-Film. Die weitaus meisten Filme werden als sogenannte Doppelachtfilme hergestellt und geliefert. Dieser ursprünglich 16 mm breite Film wird in Spulen mit einem Fassungsvermögen von 7,5 m geliefert. Die Spulenwände und die zwischen Schichträger und Fotoemulsion gebettete Lichthofschutzschicht lassen es zu, daß der Film selbst im gedämpften Tageslicht in die Kamera eingelegt werden kann, ohne Schaden durch Lichteinfall zu erleiden. Vor- und Nachspann, die beim Einlegen und Herausnehmen des Films aus der Kamera vom Licht getroffen werden, werden bei der Konfektionierung des Bands dem angegebenen Maß zugeschlagen.

In der Doppelachtkamera wird der Film in zwei Durchläufen je halbseitig belichtet. Die Entwicklungsanstalt zerschneidet das Band nach der Bearbeitung der Länge nach. Der erste und der zweite „Durchlauf“ werden hintereinander geklebt, so daß sich ein 15 m langes 8 mm breites Filmband ergibt. Da Schwarzweiß- und Farbfilme für das 8-mm-Format Umkehrfilme sind, erhält man denselben ursprünglich in der Kamera belichteten Film als vorführfertiges Positiv zurück.

## Filmempfindlichkeit - Tageslicht - Kunstlicht

Bei der Beschaffung des Filmmaterials für die Aufnahme ist es wichtig, die Lichtempfindlichkeit der Fotoemulsion zu beachten. Das Maß für die Empfindlichkeit ist auf der Packung oder in einer erläuternden Einlage in der Verpackung jeweils angegeben. In Deutschland ist es üblich, nach  $/10^0$  DIN zu messen. Durch Vergleichstabellen (siehe dort!) können die in anderen Ländern üblichen Maße leicht mit den deutschen verglichen werden.

Bei Tageslichtaufnahmen mit Schwarzweißfilm wird man Filmmaterial mit geringerer Empfindlichkeit dem höher empfindlichen vorziehen. Der weniger empfindliche Film ergibt — bei richtiger Belichtung — Aufnahmen mit größerer Schärfe und Brillanz. Bei Kunstlicht tut der höher empfindliche naturgemäß bessere Dienste.

Farbfilme für Tageslicht sind dem höheren Blauanteil der Beleuchtung angepaßt. Farbfilme für Kunstlichtaufnahmen berücksichtigen den höheren Rotanteil der Glühlampen. Hinweise in den Packungen sind unbedingt zu beachten, wenn man über die Farbwiedergabe bei der Projektion nicht enttäuscht sein will.

## Tabelle der 8-mm-Filme

Hersteller	Bezeichnung	Empfindlichkeit in DIN
Agfa .....	Isopan F	15/10 <sup>0</sup>
Ferrania .....	Panchro-Umkehrfilm 28	18/10 <sup>0</sup>
Ferrania .....	Panchro-Umkehrfilm CSS 32	22/10 <sup>0</sup>
Gevaert .....	Gevapan 23 Micro	13/10 <sup>0</sup>
Gevaert .....	Gevapan 26 Super	16/10 <sup>0</sup>
Gevaert .....	Gevapan 32 Ultra	22/10 <sup>0</sup>
Schleussner .....	Adox U 17	17/10 <sup>0</sup>
Perutz .....	Rectepan 15	15/10 <sup>0</sup>
Perutz .....	Rectepan 21	21/10 <sup>0</sup>
Pathex .....	PSPF Superpan	17/10 <sup>0</sup>
Pathex .....	Super XX Ultrapan	22/10 <sup>0</sup>
<b>Farbfilme</b>		
Agfa .....	Agfacolor	15/10 <sup>0</sup>
Kodak .....	Kodachrome Tageslicht	12/10 <sup>0</sup>
Kodak .....	Kodachrome Kunstlicht	14/10 <sup>0</sup>

Für Tageslichtaufnahmen sind Filme mit niedriger Empfindlichkeit wegen des feineren Korns solchen mit höherer Empfindlichkeit vorzuziehen. Für Kunstlichtaufnahmen sind Filme mit höheren Empfindlichkeitswerten besser geeignet.

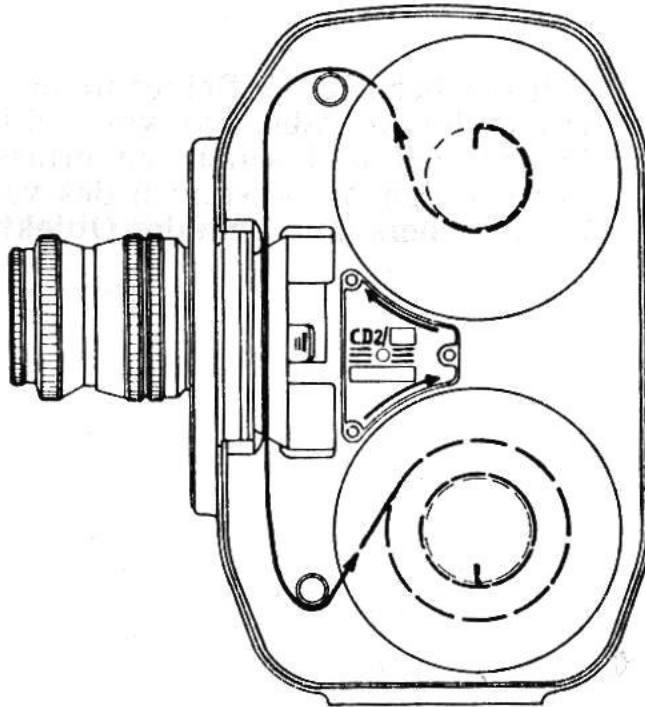
## Vergleichstabelle verschiedener Empfindlichkeitssysteme

DIN	Europäisch Scheiner	American Scheiner	ASA Exposure Index	General Electric	Weston
8/10	18	12	4	—	3
9/10	19	13	5	6	4
10/10	20	14	6	8	5
11/10	21	15	8	10	6
12/10	22	16	10	12	8
13/10	23	17	12	16	10
14/10	24	18	16	20	12
15/10	25	19	20	24	16
16/10	26	20	25	32	20
17/10	27	21	32	40	24
18/10	28	22	40	48	32
19/10	29	23	50	64	40
20/10	30	24	64	80	50
21/10	31	25	80	100	64
22/10	32	26	100	125	80
23/10	33	27	125	150	100
24/10	34	28	160	200	125
25/10	35	29	200	250	160

## II. Die Aufnahmekamera

### Aufgabe der 8-mm-Kamera

ist es, von den einzelnen Phasen bewegter Motive einander rasch folgende Momentaufnahmen herzustellen. Wie eine gute Fotokamera muß sie ein lichtdichtes Gehäuse und ein gutes, scharf und brillant zeichnendes Objektiv besitzen. Ferner muß sie dafür eingerichtet sein, das auf eine Spule aufgerollte Filmband von der Spule abzuziehen, es mit großer Genauigkeit und absolut gleichen Schrittschritten jeweils für kurze Zeit hinter dem Objektiv der Kamera stillzusetzen. Während des Stillstands erfolgt die Belichtung der Fotoemulsion. Während der Fortschaltung darf kein Licht auf den Film fallen. Das Filmband muß nach der Belichtung auf eine zweite Filmspule aufgewickelt werden.



Filmverlauf der  
Kamera Bauer 88

### Das Kameragehäuse

muß möglichst stabil, dabei aber handlich und griffest sein. Es umschließt Antriebswerk und Filmraum, die ebenfalls licht- und staubdicht gegeneinander abgeschlossen sind. Es trägt außerdem die optischen Glieder und die der Filmführung dienenden Teile.

### Das Objektiv

Das kleine Bildformat bringt es mit sich, daß auch die Abmessungen der Objektive sehr klein gehalten werden können. Dem kleinen Bild entspricht eine kurze Objektivbrennweite. Die Standardbrennweite beträgt  $f = 10 \text{ mm}$  bis  $f = 13 \text{ mm}$ .

---

← Erklärung zu Tabelle Seite 6 unten.

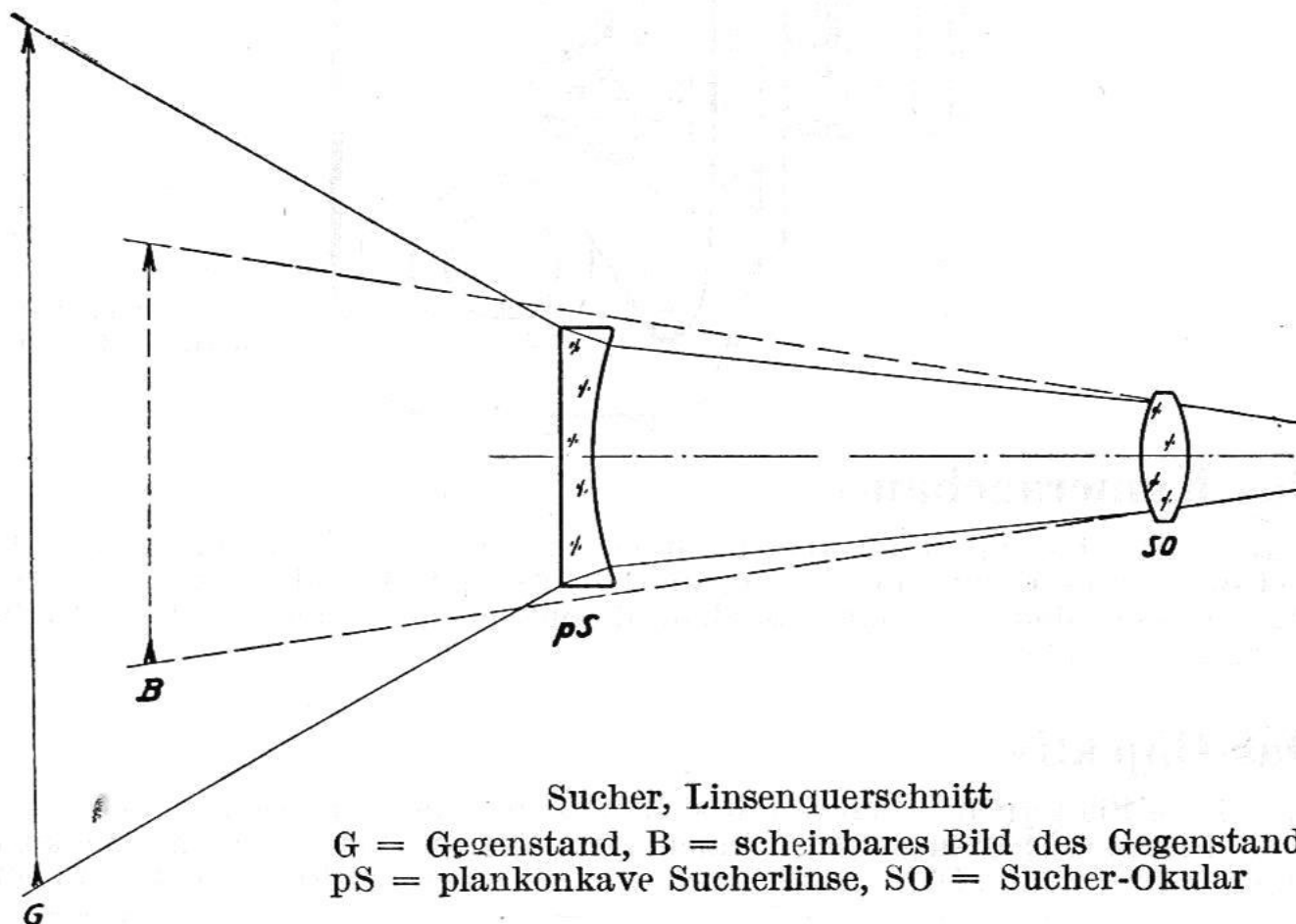
Die Tabelle gibt Anhaltspunkte für den Vergleich der Meßwerte nach verschiedenen Empfindlichkeitssystemen. Da jedes System eine andere Meßgrundlage hat, ist es vorteilhaft, sich bei einem Wechsel des Aufnahmematerials auf die Besonderheiten dieses Materials einzuarbeiten.

Selbst bei hoher Lichtstärke (z. B. 1:1,9) ist es möglich, sogenannte Fixfocus-Objektive zu verwenden, die die Handhabung der 8-mm-Kamera gegenüber den üblichen Stehbildkameras bedeutend vereinfachen. Für Objektive mit noch höherer Lichtstärke (z. B. 1:1,5) oder für langbrennweitige Objektive mit Telewirkung (beispielsweise  $f = 38$  mm) wird die Einstellfassung vorgezogen. Das Objektiv muß in sich und in seiner Lage zur Filmebene sehr genau justiert sein, um Unschärfen zu vermeiden, die sich bei der nach der Filmentwicklung erfolgenden Projektion sehr unangenehm zeigen würden. Es kann mit dem Gehäuse fest verschraubt oder in einer sogenannten Schnellwechselfassung gehalten sein.

Vorsätze für Weitwinkel und Fernaufnahmen sowie Vorsatzlinsen für sehr kurze Aufnahmeabstände erweitern die Verwendungsfähigkeit der Fixfocus-Objektive.

## Der Sucher

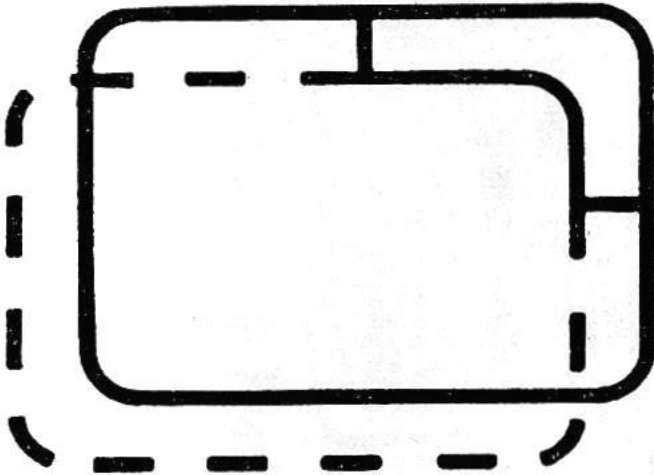
ist gewöhnlich als Durchsichtssucher nach Art eines umgekehrten holländischen Fernrohrs ausgebildet. Er hat die Aufgabe, das vom Objektiv im Bildfenster abgebildete Motiv hinreichend hell und scharf zu erfassen. Seine optischen Abmessungen werden daher von den Abmessungen des verwendeten Objektivs bestimmt. Der Sehwinkel des Suchers muß dem des Objektivs entsprechen.



Wenn die Kamera für Objektive oder Objektivvorsätze mit verschiedenen, also längeren oder kürzeren Brennweiten eingerichtet ist, muß auch der Sucher entsprechend ausgebildet sein. Das volle Sehfeld gilt dabei gewöhnlich dem Objektiv normaler Brennweite. Für Aufnahmen mit langbrennweitigen Objektiven kann das Sucherfeld durch Einzeichnung eines kleineren Bildausschnitts oder

durch eine Vorsatzmaske eingegrenzt und damit dem kleineren Bildausschnitt des Objektivs angepaßt werden. Bei Verwendung kurzbrennweitiger Objektivs (sogenannter Weitwinkelobjektive) wird der über dem Kameraobjektiv befindlichen Sucherlinse gewöhnlich eine Zerstreuungslinse vorgelegt, die das Sucherfeld erweitert.

## Parallaxenausgleich



Der Sucher sitzt gewöhnlich etwas höher und seitlich verschoben zum Kameraobjektiv. Bei Aufnahmen aus sehr kurzer Entfernung (weniger als 2 m) zeigt der Sucher daher ein nach Seite und Höhe etwas verschobenes Bild gegenüber dem, das vom Objektiv erfaßt wird. Diese „Parallaxe“ muß bei Nahaufnahmen berücksichtigt werden. Eine Einzeichnung in die objektseitige Sucherlinse gibt den Grad der Verschiebung an.

Parallaxenausgleichsmarkierung  
im Sucherfeld

## Filmführung

Die Belichtung des Films erfolgt im Filmfenster, dessen Ausschnitt der Größe des belichteten Filmbildchens entspricht. Die Filmführungsteile beim Filmfenster besitzen Kufen, gegen die der Film durch eine federnde, ebenfalls mit Kufen ausgestattete Filmtüre gedrückt wird. Während der Aufnahme muß der Film gut stehen und absolut plan liegen.

## Der Greifer

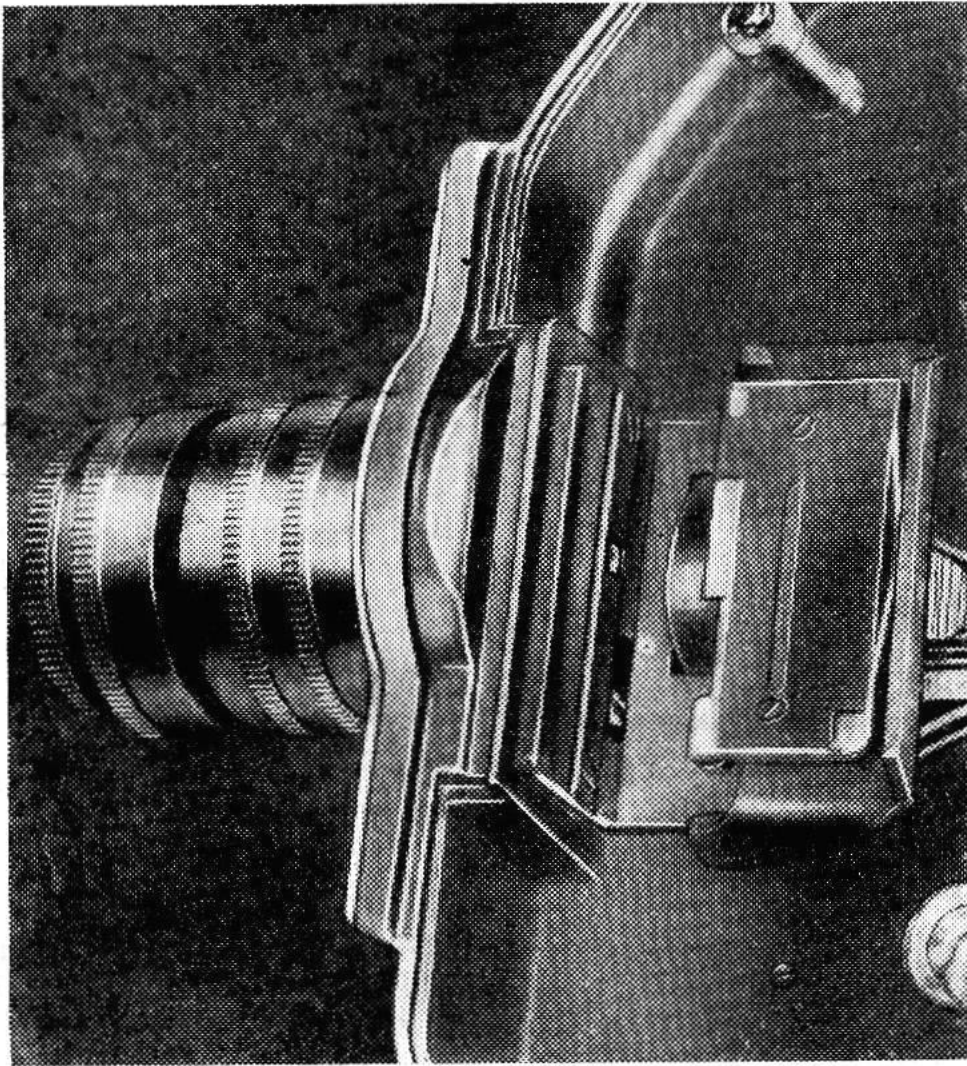
besorgt den ruckweisen Transport des Films. Jeder Arbeitstakt des Greifers schiebt das Filmband um die Höhe eines Filmbilds nach unten. Während des Schaltvorgangs deckt eine umlaufende

## Blende

den Lichteinfall aus dem Objektiv ab. Erst bei vollständigem Stehen des neuen Bilds darf die Blende das ins Objektiv einfallende Licht für den Film freigeben. — Der Dunkelsektor der Blende beträgt bei BAUER-Kameras etwa  $180^\circ$ . Die Größe dieses Sektors ist von Einfluß auf die Belichtungszeit für das einzelne Filmbildchen.

## Die Aufwicklung

des Filmbands darf nicht starr erfolgen, da der Durchmesser der Spulenbewicklung mit jeder Umdrehung der Spulenachse wächst. Eine Reibungskupplung sorgt für den Ausgleich.



Filmführung der Bauer-Kameras mit geöffneter Filmtüre

## **Den Antrieb**

für die bewegten Teile der Filmführung, also Greifer und Aufwicklung, besorgt ein Federwerk. Ein Aufzug fördert etwa 2 m Film.

## **Das Auslösen**

des Filmlaufs kann durch Druckknopf oder Drahtauslöser erfolgen.

## **Ein Zählwerk**

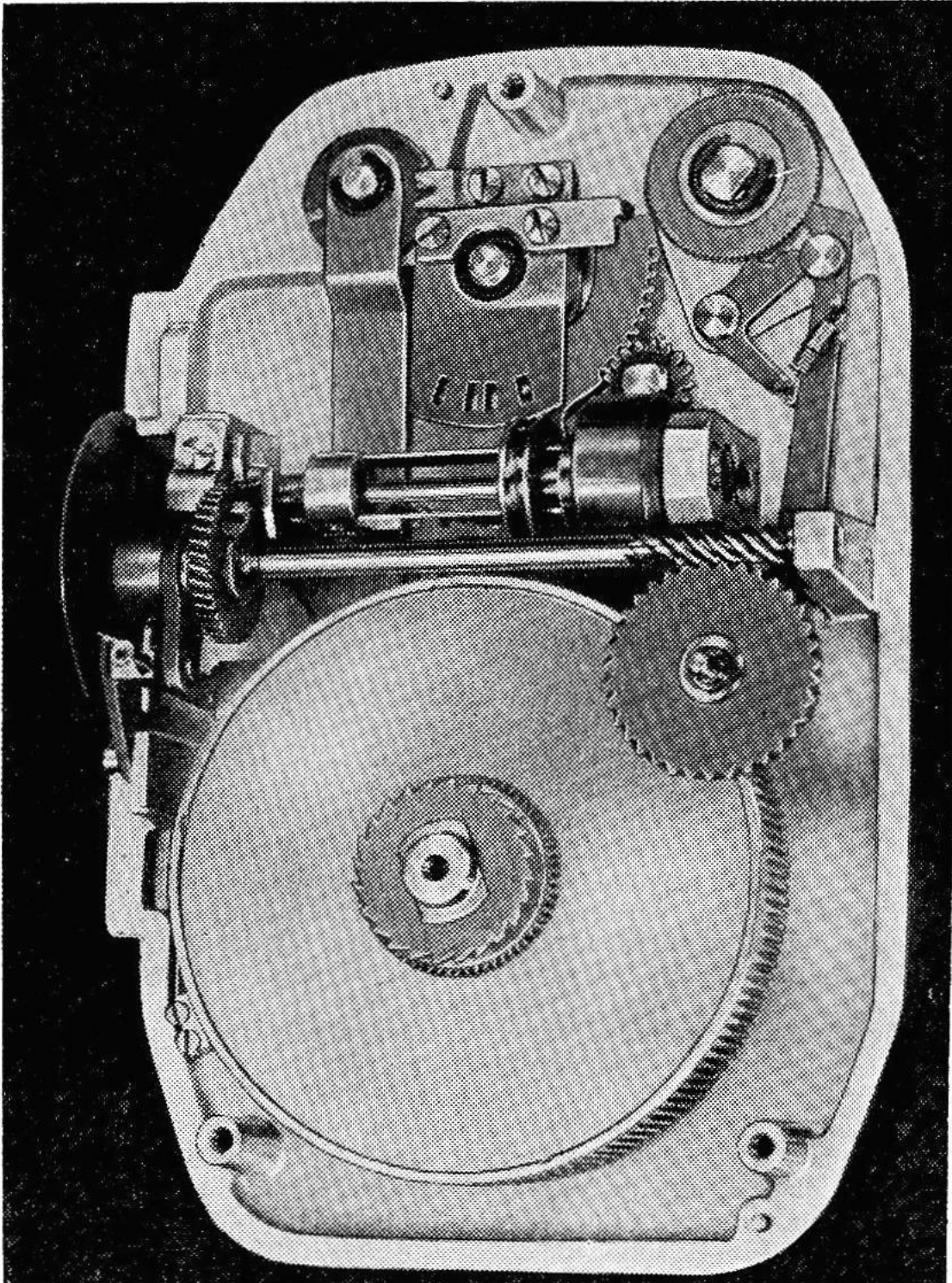
gestattet die Kontrolle des Filmvorrats während der Aufnahme.

## **Ein akustisches Zeichen**

ist bei allen BAUER-Kameras nach Ablauf von jeweils 12,5 cm Film hörbar.

## Tauchzeiger

Alle BAUER-Kameras für das Doppelachtformat besitzen außerdem eine weitere untrügliche Laufkontrolle: einen beim Filmablauf durch die obere Spulennachse angetriebenen „Tauchzeiger“, der bei der Betrachtung des Filmmotivs durch den Sucher in kurzen Abständen ins Sucherfeld eintaucht. Sein Ausbleiben oder Stillstehen zeigt an, daß der Filmvorrat zu Ende oder aber eine Störung im Ablauf des Filmbands eingetreten ist.



Kamerawerk geöffnet

## Die Bildgeschwindigkeit

wird von der Einstellung eines Fliehkraftreglers bestimmt. In Kameras, die nur für 16 Bilder/sek. eingerichtet sind, wird der Regler bei der Fertigung des Geräts fest eingestellt. Besitzt die Kamera mehrere Bildgeschwindigkeiten, dann muß die Einstellung des Reglers veränderlich sein. Das ist bei geschlossenem Kameragehäuse mit einer Wählscheibe möglich.

## Die Belichtungszeit

für die einzelnen Bilder ist abhängig von der Bildgeschwindigkeit und der Größe des Blendensektors. Bei kontinuierlichem Lauf der BAUER-Kameras ergeben sich für einen Bildwechsel von

8 Bildern/sek.	=	$\frac{1}{15}$	Sekunde,
16 Bildern/sek.	=	$\frac{1}{30}$	Sekunde,
24 Bildern/sek.	=	$\frac{1}{50}$	Sekunde,
48 Bildern/sek.	=	$\frac{1}{100}$	Sekunde.

Die Belichtungszeit für den **Einergang** ist abhängig von der Einstellung der Bildwechselzahl. Gegenüber den obengenannten Zahlen ergeben sich aber gewisse Veränderungen.

Bei Einstellung auf den 8er-Gang ergibt sich für die Einzelbildschaltung  $\frac{1}{20}$  Sek.  
Bei Einstellung auf den 16er-Gang ergibt sich für die Einzelbildschaltung  $\frac{1}{25}$  Sek.  
Bei Einstellung auf den 24er-Gang ergibt sich für die Einzelbildschaltung  $\frac{1}{28}$  Sek.  
Bei Einstellung auf den 48er-Gang ergibt sich für die Einzelbildschaltung  $\frac{1}{30}$  Sek.

## Der eingebaute Belichtungsmesser

Ein Belichtungsmesser ist eine willkommene Hilfe für die richtige Belichtung des Films. Besonders bei Farbfilmaufnahmen ist er unentbehrlich, da schon geringe Abweichungen von der richtigen Belichtung die Farbwiedergabe verfälschen können. Richtig belichtete Schwarz-Weiß-Aufnahmen zeichnen sich durch großen Umfang der Helldunkelwerte und gute Brillanz der Bilder aus.

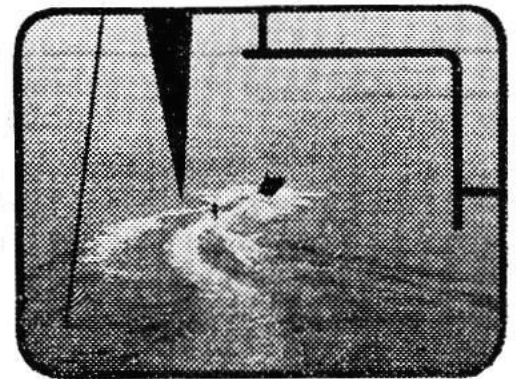
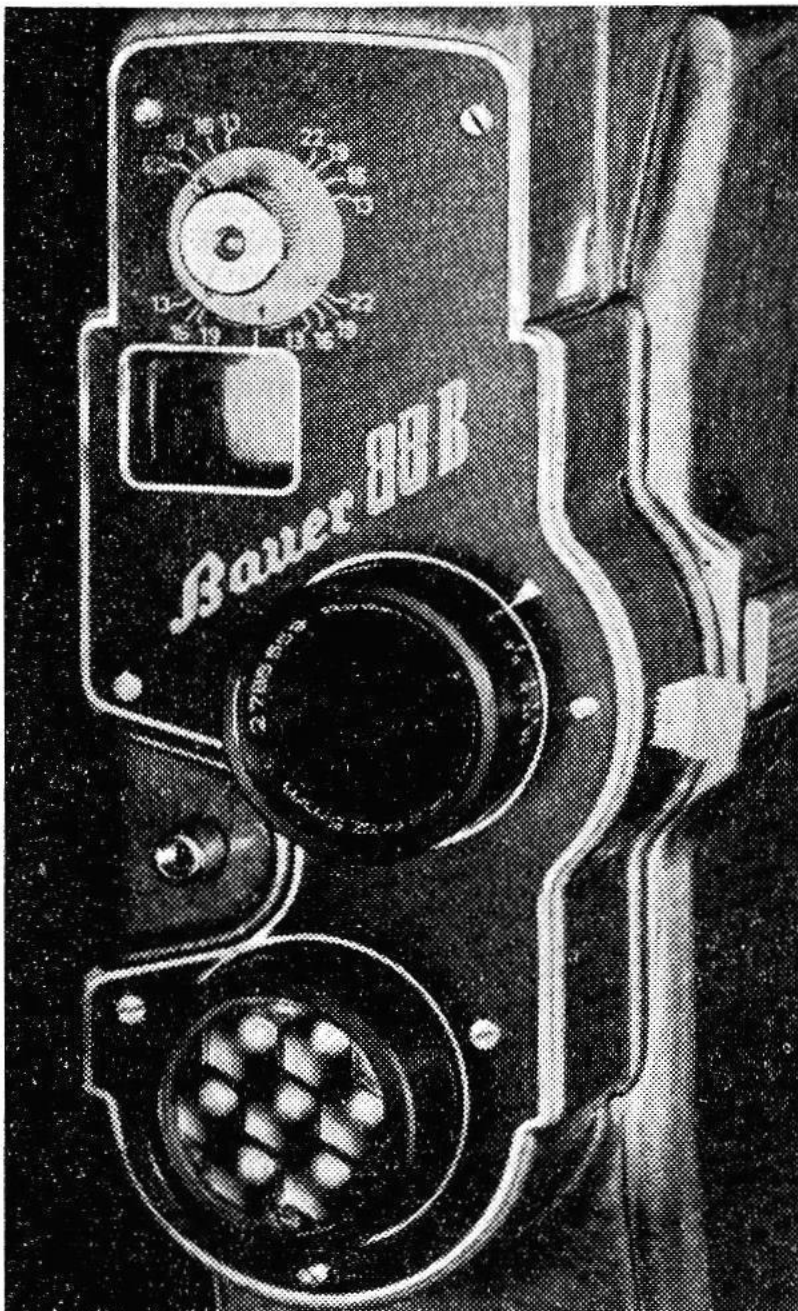
Der in die Filmkamera eingebaute Belichtungsmesser erleichtert die Wahl der richtigen Objektivblende ungemein. Ist er, wie bei der BAUER 88 B, mit dem Objektiv gekuppelt, dann vereinfacht er die Handhabung der Kamera ganz besonders bei schwierigen Lichtverhältnissen und auch dann, wenn die Beleuchtung eines Filmmotivs (z. B. bei Schwenkaufnahmen) während der Aufnahme wechselt.

Der in die Filmkamera eingebaute Belichtungsmesser ist auf das Kameraobjektiv abgestimmt. Sein „Schwinkel“ entspricht dem „Bildwinkel“ der Kamera.

Der Belichtungsmesser besteht aus Fotoelement mit vorgebauter Blende und Meßwerk mit Zeiger. Das durch eine Wabenlinse in das Fotoelement einfallende Licht ruft einen elektrischen Strom hervor, der den Zeiger des Meßwerks um so mehr zum Ausschlag bringt, je mehr Licht auf den Selenbelag des Elements fällt. Wird die Blendenöffnung der Zelle verändert, dann ändert sich in gleichem Maße der Zeigerausschlag. Legt man vor der Aufnahme eine Markierung des für die Filmbelichtung richtigen Zeigerausschlags fest, dann braucht während des Filmens nur die Blende des Belichtungsmessers soweit geschlossen zu werden, daß der Meßwerkzeiger auf dem Markierungspunkt steht.

Bei der BAUER 88 B ist das alles sehr leicht gemacht. Eine Drehscheibe an der Stirnseite der Kamera trägt Markierungen für die verschiedenen Bildgeschwindigkeiten. Eine zweite Skala außerhalb der Drehscheibe gibt die Werte der Filmempfindlichkeit an. Man hat lediglich mit der Drehscheibe die gewählte Bildwechselzahl auf die Zahl der Filmempfindlichkeit einzustellen. Damit ist die Markierung im Sucher für den Zeigerausschlag des Belichtungsmessers schon richtig eingestellt. Eine neue Einstellung ist nur dann nötig, wenn man die Bildwechselzahl ändert oder zu einem Filmmaterial anderer Empfindlichkeit übergeht.

Der in die BAUER 88 B eingebaute Belichtungsmesser rechnet sozusagen selbsttätig und bei allen vier Laufgeschwindigkeiten die Bildwechselzahl, die Filmempfindlichkeit und die Beleuchtungsstärke des Motivs ineinander. Die Handhabung ist dabei sehr einfach. Bei der Betrachtung des Motivs durch den Sucher sind zwei Zeiger sichtbar. Wird vor oder während der Aufnahme ein aus dem Kameragehäuse ragender kleiner Hebel so mit einem Finger der linken Hand bewegt, daß beide Zeiger einander decken, dann ist die Belichtung richtig.



Blick durch den Sucher der BAUER 88 B.  
Zur Einstellung des richtigen Blendenwerts muß der dünne Zeiger mit der Keilmarke in Deckung gebracht werden.

Frontansicht  
der BAUER 88 B

### III. Wichtige Ratschläge für die Filmaufnahme

1. Kamera ruhig halten. Gefilmte Motive sollen möglichst Bewegung zeigen. Aufnahmen mit geschwenkter Kamera maßvoll beschränken. Kamera langsam und möglichst nur in einer Richtung „ziehen“, nicht ruckweise bewegen, nicht hin- und herfahren.
2. Auf Fernsichten ohne Vordergrund verzichten. Übersichtsaufnahmen beschränken. Szenen in mehrere Einstellungen aufgliedern. Die stärksten Eindrücke werden durch Nah- und Großaufnahmen vermittelt. — Wenn Architekturen mit ins Bild kommen: Kamera so halten, daß die Senkrechten im Bild parallel zur seitlichen Begrenzung des Sucherbilds stehen.
3. Szenen lang genug wählen. Faustregel: Auslöser so lange drücken, bis man den ganzen Bildinhalt bei der gleichzeitigen Betrachtung durch den Sucher erfaßt hat. — Lang ausgespielte Szenen unterstreichen die Ruhe, Stille, Bedachtsamkeit eines gefilmten Vorgangs. — Kurze Szenen erhöhen die Wirkung eines aufregenden, turbulenten Geschehens.
4. Aufnahmen von unten lassen das gefilmte Motiv größer erscheinen. Bei Aufnahmen von oben wirken die Details im Bild kleiner. — Kurzbrennweitige Objektive (besonders Weitwinkel) lassen den Vordergrund größer und den Bildhintergrund kleiner erscheinen. Der Raum zwischen Vorder- und Hintergrund wird scheinbar größer. — Langbrennweitige Objektive unterdrücken den Vordergrund. Nähe und Ferne scheinen zusammenzurücken. Für Aufnahmen mit langbrennweitigen Objektiven Stativ verwenden.
5. Für Farbaufnahmen — und wenn irgend möglich auch für Schwarz-Weiß-Aufnahmen — Belichtungsmesser benützen. Wahl des Motivs für Farbaufnahmen nicht nach dem Gesichtspunkt möglichst bunte Bilder zu bekommen, sondern auf Harmonie in der Farbgebung achten. Beleuchtung der Szenen für Farbaufnahmen von vorn. Schlagschatten vermeiden. — Abweichend davon sind Sonnenauf- und -untergänge dankbare Farbfilmotive. Die Sonne selbst darf dabei nicht ins Objektiv strahlen.
6. Federwerk der Kamera nach jeder Szene — auch wenn sie kurz ist — ganz aufziehen. Vielleicht kann schon für die nächste Szene der ganze Durchzug der Antriebsfeder gebraucht werden.
7. Filmraum und Filmführungsteile, besonders Bildfenster und Kufen am Bildfenster, vor Staub schützen und sauber halten. Vor dem jeweiligen Einlegen einer Filmspule Bildfensterpartie ausblasen und mit nicht faserndem weichem Lappen auswischen.

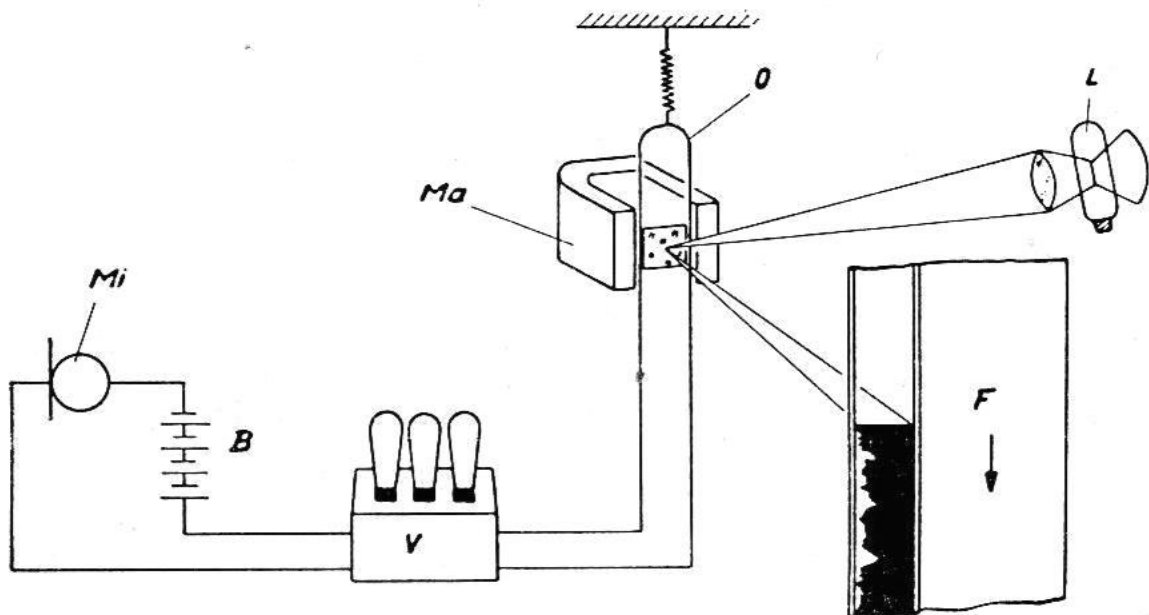
## IV. Tonfilm-Aufnahme

Bild und Ton werden — auch beim Spielfilm — zumeist in getrennten Apparaten aufgenommen und erst beim sogenannten Filmschnitt auf demselben Band vereinigt.

Dem Lichtton wird bei der Vorführung für gewerbliche Zwecke wegen der einfacheren Handhabung der Vorzug gegeben. Der Magnetton zeichnet sich durch größeren Frequenzumfang aus. Die Möglichkeit, Magnettonaufnahmen mit einem verhältnismäßig kleinen Aufwand selbst herzustellen, die Aufnahmen leicht zu löschen, durch andere zu ersetzen und mehrere Tonaufnahmen zu mischen, hat der Magnetbandaufnahme mehr und mehr Eingang in die Tonstudios der Filmhersteller verschafft. Zumeist werden Aufnahmen auf Magnettonbänder dem Lichttonfilm zugrundegelegt. Begünstigt durch das „Cinemascope“-Verfahren hat der Magnettonfilm auch ins Lichtspielhaus Eingang gefunden. In der Hand des Amateurs dürfte der Magnettonfilm eine zunehmend größere Rolle spielen.

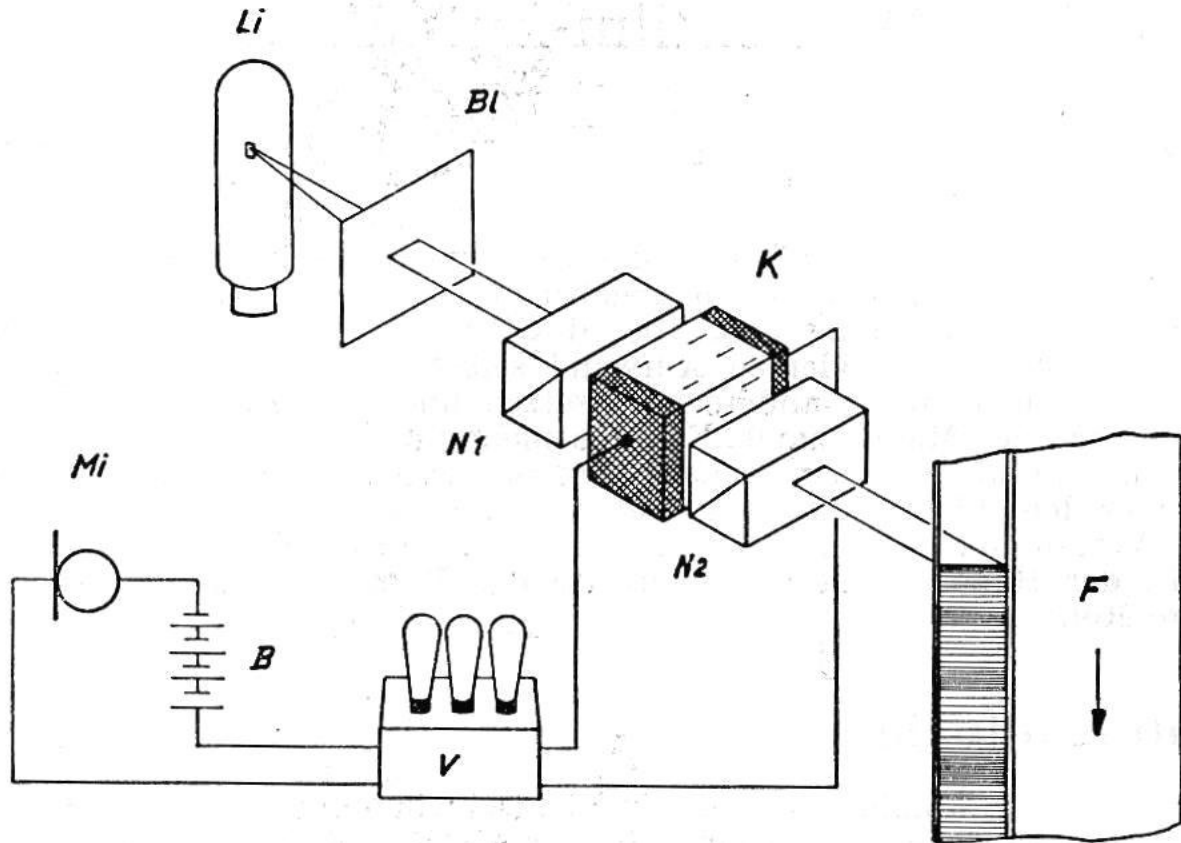
### Lichttonaufnahme

Bei der Lichttonaufnahme wird der in Lichtschwingungen umgesetzte Ton fotografiert. Das kann auf verschiedene Weisen geschehen, die sich im wesentlichen in zwei Gruppen einteilen lassen: das Schwärzungsverfahren und das Amplitudenverfahren. Für die Filmwiedergabe sind beide Verfahren gleich gut geeignet.



Tonaufnahme Amplitudenverfahren. — Der verstärkte Mikrofonstrom wird einem Oszillographen (Schwingungsschreiber) zugeleitet. Der zwischen den Schwingsaiten angebrachte Spiegel lenkt einen Lichtstrahl im Sinne der Tonschwingungen ab und leitet ihn dem gleichmäßig nach unten bewegten Filmband zu. Nach der Entwicklung sind die Amplituden sichtbar.

Mi = Mikrofon; B = Batterie; V = Verstärker; Ma = Dauermagnet  
O = Oszillograph; L = Lampe; F = Film



Tonaufnahme Schwärzungsverfahren. — Der verstärkte Mikrofonstrom wird auf die Kondensatorplatten einer „Kerrzelle“ geleitet. Die im Rhythmus des Mikrofonstroms wechselnde Ladung des Kondensators steuert den durch „Nikolsche Prismen“ polarisierten Lichtstrom einer Glühlampe und ruft auf dem abwärts bewegten Filmband sprossenähnliche Schwärzungen hervor.;

Mi = Mikrofon; B = Batterie; V = Verstärker; Li = Lichtquelle; Bl = Blende; N 1/N 2 = Nikolsche Prismen; K = Kerrzelle; F = Film

## Magnettonaufnahme

Bei der Magnettonaufnahme wird der durch ein Mikrofon in elektrische Stromstöße umgewandelte Ton der Spule eines „Magnetkopfs“ zugeleitet, dessen magnetisches Feld sich im Rhythmus der Stromstöße — und damit des Tons — verändert. Ein am Magnetkopf vorbeibewegtes, magnetisierbares Band registriert diese Feldveränderungen.

Für die Tonaufnahme im Filmatelier werden die z. B. auch beim Rundfunk üblichen Tonbänder verwendet. Getrennte Aufnahmen von Musik, Sprache und Geräuschen auf jeweils besonderen Bändern, können nach den Erfordernissen der Filmgestaltung beliebig gemischt werden.

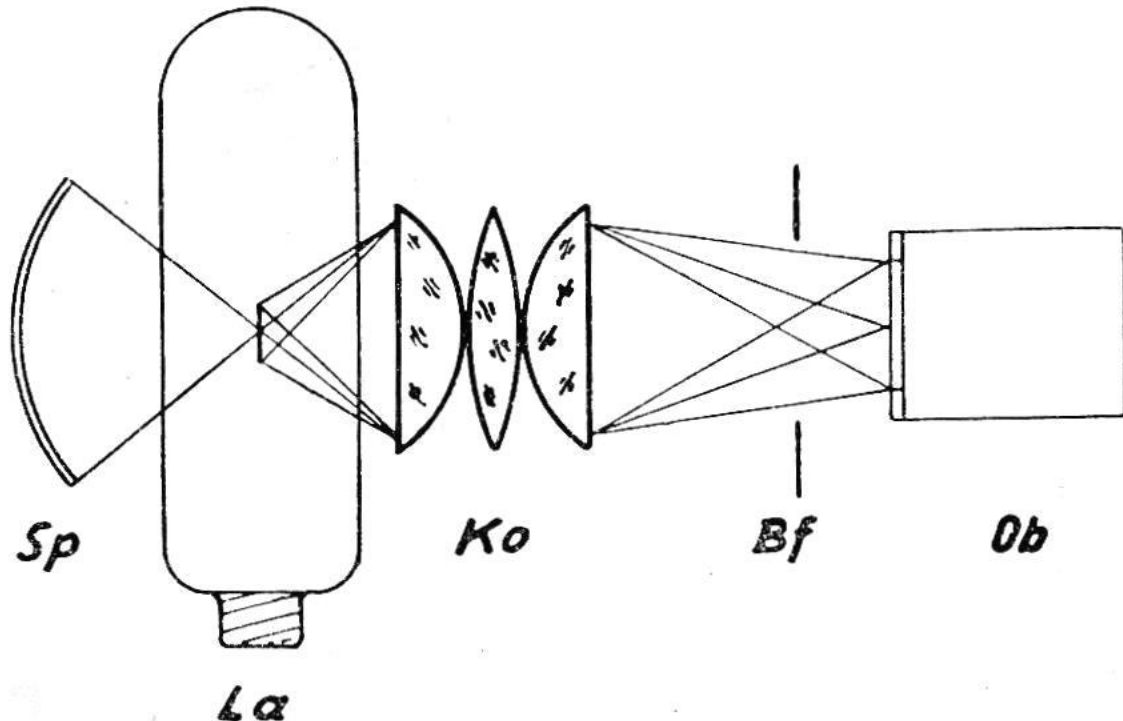
Zur Vertonung von 16-mm-Filmen kann die Magnettonspur auf das Band der Filmkopie aufgetragen und über Mikrofon, Schallplatte oder ein besonderes Magnetband als Tonträger bespielt werden. Der Projektor kann also gleichzeitig Aufnahme- und Wiedergabegerät für Magnetton sein.

Die erheblich geringere Ablaufgeschwindigkeit des 8-mm-Films macht es erforderlich, Film und Magnetton auf getrennten Bändern aufzunehmen und wiederzugeben, sofern auf eine gute Wiedergabequalität auch der hohen Töne Wert gelegt wird. Bei Aufnahme und Wiedergabe muß für einen synchronen Ablauf von Bild und Ton gesorgt werden.

Für die Aufnahme von urheberrechtlich geschützten Werken dürfen Magnetton-Geräte in der Bundesrepublik und in Westberlin nicht ohne Einwilligung der über das Urheberrecht Verfügungsberechtigten (z. B. GEMA oder Schallplattenhersteller) verwendet werden.

## V. Filmwiedergabe

Die Filmwiedergabe geschieht zumeist mit Hilfe eines Bildwerfers. Seine optischen Glieder sind nach Art eines Diaprojektors aufgebaut, müssen aber den besonderen Verhältnissen für die Filmprojektion angepaßt sein.



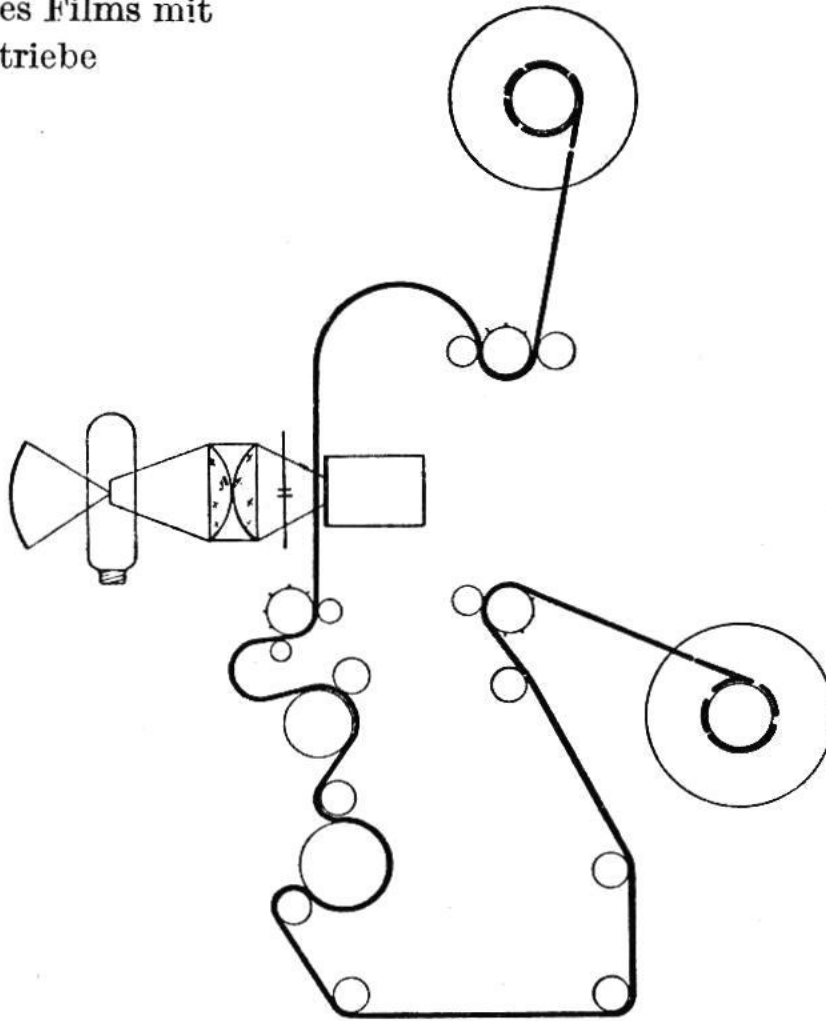
Strahlengang eines Filmprojektors

Sp = Rückspiegel; La = Glühlampe; Ko = Kondensator,  
Bf = Bildfenster (Filmebene); Ob = Projektionsobjektiv

An Stelle des Diapositivs treten beim Filmprojektor in rascher Folge die für die Projektion jeweils stillgesetzten Bilder mit den einzelnen Bewegungsphasen. Dem Projektorwerk fällt die Aufgabe zu, das Filmband diesen Erfordernissen gemäß zu transportieren. Der ruckweise Schaltvorgang wird dem Film durch Greifer oder Malteserkreuzgetriebe übermittlelt. Über die Dauer des Schaltvorgangs tritt eine sogenannte „Blende“ in den Lichtweg, die den Schaltvorgang selbst verdeckt und das Projektionslicht nur über die Dauer des Stillstandes der einzelnen Bilder freigibt. — Vor- und Nachwicklung des Films sorgen für gleichmäßige und schonende Zuführung und Ableitung des Bands. Ein Elektromotor dient zum Antrieb des Projektorwerks.

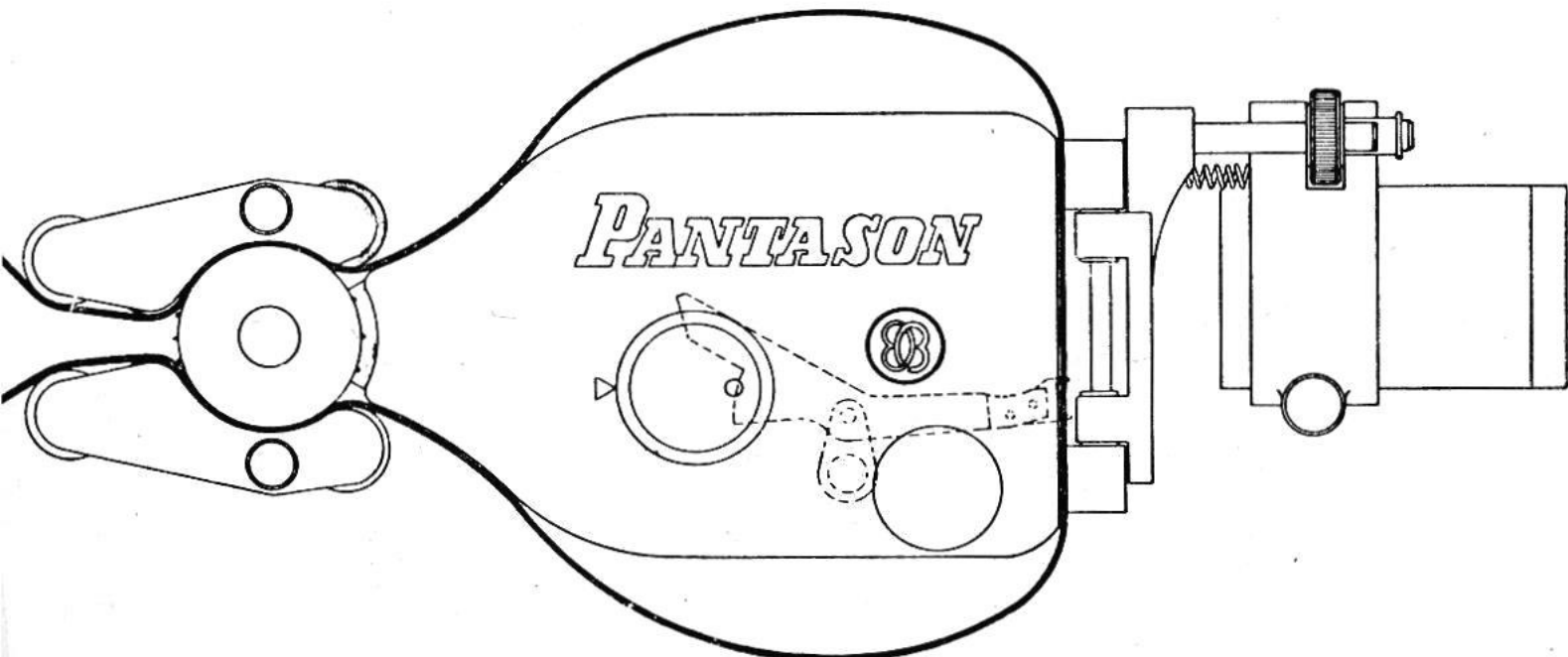
## Schmalfilmprojektor

Fortschaltung des Films mit  
Malteserkreuzgetriebe



## Filmprojektor

Fortschaltung des Films durch Greifer



# VI. Tonwiedergabe

Tongerät, Verstärker und Lautsprecher sind die wichtigsten Glieder für die Wiedergabe des Tons.

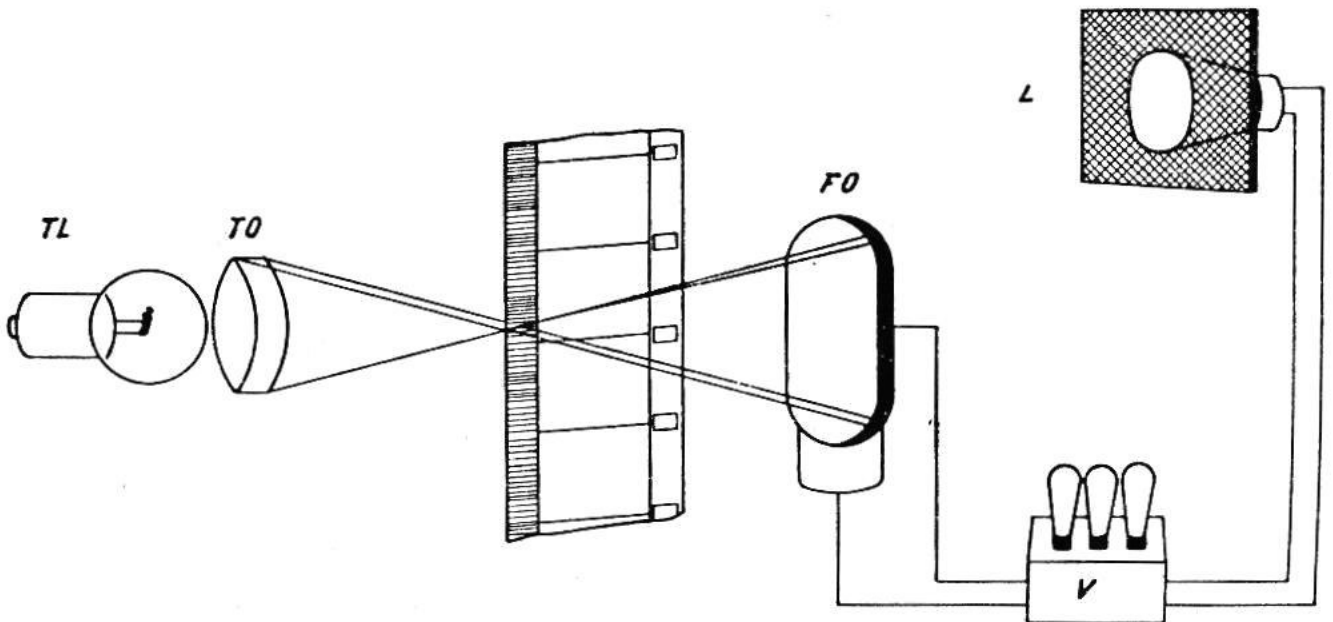
Beim 16-mm-Film ist das Tongerät gewöhnlich ein mit dem Projektor fest verbundener Bauteil des ganzen Geräts. Da der Film für die Projektion ruckweise transportiert werden muß und für die Tonwiedergabe ein absolut gleichmäßiger Ablauf des Tonträgers nötig ist, ist der einem bestimmten Bild zugeordnete Ton um ein unter den Herstellern verabredetes Maß vorversetzt. Für den Lichtton wurde dieses Maß beim 16-mm-Film auf ein Voreilen des Tons um 26 Bilder normiert. Bei Magnettonfilmen im 16-mm-Format beträgt der Abstand vom Bild zum zugehörigen voreilenden Ton 28 Bilder.

Die Tongeräte sämtlicher BAUER-Projektoren sind mit umlaufender Tonbahn ausgestattet, die durch das Filmband bewegt und durch eine Schwungmasse im Gleichlauf gehalten wird. Weitere Dämpfungsglieder in Gestalt von Lauf- und Beruhigungsrollen unterstützen die Wirkung der Tonbahn.

## Lichttonwiedergabe

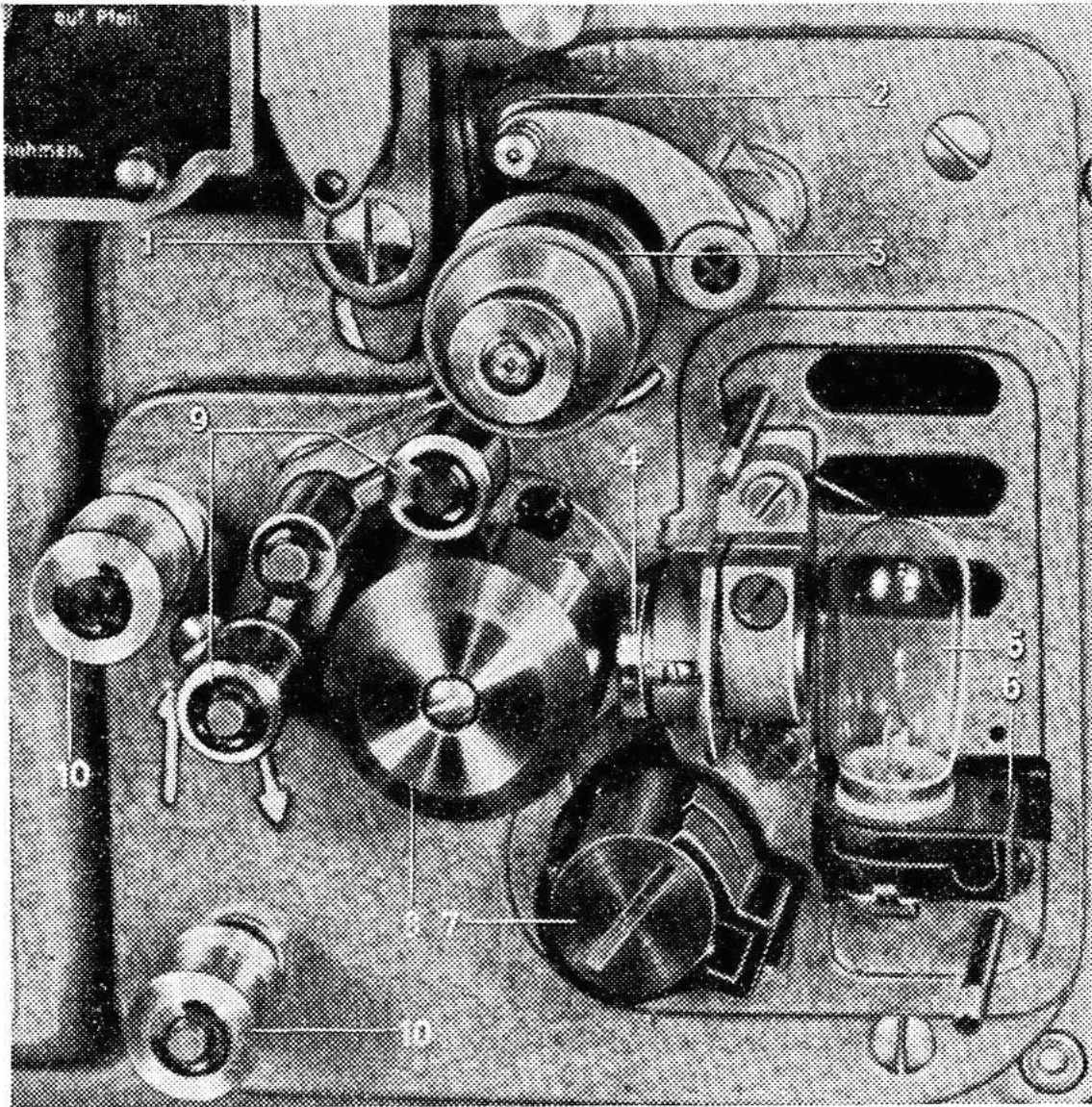
Im Lichttongerät des Schmalfilmprojektors wird die über die trommelförmige Tonbahn geführte Tonspur durch ein 1,8 mm breites und etwa  $\frac{1}{100}$  mm starkes Lichtbündel durchleuchtet. Als Lichtquelle dient eine mit Spezialsockel versehene und mit stabförmiger Wendel ausgestattete Lampe mit hoher Lichtintensität. Über einen mechanischen Spalt, eine Art Lichtschleuse, wird das Licht mit Hilfe eines Mikroobjektivs gebündelt und durch die Tonaufzeichnung hindurch in die Fotozelle geleitet.

Im Rhythmus der Aufzeichnung wechselt der Lichteinfall in die Fotozelle.



Lichttonwiedergabe 16 mm

TL = Tonlampe; TO = Tonoptik; FO = Fotozelle; V = Verstärker; L = Lautsprecher



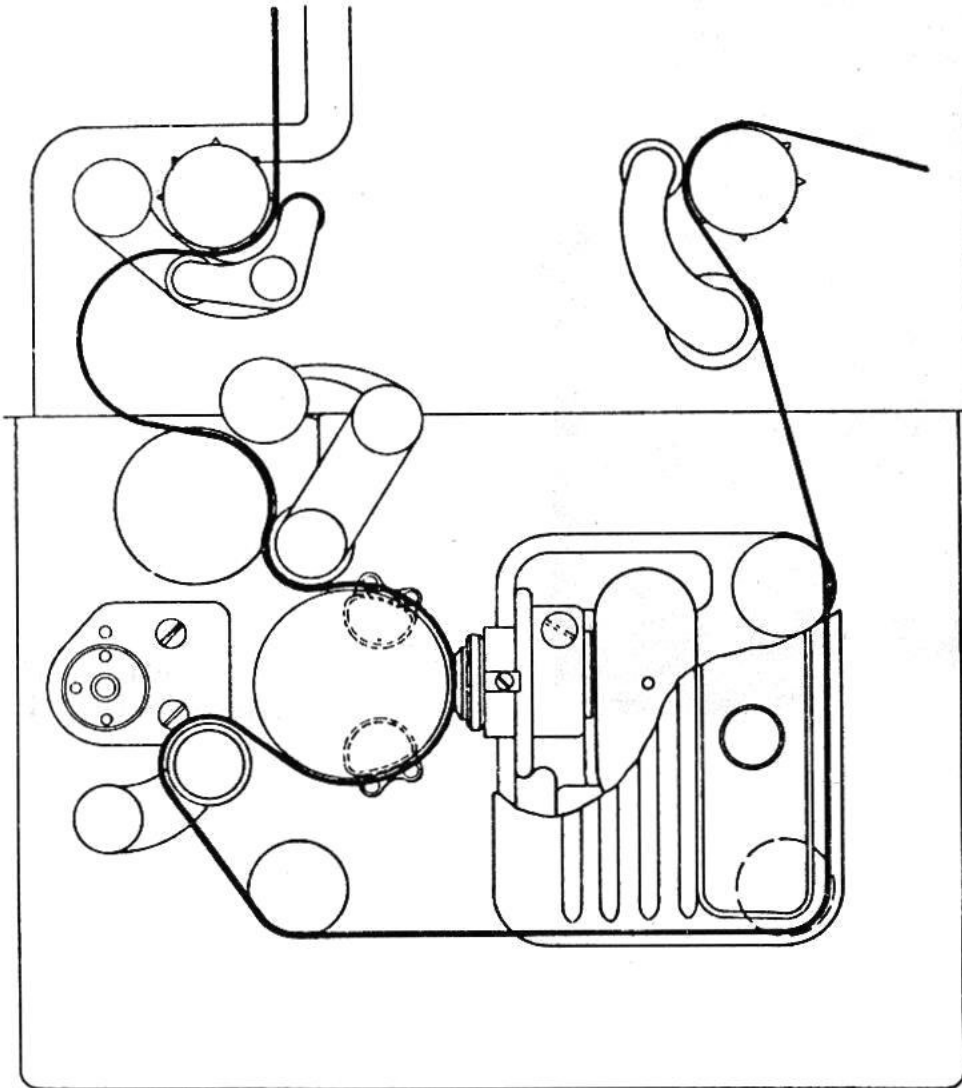
Lichttongerät (Pantason) mit abgenommenem Tonlampenhaus

- 1 = Halteschraube für Filmtüre und Objektivhalter
- 2 = Gummirolle
- 3 = Beruhigungsrolle
- 4 = Tonobjektiv
- 5 = Tonlampe
- 6 = Klemmschraube zum Feststellen der Tonlampe
- 7 = Fotozelle
- 8 = Umlaufende Tonbahn
- 9 = Doppelpendelhebel mit Laufrollen
- 10 = Laufrollen zur Filmführung

In der Fotozelle werden die Lichtschwankungen in elektrische Stromstöße umgesetzt, die im Verstärker verstärkt und dann dem Lautsprecher zugeleitet werden.

# Magnettonwiedergabe

Die Filmführung eines mit Magnetton versehenen Films entspricht genau der, die für den Lichttonfilm üblich ist. Die Tonabnahme geschieht durch einen schwenkbaren Magnetkopf, der sich im Hohlraum der umlaufenden Tonbahn befindet. Wird der Abnahmekopf so gegen die Peripherie der Tonbahn geschwenkt, daß die Magnettonspur über den Tonkopf gleitet, dann verursacht die im Rhythmus der Tonschwingungen magnetisierte Aufzeichnung Stromstöße in der Wicklung des Magnetkopfs. Diese Stromstöße werden verstärkt dem Lautsprecher zugeführt.

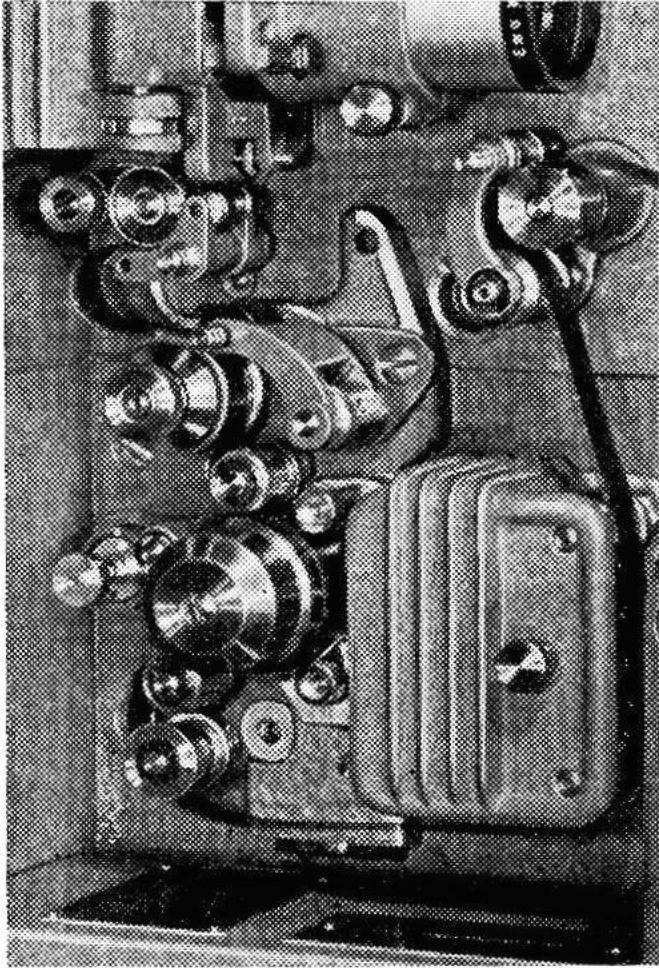


Licht- und Magnetongerät (Selecton II W)

Der Magnetton-Wiedergabekopf kann gleichzeitig auch zur Magnettonaufnahme dienen.

Ein zweiter, ebenfalls schwenkbarer Magnetkopf, der vom Verstärker her mit hochfrequentem Strom gespeist werden kann, dient zur Löschung der Magnettonaufnahme. Bei Wiedergabeeinrichtungen, die nicht gleichzeitig auch zur Magnettonaufnahme dienen sollen, kann auf den Löschkopf und die ihm zugeordneten Glieder im Verstärker verzichtet werden. Irrtümliches Löschen einer

Aufnahme ist dadurch unmöglich. Einfach zu handhabende, aber sinnreiche Schalter lassen aber auch bei Geräten für Aufnahme und Wiedergabe ein störungsfreies Arbeiten zu. Sie gestatten auch einen sofortigen Wechsel von Licht- auf Magnetton.



Licht- und Magnetongerät  
vom BAUER-Selecton II W

# VII. Der Schmalfilmprojektor

Im Filmwiedergabegerät sind mechanische, optische und elektrische Glieder sinnvoll und zweckentsprechend vereinigt. Wenn die an diese Einrichtung gestellten Forderungen ein Höchstmaß an Leistung im Zusammenwirken aller Glieder erzielen sollen, erscheint es nötig, für die einzelnen Filmformate besondere Geräte zu bauen. Die Ausmaße des 16-mm-Formats stellen beispielsweise in mechanischer und optischer Hinsicht erheblich andere Forderungen als das kleinere 8-mm-Format. Man unterscheidet die Geräte für die Wiedergabe von Filmen demzufolge nach 16-mm-Projektoren und 8-mm-Projektoren.

Auch die Art des optischen und mechanischen Aufbaus läßt eine Unterscheidung in zwei Gruppen zu. Geräte mit geradliniger und solche mit gebrochener Lichtführung. Vorteil der erstgenannten Gruppe ist die gegenüber der zweiten etwas höhere Lichtausbeute. Die zweite Gruppe gestattet bei einfacherer Konstruktion des Getriebes eine ebenfalls einfachere Handhabung, was insbesondere beim Filmeinlegen von Vorteil sein kann.

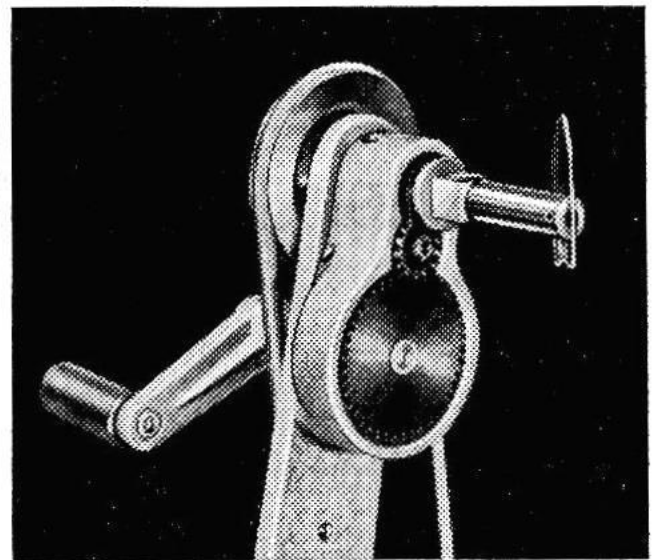
## Konstruktionselemente des Schmalfilmprojektors (16 mm)

### Spulenarm mit Abwickelachse

Die Abwickelachse dient zur Aufnahme des Films vor der Vorführung. Die Länge des Spulenarms ist mitbestimmend für die Größe der Filmspule. BAUER-Geräte sind für Spulen bis 600 m und teilweise für Spulen bis 1500 m Film eingerichtet.

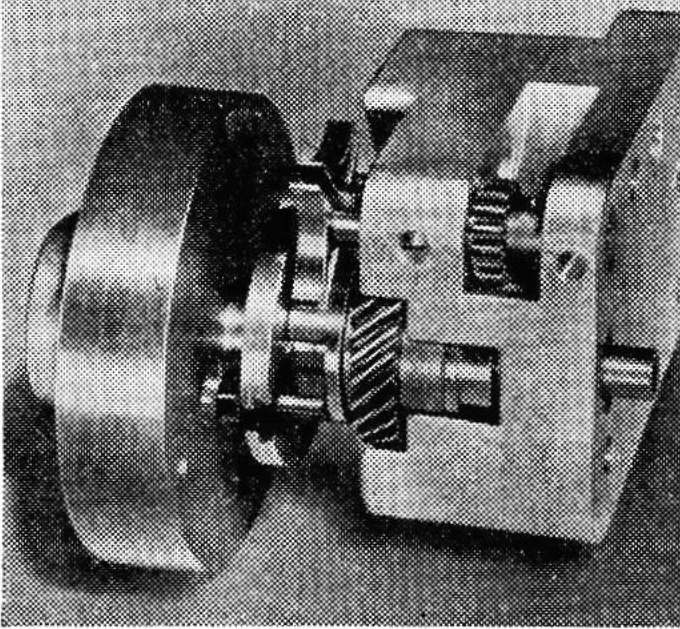
Die Spulenachse muß so ausgebildet sein, daß sowohl Spulen verwendet werden können, die mit durchgehendem Vierkantloch versehen sind, als Spulen, die einerseits Vierkant- und an der gegenüberliegenden Spulenwand Rundloch besitzen. Ein umschlagbarer Achsriegel hält die Spule auf der Achse fest. Besonders bei Spulen mit großem Fassungsvermögen ist eine möglichst einstellbare Achsbremse nützlich, die bei kleiner werdendem Rollendurchmesser das Nachlaufen des Films während der Vorführung verhindert.

Bei Spulenarmen, die nur Spulen bis 600 m zulassen, ist eine Rückwickelkurbel mit Zahnradübersetzung nützlich. Sie kann den besonderen Umroller ersparen. Motorische Rückwicklung erscheint nicht zweckmäßig, da sie häufig zu Filmschäden führt. Geräte, die Rücklauf besitzen, z. B. Pantason, müssen mit einer Antriebseinrichtung für die obere Spulenachse eingerichtet sein. Bei Vorlauf des Films muß dieser Antrieb selbsttätig außer Kraft treten. Für die Benützung zum Rückspulen des ganzen Films ist diese Einrichtung nicht gedacht.



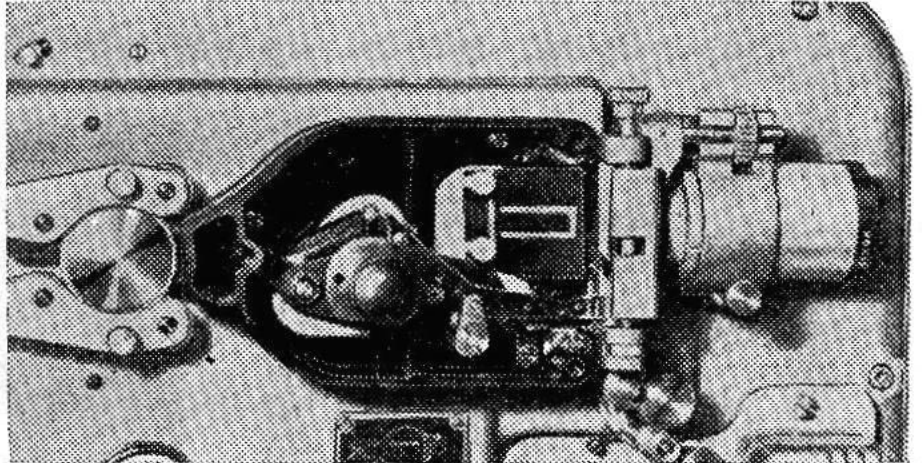
Oberer Spulenarm mit Rückwickelkurbel

# Schaltorgan



Für die Projektion der auf dem Film festgehaltenen Bewegungsphasen ist es nötig, Bild für Bild im Filmfenster stillzusetzen. Der ruckweise Transport des Filmbands wird bei der Normalfilmprojektion durchweg vom Malteserkreuzgetriebe, beim Schmalfilm durch Malteserkreuzgetriebe oder durch Greifer bewirkt.

Malteserkreuzgetriebe vom BAUER-Selecton II



Greifer vom BAUER-Pantason

## Das Malteserkreuzgetriebe

zeichnet sich (bei niedrigem Schaltverhältnis) durch besonders große Stabilität und hohe Filmschonung aus. Trotz der hohen Anforderungen an den Hersteller in Material und Verarbeitung ist es beim Betrieb äußerst robust und bedarf, wenn es im Ölbad läuft, auch bei strengem Betrieb keiner weiteren Wartung. Die ruckweise Drehbewegung der Kreuzachse wird dem Film durch eine Zahnrolle mitgeteilt, deren Zähne auch beim Stillstand des Films in die Perforationslöcher des Filmbands eingreifen.

## Der Greifer

dagegen greift vor jedem Schaltvorgang in die Perforationslöcher ein und wird zu Beginn des Filmstillstands aus den Löchern herausgezogen. Meist besitzt der Greifer zwei oder drei übereinanderliegende Zähne, die gleichzeitig in die Perforationslöcher eingreifen. Wegen der jedem Film eigenen Schrumpfung ist es unbedeutend, ob der Greifer mit 2 oder mit 3 Zähnen versehen ist. Eben die Filmschrumpfung bedingt es, daß fast in allen Fällen immer nur ein Zahn an einem Lochsteg des Bands zum Tragen kommt.

## Schaltverhältnis des Transportorgans

Setzt man die Zeit, die zum Fortschalten des einzelnen Filmbildchens benötigt wird, ins Verhältnis zu der Zeit, die dem Bild im Ganzen zur Verfügung steht, dann erhält man das Schaltverhältnis. Um eine hohe Lichtausbeute zu erzielen, möchte man bestrebt sein, den Schaltvorgang in sehr kurzer Zeit zu vollziehen, also das Schaltverhältnis recht groß zu machen. Je rascher der Schaltvorgang, desto stärker muß aber das Filmband im Filmkanal abgebremst werden, um einen guten Bildstand zu erzielen. Der Film wird aber um so mehr geschont, je schwächer der Druck ist, mit dem die Gleitkufen im Filmkanal auf den Film drücken. Für den verantwortungsbewußten Filmtechniker gilt es hier, den richtigen Mittelwert zu finden.

Für BAUER-Geräte ergeben sich folgende Daten:

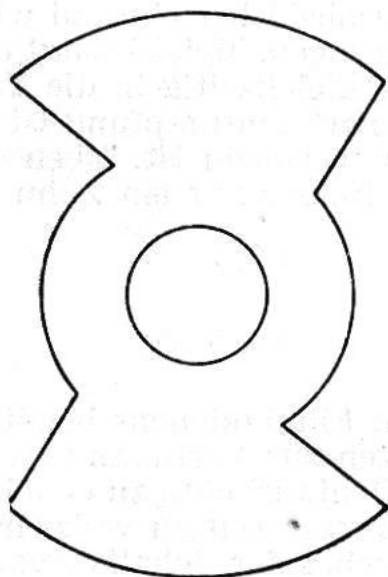
	Schaltverhältnis	Schaltorgan
Selecton II W u. -O	1 : 4	Malteserkreuz
Pantason	1 : 6,6	Greifer
Pantalux 8	1 : 6,9	Greifer

## Die Blende

hat die Aufgabe, die Projektion während des Schaltvorgangs zu unterbrechen. Die Größe des Dunkelsektors richtet sich daher nach der Drehzahl der Blendenachse und nach der Zeit, die für das Fortschalten des einzelnen Filmbildchens benötigt wird.

Dem sogenannten Arbeitsflügel der Blende wird meist ein zweiter, gelegentlich auch ein dritter Blendenflügel zugeordnet. Diese zusätzlichen Dunkelsektoren haben den Zweck, das Flimmern des Projektionsbilds zu verhindern. Sie unterbrechen während des Stillstands der Filmbilder den Lichtweg. Bei 24 Bildwechseln/sek. genügt eine Zweiflügelblende. Bei 16 Bildern/sek. ist eine Dreiflügelblende vorteilhafter. — Da Tonfilme immer mit 24 Bildern/sek. vorgeführt werden, besitzen Tonfilmprojektoren immer Zweiflügelblenden. Mit geringen Ausnahmen werden Stummfilme heute ebenfalls mit 24 Bildern/sek. aufgenommen, weshalb die Dreiflügelblende bei 16-mm-Projektoren heute kaum mehr verwendet wird. Die höhere Lichtausbeute rät zu dieser Beschränkung.

Bei Geräten mit Lampen hoher Lichtleistung ist es vorteilhaft, wenn sich die Blende zwischen der Lampe und dem Bildfenster befindet. — Man bezeichnet sie dann als „Hinterblende“ im Gegensatz zur sogenannten „Vorderblende“, die zwischen Filmfenster und Objektiv angebracht ist. — Als Hinterblende halten die Dunkelsektoren gleichzeitig mit dem Licht auch die Wärme vom Filmfenster und den Filmführungsteilen ab. Sie dienen so gleichzeitig als Wärmeschutz zur Schonung des Films.



Blende Selecton II

Die Form der Dunkelsektoren wird von der Lage der Blendenachse zum Bildfenster mit bestimmt. Zur Erzielung einer hohen Lichtausbeute müssen sie so geformt sein, daß sie auf kürzestem Weg, am besten also senkrecht von oben nach unten den ins Bildfenster fallenden Lichtstrahl schneiden.

Ein leichtes Schränken der Blendenflügel oder deren geradlinigen Kanten weist der Blende gleichzeitig in gewissem Maße die Aufgabe eines Ventilators zu.

## Filmfenster

Das Filmfenster gibt sozusagen den Rahmen für das einzelne projizierte Filmbild ab. Die durch Norm festgelegten Maße des Filmfensters sind:

Filmformat	Breite	Höhe
16 mm	9,2 mm	7,15 mm
8 mm	4,4 mm	3,3 mm

Die Filmfensterkanten müssen nahe an der Filmebene liegen, um eine möglichst scharfe Umgrenzung des Projektionsbilds zu erzielen. Der Film darf andererseits aber die Fensterkanten nicht berühren. Er würde so in Kürze verschrammen. Durch den von der Filmschonung her bedingten Abstand muß also eine gewisse Unschärfe des projizierten Bildrands insbesondere bei der Verwendung kurzbrennweitiger Objektive in Kauf genommen werden.

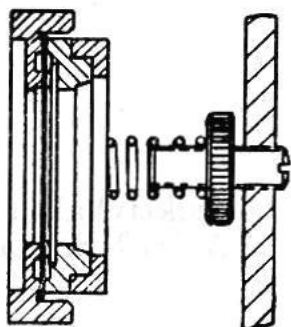
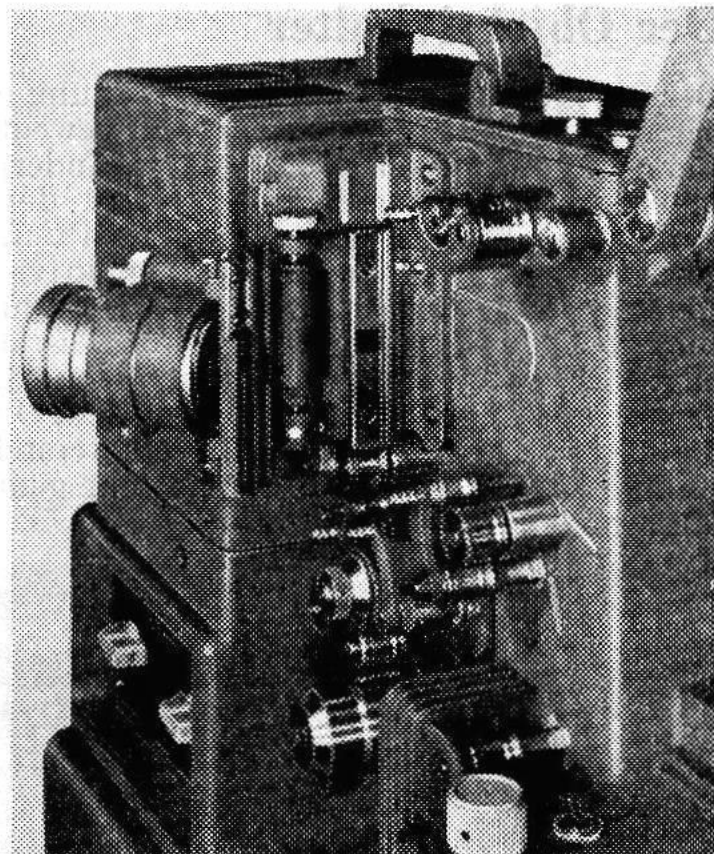
## Filmkanal- Filmtüre

Der Filmkanal dient zur Führung des Filmbands in der Nähe des Filmfensters. Er kann Träger des Filmfensters sein. Die feststehenden Teile der Filmführung müssen so ausgebildet sein, daß die Bild- und die Tonaufzeichnung im Film frei zu liegen kommen. Die Führung des Filmbands muß also durch schmale Kufen geschehen.

In ähnlicher Weise müssen die Führungsteile der Filmtüre gestaltet sein. Die beiden Kufenträger müssen federnd gegen den zwischengelegten Film drücken.

Filmführung Selecton II W bei offener Tür

Filmführung Selecton II W bei offener Tür



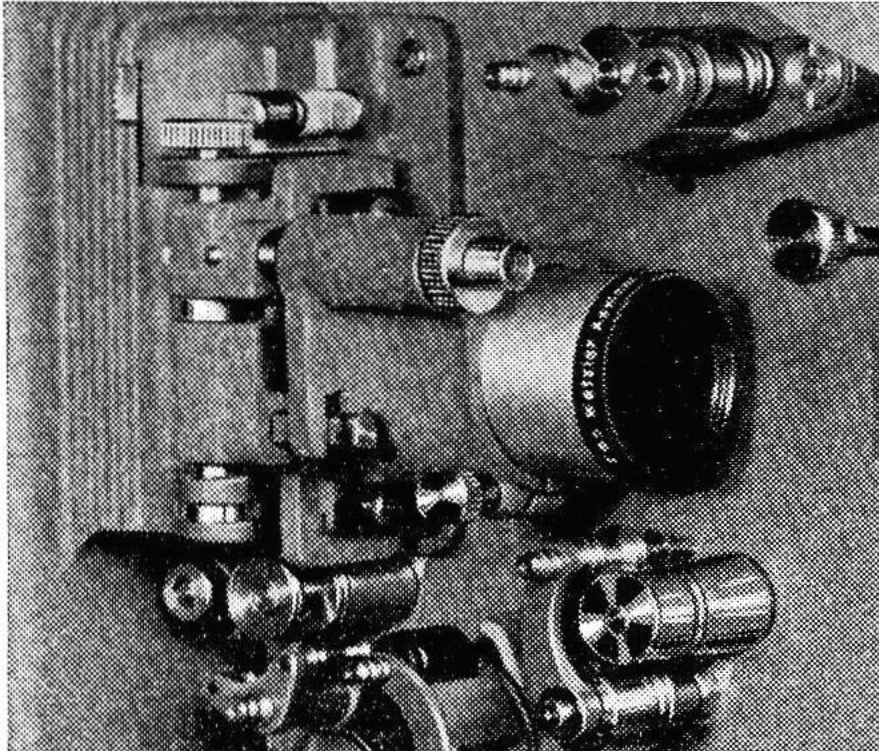
Schnittzeichnung durch Fenster-einsatz mit Film und Druckstück

Die Stärke des Drucks wird bestimmt durch die Geschwindigkeit des Schaltvorgangs (also durch das Schaltverhältnis!), sowie vom Material, von der Länge und der Form der Kufen. Das Maß des Drucks kann entweder im Herstellerwerk von vornherein und unveränderlich durch die Wahl entsprechender Federn festgelegt oder bewußt veränderlich sein. Zweck dieser Einrichtung ist es, das vom Schaltorgan mit hoher Geschwindigkeit bewegte Band beim Stillstand (also für die Projektion) so abzubremesen, daß die einzelnen Bildchen jeweils genau gleich zu stehen kommen. Schlechter, unregelmäßiger Bildstand würde zu einer springenden Bilderfolge führen. Ursache dafür kann zu schwaches Andrücken der Kufenfedern sein. Zu starker Kufendruck kann dagegen zum Ausreißen der Perforation, also zu Filmschäden führen.

Für die Sauberhaltung von Fenster und Kufen ist es von Vorteil, wenn sich die Filmtüre des Projektors weit öffnen läßt.

## Der Objektivhalter

Der Objektivhalter dient zur Befestigung des Objektivs. Er kann freistehend mit dem Gerätegehäuse oder mit der beweglichen Filmtüre verbunden sein. Bei Geräten, die beispielsweise als Wandergeräte beim Transport starken Erschütterungen ausgesetzt sind, wird der Objektivkörper zweckmäßigerweise durch eine Klemmschraube festgehalten. Dadurch ist er gegen Herausfallen geschützt. Die Befestigung des Objektivs muß allerdings so sein, daß die Einstellung der Bildscharfe, also eine Verschiebung des Objektivs in beiden Richtungen der optischen Achse gewährleistet ist. Für die Scharfstellung bedient man sich entweder sogenannter Schnurgewinde, die in die Objektivfassung eingeschnitten sind, oder einer auf dem Objektivkörper montierten Zahnstange, die mittels Zahntrieb eine Objektivverstellung erlaubt. Besonders hochwertige Geräte für den 16-mm-Film sind zur genauen Einstellung der Bildscharfe mit Mikrometerschraube ausgestattet.



Objektivhalter am  
BAUER-Selecton II

Bei Geräten hoher Leistung wird die Vielseitigkeit der Verwendung erhöht, wenn Objektive mit verschiedenen Brennweiten zur Verfügung stehen und ein rascher Objektivwechsel möglich ist.

## Eine Lichtabdeckklappe

ist dann angezeigt, wenn theatermäßige Vorführungen angestrebt sind. Eine von Hand betätigte Klappe oder ein Schieber erlaubt es, das Projektionslicht erst dann auf den Film zu geben, wenn der dem titel- und bildtragenden Band vorgeklebte Vorspann das Filmfenster passiert hat. In ähnlicher Weise kann das Licht am Ende des Films weggenommen werden, ehe der das Filmband beschließende Blankfilm ins Filmfenster kommt.

Bei Geräten mit sehr hoher Lichtintensität (z. B. 750-W-Glühlampe oder Bogenlampe) ist außerdem eine automatisch betätigte Lichtabschlußklappe nützlich, die bei stehendem Laufwerk in den Lichtweg tritt und dabei das Band gegen zu starke Erwärmung schützt.

## **Bildverstellung**

Um das Filmbild richtig zwischen die waagrechten Filmfensterkanten des Projektors zu stellen, ist je nach Lage der Perforationslöcher zum sogenannten Bildstrich (also der Trennungslinie zwischen zwei übereinander befindlichen Filmbildchen) die Möglichkeit einer kleinen Verschiebung des Films gegenüber dem Bildfenster oder des Bildfensters gegenüber dem Film vorzusehen. Dabei ist es ungünstig, wenn sich bei der Bildverstellung Höhenverschiebungen für das Projektionsbild auf der Bildwand ergeben. Alle BAUER-Projektoren sind daher so eingerichtet, daß auch bei starken Abweichungen zwischen Bildstrich und Lage der Perforationslöcher keine Verschiebungen des Bilds auf der Bildwand auftreten.

## **Vor- und Nachwickelrolle**

Im Filmkanal am Filmfenster muß der Film ruckweise transportiert werden. Aus Gründen der Filmschonung und um einen einwandfreien Bildstand zu erzielen, ist es aber notwendig, das Band mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von der Vorratsspule abzuziehen und — nach dem Schaltvorgang — der Aufwickelspule zuzuleiten.

Den gleichmäßigen Nachschub des Bands vor dem Eintritt in den Bildkanal besorgt die Vorwickelrolle. Bei Stummfilmgeräten unmittelbar nach der ruckweisen Fortschaltung, bei Tonfilmprojektoren nach dem Durchlauf des Bands durch das Tongerät, leitet die Nachwickelrolle den Film der Aufwickelspule zu. Geräte mit gebrochener Lichtführung gestatten es, für Vor- und Nachwicklung eine gemeinsame Rolle vorzusehen.

Die meist auch bei Stummfilmapparaten mit einem einseitigen Zahnkranz versehenen Rollen sollen vom Film möglichst weit umschlungen werden. Andruckrollen oder Andruckstücke, die beim Filmeinlegen abgehoben werden können, sorgen dafür, daß das Band bis zum Grund in den Zähnen liegt. Ein mechanischer Druck der Andruckrollen soll dabei auf den Film nicht ausgeübt werden. Abgenützte und durch die Abnutzung verformte Zähne können zu Schäden an der Filmperforation führen. Zu große oder zu kleine Filmschleifen vor und nach dem Filmkanal können die Abnutzung der Zähne beschleunigen. Der durch die Schleifen geschaffene Ausgleichsvorrat zwischen ruckweisem und kontinuierlichem Filmtransport soll so groß sein, daß die Filmschleife nicht schlappert, daß das Filmband also beim Ablauf nicht in Eigenschwingungen gerät. Andererseits dürfen die Schleifen nicht so klein sein, daß sie während der einzelnen Schaltvorgänge weggezogen werden.

## **Das Tongerät**

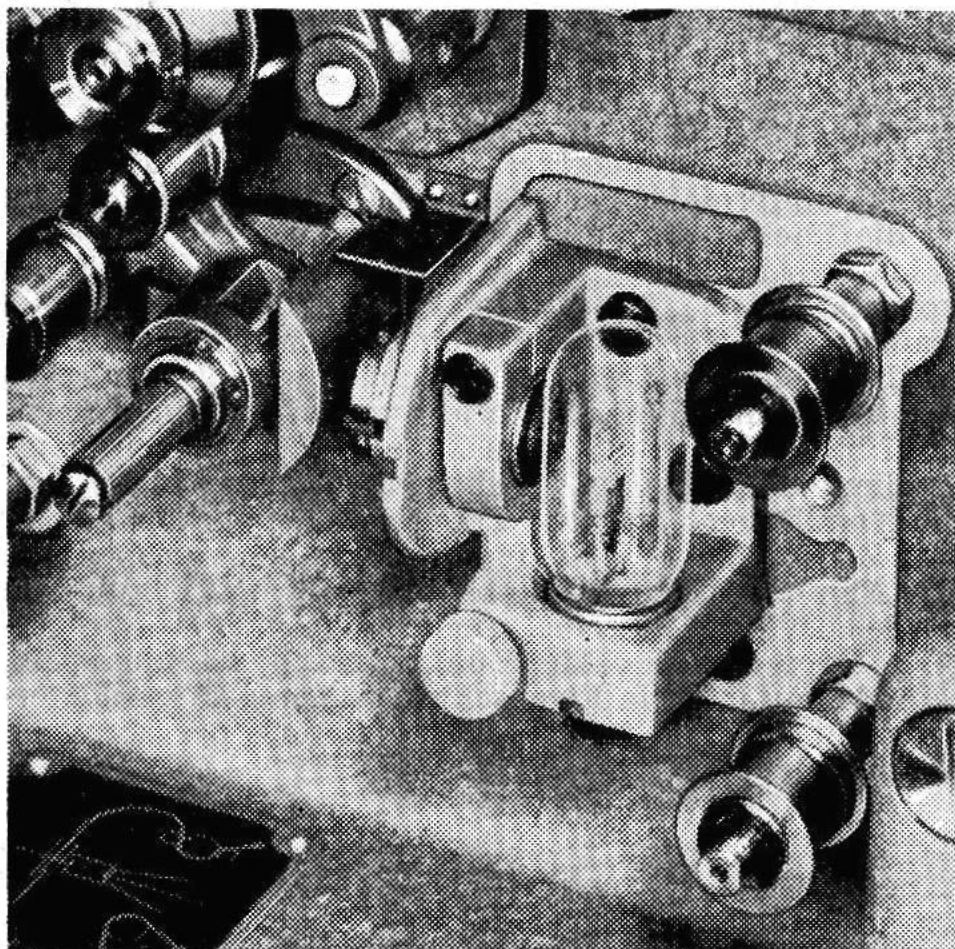
besteht, wie bereits kurz aufgezeigt, aus mechanischen, optischen und elektrischen Teilen. Die mechanischen und optischen Teile müssen mit großer Genauigkeit gearbeitet und justiert sein, um ein Höchstmaß an Tongüte zu erzielen.

Hohe Anforderungen werden an den Rundlauf der rotierenden Tonbahn gestellt. Eine gut ausgewuchtete große Schwungmasse auf der Achse der Tonbahn muß die Gleichmäßigkeit der Drehung garantieren, die der Tonbahn durch sattes Aufliegen des Filmbands beim Ablauf vermittelt wird. Ein großer Umschlingungswinkel begünstigt die gute Mitnahme. Federnd oder auf Schwinghebeln gelagerte Rollen wirken mit, den Film beim Weg durch das Tongerät zum Gleichlauf zu zwingen.

Schwankungen im Ton (sogenanntes Jaulen) können eine unrundlaufende oder schlecht ausgewuchtete — oder aber verschmutzte — Tonbahn oder nicht mitlaufende und dadurch abgenützte Beruhigungsrollen zur Ursache haben. (Siehe Fehler und ihre Behebung!) Das Filmband muß so über die Tonbahn geführt werden, daß die Lichttonspur über die Trommelkante herausragt. An einer durch Norm festgelegten Stelle, nämlich 26 Bilder vor dem zugehörigen Filmbildchen, muß das aus der Tonoptik kommende Lichtbündel die überstehende Tonspur durchsetzen.

## Die Tonlampe

ist eine Niedervoltlampe (6 V, 5 A). Sie besitzt eine quer zum Film liegende Stabwendel hoher Leuchtintensität. Die Lichtausbeute ist von der Justierung der Lampe in starkem Maße abhängig. Eine schlechte Justierung beeinträchtigt die erzielbare Lautstärke. BAUER-Tonlampen werden in besonders konstruierten Einstellgeräten mit Justiersockeln versehen, so daß sie rasch und ohne Hilfsmittel in den Lampenhalter des Tongeräts eingesetzt werden können.



Tonlampenhalter  
BAUER-Selecton  
II W mit eingesetzter  
Tonlampe

## Die Tonoptik

ist bei Montage und Prüfung des Geräts ebenfalls auf beste Wiedergabequalität in Lautstärke und Tonreinheit eingestellt. Besondere hochempfindliche und untrügliche Meßwerkzeuge stehen dabei zur Verfügung. Die zum Einstellen und Festhalten der Tonoptik dienenden Schrauben werden nach der letzten Prüfung der Einrichtung im Werk plombiert. Ein Verletzen der Plomben bzw. der Versuch, die Einstellung zu verändern, ist nicht ratsam. Veränderungen an der Einstellung dürften immer eine Verschlechterung der Tonwiedergabe zur Folge haben.

## Ein Umlenkspiegel

der im Hohlraum der rotierenden Tonbahn sitzt, sorgt für die Weiterleitung des von den Schwärzungen der Tonspur beeinflussten Strahlenbündels zur Fotozelle.

## Die Fotozelle

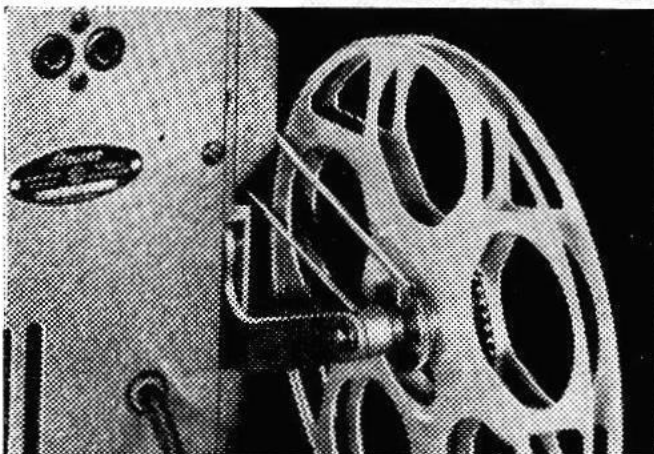
von BAUER-Schmalfilmgeräten ist in einem röhrenförmigen Metallgehäuse untergebracht, das gleichzeitig eine Art Steckfassung darstellt. Durch dieses Gehäuse ist der Glaskolben gegen Stoß und der Zellenbelag gegen störenden Lichteinfall geschützt. Die für den Betrieb nötige Saugspannung (Gleichstrom etwa 130 V) erhält die Zelle über das Fotozellenkabel aus dem Verstärker. Die Betriebsdauer der Fotozelle beträgt viele hundert Betriebsstunden. Allerdings ist sie, auch wenn sie nicht benützt wird, einer gewissen Alterung unterworfen, die sich in einem allmählichen Nachlassen ihres Wirkungsgrads ausdrückt. Ein plötzlicher Ausfall ist nicht zu befürchten.

## Filmaufwicklung

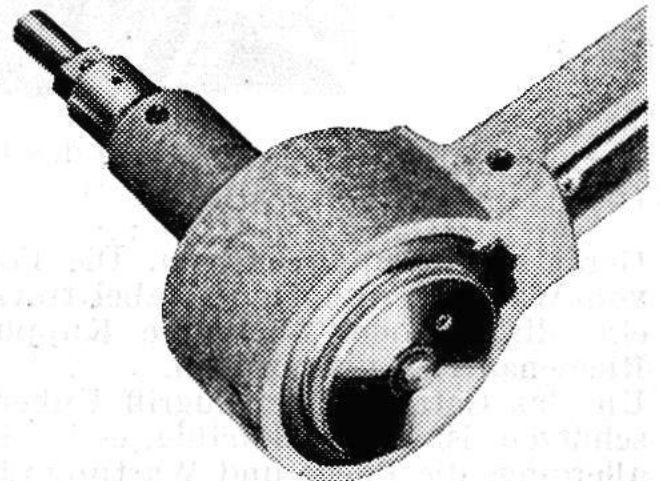
Der wachsende Durchmesser der Aufwickelspule macht es nötig, der Aufwicklung des Bands hauptsächlich bei großen Spulendurchmessern besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die Aufwicklung des Films darf nicht durch starren, sondern muß durch gleitend reibenden Antrieb erfolgen.

Bei Geräten, deren Spulenarme nur für Spulen kleineren Ausmaßes (beispielsweise 120 m) eingerichtet sind, kann dieser Antrieb durch eine sogenannte Peese erfolgen, eine Schraubenfeder also, die nach Art eines Treibriemens auf Peesenscheiben aufgelegt wird. Durch Gleiten der Peesen in den Rillen der Scheiben wird eine gleitende Mitnahme der Spule bewirkt.

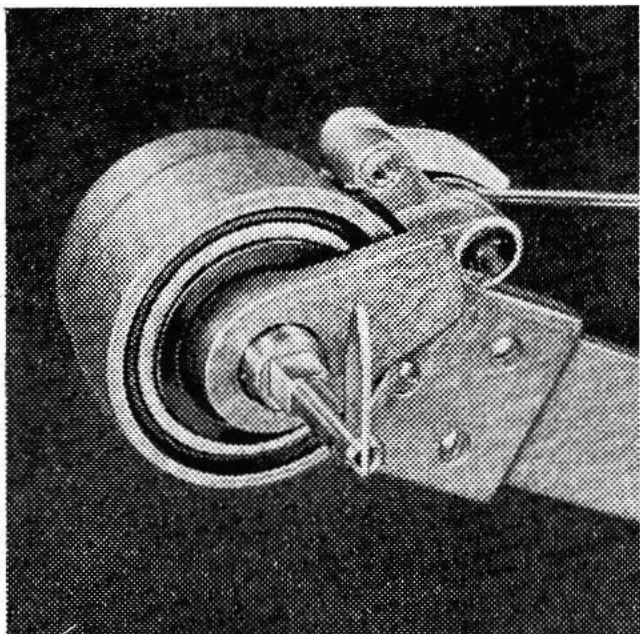
Bei größeren Spulendurchmessern ist eine besondere Reibungskupplung an der Antriebsseite der Spulennachse vorteilhafter. Durch Nachstellen des Federdrucks ist es möglich, den Grad der Mitnahme einzustellen.



Aufwicklung durch Peese  
beim Pantalux 8



Friktion beim Selecton 600 m  
(ältere Ausführung)

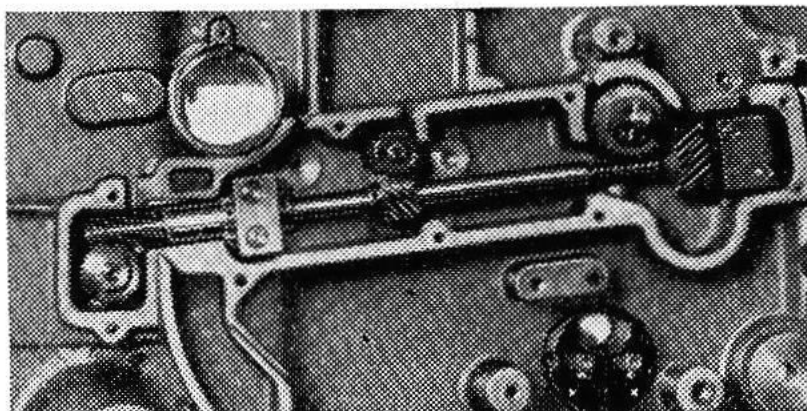


In der „lastabhängigen Friktion“ ist dem zunehmenden Gewicht von Aufwickelspule und aufgewickeltem Film selbst die Aufgabe der Antriebsregulierung für jeden Rollendurchmesser übertragen. Bei Geräten mit dieser Einrichtung ist auch an dieser Stelle eine besonders hohe Schonung des Filmbands gewährleistet. BAUER-Geräte, die mit großen Spulen für 600 m und 1500 m arbeiten (Selecton II und Pantason) sind aus diesen Gründen mit lastabhängiger Aufwickelfriktion ausgestattet.

Lastabhängige Aufwickelfriktion beim Pantason

## Das Getriebe des Projektors

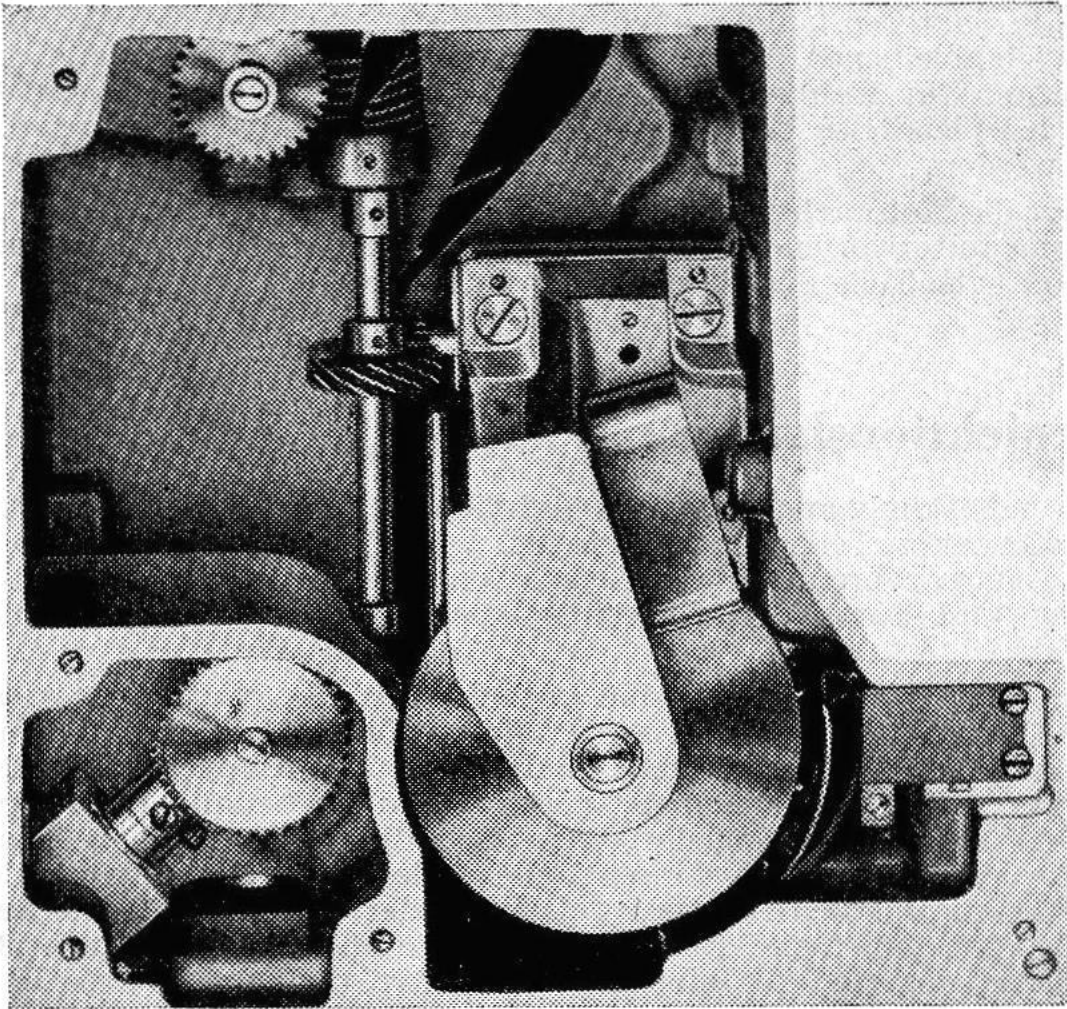
Schaltorgan, Blende, Vor- und Nachwickelrolle, Lüfter und Aufwicklung sind die wesentlichsten Teile, die eines Antriebs bedürfen. Riemen, Peesen, Ketten, Zahnrad- und Schneckenübertragungen sind die auch sonst in der Feinmechanik üblichen Glieder der Kraftübertragung zwischen Achsen und Wellen. Je mehr es dem Konstrukteur gelingt, sich in der Zahl der Übertragungsglieder zu beschränken und je stabiler die Übertragungsmittel sind, um so weniger wird ein



Getriebe des BAUER-Selecton II

Gerät zu Störungen neigen. Die Forderung nach leichter Transportfähigkeit von Wandergeräten muß dabei trotzdem erfüllt werden. So ist beispielsweise eine direkte oder über eine Kupplung hergestellte Wellenübertragung dem Riemenantrieb vorzuziehen.

Um das Getriebe dem Zugriff Unberufener zu entziehen und es vor Staub zu schützen, ist es zweckmäßig, es in ein Gehäuse einzubauen. Das Gehäuse darf allerdings die Pflege und Wartung nicht behindern. Es kann für einen Teil des



Getriebe des BAUER-Selecton II

Getriebes als Ölbehälter dienen. Dadurch erleichtert es die Pflege. Je kleiner die Anzahl der Ölstellen ist, desto sicherer ist Gewähr dafür gegeben, daß keine Ölstelle vergessen wird. Das Getriebegehäuse kann weithin als Träger für die mechanischen, optischen und elektrischen Teile des Geräts dienen.

## Der Antrieb

Den Antrieb leistungsfähiger Schmalfilmprojektoren besorgt ein Elektromotor. Aus den oben geschilderten Gründen ist dabei dem Flanschmotor vor dem mit Riemenübertragung versehenen der Vorzug zu geben.

Transportable Geräte, die nur zur Vorführung von Tonfilmen dienen, sind entweder mit robusten Einphasen-Asynchronmotoren oder mit Hauptstrommotoren ausgerüstet, deren Drehzahl durch Fliehkraftregler elektrisch geregelt wird. Fliehkraftregler können auch so eingerichtet sein, daß z. B. wahlweise mit 16 oder mit 24 Bildern/sek. vorgeführt wird. Sind Vorführungen mit beliebig einstellbarer Bildgeschwindigkeit erwünscht, dann ist es nötig den Projektor mit einem durch Regulierwiderstand regelbaren Hauptstrommotor anzutreiben. — Geräte mit Rücklauf besitzen meist Hauptstrommotoren, deren Verbindungen zwischen Anker und Feld durch einen Schalter gegeneinander umgepolt werden können.

Ortsfeste Projektoren können auch mit Drehstrommotoren der üblichen Bauart für eine gleichbleibende Bildgeschwindigkeit oder mit polumschaltbaren Drehstrommotoren für wahlweise 16 und 24 Bilder/sek. oder für ganz besondere Fälle — beispielsweise bei Fernsehprojektoren — mit Synchronmotoren ausgerüstet werden.

Meist trägt die Motorachse zugleich einen Lüfter, dessen Aufgabe es ist, die einer Erwärmung unterworfenen Teile, insbesondere also Projektionslampe, Widerstände und evtl. Teile der Filmführung zu kühlen.

## Die Projektionslampe

Um die wendelförmig angeordneten Glühfäden möglichst nahe an die der Lichtführung dienenden Teile heranzubringen, wird die Schmalfilmlampe heute zu meist mit einem röhrenförmigen Glaskolben versehen. Die günstigste Lampeneinstellung wird durch den Kinoeinstellsockel — eine bajonettähnliche Fassung — erleichtert.

Lampen bis 375 Watt besitzen eine Leuchtfläche, die durch mehrere senkrecht stehende Wendelstäbe gebildet wird, die gewöhnlich in einer Ebene stehen. Lampen mit 500 Watt und mehr sind sogenannte Doppelwendellampen, bestehend aus zwei Wendelflächen, deren Wendelstäbe auf Lücke zueinander stehen. Bei beiden Lampengruppen müssen die Wendelflächen beim Betrieb des Geräts parallel zu den Linsenflächen oder zum Fassungsrand des Kondensators stehen. Die Bedienungsanweisungen der einzelnen Geräte geben Aufschluß über die günstigste Einstellung der Lampen. Bei Ersatzbeschaffungen ist darauf zu achten, daß hinsichtlich Bauart und elektrischen Daten eine Lampe verwendet wird, die genau der ursprünglich dem Gerät beigegebenen Lampe entspricht. Aufschluß über die elektrischen Daten gibt ein Aufdruck auf dem Glaskolben oder am Sockel.

Dabei sind folgende Merkmale wichtig:

1. Leistung (Watt), Betriebsspannung (Volt) oder Betriebsstrom (Ampere);
2. Kolben- und Sockelform;
3. Höhe der Wendel über dem Sockel;
4. Einfach- oder Doppelwendel;
5. Wendel in Kolbenmitte oder aus der Mitte versetzt — und wenn versetzt, wieviel.

Um vorzeitige Lampenschäden zu vermeiden, muß insbesondere auch diesem letzten Punkt Aufmerksamkeit geschenkt werden.

In kaltem Zustand, also etwa beim Transport, ist die Projektionsglühlampe äußerst widerstandsfähig. Es ist daher überflüssig, Lampen beim Transportieren des Projektors aus ihrer Fassung herauszunehmen. Herausgenommen können sie viel eher Schaden erleiden als im Schutz des Geräts. Im Betriebszustand, d. h. wenn die Lampe glüht, ist sie gegen mechanische Erschütterungen, also etwa Stoßen und ruckartiges Schieben des Geräts sehr empfindlich. Beim Ausrichten des Projektors auf die Projektionswand muß darauf Rücksicht genommen werden.

## Kondensor und Lampenspiegel

haben die Aufgabe, einen möglichst hohen Anteil des in der Lampe erzeugten Lichts für die Projektion nutzbar zu machen. Von ihrer richtigen Einstellung und von ihrer Sauberkeit hängt die Güte des Projektionsbilds in hohem Maße ab. (Siehe die den Geräten beigegebenen Bedienungsanleitungen!)

Bei etwaigen Ersatzbeschaffungen ist darauf zu achten, daß der neue Teil in seinen Abmessungen dem früheren entspricht. Beim Einsetzen von Linsen und Spiegeln dürfen die Glasteile nicht in die Fassungen eingezwängt werden. Damit sie sich beim Erwärmen etwas ausdehnen können, dürfen sie nicht in der Fassung klemmen. (Siehe auch Abschnitt „Lichttechnik“!)

## Umlenkspiegel für die Projektionsbeleuchtung

sind zur Erzielung einer gebrochenen Lichtführung nötig (Beispiel: Pantason, Pantalux 8). Es sind Planspiegel mit Rückversilberung, deren Glas wie das von Kondensor und Lampenspiegel hitzebeständig sein muß. Unsaubere Umlenkspiegel bringen Lichtverluste. Ihre Wartung beschränkt sich auf Sauberhaltung.

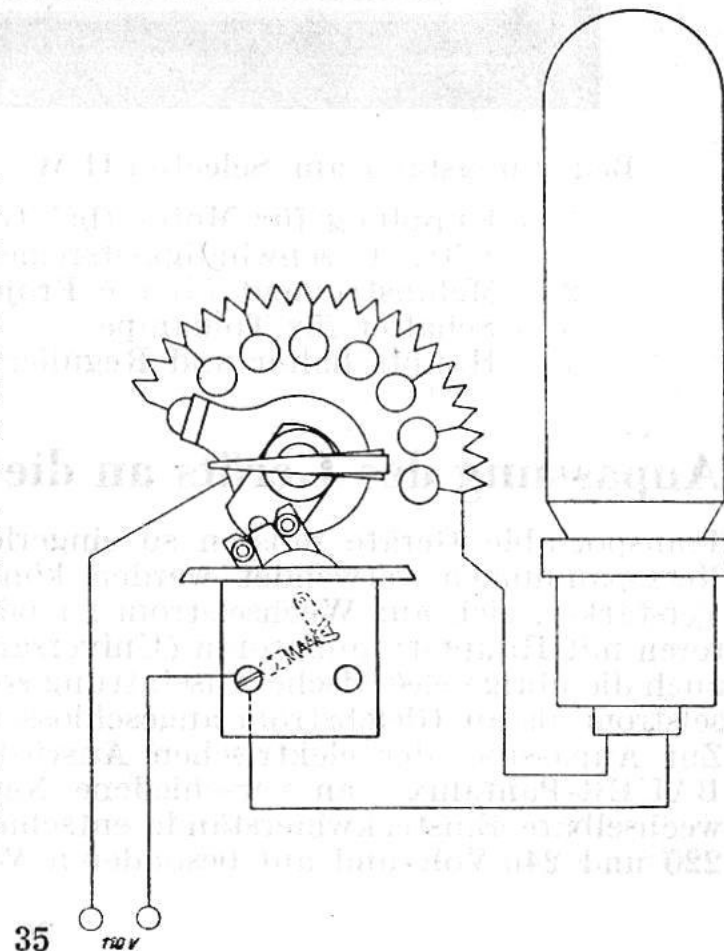
## Lampenstromregulierung

Die Mehrzahl der für Schmalfilmgeräte benützten Projektionsglühlampen ist gegen Überlastung empfindlich. Um bei möglicher Schonung die höchstmögliche Lichtleistung zu erzielen, werden diesen Lampen Regulierwiderstände vorgeschaltet. Bei gleichzeitiger Beobachtung eines Kontrollinstrumentes — je nach der vorgeschriebenen Lampentype ist es ein Voltmeter oder ein Amperemeter — kann der Widerstand mittels Drehknopf soweit herausgedreht werden, bis die Lampe das auf der Instrumentenskala markierte Höchstmaß an Spannung bzw. Strom erhält. (Siehe auch „Lichttechnik“!)

## Schaltersperre

Um die Lampe vor dem Einschaltstromstoß zu schützen, ist der Regulierwiderstand häufig auch so eingerichtet, daß er nur dann das Einschalten der Lampe erlaubt, wenn die Widerstandswicklung in vollem Maße im Lampenstromkreis liegt. Vor dem Einlegen des Lampenschalters muß dann der Regelwiderstand in die Stellung zurückgedreht werden, die die geringste Lampenbelastung gewährleistet. Den gleichen Zweck erfüllt eine Anordnung, die etwa

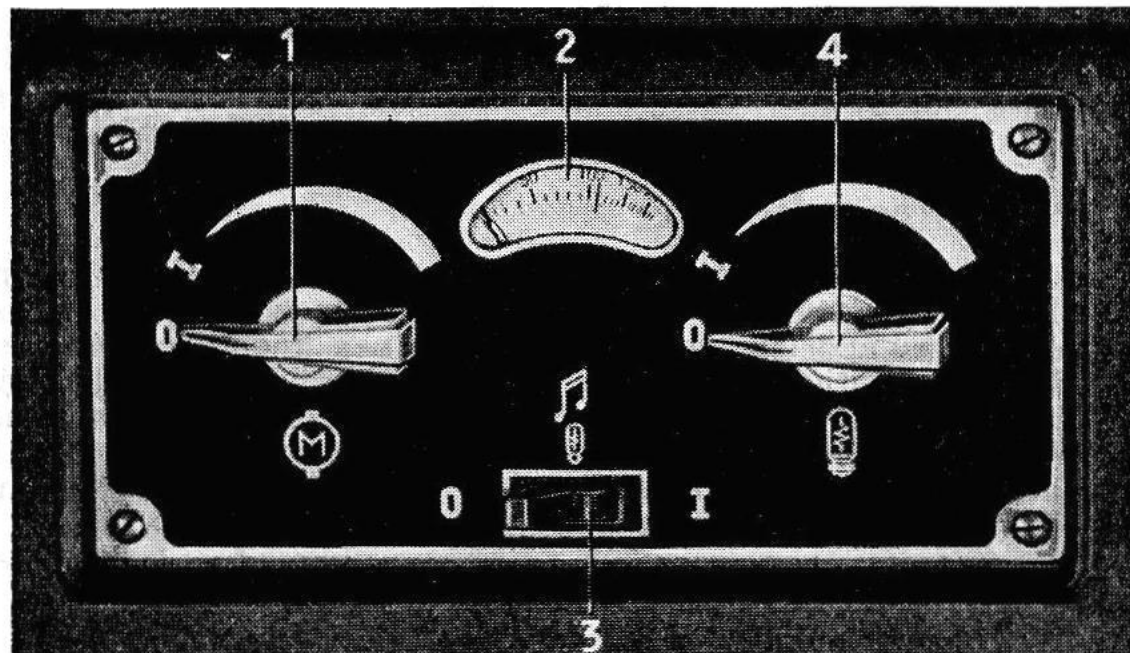
Schema: Regelwiderstand und Hauptschalter Selecton II W; mit dem gleichen Drehgriff werden Schalter und Widerstand betätigt.



beim ersten Schritt des Drehknopfs den Lampenstrom einschaltet und beim Weiterdrehen durch allmähliches Herausnehmen des Regelwiderstands der Lampe mehr und mehr Strom gibt. Beim Ausschalten der Lampe muß dann zwangsweise der Widerstand wieder voll eingeschaltet werden.

## Anordnung der Schalter und Bedienungsgriffe

Für die einfache Handhabung des Geräts ist es zweckmäßig, möglichst alle Bedienungsgriffe und Schalter an einer leicht zugänglichen Stelle des Geräts, unter Umständen auf eine Schalttafel, zusammenzuziehen. Aufschluß über die Funktion der Schalter und Griffe geben Aufschriften oder symbolische Zeichen, die international verständlich sind.



Bedienungstafel am Selecton II W:

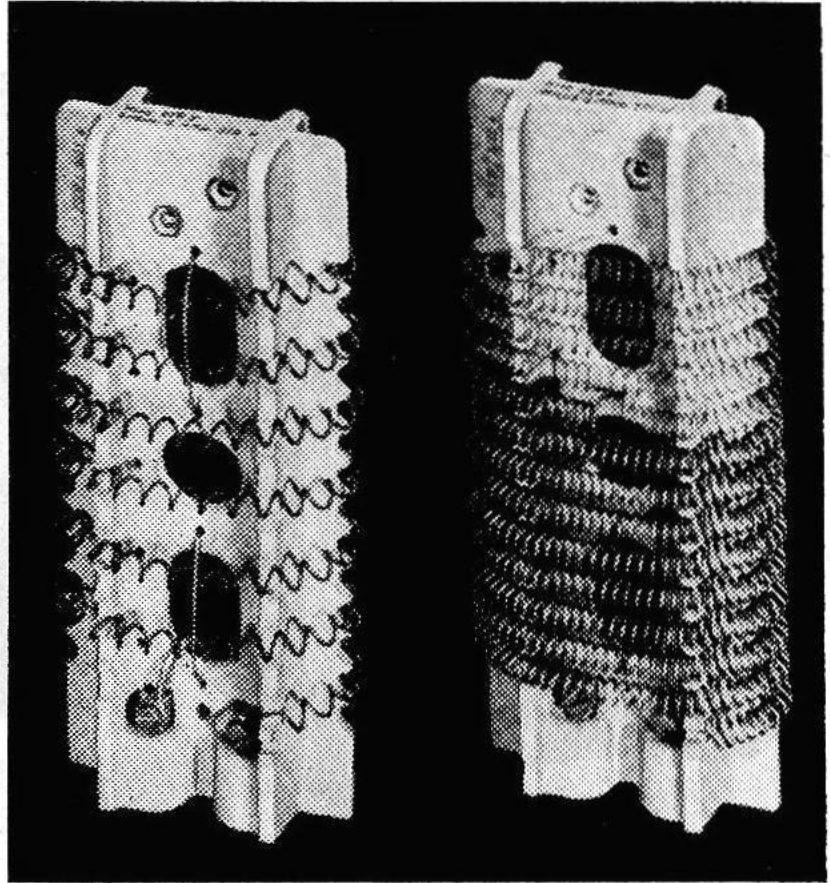
- 1 = Kupplung für Motor (bei Geräten mit Hauptstrommotor gleichzeitig Geschwindigkeitsregler)
- 2 = Meßinstrument für die Projektionslampe
- 3 = Schalter für Tonlampe
- 4 = Hauptschalter und Regulierung für Projektionslampe

## Anpassung des Geräts an die Netzspannung

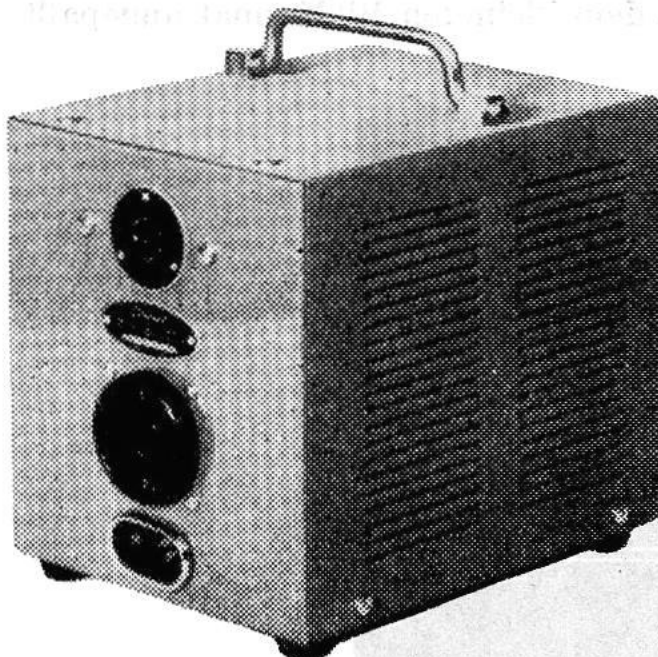
Transportable Geräte müssen so eingerichtet sein, daß sie bei den üblichen Netzspannungen verwendet werden können. Bei Tonfilmgeräten zwingt der Verstärker, sich auf Wechselstrom zu beschränken. Soweit Stummfilmprojektoren mit Hauptstrommotoren (Universalmotoren) ausgestattet sind, wird man auch die übrige elektrische Ausstattung so einrichten, daß sie sowohl an Wechselstrom als an Gleichstrom angeschlossen werden können.

Zur Anpassung der elektrischen Ausrüstung des BAUER-Pantason und des BAUER-Pantalux 8 an verschiedene Netzspannungen hat man sich für austauschbare Einsteckwiderstände entschieden. Sie sind erhältlich für 110, 130, 220 und 240 Volt und auf besonderen Wunsch auch für andere Spannungen.

Einsteckwiderstände zum BAUER-Pantason für die Anpassung der elektrischen Einrichtung an die jeweilige Netzspannung

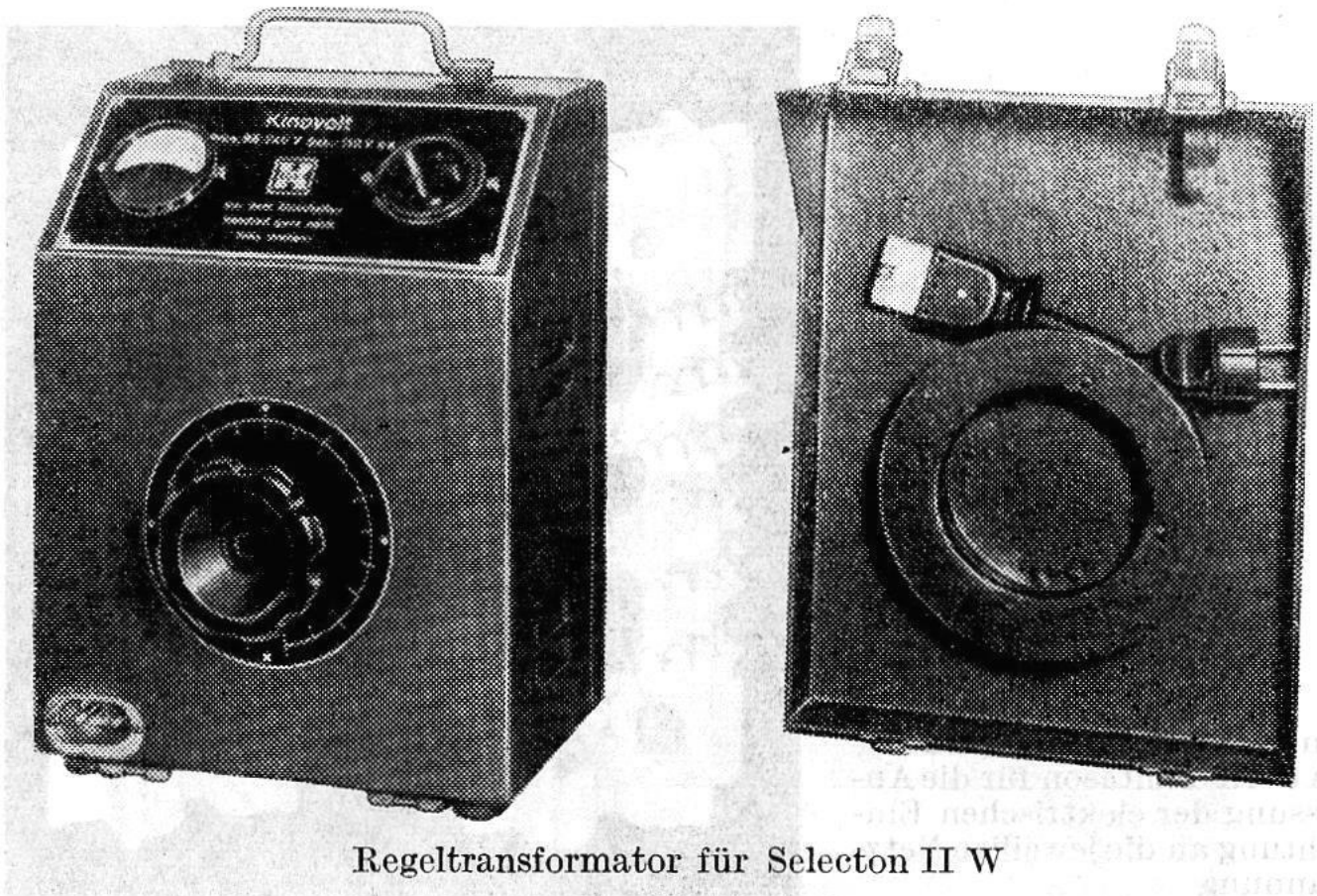


Eine Aufschrift am Widerstandskörper gibt Aufschluß, für welche Lampentype und für welche Netzspannung der Widerstand geeignet ist. — Für ein Gerät können wahlweise mehrere Widerstände beschafft und bei Bedarf gegeneinander ausgetauscht werden. Ein reichlich bemessener Luftstrom sorgt für gute Kühlung der Widerstände.



Transformator mit festen Anschlüssen für Selecton II W

Der BAUER-Selecton II W ist für Transformatorbetrieb eingerichtet. In der Standardausführung wird das Gerät mit einem Transformator geliefert, der 110 Volt an die Projektionseinrichtung und an den Verstärker abgibt. Je nach Einstellung eines Spannungswählers kann er an Wechselspannungen von 125, 200 und 220 Volt angeschlossen werden. — Wo starke Spannungsschwankungen oder starke Abweichungen der üblichen Spannungsverhältnisse vorliegen, ist die Beschaffung eines Regeltransformators zu empfehlen, der an alle Wechselspannungen von etwa 90 bis 240 Volt angeschlossen werden kann. Die Regulierung kann durch einen im Trafogehäuse eingebauten Drehknopf vorgenommen und mit einem ebenfalls eingebauten Voltmeter kontrolliert werden.

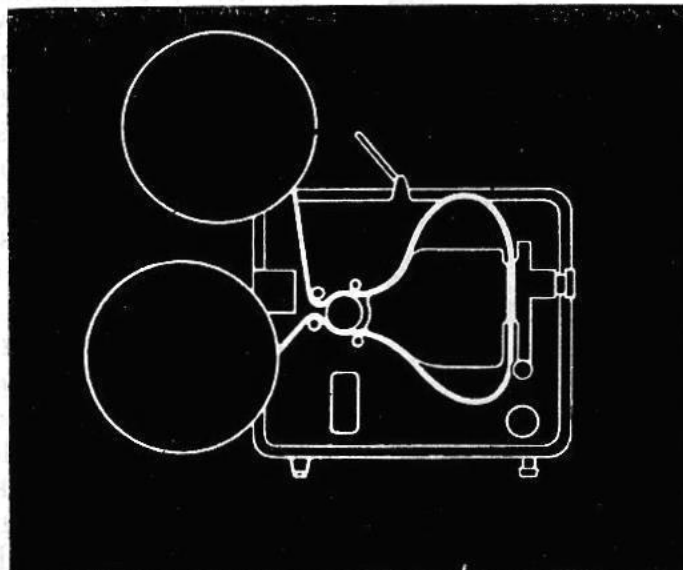


Regeltransformator für Selecton II W

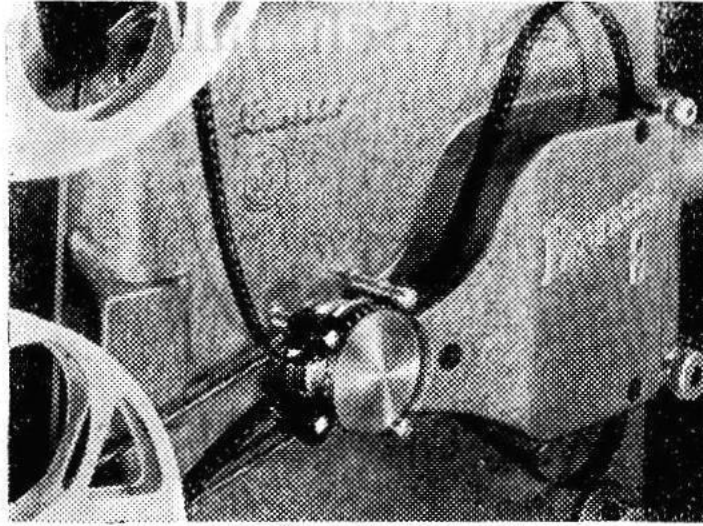
## 8-mm-Projektor

Der Aufbau von 8-mm-Projektoren entspricht im wesentlichen dem der 16-mm-Geräte. Abweichungen sind durch das kleinere Bildformat und durch die Forderung nach möglichst einfacher Handhabung bei hoher Betriebssicherheit und guter Leistung bedingt.

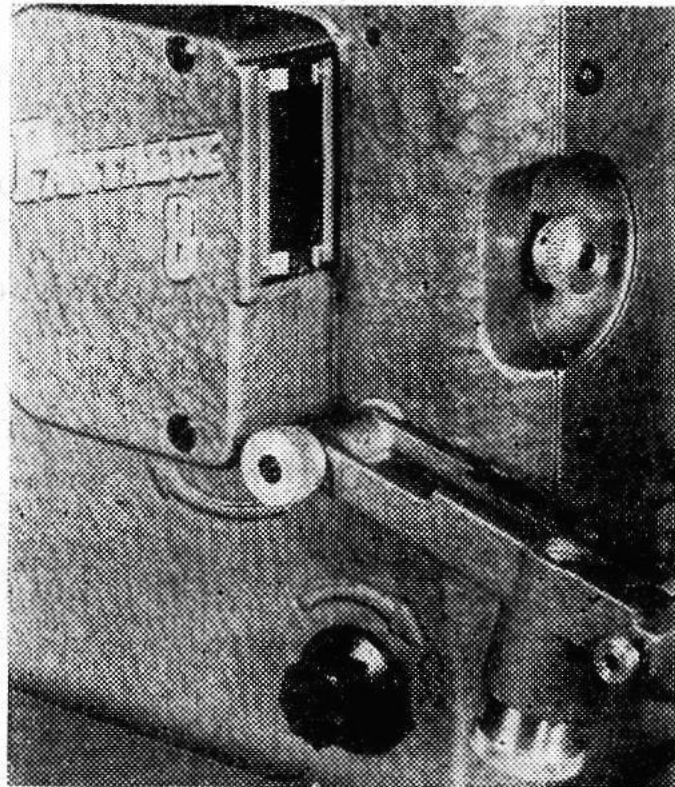
Die Abmessungen der einzelnen Teile sind dem kleineren Bildformat angepaßt. (Näheres siehe BAUER-Pantalux 8.)



Filmlauf beim BAUER-Pantalux 8



Ohne Andruckrolle wird der Film in der Transportrolle des Pantalux 8 festgehalten, die sowohl für die Vorwicklung des Films als für die Nachwicklung dient.



Die Filmtüre des BAUER-Pantalux 8 läßt sich weit öffnen. Rechts im Bild ist der Handdrehknopf für die Einlegekontrolle, in der Mitte unten der Regelknopf für die Ablaufgeschwindigkeit zur erkennen.

# VIII. BAUER-Schmalfilmgeräte

## 8-mm-Format :

Doppelachtspulenkameras für 7,5-m-Spulen, die nach der Entwicklung 15 m Film ergeben.

## Kamera BAUER 88 :

### Technische Merkmale:

Einergang, Sechzehnergang, Schnellwechselfassung für Objektive, Tauchzeiger zur Laufkontrolle im Sucherfeld, Durchsichtsucher für Normal- und Teleobjektiv, Parallaxenmarkierung im Durchsichtsucher, Druckknopf- und Drahtauslöser, etwa 2 m Durchzug auf einen Aufzug. Meterzähler, der Filmvorrat der Abwickelspule angibt, Akustisches Zeichen als Merkmal für die Länge der aufgenommenen Szene. Tragschlaufe zur Befestigung am Kameraboden. Stativgewinde.

Die Kamera kann wahlweise und zusätzlich mit nachstehenden Objektiven ausgestattet werden:

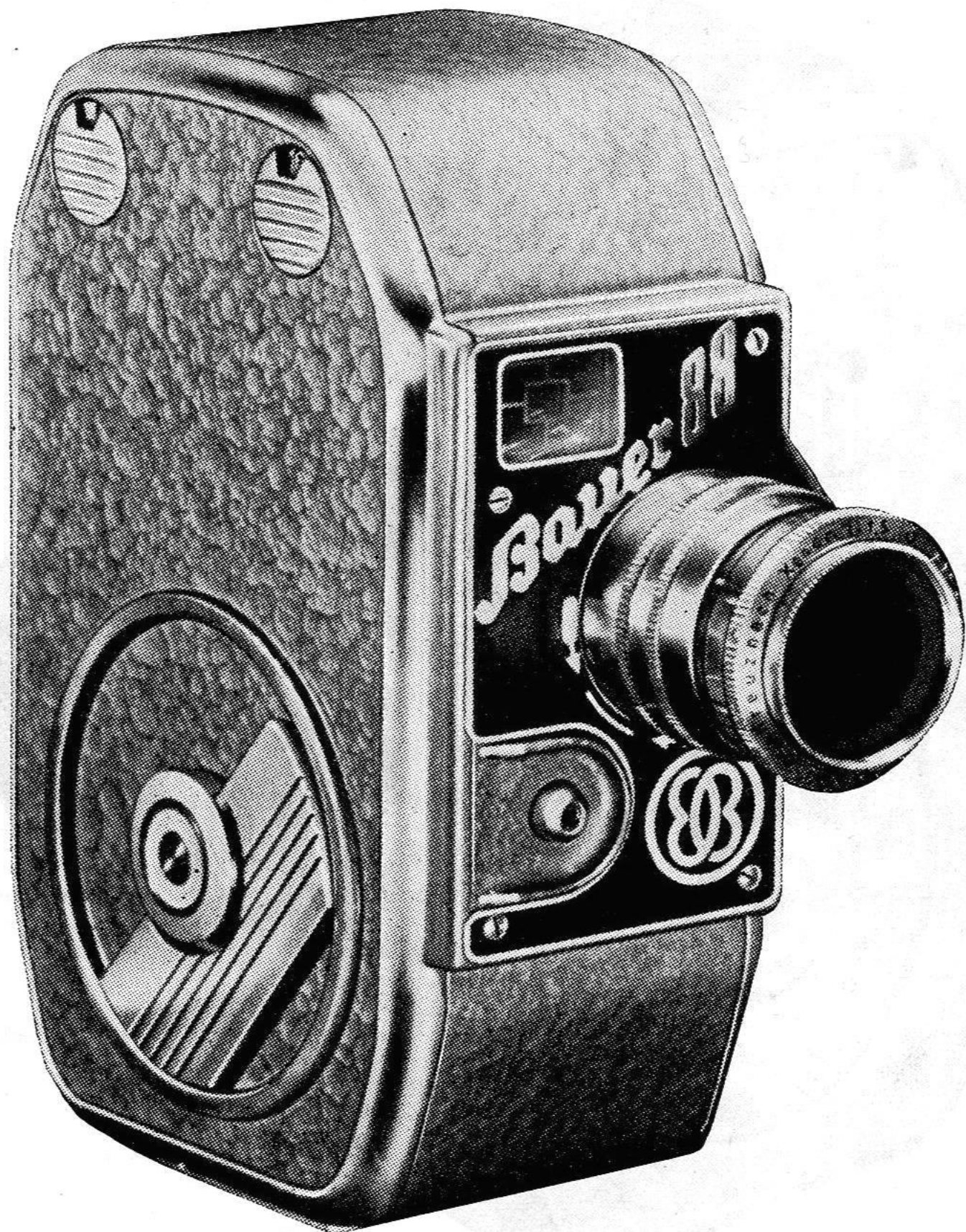
<b>Rodenstock:</b>	Euron	1 : 2,5; f = 12,5 mm (Fixfocus)
	Ronar	1 : 1,9; f = 12,5 mm (Fixfocus)
<b>Schneider:</b>	Kinoplan	1 : 2,7; f = 12,5 mm (Fixfocus)
	Xenoplan	1 : 1,9; f = 13 mm (Fixfocus)
	Xenon	1 : 1,5; f = 13 mm (Einstellfassung)
	Xenar	1 : 2,8; f = 38 mm (Einstellfassung)

Die Linsenoberflächen aller Objektive sind vergütet.

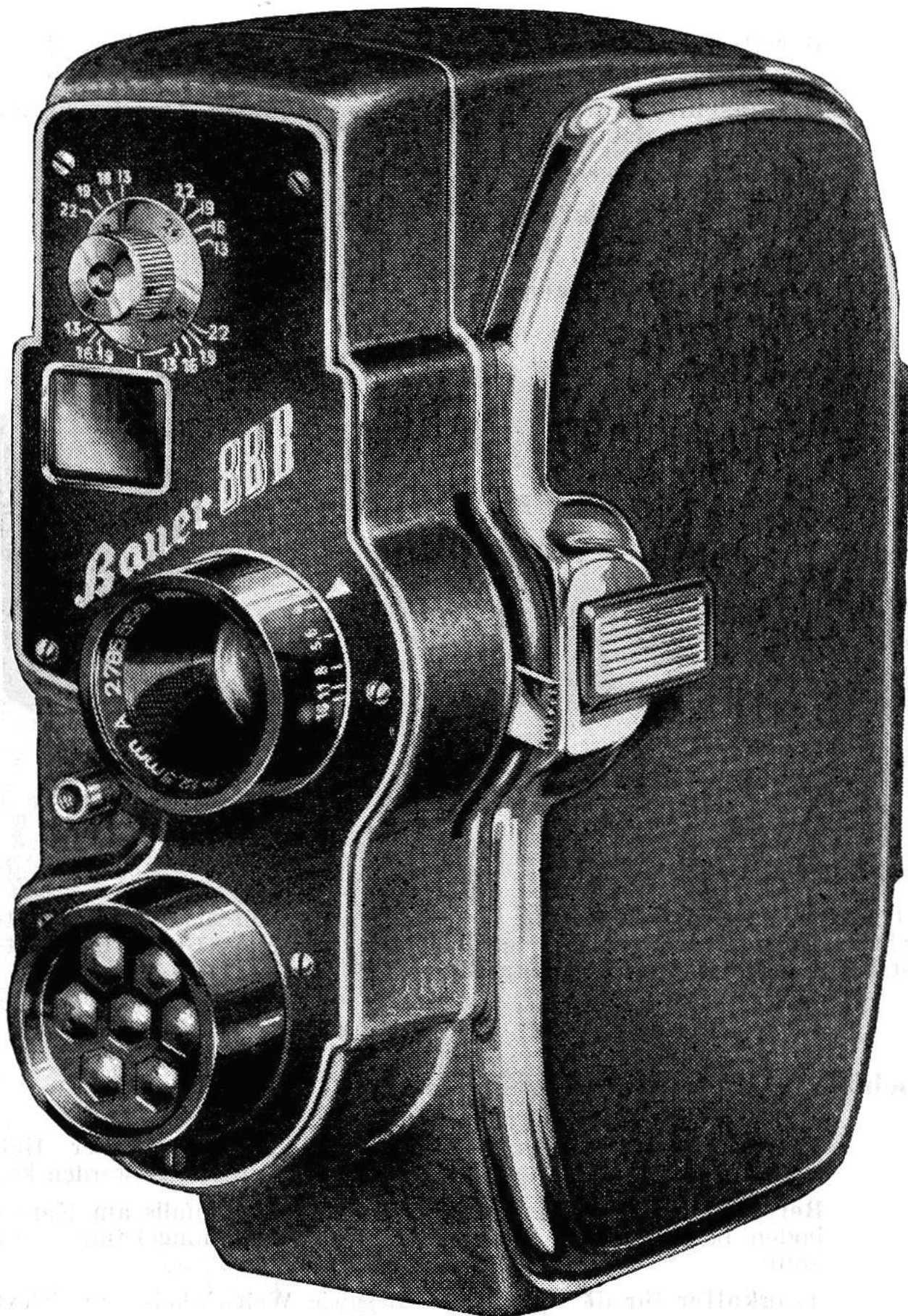
## Kamera BAUER 88 C :

### Technische Merkmale:

Einergang, 8, 16, 24, 48 Bilder/sek.  
Objektivausstattung und alle übrigen Merkmale wie BAUER 88.



**Kamera BAUER 88 B**



**Weitwinkelvorsatz** zur Verkürzung der Objektivbrennweite auf  $f = 6,25$  mm.

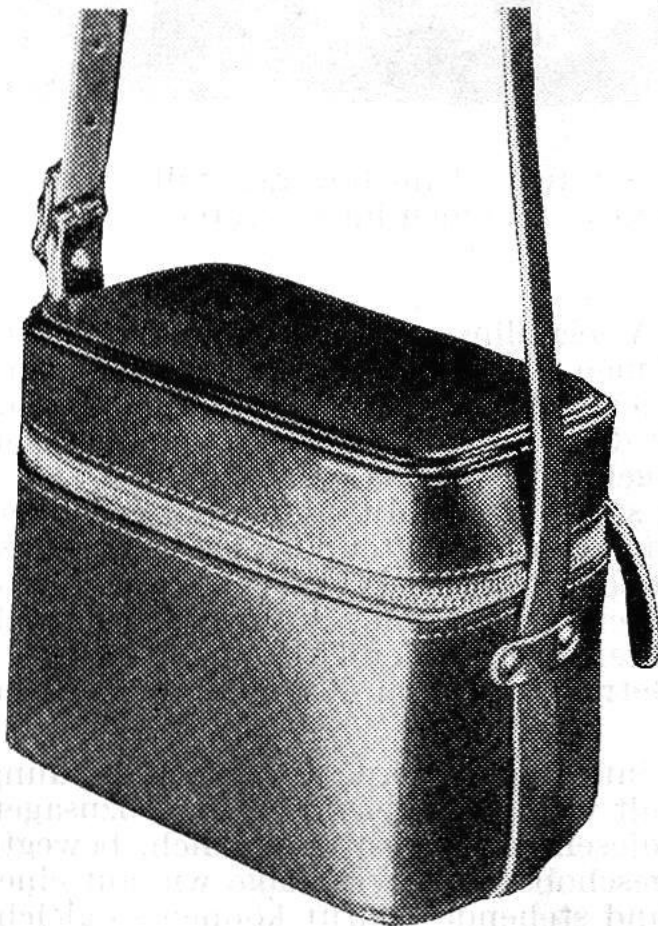
**Televorsatz** zur Verlängerung der Objektivbrennweite auf  $f = 25$  mm.

**Suchervorsatz** zur gleichzeitigen Verwendung bei Weitwinkel- und Teleaufnahmen.

**Doppelfilter** zur gleichzeitigen Regulierung des Lichteinfalls in Objektiv und Belichtungsmesser, erhältlich in allen gebräuchlichen Farben.

**Drahtauslöser**

**BAUER-Kleintitelgerät** siehe besondere Beschreibung.

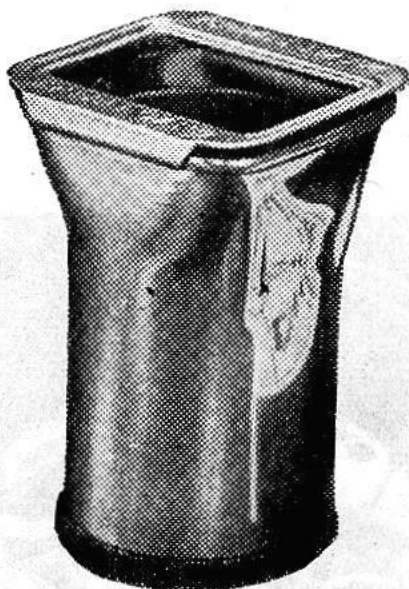


**Tragtasche für Kamera und Zubehör**

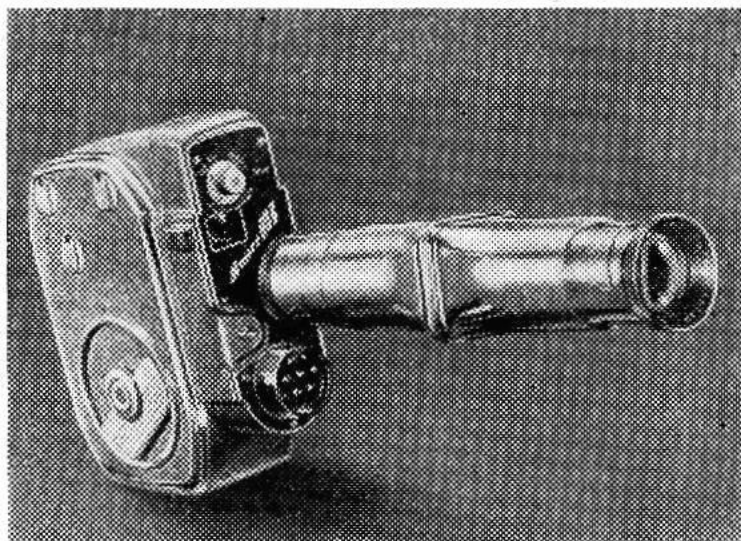
## BAUER-Kleintitelgerät :

Zur Selbstherstellung von Titeln und zwar:

1. Stehtitel (wie üblich) nach selbstgefertigter hand- oder maschinengeschriebener Vorlage.
2. Ziehtitel beliebiger Länge mit Hilfe eines besonderen Einschieberahmens für die Titelvorlage.
3. (Zusammen mit zusätzlichem Vorsatz): Stehender Titel auf kinematografisch bewegtem Bild.



BAUER Kleintitelgerät.



Aufgesetztes Kleintitelgerät mit Vorsatz für Titelaufnahmen im bewegten Bild

Größe der Titelvorlagen:  $24 \times 36$  mm.

Das Kleintitelgerät kann nach Art einer Vorsatzlinse auf das Kameraobjektiv aufgeschraubt werden. Die Titelaufnahmen sind bei beliebiger, genügend starker Beleuchtung möglich. Ähnlich der Titelvorlage können auch Kleindiapositive ( $24 \times 36$  mm) gleichzeitig mit der Schrift in das Gerät eingeschoben und zusammen mit dem Schriftbild festgehalten werden.

Das handliche Kleintitelgerät eignet sich sehr gut zur Mitnahme und gestattet, nach Belieben Titel in die Filmaufnahmen einzuschalten. Dabei können die Titel ganz nach Bedarf unterwegs geschrieben werden. Man hat also nach Abschluß der Aufnahmen schon einen mit Titeln versehenen Film und erspart sich das Zerschneiden des Films und das spätere Einfügen der Titel.

Das Gerät ist auch zur vergrößerten Betrachtung von Kleindiapositiven im Format  $24 \times 36$  mm geeignet.

Das Vorsatzgerät für das BAUER-Kleintitelgerät wird, wie die Abbildung zeigt, auf das Titelgerät aufgesteckt. Damit wird die Titeleinrichtung sozusagen um eine Fotoeinrichtung erweitert. Mit diesem Zusatz ist es möglich, bewegte Motive auf einer in das Grundgerät eingeschobenen Titelvorlage wie auf einer Mattscheibe abzubilden. Bewegtes Bild und stehende Schrift können so gleichzeitig im Film festgehalten werden. Der Schrift ist also das bewegte Bild unterlegt. So kann beispielsweise die erste Szene eines Films gleichzeitig den Filmtitel zeigen.

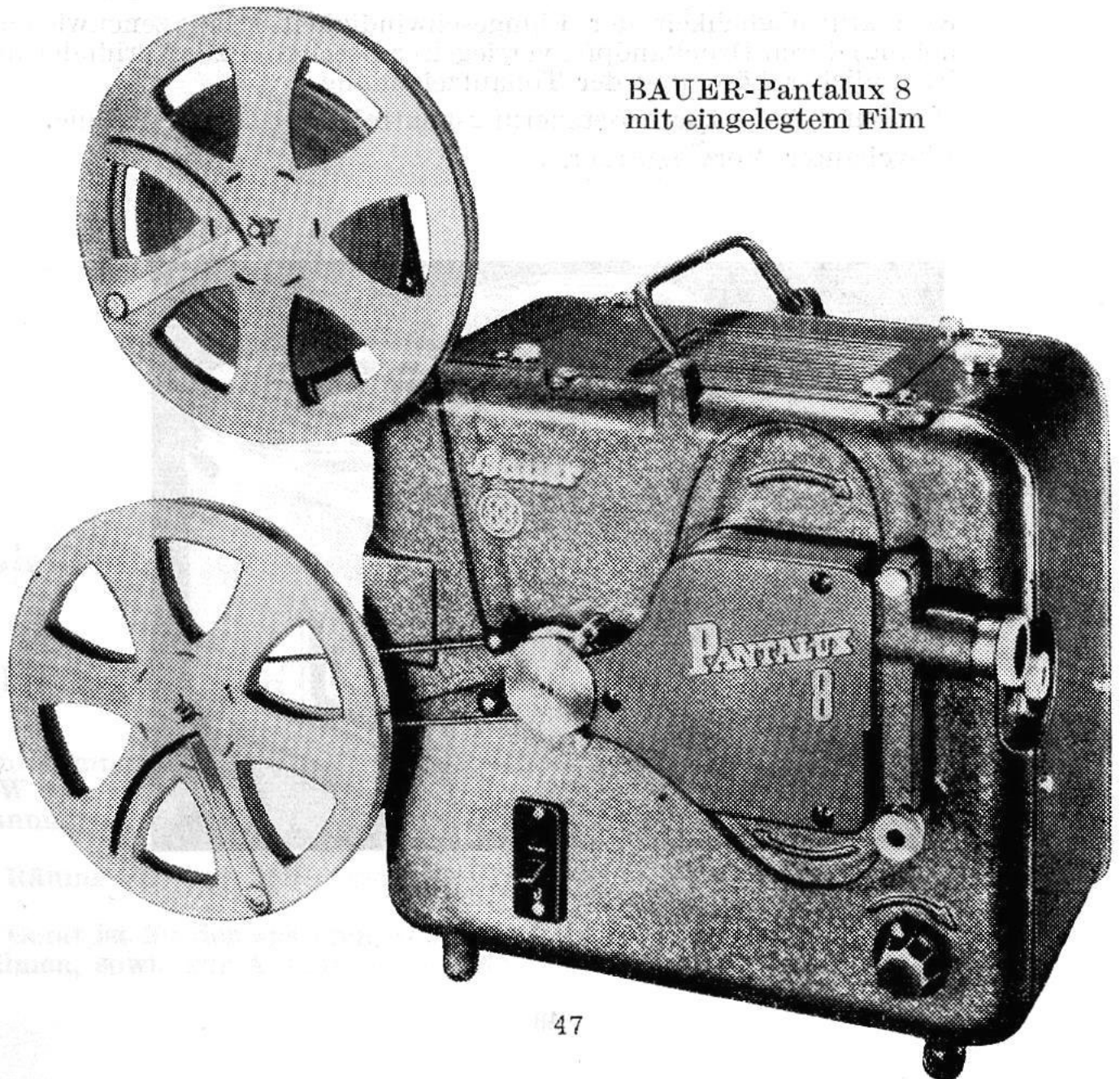
## BAUER-Pantalux 8:

Projektor für 8-mm-Filme vorbereitet für die Verwendung mit dem BAUER-Pantamat zur lippensynchronen Vertonung und Tonwiedergabe.

### Technische Merkmale:

Einfacher Filmlauf, daher leichte Handhabung bei großer Betriebssicherheit und schonender Filmbehandlung, Lampe 500 W, 110 V, Vorschaltwiderstand zum Anschluß des Geräts an verschiedene Netzspannungen bei Gleich- und Wechselstrom, Regelbarer Hauptstrommotor, Lichtstarkes Objektiv (1 : 1,6;  $f = 20$  mm) vergütet, Gemeinsame Vor- und Nachwickelrolle ohne Andruckrollen, Weit abschwenkbare Filmtür zur günstigen Reinigung des Filmfensters, Rückwickelkurbel am oberen Spulenarm, auf Wunsch auch automatische Rückspulung, Bildverstellung ergibt keine Verschiebung des Projektionsbilds auf dem Bildschirm, Spulenfassung bis 120 m Film, starkes Kühlgebläse für Lampe und Widerstand, Tragkoffer für Projektor und Zubehör.

BAUER-Pantalux 8  
mit eingelegtem Film



## **BAUER-Pantamat :**

Magnetbandgerät zur lippen-synchronen Vertonung und Tonwiedergabe von 8-mm-Filmen zusammen mit dem BAUER-Pantalux 8.

### **Technische Merkmale:**

**Bandgeschwindigkeit:** 19 cm/sek., daher großer Frequenzumfang und gute Tonqualität, Antrieb durch Asynchronmotor, daher absolut gleichmäßiger Ablauf des Tonbands,

**Fassungsvermögen:** 350 m Magnetband für pausenlose Laufzeit von etwa 30 Minuten, also über den Ablauf einer vollen Filmspule von 120 m.

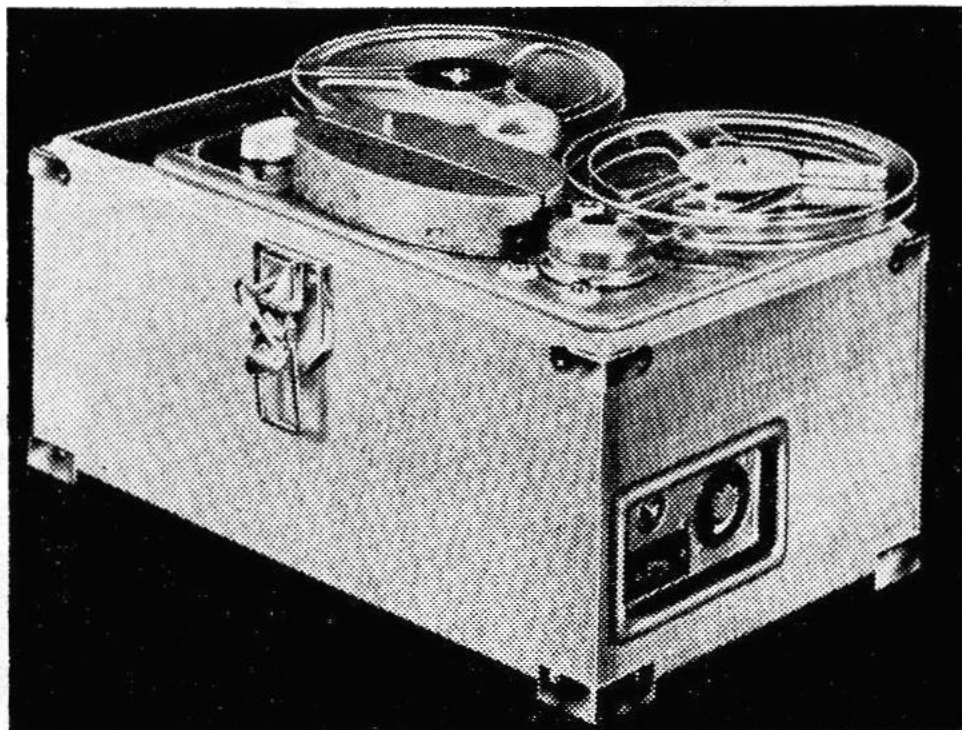
Anschlüsse für Radio, Schallplatte und Mikrofon, elektrische Steuereinrichtung für die Gleichhaltung des Filmablaufs im Pantalux 8 mit dem Magnetongerät.

Selbsttätiger, durch elektrischen Kontakt ausgelöster Anlauf des Projektors nach beliebig langem Vorlauf des Bandgeräts.

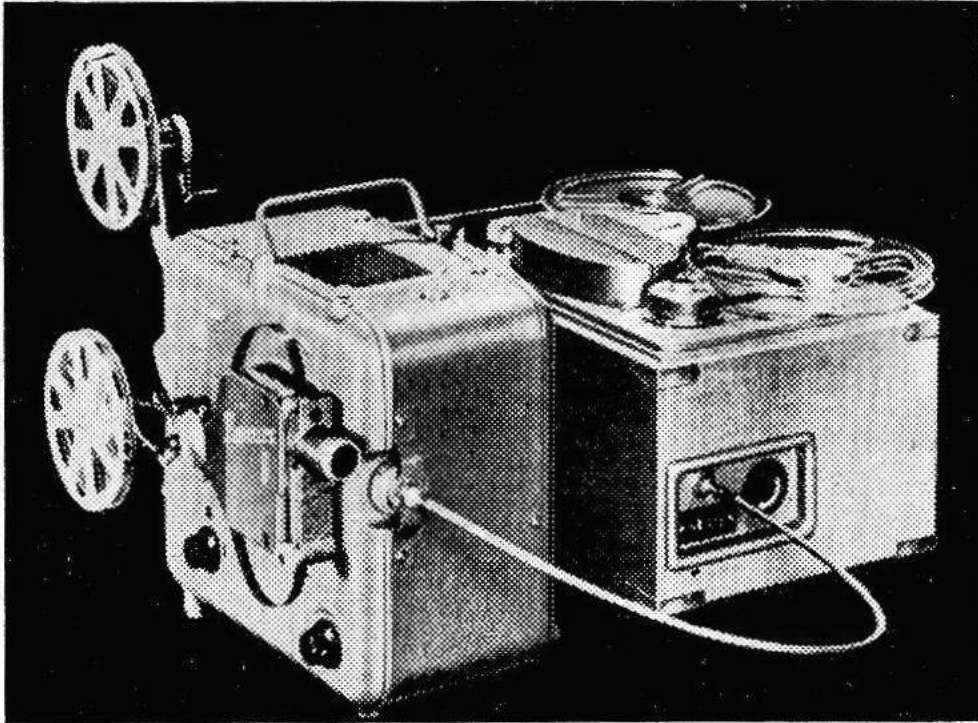
Korrekturmöglichkeit der Filmgeschwindigkeit (bei Szenenwiederholung) durch Druckknöpfe, verriegelter Löschkopf zur Verhinderung irrtümlicher Löschung der Tonaufzeichnung.

Magisches Auge zur Aussteuerungskontrolle bei der Aufnahme.

Eingebauter Vorverstärker.



Das Gerät kann mit jedem handelsüblichen Radiogerät guter Leistung betrieben werden. Für den Betrieb des BAUER-Pantamat ist Wechselstrom nötig. Der BAUER-Pantamat ist in einen stabilen, handlichen Koffer eingebaut.



Röhrenbestückung des Pantamat:    1 Röhre EF 40  
    1 Röhre EL 42  
    1 magisches Auge EM 71

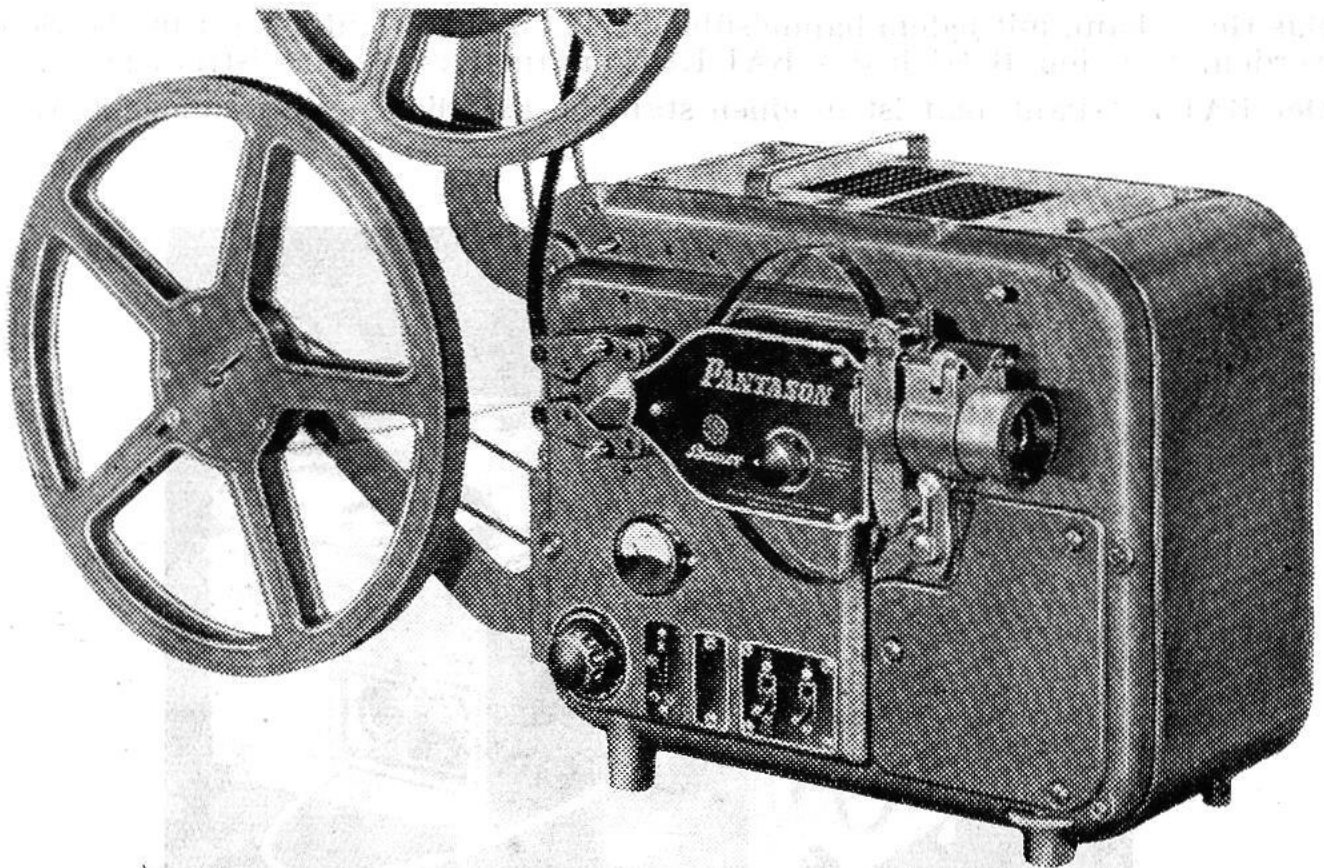
## **Projektoren für das 16-mm-Format:**

### **BAUER-Pantason S:**

Stummfilmprojektor für 16-mm-Schmalfilme mit Lampe 375 W 5 A oder 500 W 5 A. Zum Anschluß an Gleich- und Wechselstrom bei den üblichen Netzspannungen.

Für Räume bis etwa 250 Personen.

Das Gerät ist für den späteren Ausbau zur Vorführung von Licht- und Magnettonfilmen, sowie zur Aufnahme von Magnettonfilmen eingerichtet.



### Technische Merkmale:

Einfacher Filmlauf, daher leichte Handhabung bei großer Filmschonung. Gemeinsame Vor- und Nachwickelrolle.

Greiferschaltwerk.

Spulenfassung bis 600 m. Achsbremse an der oberen Spulenachse zur Verhinderung des Filmnachlaufs.

Lastabhängige Aufwickelfriction.

Vor- und Rücklaufeinrichtung.

Rückwicklung durch Handkurbel am oberen Spulenarm.

Bildstrichverstellung ohne Bildverschiebung auf dem Bildschirm.

Weit ausschwenkbare Filmtüre zur Erleichterung der Sauberhaltung von Filmführung und Bildfenster.

Schärfeneinstellung der Objektive durch Mikrometerschraube.

Auswechselbare vergütete Objektive hoher Lichtstärke nach Wunsch mit  $f = 35, 50, 65$  und  $75$  mm.

Hauptstrommotor mit Fliehkraftregler für 16 und 24 Bilder/sek.

Starke Luftkühlung durch groß bemessenen Ventilator.

Auswechselbare Einsteckwiderstände zur Anpassung des Geräts an beliebige Netzspannungen.

Lampenregulierwiderstand mit Schaltersperre zum Schutz der Projektionslampe gegen Einschaltstromstoß.

Amperemeter zur Kontrolle des Lampenstroms bei höchstmöglicher Lichtleistung.

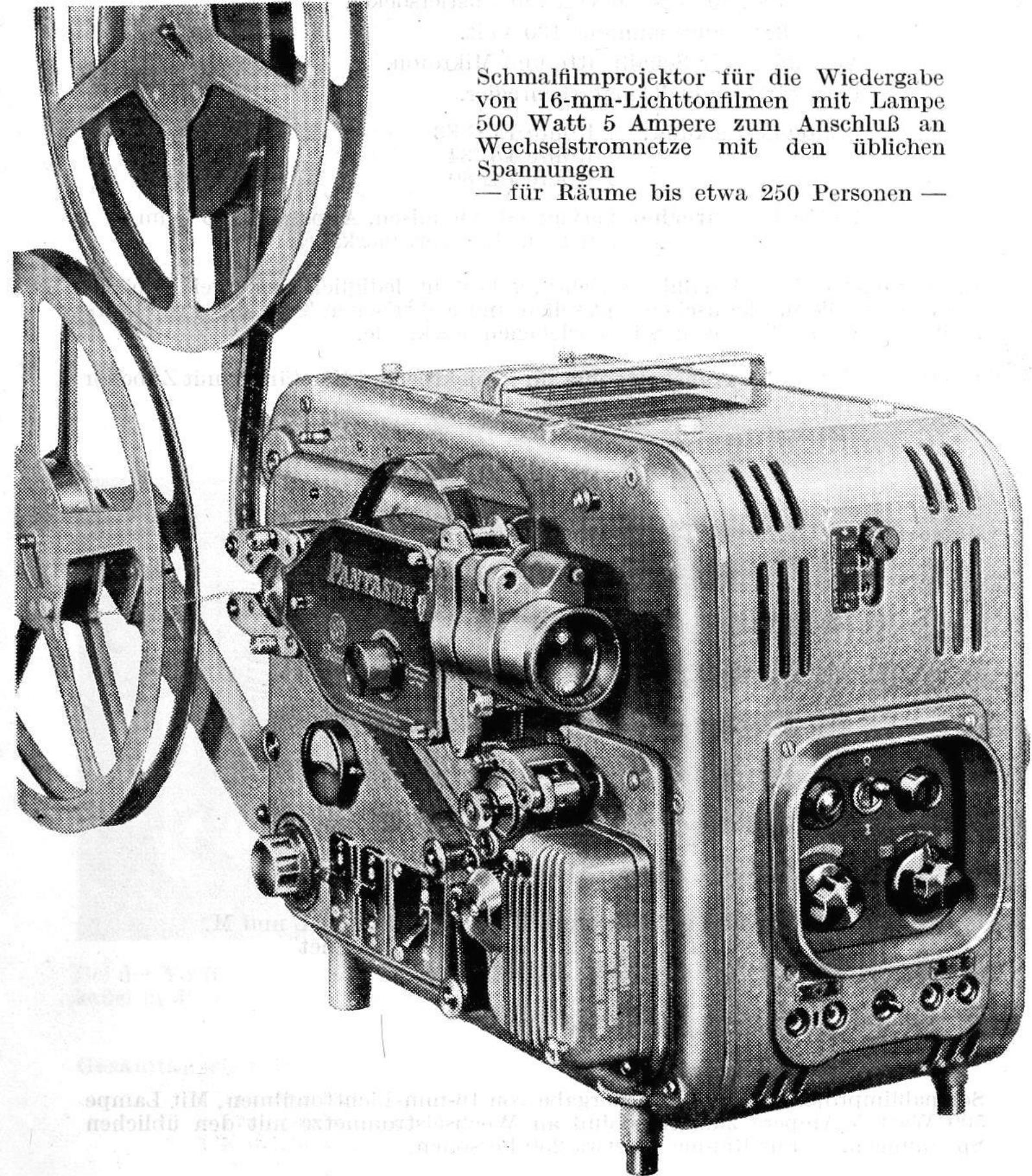
Transportkoffer für Projektor und Zubehör.

Das Gerät ist nach den Richtlinien des Instituts für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gebaut und insbesondere auch für die Anforderungen der Schule geeignet.

## BAUER-Pantason T:

Schmalfilmprojektor für die Wiedergabe von 16-mm-Lichttonfilmen mit Lampe 500 Watt 5 Ampere zum Anschluß an Wechselstromnetze mit den üblichen Spannungen

— für Räume bis etwa 250 Personen —



## Technische Merkmale:

Der Verstärker (8 Watt) ist in das Projektorgehäuse eingebaut.

Tonlampe: 30 Watt, 6 Volt mit Justiersockel.

Fotozelle: Saugspannung 130 Volt.

Anschlüsse für Schallplatte und Mikrofon.

Lautstärke- und Klangfarbenregler.

Röhrenbestückung: 1 Röhre ECC 83

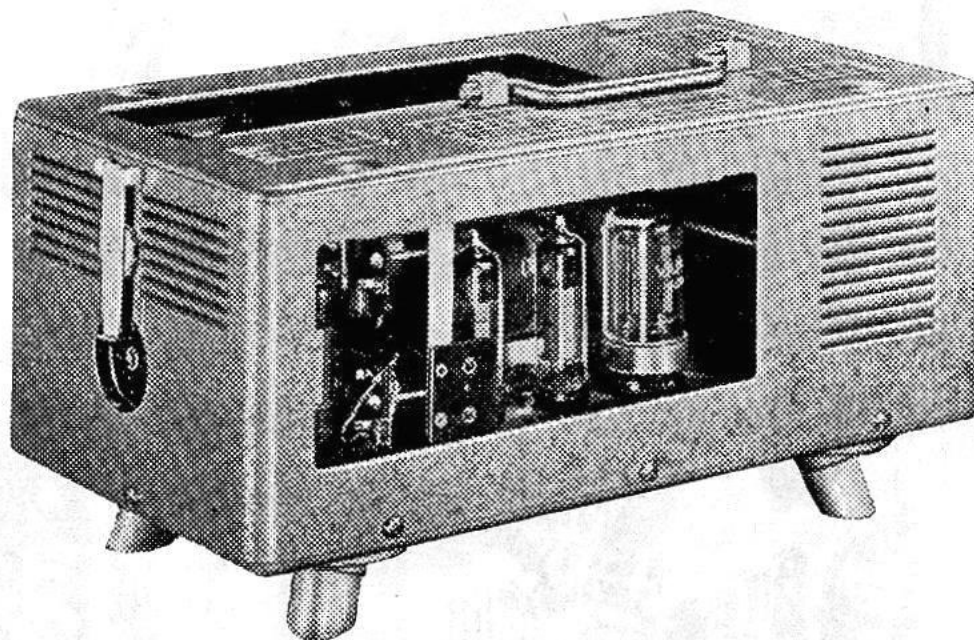
1 Röhre EL 34

1 Röhre EZ 80

**Kofferlautsprecher** permanentdynamisch, Anpassung 15 Ohm  
mit 20 m Lautsprecherkabel.

Die komplette Tonschmalfilmleinrichtung besteht lediglich aus zwei Gepäckstücken. — Die mechanischen, optischen und elektrischen Teile des Projektors besitzen die beim Pantason S beschriebenen Merkmale.

Gesamtausrüstung: 1 Transportkoffer für Projektor und Verstärker mit Zubehör  
1 Kofferlautsprecher.



Verstärker (14 Watt) zum BAUER-Pantason L und M.  
Abschlußklappe zum Röhrenraum geöffnet

## BAUER-Pantason L:

Schmalfilmprojektor für die Wiedergabe von 16-mm-Lichttonfilmen. Mit Lampe 500 Watt 5 Ampere zum Anschluß an Wechselstromnetze mit den üblichen Spannungen. — Für Räume bis etwa 250 Personen.

## Technische Merkmale:

Das Gerät ist für Lichttonwiedergabe eingerichtet und für den späteren Ausbau zur Aufnahme und Wiedergabe von Magnetton vorbereitet. Im übrigen besitzt es mechanisch, optisch und elektrisch die beim BAUER-Pantason S beschriebenen Merkmale.

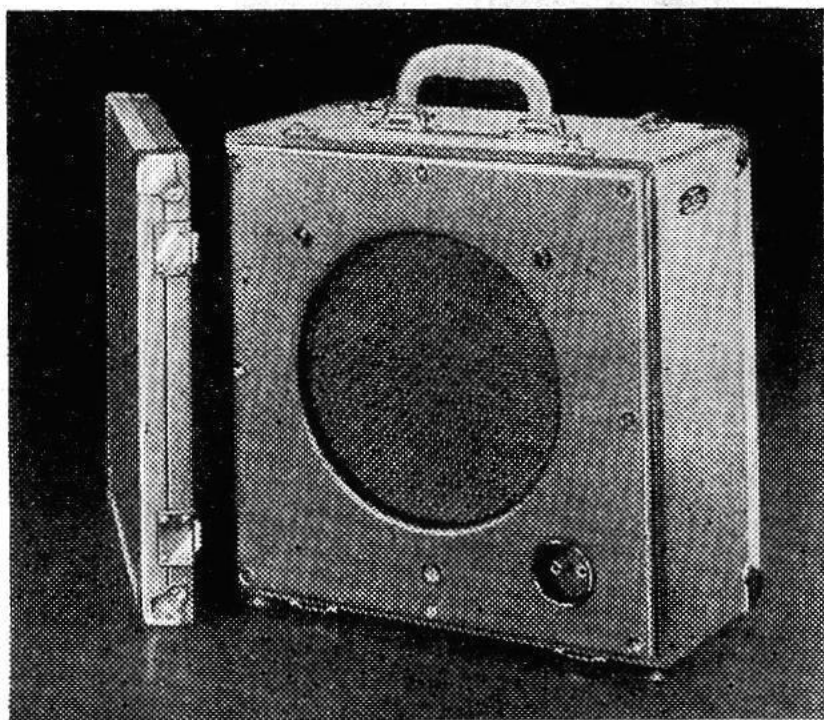
Für die Tonanlage gelten folgende Daten:

Tonlampe 30 Watt 6 Volt mit Spezialsockel zur raschen Justierung im Gerät bei Lampenwechsel.  
Fotозelle mit Saugspannung von 130 Volt.

**Untersatzverstärker:** 14 Watt Endleistung mit Mischeinrichtung und Lautstärkeregler für alle Tonquellen und getrennte Klangfarbenregler für Höhen und Tiefen, Anschlüsse für Fotозelle, Schallplatte und Mikrofon.

Röhrenbestückung des Verstärkers:

2 Röhren EF 86  
2 Röhren ECC 83  
2 Röhren EL 84  
1 Röhre GZ 34  
1 magisches Auge EM 71.

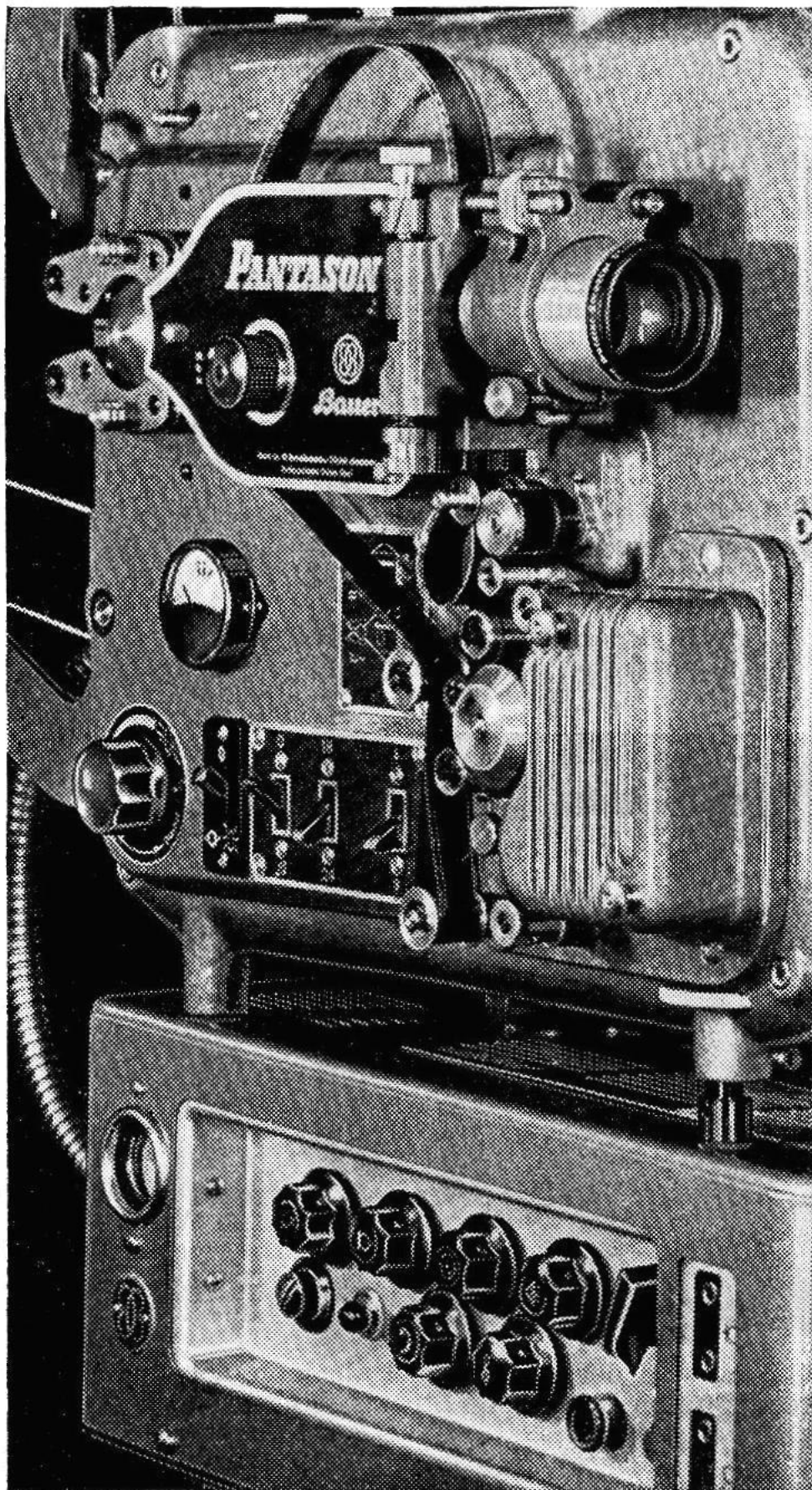


**Kofferlautsprecher**  
(15 Watt)  
permanendynamisch  
Anpassung: 15 Ohm  
mit 20 m Lautsprecherkabel

Bei der Vorführung wird der Kofferdeckel abgenommen und das Lautsprecherkabel in die rechts unten befindliche Steckdose gesteckt.

## Gesamtausrüstung:

- 1 Transportkoffer mit Projektor und Zubehör.
- 1 Transportkoffer mit Verstärker.
- 1 Kofferlautsprecher.



BAUER-Pantason M mit Untersatzverstärker

## **BAUER-Pantason M:**

Schmalfilmprojektor (16 mm) für die Wiedergabe von Lichttonfilmen sowie für die Aufnahme und Wiedergabe von Magnettonfilmen.

Mit Lampe 500 Watt 5 Ampere, Anschluß an Wechselstromnetze der üblichen Spannungen. — Für Räume bis etwa 250 Personen.

### **Technische Merkmale:**

Der Projektor und die Lichttonwiedergabeeinrichtung des Geräts entsprechen denen des BAUER-Pantason L.

Magnettonaufnahme und -wiedergabe ist möglich bei einseitig und doppelseitig perforierten Filmen mit Voll- und Halbspur. Gemeinsamer Aufnahme- und Wiedergabekopf, Löschkopf. Einfache Umschaltung von Lichtton auf Magnettonaufnahme oder -wiedergabe. Sicherung gegen irrtümliches Löschen.

Daten der Lichttonanlage:

Tonlampe 30 Watt 6 Volt mit Spezialsockel zur raschen Justierung im Gerät.

Fotozelle mit Saugspannung von 130 Volt.

**Untersatzverstärker:** 14 Watt Endleistung mit Mischeinrichtung und Lautstärkereglern für alle Tonquellen. Getrennte Klangfarbenregler für Höhen und Tiefen. Anschlüsse für Schallplatte und Mikrofon. Magisches Auge für die Aussteuerungskontrolle bei der Magnettonaufnahme.

Röhrenbestückung des Verstärkers:

2 Röhren EF 86

2 Röhren ECC 83

3 Röhren EL 84

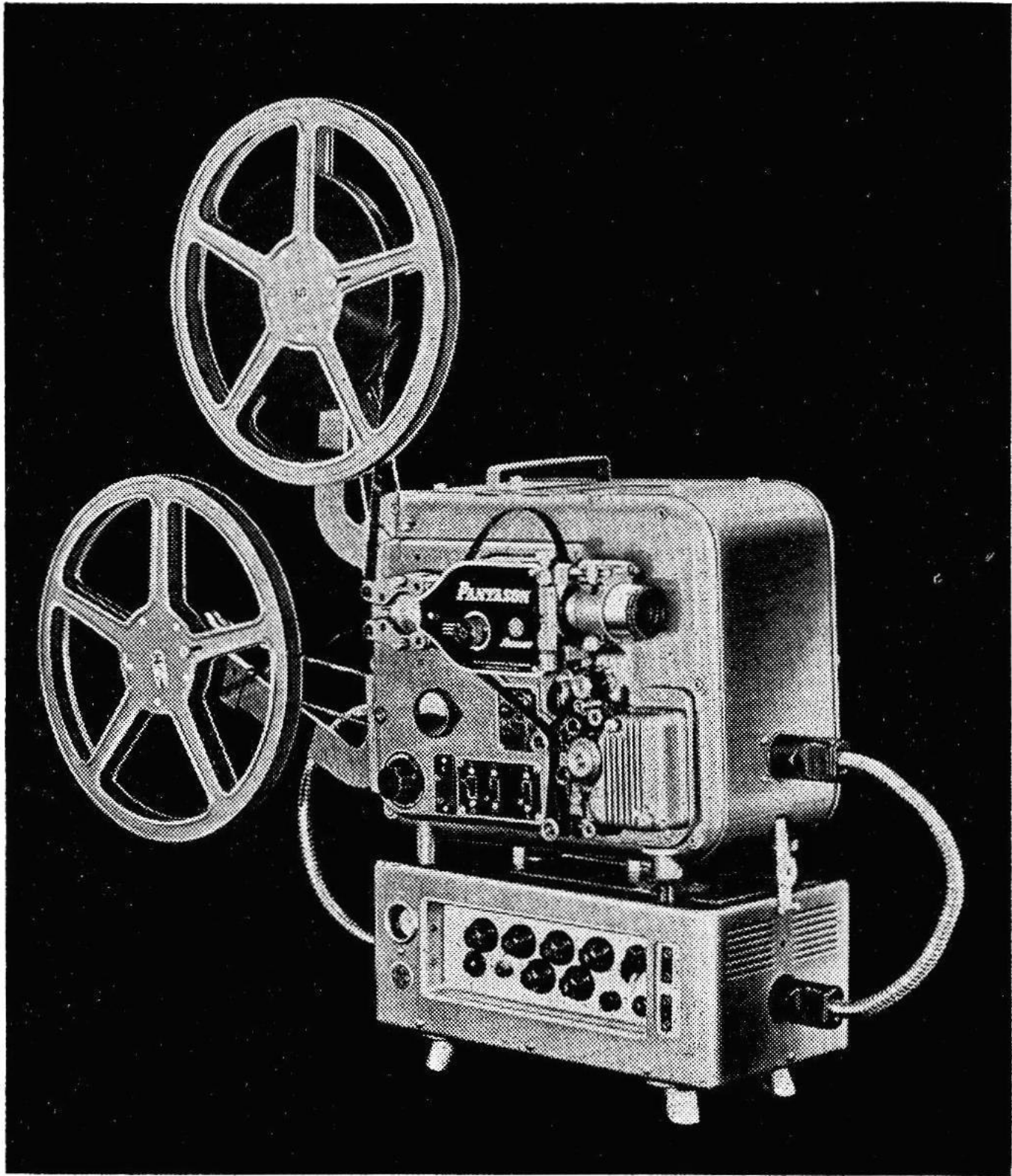
1 Röhre GZ 34

1 magisches Auge EM 71

**Kofferlautsprecher** (15 Watt) permanentdynamisch.  
Anpassung: 15 Ohm. 20 m Lautsprecherkabel.

### **Gesamtausrüstung:**

- 1 Transportkoffer mit Projektor und Zubehör.
- 1 Transportkoffer mit Verstärker.
- 1 Kofferlautsprecher.



BAUER-Pantason M, betriebsfertig

## **BAUER-Selecton II W:**

### **(Wandergerät)**

Schmalfilmprojektor mit Malteserkreuzgetriebe für die Wiedergabe von 16-mm-Lichttonfilmen mit Lampe 750 Watt 110 Volt. Zum Anschluß an alle gebräuchlichen Wechselspannungen. — Für Räume bis etwa 600 Personen.

**Sonderausführungen:** Licht- und Magnettonwiedergabe sowie Magnettonaufnahme (ohne Rücklaufeinrichtung).

#### **Technische Merkmale:**

Spulenfassung 600 m oder 1500 m. Achsbremse an der oberen Spulenachse zur Verhinderung des Filmnachlaufs bei der Vorführung Aufwickelfriktion.

Rückwicklung durch Handkurbel am oberen Spulenarm.

Umlaufölung für Projektorgetriebe.

Bildstrichverstellung ohne Bildverschiebung auf dem Bildschirm.

Weit ausschwenkbare Filmtüre zur Erleichterung der Sauberhaltung von Filmführung und Filmfenster.

Lichtabdeckschieber für verdeckten Anlauf und Auslauf des Filmbands.

Schärfeneinstellung der Objektive durch Mikrometerschraube.

Auswechselbare, vergütete Objektive hoher Lichtstärke nach Wunsch mit  $f = 35, 50, 65, 75$  mm.

Einschwenkbare Einstellupe zur leichten Justierung der Projektionslampe.

Lampenstromregelung in Verbindung mit Schaltergriff.

Lampenspannungskontrolle durch Voltmeter.

Asynchronflanschmotor für gleichbleibende Laufgeschwindigkeit des Geräts mit 24 Bildern/sek. oder regulierbarer Hauptstrommotor für etwa 16 bis 26 Bilder/sek.

Luftkühlung von Lampe und Filmführungsteilen durch Ventilator auf Motorachse.

Tongerät mit umlaufender Tonbahn und Schwungmasse zur Laufglättung des Filmbands.

Doppelpendelhebel und Beruhigungsrolle.

Tonlampe mit Justiersockel (30 Watt 6 Volt) leicht zugänglich und rasch auswechselbar.

Fotozelle für 130 Volt Saugspannung.

**Untersatzverstärker (BAUER):** 14 Watt Endleistung mit Mischeinrichtung, Lautstärkereglern für alle Tonquellen, getrennte Klangfarbenregler für Höhen und Tiefen, Anschlüsse für Fotozelle, Schallplatte und Mikrophon. — Der Verstärker ist auch in der Ausführung für Lichtton zum Ausbau für Magnettonaufnahme und -wiedergabe vorbereitet.

**Röhrenbestückung des Verstärkers:**

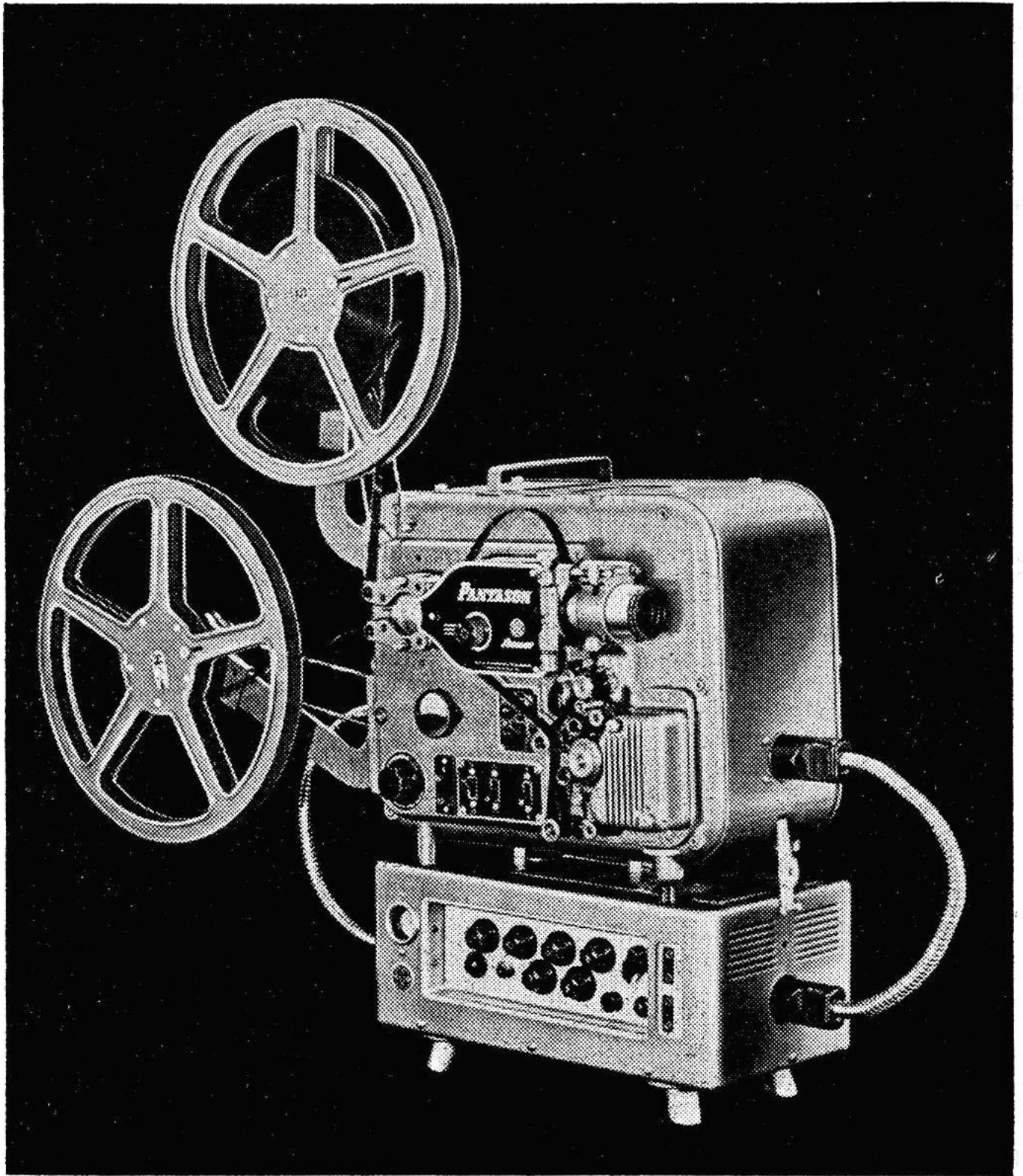
2 Röhren EF 86

2 Röhren ECC 83

2 Röhren EL 84

1 Röhre GZ 34

1 magisches Auge EM 71.



BAUER-Pantason M, betriebsfertig

## **BAUER-Selecton II W:**

### **(Wandergerät)**

Schmalfilmprojektor mit Malteserkreuzgetriebe für die Wiedergabe von 16-mm-Lichttonfilmen mit Lampe 750 Watt 110 Volt. Zum Anschluß an alle gebräuchlichen Wechselspannungen. — Für Räume bis etwa 600 Personen.

**Sonderausführungen:** Licht- und Magnettonwiedergabe sowie Magnettonaufnahme (ohne Rücklaufeinrichtung).

#### **Technische Merkmale:**

Spulenfassung 600 m oder 1500 m. Achsbremse an der oberen Spulenachse zur Verhinderung des Filmnachlaufs bei der Vorführung Aufwickelfriktion.

Rückwicklung durch Handkurbel am oberen Spulenarm.

Umlaufölung für Projektorgetriebe.

Bildstrichverstellung ohne Bildverschiebung auf dem Bildschirm.

Weit ausschwenkbare Filmtüre zur Erleichterung der Sauberhaltung von Filmführung und Filmfenster.

Lichtabdeckschieber für verdeckten Anlauf und Auslauf des Filmbands.

Schärfeneinstellung der Objektive durch Mikrometerschraube.

Auswechselbare, vergütete Objektive hoher Lichtstärke nach Wunsch mit  $f = 35, 50, 65, 75$  mm.

Einschwenkbare Einstellupe zur leichten Justierung der Projektionslampe.

Lampenstromregelung in Verbindung mit Schaltergriff.

Lampenspannungskontrolle durch Voltmeter.

Asynchronflanschmotor für gleichbleibende Laufgeschwindigkeit des Geräts mit 24 Bildern/sek. oder regulierbarer Hauptstrommotor für etwa 16 bis 26 Bilder/sek.

Luftkühlung von Lampe und Filmführungsteilen durch Ventilator auf Motorachse.

Tongerät mit umlaufender Tonbahn und Schwungmasse zur Laufglättung des Filmbands.

Doppelpendelhebel und Beruhigungsrolle.

Tonlampe mit Justiersockel (30 Watt 6 Volt) leicht zugänglich und rasch auswechselbar.

Fotozelle für 130 Volt Saugspannung.

**Untersatzverstärker (BAUER):** 14 Watt Endleistung mit Mischeinrichtung, Lautstärkereglern für alle Tonquellen, getrennte Klangfarbenregler für Höhen und Tiefen, Anschlüsse für Fotozelle, Schallplatte und Mikrofon. — Der Verstärker ist auch in der Ausführung für Lichtton zum Ausbau für Magnettonaufnahme und -wiedergabe vorbereitet.

**Röhrenbestückung des Verstärkers:**

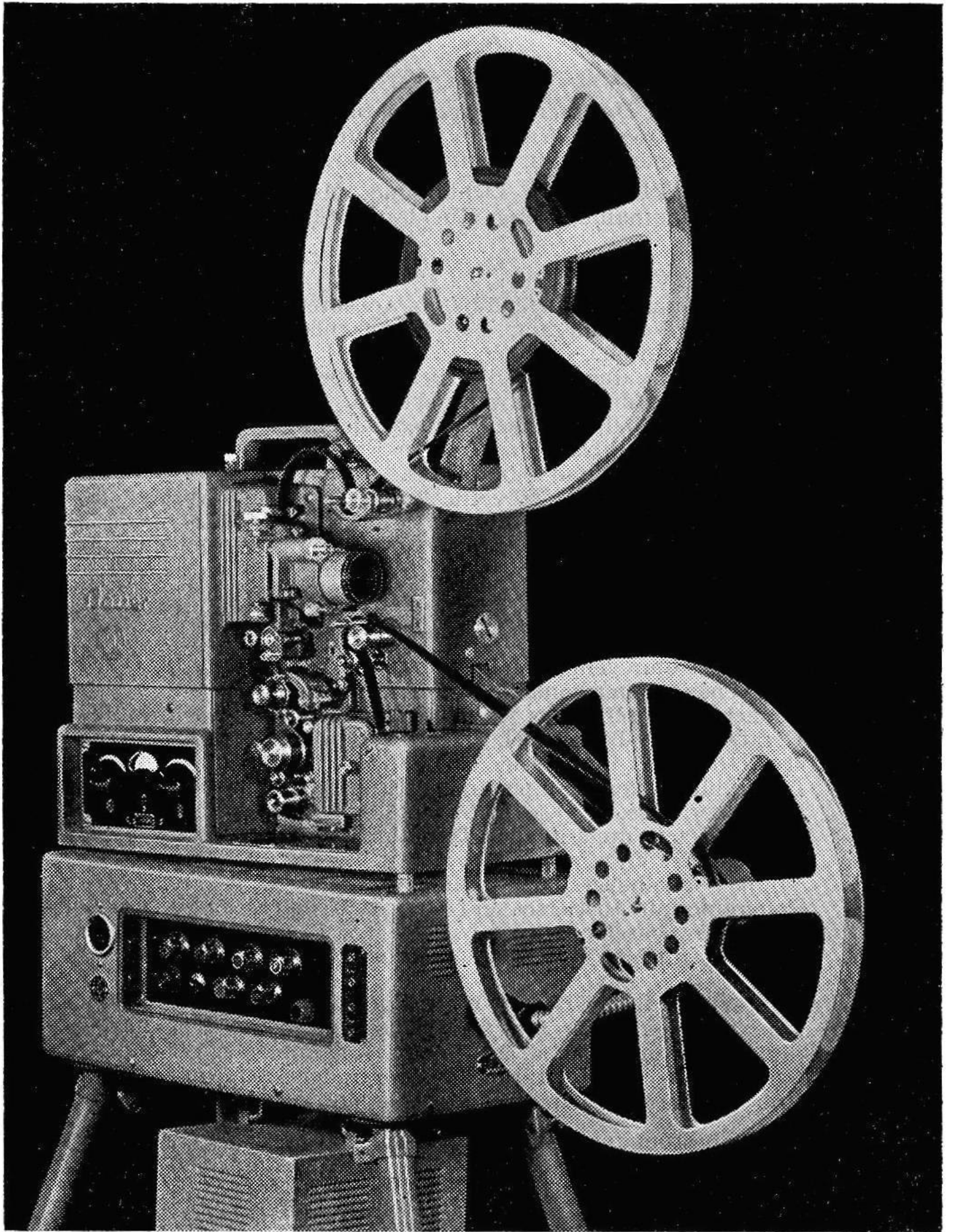
2 Röhren EF 86

2 Röhren ECC 83

2 Röhren EL 84

1 Röhre GZ 34

1 magisches Auge EM 71.



BAUER-Selecton II W

Zusammen mit dem zusammensteckbaren **Stativ** dient der Verstärker gleichzeitig als Tisch für den Projektor.

**Kofferlautsprecher:** (15 Watt) permanentdynamisch.  
Anpassung: 15 Ohm. 20 m Lautsprecherkabel.

**Transformator:** Zum Anschluß der kompletten Einrichtung an 110, 125, 200 und 220 Volt Wechselstrom  
oder

**Regeltransformator** mit stufenloser Regelung für alle Netzspannungen von etwa 90 bis 250 Volt.

**Gesamtausrüstung:**

- 1 Transportkoffer mit Projektor und Zubehör.
- 1 Transportkoffer mit Verstärker, Stativ und Kabelsatz.
- 1 Lautsprecherkoffer.
- 1 Transformator.

Geräte früherer Lieferungen sind ausgerüstet mit

**BAUER-Verstärker** (20 Watt) für Anschluß von Fotozelle, Schallplatte und Mikrophon. Gemeinsamer Lautstärkereglern, Klangfarbenregler, Anschluß für Saalregler. — Dieser Verstärker kann zur Wiedergabe von Magnettonfilmen ausgebaut werden.

Röhrenbestückung: 1 Röhre EF 12 K  
1 Röhre ECF 12  
2 Röhren EL 12/375  
1 Röhre GZ 34 (früher EZ 12)

oder

**Klangfilmverstärker** (12 Watt) für Anschluß von Fotozelle, Schallplatte und Mikrophon, Mischeinrichtung mit Lautstärkereglern für alle Tonquellen, Klangfarbenregler.

Röhrenbestückung: 4 Röhren EF 40  
2 Röhren EL 41  
1 Röhre EZ 40.

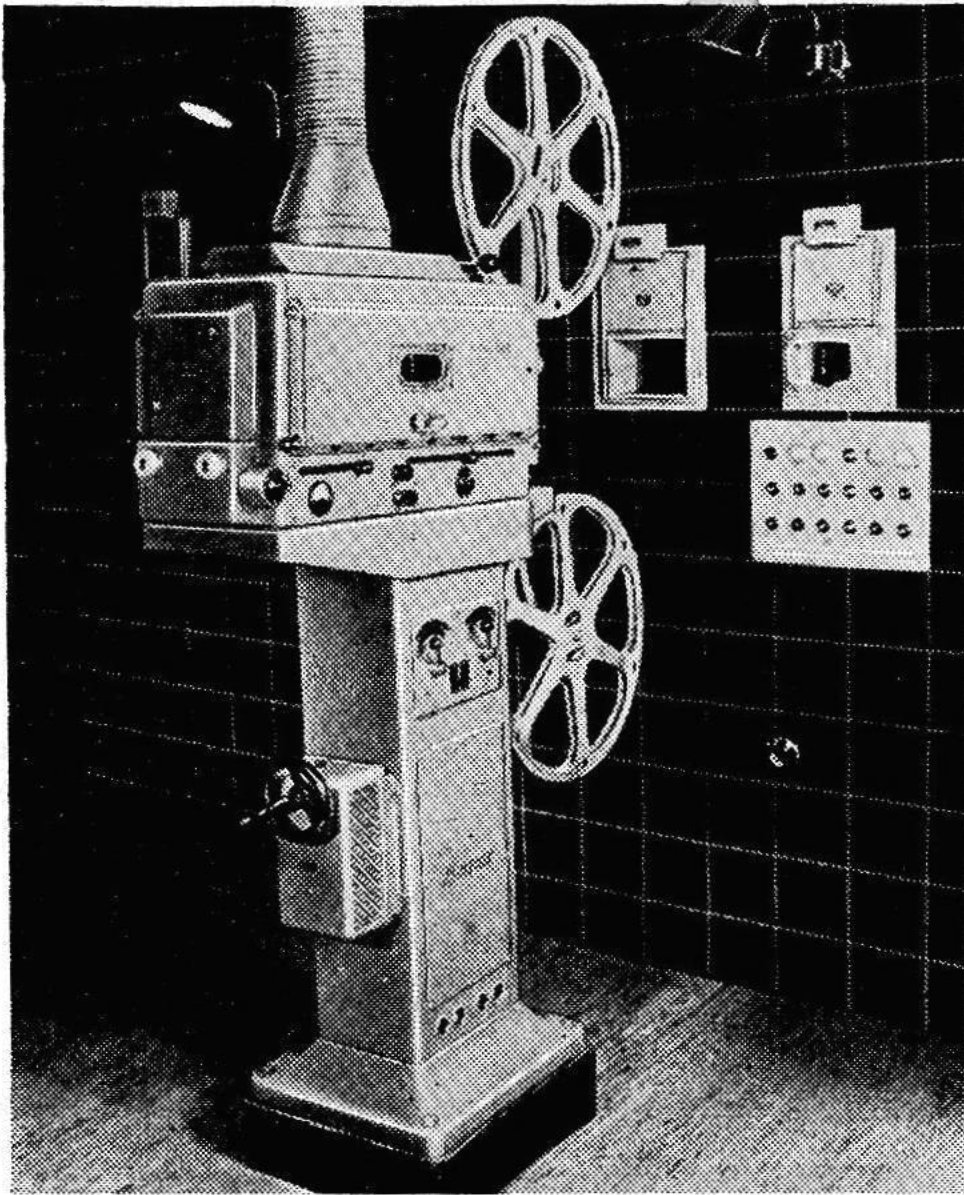
**BAUER-Selecton II O für ortsfeste Verwendung  
bei äußerst hoher Lichtleistung:**

Schmalfilmprojektor mit Malteserkreuzgetriebe für die Wiedergabe von 16-mm-Lichttonfilmen mit Bogenlampe für HI- und Reinkohlen bis 45 Ampere für Projektionsbilder bis 8 m Bildbreite.

Sonderausführung für Licht- und Magnettonwiedergabe.

**Technische Merkmale:**

Spulenfassungsvermögen, Filmführungsteile, Objektive, Getriebe und Toneinrichtung entsprechen im wesentlichen dem BAUER-Selecton II W.



**Beleuchtungseinrichtung:** Siehe besondere Beschreibung.

**Kastensäule** als Träger für die Tischplatte, mit eingebauten Schaltern für Bogenlampe, Motor, Tonlampe und einen weiteren Stromverbraucher, Stromverteilung für Projektor im Innern der Säule. Auch der Tonlampengleichrichter kann in der Kastensäule untergebracht werden.

**Antrieb:** Für 24 Bilder/sek. Asynchronmotoren für Einphasen-Wechselstrom, Asynchronmotoren für Drehstrom (3 Phasen).

Für wahlweise 16 und 24 Bilder/sek.: Polumschaltbarer Asynchronmotor für Einphasen-Wechselstrom oder Drehstrom.

Für 25 Bilder/sek. (Fernsehen): Synchronmotor für Einphasen-Wechsel- oder Drehstrom.

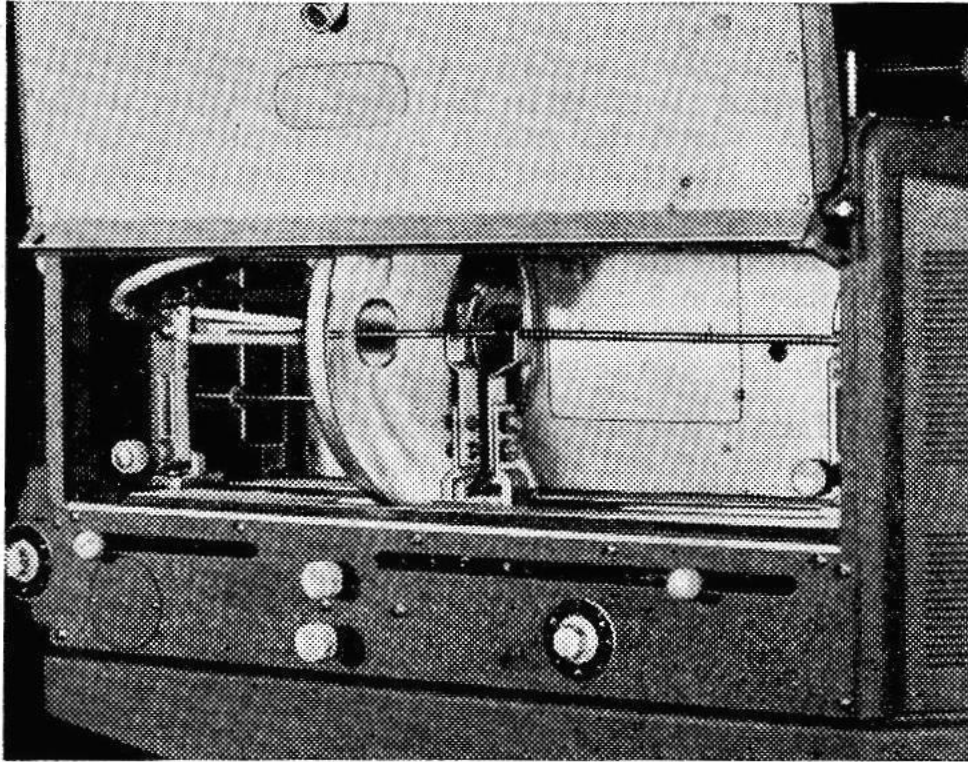
Alle Motoren sind direkt an das Getriebe angeflanscht. Außer dem Antriebsmotor besitzt das Gerät einen besonderen Kühlmotor für Film und Bildfensterpartie, wodurch auch bei hohen Lichtstärken eine schonende Behandlung des Films gewährleistet ist.

Größe und Art von Verstärker und Lautsprecher richten sich nach den Raumverhältnissen.

# Bogenlampe zum BAUER-Selecton II O

## Allgemeines

Die Bogenlampe zum BAUER-Selecton II O ist eine Spiegellampe für HI- und Reinkohlen. Sie gleicht in ihren konstruktiven Merkmalen den großen BAUER-Bogenlampen. In Verbindung mit dem BAUER-Selecton-II-O-Schmalfilmprojektor erlaubt diese Bogenlampe die Ausleuchtung von Bildern beim 16-mm-Schmalfilm bis 8 m Breite. Bei Reinkohlen arbeitet die Selecton-II-O-Lampe im Strombereich von 15—30 Ampere. Es lassen sich auf weißen Bildwänden damit Bildbreiten bis 4 m gut ausleuchten.



Bogenlampe zum BAUER-Selecton II O mit geöffnetem Lampenhaus

HI-Kohlen können mit Stromstärken von 18—45 Ampere gebrannt werden. Im Strombereich von 18—25 Ampere geben die HI-Kohlen keine höheren Lichtströme als Reinkohlen ab. Man benützt sie aber trotzdem bei kleineren Bildbreiten gern, weil sie eine tageslichtähnliche Lichtfarbe haben, während das Reinkohlenlicht leicht gelblich ist. Im Strombereich von 30—45 Ampere ist die Lichtleistung der HI-Kohlen wesentlich höher als mit Reinkohlen. Man kommt damit zur Ausleuchtung von Bildbreiten bis 8 m.

## Optisches System

Das optische System der BAUER-Selecton-II-O-Bogenlampe besteht aus einem asphärischen Spiegel mit 250 mm Durchmesser und den in die Lampenhausvorderwand eingebauten BAUER-Leuchtfeldlinsen. Je nach Kohlenart und Strombelastung kann mit den verschiedenen Leuchtfeldlinsen eine Anpassung der Kraterabbildung an das kleine Schmalfilmbildfenster erreicht werden.

## Konstruktionsmerkmale

In die BAUER-Selecton-II-O-Lampe können Pluskohlen bis 350 mm Länge und Minuskohlen bis 250 mm Länge eingesetzt werden. Jede Kohle liegt auf einer getrennten Kohlenstütze auf. Die Kohlenhalter sind durch Handverstellgriffe fein regulierbar, können aber auch mit einer Schnellverstellung rasch in jede beliebige Lage gebracht werden.

Der **Kraterreflektor** bildet die Kohlenspitzen auf eine Kratersichttafel an der Kabinenvorderwand ab.

Den **Kohlenvorrat** in der Lampe zeigt die Stellung der Schnellverstellhebel für die Plus- und Minuskohle. Man sieht auch bei geschlossenem Lampenhaus, wie lange die Lampe noch brennen kann, bis ein Nachsetzen der Kohlen nötig ist. Der **Blasmagnet** der Selecton-II-O-Lampe ist fest eingestellt und dem HI-Betrieb im Stromstärkenbereich von 15—45 Ampere angepaßt. Bei Reinkohlenbetrieb ist der Blasmagnet ebenfalls in Tätigkeit. Er braucht aber nicht eingeschaltet zu werden, da wegen der hohen Bogenspannung der Reinkohlen die Beeinflussung des Lichtbogens durch den Magneten praktisch vernachlässigt werden kann.

Das **automatische Kohlennachschubwerk** ist stufenlos regelbar und kann für Abbrandverhältnisse von 1 : 1 bis 1 : 4 eingestellt werden. Der Nachschub ist sowohl bei Reinkohlenbetrieb als auch bei HI-Betrieb allen vorkommenden Abbrandgeschwindigkeiten gewachsen.

Zur **Kontrolle des Lampenstroms** kann die Lampe mit einem Amperemeter ausgerüstet werden. Außer der am Projektor befindlichen automatisch betätigten **Lichtabschlußklappe** ist eine am Lampenhaus befindliche Klappe vorgesehen, die von Hand betätigt werden kann. Für die Ableitung der Verbrennungsgase besitzt die Lampe einen **Abzugstutzen**. So ist sie mit all den Merkmalen ausgerüstet, die die Bogenlampen der BAUER-Normalfilmprojektoren kennzeichnen.

Für den Betrieb der Bogenlampe ist bei Wechselstromnetzen ein **Gleichrichter** nötig.

Auf Wunsch kann an die Bogenlampe des BAUER Selecton II O eine **Dia-Einrichtung** angebaut werden.

## Dia-Anbaugerät

Dieses Gerät ist zum Anbau an den BAUER Selecton II O gedacht.

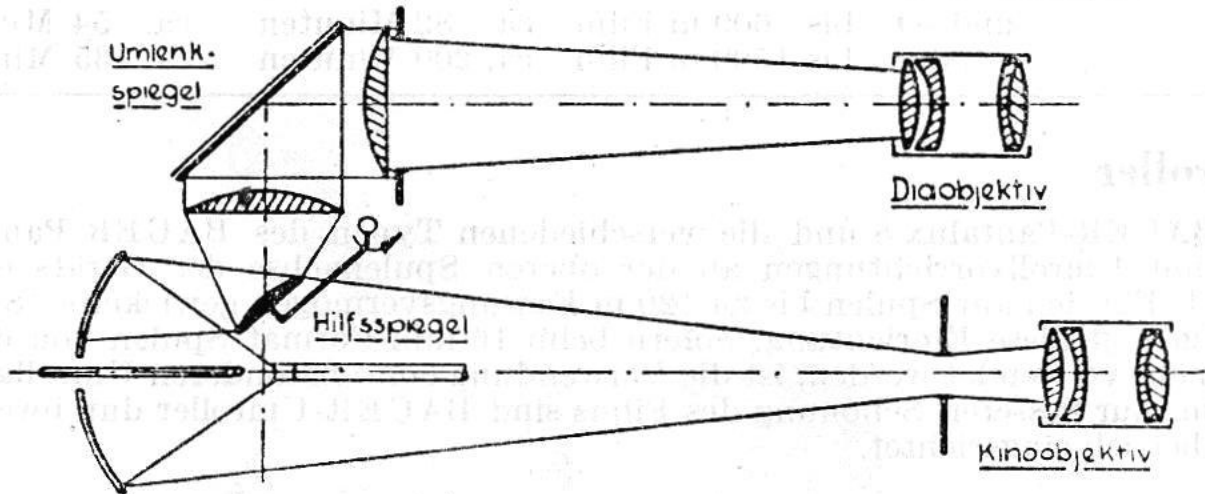
Es setzt die Verwendung einer Bogenlampe im Projektor voraus.

Für Glühlampenbetrieb kann es nicht verwendet werden.

Das Dia-Anbaugerät kann — auch nachträglich — an einer im Lampenhaus vorbereiteten **Öffnung** angesetzt werden. Es gestattet die Projektion von Glasdiapositiven mit den Formaten  $8,5 \times 8,5$  und  $8,5 \times 10$  cm.

Die Wirkungsweise geht aus der schematischen Zeichnung hervor. Ein aus- und einschwenkbarer **Hilfsspiegel** nimmt das Licht aus einem Teil der Fläche des Bogenlampenspiegels auf und leitet es über Kondensator, Umlenkspiegel und eine zweite Kondensorlinse dem Diaobjektiv zu. In einem Fallschacht nach der zweiten Kondensorlinse wird das Diapositiv durchleuchtet. Die Brennweite der

dicht hinter dem Diapositiv stehenden Kondensorlinse muß so bemessen sein, daß alle aus dem Diapositiv austretenden Strahlen in das Objektiv fallen. Wenn das nicht der Fall ist, ergibt sich eine mangelhafte Dia-Wiedergabe. Bei zu kurzer Brennweite erscheinen die Bildecken dunkel. Bei zu langer Brennweite ist die Diaprojektion über die ganze Bildfläche hin nicht hell genug. Die Brennweite des Diaobjektivs muß auf die Brennweite des Kinoobjektivs abgestimmt sein. Richtige Verhältnisse ergeben sich, wenn die Brennweite des Diaansatzes das zehnfache des Schmalfilmobjektivs beträgt.



Strahlengang beim Dia-Anbaugerät zum Selecton II O

## Spulen

Das Filmband wird in **Spulen** mit verschiedenem Fassungsvermögen aufbewahrt. Maßgebend für die Spulengröße sind die Länge des Films und die Größe der Spulenarme des Projektors. Zur Schonung des Films ist es vorteilhaft, die Spule so groß zu wählen, daß der Spulenrand über das aufgewickelte Filmband ragt. Aus dem gleichen Grunde soll der Kerndurchmesser der Spule nicht zu klein gewählt werden. Gebräuchliche Größen für Spulen sind:

	Filmfassungsvermögen m	Außendurchmesser mm	Kerndurchmesser mm
8 mm	15	ca. 52	ca. 19
	30	95	32
	60	125	42
	120	180	60
16 mm	60	125	42
	120	180	60
	240	250	70
	480	330	90
	600	350—385	100—125
	1200	510	130
	1500	565	130

## Spulenfassungsvermögen der BAUER-Schmalfilmprojektoren

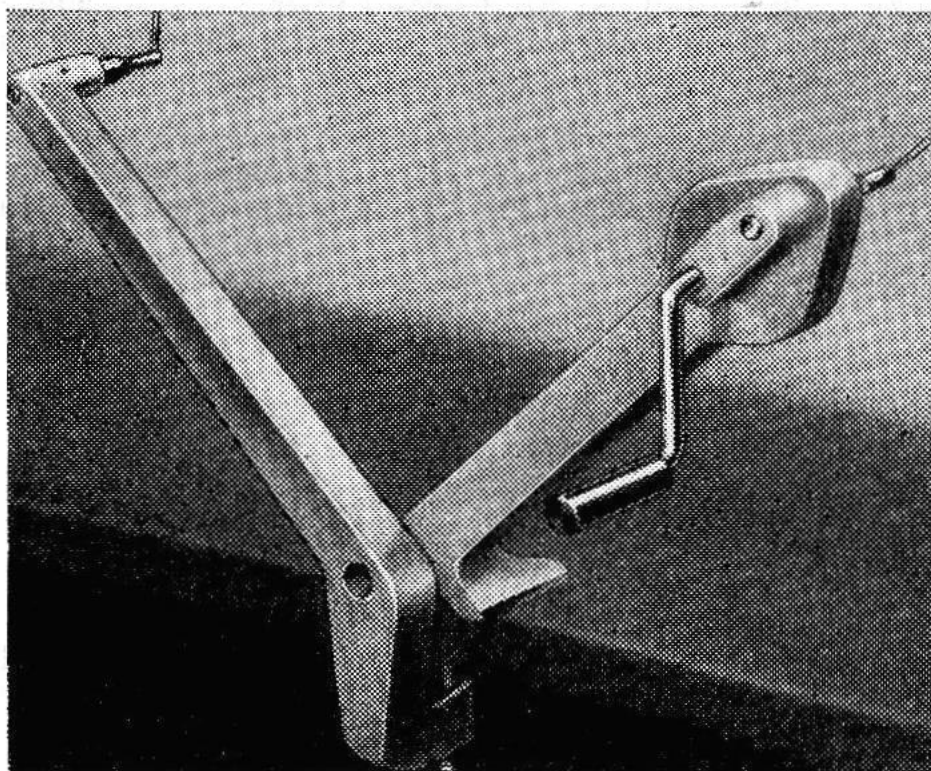
			Laufzeit der vollen Spule	
			bei 16 Bi/Sek.	bei 24 Bi/Sek.
8 mm	Pantalux 8	bis 120 m Film	ca. 33 Minuten	ca. 22 Minuten
16 mm	Pantason	bis 600 m Film	ca. 82 Minuten	ca. 54 Minuten
	Selecton II W	bis 600 m Film	ca. 82 Minuten	ca. 54 Minuten
	und -O	bis 1500 m Film	ca. 200 Minuten	ca. 135 Minuten
	oder			

### Umroller

Der BAUER-Pantalux 8 und die verschiedenen Typen des BAUER-Pantason sind mit Umrollvorrichtungen an der oberen Spulenachse des Geräts eingerichtet. Für den auf Spulen bis zu 120 m Fassungsvermögen gewickelten 8-mm-Film genügt diese Einrichtung. Sofern beim 16-mm-Format Spulen von 600 m und mehr verwendet werden, ist die Verwendung eines besonderen Umrollgeräts ratsam. Zur besseren Schonung des Films sind BAUER-Umroller durchweg für Handbetrieb eingerichtet.

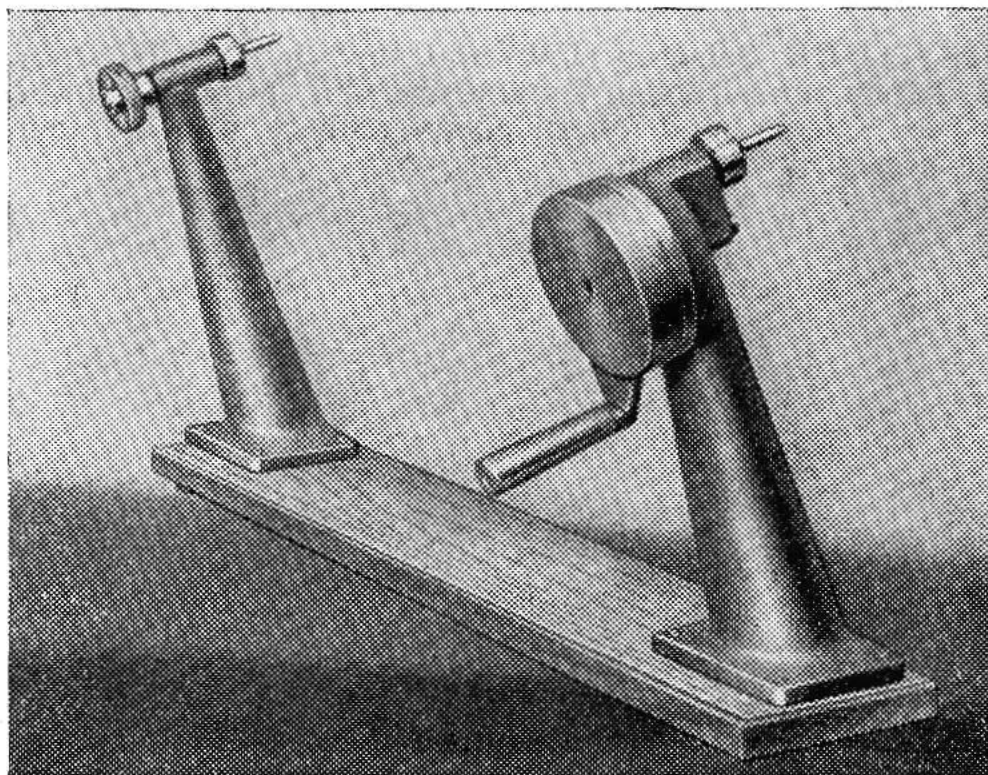
### BAUER-Umroller für 16-mm-Spulen bis 600 m Film

Der Umroller besitzt scherenförmig angeordnete Arme, die beim Transport zusammengelegt und für den Betrieb auseinandergespreizt werden können. Das Gerät kann nach Art einer Schraubzwinde am Tisch befestigt werden. Die Handkurbel ist übersetzt. Die Spulen werden mittels verschiebbarer Zungen auf der Umrollerachse festgehalten. Der Umroller ist sehr stabil gebaut und besitzt stark dimensionierte Zahnräder.



## **BAUER-Umroller für 16-mm-Spulen bis 1500 m Film:**

Auch dieser Umroller zeichnet sich durch seine besonders robuste und widerstandsfähige Bauart aus. Die beiden Spulenarme sind auf einem Brett aus Hartholz montiert. Ihre leichte Schräglage verhindert ein Abspringen der Spulen auch bei hohen Drehzahlen. Die Kurbel ist übersetzt. Auch bei diesem Gerät werden die Spulen durch verschiebbare Zungen auf der Umrollerachse festgehalten.



## **Klebpressen**

Sie sind bewußt einfach in Bau und Handhabung. Verschiedene Blechklappen dienen zum Festhalten, zum Abschneiden und zum Aufeinanderpressen der Filmenden. Die richtige Lage des Films beim Schneiden und beim Kleben wird durch Zähne garantiert, die das Filmband in den Perforationslöchern aufnehmen.

Klebpressen sind erhältlich für 8-mm-Filme,  
16-mm-Stummfilm und  
16-mm-Tonfilm.

**Werkzeug** wie Filmkitt, Spannungsprüfer, Schere, Schraubenzieher, Öler, Zange, Kufenschaber (zur Reinigung der Kufen im Bildkanal), Lupe zur Einstellung der Projektionslampe sind auf Wunsch erhältlich. In der Schulausstattung der 16-mm-Geräte sind die von den Richtlinien geforderten Zubehör- und Werkzeugteile enthalten.

## Arbeitslampe

für den BAUER-Pantalux 8 und die Pantason-Geräte kann eine zweckmäßige Arbeitslampe geliefert werden. Die Lampe wird in eine Bohrung am Projektorgehäuse eingesteckt. Sie ist nach allen Seiten schwenkbar und kann auch als Pausenbeleuchtung verwendet werden. Die Halterung des Lampenschirms ist als Drehschalter ausgebildet.

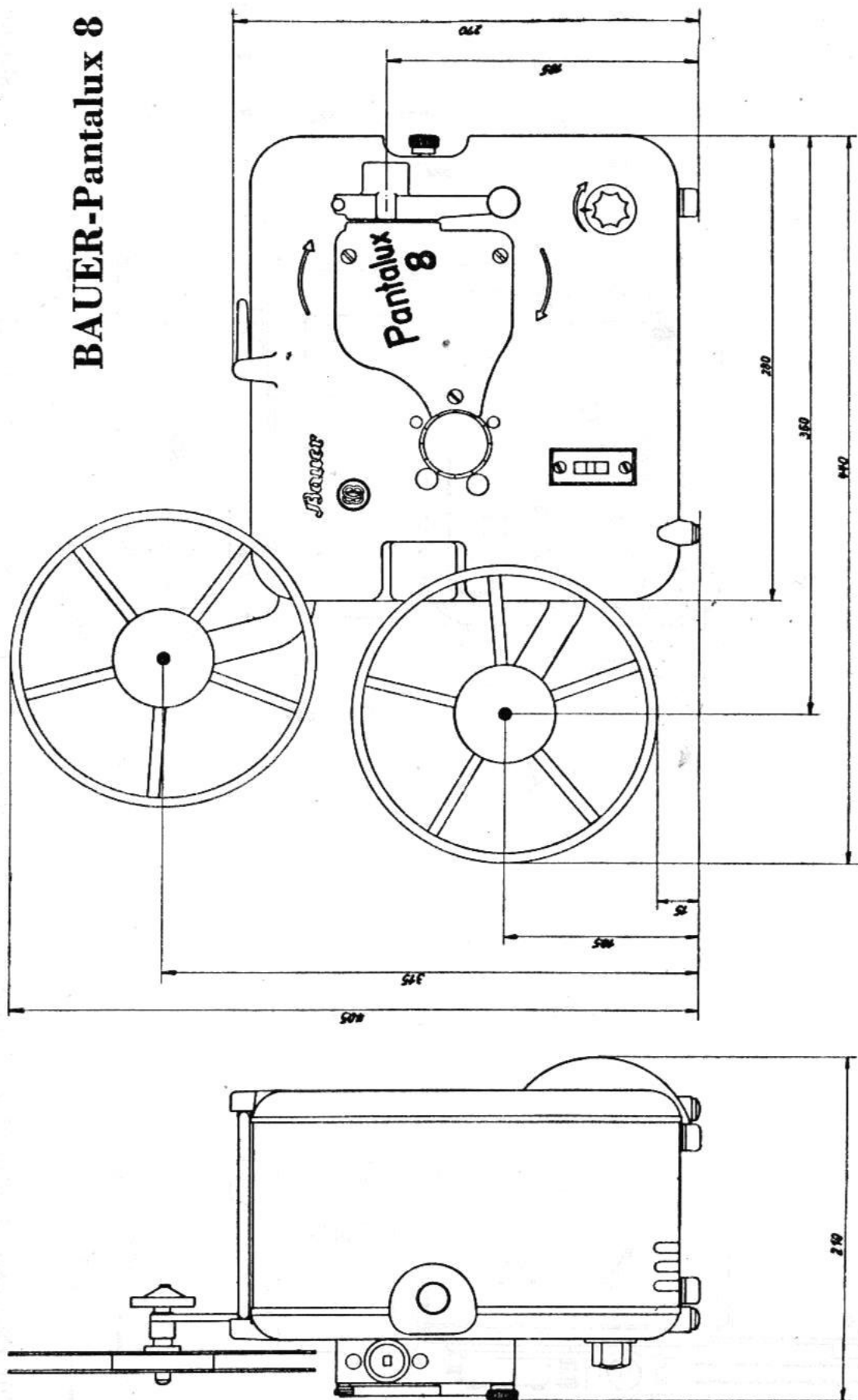
## Umkehrspiegel

sind für den BAUER Selecton II W und für die BAUER-Pantason-Geräte lieferbar. Sie dienen zur seitlichen Umkehrung von 16-mm-Tonfilmen bei Durchprojektion. Die Spiegel sind oberflächenversilbert und können durch eine Schutzkappe abgedeckt werden.

## IX. Abmessungen von BAUER-Schmalfilmgeräten

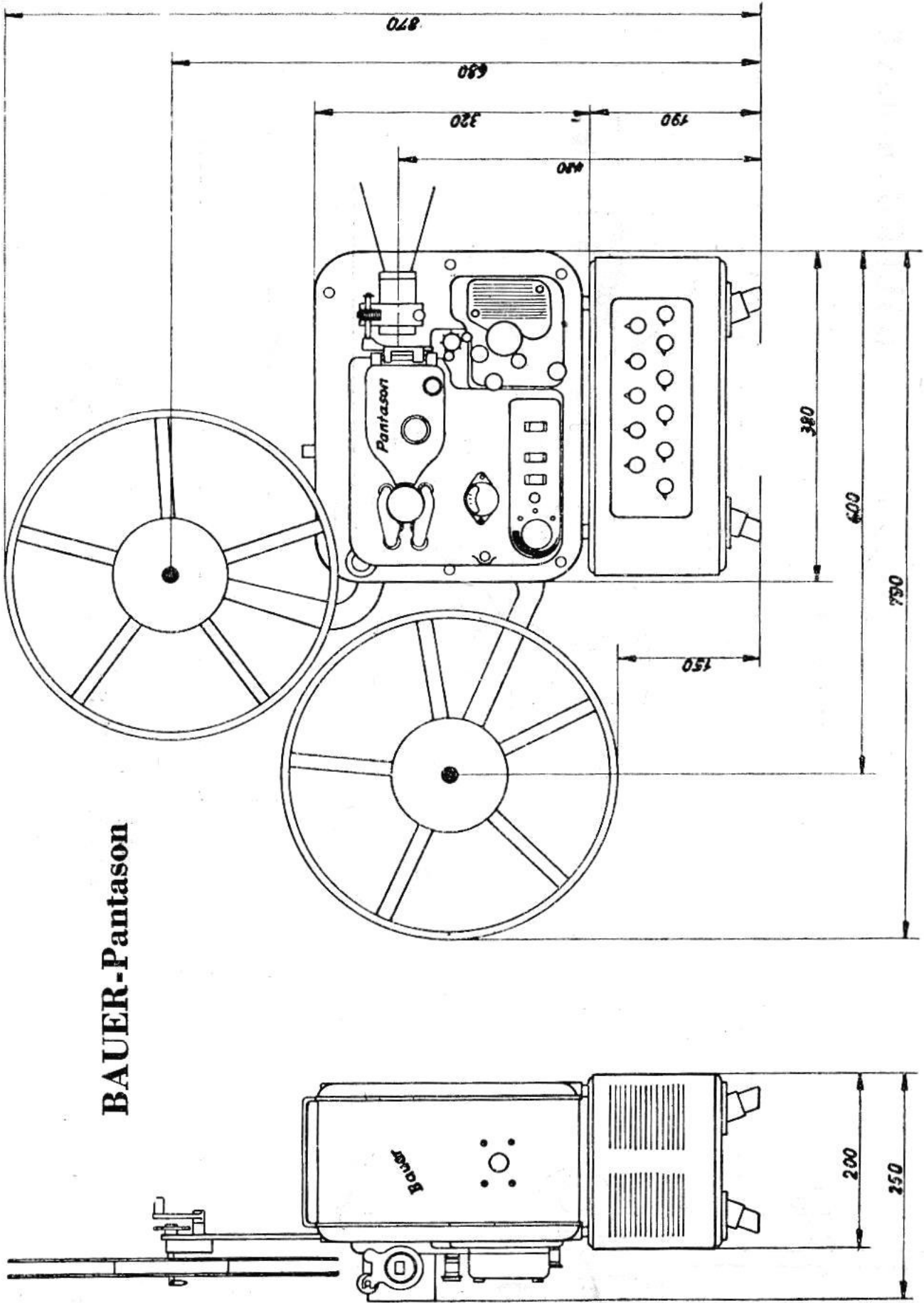
Kameras :	(mm)			(g)
	Höhe	Breite	Tiefe	Gewicht
BAUER 88	126	84	52	750
BAUER 88 C	126	84	52	760
BAUER 88 B	133	115	55	980
<b>Kleintitelgerät</b>	65	44	39	120
Vorsatz zum Kleintitelgerät	68	44	39	170
<b>BAUER-Pantamat</b>	250	430	270	13400

# BAUER-Pantalux 8



Gewicht des Geräts ..... 5,8 kg  
 Gewicht des Koffers mit Zubehör .. 2,3 kg

# BAUER-Pantason



Für Pantason L und M gelten die gleichen Bau Maße. Pantason S und T besitzen keinen Untersatzverstärker.

Gewicht (kg)

### **BAUER-Pantason S:**

Projektor .....	13,0
Koffer mit Zubehör .....	7,3

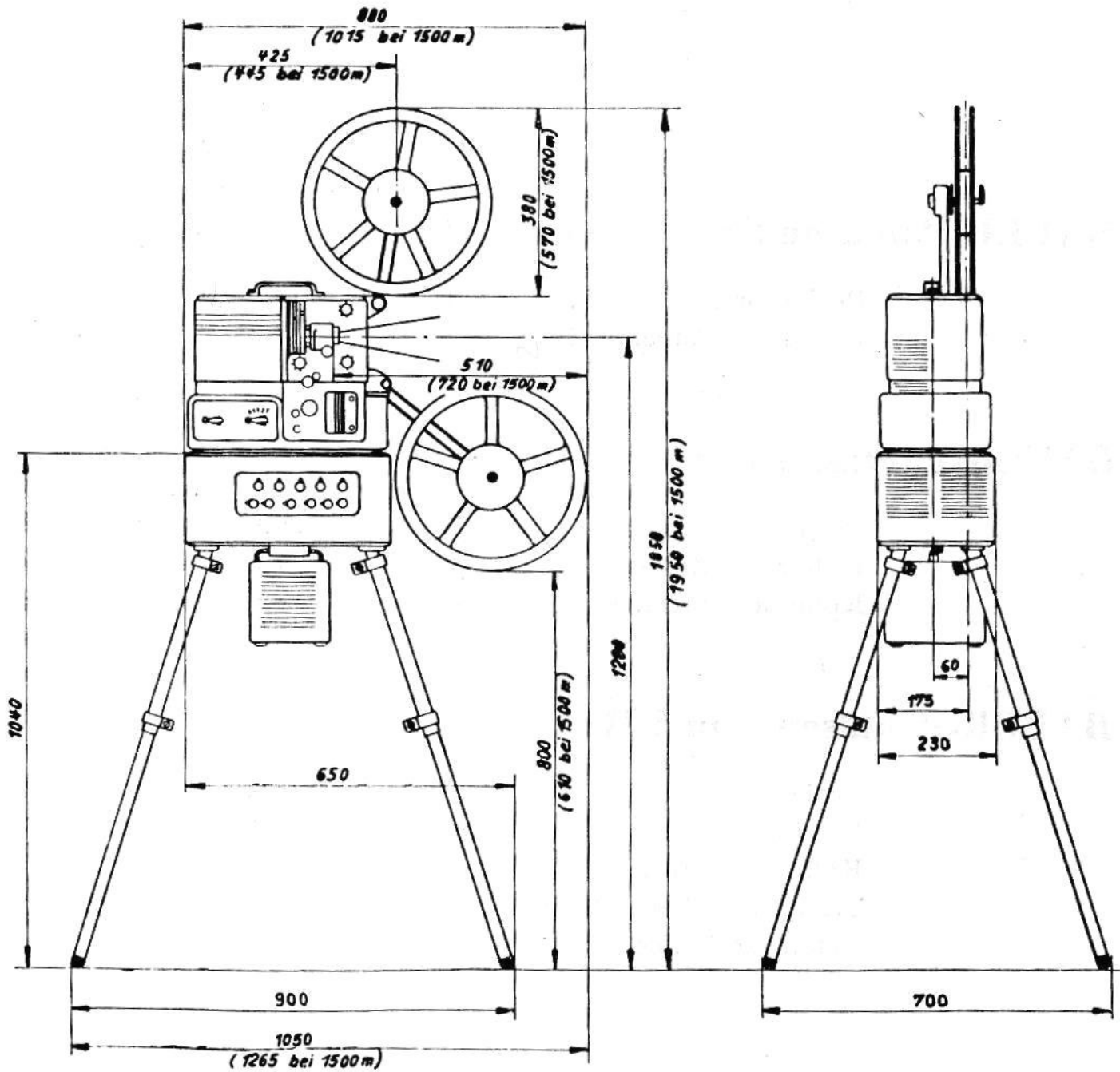
### **BAUER-Pantason T:**

Projektor .....	20,6
Koffer mit Zubehör .....	7,3
Kofferlautsprecher .....	6,9

### **BAUER-Pantason L und M:**

Projektor .....	16,8
Verstärker .....	11,5
Kofferlautsprecher .....	10,5
Transportkoffer mit Zubehör .....	7,0
Verstärkerkoffer .....	5,2

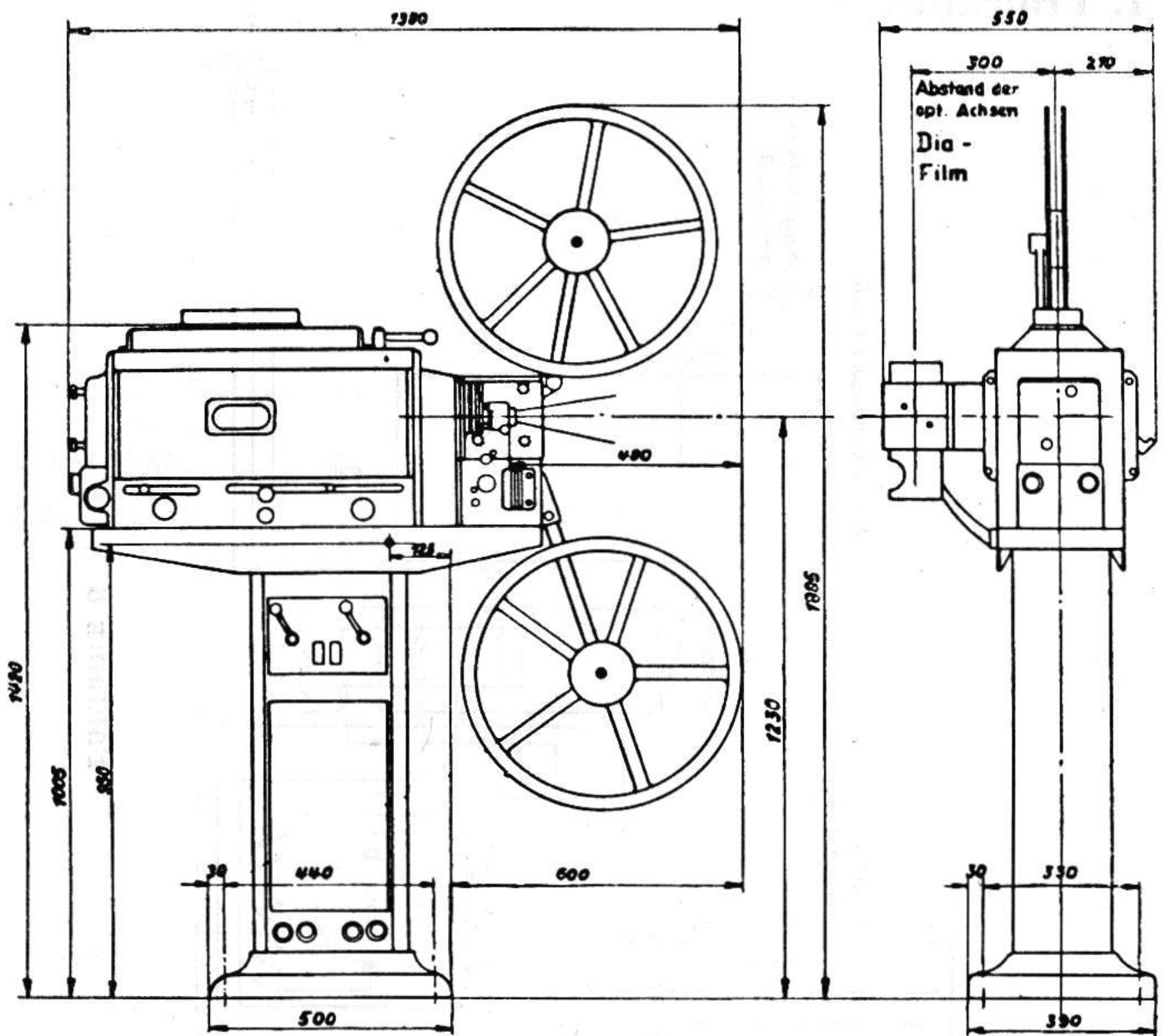
# BAUER-Selecton II W



## Gewicht (kg)

Projektor mit Koffer und Zubehör .....	27
Verstärker (14 Watt) mit Koffer und Zubehör .....	17,5
Verstärker (12 Watt) mit Koffer und Zubehör .....	27
Verstärker (20 Watt) mit Koffer und Zubehör .....	27
Kofferlautsprecher .....	16

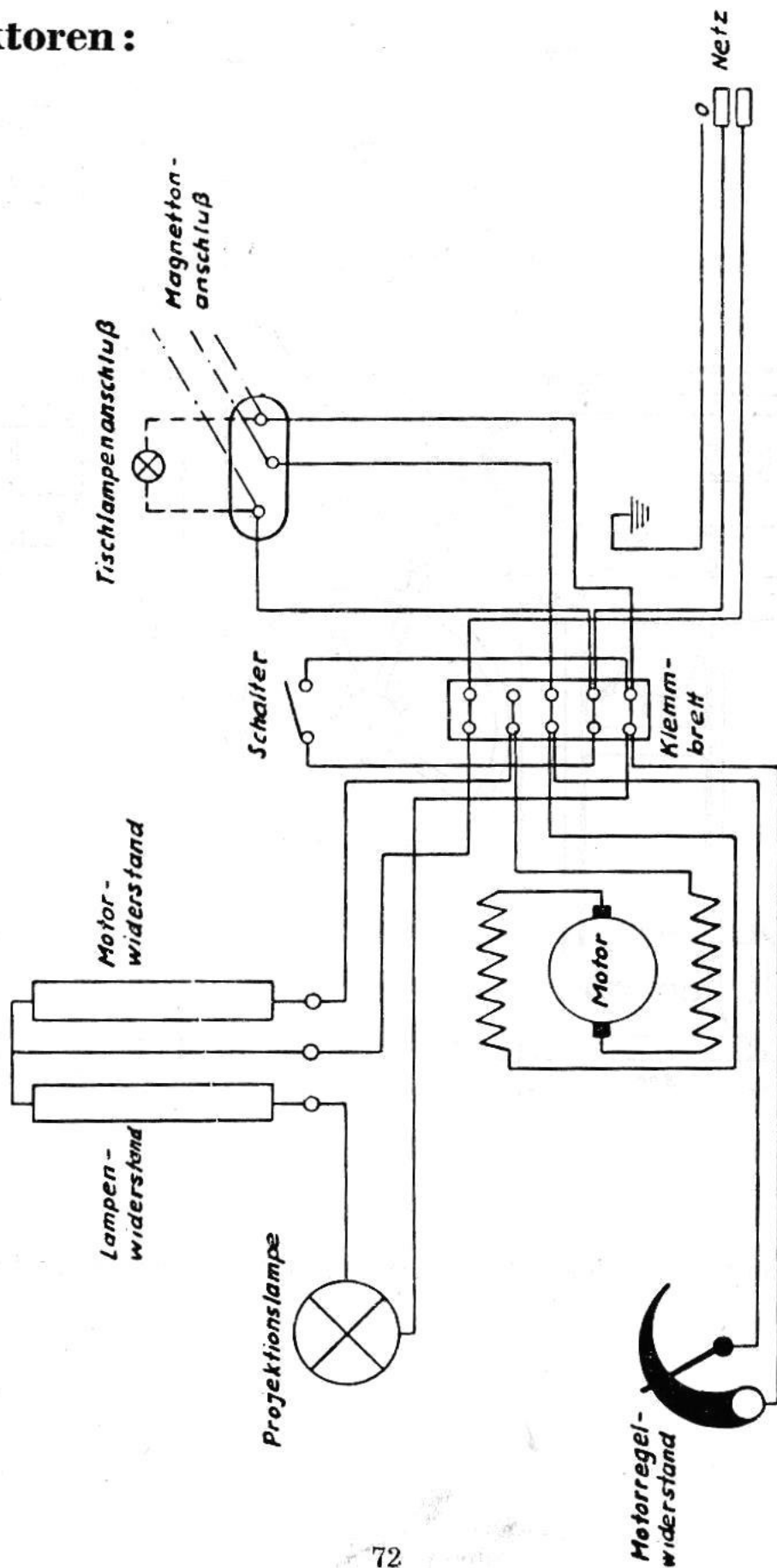
# BAUER-Selecton II O



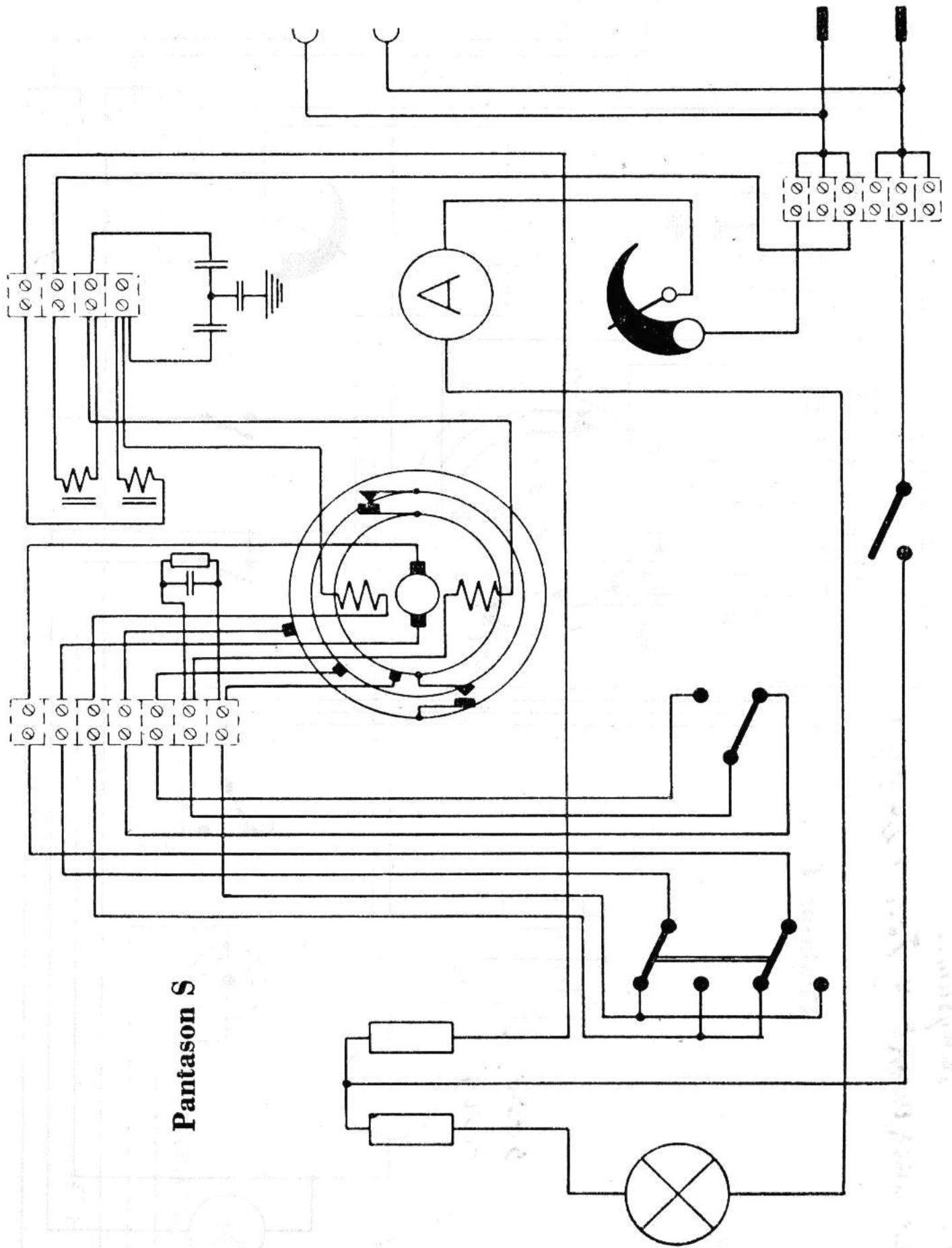
Gewicht des Projektors mit Lampe, Tischplatte und Kastensäule 92 kg

# X. Schaltbilder für Projektoren und Verstärker

## 1. Projektoren:



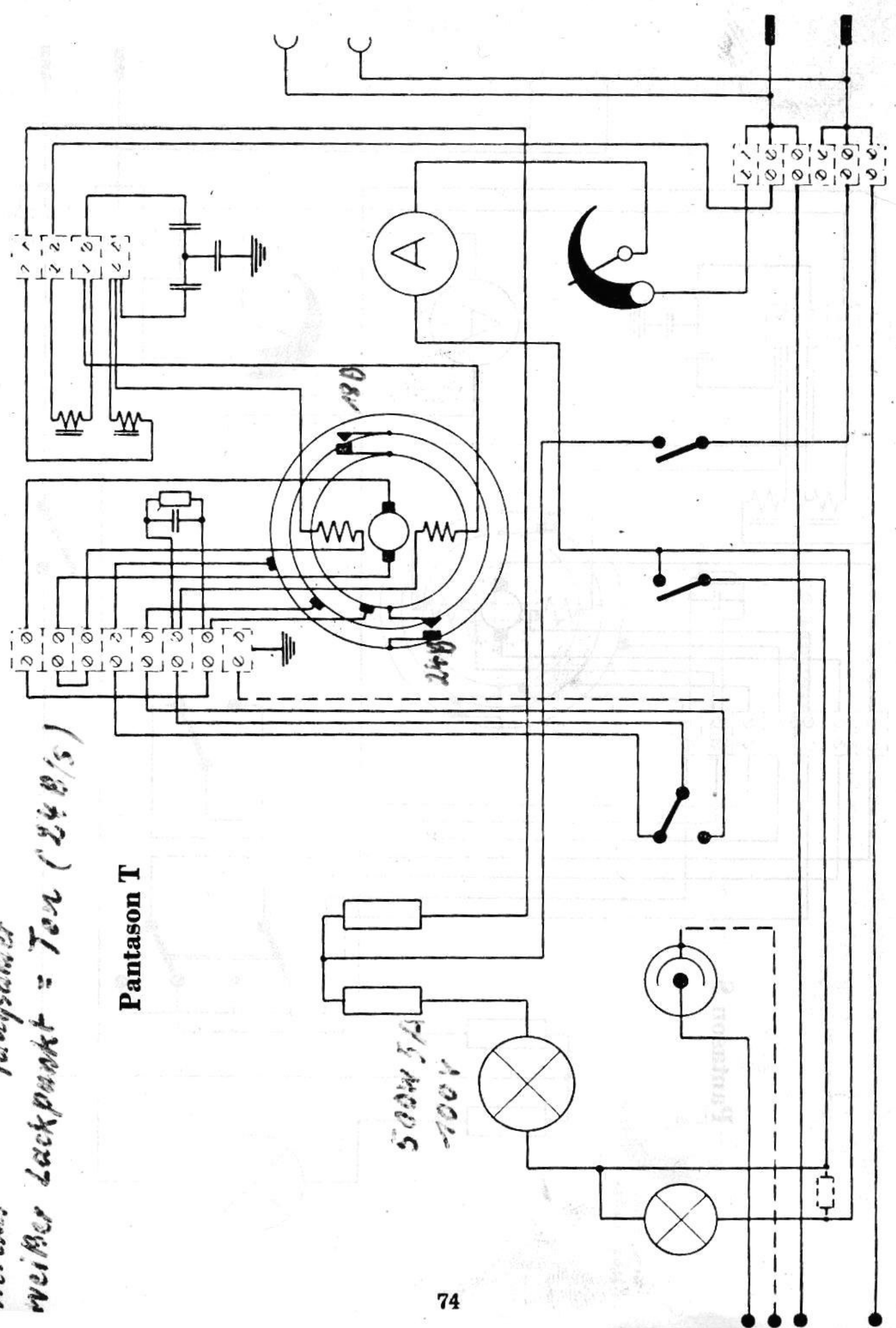
Pantalux 8



Pantason S

hineindrehen schneller  
 heraus langsamer  
 weißer Lackpunkt = Ton (240/5)

**Pantason T**

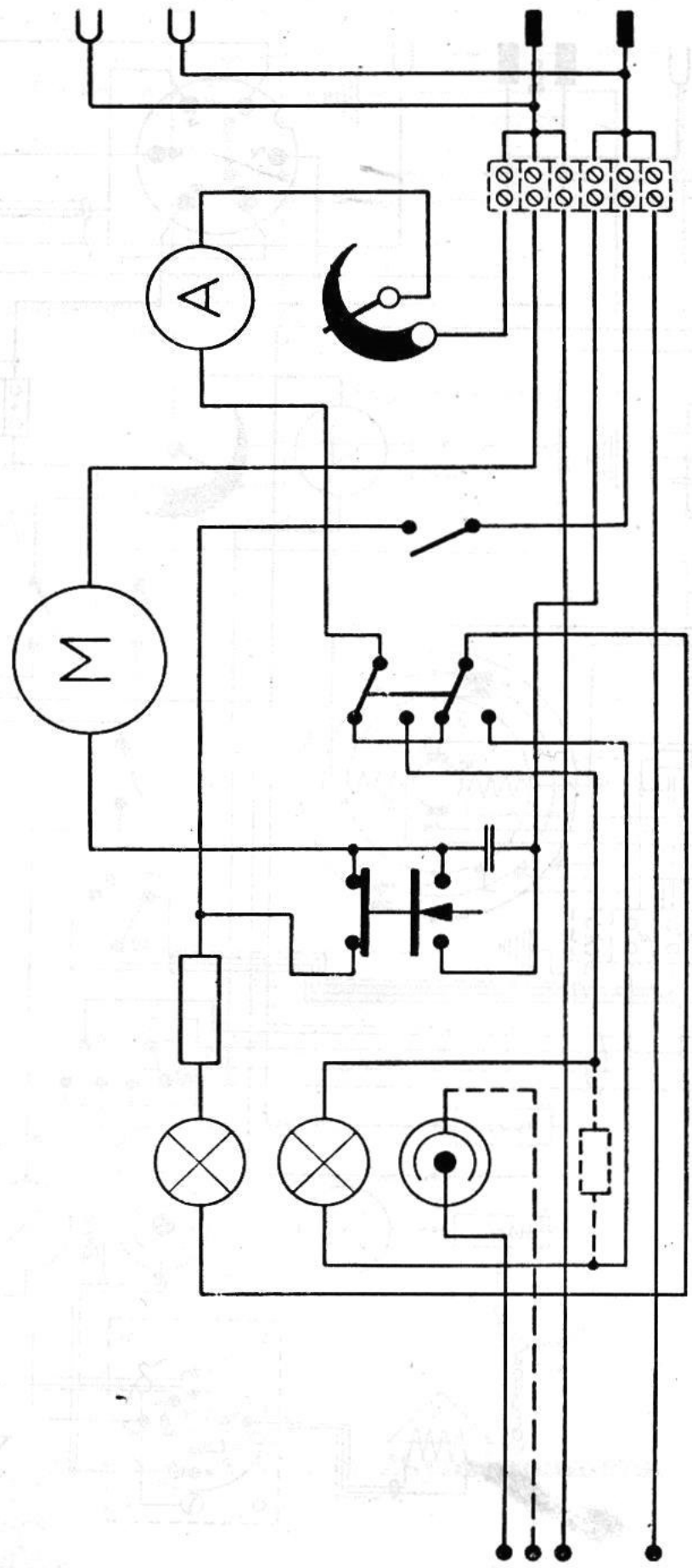


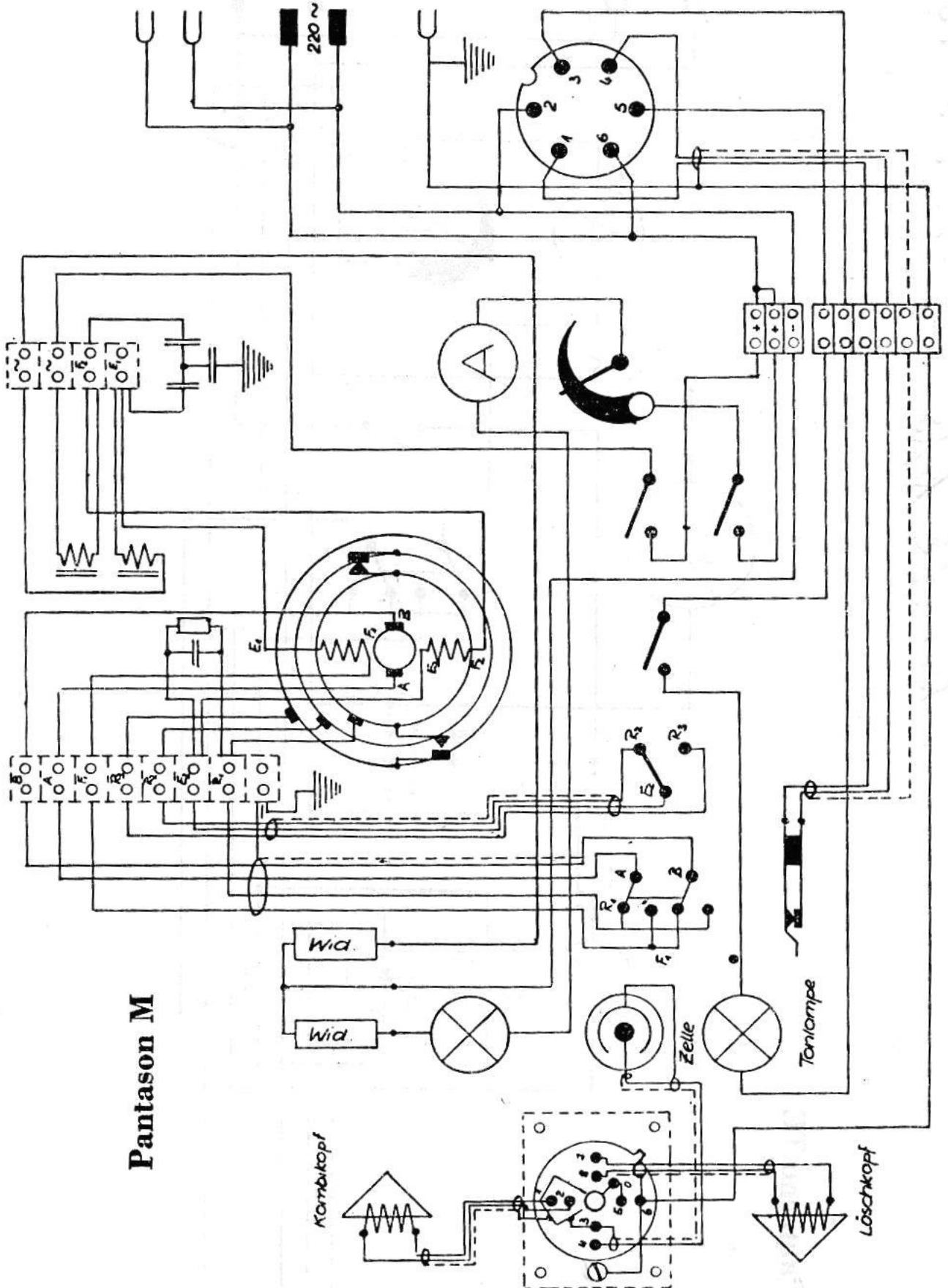
500W 5A  
 100V

Umdr. der Greiferachse bei 24 B/s = 1440

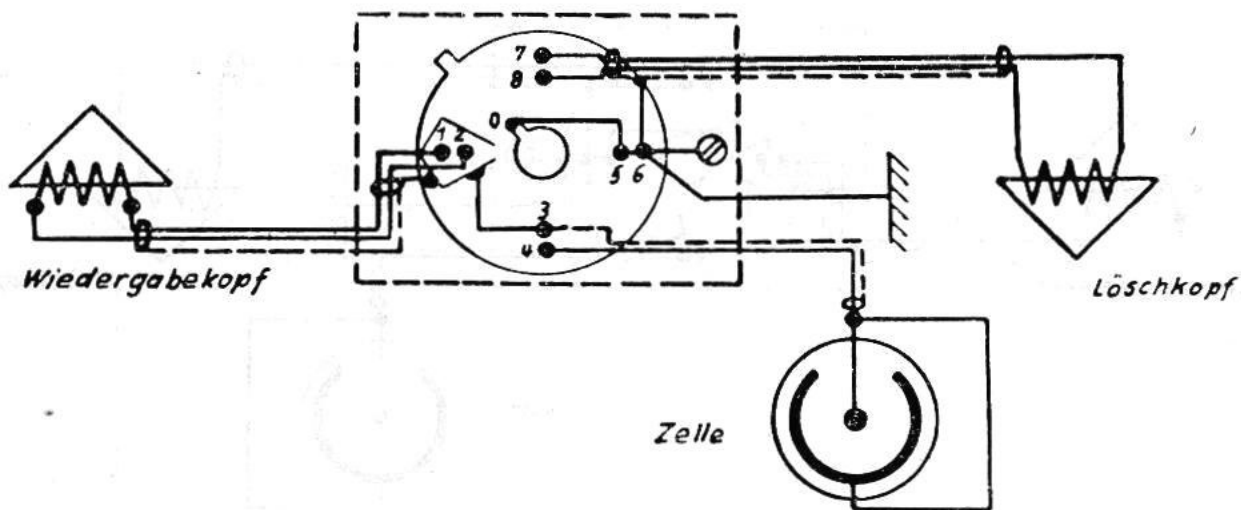
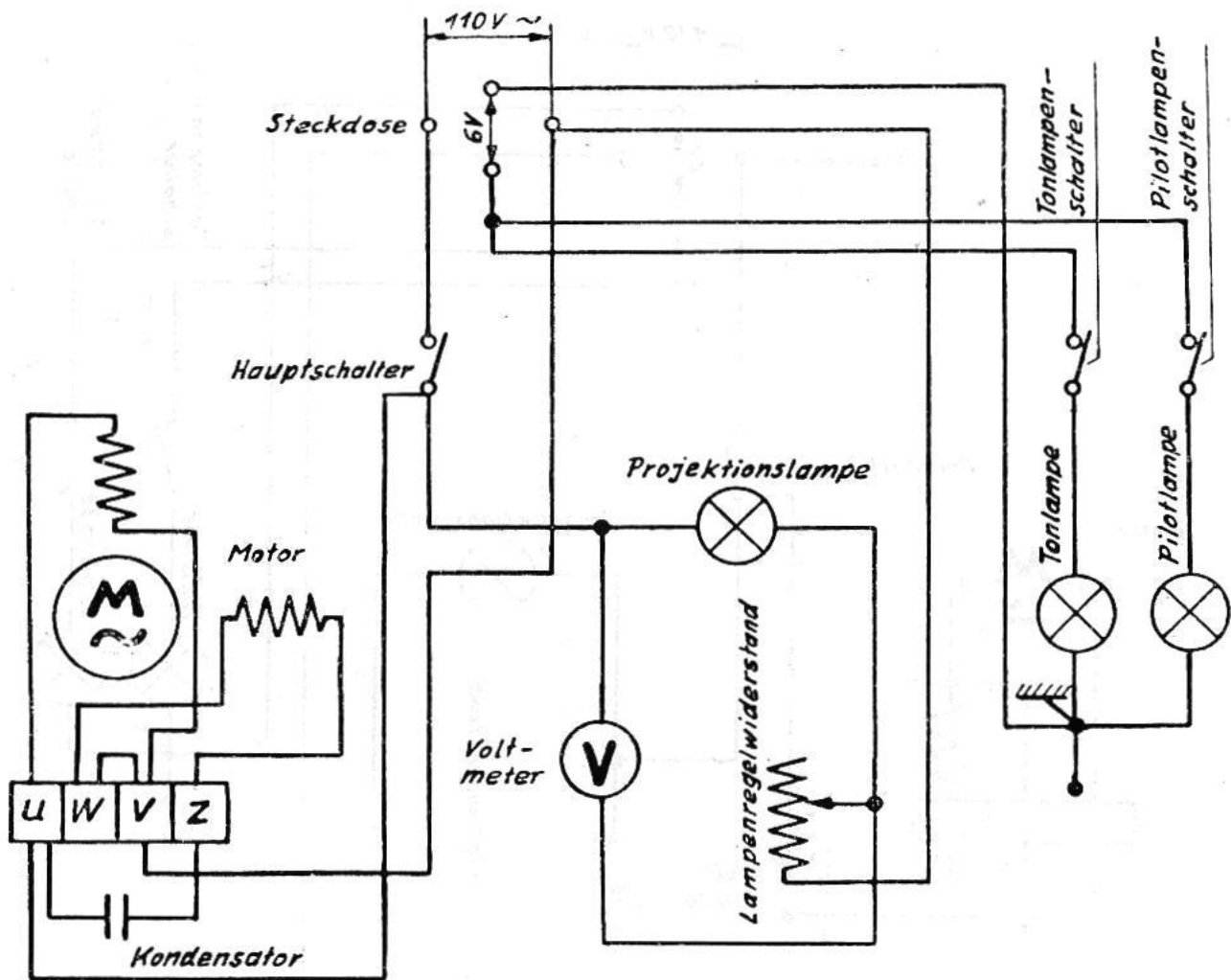
bei 18 B/s = 1535/1080

Pantason TE

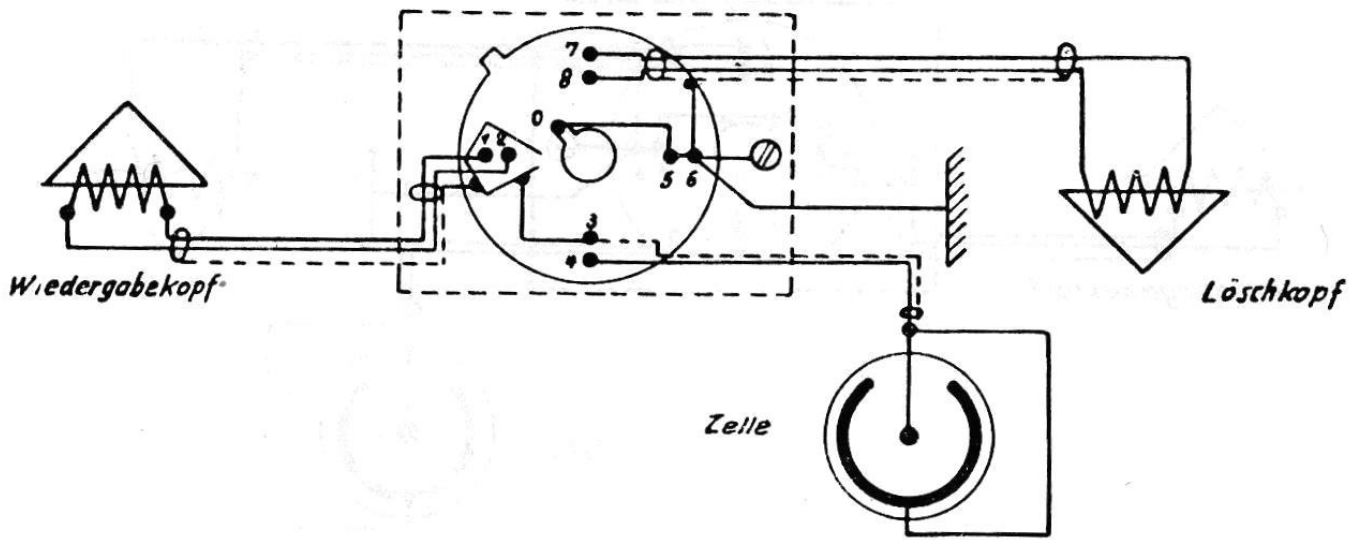
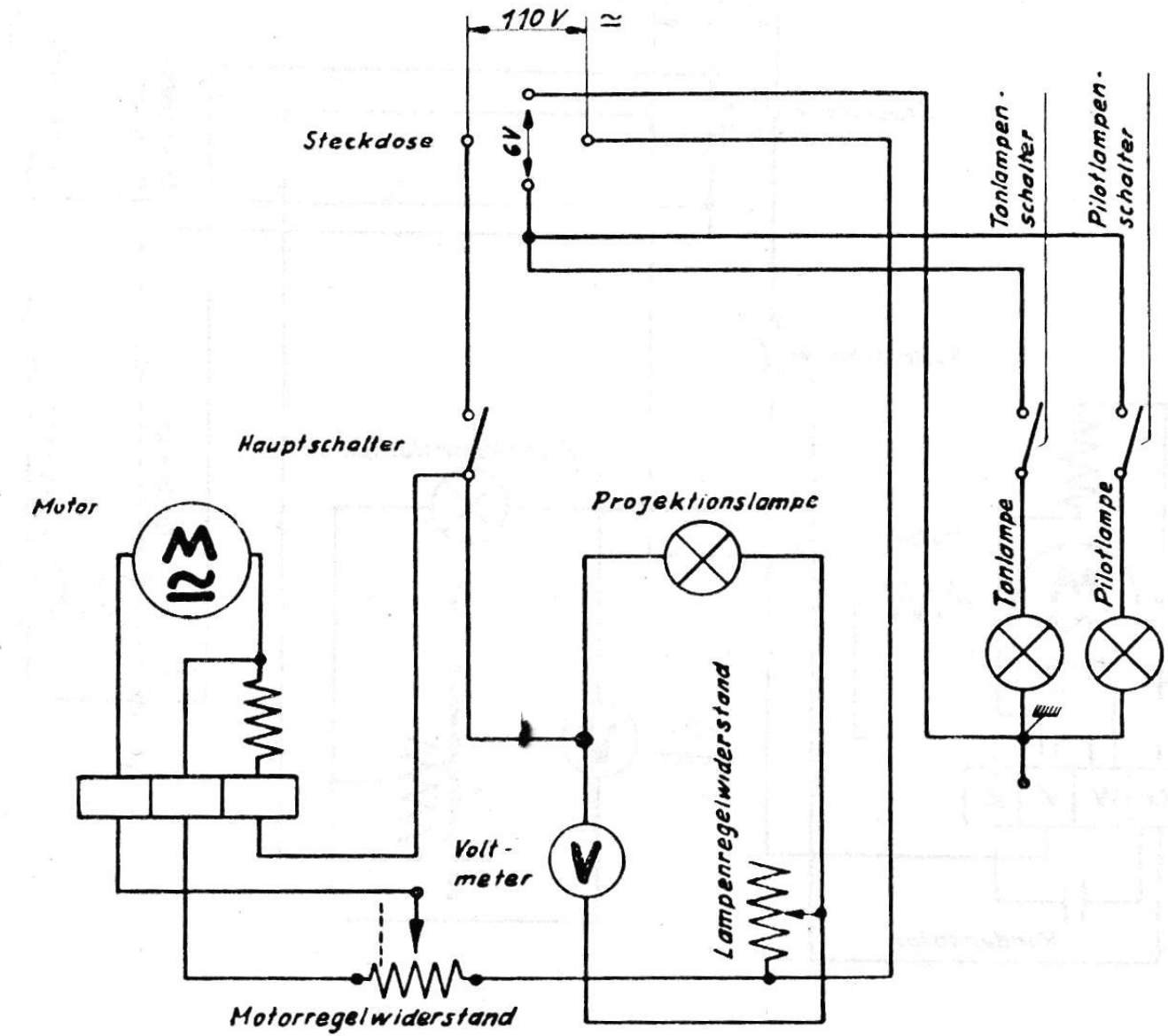




**Pantason M**



Selecton II W mit Asynchronmotor



**Selecton II W mit Hauptstrommotor**

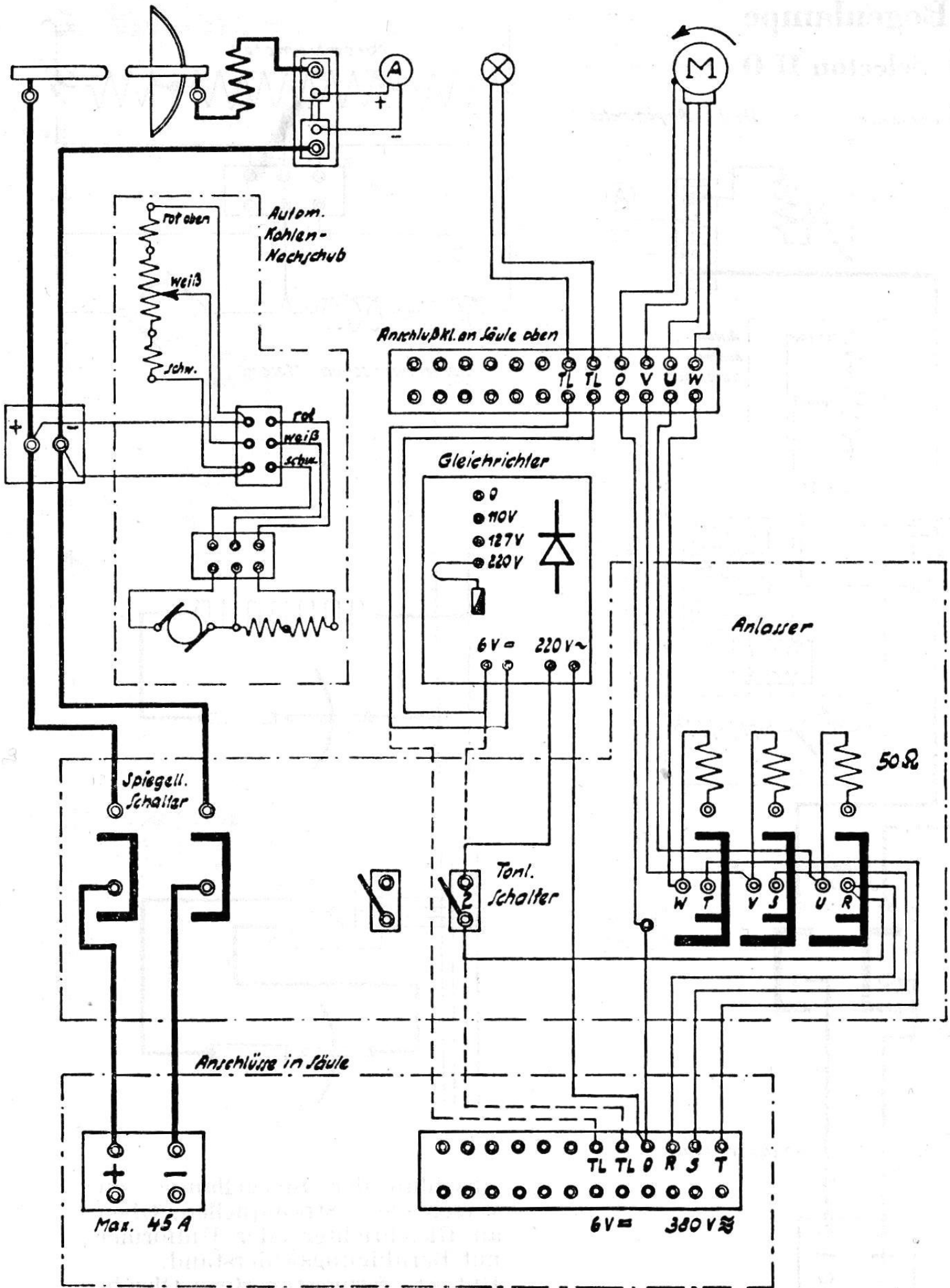
Spiegellampe

Shunt

Ampèremeter

Tonlampe

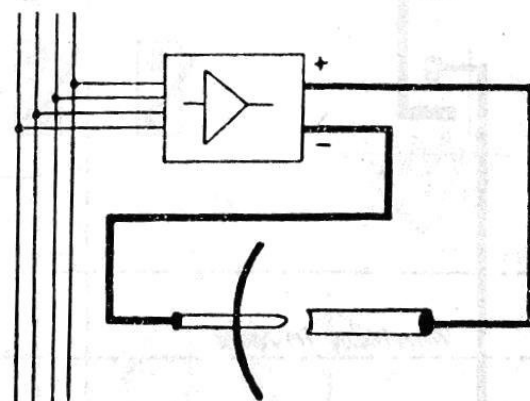
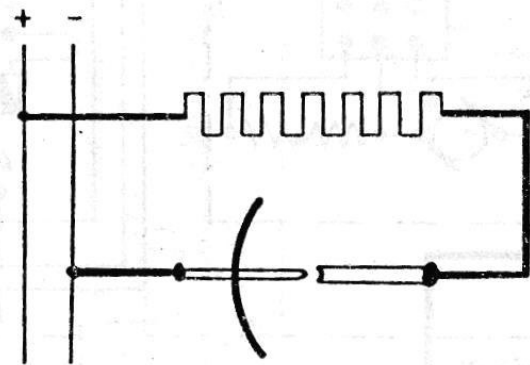
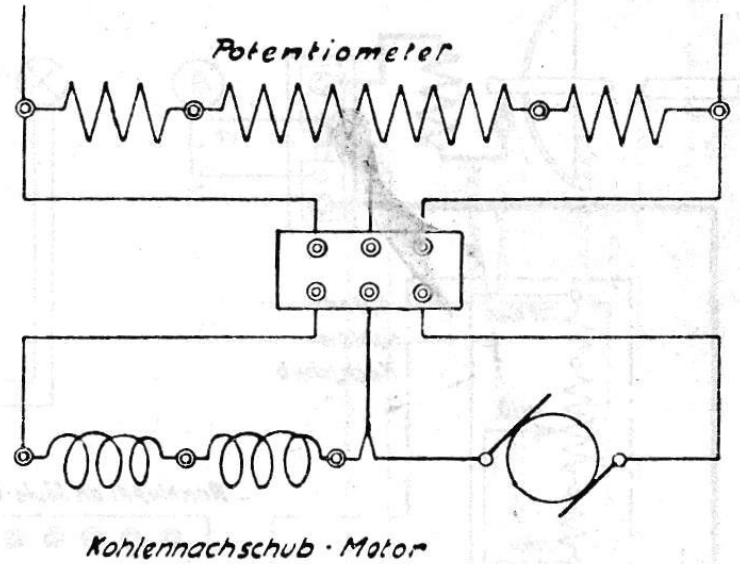
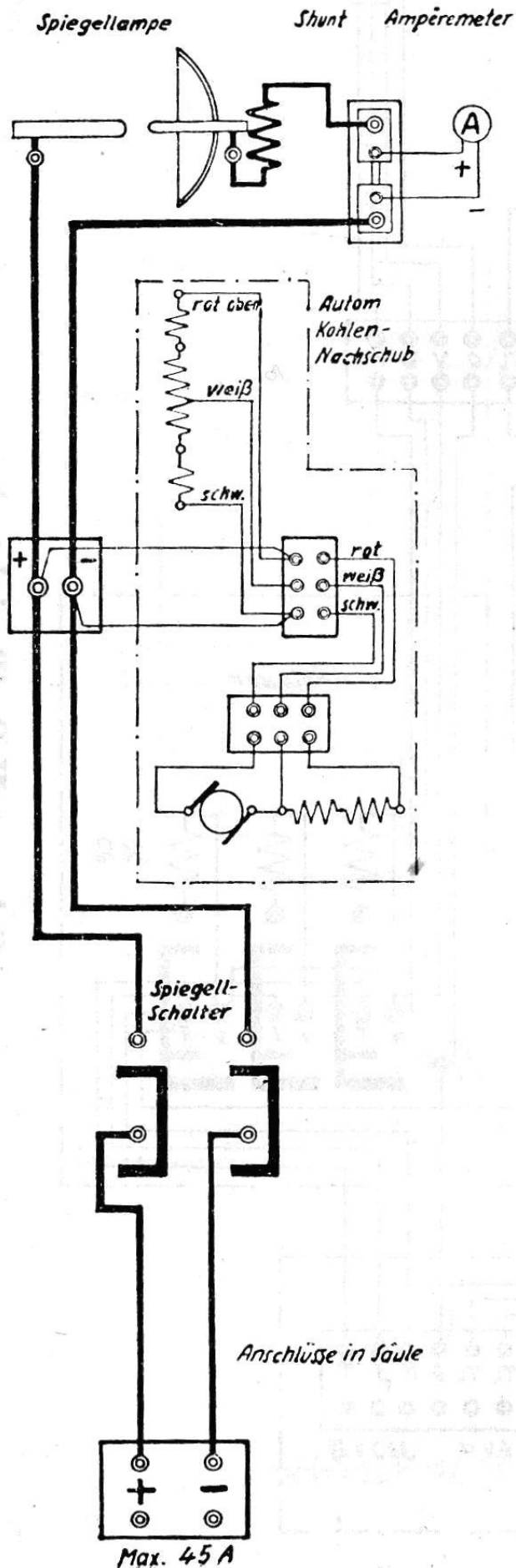
Motor



Selecton II 0 (Projektor)

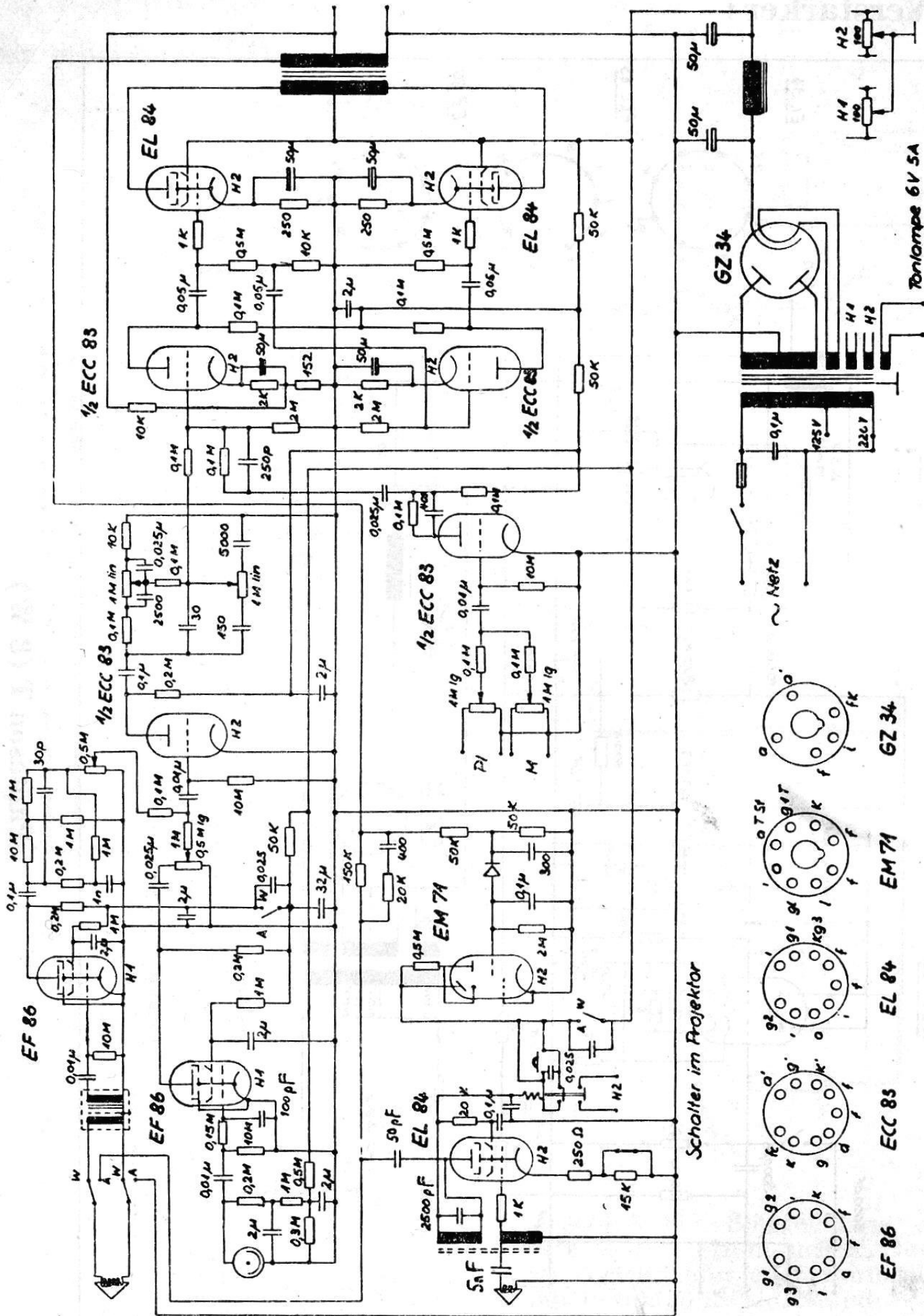
Gedritschelle Leitung für Anschluß ohne Gleichrichter.

## 2. Bogenlampe zum Selecton II 0

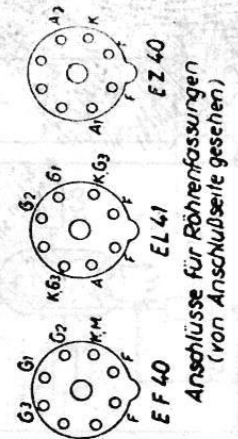
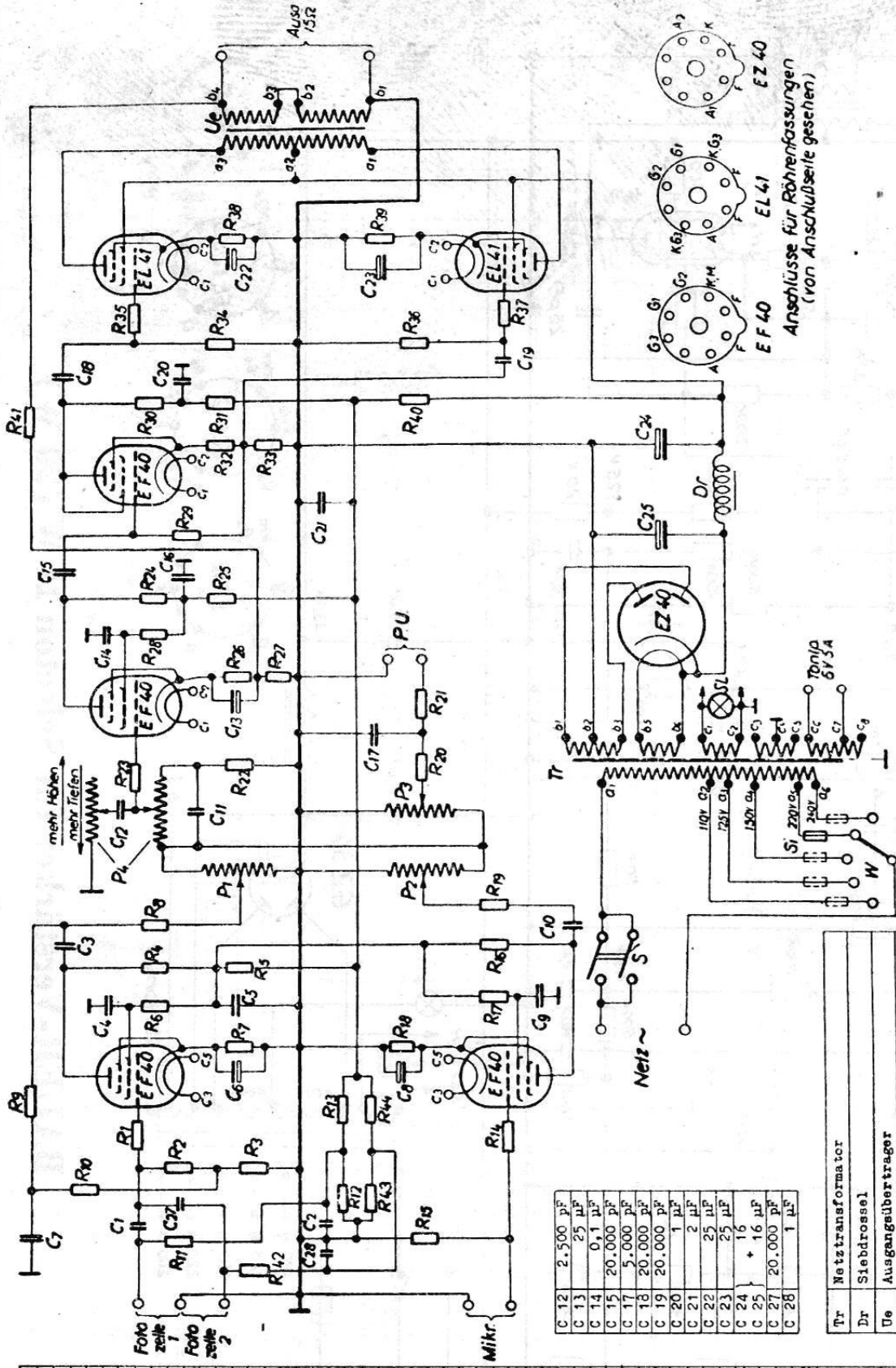


Anschluß der Spiegellampe an verschiedene Stromquellen. Oben an Gleichrichter oder Umformer mit Beruhigungswiderstand. Unten: ferngesteuerter Gleichrichter





Untersatzverstärker für Pantason L und M sowie Selecton II W (14 W)



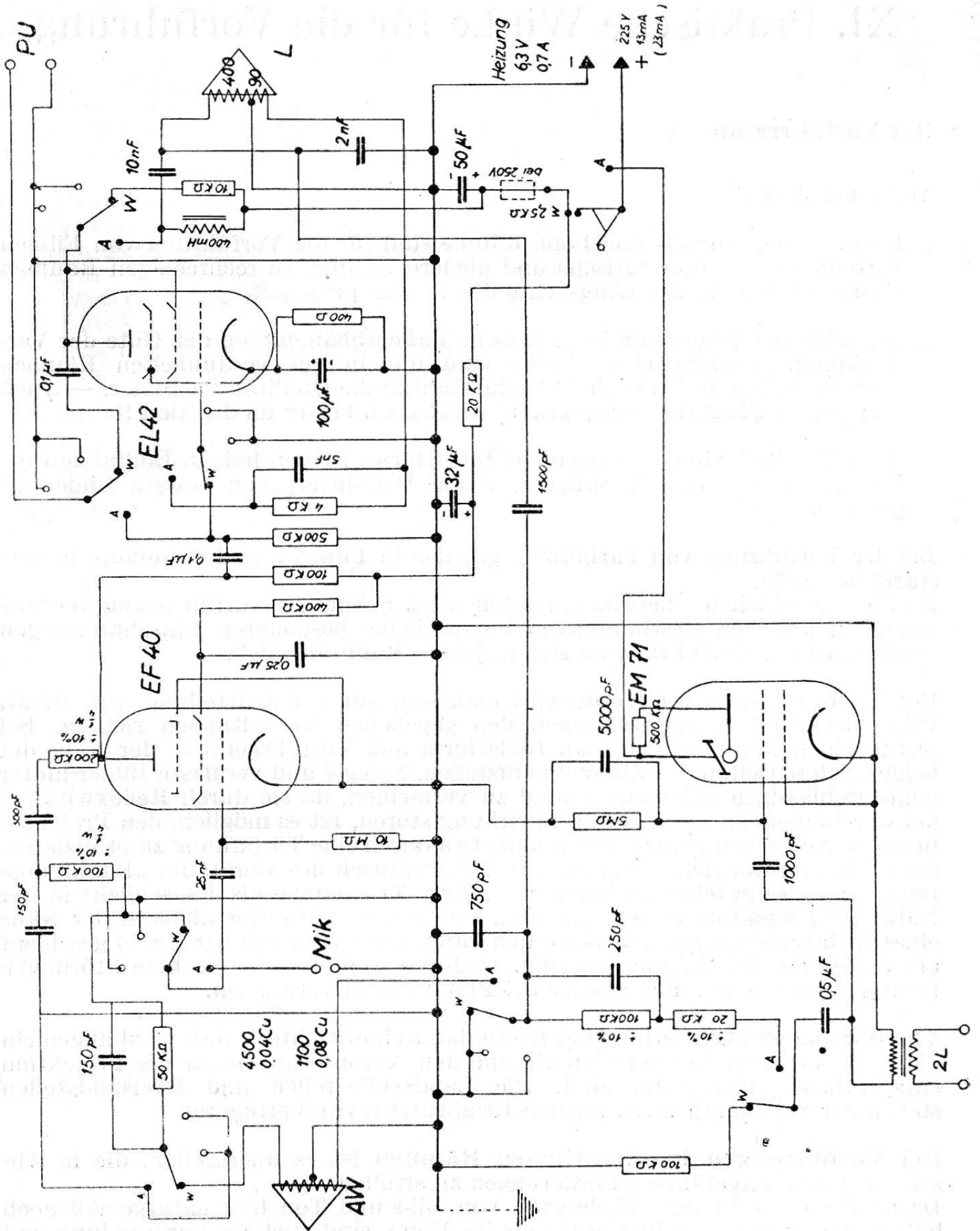
Anschlüsse für Röhrenfassungen  
(von Anschlußseite gesehen)

R 1	100 KOhm
R 2	300 KOhm
R 3	500 KOhm
R 4	100 KOhm
R 5	40 KOhm
R 6	1 MOhm
R 7	3 KOhm
R 8	100 KOhm
R 9	400 KOhm
R 10	1,5 MOhm
R 11	2 MOhm
R 12	1 MOhm
R 13	1 MOhm
R 14	100 KOhm
R 15	200 KOhm
R 16	100 KOhm
R 17	1 MOhm
R 18	2 KOhm
R 19	100 KOhm
R 20	100 KOhm
R 21	20 KOhm
R 22	300 KOhm
R 23	100 KOhm
R 24	150 KOhm
R 25	20 KOhm
R 26	2 KOhm
R 27	100 Ohm
R 28	1 MOhm
R 29	500 KOhm
R 30	10 MOhm
R 31	10 KOhm
R 32	1,5 KOhm
R 33	10 KOhm
R 34	100 KOhm
R 35	1 KOhm
R 36	100 KOhm
R 37	1 KOhm
R 38	170 Ohm
R 39	170 Ohm
R 40	10 KOhm
R 41	25 KOhm
R 42	2 MOhm
R 43	1 MOhm
R 44	1 MOhm
P 1	1 MOhm lin.
P 2	1 MOhm lin.
P 3	1 MOhm lin.
P 4	2x1 MOhm lin.
C 1	20.000 pF
C 2	1 µF
C 3	1 µF
C 4	2 µF
C 5	2 µF
C 6	1 µF
C 7	20.000 pF
C 8	0,1 µF
C 9	0,1 µF
C 10	20.000 pF
C 11	1.000 pF
C 12	2.500 pF
C 13	25 µF
C 14	0,1 µF
C 15	20.000 pF
C 16	5.000 pF
C 17	20.000 pF
C 18	20.000 pF
C 19	20.000 pF
C 20	1 µF
C 21	2 µF
C 22	25 µF
C 23	25 µF
C 24	16 µF
C 25	+ 16 µF
C 26	20.000 pF
C 27	20.000 pF
C 28	1 µF

Tr	Netztransformator
Dr	Stiebdrossel
Ue	Ausgangsübertrager
S1	Signallampe 12 V / 0,085 Amp. Kl. U 208
S1	Sicherung 0,8 Amp. bei 220 / 240 Volt 1,6 Amp. bei 110/125/150 Volt
S	Kipp - Auswechsler
W	Netzspannungswähler m. Störungsanzeiger

# Klangfilmverstärker für Selecton II W (12 W)





**Vorverstärker im Pantamat**

# XI. Praktische Winke für die Vorführung

## Der Vorführraum

Allgemein gilt:

1. Rechteckige, schmale und hohe Räume sind für die Vorführung von Filmen vorteilhafter als quadratische und niedere Räume. In rechteckigen Räumen wird am besten in der Längsachse des Raums projiziert.
2. Die Güte der Projektion ist in hohem Maße abhängig von der Güte der Verdunklung. Kontrastreiche Bilder sind nur in gut verdunkelten Räumen möglich. Störendes Nebenlicht beeinträchtigt die Qualität der Bilder. — Auch sogenannte „Tageslichtprojektion“ wirkt noch besser im dunklen Raum.
3. Auch das Reflexionsvermögen des Bildschirms ist von hohem Einfluß auf die Bildgüte (Siehe dort!). Saubere, weiße Wände ergeben bessere Bilder als getönte.

Bei der Vorführung von Farbfilmen gilt das in Punkt 2 und 3 Gesagte in verstärktem Maße.

Da die behördlichen Überwachungsstellen bei Schmalfilmvorführungen über die allgemein üblichen Bestimmungen hinaus keine besonderen Einschränkungen machen, ist die Vorführung an sich in jedem Raum möglich.

**Bei Vorführungen im Heim** wird man sich mit der Aufstellung von Gerät, Bildschirm und Sitzplätzen nach den gegebenen Verhältnissen richten. Bei rechteckigen Räumen wird man Bildschirm und Vorführgerät in der Nähe der beiden Schmalseiten des Zimmers aufstellen. Spiegel und verglaste Bilder hinter lichtdurchlässigen Bildwänden sind zu vermeiden, da sie durch Reflexwirkung des durchfallenden Lichts die Bildwirkung stören. Ist es möglich, den Projektor in einem Nebenraum aufzustellen und etwa durch eine Türöffnung zu projizieren, dann wird das an sich schon geringe Laufgeräusch des Geräts im „Publikumsraum“ noch schwächer zu hören sein. Eine Tischlampe als Pausenlicht in der Nähe des Projektors ist zweckmäßig, sofern der Bildwerfer nicht in der Nähe eines Lichtschalters aufgebaut werden kann. Die Verlegung der Kabel geschieht am besten an den Wänden entlang. Dadurch werden unangenehme Störungen beim Einnehmen der Plätze oder bei Platzwechsel vermieden.

**Vorführungen in Schulen** sind heute dadurch erleichtert, daß wohl allgemein die dafür in Frage kommenden Räume den Anforderungen für die Projektion entsprechend eingerichtet sind. Die Landesbildstellen und Kreisbildstellen stehen der Schule mit ihren reichen Erfahrungen zur Verfügung.

**Bei Vorführungen in öffentlichen Räumen** ist es unerläßlich, die in Abschnitt XXII aufgeführten Forderungen zu erfüllen.

Da an die Qualität der Wiedergabe von Bild und Ton hier naturgemäß noch höhere Ansprüche gestellt werden als im Heim, sind auch an Verdunklung und Bildschirm höhere Anforderungen zu stellen. Auch störendes Streulicht der Notbeleuchtung oder aus Nebenräumen muß vom Bildschirm ferngehalten werden.

**Der Bildschirm** wird am besten so hoch angebracht, daß die Köpfe der Zuschauer in der ersten Sitzreihe nicht in den Projektionsstrahl hereinragen. Bei starker Schrägprojektion kann die Bildwand maßvoll schräggestellt oder geneigt werden, und zwar so, daß der Lichtstrahl möglichst senkrecht auf die Bildmitte trifft. Eine schwarze Umrandung des Bilds aus Samttuch, die knapp in das Bildfeld hereinragt, erhöht die Güte der Bildwirkung. — Die Bildbreite sollte, wenn irgend möglich,  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{7}$  der Saallänge betragen.

**Der Projektor** hat, wenn es die Projektionsoptik zuläßt, seinen günstigsten Standort an der dem Bildschirm gegenüberliegenden Wand. Noch günstiger ist etwa ein daran anstoßender Nebenraum oder eine Galerie, eine erhöhte Theaterbühne u. dgl. Der Projektor kann dann u. U. so aufgestellt werden, daß er der Sicht und dem Zugriff des Publikums entzogen ist. — Am Gerätestandort ist Steckdose für die Speisung des Geräts und Schalter für die Raumbelichtung sehr vorteilhaft. Wo der Lichtschalter nicht nahe beim Gerät ist, ist es notwendig, einen Platz am Schalter durch einen Beauftragten zu besetzen.

**Der Lautsprecher** wird, sofern es sich um Tonfilmvorführungen handelt, immer in unmittelbarer Nähe des Bildschirms aufgestellt werden. Bei tondurchlässigen Wänden ist der günstigste Platz in der Mitte hinter dem Schirm. Bei anderen Bildwänden kann er erhöht neben dem Schirm aufgestellt werden. Durch Neigen des Lautsprechers gegen das Publikum hin kann in akustisch ungünstigen Räumen eine Verbesserung der Tonwiedergabe erzielt werden. Die Verlegung der Kabel muß so geschehen, daß alle Kabel möglichst dem Zugriff der Zuschauer entzogen sind. Das ist etwa dann der Fall, wenn die Kabel den Saalwänden entlang gelegt werden. — Bei ständig eingerichteten Projektionsräumen sind fest verlegte Leitungen der Verwendung beweglicher Kabel vorzuziehen. Das gilt insbesondere für die Zuleitung vom Verstärker zum Lautsprecher.

**Die Aufstellung** der Projektionseinrichtung sollte möglichst nicht im Beisein des Publikums erfolgen.

**Eine kurze Vorführprobe** ohne Zuschauer stärkt das Bewußtsein und gibt die Sicherheit, daß man alles richtig gemacht hat und daß das Gerät einwandfrei arbeitet. Im übrigen ist nach den Bedienungsanleitungen für die einzelnen Geräte zu verfahren. ▶

**Bei Störungen** gilt als erstes Gebot: Saallicht einschalten! Das Publikum wird so weniger beunruhigt, als wenn man — meist mit erheblich größerem Zeitaufwand — im Dunkeln nach einem etwaigen Fehler sucht. Ruhe beim Suchen und Beheben von Fehlern gibt auch dem Zuschauer die Gewißheit, daß nichts „Schlimmes“ passiert ist und daß man sein Handwerk versteht. Längere Zwangspausen lassen sich mit einer Schallplatte besser überbrücken als ohne Musikeinlage.

**Etwaige Filmrisse** werden erst nach der Vorführung wieder beseitigt. Man zieht lediglich ein Stück Filmband von der Vorratspule nach, legt es in den Projektor ein und schlingt den Anfang um die Aufwickelpule. Hilft man beim Wiederanlaufen des Films mit der Hand an der Aufwickelpule ein wenig nach, dann ist es nicht einmal nötig, Klammern oder andere für den Film schädliche Hilfsmittel zu benutzen.

**Auch das Umrollen** wird ebenso wie das Kleben gerissener Filme am besten nach der Vorführung besorgt.

# Tabelle der Bildbreiten für verschiedene Brennweiten und Projektionslängen

## 16-mm-Stumm- und -Tonfilm

Projek- tions- länge m	Brennweite in mm					Projek- tions- länge m	Brennweite in mm				
	25	35	50	65	75		25	35	50	65	75
	Bildbreite in cm						Bildbreite in cm				
5	192	139	96	74	64	18	690	494	345	265	230
5,5	212	150	106	81	71	20	768	548	384	295	256
6	228	164	114	90	77	22		603	423	325	282
6,5	248	178	124	95	83	24		658	460	353	307
7	270	193	135	103	90	26		710	500	385	333
7,5	288	205	144	110	96	28			540	413	359
8	306	220	153	117	102	30			576	444	384
9	344	247	172	133	115	35			670	515	450
10	384	274	192	148	128	40			768	590	512
12	460	329	230	176	153	45				665	575
14	540	384	270	206	180	50				740	640
16	612	439	306	236	204	55					704

Als Faustregel kann gelten:

Der Projektionsabstand eines 16-mm-Schmalfilmgeräts beträgt

bei  $f = 3,5$  cm das 3,5fache

bei  $f = 5$  cm das 5fache

bei  $f = 7,5$  cm das 7,5fache der Schirmbildbreite.

Umgekehrt ist bei  $f = 3,5$  cm die Bildbreite  $1/3,5$

bei  $f = 5$  cm die Bildbreite  $1/5$

bei  $f = 7,5$  cm die Bildbreite  $1/7,5$  des Schirmabstandes.

Die Höhe des Projektionsbildes beträgt  $3/4$  der Bildbreite.

## 8-mm-Schmalfilm

Projek- tions- länge m	Obj. Brennweite in mm			Projek- tions- länge m	Obj. Brennweite in mm		
	20	25	35		20	25	35
	Bildbreite in cm				Bildbreite in cm		
1,5	33			6,0	132	106	75
2,0	44			6,5	143	115	82
2,5	55	44		7,0	154	124	88
3,0	66	53	38	7,5	165	132	94
3,5	77	62	44	8,0	176	141	100
4,0	88	70	50	9,0	198	159	113
4,5	99	79	57	10,0		176	126
5,0	110	88	63	12,0		212	151
5,5	121	97	69	15,0			190

Bildhöhe etwa  $3/4$  der Bildbreite.

# Filmlaufzeiten

## 16-mm-Schmalfilm

1 m Schmalfilm (16 mm) enthält 131,5 Bilder.

Filmlänge in m	Vorführzeit bei	
	16 Bilder/Sek.	24 Bilder/Sek.
1	8,2 Sek.	5,5 Sek.
10	1 Min. 22 Sek.	55 Sek.
20	2 Min. 44 Sek.	1 Min. 50 Sek.
40	5 Min. 29 Sek.	3 Min. 40 Sek.
50	6 Min. 51 Sek.	4 Min. 35 Sek.
100	13 Min. 42 Sek.	9 Min. 6 Sek.
300	41 Min. 6 Sek.	27 Min. 18 Sek.
500	1 Std. 8,5 Min.	45 Min. 30 Sek.
1000	2 Std. 17 Min.	1 Std. 31 Min.
1200	2 Std. 44,5 Min.	1 Std. 49 Min.
1500	3 Std. 25 Min.	2 Std. 34,5 Min.

## 8-mm-Schmalfilm (Kleinfilm)

1 m Film enthält 263 Bilder.

Filmlänge in m	Vorführzeit bei	
	16 Bilder/Sek.	24 Bilder/Sek.
1	16,4 Sek.	11 Sek.
10	2 Min. 44 Sek.	1 Min. 50 Sek.
20	5 Min. 28 Sek.	3 Min. 40 Sek.
40	10 Min. 56 Sek.	7 Min. 20 Sek.
50	13 Min. 40 Sek.	9 Min. 10 Sek.
60	16 Min. 24 Sek.	11 Min.
100	27 Min. 20 Sek.	18 Min. 20 Sek.
120	32 Min. 48 Sek.	22 Min.

## XII. Wartung und Pflege der Geräte

Über Wartung und Pflege der Schmalfilmprojektoren geben die Bedienungsanleitungen Aufschluß. Die dort gegebenen Hinweise lassen sich kurz in wenige Forderungen zusammenfassen:

1. für Kameras und Projektoren: Sauberkeit!
2. für Projektoren: Für richtige Ölversorgung der laufenden Teile sorgen!

Im einzelnen gilt

### **für Kameras:**

Teile im zugänglichen Gehäuseabschnitt (Filmraum) vor Staub schützen, Insbesondere das Bildfenster, die Filmführung am Bildfenster, die Partie um den Greifer von Staub befreien. Bei Auftreten von Schichtabsatz im Filmkanal (Merkmal dafür ist plötzliches Lauterwerden des Laufgeräuschs!) müssen die Schichtteile entfernt werden. — Metallteile dürfen dazu nicht verwendet werden.

Die Glasflächen der Objektive, der Vorsatzlinsen und Filter sollen möglichst nicht mit den Fingern berührt werden. Flecken und Staub werden mit weichem, trockenem und nicht faserndem Lappen entfernt.

### **für Projektoren:**

1. Alle Filmführungsteile von Staub, Schmutz und Öl freihalten!
2. Etwaigen Schichtabsatz (Merkmal lauterer Laufgeräusch und schlechterer Bildstand!) sofort entfernen. Holz oder Aluminiumschaber dazu verwenden, — Keinesfalls dürfen die Schichtabsatzstellen mit Feuchtigkeit oder mit harten Metallteilen behandelt werden.
3. Alle nicht angetriebenen Lauf- und Beruhigungsrollen, die der Filmführung dienen, müssen leicht laufen. Dazu müssen sie staubfrei sein und ihre Bohrung gelegentlich geölt werden.
4. Ölen aller laufenden Teile siehe Betriebsanleitung. Neue Geräte dürfen etwas reichlicher geölt werden als ältere Apparate. Überflüssiges Öl sofort entfernen.
5. Äußere Linsenflächen der Objektive nicht anfassen. Wenn nötig, mit trockenem, weichen und nicht fasernden Lappen reinigen. Eingriffe ins Innere der Objektive unterlassen.
6. Kondensator, Lampenspiegel und sofern vorhanden Umlenkspiegel für das Projektionslicht, ferner Außenflächen der Tonoptik und Umlenkspiegel im Tongerät regelmäßig von Staub befreien.
7. Oberflächenversilberte Umlenkspiegel sind Spiegel, die der Abbildung dienen, ihren Sitz also im Strahlenweg auf der dem Bildschirm zugekehrten Seite des Objektivs haben. Sie besitzen eine gegen jede Berührung empfindliche Spiegelfläche. Schon leichte Berührung mit den Fingern kann der Verspiegelung schaden. Ihre Reinigung muß sich auf Entfernen von Staub mit Hilfe eines feinen Pinsels (Rehhaar!) beschränken.

## XIII. Filmpflege

Der Umstand, daß Filme einen hohen Wert darstellen und daß Amateurfilme zumeist unersetzliche Unikate sind, macht es nötig, daß ihrer Pflege besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Von der Pflege des Films hängt es ab, wie lange er für Vorführzwecke benützt werden kann. Nicht nur während der Vorführung selbst muß er pfleglich behandelt werden. Die Zusammensetzung des Schichtträgers und die Verletzbarkeit der Filmschicht erfordern eine gewisse Sorgfalt in der Behandlung. Die Einschaltung einiger weniger Regeln lohnt sich gewiß. Daß die Filmpflege in hohem Maße auch von der Gerätepflege abhängt, geht aus dem Hinweis über die Wartung und Pflege des Geräts eindeutig hervor.

### Filmspulen

Der Amateur, der seine Filme selbst aufgenommen hat, erhält das vorführfertige Band von der Entwicklungsanstalt auf Spulen. 8-mm-Filme sind gewöhnlich auf 15-m-Spulen gewickelt. Sie halten die Rollen zusammen und geben ihnen einen gewissen Schutz. Sie lassen sich ohne weiteres auch für Vorführzwecke benützen. Wo mehrere solcher Spulen, etwa unter dem gleichen Thema, zusammengehören, ist es zweckmäßig, diese Filme auf einer größeren Spule zu vereinigen. Das ist auch dann vorteilhaft, wenn man nicht nach einem Drehbuch gearbeitet hat. Hinreichende Gründe dafür sind, daß man sich mit einer größeren Spule Pausen beim Vorführen erspart und daß man mit größeren Spulen leichter umgehen kann als mit kleinen. In der Größe der Spule wird man sich beim 8-mm-Format auf 120 m Fassungsvermögen beschränken. Dabei ist es ratsam, auf die einzelne Spule jeweils nur soviel Film zu wickeln, daß der Spulenrand mindestens 5 mm über den Filmwickel herausragt. — Selbstverständlich dürfen die Spulenwände nicht verklemmt oder verbogen sein. Das gilt sinngemäß auch für Filme, die außerhalb des Heims Verwendung finden.

Leihfilme sind immer auf Spulen gewickelt. Käuflich erworbene Filme werden zuweilen ohne Spulen abgegeben. Ehe sie vorgeführt werden, ist es unbedingt erforderlich, sie auf Spulen von geeigneter Größe aufzurollen.

### Vor- und Nachspann

Da Filmanfang und -Ende eine größere Abnützung erfahren als die übrigen Teile des Films, ist es zweckmäßig, Anfang und Ende der einzelnen Rollen je mit einem Stück neutralen Films zu versehen, das den bildtragenden Teil schützt. Wer, wie im Lichtspielhaus, den Vorspann grün (freie Fahrt!) und den Nachspann rot (Schlußlicht!) wählt, erleichtert sich für alle Vorführungen die Feststellung, ob der Film „auf Anfang“ oder „auf Ende“ gespult ist. — Für den Privatgebrauch tut aber auch ein Stück „Schwarzfilm“ oder ein von der Schicht befreiter „Blankfilm“ einen guten Dienst.

### Aufbewahrung

Das Filmband ist hygroskopisch. Das heißt, es nimmt Feuchtigkeit aus der Luft auf und stößt sie ab, wenn man ihm Gelegenheit dazu gibt. Mit der Veränderung des Feuchtigkeitsgehalts ändert sich das Maß des Films, insbesondere aber die

Länge des Bands. Sehr feuchte Filme können außerdem klebrig werden. Sehr trockene Filme sind brüchig. Um diesen Erscheinungen vorzubeugen, ist es nützlich, die Filme in Blechdosen aufzubewahren und sie vor strenger Kälte und großer Wärme zu schützen. Richtig ist Zimmertemperatur. Wer seine Filme besonders lange erhalten will, legt in die Dose ein Stück Fließpapier ein, das zuvor mit einem oder zwei Tropfen halb Glycerin/halb Wasser getränkt wurde. — Eine größere Menge davon wäre schädlich.

## Vorführung

Große Sorgfalt gebietet hier das Filmeinlegen. Schleifen vor und nach der Filmtüre müssen die vorgeschriebene Länge haben. Gewähr für richtiges Einlegen gibt eine kurze Laufprobe mit dem Handdrehknopf ehe die Vorführung beginnt. Sie ergibt auch, ob die Zähne der Transportrollen richtig in die Perforation eingreifen und ob die Andruckrollen, soweit vorhanden, die richtige Stellung haben. Besondere Aufmerksamkeit, hauptsächlich bei neuen Filmen, ist gegenüber dem sogenannten Schichtabsatz geboten. Starke Erwärmung der Kufen am Filmfenster und hoher Federdruck der Kufen fördern den Schichtabsatz. Durch die abgesetzten Teile kann der nachlaufende Film beschädigt werden. Abgesetzte Schicht muß daher möglichst sofort entfernt werden. (Siehe Seite 94!)

Auch vom richtigen Zug der Aufwickelfriktion ist die Erhaltung des Films abhängig. Die Aufwickelpeese darf nicht zu straff gespannt sein. Bei Geräten mit lastabhängiger Friktion sind keine Filmschäden durch die Aufwicklung zu befürchten.

## Umrollen

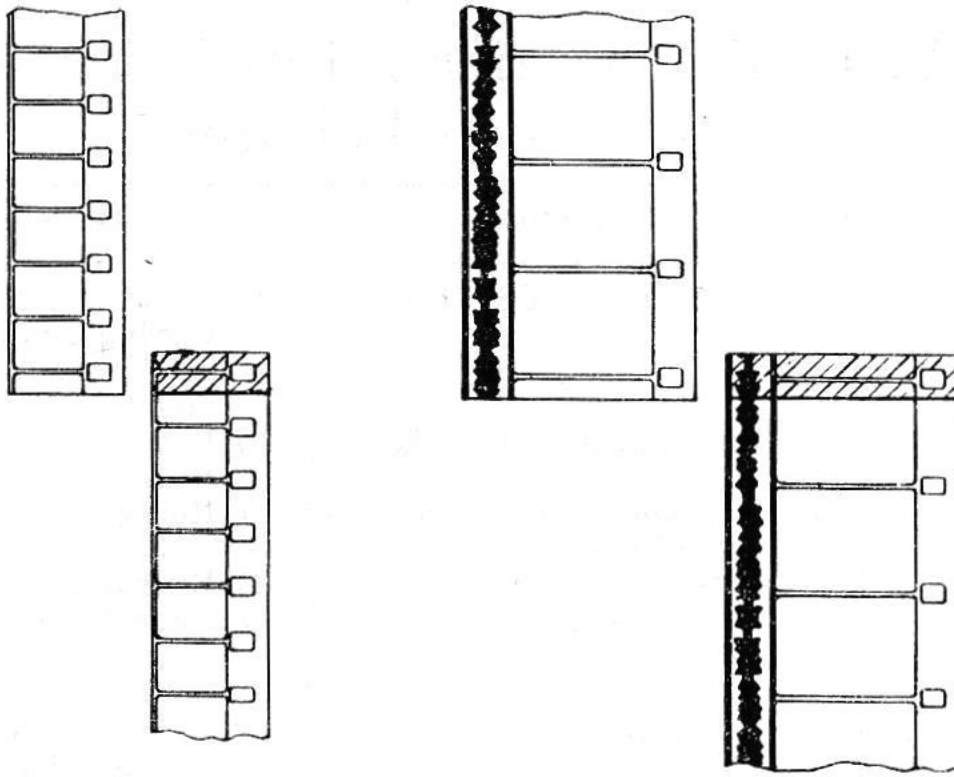
Wie im Lichtspielhaus geschieht das Umrollen der Filme am besten mit einem Handumroller, der entweder auf die obere Spulenachse des Projektors wirkt oder — für gewerbliche Zwecke noch vorteilhafter — ein besonderes Gerät darstellt.

Beim Umrollen des Films soll Lage für Lage des Bandes satt aufzuliegen kommen. Die Filmrolle soll in sich so fest sein, daß die Lagen sich durch seitliche Stöße — etwa beim Transport — nicht verschieben können. — Diesen Zustand durch Nachziehen des freihängenden Bands nach lockerem Wickeln zu erreichen, wäre falsch. Die meisten Längskratzer im Film werden dabei verursacht.

## Kleben

Das Zusammenkleben einzelner Filmstücke geschieht am besten beim Umrollen. Die Benützung einer Klebepresse ist dabei unbedingt zu empfehlen. „Freihändige Klebestellen“ sind in der Regel mangelhaft.

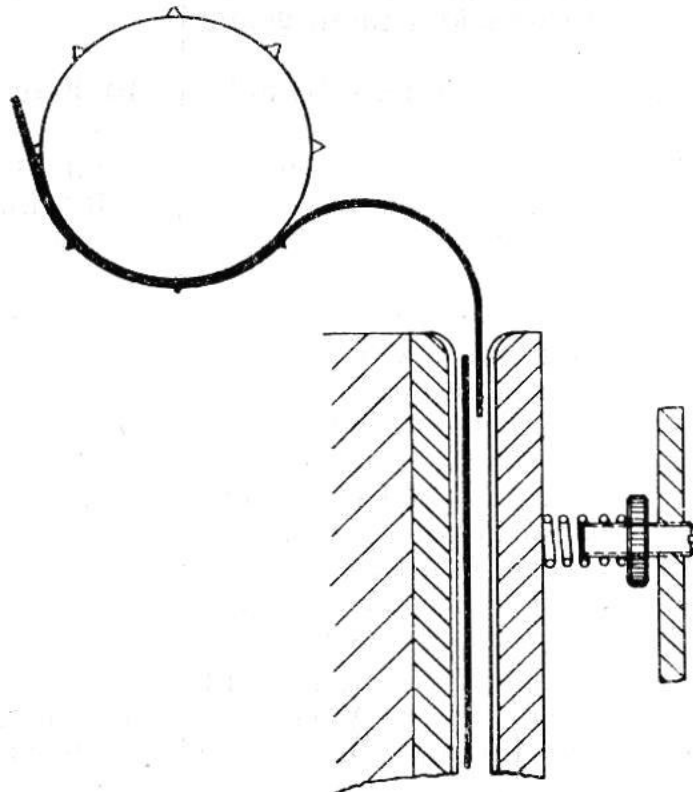
Beim Schmalfilm (16 und 8 mm!) wird man die Klebestelle immer über einen Bildstrich legen. Ihre Breite wird mit durch die Größe des Perforationslochs bestimmt. Die richtige Handhabung der Klebepresse läßt hier kaum einen Fehler zu.



Klebestellen 8 mm und 16 mm

An der Verbindungsstelle muß die Fotoschicht entsprechend der schraffiert gezeichneten Stelle beseitigt werden.

Vor dem Auftragen des Filmkitts muß die Schicht eines Bandendes an der Verbindungsstelle entfernt werden, so daß Schichtträger auf Schichtträger zu liegen kommt. Der Filmkitt soll nicht über die Kittstelle hinaustreten können. Vorteilhaft ist es, wenn die Klebestellen so angelegt werden, daß der Stoß des der Klebestelle folgenden Filmteils gegen das **federnde** Kufenpaar am Filmkanal des Projektors zu liegen kommt. (Siehe untenstehende Skizze!)



## XIV. Fehler bei der Filmwiedergabe und ihre Behebung

Fehler	Ursache	Behebung
Projektionsbild nicht hell genug	a) Bild zu groß gewählt b) Bildschirm schmutzig c) Kondensator oder Lampenspiegel verstaubt d) Lampenspiegel blind e) Lampenkolben geschwärzt	a) Abstand Projektor—Bild verringern oder Objektiv längerer Brennweite nehmen b) Reinigen, durch neuen Bildschirm ersetzen c) Reinigen d) Ersetzen e) Neue Lampe einsetzen
Projektionsbild kontrastlos, milchig	Objektiv verstaubt, verölt oder mit Feuchtigkeit beschlagen	Objektiv mit der Hand anwärmen, äußere Linsen abwischen
Bild nicht gleichmäßig hell	Lampe nicht richtig zentriert	Lampe einstellen
Bild flimmert	Projektionslicht zu hell (bei lichtstarker Lampe und kleinem Projektionsbild)	Lampenstrom kleiner wählen
Bildstand schlecht (Bilder springen auf und ab)	a) Andruckkufen der Filmtüre drücken nicht gegen den Film b) Kufendruck zu schwach	a) Richtigstellen b) Federdruck verstärken
Bildstand schlecht, gleichzeitig lautes Laufgeräusch	Schichtabsatz auf den Führungskufen beim Bildfenster	Schicht mit Hartholz oder Aluminiumschaber entfernen (nicht anfeuchten, kein Hartmetall verwenden!)
Kratzer auf dem Filmbild (Bildfläche)	a) Kufen an der Filmtür sind abgenützt b) Schichtabsatz oder Schmutz auf der Tonbahn, die nicht einwandfrei mitläuft c) Fehlerhaft umgespult	a) Kufen durch neue ersetzen b) Schicht entfernen, für leichten Lauf der Tonbahn sorgen c) —
Kratzer an den Bildrändern	Andruckrollen oder Beruhigungsrollen laufen nicht mit (meist infolge Verschmutzung oder Ölmangel)	Roller von Achsbolzen abziehen, reinigen, Lagerstellen ölen, unrunde Rollen auswechseln

Fehler	Ursache	Behebung
<p>Perforations-schäden</p> <p>Einrisse nach unten (im Sinne des Filmablaufs)</p>	<p>a) Starker Schichtabsatz an den Kufen beim Filmfenster</p> <p>b) Zu starker Druck der Kufen am Bildfenster</p> <p>c) Beschädigte oder stark abgenützte Zähne am Greifer oder an der Schaltrolle</p> <p>d) Andruckrollen an der Schaltrolle spuren nicht mit Zahnkranz der Schaltrolle</p>	<p>a) Schichtabsatz entfernen, Kufendruck prüfen, evtl. schwächer einstellen</p> <p>b) Kufendruck schwächer einstellen</p> <p>c) Greifer oder Schaltrolle durch neue ersetzen</p> <p>d) Andruckrollen einstellen lassen</p>
<p>Einrisse nach oben (entgegen dem Sinn des Filmablaufs)</p>	<p>a) Aufwicklung wickelt zu straff auf</p> <p>b) Zähne der Nachwickelrolle beschädigt</p>	<p>a) Friktion lockerer einstellen oder (bei Peesenantrieb) weichere, etwas längere Peese verwenden</p> <p>b) Nachwickelrolle durch neue ersetzen</p>
<p><b>Ton jault</b></p> <p>Getragene Töne der Instrumentalmusik weisen starkes Tremolieren auf. — Sprachwiedergabe kaum merklich beeinflusst</p>	<p>Gleichlauf der Tonbahn oder der Beruhigungsglieder gestört</p> <p>a) Umlaufende Tonbahn verschmutzt</p> <p>b) Beruhigungsrolle läuft nicht mit</p> <p>c) Filmschleife vor dem Tongerät zu lang oder zu kurz</p>	<p>a) Tonbahn reinigen. Keine harten Metallteile verwenden</p> <p>b) Splintscheibe entfernen, Rolle abnehmen, reinigen. Achse reinigen und vor dem Aufstecken der Rolle ölen</p> <p>c) Film richtig einlegen</p>
<p><b>Ton zu tief</b></p> <p>Gesprochene Worte klingen unnatürlich stark tremolierend, sehr langsam</p>	<p>Filmgeschwindigkeit zu gering</p> <p>a) Bei Geräten mit Asynchronmotor rutscht Kupplung zwischen Motor und Getriebe durch</p> <p>b) Bei Geräten mit elektrischem Fliehkraftregler: Regler auf 16 Bilder eingestellt oder</p> <p>c) Regler arbeitet nicht einwandfrei</p>	<p>a) Durch Abbremsen am Handdrehknopf verölte Kupplung vom Öl befreien</p> <p>b) Fliehkraftregler auf 24 Bilder/Sek. einstellen (Schalter!)</p> <p>c) Regler im Werk neu einstellen lassen</p>

<b>Fehler</b>	<b>Ursache</b>	<b>Behebung</b>
<b>Ton schwach</b> Geringe Lautstärke auch bei aufgedrehtem Lautstärkeregler	a) Tonlampe schlecht eingestellt (Justierungsflügel am Lampensockel sitzt nicht in der Aussparung des Lampenhalters) b) Tonlampenkolben geschwärzt c) Äußere Linsen der Tonoptik verschmutzt d) Umlenkspiegel hinter der Tonbahn verstaubt  e) Fotozelle gealtert	a) Klemmschrauben an Tonlampenfassung lösen. Einstellung der Tonlampe berichtigen  b) Tonlampe gegen neue austauschen c) Mit trockenem Lappen reinigen d) Tonbahn nach Zurückdrehen der zentralen Schlitzschraube abziehen. Umlenkspiegel reinigen. Tonbahn wieder einsetzen e) Fotozelle im Werk nachprüfen lassen. Ersetzen

# XV. Bildschirme

Nach Reflexionsfaktor, Lichtverteilung und Rückstrahlcharakteristik unterscheidet man drei in ihrer Art wesentlich voneinander verschiedene Bildwände:

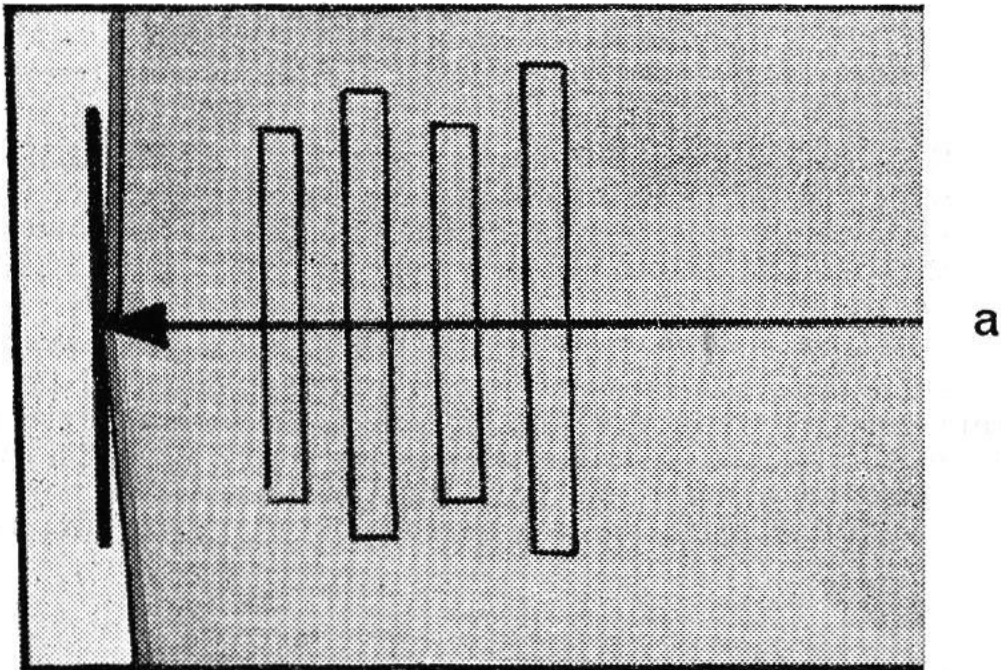
1. Diffusschirm
2. Kristallperlwand
3. metallisierte Bildwand

Außer diesen, der Aufprojektion dienenden Wänden nennen wir:

4. die Durchprojektionswand.

## I. Diffuswand

Zu dieser Gruppe zählen alle weißen Bildwände aus Textilgewebe oder Plastikmaterial. Auch Papierschirme, die mit weißer Farbe behandelten Gipswände, haben den Charakter diffusstrahlender Wände. Diffuswände reflektieren das auffallende Licht nahezu gleichmäßig an alle vor der Bildwand liegenden Stellen. Der Streuwinkel (Winkel innerhalb dessen das Licht mit etwa gleicher Intensität zurückgeworfen wird) beträgt in Höhe und Breite fast  $180^\circ$ .



Der breite Streuwinkel der Diffuswand verteilt die auffallenden Lichtstrahlen (a) gleichmäßig über die ganze Breite des Raumes (graues Feld). Alle Sitze werden gleichmäßig mit reflektiertem Licht versorgt.

Das reflektierte Licht einer Diffuswand kommt also nicht nur zum Zuschauer, sondern auch an die Seitenwand, die Decke und den Fußboden. Durch diese breite Lichtverteilung ist der Lichtanteil, den der Zuschauer wahrnimmt, nicht

sehr groß. Er wird ausgedrückt im sogenannten Reflexionsfaktor, der aussagt, wie groß der reflektierte Lichtanteil im Vergleich zu einer diffus rückstrahlenden mattweiß gespritzten Holz- oder Gipswand ist.

## Anwendung der Diffuswand

Obwohl das Reflexionsvermögen der Diffuswand nicht groß ist, wird sie trotzdem sehr häufig verwendet.

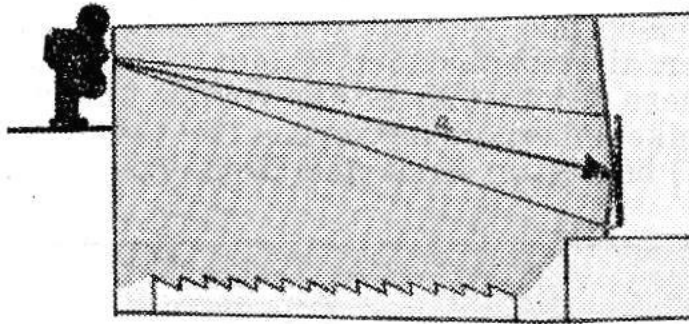
Ihre Vorzüge sind:

günstiger Anschaffungspreis

keine sichtbaren Nähte

breiter Streuwinkel, dadurch gleichmäßig helles Bild auf allen Zuschauersitzplätzen

leichte Reinigungsmöglichkeit.



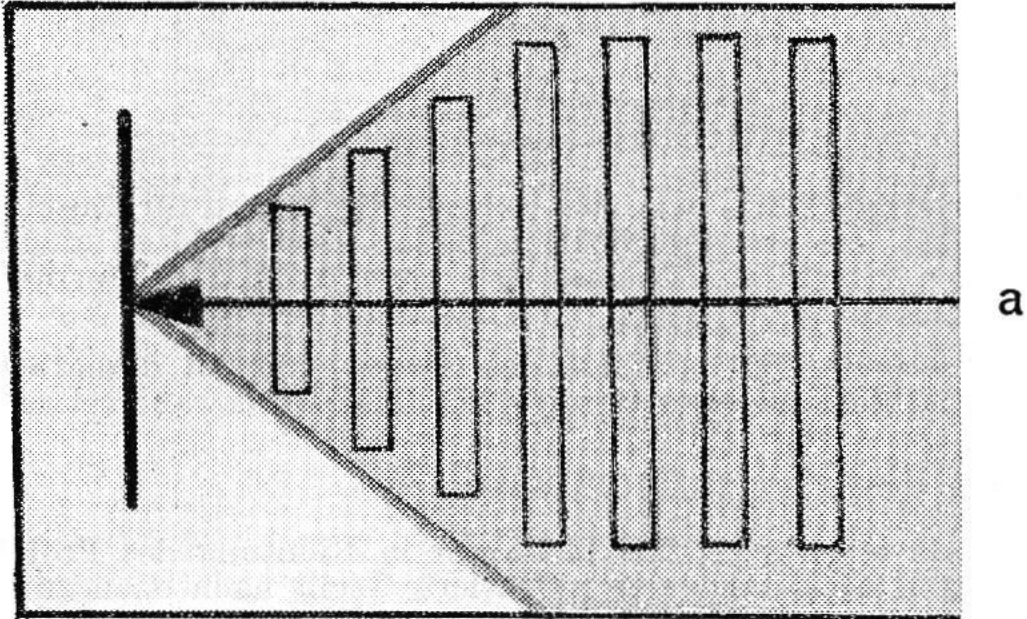
Auch in der Höhe verteilt die Diffuswand das Licht gleichmäßig nach allen Seiten. Ein Nachteil ist dabei, daß nicht nur die Zuschauerreihen, sondern auch Decke und Seitenwände mit dem zurückgeworfenen Licht angestrahlt werden. a = auffallender Lichtstrahl. Graues Feld = reflektiertes Licht.

Diese Eigenschaften machen die Diffuswände besonders geeignet für kleinere und mittelgroße Räume. Soweit sie waschbar sind und nach dem Abbau auf engstem Raum zusammengelegt werden können, werden sie insbesondere im Betrieb der Wandspieler Verwendung finden. Sie sind aber auch überall dort am Platze, wo in breit angelegten Sälen Filme vorgeführt werden sollen, wo ein Teil der Zuschauer also gezwungen ist, das Projektionsbild stark von der Seite her zu betrachten.

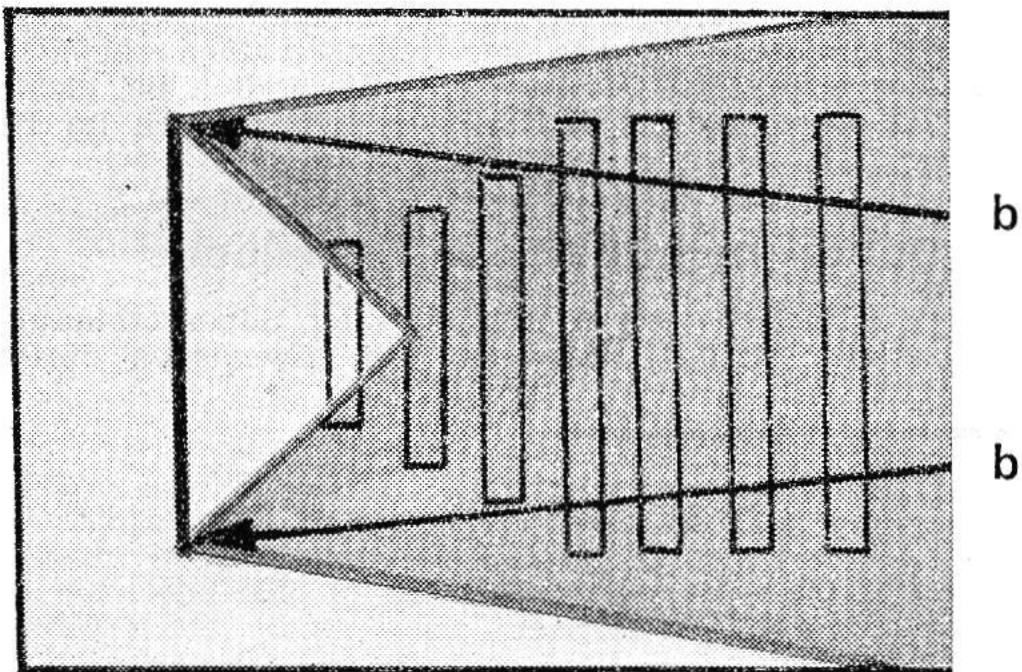
## 2. Kristallperlwand

Die Kristallperlwand ist eine weiße gewobene Wand, deren Oberfläche mit Kristallglasperlen belegt ist. Sie ist eine Wand mit Richtstrahlcharakteristik, d. h. sie reflektiert das auffallende Licht innerhalb eines bestimmten Winkels. Dieser Streuwinkel ist bei der Kristallperlwand etwa  $60^\circ$ . Sofern die Zuschauersitzplätze innerhalb dieses Streuwinkels angeordnet sind, nehmen die Zuschauer eine gegenüber der Diffuswand um ein Mehrfaches gesteigerte Helligkeit wahr.

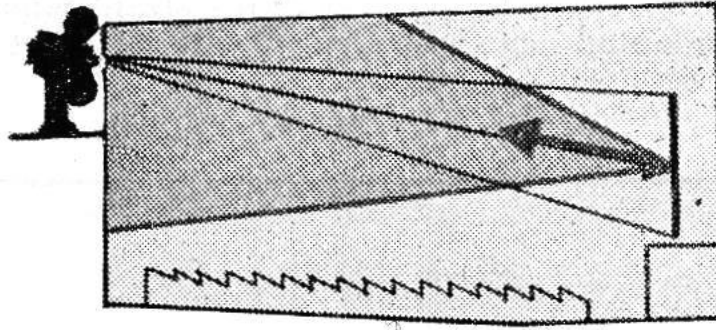
Durch die Richtcharakteristik ist das bei diffus strahlenden Wänden an die Decke, die Seitenwände und den Fußboden reflektierte Licht zum größten Teil innerhalb des engen Streuwinkels zusammengefaßt.



Die Kristallperlwand reflektiert das Licht (graues Feld) in Richtung der auftretenden Lichtstrahlen (a) in einem Winkel, der etwa  $60^\circ$  beträgt.



Bei der Verwendung einer Kristallperlwand muß man darauf achten, daß die Sitzreihen im Streuwinkel der Wand angeordnet sind, und zwar nicht nur für die von der Mitte der Wand reflektierten Strahlen, sondern auch für das Licht, das auf die seitlichen Teile der Wand auffällt (b) und von dort in einem Winkel von  $60^\circ$  zurückgeworfen wird.



Die Kristallperlwand kann, wie die Skizze zeigt, nicht für Zuschauerräume verwendet werden, die Schrägprojektion haben. Dort wird nämlich das Licht in Richtung des Projektionsstrahles, also nach oben zum Vorführraum zurückgeworfen. Die Zuschauer sehen dann das Bild nur dunkel.

Der reflektierte Lichtanteil innerhalb des Streuwinkels ist deshalb wesentlich höher als innerhalb des gleichen Winkels bei einer Diffuswand (etwa 2—3mal).

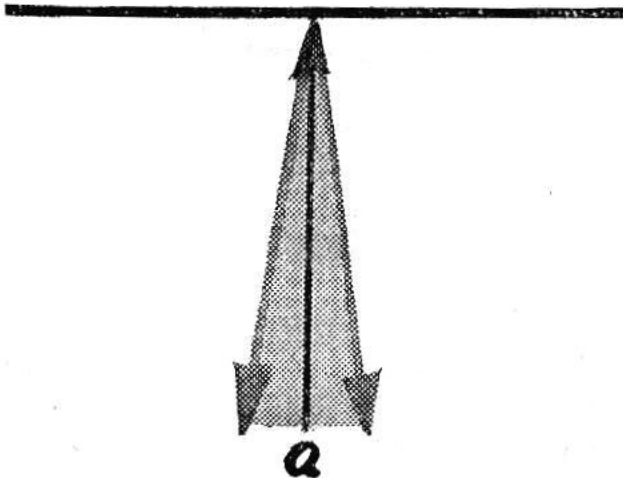
### Anwendung der Kristallperlwand

Kristallperlwände reflektieren das Licht nur in Richtung des Projektors. Bei Abwärtsprojektion wird daher das reflektierte Licht nach oben zum Vorführraum und nicht nach unten zu den Zuschauern zurückgeworfen. Kristallperlwände können deshalb nur bei nahezu waagrechter Projektion oder bei Aufstellung des Projektors in Höhe des Publikums verwendet werden.

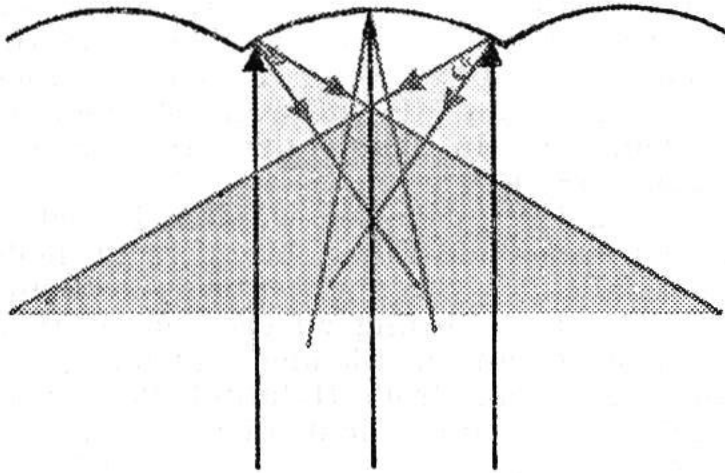
Außerdem müssen die Zuschauerreihen innerhalb des Streuwinkels liegen, wenn eine gleichmäßige Lichtverteilung für alle Sitzreihen erreicht werden soll. Lange, schmalgebaute Säle kommen dieser Forderung günstig entgegen. Dort, wo diese Voraussetzungen erfüllt sind, hat die Kristallperlwand gegenüber der Diffuswand durch ihre fast 2—3mal größere Helligkeit einen erheblichen Vorzug. Man kann mit der Kristallperlwand größere Bildbreiten bei gleicher Strombelastung erzielen. Verschmutzte Kristallperlwände können im Herstellwerk gereinigt werden.

### 3. Bildwände mit metallisierter Oberfläche

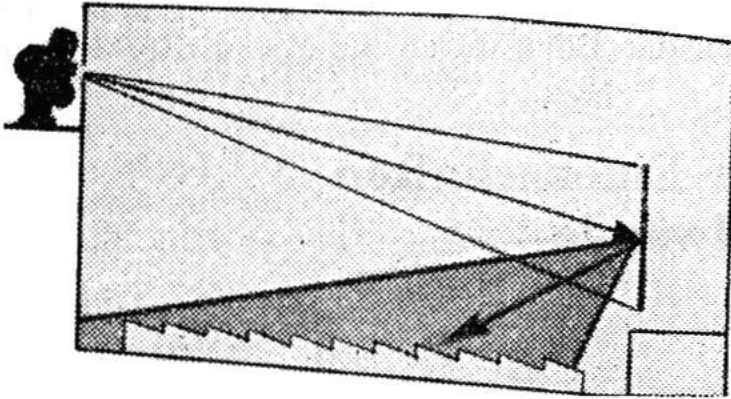
Bildwände, deren Oberfläche mit Aluminium oder Silberverbindungen belegt sind, haben ebenfalls Richtcharakteristik. Im allgemeinen dürften sie für



Eine glatte, metallisierte Wand reflektiert das Licht innerhalb eines sehr kleinen Winkels, der nicht ausreicht, um die Zuschauerplätze eines normalen Raumes gleichmäßig mit Licht zu versorgen.



Diese Skizze zeigt in vergrößerter Darstellung die Wirkung einer metallisierten Wand mit Linsenrasterprägung. Die auf eine solche Einprägung der Bildwand fallenden Lichtstrahlen werden nach dem Spiegelgesetz zurückgeworfen. Sie werden dabei zwar auch nur in einem sehr kleinen Winkel reflektiert, die Summe der über die ganze Breite einer solchen Linseneinprägung zurückgeworfenen kleinen Streuwinkel ist aber gegenseitig so geneigt, daß daraus ein großer Streuwinkel resultiert, der ausreicht, um für normale Vorführräume eine gleichmäßige Lichtverteilung für die meisten Zuschauerplätze zu sichern.



Die metallisierte Bildwand hat den Vorzug, daß bei Schrägprojektion das Licht nicht wie bei der Kristallperlwand nach oben zum Projektor reflektiert wird, sondern nach dem Spiegelgesetz im gleichen Ausfalls- wie Einfallswinkel zurückgeworfen wird. Die von oben kommenden Lichtstrahlen werden also nach unten auf die Zuschauer reflektiert. Man erkennt aus der Darstellung, daß nahezu das gesamte reflektierte Licht die Zuschauer erreicht und keine so bedeutenden Verluste wie bei der Diffuswand auftreten.

Schmalfilmvorführungen nicht in Betracht kommen. Metallisierte Wände mit glatter Oberfläche besitzen einen zu kleinen Streuwinkel, der für die Vorführpraxis nicht ausreicht. Die in Lichtspieltheatern verwendeten Wände dieser Art werden daher mit Rillen- oder Linsenrasterprägung versehen. Dadurch lassen sich Wirkungen erzielen, die innerhalb eines gewissen Streuwinkels eine  $1\frac{1}{2}$  bis 2mal größere Reflexion ergeben als die Diffuswand.

## 4. Bildwände für Durchprojektion

Diese Wände sind einer Mattscheibe (im Fotoapparat) vergleichbar, auf die das hinter der Wand aufgestellte Projektionsgerät das Bild wirft. Besonders für Werbevorführungen ist die Durchprojektion geeignet, wenn es nicht möglich oder erwünscht ist, den Projektor von der Seite auf die Bildwand strahlen zu lassen, auf der sich die Zuschauer befinden. Auch in Schule und Heim macht man mehr und mehr Gebrauch von dieser Projektionsart.

Wenn die Projektionsbilder verhältnismäßig klein gehalten werden, ist selbst bei gedämpftem Tageslicht eine für Schwarz-Weiß-Filme hinreichend helle Wiedergabe zu erzielen. Um seitlich einfallendes Streulicht abzuhalten und damit eine weitere Dämpfung der Allgemeinbeleuchtung zu erzielen, werden solche „Tageslichtwände“ meist mit trichterförmigen Blenden versehen, die gegen die Zuschauer hin die größere Öffnung haben. Große Helldunkelkontraste besitzen die auf diese Weise projizierten Bilder allerdings nicht. Für die kontrastreiche Wiedergabe ist die Dunkelheit des Raums bekanntlich ebenso wichtig wie die Lichtstärke der Projektionsbeleuchtung. — Auf die Wiedergabe von Farbfilmern muß bei „Tageslichtprojektion“ verzichtet werden. Die im Film enthaltenen Farben kämen nur stark gedämpft und verfälscht zur Wirkung. In gut verdunkelten Räumen ist die Leuchtkraft der in der Durchprojektion betrachteten Bilder sehr groß. Bei sehr lichtstarken Projektionsgeräten und klein gehaltenen Projektionsflächen ist es nützlich, den Projektor hinter dem Bildschirm so aufzustellen, daß das Objektiv unter der unteren Bildkante liegt. Die Projektion sollte also möglichst unter einem kleinen Winkel nach oben geschehen. Dadurch wird verhindert, daß die Bildwirkung durch den einer „Sonne“ ähnlichen Bildeindruck gestört wird, den der Blick durch die Wand direkt in das Objektiv ergibt.

## 5. Zusammenstellung der Eigenschaften der verschiedenen Bildwände

### a) Tondurchlässigkeit

Neben Reflexionsfaktor und Lichtverteilung spielt auch die Tondurchlässigkeit der für die Tonfilmwiedergabe benützten Bildwand eine wesentliche Rolle.

Die Tonfilmwände haben Poren, die bei gewobenen Wänden durch eine entsprechende Webart entstehen, bei Plastikwänden eingestanzte werden. Durch die Tonporen sinkt der Reflexionsfaktor der Tonfilmwand gegenüber einer gleichartigen Wand ohne Poren etwas ab. Wo man also nicht darauf angewiesen ist, den Lautsprecher direkt hinter der Leinwand aufzustellen (z. B. bei Wander- und Heimvorstellungen oder bei Projektionen im Freien) bringt eine nicht tondurchlässige Wand lichttechnisch gesehen Vorteile.

### b) Reflexionsvermögen

Unter Reflexionsfaktor versteht man das Verhältnis des von einer Bildwand zurückgeworfenen Lichts im Vergleich zu der von einer normalen Gipswand oder mattweiß gespritzten Holzwand reflektierten

Lichtmenge. Diesem Vergleich ist dieselbe auffallende Lichtmenge zugrunde gelegt.

Bei diffus strahlenden Wänden ist der Reflexionsfaktor gleich oder kleiner als 1, bei Wänden mit Richtcharakteristik kann er größer als 1 sein, allerdings nur innerhalb des Streuwinkels der betreffenden Wand.

## c) Reflexionsfaktor verschiedener Bildwände

### NICHT TONDURCHLÄSSIGE WÄNDE

#### Diffuswand

Wand- bezeichnung	Hersteller	Art der Bildwand	Streu- winkel	Refl.- Faktor
Blankana	Mech. Weberei	Gewebediffuswand	160°	1,1
Blankana Extra	Bad Lippspringe	Gewebediffuswand	160°	1,1
Mattweiß gefärbte Gipswand	—	Diffuswand	160°	1,0
Ideal	Schumann, Hamburg	Kunststoffwand ohne Tonporen	160°	1,1

#### Kristallperlwand

Wand- bezeichnung	Hersteller	Art der Bildwand	Streu- winkel	Refl.- Faktor
Atlanta Extra	Mech. Weberei	Kristallperlwand ohne Tonporen	50°	3,0

### TONFILMWÄNDE

#### Diffuswand

Wand- bezeichnung	Hersteller	Art der Bildwand	Streu- winkel	Refl.- Faktor
Durabla	Mech. Weberei	Diffusgewebewand, zerlegbar	160°	0,7—0,8
Sonora Supra	Mech. Weberei	Diffusgewebewand	160°	1,0
Sonora Plastik	Mech. Weberei	Diffusplastikwand	160°	1,1
Ideal	Schumann	Diffusplastikwand	160°	1,1

## Kristallperlwand

Wand- bezeichnung	Hersteller	Art der Bildwand	Streu- winkel	Reflex.- Faktor
Sonora Extra	Mech. Weberei	Kristallperlwand	60°	2—3

## Metallisierte Bildwände

Wand- bezeichnung	Hersteller	Art der Bildwand	Streu- winkel	Reflex.- Faktor
Bildwand nach Art der Miracle Mirror Screen Sonora Silber	Mech. Weberei  Mech. Weberei	Bildwand mit Linsen- rasterprägung  Gewebesilberwand	Höhe 70° Breite 80—90° 60°	1,5—2 2,0

## Durchprojektionswand

Wand- bezeichnung	Hersteller	Art der Bildwand	
Optilux Paratra	Ing. E. Paikert Düsseldorf Mech. Weberei	Kunststoff lichtdurchlässiges Gewebe	mattscheiben- ähnliche Wirkung

# XVI. Lichttechnische Größen und ihre Beziehungen

## Lichttechnische Größen

In der Kinotechnik benutzt man lichttechnische Größen, die auf die Empfindlichkeit unserer Augen abgestimmt sind. Diese Größen sagen zwar nichts aus über die physikalischen Eigenschaften der Lichtstrahlung, doch sind sie nötig zur Bemessung der optischen Geräte und zur Beurteilung ihrer Wirkung.

Die im folgenden genannten Grundbegriffe und Einheiten für lichttechnische Größen sind im Jahre 1937 vom „Internationalen Komitee für Maße und Gewichte“ festgelegt, für Deutschland am 1. 7. 1942 in Kraft gesetzt und am 1. 1. 1948 endgültig international eingeführt worden.

### 1. Grundbegriffe und Einheiten

Über die Lichtquelle, den leuchtenden Körper, von dem das Licht ausgeht, sagen die Begriffe Lichtstärke, Leuchtdichte und Lichtstrom, und über den beleuchteten Körper, der Licht empfängt und teilweise reflektiert, die Begriffe Beleuchtungsstärke, Schirmhelligkeit und Reflexionsfaktor etwas aus.

#### Lichtstärke J

Grundgröße für die Helligkeit eines leuchtenden Körpers.

**Einheit:** die **candela** (cd), auch neue Kerze (NK) genannt. Diese Einheit ist um etwa 10 % größer als die früher übliche Einheit Hefner-Kerze (HK); also  $1 \text{ cd} \approx 1,1 \text{ HK}$ .

Heute dient als Urmaß die Lichtstärke von schmelzendem Platin, das eine Oberfläche von  $1 \text{ qcm}$  besitzt (Schmelztemperatur  $1773^\circ \text{ C}$ ). Die Lichtstärke dieses Strahlers wurde mit 60 cd oder 60 NK festgelegt.

#### Leuchtdichte B

ist die Lichtstärke von  $1 \text{ cm}^2$  der leuchtenden Fläche in der zur Fläche senkrechten Richtung.

**Einheit** ist 1 Stilb (sb)  $= \frac{1 \text{ candela.}}{\text{cm}^2}$  (stilbein [griech.] = glänzen)

#### Lichtstrom $\Phi$

ist die Lichtmenge, die von einem Strahler pro Sekunde in den Raum gesandt wird. Eine Lichtquelle strahle nach allen Richtungen mit der gleichen Lichtstärke J cd. Sie erfüllt dann den Raum um sich herum, d. h. eine Kugel, in deren Mitte sie steht, mit dem Lichtstrom  $4 \pi J$ , weil  $4 \pi$  der volle Raumwinkel um den Kugelmittelpunkt herum ist. Die Halbkugel bekommt von ihr nur den Lichtstrom  $2 \pi J$ , die Viertelskugel den Lichtstrom  $\pi J$ ; ganz allgemein bekommt ein Kegelausschnitt vom Raumwinkel  $\omega$  den Lichtstrom  $\omega J$ .

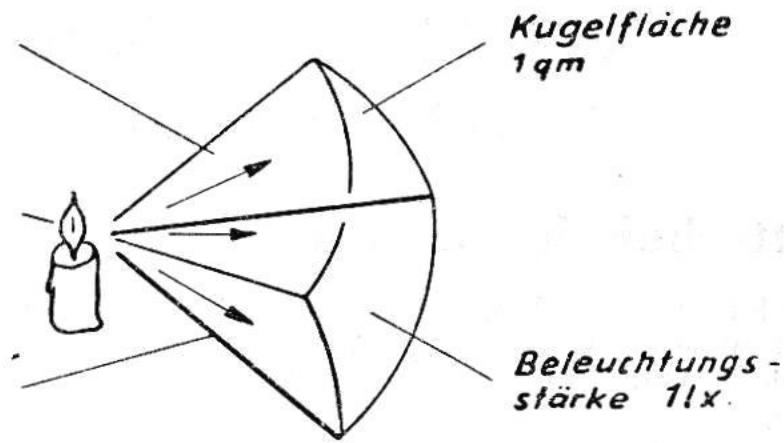
**Einheit** ist das Lumen (lm)  $= 1 \text{ candela} \cdot \omega_1 J$ .

$\omega_1$  ist der Einheitsraumwinkel,  $\omega_1 = 1$ .

Lichtstrom 1lm

Flamme mit der  
Lichtstärke 1cd

Abstand 1m



## Beleuchtungsstärke E

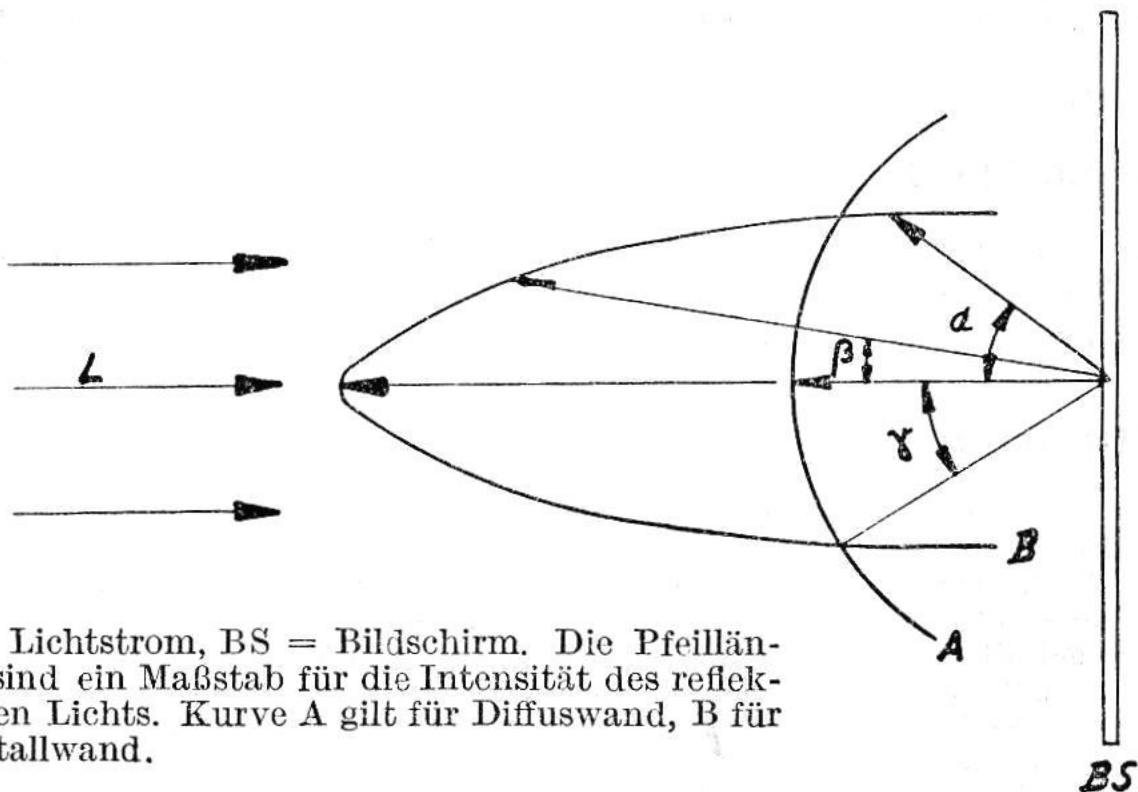
Unter ihr versteht man den auf die Fläche von 1 m<sup>2</sup> fallenden Lichtstrom.

Einheit ist 1 Lux =  $\frac{1 \text{ Lumen.}}{1 \text{ m}^2}$

Beispiel: Der Nutzlichtstrom eines Projektors beträgt 400 lm, die Projektionswand ist 10 qm groß. Also ist die Beleuchtungsstärke  $E = \frac{400 \text{ (lm)}}{10 \text{ (m}^2\text{)}} = 40 \text{ lx.}$

## Reflexionsfaktor

Dieser Faktor gibt an, um welchen Bruchteil die Reflexion einer Bildwand größer oder kleiner ist als bei der idealen diffus zurückstrahlenden weißen Wand. Eine diffus strahlende Wand nämlich reflektiert alles Licht, das auf sie fällt so,



L = Lichtstrom, BS = Bildschirm. Die Pfeillängen sind ein Maßstab für die Intensität des reflektierten Lichts. Kurve A gilt für Diffuswand, B für Kristallwand.

daß die Schirmhelligkeit unter jedem Beobachtungswinkel gleich groß ist; sie hat daher den Reflexionsfaktor  $\rho = 1$ . Eine mit Baryt weiß gestrichene Wand kommt ihr mit  $\rho = 0,98$  sehr nahe, eine Gipswand hat den Wert 0,95, sie erscheint daher nur 0,95mal so lichtstark.

Wände mit gerichteter Reflexion (Kristallperlwand, Silberwand) haben für verschiedene Beobachtungswinkel verschiedene Reflexionsfaktoren. Diese Faktoren können sogar für bestimmte Bereiche größer als 1 sein z. B. 2,5. Das heißt dann, daß in dem Streuwinkel, für den dieser Faktor gilt, 2,5mal mehr Licht reflektiert wird als von einer weißen Vergleichswand mit  $\rho = 1$  innerhalb des gleichen Streuwinkels.

## Schirmhelligkeit S

ist auch eine Leuchtdichte, aber nicht die der Lichtquelle, sondern die eines beleuchteten, Licht reflektierenden Körpers, hier die der Bildwand. Vom Licht, das auftrifft, wird nur ein Bruchteil reflektiert, das übrige verschluckt (absorbiert). Ist die Beleuchtungsstärke E (in Lux),  $\rho$  der Reflexionsfaktor, so ist die Schirmhelligkeit  $S = E \rho$ .

**Einheit** ist 1 Apostilb (asb) =  $\rho_1 \cdot 1 \text{ Lux}$ , ( $\rho_1 = 1$ ). Zwischen Apostilb und Stilb besteht die Beziehung  $1 \text{ sb} = \pi \cdot 10^4 \text{ asb}$ . (apo [griech.] = Steigerungsform)

**Beispiel.** Die Messung der Beleuchtungsstärke eines Kristallbildschirms ergibt 40 Lux. Sein Reflexionsfaktor ist 2,5. Also beträgt die Schirmhelligkeit  $S = E \rho = 40 \text{ (lx)} \cdot 2,5 = 100 \text{ asb}$ .

## 2. Beziehungen für die Praxis

In der Praxis müssen häufig der Lichtstrom des Projektors oder die jeweilige Schirmhelligkeit ermittelt werden. Das hat mit den folgenden Gleichungen zu geschehen.

$$\Phi = E \cdot m^2$$

Lichtstrom in **Lumen** = Beleuchtungsstärke in **Lux** mal beleuchtete Fläche in **qm**.

Dabei wird die Beleuchtungsstärke mit dem Luxmeter gemessen.

$$E = \frac{\Phi}{m^2}$$

Beleuchtungsstärke in **Lux** = Lichtstrom in **Lumen** geteilt durch die beleuchtete Fläche in **qm**.

Hier muß der Lichtstrom (etwa an Hand von Unterlagen) bekannt sein.

$$S = \rho \cdot E$$

Schirmhelligkeit in Apostilb = Beleuchtungsstärke in Lux mal Reflexionsfaktor. Hier muß die Beleuchtungsstärke gemessen und der Reflexionsfaktor bekannt sein (etwa an Hand von Unterlagen).

# Lichtquellen

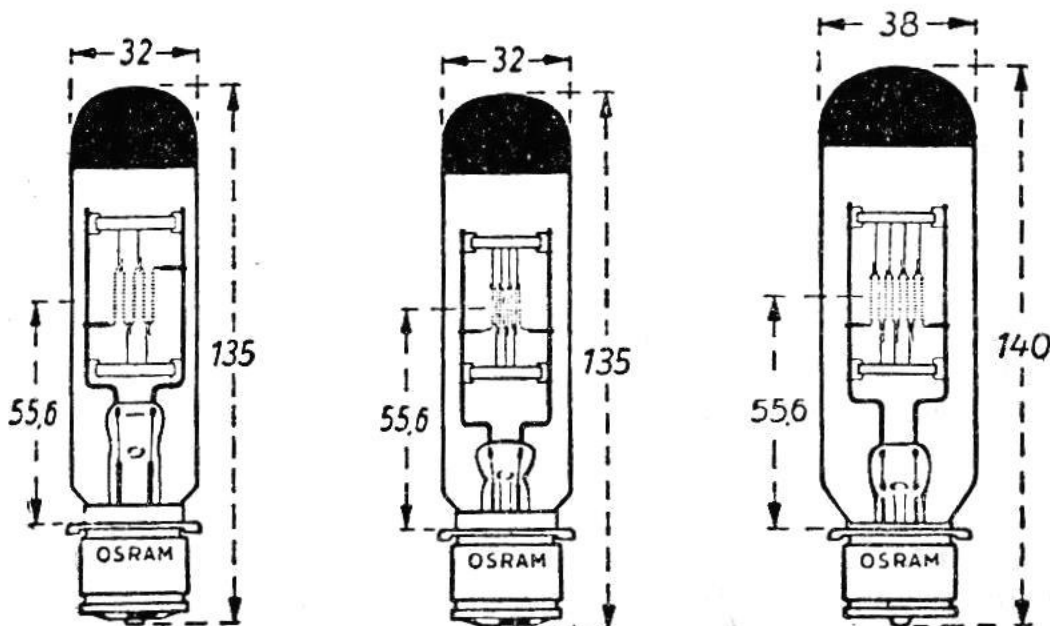
Bis in die jüngste Zeit wurden in der Kino- und Phototechnik als Lichtquellen nur Temperaturstrahler benützt. Bei ihnen stammt die ganze ausgestrahlte Lichtenergie aus der Wärmeenergie des Körpers. Hierher gehören die Metallfaden-Glühlampen und der Kohlebogen. Langsam beginnen die Lumineszenzstrahler an Bedeutung zu gewinnen. Die Xenonhochdrucklampe hat sich bei der Filmaufnahme bereits bewährt. Mehr und mehr wird sie auch bei der Projektion wenigstens in kleineren Lichtspielhäusern eine Rolle spielen, wenn sie auch in absehbarer Zeit beim Schmalfilm noch nicht verwendet wird. Eine Tabelle gibt eine Übersicht der wichtigsten Lichtquellen.

## Die Metallfaden-Glühlampe

wird fast in allen Schmalfilmgeräten als Projektionslichtquelle verwendet. Ihre Vorzüge liegen in der einfachen Handhabung. Besonders bei Wandergeräten spielen ja auch Raumbedarf und Gewicht des Geräts eine Rolle, die für die Glühlampe und ihr Zubehör einen erheblich geringeren Aufwand erfordern als für die Bogenlampe.

Da Projektionslampen ihr Licht in möglichst hohem Maße dem Projektionsvorgang nutzbar machen sollen, weichen sie im Aufbau der Glühdrähte, in der Form des Glaskolbens und in der Art des Sockels von den üblichen Beleuchtungslampen ab.

Die wendelförmigen Glühdrähte sind stabförmig zu möglichst kleinen Flächen geordnet. Bei Lampen höherer Leistung (500 Watt und mehr) wird die Lichtquelle durch zwei solcher Flächen gebildet, deren Wendelstäbe auf Lücke zueinander stehen. Die günstigste Lichtausbeute bei gleicher elektrischer Leistung wird dabei von der Lampe mit der kleineren Wendelfläche, d. h. also der größeren Leuchtdichte erzielt.



Projektionslampen 375, 500, 750 Watt

Da Lampen für eine niedrigere Betriebsspannung mit einem kürzeren und stärkeren Glühdraht ausgerüstet sind als Lampen für hohe Betriebsspannungen, sind sie für die Projektion besser geeignet. Man zieht daher Lampen für 110 Volt solchen für 220 Volt vor. — Eine Anpassung an höhere Netzspannungen kann durch Widerstände oder Transformatoren erzielt werden.

Einzelne Lampentypen werden sogar als ausgesprochene Niedervoltlampen gebaut. So wird beispielsweise die hauptsächlich im Schulbetrieb gebräuchliche 375-Watt-Lampe mit 75 Volt betrieben.

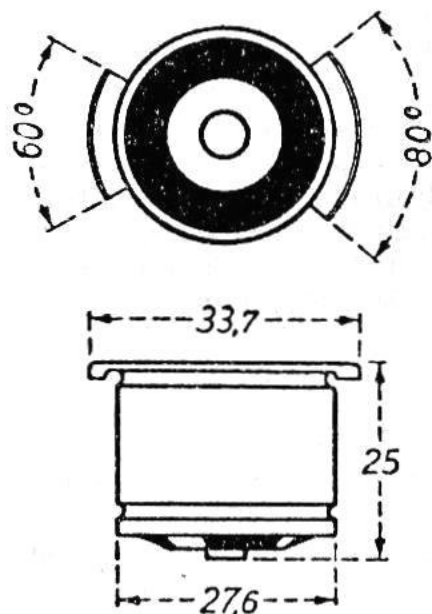
Wichtig für den Wirkungsgrad der Beleuchtungseinrichtung ist, daß man die Leuchtfläche möglichst dicht an den Kondensor heranrücken kann. Die Größe des Lichtaufnahmewinkels ist maßgebend für die Größe des Nutzlichtstroms. Man hat daher dem Glaskolben die Form einer Röhre gegeben.

Gewöhnlich ist die Wendelfläche in der Mitte des Glaskolbens angeordnet. Einige Lampentypen werden auch mit vorgebauter, also gegen den Kondensor hin vorgerückter Wendel geliefert. Da mit dem Vorrücken der Wendel auch die Erwärmung des Glaskolbens wächst, ist die Verwendung solcher Lampen aber nur zu empfehlen, wenn das Gerät dafür eingerichtet ist. Eine höhere Lichtausbeute ist nur dann zu erzielen, wenn Kondensor und Spiegel für vorgebaute Wendeln vorgesehen sind. — Der BAUER-Selecton II W ist z. B. für eine 750-Watt-110-Volt-Lampe eingerichtet, deren Wendel um 3 mm vorgebaut ist. Die BAUER-Pantason-Geräte und der BAUER-Pantalux 8 sind für Lampen mit Mittelwendel gebaut. Andere Lampen erbringen keine Verbesserung der Lichtverhältnisse, können aber vorzeitig Lampendefekte und evtl. Kondensorschäden zur Folge haben.

Bei Glühlampen wächst der Lichtstrom (Lm) mit der Leistungsaufnahme (W). Für den Nutzlichtstrom des Schmalfilmgeräts trifft das nur in beschränktem und bedingtem Maße zu. Wäre das nicht der Fall, dann könnte man durch Steigerung der Lampenleistung auch die Bildhelligkeit bei Glühlampenbetrieb beliebig erhöhen. Eine Grenze wird durch das verhältnismäßig kleine Bildfenster gesetzt.

Lampen höherer Leistung ergeben bei gleicher Betriebsspannung größere Wendelflächen, die u. U. nicht mehr in ihrer ganzen Ausdehnung dem Projektionsvorgang nutzbar gemacht werden können. Die höhere Leistung bringt aber immer auch eine stärkere Erwärmung von Gerät und Film mit sich. Es ist daher die Beschränkung geboten, die der Hersteller mit der ursprünglichen Lampenausstattung des Geräts aufzeigt.

Schmalfilmlampen sind mit besonderen Sockeln, sogenannten Kino-Einstellsockeln, versehen, die ein rasches und leichtes Einsetzen der Lampen in den Lampenhalter des Projektors gestatten. Sie gewährleisten, daß die neue Lampe genau an die Stelle der zu ersetzenden gelangt. Kleine Maßabweichungen des Lampensystems können gewöhnlich durch geringe Verschiebung des Lampenhalters korrigiert werden. Hinweise dafür geben die Bedienungsanleitungen.



Abmessungen der Kino-Einstellsockel

## Glühlampen der BAUER-Projektoren

Type	Verwendet in	Leistung (W)	Strom Spannung	Wendelage	mittlere Lebensdauer in Std.	lm/Watt
Projektions-Röhrenlampe mit Kino-Einstecksockel	Selecton II W	750	110 V	3 mm vorgebaut	25	26
	Pantason	500	5 A	Mitte	25	25
	Pantalux 8	500	110 V	Mitte	25	25
	Pantason	375	4,5 A 5 A	Mitte	50	24

Lebensdauer und Lichtleistung der Projektionslampen hängen in hohem Maße von den elektrischen Betriebsverhältnissen, insbesondere also von der angelegten Spannung ab. Die von den Herstellern angegebenen Zahlen sind Angaben für die mittlere Betriebszeit bei normalen Spannungsverhältnissen. Kleine Schwankungen nach unten und oben müssen in Kauf genommen werden. Größere Abweichungen können bereits bei geringen Veränderungen der Spannungsverhältnisse auftreten. Auskunft darüber gibt die Tabelle.

Spannung	— 15 %	— 10 %	— 5 %	0	+ 5 %	+ 10 %	+ 15 %
Lichtstrom	— 47 %	— 33 %	— 17 %	0	+ 20 %	+ 45 %	+ 70 %
Lichtausbeute	— 32 %	— 21 %	— 11 %	0	+ 13 %	+ 25 %	+ 38 %
Lebensdauer	+ 900 %	+ 320 %	+ 100 %	0	— 50 %	— 73 %	— 85 %

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß eine Überspannung von beispielsweise 10 % den Lichtstrom um 45 % und die Lichtausbeute um 25 % vermehrt, die Lebensdauer der Lampe dagegen um 73 % verringert wird. Umgekehrt hat Unterspannung von 10 % eine Verminderung des Lichtstroms um 33 % und der Lichtausbeute um 21 % zur Folge. Die Betriebsdauer der Lampe wird dabei aber um 320 % verlängert.

Voraussetzung für diese Zahlen ist auch, daß die hoch ausgenutzten Projektionslampen beim Betrieb gut gekühlt werden. Alle BAUER-Schmalfilmgeräte sind daher mit stark dimensionierten Gebläsen ausgestattet.

Wird eine Projektionsglühlampe über die vom Hersteller hinaus angegebene Zeit betrieben, dann ist es möglich, daß sich die Innenwand des Glaskolbens schwarz verfärbt. Das sind Rußniederschläge, die von der Verdampfung der Glühdrähte herrühren. Die Schwärzung verhindert den Lichtaustritt aus dem Lampenkolben, der selbst in höherem Maß Wärme aufnimmt. Häufig ist daher diese Schwärzung die Ursache von Kolbenverbeulungen, die ihrerseits wieder zu Kondensorschäden führen können. Es ist daher ratsam, inwendig geschwärzte Lampen auszuwechseln, auch wenn das Leuchtsystem noch in Ordnung ist. Als Ersatzstück läßt sich die entfernte Lampe vielleicht wieder einmal kurzzeitig verwenden.

# Tonlampen

Auch die Tonlampen für BAUER-Schmalfilmgeräte sind in Röhrenform gebaut. Die stabförmige Wendel ist quer zum Glaskolben gelegt. Mit Hilfe eines im Werk genau eingestellten Justiersockels wird die richtige Lage der Wendel zum Spaltbildgerät bestimmt. Von der Wendelage hängt in hohem Maß die Tonwiedergabe ab. Geringe Verschiebungen nach unten oder oben, oder seitliches Versetztsein der Wendeln haben eine geringere Tonleistung zur Folge. Auch Schwärzungen überalterter Tonlampen oder Verschmutzen des Lampenkolbens können die Ursache für eine geringe Lautstärke der Tonwiedergabe sein.

In allen BAUER-Schmalfilmgeräten wird die gleiche Tonlampe verwendet. Ihre elektrischen Daten sind:

Leistungsaufnahme	30 Watt
Betriebsspannung	6 Volt
Betriebsstrom	5 Ampere.

# Bogenlicht

Mehr und mehr werden Schmalfilmgeräte in sehr großen Räumen, immer häufiger auch im Lichtspielhaus, verwendet. Bei Bildbreiten über 4 m empfiehlt es sich, diese Projektoren anstelle der Glühlampe mit einer Bogenlampe auszustatten, deren Lichtleistung das Mehrfache der durch Glühlampen erzielbaren Bildhelligkeit ergibt. Im BAUER-Selecton II O ist für die stationäre Verwendung ein Gerät geschaffen worden, das auch hinsichtlich der Bildhelligkeit ebenbürtig neben den großen Normalfilmprojektoren bestehen kann. Bei einer Belastbarkeit der Bogenlampe bis 45 Ampere ergibt sich für Reinkohlen ein Lichtstrom bis etwa 1500 Lm, bei HI-Kohle sogar bis etwa 3000 Lm. Diese Lichtströme reichen bis etwa 8 m Bildbreite aus und entsprechen denen, die man bei gleichem Stromaufwand mit Normalfilmmaschinen erzielt.

## 1. Reinkohlenlicht

Reinkohlen sind zylindrische Kohlenstifte, vorwiegend aus Ruß und mit Teer als Bindemittel hergestellt. Die an den positiven Pol einer Gleichstromquelle angelegte Kohle ist mit einem Docht versehen, der aus weicherem, leicht verdampfendem Material besteht und der leichter leitet als der Kohlenmantel. Die Negativkohle kann homogen oder als Dochkohle ausgebildet sein. Um einen ruhigen Abbrand der Kohlen zu erzielen, muß die an Reinkohlen angelegte Gleichspannung 45—55 Volt betragen. Durch kurzzeitiges Berühren der Kohlenspitzen wird die Lampe gezündet. Werden die Kohlen um ein geringes Maß auseinandergezogen, dann bleibt ein Lichtbogen stehen.

Die auf die Positivkohle auftreffenden Elektronen erhitzen diese Kohle an der Aufschlagstelle. Sie bilden einen Krater, der bei einer Temperatur von etwa 3800° C die eigentliche Lichtquelle darstellt. Er liefert etwa 80 % des Lichts. Der Flammbogen selbst trägt nur mit etwa 5 % und die glühende Spitze der Negativkohle nur mit etwa 15 % zur Gesamtstrahlung bei.

Für die Reinkohlenlampe ergeben sich folgende Daten:

Kratertemperatur etwa	3 800° C
Leuchtdichte des Kraters bis	15 500 cd/cm <sup>2</sup> (sb)
Farbtemperatur etwa	3 550° K.

Spektrale Zusammensetzung des Lichts:

18 %	violett und blau	(400—500 m $\mu$ )
32 %	grün und gelb	(490—590 m $\mu$ )
50 %	orange und rot	(620—720 m $\mu$ )

Lichtbogenspannung je nach Kohlenart 45—55 Volt.

Verhältnis der Abbrandgeschwindigkeiten der Minuskohle zur Pluskohle 1 : 1. Beim Betrieb verbrennen die Kohlen. Eine motorisch betriebene Nachstell-einrichtung sorgt für den ständigen Nachschub. Da Spiegelbrennweite und Abstand des Spiegels vom Bildfenster festliegen, sorgt die Nachstelleinrichtung außerdem dafür, daß der Abbrand immer an der gleichen Stelle, also im gleichen Abstand vom Spiegel erfolgt.

Der Lampenspiegel hat die Aufgabe, die Lichtquelle, vor allem also den Krater der Pluskohle im Bildfenster abzubilden. Dabei wird durch die Wirkung des Spiegels ein Lichtkreis auf der Rückseite des Bildfensters entworfen. Die Größe des Lichtkreises muß der Größe des Bildfensters angepaßt sein. Wenn er zu groß wäre, ginge zu viel Licht verloren. Wäre er zu klein, dann wären die Bildecken nicht genügend ausgeleuchtet.

Die Größe des Lichtkreises wird einmal durch die Baumaße der Lampe, nämlich die Brennweite des Spiegels und den Abstand des Spiegels vom Bildfenster bestimmt. Bei richtiger Lage der Abbrandstelle ist aber auch der — andererseits von der Strombelastung abhängige — Durchmesser der Pluskohle von Einfluß auf die Größe des Lichtkreises.

Aus diesem Grunde ist es nicht möglich, die Strombelastung beliebig zu steigern, Mehr Strom würde auch einen größeren Kohlendurchmesser erfordern. Die dabei erzielte Lichtzunahme könnte aber der Projektion gar nicht nutzbar gemacht werden, da sie lediglich zu einer Vergrößerung des Lichtkreises führen würde und nicht in höherem Maße durch das Bildfenster geleitet werden könnte. Setzt man hinter dem Bildfenster eine sogenannte Leuchtfeldlinse ein, die das Lichtbündel vor dem Auftreffen auf die Bildfensterpartie verengt, dann kann dieser Beschränkung weithin gesteuert werden.

Über die Wahl der richtigen Kohlendurchmesser gibt die nachstehende Tabelle Auskunft. Zu geringe Belastung der Kohlen ergibt rötlich flackerndes Licht. Zu hohe Belastung führt zum Zischen der Lampe bei blaugrüner Färbung des Lichtbogens.

### Gleichstrom-Reinkohlen

Strom Amp.	Conradty				Ringsdorff			
	Kino Noris Ø in mm		Noris Juwel Ø in mm		Strom Amp.	Pos. Kohle Vega Ø in mm	Neg. Kohle Gamma S	
	pos. Docht	neg. homo- gen	pos. Docht	neg. Cu- Docht			unverk. Ø in mm	verk. Ø in mm
10—14	10	6	9	6	15—20	10	7	5
13—17	10	7	9	6	20—24	11	8	6
15—20	11	7	10	6	24—28	12	9	7
18—22	11	8	10	7				
20—25	12	8	11	7				
22—27	12	9	11	8				
Licht- bogen- spanng.	48—52 Volt		48—52 Volt		Licht- bogen- spanng.	48—52 Volt		

## 2. HI-Kohlenlicht

HI-Kohlen (Hochintensitäts- oder Beckkohlen) sind Kohlenstifte, die im Vergleich zur Reinkohle bei wesentlich geringeren Durchmessern mit hoher Stromdichte gebrannt werden. — Unter Stromdichte versteht man bekanntlich die Stromstärke bezogen auf 1 qmm des Leiterquerschnitts. Führt z. B. eine HI-Kohle mit 40 qmm Querschnitt einen Strom von 50 Ampere, dann ist die Stromdichte  $\frac{50}{40} = 1,25$  Ampere/qmm.

Die Stromdichte ist bei HI-Kohlen etwa viermal so groß als bei Reinkohlen. Damit die HI-Kohle unter dem Einfluß dieser hohen Stromdichte nicht in der ganzen Länge glüht, ist die Kohle mit einem Kupfermantel überzogen. HI-Pluskohlen haben einen sogenannten Leuchtsalzdocht, der den halben Durchmesser der Kohle einnimmt. Die im Docht enthaltenen Metallsalze (Cer-Verbindungen) verdampfen beim Abbrennen der Kohle. Unter dem Einfluß der hohen Stromdichte bilden die verdampfenden Salze eine leuchtende Gaswolke, die sich im Raum des Kraters der Pluskohle bildet. Die Temperatur des Gasballs beträgt 5 000 bis 7 000° C. Dabei strahlt er ein außerordentlich helles Licht aus, dessen spektrale Zusammensetzung dem Tageslicht ähnlich ist. Dieser leuchtende Gasball ist die eigentliche Lichtquelle bei HI-Betrieb. — Dem Erfinder zu Ehren wird diese Erscheinung Beck-Effekt genannt.

Die technischen Daten für den HI-Kohlenbetrieb sind:

Temperatur des Gasballs im Krater: 5 000 bis 7 000° C.  
Leuchtdichte: bis 80 000 sb.  
Lichtfarbe: tageslichtähnlich.

Spektrale Zusammensetzung des Lichts:

35 % violett und blau	(400—500 m $\mu$ )
34 % grün und gelb	(490—590 m $\mu$ )
31 % orange und rot	(620—720 m $\mu$ ).

Die günstigsten Lichtverhältnisse ergeben sich

für 20 A Kohlenbelastung bei einer Betriebsspannung von 28—30 V  
für 30 A Kohlenbelastung bei einer Betriebsspannung von 30—32 V  
für 40 A Kohlenbelastung bei einer Betriebsspannung von 32—34 V.

Verhältnis der Abbrandgeschwindigkeit der Minuskohle zur Pluskohle: 1 : 2 bis 1 : 5. — Es ist abhängig von Kohlendurchmesser und Stromstärke.

Als Faustregel gilt, daß der Abstand von Minus- zu Pluskohle etwa gleich dem Durchmesser der Pluskohle sein soll. Dieser Wert gilt dann, wenn die Lampe mit dem höchstzulässigen Strom betrieben wird. Bei schwächerem Strom kann die Länge des Lichtbogens etwas kleiner gehalten werden.

Bei der höheren Stromdichte ist ein rascherer Nachschub der Kohlen erforderlich als bei Reinkohle. Um ein gleichmäßig weißes Licht zu erhalten, muß die Nachstellung der Kohlen ebenfalls sehr gleichmäßig erfolgen, da die Vergrößerung der Bogenlänge eine Veränderung der Lichtbogenspannung und damit des Stroms zur Folge hat.

Unterlastung der HI-Kohlen bewirkt ein sogenanntes Atmen des Gasballs, was Lichtschwankungen mit sich bringen würde.

Überbelastung der Kohlen führt zu einer Unruhe des Lichtbogens und stärkerer Rußbildung. Außerdem höhlt sich der Krater der Pluskohle so stark aus, daß das Licht des Gasballs zum Teil vom Kraterrand zurückgehalten wird und vom Lampenspiegel nicht aufgenommen werden kann.

## Blasmagnet

Spiegellampen für HI-Betrieb müssen mit einem Blasmagneten ausgestattet sein. Er soll die unter dem hohen „Druck“ der großen Stromdichte stattfindende Gasentladung in die für die Lichtausbeute günstigste Richtung lenken. Gleichzeitig soll verhindert werden, daß die Bogenflamme über den Kraterrand hinaus auf die Pluskohle übergreift.

Das magnetische Feld des Blasmagneten wird dem der stromführenden Kohle überlagert. Dadurch wird der Lichtbogen nach oben geführt. So wird dafür gesorgt, daß die volle Entladungsenergie dem Krater zugute kommt.

Für die **Lichtführung** bei HI-Betrieb gilt sinngemäß das von der Reinkohle Gesagte. Da bei HI-Lampen für Schmalfilm durchweg verhältnismäßig kleine Kohlendurchmesser verwendet werden, müssen hinter dem Bildfenster des Projektors negative Leuchtfeldlinsen eingebaut werden, die das vom Spiegel her zu eng gebündelte Licht in etwas größerem Lichtkreis auf die Bildfensterpartie werfen.

Die Bogenlampe des Selecton II O muß bei HI-Betrieb mit den aus der nachstehenden Tabelle ersichtlichen Kohlen bestückt werden:

Strom A	Conradty		Strom A	Ringsdorff	
	Pluskohle Perkeo ∅ in mm	Minuskohle Nunega 4 ∅ in mm		Pluskohle Sola-Effekt + S v 24	Minuskohle. Gamma D V 12
17—25	5	4 oder 5	18—25	5	4
23—30	5,5	5	30—40	6	5
27—38	6	5			
Lichtbogenspannung: 24—35 V			Lichtbogenspannung: 25—35 V		

## Lichtfarbe

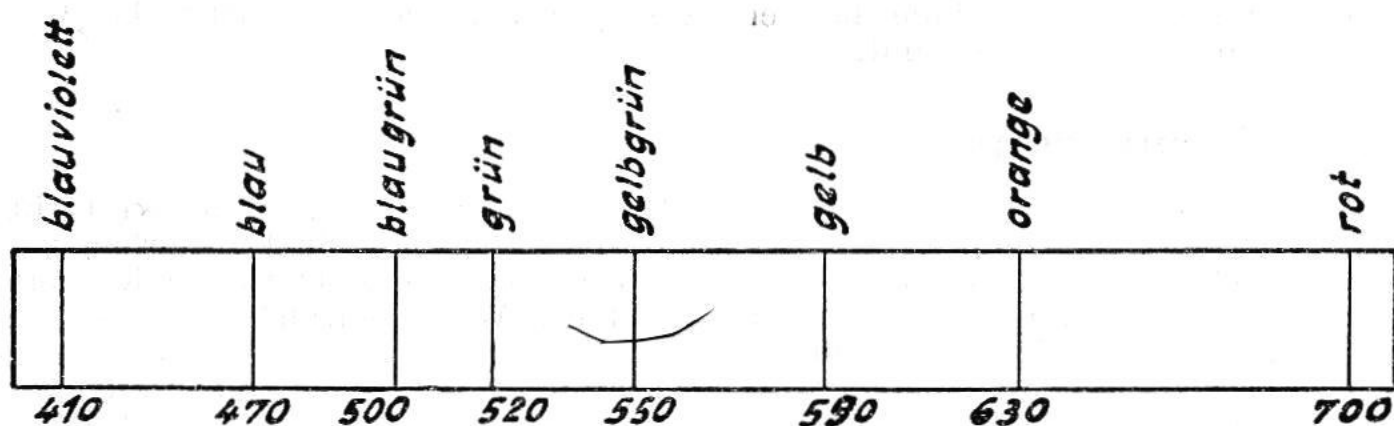
Man charakterisiert die Färbung einer Lichtquelle, indem man den Gehalt der drei Grundfarben angibt, aus denen sich durch Mischung jede andere Farbe herstellen läßt, nämlich rot, grün und blau. Weißes Licht enthält diese Grundfarben zu gleichen Teilen. Bei Glühlampen- und Reinkohlenlicht überwiegen die roten Farbkomponenten, während Quecksilber-Höchstdrucklampen heute noch ein verhältnismäßig blaues Licht liefern. Die folgende Tabelle stellt die prozentualen Farbanteile der einzelnen Lichtquellen gegenüber:

Lichtfarbe Wellenlänge in $m\mu$	violett-blau 400—500	grün-gelb 490—590	orange-rot 620—720
Tageslicht	% 33	% 33	% 33
HI-Kohlebogen	35	34	31
Reinkohlebogen	18	32	50
Glühlampe	16	33	51

# XVII. Optik, allgemeine Hinweise

## 1. Licht

Erst seit etwa 60 Jahren weiß man, daß Licht nur ein kleiner Teil einer viel allgemeineren Strahlung ist. Man nennt sie elektromagnetische Wellenstrahlung, weil sich elektrische und magnetische Felder nach bestimmten Gesetzen und mit bestimmten Geschwindigkeiten ausbreiten. Auch die Röntgenstrahlen oder die Rundfunkwellen gehören zu dieser Strahlung, doch werden sie von uns nicht wahrgenommen. Nur für einen ganz bestimmten Wellenlängenbereich ist unser Auge empfindlich. Die Strahlung dieses Bereichs heißt daher „sichtbares Licht“.



Das sichtbare Licht

Die Wellenlängen des sichtbaren Lichtes sind sehr klein, sie liegen zwischen 400 und 700  $\mu$  oder zwischen 0,0004 und 0,0007 mm. Das Sonnenlicht und das Licht vieler künstlicher Lichtquellen enthalten in fast ununterbrochener Reihenfolge alle Wellenlängen.

## 2. Begriff der Farbe

Wenn farbiges Licht in unser Auge gelangt, wird infolge der physiologischen Einrichtung dieses Sinnesorganes ein bestimmter Farbreiz ausgelöst. Dieser Reiz wird vom Nervensystem zum Gehirn geleitet und bewirkt dort eine bestimmte Farbempfindung. Die Ursache der Empfindung, die Lichtstrahlung, ist physikalischer Natur, das Zustandekommen des Farbreizes ist Bestandteil der Sinnesphysiologie, während das, was uns sehend als Farbe bewußt wird, in das Gebiet der Psychologie gehört. Licht und Farbe sind also in ihrem Wesen völlig verschieden. So kann eine Farbempfindung auch durch einen anderen Reiz des Sehnerves zustande kommen (Schlag, Druck, elektrischer Strom usw.). Bei reinem, einfarbigem Licht (z. B. Licht wie im Regenbogen) besteht zwischen der Wellenlänge und dem Farbreiz eine eindeutige Zuordnung (siehe Abb. !). Bei einem Gemisch von Lichtstrahlen verschiedener Wellenlängen ist das gegenseitige Mengenverhältnis für den Farbreiz von ausschlaggebender Bedeutung. Durch geeignetes Mischen kann man alle Farbtöne erzeugen.

Zur Erklärung des Farbsehens gibt es verschiedene Theorien, von denen die Young-Helmholtzsche die größte Bedeutung hat. Sie nimmt an, daß es drei verschieden reizbare Bestandteile gibt, die für rotes, grünes und blaues Licht

empfindlich sind. Licht von einer bestimmten Wellenlänge erregt mindestens zwei Grundreize, den einen stärker, den (oder die) andern schwächer. Wenn wir weißes Licht empfinden, werden alle drei Bestandteile gleichstark erregt, gelbes Licht empfinden wir, wenn der rote und grüne Bestandteil etwa gleichstark erregt werden.

Die Young-Helmholtzsche Theorie vermag allein nicht alle Erscheinungen zu erklären. Eine endgültige, alles erfassende Theorie gibt es noch nicht.

### 3. Körperfarbe

Die Farbe aller Stoffe, die nicht selbst Licht aussenden, nennt man Körperfarbe. Sie ist abhängig von der spektralen Zusammensetzung des beleuchtenden Lichtes (siehe Lichtquellen) und dem spektralen Reflexionsgrad des Körpers. Bei der photographischen Aufnahme handelt es sich fast immer um Licht, das von „Nichtselbstleuchtern“ kommt.

### 4. Farbtemperatur

Unter einem „schwarzen Körper“ versteht man einen Strahler, dessen Licht sich nach einer bestimmten Verteilung aus den einzelnen Spektralfarben zusammensetzt. Diese Verteilung ist von der Temperatur des schwarzen Körpers abhängig und ist genau bekannt. Das Licht des Wolframdrahtes einer Glühlampe hat eine ähnliche Verteilung.

Zur Beschreibung dieses Lichtes wird ein schwarzer Körper genommen, der bei der Temperatur  $T_f$  dem Aussehen nach genau dieselbe Farbe hat. Man sagt dann,  $T_f$  sei die Farbtemperatur des Glühlampenlichtes. Das Licht wird mit der Angabe von  $T_f$  charakterisiert, denn die spektrale Verteilung des Lichtes eines schwarzen Körpers der Temperatur  $T_f$  ist ja genau bekannt. (Die wahre Temperatur des Wolframdrahtes ist größer als  $T_f$ .)

Es ist üblich, bei Farbfilmern die nötige Farbtemperatur des Aufnahme Lichtes in  $^{\circ}\text{K}$  (= Grad Kelvin) anzugeben. Das Sonnenlicht hat eine Farbtemperatur von  $5\,500^{\circ}\text{K}$ , der HI-Kohlebogen von  $4\,000$ — $6\,000$ , die Xenonlampe von  $5\,500^{\circ}\text{K}$ , die Glühlampe von  $2\,800^{\circ}\text{K}$ .

Bei Glühlampen kann man durch Verwendung eines passenden Blaufilters Licht von einer viel höheren Farbtemperatur erhalten.

## Optik

Das Licht breitet sich stets geradlinig aus, solange es sich im selben Stoff bewegt. Treffen Lichtstrahlen jedoch auf Grenzflächen von durchsichtigen Stoffen, die andere optische Eigenschaften aufweisen als das erste Medium, so werden sie von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt und teilweise zurückgeworfen.

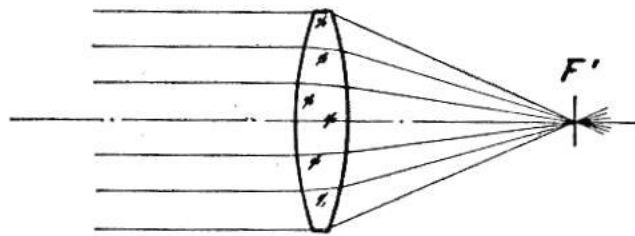
### Brechung und Reflexion

sind die Grunderscheinungen der Optik. Sie gehorchen ganz bestimmten Gesetzen. Mit ihrer Hilfe lassen sich zwei verschiedenartige optische Elemente herstellen, die es ermöglichen, Lichtstrahlen in die gewünschte Richtung zu lenken und damit optischen Instrumenten und Geräten eine ganz bestimmte Lichtführung zu verleihen. Es sind die Linsen und die Spiegel.

# Linsen

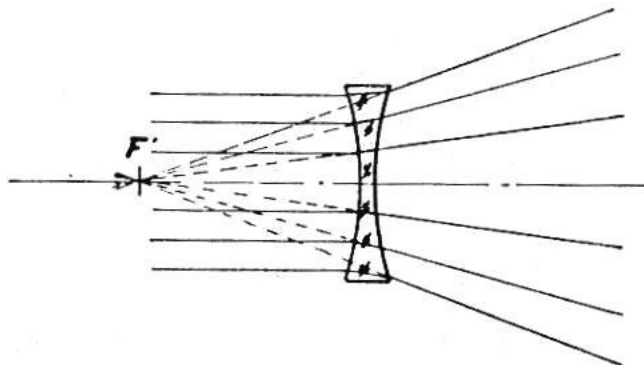
Versieht man ein Stück eines durchsichtigen Körpers (meist Glas), der andere optische Eigenschaften besitzt als die ihn umgebende Luft, mit zwei regelmäßigen Oberflächen (in der Regel Kugelflächen, auch sphärische Flächen genannt), so entstehen an diesen beiden Oberflächen die erwähnten Erscheinungen. Es tritt zweimalige Brechung auf, die das wesentliche Merkmal dieser **Linsen** ist. Die gleichzeitig auftretende Spiegelung ist unerwünscht. (Im Abschnitt „Vergrößerung“ wird gezeigt, wie die Spiegelung unterdrückt werden kann.)

Je nach Anordnung der beiden Begrenzungsflächen kann man zwei Gruppen von Linsen unterscheiden, die jeweils in drei Ausführungsformen vorkommen. Die erste Gruppe vermag die Strahlen eines parallelen Lichtbündels zu sammeln und je nach den Umständen mehr oder weniger gut in einem Punkt, dem Brennpunkt zu vereinigen. (Über die Güte der Strahlenvereinigung siehe Abschnitt „Linsenfehler“!) Man bezeichnet sie daher als Sammellinsen oder konvexe Linsen oder auch als positive Linsen. Sie sind am Rande dünner als in der Mitte.



*Der bildseitige Brennpunkt  
der Sammellinse*

Die zweite Gruppe umfaßt die sogenannten Zerstreuungslinsen. Sie zerstreuen die Strahlen eines parallelen Lichtbündels so, daß sie von einem Punkt, dem Brennpunkt, herzukommen scheinen. Auch hier hängt die Güte dieses scheinbaren Strahlenausgangspunktes von verschiedenen Umständen ab. Diese Zerstreuungslinsen, die man auch konkave oder negative Linsen nennt, sind in der Mitte stets dünner als am Rande. Abbildung Seite 118 zeigt die 6 verschiedenen Linsentypen.



*Der bildseitige Brennpunkt  
der Zerstreuungslinse*

Für Geräte mit optischer Abbildung haben die Sammellinsen als Bauelemente ganz besondere Bedeutung. Zerstreuungslinsen bringen allein keine reelle Abbildung zustande und werden im allgemeinen nur in Verbindung mit Sammellinsen verwendet.



a



b



c



d



e



f

### Linsenformen:

a = bikonvex

b = plankonvex

c = konkavkonvex  
(positiver Meniskus)

d = bikonkav

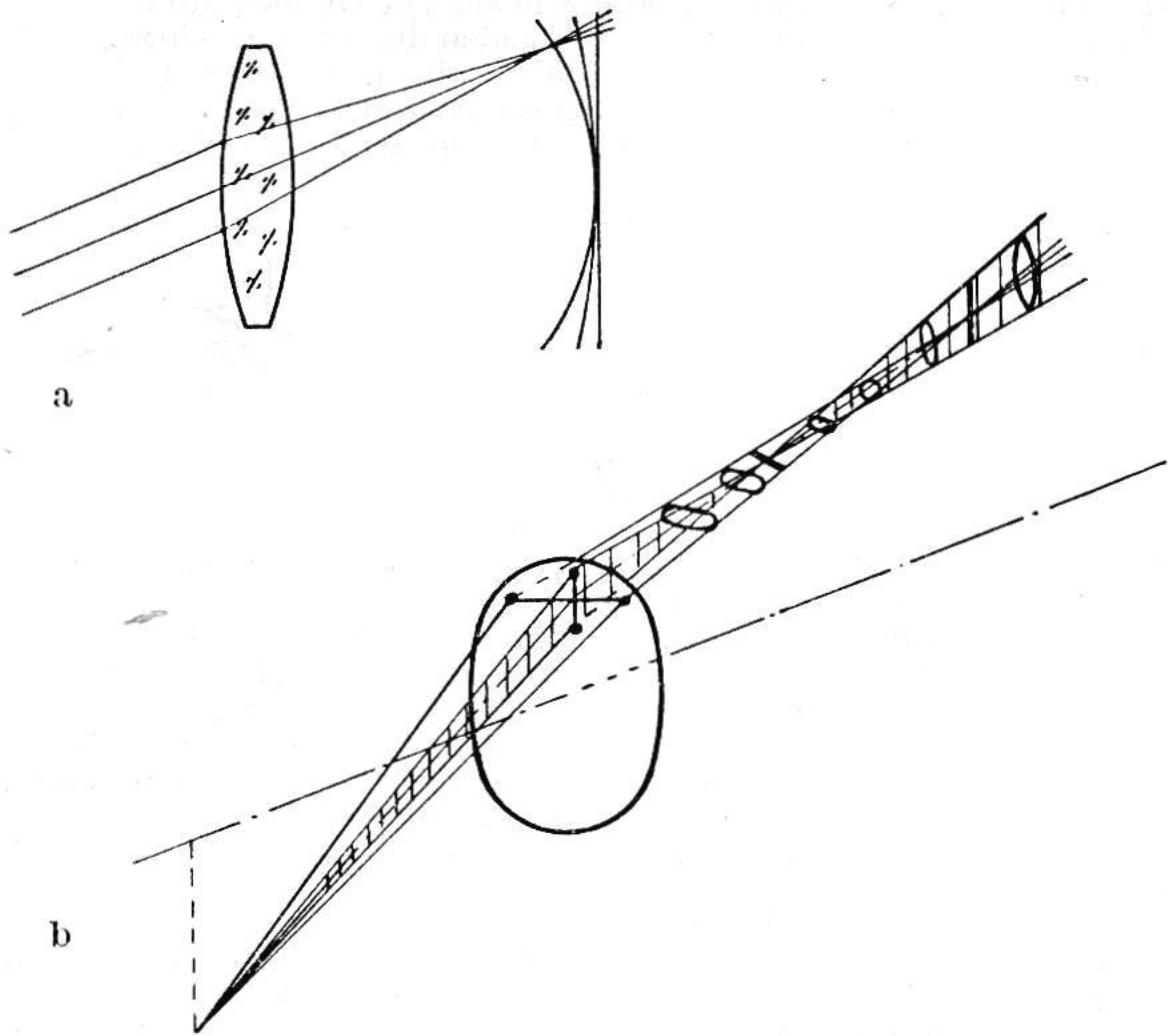
e = plankonkav

f = konvexkonkav  
(negativer Meniskus)

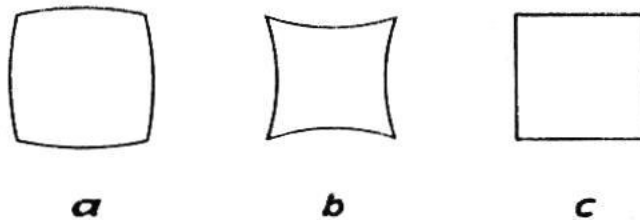
Kennzeichnende Größe einer jeden Linse ist die Brennweite. Es ist der Abstand zwischen Brennpunkt und Linsenmitte. Dies gilt exakt jedoch nur für sehr dünne Linsen; für dickere Linsen ist es nur angenähert richtig.

## Linsenfehler

Die Abbildung eines Gegenstandes durch eine gewöhnliche einfache sphärische Linse ergibt kein ebenes, scharfes Bild. Jede Linse ist mit zahlreichen Abbildungsfehlern behaftet. Die von verschiedenen Punkten eines Objektes ausgehenden Strahlen werden von einer Linse nicht genau in den entsprechenden Bildpunkten vereinigt, was bewirkt, daß das Bild zum Rand hin zunehmend unscharf wird und gerade Linien gekrümmt werden. Nur Strahlen, die sehr nahe der optischen Achse liegen, ergeben eine einwandfreie Abbildung. Strahlen, die von achsenfernen Objektpunkten auf die Linse auftreffen, oder aber solche, die achsenferne Teile der Linse, also ihre Randzonen passieren, werden im Bildfeld nur sehr mangelhaft vereinigt. Demgemäß unterscheidet man zwei Gruppen von Abbildungsfehlern. Die ersteren Strahlen bedingen die Feldfehler und die zweiten die Öffnungsfehler.

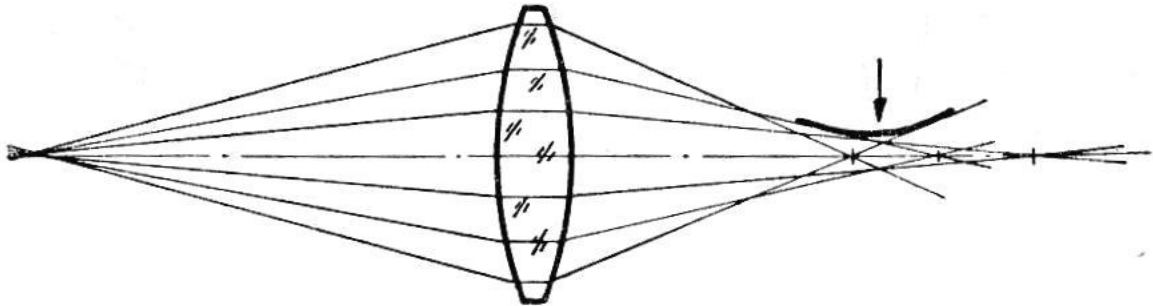


Die Feldfehler spielen bei der Abbildung relativ großer Objekte eine Rolle. Eine zur optischen Achse senkrechte Ebene wird nicht als Ebene, sondern in Form zweier sich in der Achse berührender gekrümmter Flächen abgebildet (Bild a). Ein stark zur Achse geneigtes enges Lichtbündel ergibt anstelle eines Bildpunktes zwei zueinander senkrecht stehende Lichtlinien, die hintereinander auf je einer der beiden Flächen liegen (Bild b). Diese Erscheinung nennt man Astigmatismus. Die mittlere Krümmung der Flächen wird Bildfeldwölbung genannt. Bei Einzellinsen kommen Astigmatismus und Bildfeldwölbung immer gemeinsam vor.



Ein weiterer Feldfehler ist die Verzeichnung. Die Begrenzungslinien eines Quadrats c sind beispielsweise im Bild nach außen oder innen gekrümmt: Tonnenförmige (a) und kissenförmige (b) Verzeichnung.

Die Strahlen, die von dem in der Achse liegenden Objektpunkt ausgehen und durch die Randzonen der Linse gehen, schneiden die Achse in kürzerem Abstand, als die durch die Linsenmitte gehenden Strahlen. Es entsteht kein scharfer Bildpunkt, sondern nur eine engste Strahleneinschnürung, ein Zerstreungs-scheibchen. Dies wird schlechthin als Öffnungsfehler bezeichnet, oder auch



als sphärische Aberration, weil dieser Fehler bei allen Linsen mit Kugelbegrenzungsflächen auftritt. Es gibt jedoch auch von allen Linsen mit nicht sphärischen regelmäßigen Flächen für jeden Abbildungsmaßstab jeweils nur eine, bei der dieser Fehler behoben ist. Man nennt diese Linsen einfach asphärische Linsen und verwendet sie hauptsächlich für Beleuchtungssysteme, an die höhere Ansprüche gestellt werden, sofern man nicht mehrgliedrige Kondensoren verwenden will. Ein weiterer Öffnungsfehler ist die Koma, ein Asymmetriefehler. Stark geneigte Bündel großer Öffnung ergeben am Orte engster Strahleneinschnürung ein asymmetrisches Zerstreungsscheibchen von radial gerichteter Kometenform.

Eine weitere Gruppe von Abbildungsfehlern stellen die chromatischen oder Farbfehler dar. Sie beruhen darauf, daß Strahlen verschiedener Spektralfarben von Linsen nicht gleich stark gebrochen werden. Es tritt Farbzerstreuung auf, wodurch die bekannten Farbsäume entstehen, die man bei Einzellinsen und nicht farbkorrigierten Systemen beobachtet.

## Spiegel

Dieselben abbildenden Eigenschaften wie die Linsen besitzen auch die gewölbten Spiegel, nur mit dem Unterschied, daß die Objektstrahlen in dieselbe Richtung zurückgeworfen werden, aus der sie kommen. Somit entsteht hier auch das Bild. Bei ihrer Verwendung in optischen Instrumenten muß das berücksichtigt werden, weil das Objekt unter Umständen selbst einen Teil der abbildenden Strahlen wieder auffängt und damit ausblendet (Kohleschatten bei der Kinobogenlampe). Die Abbildungsfehler sind dieselben wie bei Linsen. Lediglich Farbfehler treten nicht auf, weil sich die Strahlen verschiedener Spektralfarben bei der Reflexion gleich verhalten. Von dieser Eigenschaft der Spiegel macht man zuweilen Gebrauch beim Bau optischer Instrumente.

## Objektive

Da es nicht möglich ist, Einzellinsen von ihren Abbildungsfehlern völlig frei zu machen, bedient man sich für Abbildungszwecke einer Kombination positiver und negativer Einzellinsen. Solche Abbildungssysteme nennt man Objektive. Da jedoch auch bei solchen Linsensystemen nicht alle Fehler gleichzeitig behoben werden können, paßt man sie jeweils dem erforderlichen Zweck so an, daß die

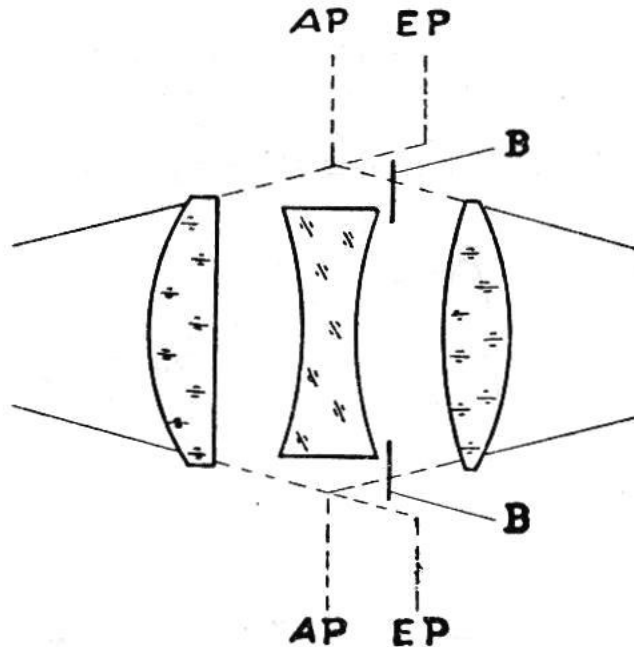
verbliebenen Abbildungsfehler gegenüber den Unvollkommenheiten des Auges oder der photographischen Schicht vernachlässigt werden können. Objektive, bei denen vorwiegend die Öffnungsfehler korrigiert sind (und auch die sogenannte Sinusbedingung erfüllt ist), nennt man Aplanate. Sind auch die Feldfehler weitgehend beseitigt, so spricht man von Anastigmaten. Man erreicht dies optimal immer nur für einen bestimmten Abbildungsmaßstab. Aus diesem Grunde hat man grundsätzlich zu unterscheiden zwischen Aufnahme- und Projektionsobjektiven. Beide können dieselbe Bauart aufweisen, weichen aber bezüglich der Bildfehlerbehebung trotzdem etwas voneinander ab.

Die verschiedenen Linsen der Objektive können zum Teil auch miteinander verkittet sein.

Die besonderen Merkmale eines Objektivs sind Brennweite, relative Öffnung und Bildwinkel. Eine wichtige Rolle spielen auch die

## Blenden

Der eine Linse durchsetzende Strahlenkegel wird durch die Linsenfassung oder durch eine davor oder dahinter angebrachte Blende begrenzt: die wirksame Öffnungsblende oder Pupille. Aber auch am Ort des Objekts oder seines Bilds können strahlenbegrenzende Blenden angebracht sein, die als Luken bezeichnet werden. Die Objektblende ist die Eintrittsluke des Strahlengangs, die Bildfeldblende (bei der Kinoprojektion das Bildfenster, bei der Aufnahmekamera die



Bildfeldmaske) die Austrittsluke. Beide sind sich zugeordnet wie Objekt und Bild. Fehlt eine, so wird sie durch das Bild der anderen ersetzt. Ist eine kleiner als das Bild der anderen, so ist diese die wirksame Luke. Genauso verhält es sich mit den Pupillen, deren es auch zwei verschiedene gibt: Eintritts- und Austrittspupille. Blickt man von der Einfallsseite der Strahlen aus in ein Objektiv, so sieht man die reelle wirksame Öffnungsblende oder ihr scheinbares Bild. Dies ist die Eintrittspupille EP. Die Blende oder das Blendenbild, das entsprechend von der anderen Seite aus gesehen wird, ist die Austrittspupille AP (B = Blende).

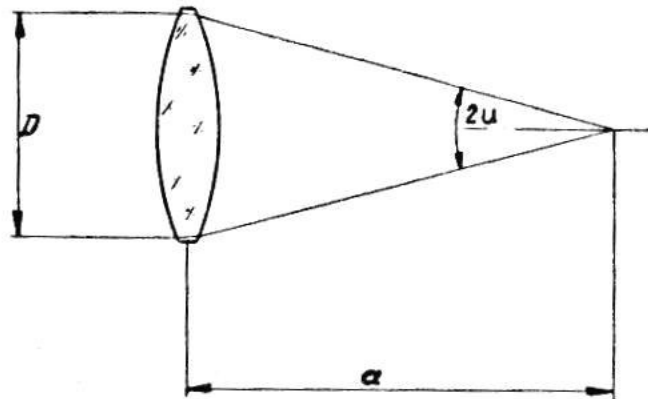
## Brennweite

Den Abstand des Objektivbrennpunkts von der sogenannten Hauptebene nennt man Brennweite. Es gibt zwei Hauptebenen: Eine objektseitige und eine bildseitige. Entsprechend gibt es auch eine objektseitige und eine bildseitige Brennweite, die aber im Normalfall (beidseitig an Luft grenzend) einander gleich sind (eine Ausnahme bildet z. B. das Mikroskopobjektiv mit Ölimmersion). Man spricht deshalb allgemein einfach von Brennweite. Sie ist maßgebend für den Abbildungsmaßstab, also für die Vergrößerung.

Bei Aufnahmeobjektiven wird durch sie bei gegebenem Bildformat der Bildwinkel bestimmt. Große Brennweite ergibt bei gleichem Bildformat einen kleineren Bildwinkel (Teleobjektiv) als eine sehr kurze Brennweite (Weitwinkelobjektiv). Bei der Projektion wird die Größe des Projektionsbilds bei einer bestimmten Projektionsentfernung durch die Brennweite des Objektivs bestimmt. Eine kurze Brennweite ergibt ein großes Bild, eine längere Brennweite ein entsprechend kleineres Bild. Je kleiner die Brennweite eines Projektionsobjektivs ist, desto näher muß das Objektiv an die Filmtüre herangerückt werden, um das Bild auf dem Schirm scharf zu stellen. Über die damit verbundenen Probleme der richtigen Objektivausleuchtung sind einige Hinweise unter „Bildfensterlinsen“ gegeben.

## Relative Öffnung

Das Bild eines Objektes kann mehr oder weniger hell sein, je nach dem, wieviel vom Objekt ausgehendes Licht von der Linse oder dem Objektiv gesammelt und im Bild vereinigt wird. Ein Maß hierfür ist der Öffnungswinkel  $2u$  des Strahlenkegels mit der Basis  $D$  und der Höhe  $a$ , die gleich dem Bildabstand ist.



Diese Kegelbasis  $D$  ist bei Aufnahmeobjektiven gleich dem Durchmesser der Eintrittspupille und bei Projektionsobjektiven gleich dem Durchmesser der Austrittspupille. Geht man nun davon aus, daß Objektentfernung (Aufnahmeobjektiv) bzw. Bildentfernung (Projektionsobjektiv) sehr groß sind, so wird die Länge  $a$  des Strahlenkegels so groß, wie die Objektivbrennweite. Da aber Pupillen und Brennweite Objektivkonstanten sind, ist es möglich, jedem Objektiv eine bestimmte Lichtstärke zuzuschreiben. Man bezeichnet sie als relative Öffnung oder Öffnungsverhältnis:

$$\text{Öffnungsverhältnis} = 1 : \frac{\text{Brennweite}}{\text{Durchmesser der Eintrittspupille}} \quad (\text{Aufnahme})$$

$$\text{Öffnungsverhältnis} = 1 : \frac{\text{Brennweite}}{\text{Durchmesser der Austrittspupille}} \quad (\text{Projektion})$$

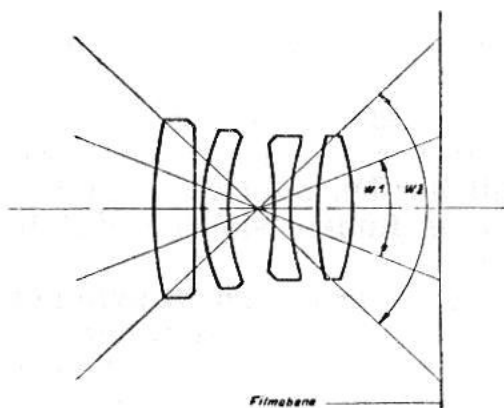
Der Kehrwert des Öffnungsverhältnisses wird Öffnungszahl  $K$  genannt. Bei Objektiven mit veränderlicher Blende (Irisblende) — das sind vorwiegend die Aufnahmeobjektive — wird jeweils diese Öffnungszahl  $K$  angegeben. Man spricht oft auch allgemein von Blende. Die neuere Reihe der Öffnungs- oder Blendenzahlen ist:

1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; 45; 64

Die nächst kleinere Blendenzahl in dieser Reihe bedeutet jeweils die doppelte Lichtstärke der vorhergehenden Zahl.

## Bildwinkel

Von allen, aus den verschiedenen Richtungen kommenden Strahlen, können nur solche ein Objektiv passieren, deren Neigungswinkel gegen die optische Achse ein bestimmtes Maß nicht überschreiten. Alle übrigen werden durch die Fassung ausgeblendet. Der Winkel, den die äußersten Strahlen miteinander ein-



schließen, sei  $W_2$ . Wirklich brauchbar sind jedoch nur Strahlen innerhalb des Winkels  $W_1$ , der für die verschiedenen Objektivtypen verschieden ist. Dieser Winkel  $W_1$  ist der ausnutzbare Bildwinkel des Objektivs. Seine Größe wird einerseits bedingt durch die Lichtstärke mit der achsenferne Objektpunkte mindestens noch abgebildet werden müssen (Vignettierung) und andererseits durch die unter „Linsenfehler“ (Seite 118) besprochenen Feldfehler, die bewirken, daß schiefe Büschel von einer bestimmten Neigung ab keine einwandfreie Bildschärfe mehr ergeben. Diese beiden Ursachen der Bildwinkelbegrenzung werden bei der Objektivberechnung aufeinander abgestimmt. Der Bildwinkel wird außerdem auf die Luken der Abbildung abgestimmt, also auf Bildfenster bzw. Bildfeldmaske. Aus diesen Gründen hat jedes Objektiv einen seiner Bauart und seinem Verwendungszweck entsprechenden Bildwinkel. Er hängt sehr eng mit der Brennweite des Objektivs zusammen. Ein großer Bildwinkel erfordert eine bezüglich Bildfenster bzw. Bildfeldmaske relativ kleine Brennweite und umgekehrt. Bildwinkel und Lichtstärke sind antagonistische, d. h. gegenläufige

Größen eines Objektivs. Bei gleichem Aufwand an Linsen als Korrektionsglieder, läßt sich nur ein bestimmtes Maß an Fehlerkorrektion erreichen. Je nach dem Verwendungszweck wird daher bei der Objektivberechnung der Hauptwert auf die Behebung der Öffnungsfehler oder aber auf die Behebung der Feldfehler gelegt. In jedem Fall müssen eventuell vorhandene Restfehler zu vernachlässigen sein.

Aufnahmeobjektive unterscheidet man nach ihrer Bildwinkelgröße, die bei gegebenem Bildformat von der Brennweite abhängig ist. Außer den normalen Standardobjektiven gibt es Tele- und Weitwinkelobjektive.

## Objektivtypen

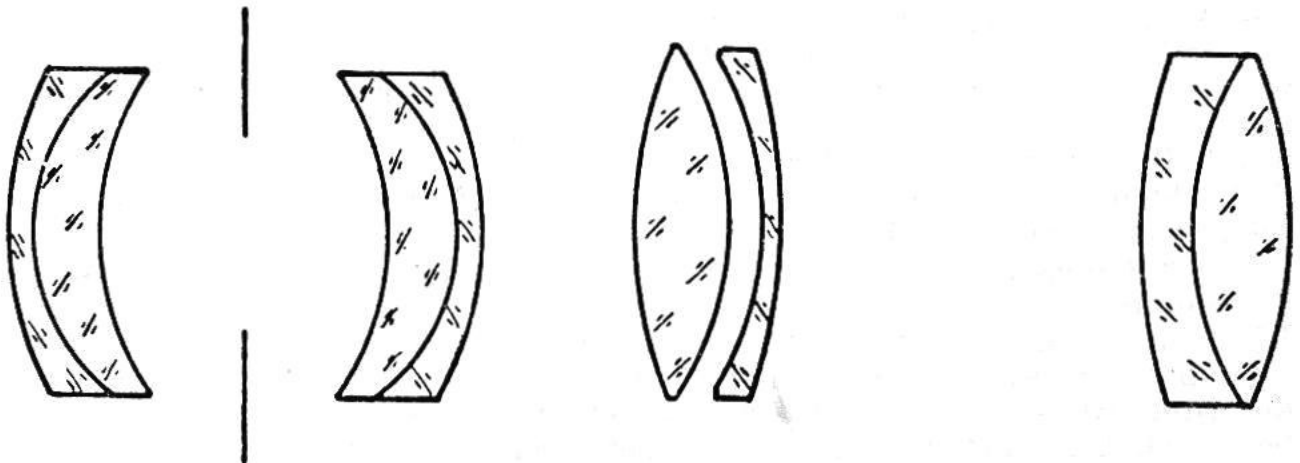
Je nach dem Aufwand an Linsen (Anzahl und Aufbau) kann man verschiedene Objektivtypen unterscheiden, die mehr oder weniger großen Ansprüchen genügen.



Bei der einfachen Sammellinse, die zuweilen noch in Boxkameras Verwendung findet, können keine Abbildungsfehler korrigiert werden. Lediglich die Feldfehler lassen sich mildern durch entsprechende Wahl von Dicke und Durchbiegung der Linse (Meniskus) sowie der Blendenanordnung. Die Öffnungsfehler drückt man auf das notwendige Maß herab durch Abblenden (relative Öffnung etwa 1 : 11 bis 1 : 16). Man erhält eine mäßige Mittenschärfe und eine einigermaßen gleichmäßige Verteilung der „Schärfe“ über das ganze Bildfeld.

Durch Verkittung zweier Linsen verschiedener Glassorten (Kronglas und Flintglas) gelingt es, die Farbfehler weitgehend zu beheben und die Öffnungsfehler zu verringern. Man kommt damit schon auf ein Öffnungsverhältnis von 1:9. Solche „**Achromaten**“ werden in der Photographie auch als Landschaftslinsen bezeichnet, bei ähnlicher Durchbiegung und Anordnung der Blende wie beim Meniskus. Anwendung finden sie hauptsächlich in Boxkameras. Die Schärfe ist ebenfalls mäßig.

Durch Verbindung von zwei Achromaten in symmetrischer Bauweise (Mittenblende) erhält man bereits einen **Aplanaten**, der eine relative Öffnung von 1:7 zuläßt und eine gute Mittenschärfe aufweist. Die symmetrische Bauart ermöglicht es, alle Fehler bis zu einem gewissen Grade zu beheben. Der maximale Bildwinkel beträgt beinahe 60°.



Aplanat

Petzval-Objektiv

Einen ähnlichen, aber unsymmetrischen Aufbau besitzt das schon sehr lang bekannte **Petzval-Objektiv**, das ebenfalls aus zwei Achromaten besteht, von denen aber einer unverkittet ist. Der maximale Bildwinkel beträgt  $20^\circ$ , die größte Lichtstärke  $1 : 1,5$ . Die Mittenschärfe ist sehr gut; zum Rand hin läßt die Schärfe jedoch etwas nach wegen eines Restes an Bildfeldwölbung, der sich nur schwer beseitigen läßt. Auf Grund der großen Mittenschärfe ist der Petzvaltyp für die Kinoprojektion besonders geeignet.

Ein wichtiger Vertreter dieses Objektivtyps ist das **Kiptar** (Isco) als Projektionsobjektiv für den 8-mm-Film. Es ist lieferbar in den Brennweiten 20 mm und 25 mm mit der relativen Öffnung  $1 : 1,6$ .

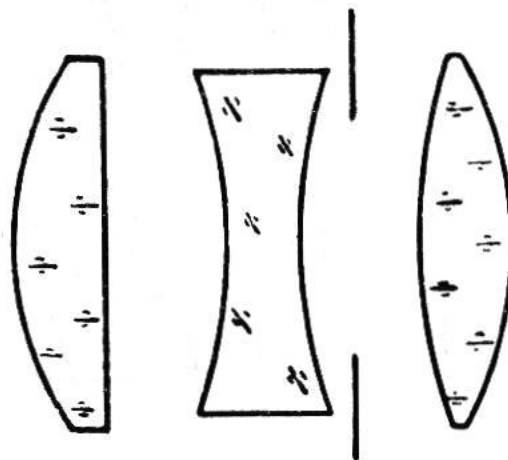
Eine Abart des Petzvaltyps besteht aus zwei verkitteten Achromaten mit ebenfalls unsymmetrischem Aufbau. Bildwinkel und Lichtstärke sind etwa dieselben. Durch die zweite Kittfläche können jedoch zwei Glas-Luftflächen vermieden werden, was größere Freiheit von Spiegelbildern und Lichtverluste bedeutet. Da auch bei diesem Objektiv der Bildwinkel verhältnismäßig klein ist, dient es ausschließlich der Filmprojektion.



Emostar

Hierzu gehören die **Emostars** als Projektionsobjektive für den 16-mm-Schmalfilm. Sie haben einen Bildwinkel von  $14^\circ$  und werden in den Brennweiten 35 mm ( $1 : 1,5$ ), 50 mm ( $1 : 1,5$ ), 65 mm ( $1 : 1,6$ ) und 75 mm ( $1 : 1,6$ ) geliefert.

Als weiterer sehr wichtiger und weitverbreiteter, ebenfalls unsymmetrischer Objektivtyp ist das **Triplet** (Dreilinsler), die sogenannte „Cooke-Linse“ zu nennen. Hier sind außer den Öffnungsfehlern insbesondere auch die Feldfehler



Triplet

für größere Bildwinkel behoben. Im Gegensatz zu den oben besprochenen **Aplanaten** bezeichnet man die Triplets als **Anastigmaten** (vgl. Seite 119). Der Bildwinkel beträgt bei der Lichtstärke  $1 : 2,8$  etwa  $40-50^\circ$ , während er bei etwas kleineren Lichtstärken bis zu  $60^\circ$  betragen kann. Objektive dieser

Bauart werden überall da verwendet, wo die Lichtstärke 1 : 2,8 ausreicht, aber ein wesentlich größerer Bildwinkel gefordert wird, als es bei Objektiven des Petzvaltyps üblich ist.

Für die Projektion von Dias  $8,5 \times 8,5$  cm ist z. B. ein Bildwinkel von etwa  $35^\circ$  erforderlich. Dagegen wird keine große Lichtstärke verlangt. Ein solches Objektiv für die Diaprojektion ist das **Projar** (Isco). Es wird in folgenden Brennweiten und Lichtstärken geliefert:

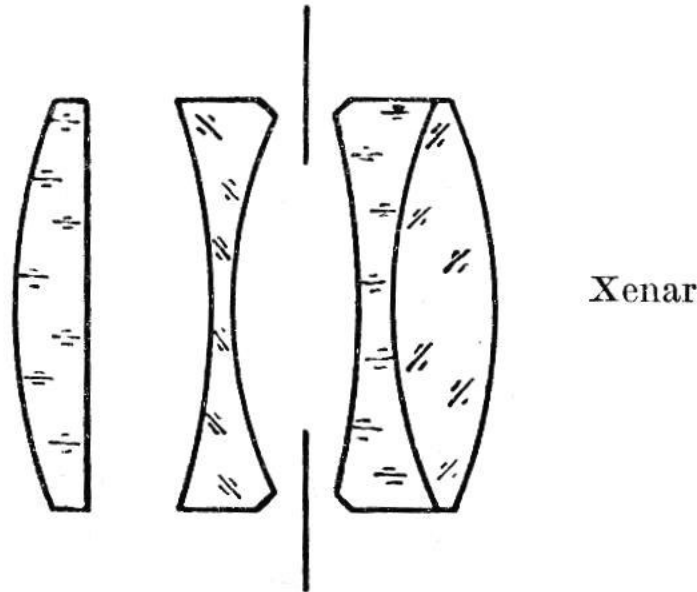
Brennweite	150	180	200	250	300	350	400
relative Öffnung	1 : 3,2	1 : 3,8	1 : 4,2	1 : 5,2	1 : 6,2	1 : 7,2	1 : 8,3
Brennweite	450	500	550	600	650	700	800
relative Öffnung	1 : 9,3	1 : 10,4	1 : 11,4	1 : 12,5	1 : 13,5	1 : 14,5	1 : 16,7

Als Kameraaufnahmeobjektiv ist das Triplet sehr beliebt. Das 8-mm-Format erfordert bei der Brennweite 12,5 mm einen Bildwinkel von  $25^\circ$ . Da jedoch das Triplet in der allgemeinen Ausführung einen erheblich größeren Bildwinkel scharf zeichnet, ist es andererseits möglich (bei der Objektiventwicklung) die Lichtstärke auf Kosten des Bildwinkels etwas zu erhöhen, und zwar bis auf 1 : 2,7 bzw. 1 : 2,5.

Nach diesem Typ aufgebaut sind die beiden Standardobjektive der BAUER-Kameras:

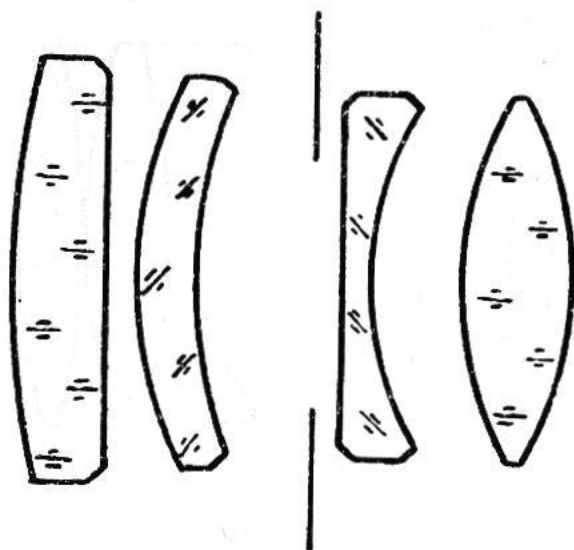
<b>Kinoplan</b> (Schneider)	$f = 12,5$ ; 1 : 2,7
<b>Euron</b> (Rodenstock)	$f = 12,5$ ; 1 : 2,5

Verschiedene Abarten sind im Lauf der Zeit vom Triplet abgeleitet worden. So wurde u. a. die Hinterlinse durch zwei verkittete, aus verschiedenen Glassorten bestehenden Linsen ersetzt. Dadurch wird eine hervorragende Schärfe über das ganze Bildfeld erreicht und gleichzeitig der Bildwinkel bis zu  $60^\circ$  erhöht. Die Lichtstärke wurde dadurch nicht verändert.



Hierzu gehört das Schneider-**Xenar**,  $f = 38$ ; 1 : 2,8, welches als auswechselbares Teleobjektiv in BAUER-Kameras verwendet wird. Es ist kein echtes Teleobjektiv, dessen Kennzeichen eine besonders kurze Schnittweite und damit eine kurze Tubuslänge ist, sondern ein Objektiv, das eine im Verhältnis zum Bild-

format lange Brennweite besitzt. Die Tubuslänge wirkt bei den noch relativ kleinen Abmessungen nicht störend. Ein weiterer Vorteil ist, daß die restlichen Abbildungsfehler bei reinen langbrennweitigen Objektiven wesentlich geringer sind als bei echten Teleobjektiven.



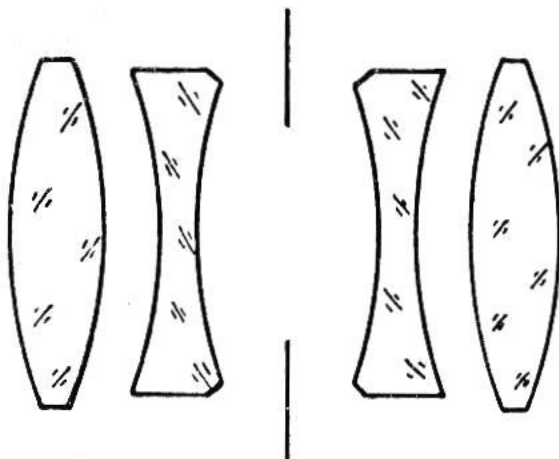
Ronar und Xenoplan

Eine weitere Variation des Triplets erhält man durch Aufspaltung der Vorderlinse in zwei unverkittete Linsen. Das bewirkt ebenfalls eine Erhöhung der Allgemeinschärfe und gleichzeitig der Lichtstärke bei gleichem Bildwinkel ( $25^\circ$ ). Als Standardobjektive sind diese für die Kinoaufnahme besonders geeignet.

Hierzu gehören das

<b>Xenoplan</b> (Schneider)	$f = 13 \text{ mm}; 1 : 1,9$ und das
<b>Ronar</b> (Rodenstock)	$f = 12,5 \text{ mm}; 1 : 1,9$

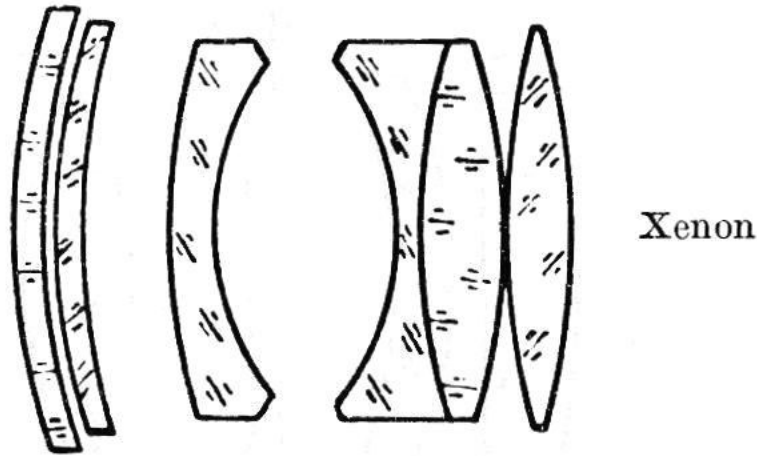
Zu dieser Art von Objektivtypen und deren Varianten gehört noch ein sehr wichtiger Grundtyp. Es ist ein Vierlinser mit symmetrischem Aufbau (Mittelblende), der aus zwei Sammellinsen und zwei Zerstreuungslinsen besteht. Er wird auch „Gausstyp“ genannt und ist besonders durch seinen großen Bild-



Symmetrischer Vierlinser

winkel ausgezeichnet. Hiervon gibt es ebenfalls sehr viele Abarten. Am häufigsten werden die in der Mitte befindlichen Zerstreuungslinsen je aus 2 Linsen verschiedener Glassorten zusammengesetzt (verkittet oder unverkittet).

Zum 6linsigen Gausstyp gehört z. B. das Kameraaufnahmeobjektiv **Xenon** (Schneider) mit der hohen Lichtstärke 1 : 1,5 bei etwa  $25^\circ$  Bildwinkel. Dieses Objektiv ist mit einer Entfernungseinstellung von unendlich bis 30 cm versehen. Dadurch erübrigt sich auch die Verwendung von Vorsatzlinsen. Durch Ver-

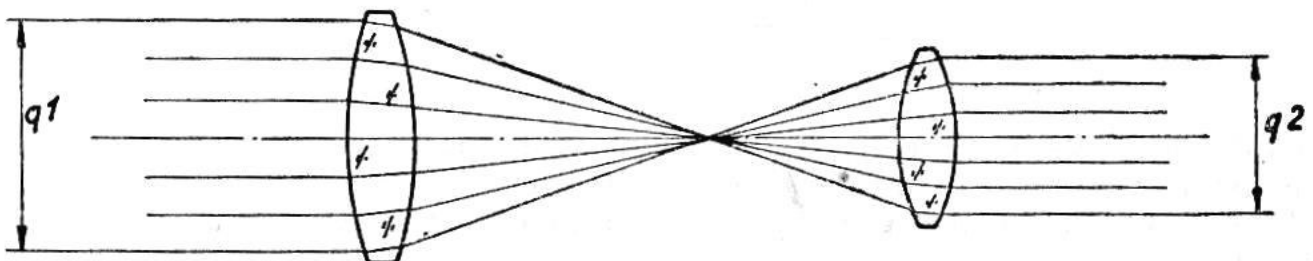


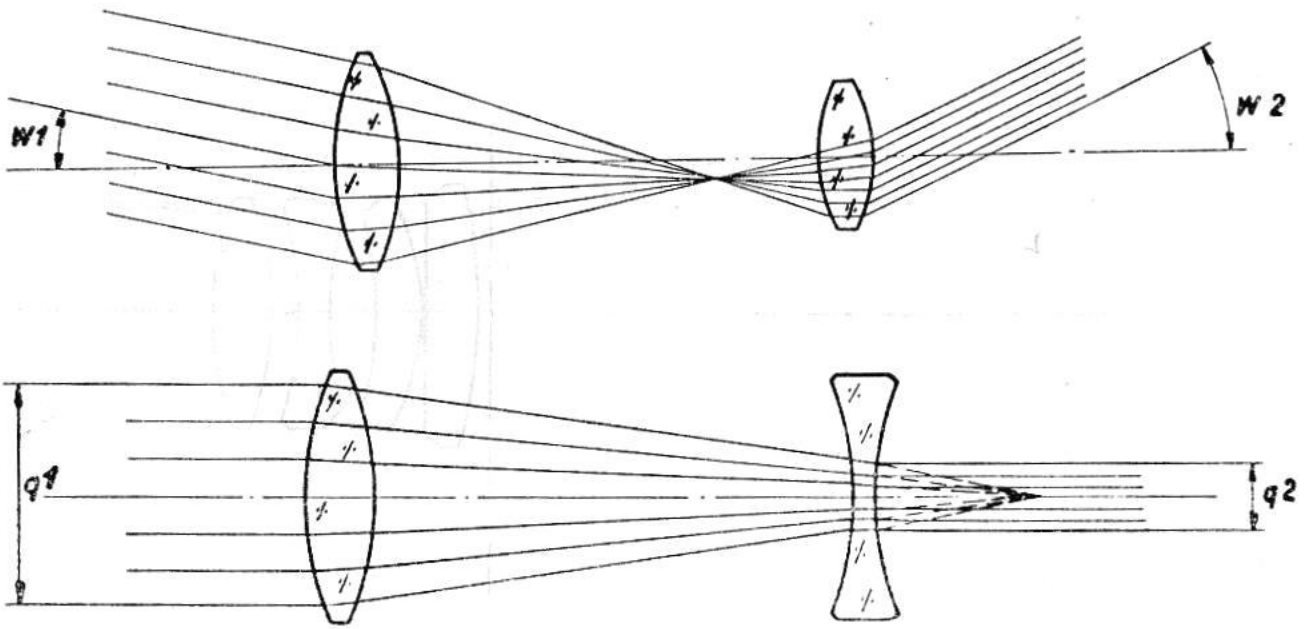
drehen des Entfernungseinstellrings wird das Linsensystem über eine Gewindeführung gegen das Bildfenster verschoben. So kann die Bildentfernung genau eingestellt und somit der jeweiligen Objektentfernung angepaßt werden.

Allgemein ist noch zu sagen, daß die Bildfehlerkorrektion bei mehrlinsigen Objektiven für volle Öffnung durchgeführt ist. Durch Abblenden kann die Allgemeinschärfe (nicht zu verwechseln mit der Tiefenschärfe) noch bis zu einem gewissen Grad erhöht werden. Bei völligem Abblenden beginnen allerdings bereits die sogenannten Beugungserscheinungen an der Blende sich bemerkbar zu machen, so daß hier unter Umständen schon wieder ein schwaches Nachlassen der Schärfe auftreten kann. Die höchste Schärfe wird also bei einer mittleren Blende (je nach Objektivtyp Blende 5,6—11) erreicht.

## Teleskopische Systeme

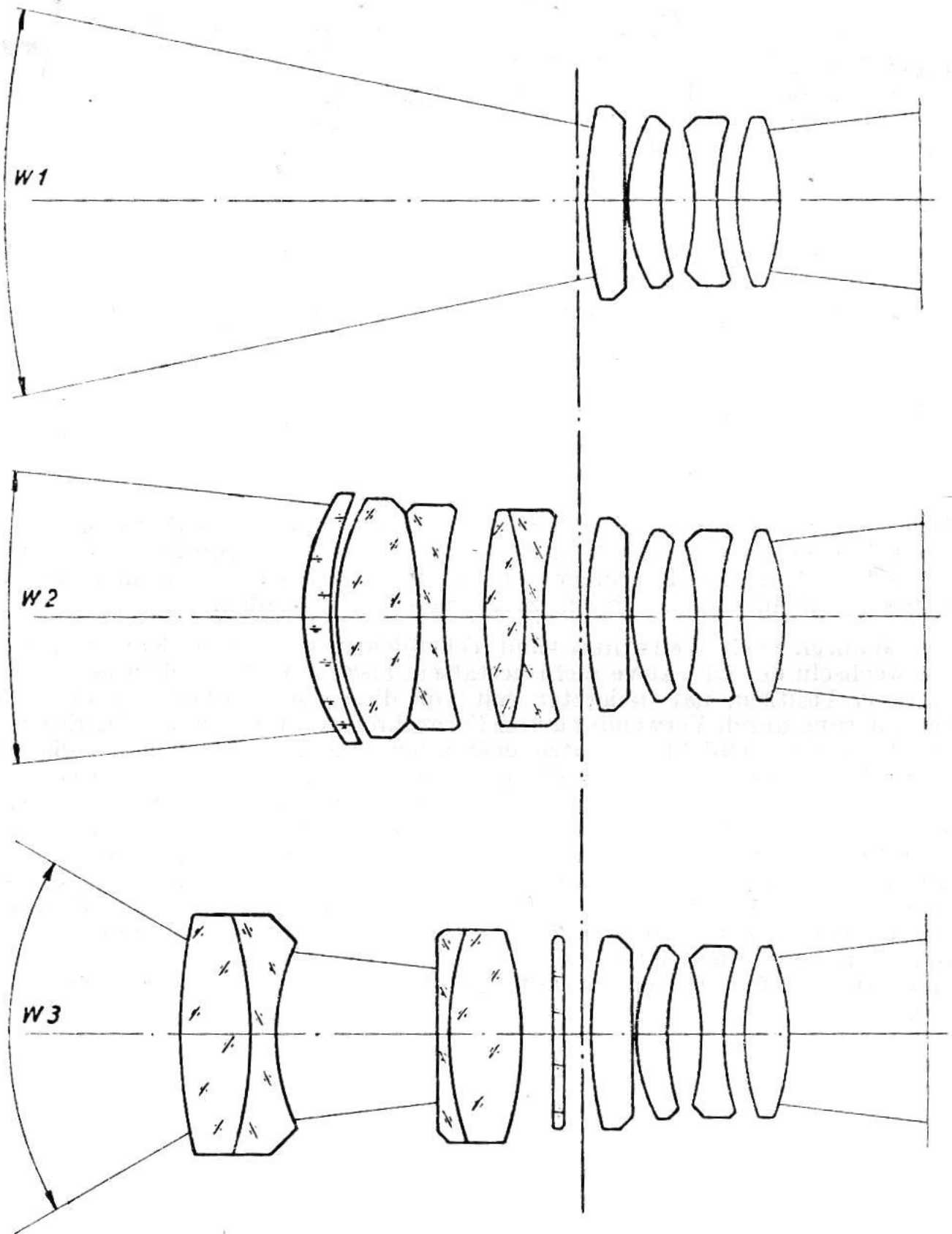
Ordnet man zwei Linsen so an, daß ihre Brennpunkte zusammenfallen, so wird ein Parallelstrahlbündel von der ersten Linse in ihrem Brennpunkt vereinigt und von der zweiten wieder parallel gerichtet. Das System ist brennpunktlos (afocal). Lediglich der Strahlenquerschnitt  $q^1$  ändert sich ( $q^2$ ). Ein schräg einfallendes Parallelstrahlenbündel ändert außerdem noch seinen Neigungswinkel zur optischen Achse. Demgemäß erfolgt eine Veränderung (Vergrößerung oder Verkleinerung) des Bildwinkels. Solche Systeme nennt man Fernrohre. Sie können aus zwei Sammellinsen bestehen (Kepler-Fernrohr) oder aus





einer Zerstreuungslinse und einer Sammellinse (Galileisches Fernrohr). Kepler-Fernrohre geben ein umgekehrtes Bild, Galileische Fernrohre ein aufrechtstehendes. Um die Bildfehler zu beseitigen, müssen auch hier die Teilsysteme aus mehreren Linsen zusammengesetzt werden.

Der Wunsch nach Weitwinkel- und Teleobjektiven auch für Kameras, die ein Auswechseln der Objektive nicht gestatten, also ein fest eingebautes Standardobjektiv besitzen, hat in letzter Zeit von dieser Möglichkeit der Bildwinkelveränderung durch Verwendung von Fernrohren Gebrauch gemacht. Es wurden gut korrigierte Objektivvorsätze geschaffen, die im Aufbau den galileischen Fernrohren gleichen (aufrechtstehende Bilder). Im Fall des Weitwinkelvorsatzes handelt es sich um ein umgekehrtes galileisches Fernrohr. Die Bilder auf Seite 130 zeigen, wie bei Verwendung des Televorsatzes Eutelon (Rodenstock) in Verbindung mit dem Standardobjektiv Ronar der Bildwinkel desselben halbiert und die reine Brennweite auf 25 mm verdoppelt wird (mittleres Bild). Umgekehrt wird mit dem Weitwinkelvorsatz Ronagon der Bildwinkel des Ronars verdoppelt und die Brennweite halbiert ( $f = 6,25 \text{ mm}$  — unteres Bild). Auf den Objektivvorsätzen ist der Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsfaktor der Brennweite eingraviert: Beim Eutelon:  $\times 2$  und beim Ronagon:  $\times 0,5$ .

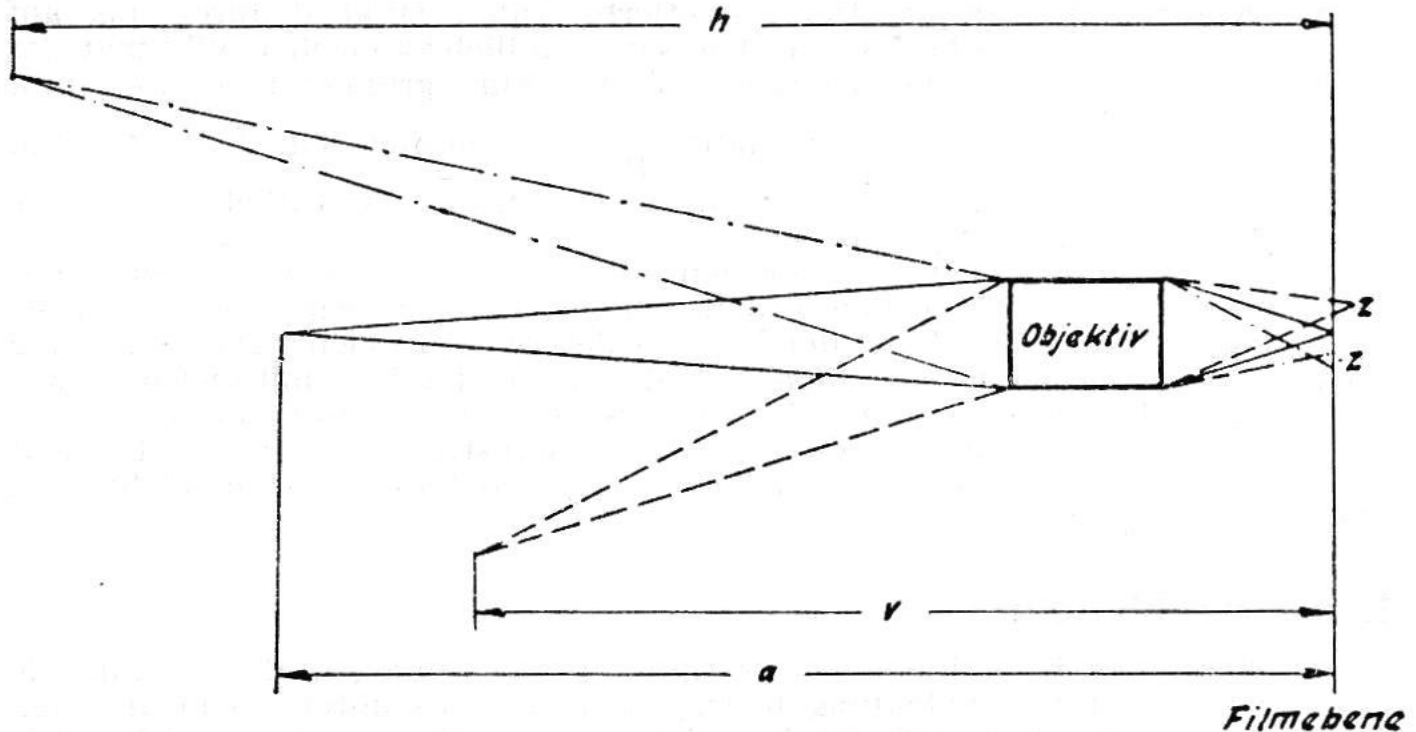


Ronar-Objektiv (oben) mit Televorsatz (Mitte) und Weitwinkelvorsatz (unten)

# Hinweise und Hilfsmittel für die Aufnahmeoptik

## 1. Schärfentiefe

Wenn ein Objektiv auf eine bestimmte Entfernung ( $a$ ) eingestellt ist, werden alle Gegenstände in dieser Entfernung auf der photographischen Schicht scharf abgebildet. Gegenstände vor ( $v$ ) und hinter ( $h$ ) der „Einstellebene“ werden unschärfer abgebildet, und zwar um so mehr, je weiter sie von ihr entfernt sind. Die Schärfentiefe gibt an, wie groß die Tiefe ist, innerhalb der die Unschärfe auf der photographischen Schicht bei der Projektion noch nicht zu beobachten ist. Als Maß wird das Zerstreuungsscheibchen benützt, das durch eine punktförmige Lichtquelle auf dem Film entsteht. Sein Durchmesser soll zwischen 0,005 und 0,008 mm liegen. Bei Nahaufnahmen kann er erfahrungsgemäß größer sein (bis 0,012 mm). Die Abbildung zeigt, wie das Zerstreuungsscheibchen ( $z$ ) auf dem Film entsteht.



förmige Lichtquelle auf dem Film entsteht. Sein Durchmesser soll zwischen 0,005 und 0,008 mm liegen. Bei Nahaufnahmen kann er erfahrungsgemäß größer sein (bis 0,012 mm). Die Abbildung zeigt, wie das Zerstreuungsscheibchen ( $z$ ) auf dem Film entsteht.

Die Schärfentiefe ist bei Objektiven mit kürzerer Brennweite größer. Kurzbrennweitige Schmalfilmobjektive lassen sich auch ohne Entfernungseinstellung herstellen, da sie auch ohne diese Einrichtung eine sehr weitreichende Schärfentiefe besitzen. Selbst bei Blende 5,6 ergeben sich mit diesen „Fixfokusobjektiven“ Bilder, die von ca. 150 cm Entfernung bis ins Unendliche scharf sind. Mit dem Weitwinkelvorsatz zu den BAUER-Kameras erhält man Brennweiten von 6,5 und 6,25 mm und damit praktisch eine Tiefenschärfe von der Kamera bis unendlich (siehe Tabelle!).

Die Schärfentiefe nimmt mit kleinerer Blende zu. Ihre Abhängigkeit von Blende und Brennweite ist aus den Tabellen ersichtlich.

## 2. Vorsatzlinsen

Bei Fixfokusobjektiven ist es nicht möglich, Aufnahmen aus kürzeren Entfernungen als 1,5 m zu machen. Aus diesem Grund werden für Nahaufnahmen Vorsatzlinsen verwendet. — Es sind konkavkonvexe Linsen, die mit ihrer konvexen Fläche zum aufzunehmenden Gegenstand gerichtet sind. (Beste Korrek-

tion der Abbildungsfehler.) Die Vorsatzlinsen haben für die einzelnen Bereiche verschiedene Brennweiten (30, 50 und 100 cm). In der Angabe der Tiefenschärfe wird die Entfernung stets vom Fassungsrand der Vorsatzlinse aus gerechnet.

### 3. Reflexschutz

Wenn Licht senkrecht auf eine Glasoberfläche (Linse) trifft, werden 4 % der Lichtenergie reflektiert. Die Ursache ist der sprunghafte Übergang in das optisch dichtere Medium Glas. Um diesen Vorgang zu verhindern, werden auf das Glas im Vakuum dünne Schichten aus Magnesiumfluorid, Lithiumfluorid oder Kryolith aufgedampft. Der reflektierte Anteil sinkt dadurch bis auf etwa 1 %. Um das restliche Licht vollends unschädlich zu machen, gibt man der aufgedampften Schicht eine bestimmte Dicke. Für „grünes“ Licht (550 m $\mu$ ) muß die Schicht  $\frac{550}{4}$  m $\mu$  oder ungefähr  $\frac{1}{10\,000}$  mm dick sein. Für rotes und blaues Licht ist die Auslöschung nicht vollkommen. Im Auflicht sehen die Schichten daher schwach purpur aus.

Objektive, die mit reflexvermindernden Schichten versehen (vergütet) sind, besitzen einen verschwindenden Teil Streulicht. Dadurch wird eine Kontraststeigerung, also eine Erhöhung der Brillanz der Bilder erreicht. Die Steigerung der Lichtdurchlässigkeit macht sich besonders bei Objektiven mit vielen Einzel-linsen bemerkbar (Tele- und Weitwinkelvorsatz, Projektionsobjektive!).

Die Vergütung ist in der photographischen Industrie Selbstverständlichkeit geworden. Sie wird daher bei Angaben der Objektivdaten meistens nicht noch besonders erwähnt.

### 4. Sonnenblenden

Jedes Photoobjektiv besitzt einen bestimmten Bildwinkel, in dem einfallende Lichtstrahlen mit zur Abbildung beitragen. Licht, das unter einem größeren Winkel auf das Objektiv trifft, wird von irgend einem Fassungsstück ausgeblendet. Da von diesem Licht aber Streulicht entsteht, das den Kontrast verschlechtert, ist es besser, das Seitenlicht erst gar nicht in das Objektiv eintreten zu lassen. Um dies zu erreichen, wird eine sogenannte Sonnenblende verwendet. Jeder Filmamateur sollte sich angewöhnen, nur mit der Sonnenblende zu filmen.

Bei sehr vielen Objektiven ist die Fassung des Linsensystems als Sonnenblende ausgebildet.

### 5. Filter

Den Körperfarben eines aufzunehmenden Gegenstandes entsprechen auf dem Film bestimmte Schwärzungen. Man nennt sie die Grauwerte der Farben. Um bei allen Lichtverhältnissen richtige Grauwerte zu erhalten (tonwertrichtige Bilder) verwendet man Filter. Filter werden außerdem dazu benützt, besondere Effekte zu erreichen. Bei Aufnahmen mit Filtern werden alle Gegenstände der Filterfarbe aufgehellt, komplementärfarbige Gegenstände mit Kontrastfiltern dagegen dunkler wiedergegeben. Folgende Tabelle gibt Auskunft über Wirkung und Verwendung der Farbfilter für BAUER-Kameras (bei Filtern für Farbfilme wird dies besonders vermerkt). Die meisten Filter vermindern den Lichteinfall in das Objektiv. Sie erfordern eine größere Blendenöffnung oder eine Verlängerung der Belichtungszeit. Der Verlängerungsfaktor ist in jedes Filter eingraviert.

Filter-Farbe	Wirkung	Verwendung	Verlängerung
Gelb	schwächt blaues Licht ab und läßt gelbes und rotes Licht fast ungeschwächt durch	Verbessert die Wiedergabe von Wolken, Haut- u. Haartönen, für Landschafts- u. Schneeaufnahmen. Morgens und abends meist überflüssig	2 × 1 Blende mehr öffnen
Gelbgrün	gelbes und grünes Licht wird kaum geschwächt, rotes stärker gedämpft	Wie bei Gelbfiltern. Gibt grüne Partien differenzierter und heller wieder. Sehr gut für Portraits im Freien	2 × 1 Blende mehr
Orange	Schwächt gelb und rot kaum, blau und blaugrün stark	Zur Beseitigung von atmosphärischem Dunst, für Fernaufnahmen, gibt kontrastreiche Aufnahmen, der Himmel wird sehr dunkel wiedergegeben (Gewittereffekt) Für Portraits ungeeignet	4 × 2 Blenden mehr
Rot	Dämpft blau fast völlig, gibt rot sehr hell wieder	Liefert stärkste Kontraste, beseitigt atmosphärischen Dunst völlig, der Himmel wird fast schwarz wiedergegeben, erlaubt „Mondscheinaufnahmen“ bei Tageslicht	
Blau (Tageslichtfilter) (auch für Farbfilm)	rot wird gedämpft, blau kaum. Kunstlicht wird tageslichtähnlich	Für Schwarzweißfilm u. Tageslichtfarbfilm. Im allgemeinen nur für Kunstlicht. Für Personenaufnahmen. Kann bei Schwarzweißfilm Dunst effektiv verstärken.	2 × 1 Blende mehr öffnen
UV-Filter	dämpft UV-Licht völlig und ganz schwach auch blau, wirkt wie ganz schwaches Gelbfilter	Für Gebirgsaufnahmen. Ergibt schärfere Bilder, da die Objektive für UV-Licht nicht genügend korrigiert sind.	keine Verlängerung

Filter-Farbe	Wirkung	Verwendung	Verlängerung
Dunst-Filter (für Farbfilm)	dämpft UV-Licht völlig sonst farblos	Wie UV-Filter, nur für Farbfilm gedacht.	keine Verlängerung
Graufilter (auch für Farbfilm)	schwächt alles Licht gleichmäßig	Wenn die Lichtverhältnisse stärkere Abblendung fordern als möglich. Ermöglicht auch große Blenden u. damit geringe Tiefenschärfe (bei Blumennahaufnahmen oft wichtig). Gibt großen Belichtungsspielraum bei Auf- und Abblenden	4 × 2 Blenden

Schärfentiefe für Objektive mit  $f = 13 \text{ mm}$  (Einstellfassung) in Metern  
 $f = 13 \text{ mm}$

Einstell-Entfernung m	Blende															
	1,5		1,9		2,8		4		5,6		8		11		16	
	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis
∞	22,5	∞	17,7	∞	12,1	∞	8,42	∞	6,03	∞	4,23	∞	3,05	∞	2,11	∞
6	4,75	8,20	4,50	9,08	4,03	11,9	3,52	20,9	3,02	∞	2,48	∞	2,03	∞	1,56	∞
3	2,65	3,42	2,57	3,62	2,40	3,99	2,21	4,67	2,00	5,97	1,75	10,3	1,51	∞	1,24	∞
1,5	1,41	1,61	1,38	1,64	1,33	1,71	1,27	1,83	1,20	2,00	1,11	2,33	1,01	2,94	0,88	5,22
1	0,96	1,05	0,95	1,06	0,92	1,09	0,89	1,13	0,86	1,20	0,89	1,31	0,75	1,48	0,68	1,90
0,75	0,73	0,78	0,72	0,78	0,71	0,80	0,69	0,82	0,67	0,86	0,64	0,91	0,60	0,99	0,55	1,16
0,6	0,58	0,62	0,58	0,62	0,57	0,63	0,56	0,65	0,55	0,67	0,53	0,70	0,50	0,75	0,47	0,84
0,5	0,49	0,51	0,49	0,51	0,48	0,52	0,47	0,53	0,46	0,55	0,45	0,57	0,43	0,60	0,40	0,66
0,4	0,39	0,41	0,39	0,41	0,39	0,41	0,38	0,42	0,38	0,43	0,37	0,44	0,35	0,46	0,34	0,49
0,35	0,34	0,35	0,34	0,36	0,34	0,36	0,33	0,36	0,33	0,37	0,32	0,38	0,31	0,39	0,30	0,42
0,3	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,31	0,29	0,31	0,29	0,31	0,28	0,32	0,27	0,33	0,26	0,35

### Schärfentiefe für Objektive mit $f = 12,5$ mm (Fixfocus) in Metern

Blende .....	1,9	2,8	4	5,6	8	11	16
Schärfe von .....	4,6	4,0	3,4	2,8	2,2	1,8	1,3
bis (Meter) .....	15	25	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$

### Schärfentiefe für Xenar $f = 38$ mm (Einstellfassung) in Metern

$f = 38$  mm

$f = 38$  mm

Einstell- Ent- fernung m	Blende													
	2,8		4		5,6		8		11		16		22	
	Schärfe von	bis	Schärfe von	bis	Schärfe von	bis	Schärfe von	bis	Schärfe von	bis	Schärfe von	bis	Schärfe von	bis
$\infty$	100	$\infty$	70	$\infty$	50	$\infty$	35	$\infty$	25	$\infty$	17,5	$\infty$	12,5	$\infty$
7,5	6,95	8,10	6,75	8,40	6,50	8,80	6,20	9,60	5,75	10,8	5,25	13	4,70	19
5	4,75	5,30	4,70	5,40	4,55	5,60	4,38	5,85	4,20	6,30	3,90	7,00	3,55	8,40
3	2,91	3,10	2,88	3,15	2,85	3,20	2,75	3,30	2,70	3,40	2,55	3,60	2,40	3,95
2	1,96	2,04	1,94	2,06	1,92	2,09	1,89	2,12	1,85	2,18	1,80	2,26	1,72	2,39
1,5	1,48	1,52	1,46	1,53	1,46	1,55	1,44	1,57	1,42	1,60	1,38	1,64	1,34	1,71
1,2	1,19	1,21	1,18	1,22	1,17	1,23	1,16	1,24	1,14	1,26	1,12	1,29	1,09	1,33
1	0,99	1,01	0,99	1,01	0,98	1,02	0,97	1,03	0,96	1,04	0,95	1,06	0,93	1,09
0,8	0,79	0,81	0,79	0,81	0,79	0,81	0,78	0,82	0,77	0,83	0,76	0,84	0,75	0,86
0,7	0,69	0,71	0,69	0,71	0,69	0,71	0,69	0,72	0,68	0,72	0,67	0,73	0,66	0,74
0,6	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,61	0,59	0,61	0,59	0,61	0,58	0,62	0,57	0,63
0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,55	0,54	0,56	0,54	0,56	0,53	0,57	0,53	0,58
0,5	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,49	0,51	0,49	0,51	0,49	0,52	0,48	0,52

## Schärfentiefe, bei Vorsatzlinsen in Zentimetern von der Vorderkante der Vorsatzlinse gemessen

(Das Fixfocusobjektiv ist dabei auf 6 m eingestellt)

Vorsatzlinsenbrennweite	Blende													
	1,9		2,8		4		5,6		8		11		16	
	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis	Schärfe von	Schärfe bis
30 cm	27,5	29,5	27	30	26,5	31	26	32	25	33,5	23,5	36	22	40
50 cm	43,5	49	42,5	50	41,5	52,5	40	55	37,5	60	35	69	30	88
100 cm	77	96	74	101	70	110	65	125	60	150	53	210	45	400

## Schärfentiefe beim Weitwinkelvorsatz in Metern

Blende	1,9	2,8	4	5,6	8	11	16
Schärfe von ...	1,70	1,40	1,10	90	70	55	40
bis .....	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$

## Schärfentiefe beim Televorsatz in Metern

Blende	Eingestellte Entfernung							
	2 m	3 m	4 m	5 m	7 m	10 m	20 m	$\infty$
1,9	1,92-2,09	2,82-3,20	3,7-4,35	4,6- 5,5	6,2- 8,1	8,5-12	14-33	60- $\infty$
2,8	1,9 -2,15	2,75-3,3	3,6-4,5	4,4- 6	6 - 8,8	8 -14	13-45	40- $\infty$
4	1,8 -2,20	2,6 -3,4	3,5-4,8	4,1- 6,5	5,5-10	7,2-16	11-85	25- $\infty$
5,6	1,78-2,25	2,5 -3,5	3,3-5,2	4 - 6,9	5,1-11	6,4-22	10- $\infty$	18- $\infty$
8	1,70-2,35	2,4 -3,9	3 -5,8	3,55-8,1	4,5-15	5,6-45	8- $\infty$	12- $\infty$
11	1,65-2,5	2,25-4,4	2,8-7,0	3,2-10,5	4,1-27	4,8- $\infty$	6,4- $\infty$	9- $\infty$
16	1,55-2,85	2 -5,8	2,5-10,5	2,7-22	3,3- $\infty$	3,8- $\infty$	4,5- $\infty$	6,2- $\infty$

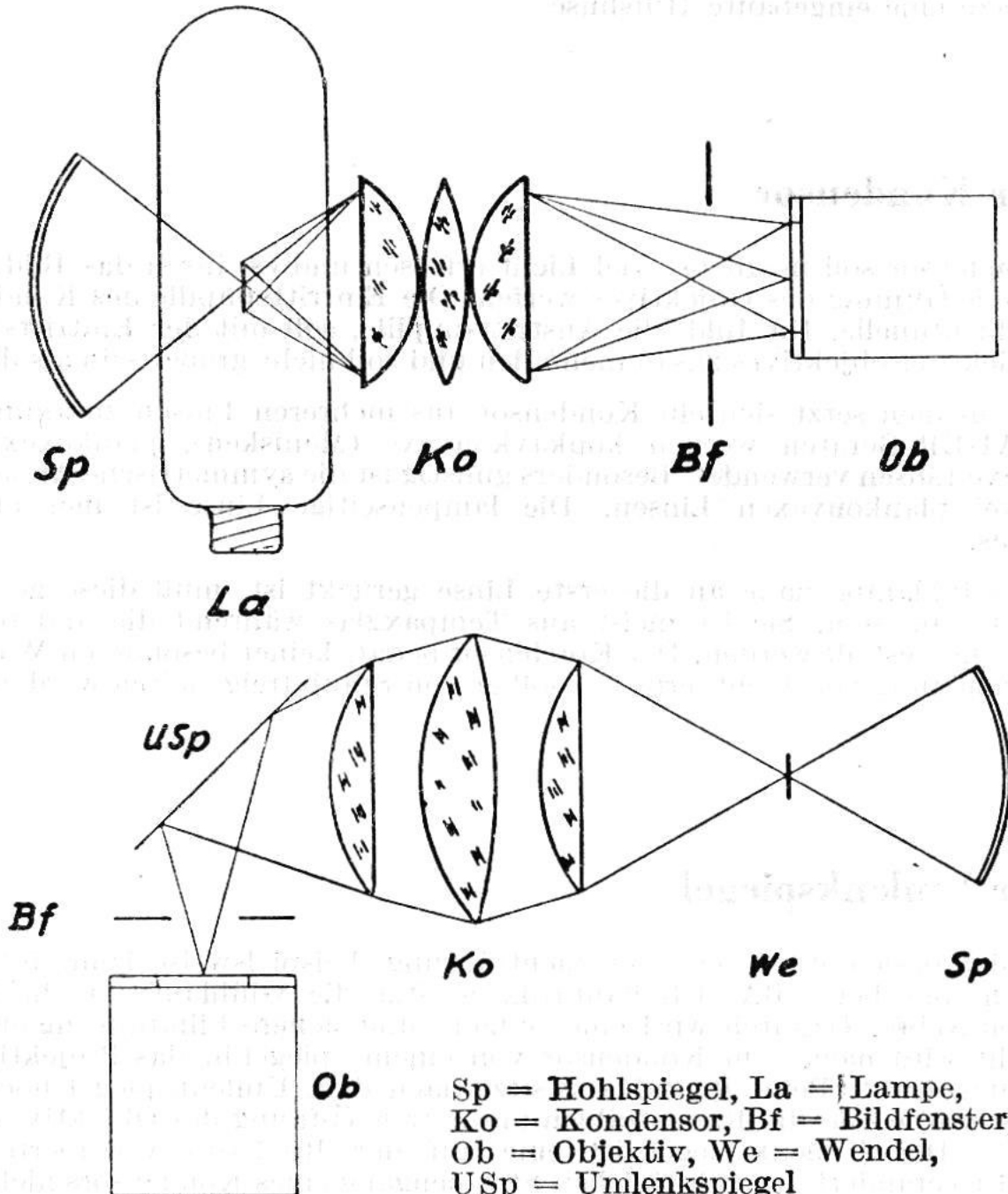
## Beleuchtungsoptik

Wollte man die Optik eines Projektors nur aus Lichtquelle, Film und Objektiv zusammensetzen, so würde man nur ein schwach leuchtendes Bild erhalten. Fast alles Licht der Lichtquelle ginge am Bildfenster vorbei und für die Projektion verloren. Das Licht wird daher, bevor es durch das Filmbild tritt, so ge-

richtet, daß eine möglichst große Lichtmenge in die Eintrittspupille des Projektionsobjektives gelangt. Um dies zu erreichen, werden Spiegel, Kondensoren und Feldlinsen verwendet. Sie sind die Bestandteile der Beleuchtungsoptik. Der Aufbau der Beleuchtungsoptik richtet sich jeweils nach der verwendeten Lichtquelle, der Größe des Filmbildes und des verwendeten Projektionsobjektives.

## Beleuchtungsoptik für Glühlampen

Das von einer Glühlampe ausgesandte Licht soll in möglichst hohem Maß für die Projektion ausgenutzt werden. Ein Hilfsmittel dafür ist der Kondensator. Die glühende Lampenwendel wird durch den Kondensator in die Eintrittspupille des Projektionsobjektives abgebildet. Die Abbildungen zeigen den Strahlengang bei Selecton II W (oben) und Pantason (unten). Die einzelnen Bestandteile der Beleuchtungsoptik und ihre Wirkung werden im folgenden geschildert.]



## 1. Der Rückspiegel

Rückspiegel sind sphärische Spiegel aus Hartglas, die auf der Rückseite versilbert sind. Sie spiegeln das nach hinten abgestrahlte Licht wieder in die Lampe. Das Spiegelbild darf aber nicht auf die Wendel der Glühlampe fallen, da sonst der Glühdraht stärker erhitzt und dadurch die Lebensdauer der Lampe verkürzt würde. Lampe und Spiegel müssen so zueinander stehen, daß das Spiegelbild in die Lücken zwischen den Wendeln fällt. Die Leuchtdichte der Glühlampe kann durch den Rückspiegel bis um 70% gesteigert werden. Gleichzeitig wird eine gleichmäßigere Leuchtdichte erreicht.

Bei den BAUER-Projektoren ist der Spiegel genau einjustiert. Bei einem Lampenwechsel ist daher eine Nachstellung des Spiegels nicht erforderlich. Mit einer Lupe, die man vor das Projektionsobjektiv hält, kann man die Wendel auf eine Wand projizieren und ihre Lage kontrollieren. Beim Selecton II W dient dazu eine eingebaute Hilfslinse.

## 2. Der Kondensator

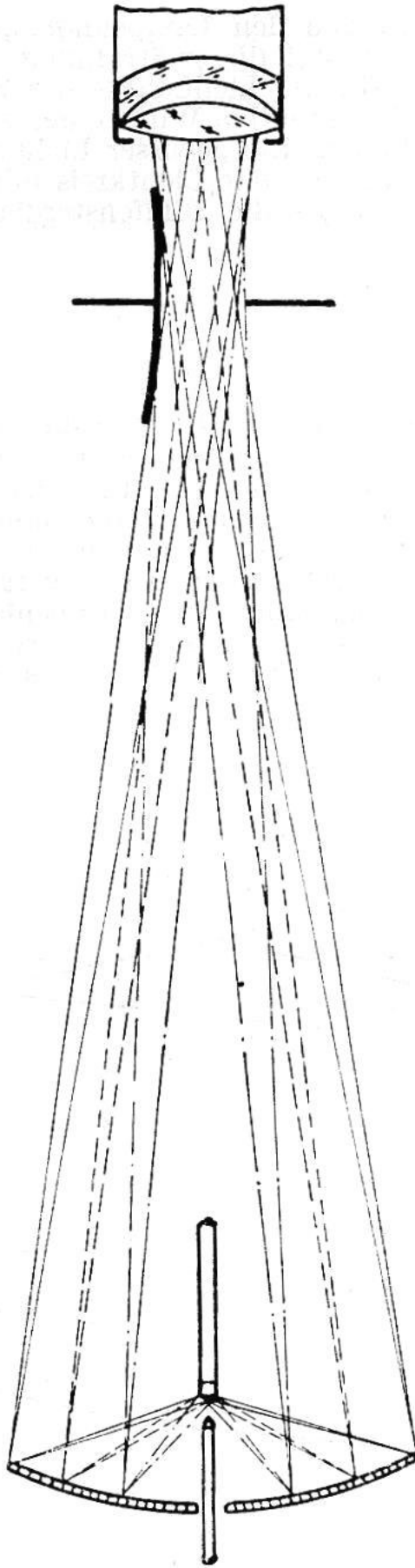
Der Kondensator soll möglichst viel Licht erfassen und es durch das Bildfenster in die freie Öffnung des Objektivs werfen. Die Eintrittspupille des Kondensators ist die Lichtquelle. Ihr Bild, die Austrittspupille, soll mit der Eintrittspupille des Projektionsobjektivs zusammenfallen und soll nicht größer sein als diese.

Im allgemeinen setzt sich ein Kondensator aus mehreren Linsen zusammen. In den BAUER-Geräten werden konkavkonvexe (Menisken), plankonvexe und bikonvexe Linsen verwendet. Besonders günstig ist die symmetrische Anordnung von zwei plankonvexen Linsen. Die lampenseitige Linse ist meistens ein Meniskus.

Da die Glühlampe nahe an die erste Linse gerückt ist, muß diese genügend hitzebeständig sein. Sie ist meist aus Tempaxglas während die anderen aus Hartglas hergestellt werden. Der Kondensator bedarf keiner besonderen Wartung. Zur Vermeidung von Lichtverlusten soll er von Staub freigehalten werden.

## 3. Der Umlenkspiegel

Bei Projektoren mit gebrochener Lichtführung, beispielsweise beim BAUER-Pantason und beim BAUER-Pantalux 8 sitzt die Glühlampe nicht in der optischen Achse. Dadurch wird eine einfache und sichere Filmführung erreicht. Das Licht wird nach dem Kondensator von einem Spiegel in das Projektionsobjektiv umgelenkt. Beim Pantalux 8 sitzt nach dem Umlenkspiegel noch eine Bildfensterlinse, die die Randstrahlen in die freie Öffnung des Objektivs „hineinbiegt“. Der Umlenkspiegel ist eine auf der Rückseite versilberte Glasplatte. Er verändert den prinzipiellen Strahlengang eines Kondensators nicht.



## Beleuchtungsoptik für Kohlelichtbogen

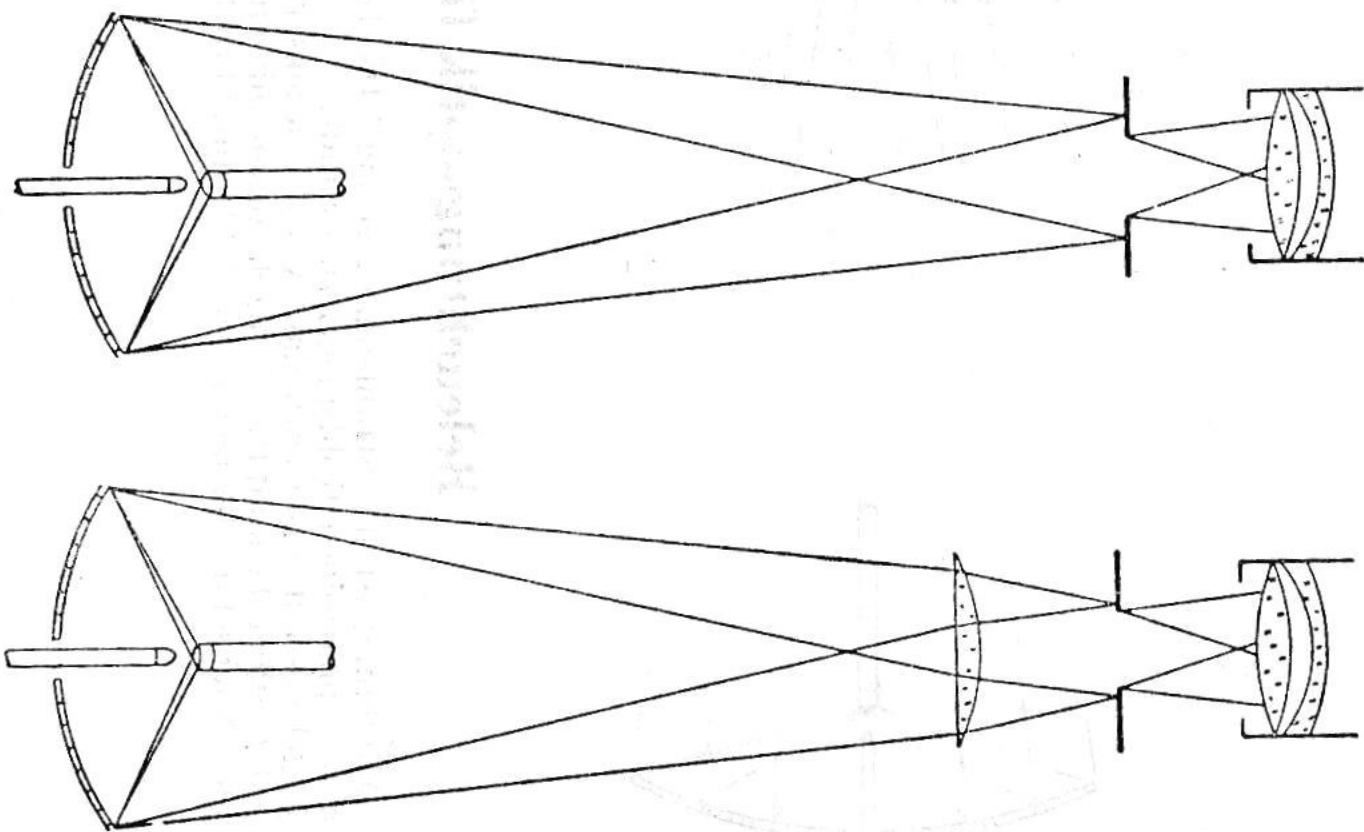
In der Abbildung ist der Strahlengang gezeichnet. Die Lichtquelle ist der glühende Krater der positiven Kohle, er ist dem asphärischen Hohlspiegel zugewandt. Der Spiegel besteht aus Geräteglas. Auf der Rückseite ist er mit einer reflektierenden Schicht aus Aluminium oder Silber bedampft, die nach außen mit einer Lackschicht geschützt wird. Die Mitte des Spiegels ist für den Nachschub der negativen Kohle durchbrochen.

## Lichtaufnahmewinkel

Die Strahlen des Kohlekraters sind gegen den Lampenhohlspiegel gerichtet. Aufgabe des Spiegels ist es nun einen Großteil dieser Strahlung aufzufangen und aufs Bildfenster zu werfen. Ein Maß für die Lichtstärke des Spiegels ist sein Lichtaufnahmewinkel. Man versteht darunter den Winkel, den zwei vom Krater zum Spiegelrand gezogene Strahlen bilden. Ein gewisser Lichtverlust am Bildfenster muß in Kauf genommen werden, da der Lichtkreis mit Rücksicht auf eine gleichmäßige Ausleuchtung größer als die Bildfensterdiagonale gewählt wird.

## Leuchtfeldlinsen

Damit das Kraterbild am Bildfenster die richtige Größe bekommt, muß für die Kondensoroptik der geeignete Abbildungsmaßstab gewählt werden. Das gelingt immer nur für einen bestimmten Kohledurchmesser. Eine Lampe soll jedoch immer für einen größeren Bereich von Stromstärken und damit Kohledurchmessern verwendbar sein. Zwar kann man bei Reinkohlen durch Verkleinern des Kraterabstandes, den Lichtkreisdurchmesser etwas vergrößern, jedoch umgekehrt nicht verkleinern, weil sonst auch die Lampenlänge verändert werden müßte. Wird daher der Kraterabstand etwas verändert, so wandert das Kraterbild (engste Strahleneinschnürung) vor oder hinter das Bildfenster. Der



Strahlengang der Spiegelbogenlampe. Oben ohne, unten mit Leuchtfeldlinse.

Lichtkreisdurchmesser am Bildfenster wird in beiden Fällen größer. Bei Verwendung von Beck-Kohlen ist selbst eine kleine Veränderung des Kraterabstandes und damit Anpassung der Beleuchtungsoptik an die Kohlenstärke nicht möglich, weil sich sonst das Licht auf dem Bildschirm verfährt. Bei zu kleinem Abstand wird der gelbe Kratergrund, bei zu großem Abstand die blaue Gasfahne im Bildfenster abgebildet.

Eine Anpassung an die Kohlenstärke gelingt nur durch eine besondere optische Vergrößerung des Kohlekraters. Man setzt zu diesem Zweck Leuchtfeldlinsen in den Lichtweg ein, die auf optischem Wege eine scheinbare Veränderung der Lampenhauslänge (Gesamtabbildungsraum Krater-Spiegel-Bildfenster) und damit eine Beeinflussung des Abbildungsmaßstabs ermöglichen. Die Leuchtfeldlinse sitzt in der Lampenhausvorderwand. Eine positive Leuchtfeldlinse verkleinert das ursprüngliche Kraterbild, eine negative Leuchtfeldlinse vergrößert es.

# XVIII. Elektrotechnik

## A. Begriffe

Träger der Elektrizität sind die Elektronen. Das sind kleinste, unsichtbare, elektrisch geladene Teilchen, die teils als Bestandteile der Atome, teils unabhängig von ihnen, in jedem Körper vorhanden sind und von denen jedes die gleiche elektrische Ladung trägt. Metalle haben besonders viel unabhängige oder freie Elektronen; sie sind deshalb gute Leiter für den elektrischen Strom.

### 1. Strom, Spannung, Widerstand

Unter elektrischem Strom in Metallen versteht man die Wanderung von freien Elektronen unter dem Einfluß einer elektrischen Spannung. Seine Stärke hängt davon ab, wie viele Elektronen, d. h. welche Menge an Elektrizität in jeder Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters fließen.

Ursache und treibende Kraft für einen Strom ist die elektrische Spannung. Diese kann immer nur zwischen zwei Punkten auftreten, also z. B. zwischen den Polen einer Steckdose, zwischen zwei Klemmen eines Generators oder zwischen zwei anderen, beliebigen Punkten eines Stromkreises. Bei Vorhandensein einer elektrischen Spannung kommt dann ein Stromfluß zustande, wenn die beiden Spannungspole durch einen Leiter verbunden werden.

Die Stärke des Stromes richtet sich danach, wie hoch die Spannung ist und welchen Widerstand der Leiter dem Strom entgegensetzt.

### 2. Maßeinheiten

**Strom (I).** Einheit: Ampere [A]. 1 A ist der Strom, bei dem etwa 6 Trillionen Elektronen in jeder Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters fließen. Schickt man den Strom statt durch Metall durch eine gesättigte Silbernitratlösung, so scheidet sich an einem der hineinragenden Leiterenden Silber ab, und man hat vereinbart, daß der Strom = 1 A sein soll, wenn er in der Sekunde 1,118 mg Silber abscheidet (das läßt sich kontrollieren, die Anzahl der Elektronen dagegen nicht).

**Widerstand (R).** Einheit: Ohm [ $\Omega$ ]. 1  $\Omega$  ist der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt und 1063 mm Länge bei 0° C.

**Spannung (U) oder (E),** von EMK = Elektromotorische Kraft.

Einheit: Volt [V]. 1 V ist die Spannung, die an den Enden eines Leiters mit 1  $\Omega$  Widerstand auftritt, wenn man 1 A hindurchschickt.

**Leitwert (G).** Einheit: Siemens [S]. Ein Widerstand von R Ohm hat den Leitwert  $G = \frac{1}{R}$  (Siemens). 1 S ist also der Leitwert der vorerwähnten Quecksilbersäule,

ganz allgemein der Leitwert eines Leiters, dessen Widerstand 1  $\Omega$  ist. Diese Größe ist eigentlich überflüssig, aber man kann mit ihr etwas bequemer rechnen als mit dem Widerstand, wenn man es mit parallel geschalteten Leitern zu tun hat und von diesen die Leitwerte und nicht die Widerstände kennt.

**Elektrizitätsmenge (Q).** Einheit: Coulomb [C]. Ein Strom von I A transportiert während einer Zeitspanne von t Sek. durch den Querschnitt eines Leiters die Elektrizitätsmenge von  $Q = I \cdot t$  Ampere-Sekunden. Für Ampere-Sekunden

sagt man auch Coulomb; also ist ein Coulomb nichts anderes als eine Ampere-Sekunde, und diese Menge fließt durch den Querschnitt bei einem Strom von 1 Amp., in  $t$  Sek., wenn  $I \cdot t$  den Wert 1 hat, d. h. bei 1 Amp. in 1 Sek., bei 10 Amp. in  $\frac{1}{10}$  Sek., bei 25 Amp. in  $\frac{1}{25}$  Sek. usw. Man könnte die Stromstärke also auch in Coulomb/Sek. ausdrücken: 1 Coulomb/Sek. ist ja = 1 Amp.

**El. Leistung (N).** Einheit: Watt [W].

**El. Energie oder Arbeit (A).** Einheit: Wattsekunde [Ws].

Fließt ein Strom durch einen Leiter, so wird der Leiter warm, und zwar, wenn er nicht gekühlt wird, um so wärmer, je länger er Strom führt. Weiter wird er in der gleichen Zeit um so wärmer, je stärker der Strom, und der Strom ist um so stärker, je höher die Spannung am Leiter ist. Die Wärme richtet sich demnach nach dem Produkt Spannung und Strom und Zeit oder nach Volt und Ampere und Sekunden. Wärme ist eine Form von Energie oder Arbeit, deshalb wird el. Energie oder Arbeit in Volt-Ampere-Sekunden angegeben.

Leistung ist die Arbeit, die sich für die Zeitspanne von 1 Sekunde errechnet. El. Leistung wird daher in Volt-Ampere angegeben.

Für Volt-Ampere sagt man auch Watt; folglich ist 1 Volt-Ampere = 1 Watt und 1 Volt-Ampere-Sek. = 1 Wattsek. Für Wattsek. sagt man auch Joule. Folglich ist 1 Wattsek. = 1 Joule, doch ist dieser Ausdruck weniger in Gebrauch. Mit 1 Watt hat man es zu tun nicht bloß bei 1 Volt und 1 Amp., sondern bei allen Werten von Volt und Ampere, deren Produkt den Wert 1 ergibt, also bei 10 V und  $\frac{1}{10}$  Amp., bei  $\frac{1}{1000}$  Volt und 1000 Amp., bei 20 V und 0,05 Amp. usw.

Mit 1 Wattsek. hat man es zu tun nicht bloß, wenn 1 Watt 1 Sekunde lang auftritt, sondern bei allen Werten von Watt und Sekunde, deren Produkt den Wert 1 ergibt, so wenn 20 W  $\frac{1}{20}$  Sek. lang oder  $\frac{1}{10}$  W 10 Sek. lang oder 100 W  $\frac{1}{100}$  Sek. lang auftreten usw.

## Kurzzeichen für Vielfache und Bruchteile der Einheiten

M = Mega	= $10^6$	= 1 000 000	d = Deci	= $10^{-1}$	= 0,1
K = Kilo	= $10^3$	= 1 000	c = Centi	= $10^{-2}$	= 0,01
h = Hekto	= $10^2$	= 100	m = Milli	= $10^{-3}$	= 0,001
D = Dekka	= $10^1$	= 10	$\mu$ = Mikro	= $10^{-6}$	= 0,000 001
			n = Nano	= $10^{-9}$	= 0,000 000 001
			p = Pico	= $10^{-12}$	= 0,000 000 000 001

### Beispiele:

Die Kurzzeichen werden den Einheiten vorangesetzt, z. B.:

3 kg	= 3 Kilogramm	= 3000 g	= $3 \cdot 10^3$ g
1 cm	= 1 Zentimeter	= 0,01 m	= $10^{-2}$ m
5 mA	= 5 Milliampere	= 0,005 A	= $5 \cdot 10^{-3}$ A
5 M $\Omega$	= 5 Megohm	= 5 000 000 $\Omega$	= $5 \cdot 10^6$ $\Omega$
16 $\mu$ F	= 16 Mikروفarad	= 0,000 016 F	= $16 \cdot 10^{-6}$ F
10 nF	= 10 Nanofarad	= 0,000 000 010 F	= $10 \cdot 10^{-9}$ F

## B. Rechenvorschriften

### 1. Berechnung ohmscher Widerstände

Der Widerstand eines Leiters ist abhängig von der Leiterlänge  $l$ , dem Leiterquerschnitt  $q$  und einer Materialkonstanten  $\rho$ , welche für Kupfer

$$= 0,0175 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \text{ und für Aluminium} = 0,03 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \text{ beträgt.}$$

Er errechnet sich nach der Formel  $R = \rho \cdot \frac{l}{q}$

$l$  = Leiterlänge in m

$q$  = Leiterquerschnitt in  $\text{mm}^2$ .

#### a) Einfluß der Temperatur auf den Widerstand

Mit steigender Erwärmung eines Leiters erhöht sich auch dessen Ohmscher Widerstand. Vorstehende Formel gilt für eine Leitertemperatur von  $20^\circ \text{C}$ . Für eine beliebige Leitertemperatur  $t$  errechnet sich der Widerstand  $R_t$  zu:

$$= R_{20} [1 + \alpha (t - 20^\circ \text{C})]$$

$\alpha$  = Temperaturkoeffizient,

$R_{20}$  = Widerstand bei  $20^\circ \text{C}$

$\alpha_{\text{Cu}}$  = für Kupfer = 0,0039

$R_t$  = Widerstand bei  $t^\circ \text{C}$

$\alpha_{\text{Al}}$  = für Aluminium = 0,0039.

Für manche Materialien, z. B. für Manganin (Widerstandsdraht) und Kohle, ist der Temperaturkoeffizient negativ. Bei diesen Stoffen wird mit steigender Erwärmung der Ohmsche Widerstand niedriger.

b) **Beispiel:** Widerstand  $R_{20}$  eines Reglers bei  $20^\circ \text{C} = 100 \Omega$ .

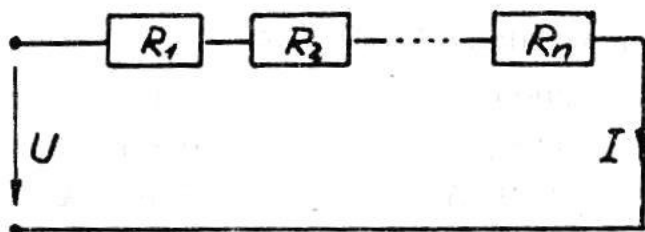
Wie hoch wird dieser Widerstand  $R_{80}$  bei  $80^\circ \text{C}$  (Draht Cu)?

$$R_{80} = R_{20} [1 + \alpha_{\text{Cu}}(80 - 20)]$$

$$= 100 (1 + 0,0039 \cdot 60) = 123,4 \Omega.$$

### 2. Schaltung von Widerständen

#### a) Mehrere Widerstände in Reihe:

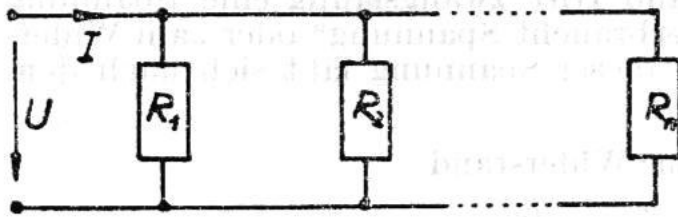


$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Reihenschaltung von  $n$  gleichen Widerständen

$$R_{\text{ges}} = n \cdot R$$

**b) Mehrere Widerstände parallel:**

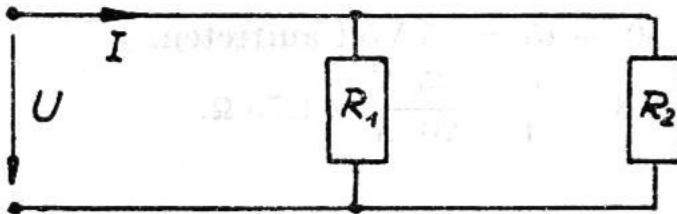


$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Parallelschaltung von n gleichen Widerständen R

$$R_{\text{ges}} = \frac{R}{n}$$

**c) Zwei Widerstände parallel geschaltet:**



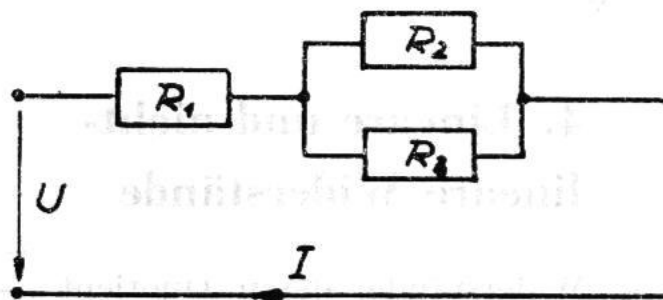
$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

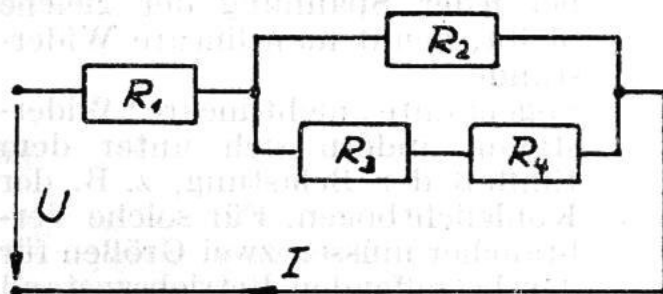
Sind die Leitwerte gegeben, so errechnet sich der Gesamtleitwert aus

$$G_{\text{ges}} = G_1 + G_2 + \dots + G_n.$$

**d) Gemischte Schaltung:**



$$R_{\text{ges}} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$



$$R_{\text{ges}} = R_1 + \frac{R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}$$

### 3. Ohmsches Gesetz

Verknüpfung der drei Grundbegriffe Strom, Spannung, Widerstand.

An einem stromdurchflossenen Widerstand tritt zwangsläufig eine Spannung auf. Man sagt auch: „der Widerstand verbraucht Spannung“ oder „am Widerstand fällt die Spannung ab“. Die Höhe dieser Spannung läßt sich nach dem Ohmschen Gesetz errechnen.

Dieses Gesetz lautet: Spannung = Strom · Widerstand

$$U = I \cdot R$$

$$\text{Hieraus die Formeln } I = \frac{U}{R} \text{ und } R = \frac{U}{I}$$

R ist, wie man sieht, nichts anderes als die Anzahl der Volt pro Ampere. Für Volt/Ampere sagt man aber Ohm, folglich ist 1 Ohm das gleiche wie 1 Volt/Amp.

#### Beispiel:

Anschluß einer RK-Bogenlampe an Umformer. Bogenspannung 45 Volt, Umformer-Gleichspannung 80 Volt, Lampenstrom 20 Amp. Wie groß muß der Beruhigungswiderstand werden?

Am Widerstand muß eine Spannung von  $80 - 45 = 35$  Volt auftreten.

$$\text{Deshalb Beruhigungswiderstand } R = \frac{U}{I} = \frac{35 \text{ V}}{20 \text{ A}} = 1,75 \Omega.$$

#### Beispiel:

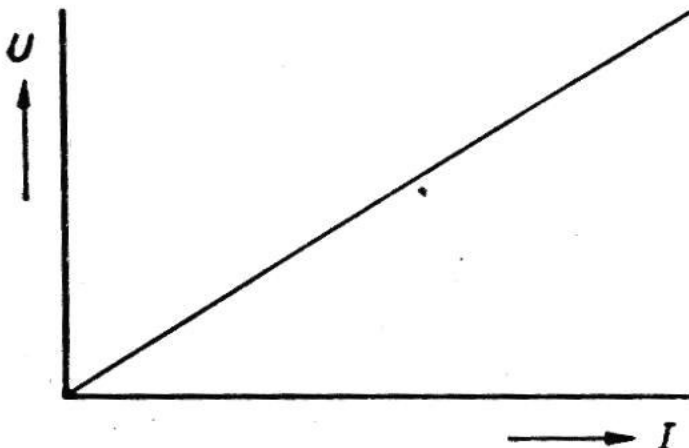
Speisung einer Tonlampe.

Abgegebene Gleichrichterspannung 6 Volt, Lampenstrom 5 Amp., 2adrige Kupferleitung mit  $1,5 \text{ mm}^2$  Querschnitt und 5 m Länge. Wie groß ist die Spannung an der Lampe?

$$\text{Leitungswiderstand } R_L \cdot \frac{1}{q} = 0,0175 \frac{10}{1,5} = 0,117 \Omega$$

$$\text{Spannungsabfall in der Leitung } U_L = I \cdot R_L = 5 \cdot 0,117 = 0,59 \text{ V}$$

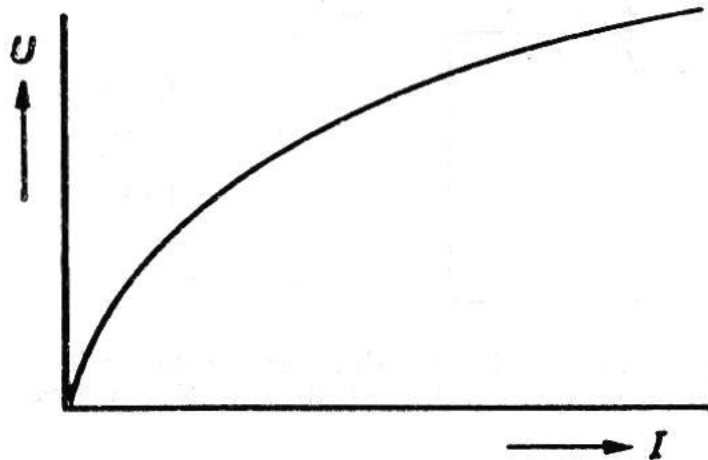
$$\text{Lampenspannung } U_{LA} = U_{GL} - U_L = 5,41 \text{ V.}$$



### 4. Lineare und nicht-lineare Widerstände

Widerstände, deren Quotient  $\frac{U}{I}$  bei jeder Spannung der gleiche bleibt, nennt man lineare Widerstände.

Sogenannte „nichtlineare“ Widerstände ändern sich unter dem Einfluß der Belastung, z. B. der Kohlelichtbogen. Für solche Verbraucher müssen zwei Größen für den betreffenden Betriebszustand

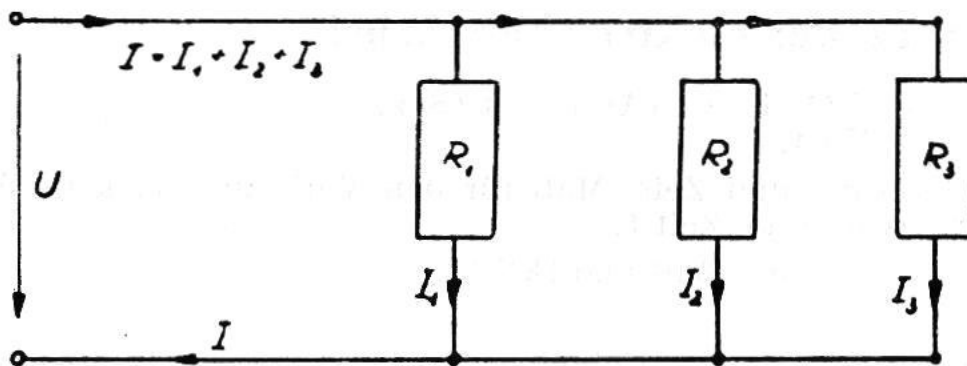


bekannt sein, um die fehlende Größe berechnen zu können. Jedoch ist eine Umrechnung auf eine höhere oder niedrigere Spannung mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes für diese Widerstände nicht möglich, da der Zusammenhang von Strom und Spannung nicht linear (die Kennlinie nicht gradlinig) ist.

## 5. Kirchhoffsches Gesetz

### a) 1. Kirchhoffsches Gesetz

Bei einer Stromverzweigung ist der Gesamtstrom gleich der Summe aller Zweigströme. Die Zweigströme verhalten sich zueinander wie die Kehrwerte der Widerstände ihrer Zweige oder wie die Leitwerte ihrer Zweige.



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

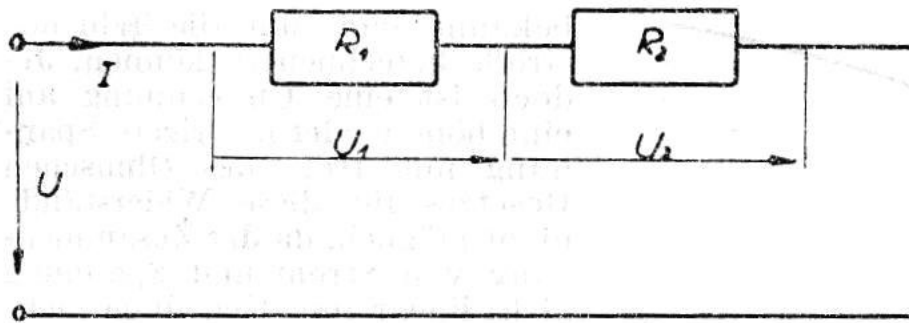
$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

$$= G_1 : G_2 : G_3$$

Die Spannungen an den parallel geschalteten Widerständen sind einander gleich.

### b) 2. Kirchhoffsches Gesetz

Die an den Klemmen eines Stromkreises liegende Gesamtspannung ist gleich der Summe aller Teilspannungen an den hintereinander liegenden Widerständen des Stromkreises.



$$U = U_1 + U_2$$

$$U_1 = I \cdot R_1$$

$$U_2 = I \cdot R_2$$

Die Teilspannungen verhalten sich wie die Widerstände. Ist keine Stromverzweigung vorhanden, so ist die Stromstärke an jeder Stelle des Kreises dieselbe.

## 6. Leistungsgesetz

$$N \text{ (Watt)} = U \text{ (Volt)} \cdot I \text{ (Amp.)}$$

Produkt aus Spannung und Strom. Maß für den auf die Sekunde entfallenden Verbrauch an elektrischer Energie, gebräuchliche Einheiten sind [W] und [kW]. Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes ergeben sich außerdem folgende Leistungsformeln:

$$N = I^2 \cdot R \qquad N = \frac{U^2}{R}$$

## 7. Berechnung der elektrischen Arbeit

$$A \text{ (Watt-Sek.)} = U \text{ (Volt)} \cdot I \text{ (Amp.)} \cdot t \text{ (Sek.)}$$

$$A = N \cdot t.$$

Produkt aus Leistung und Zeit. Maß für den Verbrauch elektrischer Energie während einer bestimmten Zeit t.

Gebräuchliche Einheiten: [Wh] und [kWh].

### Beispiel:

Wieviel kostet pro Tag der Betrieb eines Umformers bei 8stündigem täglichem Lauf?

Primär 220 V, 6 A Stromaufnahme. Preis der kWh = 0,16 DM.

Elektrische Arbeit =  $1320 \times 8 = 10\,560$  Wattstd. = 10,56 kWh/Tag.

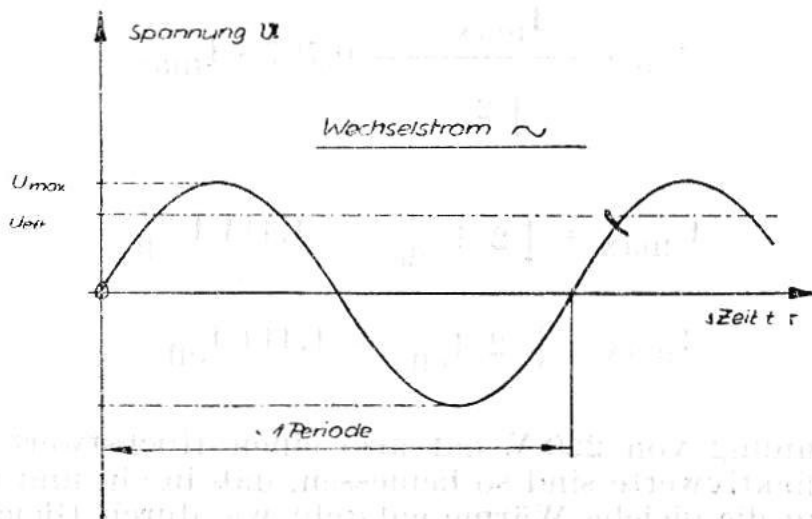
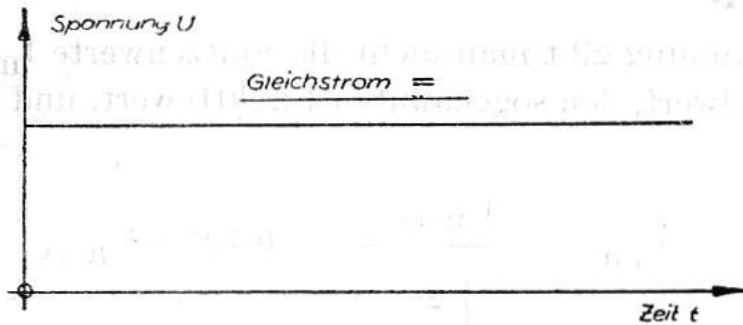
Kostenaufwand =  $10,56 \times 0,16 = 1,69$  DM/Tag.

## C. Gleichstrom

Bei Gleichstrom wandern die Elektronen nur in einer Richtung. Die Richtung der Spannung und des Stromes ändert sich nicht, in der Regel bleiben auch die Höhe der Spannung und die Höhe des Stromes unverändert.

In der Technik hat der Gleichstrom mehr und mehr an Bedeutung verloren. Die Starkstromtechnik arbeitet fast durchweg mit Dreh- oder Wechselstromnetzen. Es gibt nur wenige Verbraucher, die nur mit Gleichstrom, nicht auch

mit Wechselstrom gespeist werden müssen. Auch in solchen Fällen geht man heute in der Regel von einem Wechselstromnetz aus und beschafft sich den notwendigen Gleichstrom durch Gleichrichten des Wechsel- oder Drehstromes. Moderne Gleichrichter arbeiten sehr wirtschaftlich und haben zudem den Vorzug, daß man nicht an die Spannung eines Gleichstromnetzes gebunden ist, sondern aus Wechselstrom einen Gleichstrom von beliebig hoher Spannung herstellen kann.



## D. Wechselstrom

### 1. Allgemein

Die Elektronen wandern abwechselnd in der einen und anderen Richtung. Sie ändern also periodisch die Richtung. Die Stärke des Stromes schwankt periodisch: der Strom steigt von Null in einer Richtung bis auf seinen Höchstwert, fällt wieder auf Null ab; wechselt dann die Richtung, steigt dann in der anderen Richtung auf den Höchstwert an und geht wieder auf Null zurück. Dann wiederholt sich dieses Spiel, man nennt es eine Periode\*. Wechselstrom hat seine große Bedeutung in der Technik vor allem dadurch erlangt, daß er transformierbar ist. Man kann mit einem einfachen wirtschaftlichen Gerät, dem sogenannten Transformator, aus einer vorhandenen Wechselspannung andere Wechselspannungen beliebiger Höhe erzeugen. Ein weiterer Vorzug des Wechselstroms ist der, daß er sich leicht gleichrichten läßt, daß also dort, wo es nötig ist, Gleichstrom über einen Gleichrichter jederzeit aus Wechselstrom gewonnen werden kann.

\* Der Zeit nach ändern sich Strom und Spannung in der Regel „sinusförmig“ das ist so, wie es im Bilde gezeigt ist.

Technischer Wechselstrom in Deutschland hat 50 Perioden in jeder Sekunde. Die Anzahl der Perioden, die sich in einer Sekunde abspielen, nennt man Frequenz — Einheit Hertz (Hz).

1 Hz bedeutet also soviel wie 1 Schwingung pro Sekunde.

## 2. Effektivwerte

Für Strom und Spannung gibt man nicht die Spitzenwerte  $I_{\max}$  und  $U_{\max}$  an, sondern einen Mittelwert, den sogenannten Effektivwert, und zwar ist für sinusförmigen Verlauf

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot U_{\max}$$

$$I_{\text{eff}} \cdot \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_{\max}$$

oder

$$U_{\max} = \sqrt{2} U_{\text{eff}} = 1,414 U_{\text{eff}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{2} I_{\text{eff}} = 1,414 I_{\text{eff}}$$

Die Wechselspannung von 220 V hat also einen Höchstwert von  $220 \cdot 1,414 = 310$  V. Die Effektivwerte sind so bemessen, daß in ein und demselben Ohmschen Widerstand die gleiche Wärme entsteht wie durch Gleichstrom von derselben Stärke wie der Effektivwert.

## 3. Induktivität L und Kapazität C

Spule und Kondensator haben neben ihren Ohmschen Widerständen (R) für Wechselstrom zusätzlich noch einen sogenannten Blindwiderstand. Dieser wird bei der Spule durch das wechselnde Magnetfeld geweckt, beim Kondensator durch das wechselnde elektrische Feld. Eine Kenngröße für den Blindwiderstand einer Spule ist ihre Induktivität L, für den des Kondensators die Kapazität C. Die Kenngrößen sind abhängig von den Abmessungen und von den verwendeten Materialien.

**Kapazität C:** Einheit Farad [F].

Ein gegebener Kondensator nimmt um so mehr Elektronen oder um so mehr Elektrizität in sich auf, je höher die Spannung ist, an der er liegt, z. B. bei U Volt die Elektrizitätsmenge Q Coulomb. Die auf ein Volt entfallende Menge, die Größe  $Q/U$  also, oder die Anzahl der Coulomb pro Volt nennt man die Kapazität. Für Coulomb/Volt sagt man auch Farad. Folglich ist 1 Farad nichts anderes als 1 Coulomb/Volt. Auch in Farad oder deren Teilen  $\mu\text{F}$  (Mikrofarad) oder pF (Picofarad)  $= 10^{-12}$  F wird manchmal die Kapazität noch in „cm“

angegeben. Das erscheint zunächst merkwürdig; denn cm ist eine Länge; aber gemeint ist damit die Kapazität einer Kugel, deren Radius die angegebene Länge in cm hat. Eine Kugel vom Radius 1 cm hat die Kapazität 1 cm, und das sind 1,1 pF.

### **Induktivität L: Einheit Henry [H].**

Eine gegebene Spule erregt einen um so stärkeren Magnetfluß, je stärker ihr Strom ist. Schaltet man die Spule ab, so verschwindet mit dem Strom der Magnetfluß.

Schaltet man sie wieder ein, so entsteht mit dem Strom der Magnetfluß wieder. Sowohl während des Abschaltens als auch während des Einschaltens entsteht, weil der Fluß verschwindet und wieder entsteht, in der Spule eine zunächst ansteigende und dann wieder auf Null abfallende Spannung, ein sogenannter Spannungsstoß. Trägt man diese Spannung über der Zeit auf, so stellt die Fläche, die sie eingrenzt, einen Wert in Voltsekunden dar. Dieser Wert ist ein Maß für den Magnetfluß  $\Phi$ . Man mißt also Magnetflüsse in Voltsekunden. Zu diesem Fluß trägt der Strom  $I$  in  $w$  Windungen der Spule bei. Das Produkt  $I \cdot w$  nennt man die Amperewindungen der Spule. Dividiert man  $\Phi$  durch  $Iw$ , so bekommt man den Fluß pro Amperewindung, den Fluß also, der entsteht, wenn das Produkt  $Iw = 1$  ist (z. B. bei  $1/10$  A in 10 Windungen oder  $1/2$  A in 2 Windungen usw.).

Für Fluß pro Amperewindungen sagt man auch Henry. Also ist

$$1 \text{ Voltsek./}Iw = 1 \text{ Henry.}$$

## **4. Kreisfrequenz $\omega$**

Neben der Frequenz  $f$  muß man bei Wechselstrom noch mit der Kreis- oder Umlauffrequenz  $\omega = 2\pi f = 6,28 \cdot f$  rechnen, was auf den sinusförmigen Verlauf des Wechselstroms zurückzuführen ist.

Einheit: 1/s.

## **5. Phasenverschiebung**

Liegen neben Ohmschem Widerstand noch Induktivitäten oder Kapazitäten in einem Wechselstromkreis, so erreichen Strom und Spannung nicht mehr gleichzeitig ihre Höchstwerte. Man nennt diese Erscheinung „Phasenverschiebung“. Der Betrag, um welchen die Höchstwerte von Strom und Spannung zeitlich auseinanderliegen, wird durch den Phasenwinkel ( $\varphi$ ) ausgedrückt. Bei Phasenverschiebung erzielen Strom und Spannung bei gleichen Effektivwerten nicht mehr dieselbe Leistung wie bei Phasengleichheit.

## **6. Der kapazitive Blindwiderstand $X_c$ : Einheit Ohm $[\Omega]$**

Er ist errechenbar durch den Zusammenhang

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot c} = \frac{1}{2\pi f \cdot C} [\Omega]$$

$C$  = Kapazität in [F]  
 $\omega$  = Kreisfrequenz =  $6,28 \cdot f$   
 $f$  = Frequenz in Hertz.

Ein kapazitiver Blindwiderstand bewirkt, wenn er allein auftritt, eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$ , wobei der Strom der Spannung voreilt, denn ist die Spannung 0, ist der Strom ein größerer und umgekehrt, und beide wirken in derselben Richtung immer nur während der Viertelperioden, während welcher der Strom abnimmt und die Spannung zunimmt.

## 7. Induktiver Blindwiderstand $X_L$

Er ist errechenbar durch den Zusammenhang

$X_L = \omega L$  [ $\Omega$ ], denn  $2\pi f = \omega$  ist ein Wert in 1/Sek.  $L$  ein Wert in Voltsek./Amp. gibt zusammen Volt/Amp. oder Ohm.

$\omega = 6,28 \cdot f$  in 1/Sek.,  
 $L$  = Induktivität in H.

Er bewirkt, wenn er allein auftritt, eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$ , wobei der Strom der Spannung nacheilt, d. h. ist die Spannung 0, ist der Strom am größten und umgekehrt, und beide wirken in derselben Richtung immer nur während der Viertelperioden, während welcher die Spannung ab- und der Strom zunimmt.

## 8. Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  ist wichtig für die Berechnung der Leistung von Wechselstromverbrauchern. Der Faktor berücksichtigt die Phasenverschiebung und gibt an, auf wieviel die Leistung gegenüber derjenigen bei Phasengleichheit herabsinkt. Er ist in der Regel kleiner als 1 und kann höchstens = 1 werden.  $\cos \varphi = 1$  bedeutet Phasengleichheit,  $\cos \varphi = 0$  bedeutet Phasenverschiebung von  $90^\circ$ . Je kleiner der Leistungsfaktor eines elektrischen Gerätes ist, desto mehr Energie wird nutzlos für Stromwärme in den Leitungen verbraucht.

## 9. Leistung bei Wechselstrom

Gegeben ein Wechselstromnetz mit der Spannung  $U$  Volt (Effektivwert), am Netz liege ein Stromkreis und dieser führe den Gesamtstrom  $I$  Amp. (Effektivwert). Dieser sei gegen  $U$  um den Phasenwinkel  $\varphi$  zeitlich verschoben, voreilend oder nacheilend. Dann erhält der Verbraucher die wirkliche Leistung:

$$N = UI \cos \varphi \text{ Watt.}$$

Würde man einfach nur mit  $U$  und  $I$  rechnen, wie man es vom Gleichstrom her gewohnt ist, so bekäme man eine zu große Leistung. Nur scheinbar ist sie =  $U \cdot I$ , in Wirklichkeit dagegen ist sie bloß =  $U \cdot I \cdot \cos \varphi$ . Deshalb der Ausdruck

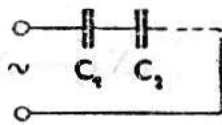
Wirkleistung für  $N = U \cdot I \cdot \cos \varphi$  und  
 Scheinleistung für  $N_S = U \cdot I$  [VA].

Man spricht manchmal auch noch von Blindleistung und meint damit das Produkt  $U \cdot I \cdot \sin \varphi$ . Praktischen Wert hat diese Größe nicht. Es ist üblich, die Scheinleistung nicht in Watt, sondern Volt-Ampere anzugeben, lediglich um anzudeuten, daß man die Scheinleistung meint. Man könnte für Watt auch sonst immer Volt-Ampere sagen.

## 10. Schaltung von Kondensatoren

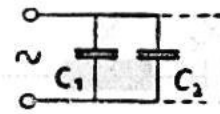
Bei der Zusammenschaltung von Kondensatoren errechnet sich die Gesamtkapazität nach folgender Vorschrift:

Reihenschaltung



$$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

Parallelschaltung



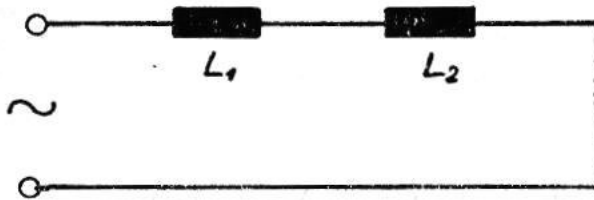
$$C_{\text{ges}} = C_1 + C_2 + \dots$$

## 11. Schaltung von Spulen

Die Formeln für die Berechnung der Gesamtinduktivität sind ähnlich denen zur Ermittlung des Gesamtwiderstandes bei Gleichstrom (siehe S. 144 ff). Es ist lediglich  $L$  statt  $R$  in die Formeln einzusetzen.

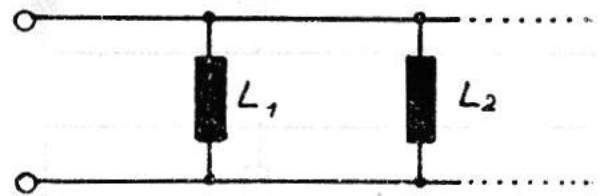
Beispiel:

Reihenschaltung



$$L_{\text{ges}} = L_1 + L_2$$

Parallelschaltung



$$\frac{1}{L_{\text{ges}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$$

## 12. Der Scheinwiderstand $Z$

Liegen in einem Wechselstromkreis nur Ohmsche Widerstände, dann wird gerechnet, wie wenn es ein Gleichstromkreis wäre. Sind jedoch Kondensatoren und Spulen mit eingeschaltet, so ist die Phasenverschiebung zu beachten. Der Scheinwiderstand  $Z$  ist der Gesamtwiderstand einer aus Wirk- und Blindwiderständen bestehenden Anordnung; jedoch dürfen Wirk- und Blindwiderstände nicht einfach zusammengezählt werden, sondern sie sind wie unter 13 angegeben zu berechnen.

## 13. Schaltung von Scheinwiderständen

Die folgende Zusammenstellung gibt die am häufigsten vorkommenden Fälle und die darauf angewendeten Formeln an.

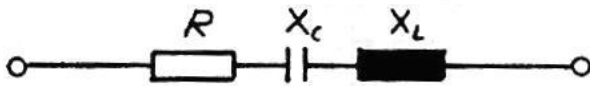
a) Reihenschaltung



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \text{ } [\Omega]$$



$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad [\Omega]$$

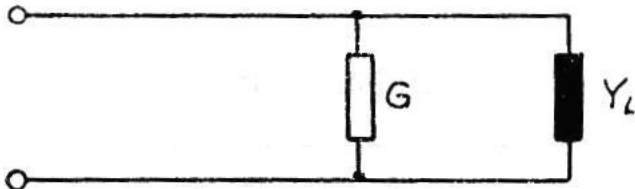


$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad [\Omega]$$

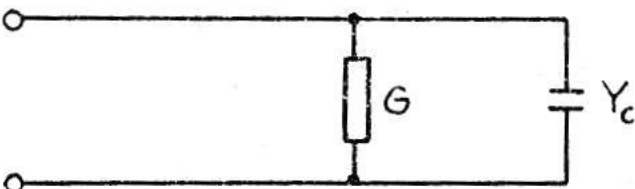
## b) Parallelschaltung

In diesem Falle rechnet man zweckmäßigerweise mit den Kehrwerten der Wirk- und Blindwiderstände. Sie werden Leitwerte genannt ( $G =$  Wirk-,  $Y =$  Blindleitwert). Formel:  $G = \frac{1}{R}$  oder  $Y = \frac{1}{Z}$

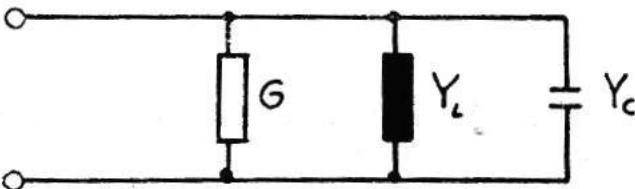
Einheit: Siemens [S].



$$Y = \sqrt{G^2 + Y_L^2} \quad [S]$$



$$Y = \sqrt{G^2 + Y_C^2} \quad [S]$$



$$Y = \sqrt{G^2 + (Y_L - Y_C)^2} \quad [S]$$

## 14. Resonanz

Ist bei einer Reihen- oder Parallelschaltung von Spulen und Kondensatoren der induktive und kapazitive Widerstand gleich groß, so tritt Resonanz auf.

Es ist:  $X_L = X_C = \omega L = \frac{1}{\omega C}$ , also:  $\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad [1/\text{Sek.}]$

Daraus folgt die Resonanzfrequenz  $f$ :

$$f = \frac{1}{6,28 \sqrt{L \cdot C}} \quad [\text{Hz}]$$

Eine solche Schaltungsanordnung heißt Schwingkreis. In einem Schwingkreis können bei der Resonanzfrequenz sehr viel größere Ströme oder Spannungen als bei anderen Frequenzen auftreten. Diese Erscheinung wird in der Rundfunktechnik weitgehend ausgenutzt. In der Kinotechnik werden Schwingkreise z. B. zum Ausschleifen des 12-kHz-Signals aus der Effektkanal-Tonwiedergabe bei Cinemascope-Filmen verwendet. Dieses ist möglich, weil der betreffende Schwingkreis für das 12-kHz-Signal einen ganz anderen Widerstand besitzt als für andere Frequenzen. Der Kreis ist auf 12 kHz „abgestimmt“.

## **E. Magnetismus**

### **1. Dauermagneten**

Ein Magnet ist ein irgendwie, in der Regel als Stab oder Hufeisen geformter Stahlkörper, der auf seine Umgebung so einwirkt, daß dort Kräfte geweckt werden, wenn Eisen oder andere Magnete oder stromdurchflossene Leiter in seine Nähe gebracht werden. Eisen wird angezogen, Magnete oder stromdurchflossene Leiter je nach der Lage angezogen oder abgestoßen. Man sagt für diese weiter nicht erklärbare Erscheinung: der Magnet erregt ein Magnetfeld. Die Kräftewirkung ist bei einem Magneten am stärksten an den beiden Enden, den sogenannten Polen, und an einem Pol wirken sie in entgegengesetzter Richtung wie am anderen. Kräfte sind aber in der gesamten Umgebung des Magnets nachweisbar. Zeichnet man sich ihre Richtung an jeder Stelle auf, so bekommt man eine Schar von Linien, die von einem zum anderen Pol verlaufen. Sie geben ein Bild von dem Verlauf und der Verteilung der Kräfte im Magnetfeld.

### **2. Kraft zwischen zwei Magneten**

Zwei Stahlmagnete üben aufeinander Kräfte aus. Bringt man ihre gleichnamigen Pole aneinander (z. B. die beiden Nordpole), dann findet eine kräftige Abstoßung statt. Stehen sich dagegen ein Nordpol und ein Südpol gegenüber, so findet zwischen beiden eine Anziehung statt.

### **3. Magnetische Werkstoffe**

Neben Stahl haben noch weiches Eisen (und in ganz geringem Maße auch Nickel und Kobalt) die Eigenschaft, magnetisch zu werden. Bringt man Eisen in die Nähe eines Magnets oder in ein magnetisches Feld, dann wird es selbst zu einem Magnet. Sobald man es aber wieder aus dem Magnetfeld herausnimmt, verliert es (bis auf einen kleinen Rest) seinen Magnetismus.

## **F. Elektromagnetismus**

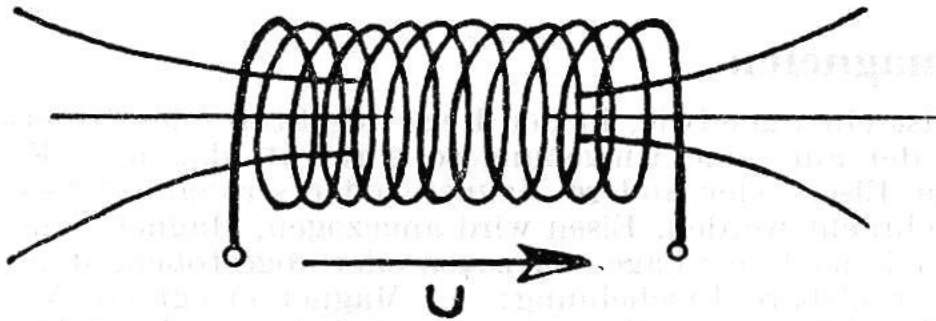
### **1. Stromdurchflossener Leiter**

Jeder Strom in einem Leiter erregt ein Magnetfeld, das während der Dauer des Stromes besteht. Die magnetischen Kräfte verlaufen nach Feldlinien, die mit dem Leiter verkettet sind.

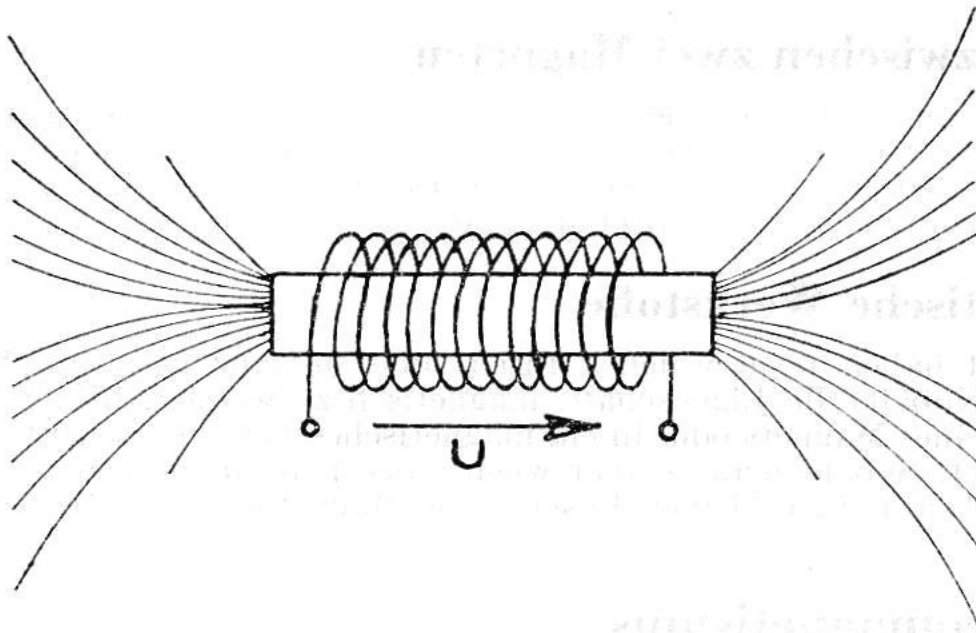
Wickelt man einen Leiter zu einer Spule, so daß Windung neben Windung zu liegen kommt, so verstärken sich die magnetischen Kräfte, jede Windung trägt

ihr Teil dazu bei, und die Feldlinien, die die Kraftverteilung anschaulich machen, sind jetzt mit der gesamten Spule verkettet oder sie laufen durchs Spuleninnere in Richtung der Spulennachse, treten an der einen Stirnseite der Spule aus und führen in großem Bogen zur anderen Stirnseite zurück. Die beiden Stirnseiten wirken daher wie Pole eines Magnets. Man hat einen Elektromagneten vor sich. Das Feld dieses Elektromagneten besteht nur so lange, wie die Spule Strom führt. Wird sie abgeschaltet, dann verschwindet das Magnetfeld.

## 2. Eisen im Magnetfeld



Führt man in eine stromdurchflossene Spule einen Eisenkern ein, so beobachtet man, daß sich das magnetische Feld je nach der Zusammensetzung des Eisens um den 100—1000fachen Betrag verstärkt.



Die Moleküle des Eisens bilden kleine molekulare Magnete; diese werden durch das Magnetfeld der Spule nach einer Richtung hin ausgerichtet; so verstärken sie das Spulenfeld ganz erheblich. Nach Abschalten der Spule verschwindet auch der magnetische Zustand im Eisen bis auf einen kleinen Rest. Führt man in eine stromdurchflossene Spule einen noch unmagnetisierten Stahlkern ein, so zeigt sich die gleiche Erscheinung. Nach Abschalten der Spule bleibt der Stahlkern stark magnetisch; er ist zu einem Dauermagnet geworden.

### 3. Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld

Ein stromdurchflossener Leiter hat bekanntlich ein Magnetfeld. Bringt man diesen Leiter zwischen die Pole eines Dauer- oder Elektromagneten, dann überlagern sich die Felder des Magnets und des stromdurchflossenen Leiters. Dort, wo die Kraftlinien beider Felder dieselbe Richtung haben, verstärkt sich das magnetische Feld. An den Stellen, an denen die Kraftlinien entgegengesetzte Richtung haben, wird das Feld abgeschwächt. Die daraus resultierende ungleiche Feldverteilung hat eine Kraftwirkung zur Folge. Der Leiter wird in das Kraftlinienloch gedrückt, d. h. immer zu der Stelle hin, an der das magnetische Feld schwach ist.

Auf diesem Prinzip beruht die Funktion der Elektromotoren. Dort bringt man eine drehbare Spule zwischen die Pole eines Magneten. Sobald in der Spule ein Strom fließt, wird durch die Überlagerung der beiden Magnetfelder unter dem Einfluß der daraus entstehenden Kraftwirkung die Spule in Drehung versetzt.

### 4. Induktionsgesetz

Die Zusammenhänge zwischen elektrischem Strom und Magnetismus sind sehr eng. Ein stromdurchflossener Leiter hat ein Magnetfeld.

Die Umkehrung: durch ein magnetisches Feld einen Strom zu erzeugen, ist ebenfalls möglich.

Bewegt man nämlich einen Leiter, der mit keiner Stromquelle in Verbindung steht, durch ein magnetisches Feld, so wird an den Enden dieses Leiters eine elektrische Spannung induziert. Die Leiterelektronen werden unter dem Einfluß des magnetischen Feldes nach einer Seite des Leiters gedrückt. Schließt man den Leiter zu einer in sich geschlossenen Drahtwindung, dann kann unter dem Einfluß dieser induzierten elektrischen Spannung ein Strom fließen. Der Strom wird also lediglich durch die Bewegung des Leiters in einem magnetischen Feld hergestellt.

Die induzierte Spannung hält nur so lange an, wie sich der Leiter bewegt. Je höher die Geschwindigkeit ist, mit der der Leiter bewegt wird, desto größer wird die induzierte Spannung. Ihre Größe hängt außerdem noch von der Stärke des Magnetfeldes und von der Anzahl der Windungen, die aus dem Leiter hergestellt wurden, ab.

Auf dem Prinzip der magnetischen Induktion beruht im wesentlichen die heutige Stromerzeugung. Prinzip: Zwischen den Polen eines Magneten wird eine Spule gedreht, wobei sie abwechselnd Stellen stärkeren und schwächeren Feldes durchläuft; dadurch ist die Voraussetzung eines im Leiter sich ändernden Magnetfeldes und damit die Induktion einer elektrischen Spannung erfüllt.

### 5. Transformator

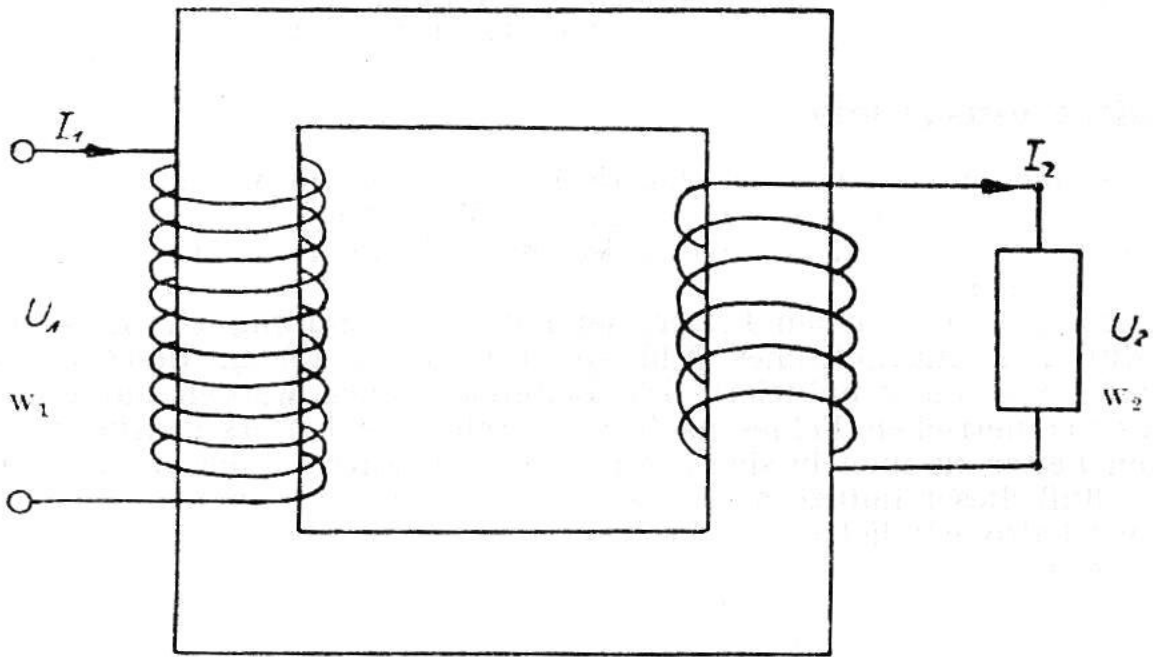
Der Transformator ist ein Gerät, das die Umwandlung von Wechselspannungen in Wechselspannungen anderer Höhe erlaubt. Seine Wirkungsweise beruht auf dem Induktionsgesetz. Er besteht aus einem Eisenkern, der zur Vermeidung von Verlusten aus vielen gegeneinander isolierten Eisenblechen besteht. Auf einem Schenkel dieses Eisenblechkerns ist eine Spule aufgewickelt, die als sogenannte Primärspule an das vorhandene Wechselstromnetz angeschlossen wird. Der in der Spule fließende Wechselstrom hat ein Magnetfeld zur Folge, dessen Richtung und Stärke mit der Frequenz des Wechselstroms sich verändern. Die magnetischen Kraftlinien schließen sich fast vollkommen im Eisenkern, da das Eisen für die Kraftlinien eine weitaus größere Leitfähigkeit als die Luft hat.

Auf den der Primärspule gegenüberliegenden Schenkel ist eine zweite Spule aufgewickelt. Diese zweite Spule wird von dem sich ändernden Magnetfeld, das in der Primärspule erzeugt wird, durchsetzt. Nach dem Induktionsgesetz entsteht in dieser zweiten Spule eine Wechselspannung, deren Größe lediglich vom Verhältnis der Wicklungszahlen der Primär- und Sekundärspule abhängt. Es verhält sich:

$$\frac{\text{Primärspannung}}{\text{Sekundärspannung}} = \frac{\text{Windungszahl der Primärspule}}{\text{Windungszahl der Sekundärspule}}$$

oder

$$U_1 : U_2 = w_1 : w_2.$$



Aus dem Verhältnis der Windungszahlen kann also die auf der Sekundärseite erzeugte Spannung errechnet werden.

Es ist

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{w_2}{w_1}$$

Abgesehen von den Verlusten, die durch Stromwärme in den Spulen und durch die magnetischen Verluste im Eisenfeld durch das fortwährende Ummagnetisieren entstehen, ist die elektrische Leistung, die auf der Sekundärseite erzielt wird, nahezu gleich der Leistung, die auf der Primärseite hineingesteckt wird. Der Wirkungsgrad eines Transformators ist sehr gut. Er hängt im einzelnen von der Qualität der verwendeten Bleche für den Kern und vom Widerstand der Drahtwicklungen ab. Transformatoren-Wirkungsgrade liegen in der Größenordnung von 75 . . . 99 %, je nach Größe des Transformators,

Die in der Primär- und Sekundärwindung fließenden Ströme verhalten sich, da die Leistungen etwa umgekehrt wie die Windungszahlen sind, wie

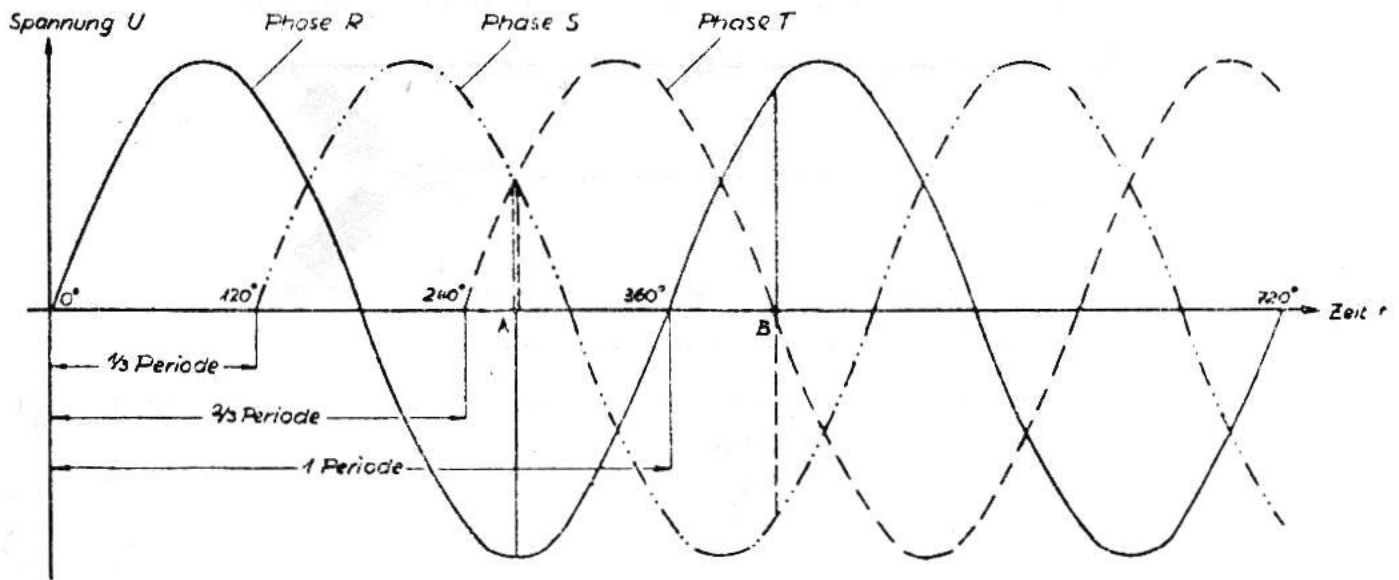
$$I_1 : I_2 = w_2 : w_1.$$

# G. Drehstrom

## 1. Allgemeiner Begriff

Drehstrom ist dreiphasiger Wechselstrom. In 3 getrennten Leitern fließen 3 Wechselströme. Diese 3 Wechselströme haben dieselbe Frequenz und Stärke, lediglich zeitlich sind sie um je  $\frac{1}{3}$  Periode (= Phasenwinkel  $120^\circ$ ) gegenseitig phasenverschoben.

Diese Symmetrie läßt sich durch ein gleichseitiges Dreieck oder einen Stern sinnbildlich darstellen, und sie bringt eine eigenartige Erscheinung mit sich: Die Ströme in den 3 Leitungen sind in jedem Augenblick so stark und so gerichtet, daß man die Rückleitungen sparen und die Haupt- oder Drehstromleiter zu



einem gemeinsamen Punkt, dem sogenannten Nullpunkt oder Sternpunkt, verbinden kann. Von diesem Sternpunkt aus aber zieht man in der Regel doch noch eine vierte Leitung, die sogenannte Nulleitung, aus Gründen, die unter 3a) angegeben sind. Bei symmetrischer Belastung, d. h. wenn die 3 Verbraucher, die vom Drehstromnetz gespeist werden, gleiche Größe haben, fließt in diesem Nulleiter kein Strom.

## 2. Spannungsangabe

Ein Drehstromnetz wird immer durch 2 Spannungen gekennzeichnet; denn zwischen jedem Drehstromleiter und dem Nulleiter ist eine Ein-Phasen-Wechselspannung vorhanden, ebenso zwischen je zwei von den Drehstromleitern, die letztere ist um den Faktor  $\sqrt{3} = 1,732$  größer als die Spannung zwischen Drehstrom- und Nulleiter.

Die zwischen je zwei Drehstromleitern gemessene Spannung nennt man verkettete Spannung, die zwischen je einem Drehstromleiter und dem Nulleiter gemessene Spannung Phasenspannung. Die 3 verketteten und die 3 Phasenspannungen haben die gleiche Frequenz, in der Größe aber sind die verketteten verschieden von den Phasenspannungen:

$$\text{verkettete Spannung } U_k = \sqrt{3} \cdot U_{ph} = 1,73 \cdot U_{ph}$$

### 3. Verbraucherschaltungen

Ein Drehstromverbraucher hat 3 Wicklungen, Kondensatoren oder Widerstände. Diese 3 Stränge können in zweierlei Schaltarten miteinander verbunden werden, nämlich so, daß jeder Strang entweder an die Phasenspannung oder an die verkettete Spannung zu liegen kommt. Nach Art der Zusammenschaltung spricht man von Sternschaltung oder Dreieckschaltung.

#### a) Sternschaltung

Bei der Sternschaltung werden die Enden der Verbraucherwicklungen in einem Punkt zusammengeschaltet. An dem gemeinsamen Nullpunkt liegt der Nullleiter. Er wird an sich bei drei gleichartigen Strängen nicht benötigt, dient also lediglich der Sicherheit, falls die 3 Stränge nicht gleich sind oder durch einen Betriebsfehler (Kurzschluß) aus ihrem Gleichgewicht herauskommen.



Bei der Sternschaltung liegt also jeder Strang an der Phasenspannung ( $U_{ph}$ ). Der Strom in jeder Phase ist gleich dem Strom  $I$  im Drehstromleiter.

Leistung in einem Strang  $N_{ph} = U_{ph} \cdot I \cdot \cos \varphi$ , in den 3 Strängen zusammen:

$$N = 3 \cdot U_{ph} \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]} = 1,732 \cdot U_k \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]}$$

oder auch

$$N = \sqrt{3} \cdot U_k \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]}$$

#### b) Dreieckschaltung

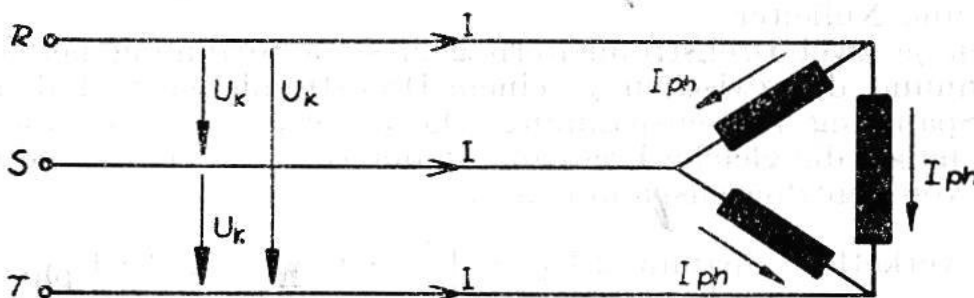
Jeder Strang liegt zwischen 2 Drehstromleitern, folglich an der verketteten Spannung  $U_k$ . Der Strom in einem Strang aber ist nicht mehr gleich dem im Drehstromleiter, sondern  $\sqrt{3}$ mal schwächer:  $I_{ph} = I/\sqrt{3}$ .

Leistung in einem Strang  $N_{ph} = U_k \cdot I_{ph} \cdot \cos \varphi$ ,

in den 3 Strängen zusammen:

$$N = 3 \cdot U_k \cdot I_{ph} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_k \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]},$$

wie bei Sternschaltung.



Die Summen der Drehstromspannungen und -ströme addieren sich zu Null, so daß kein Nulleiter erforderlich ist.

### c) Spannungsangabe bei Drehstromverbrauchern

Bei einem Drehstromnetz gibt man die Phasen- und die verkettete Spannung an, z. B. 220/380 V.

Auch für Drehstromverbraucher werden in der Regel 2 Spannungen angegeben, so findet man z. B. für Drehstrommotoren die Spannungsangabe 220/380 V. Damit wird zum Ausdruck gebracht:

Der Drehstromverbraucher kann sowohl an ein Drehstromnetz, dessen verkettete Spannung 220 V, als auch an ein Drehstromnetz, dessen verkettete Spannung 380 V beträgt, angeschlossen werden. Weiter wird damit gesagt, daß die einzelnen Wicklungen an keine höhere Spannung gelegt werden dürfen als 220 V.

Steht also auf dem Typenschild eines Drehstrommotors z. B. 220/380 V, so heißt das, auf jede Wicklung dürfen nicht mehr als 220 V Spannung entfallen, und weiter, daß der Motor an einem Drehstromnetz mit  $U_{ph} = 220\text{ V}$  oder an einem Drehstromnetz mit  $U_k = 380\text{ V}$  laufen kann. Dieser Motor müßte an einem Drehstromnetz mit 127/220 V (dabei ist  $U_k = 220\text{ V}$ ) im Dreieck geschaltet sein. Dann liegen 220 V an jeder Wicklung.

An einem Drehstromnetz 220/380 V (dabei ist die verkettete Spannung  $U_k = 380\text{ V}$ ) muß aber derselbe Motor im Stern geschaltet sein. Jede Wicklung bekommt dann die Phasenspannung, also wie vorgeschrieben wieder 220 V.

## H. Elektromotoren

### I. Gleichstrommotoren

#### a) Nebenschlußmotor

Anker- und Feldwicklung parallel geschaltet. Feldwicklung hat hohen Widerstand und wird nur gering belastet.

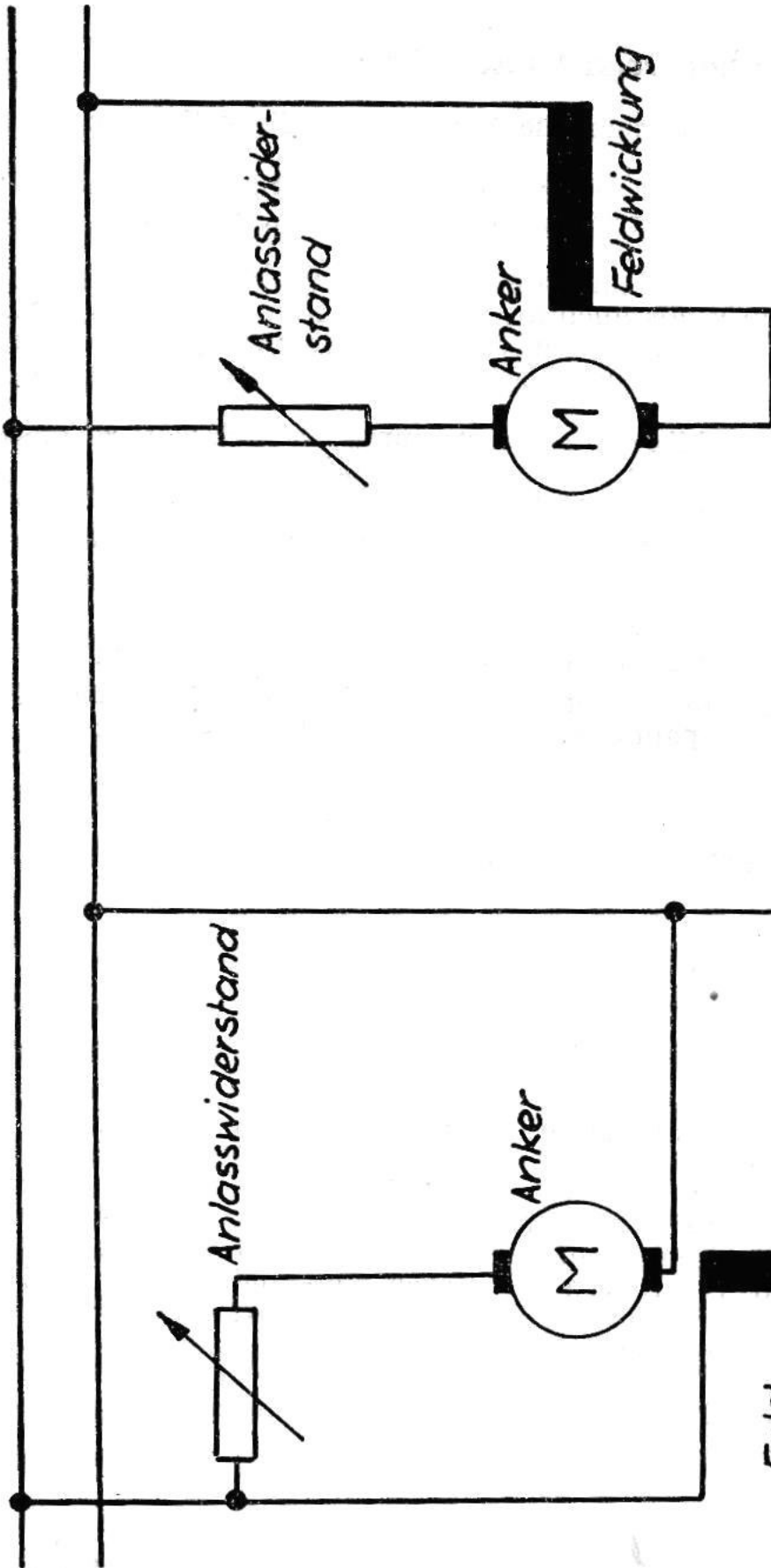
**Anlassen** des Motors durch Widerstand im Ankerkreis, zur Begrenzung der Stromaufnahme während des Anlaufens.

**Drehzahlregelung** in weiten Grenzen möglich durch Regelwiderstand im Erregerstromkreis. Durch Vergrößern des Regelwiderstandes wird das Feld geschwächt, was eine Zunahme der Drehzahl zur Folge hat.

Man könnte den Motor auch durch Vorwiderstände im Ankerkreis regeln. Diese Regelung wäre aber unzuweckmäßig: Wegen des hohen Ankerstromes ginge im Vorwiderstand viel elektrische Energie verloren; außerdem fiel die Drehzahl stark ab, wenn der Motor belastet wird.

#### Betriebsverhalten:

Die Motordrehzahl hängt bei fest eingestelltem Feldregler nur wenig von der Belastung ab; deshalb geringe Drehzahlabnahme mit steigender Last. (Ausegleich durch Feldregler.)



Hauptstrom-Motor

Nebenschluss-Motor

## b) Hauptstrommotoren

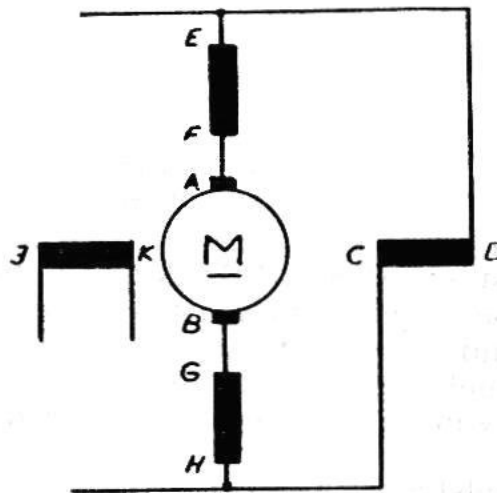
Anker und Feld in Reihe geschaltet.

**Anlassen** bei Motoren, die voll ausgelastet sind, durch direktes Anschalten an das Netz. Bei größeren Maschinen Steigerung der Ankerspannung von Null bis zum Nennwert (durch regelbaren Vorwiderstand).

**Drehzahlregelung** während des Betriebs entweder mittels Regelwiderstand vor dem Anker oder parallel zur Feldwicklung.

### Betriebsverhalten:

Diese Motoren haben ein sehr hohes Anzugsvermögen, jedoch starke Drehzahlabhängigkeit von der Belastung. Im Leerlauf hohe Drehzahl, mit steigender Last sinkt sie stark ab.



## c) Klemmenbezeichnung von Gleichstrommotoren

- A — B Ankerwicklung (zwischen den Kohlebürsten)
- C — D Nebenschluß-Feldwicklung
- E — F Reihenschluß-Feldwicklung
- G — H Wendepol- bzw. Kompensationswicklung
- J — K Fremderregte Feldwicklung

## 2. Wechselstrommotoren

### a) Einphasen-Asynchronmotoren

Einphasige Wechselstromwicklung im Ständer (Hauptwicklung). Um  $1/2$  Polteilung (Phasenwinkel  $90^\circ$ ) dagegen versetzt eine Hilfswicklung zum Anlassen. Außerdem Käfigläufer oder Läufer mit Wicklung und Schleifringen. Strom in Hilfswicklung gegenüber dem in der Hauptwicklung phasenverschoben. So entsteht während der Anlaufzeit ein Drehfeld, ähnlich den Drehstrommotoren. Hilfswicklung meist sehr schwach ausgeführt, da sie nur kurzzeitig belastet und

nach dem Hochlaufen des Motors z. B. durch Fliehkraftschalter abgeschaltet wird. Die Phasenverschiebung zwischen Haupt- und Hilfsstrom wird erzwungen dadurch, daß man der Hilfswicklung einen verhältnismäßig großen Widerstand gibt oder einen Kondensator vorschaltet.

Andere Ausführung: Hilfsphase immer in Betrieb, ohne Fliehkraftschalter. Sie ist dann so ausgelegt, daß sie einer Dauerbeanspruchung gewachsen ist. Phasenverschiebung erzeugt durch fest eingebauten Kondensator. Leistung eines Einphasen-Asynchronmotors etwa um  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{3}$  kleiner als bei einem Drehstrommotor derselben Größe. Drehzahlverhalten wie bei dem normalen Asynchronmotor. Schlupf wächst mit steigender Belastung.

## b) Hauptstrommotoren

für Wechselstrom werden nur als Kleinstmotoren ausgeführt, und zwar als Hauptschlußmotoren mit Kollektor wie beim Gleichstrom-Hauptschlußmotor.

## 3. Drehstrommotoren

### a) Allgemeines

Die große Bedeutung des Drehstromes in der Technik kommt nicht zuletzt davon, daß für Drehstrom die einfachsten Motoren gebaut werden können.

Drehstrommotoren haben eine symmetrische Drehstromwicklung im Ständer. Dabei sind die im einfachsten Fall aus 3 Spulen bestehenden Ständerwicklungen räumlich um je  $120^\circ$  versetzt, also symmetrisch angeordnet. Dank dieser symmetrischen Anordnung und der Symmetrie der Ströme aus dem Netz erregen die 3 Ströme einen magnetischen Fluß, dessen Höchstwert am Umfang der Ständerwicklung entlang von einer Spule zur anderen wandert. So entsteht das Drehfeld.

Beim technischen Wechselstrom, der die Frequenz 50 Hz hat, wandert das Drehfeld, d. h. die Stelle größter Flußdichte, von der ersten über die zweite und dritte und wieder zur ersten Spule in  $\frac{1}{50}$  Sekunde. In einer Sekunde macht das Drehfeld also 50 Umdrehungen, in einer Minute 3000 Umdrehungen.

Die Wicklungsenden der Drehstromwicklung sind an das Klemmbrett des Motors herausgeführt, dort können sie wahlweise im Stern oder im Dreieck geschaltet werden.

### b) Drehzahländerung von Drehstrommotoren

Die Drehzahl von Drehstrommotoren ist auf einfachem elektrischem Wege, wie z. B. durch Einbau eines Regelwiderstandes, nicht regelbar. Sie hängt von der Frequenz und von der Anzahl der Spulen im Ständerfeld ab. Sie ist also durch die Umlaufgeschwindigkeit des Drehfeldes bestimmt. Diese Umlaufgeschwindigkeit bestimmt die synchrone Drehzahl, die sich nach folgender Vorschrift errechnet:

$$\text{synchrone Drehzahl } n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ Umdrehungen pro Minute.}$$

Dabei ist  $f$  = die Netzfrequenz in Hz,

$p$  = die Anzahl der Polpaare, die durch die Wicklungen gebildet werden.

Bei einem Drehstrommotor mit 3 Spulen ist die Anzahl der Polpaare gleich 1. Jede Phase bildet nur ein Polpaar.

Wenn nun ein Drehstrommotor 6 Spulen hat, die je um  $60^\circ$  gegeneinander versetzt am Umfang des Ständers angeordnet sind, dann ist die Anzahl der Polpaare gleich 2. Das Drehfeld, das nun mit gleicher Geschwindigkeit (mit gleicher Frequenz) von der ersten über die zweite und dritte wieder zur ersten, d. h. von der Phase R gespeisten Spule kommt, legt dabei nur noch den halben Ständerumfang zurück. Deshalb ist in diesem Fall die Umlaufdrehzahl des Drehfeldes auf  $n_S = 1500$  Umdrehungen pro Minute abgesunken. Das ergibt sich auch aus der Formel für die synchrone Drehzahl, wenn für die Polpaarzahl  $p = 2$  eingesetzt wird.

Je nach Anzahl der Polpaare kann nun die synchrone Drehzahl der Drehstrommotoren auf eine gewisse Stufe festgelegt werden. Es ist also durch die Bauart des Motors, d. h. durch die verschieden große Anzahl der Polpaare, möglich, die Drehzahl zu beeinflussen. Bei einem fertigen Motor ist eine Drehzahlregelung nicht mehr möglich.

Es lassen sich mit Hilfe der Polpaarzahl bei einer Netzfrequenz von  $f = 50$  Hz die folgenden Drehzahlen herstellen:

- 4 Polpaare —  $n_S = 750$  Umdrehungen pro Minute
- 3 Polpaare —  $n_S = 1000$  Umdrehungen pro Minute
- 2 Polpaare —  $n_S = 1500$  Umdrehungen pro Minute
- 1 Polpaar —  $n_S = 3000$  Umdrehungen pro Minute.

Es gibt Drehstrommotoren, deren Polpaarzahl umschaltbar ist. Dabei werden die Spulenwicklungen einmal in Serie und einmal parallel geschaltet. Bei solchen Motoren können also je nach Schaltstellung zwei fest eingestellte Drehzahlen erzielt werden. Solche Motoren werden bei Filmwiedergabegeräten verwendet, wo durch die Polumschaltbarkeit eine Projektionsbildzahl von 18 Bildern pro Sekunde und 24 Bildern pro Sekunde erreicht werden soll.

### c) Klemmenbezeichnungen bei Drehstromverbrauchern

In elektrischen Schaltzeichnungen und bei elektrischen Geräten sind die Drehstrom-Netzzuleitungen und die einzelnen Anschlüsse der Verbraucher mit Buchstaben bezeichnet,

und zwar haben bei der Netzzuleitung die

- Phase 1 den Kennbuchstaben R
- Phase 2 den Kennbuchstaben S
- Phase 3 den Kennbuchstaben T
- der Nulleiter die Kennzahl O.

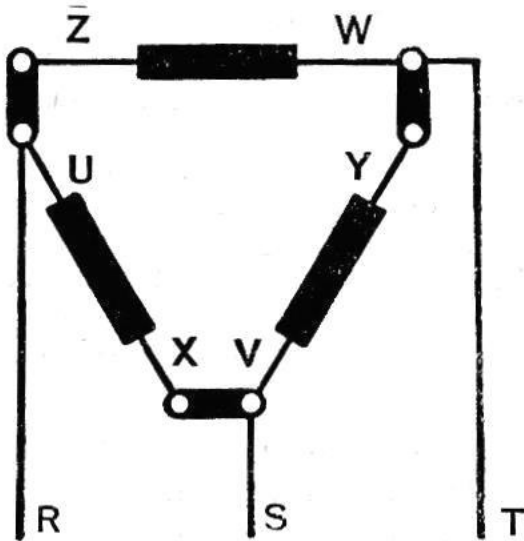
Bei Drehstromverbrauchern, die ja alle drei getrennte Wicklungen haben, sind die Wicklungsanfänge bezeichnet mit:

- Wicklungsanfang Phase 1 = U
- Wicklungsanfang Phase 2 = V
- Wicklungsanfang Phase 3 = W.

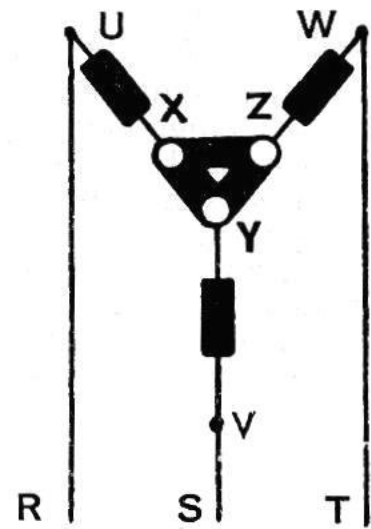
Die Wicklungsenden haben die Bezeichnung:

- Wicklungsende Phase 1 = X
- Wicklungsende Phase 2 = Y
- Wicklungsende Phase 3 = Z.

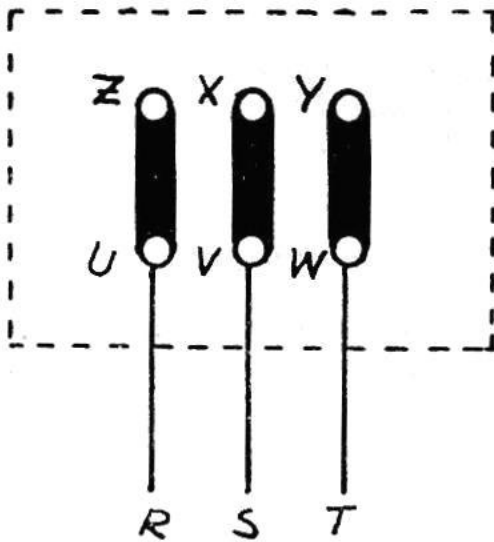
Am Klemmbrett eines Drehstrommotors sind also die Buchstaben U V W und X Y Z sichtbar. Wenn man ihre Bedeutung kennt, ist es leicht, durch Verbindung der einzelnen Wicklungsanfänge und -enden den Drehstromverbraucher nach der vorkommenden Spannung (also im Stern oder im Dreieck) zu schalten.



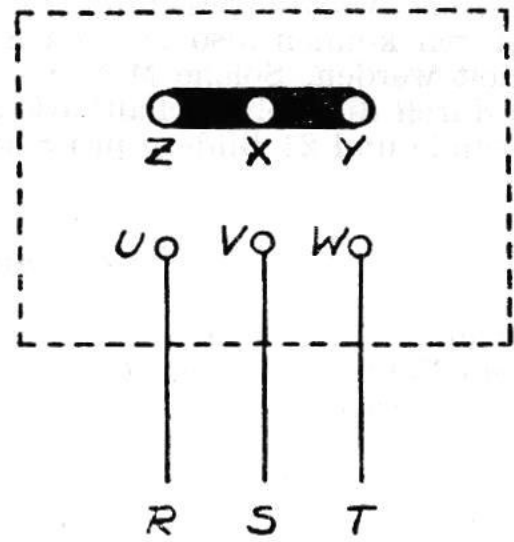
Dreieckschaltung



Sternschaltung



Dreieckschaltung



Sternschaltung

#### d) Drehrichtung

Die Drehrichtung von Drehstrommotoren kann umgekehrt werden, wenn man in der Zuleitung zum Motor zwei der Phasenzuleiter R, S, T gegenseitig vertauscht.

#### e) Asynchronmotoren

Asynchronmotoren zeichnen sich durch eine einfache Bauart, die wenig Verschleißteile hat, aus. Sie gelten als besonders betriebssichere Motoren.

Der Asynchronmotor hat im Ständer eine normale Drehstromwicklung. Der Läufer hat einen sogenannten Käfig (Käfigläufer) aus Kupferstäben, die an den Enden durch einen Kupferring galvanisch miteinander verbunden sind. Eine Stromzuführung zum Läufer ist nicht notwendig.

Im Käfigläufer induziert das umlaufende Drehfeld eine Spannung, die einen kräftigen Anlaufstrom im stillstehenden Käfig zur Folge hat. Die Kraftwirkung, die das Drehfeld und die stromdurchflossene Käfigwicklung aufeinander ausüben, gibt dem Asynchronmotor ein kräftiges Anlaufdrehmoment.

Die synchrone Drehzahl des Drehfeldes erreicht der Läufer nicht ganz. (Bei synchroner Drehzahl würde ja im Käfig keine Spannung mehr induziert werden können.) Die Läuferdrehzahl bleibt daher hinter der Drehzahl des Drehfeldes zurück; der Läufer schlüpft gegenüber dem Drehfeld, und sein Schlupf beträgt bei Asynchronmotoren etwa 3—6% der synchronen Drehzahl. Im Leerlauf ist der Schlupf kleiner als bei Belastung. Die tatsächliche Drehzahl eines Asynchronmotors errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{Drehzahl } n = n_s (1-s).$$

Dabei ist  $n_s$  die synchrone Drehzahl des Drehfeldes  
 $n$  die Drehzahl des Motors  
 $s$  der Schlupf in Dezimalen (z. B. 6% = 0,06).

**Beispiel:**

Asynchronmaschine  $p = 2$ ,  $f = 50$  Hz, Schlupf  $s = 5\%$ .  
 Wie groß ist die Drehzahl?

Synchrone Drehzahl  $n_s = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500$  U/min.

Nenn Drehzahl  $n = 1500 (1 - 0,05) = 1425$  U/min.

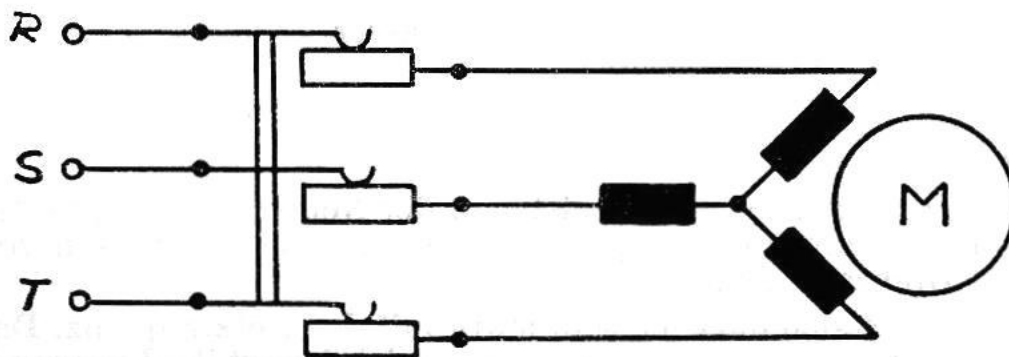
**Anlassen:**

Das hohe Anlaufdrehmoment des Asynchronmotors führt oft zu einem ruckartigen Anlauf, der bei vielen Antrieben unerwünscht ist. Durch Anlasser kann das Drehmoment während des Anlaufvorgangs herabgesetzt werden. Die Asynchronmotoren erreichen trotz eingeschalteter Anlasser ihre Nenn Drehzahl. Nach Erreichen der Nenn Drehzahl wird der Anlasser ausgeschaltet.

Anlassen des Asynchronmotors ist möglich:

a) durch Anlaßwiderstände

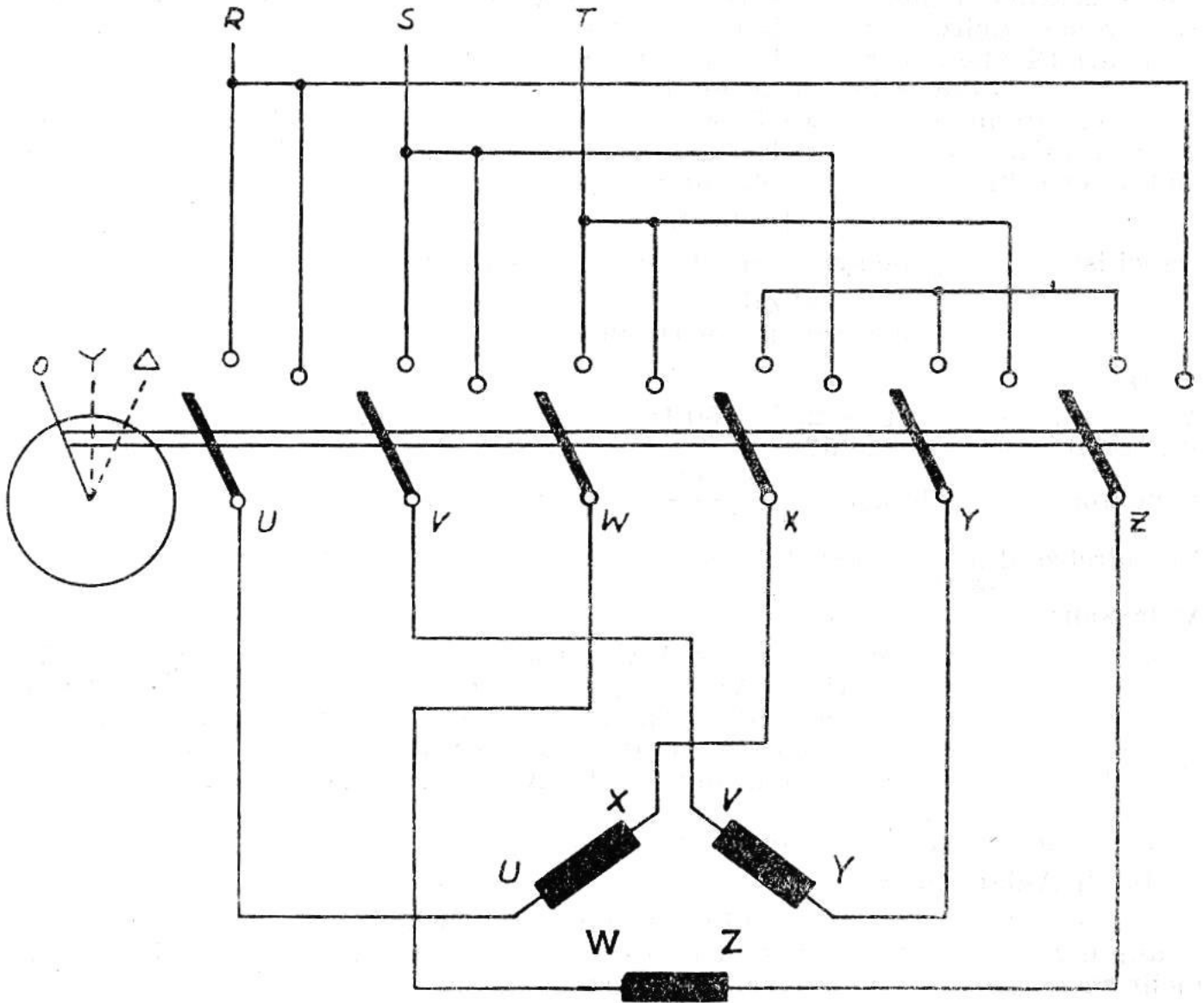
Einschalten Ohmscher Widerstände vor die Motorwicklungen. Damit geringere Spannung am Motor und Absinken des Anlaufmomentes. Der Motor läuft nicht mehr ruckartig an, sondern weich und nachgiebig.



Anlaßwiderstände

### β) durch Sterndreieckanlasser

Nur möglich, wenn die Maschine im Nennbetrieb in Dreieckschaltung läuft. Zum Anlassen wird der Motor dann im Stern geschaltet und den Wicklungen damit eine niedrigere Spannung zugeführt. Sterndreieckanlasser sind nur möglich bei 220/380-V-Motoren am 127/220-V-Drehstromnetz oder bei 380/660-V-Motoren am 220/380-V-Drehstromnetz.



Sterndreieckanlasser

### Betriebsverhalten:

Die Drehzahl der Asynchronmotoren ist von der Netzspannung praktisch unabhängig. Spannungsschwankungen, wie sie bei den üblichen Netzen vorkommen, verändern die Drehzahl nicht.

Die Drehzahl ändert sich dagegen sehr stark mit der Netzfrequenz. Da die Netzfrequenz aber bei den meisten Netzen konstant ist, bringt die Frequenzabhängigkeit der Drehzahl bei Asynchronmotoren keine Nachteile.

In geringem Maße sinkt die Drehzahl des Asynchronmotors mit zunehmender Belastung ab. Wenn Asynchronmotoren aber stark dimensioniert werden, erreicht man im Arbeitsbereich eine Drehzahl, die hinreichend konstant ist, auch wenn sich kleinere Belastungsänderungen ergeben. Der Asynchronmotor ist deshalb ein guter und betriebssicherer Antrieb für Kinoprojektoren.

## **f) Synchronmotoren**

haben im Ständer eine normale Drehstromwicklung. Bei Synchronmotoren erreicht der Läufer die gleiche Drehzahl wie das umlaufende Drehfeld, weil der Läufer mit Gleichstrom erregt ist. Läufer und Drehfeld laufen also synchron um. Dem Vorteil von spannungs- und belastungsunabhängiger Drehzahl steht als Nachteil ein schlechtes Anlaufmoment gegenüber. Synchronmotoren laufen im allgemeinen von selbst nicht an. Man bildet deshalb, besonders bei kleineren Motoren, wie sie für Kinoantrieb verwendet werden, den Läufer ähnlich dem eines Asynchronmotors aus. Die asynchrone Wicklung verhilft dem Synchronmotor zu einem ordentlichen Anlauf. Durch zusätzliche Nuten erreicht man nach dem Hochlaufen eine Stabilisierung mit dem Drehfeld.

### **Anlassen:**

Mit Anlasser in der Ständerwicklung oder im Sterndreieckverfahren wie bei Asynchronmotoren.

### **Betriebsverhalten:**

Drehzahl des Synchronmotors unabhängig von Netzspannung und -belastung. Sie ist immer gleich der synchronen Drehzahl. Nur bei Frequenzänderungen ändert sich mit der synchronen Drehzahl auch die Drehzahl des Synchronmotors.

Bei zu großer Last kommt der Synchronmotor an einen kritischen Punkt, bei dem das Drehmoment des Motors nicht mehr ausreicht, die Belastung durchzuziehen. Der Motor bleibt dann stehen. Zwischen synchroner Drehzahl und Stillstand gibt es keine Zwischenstufe.

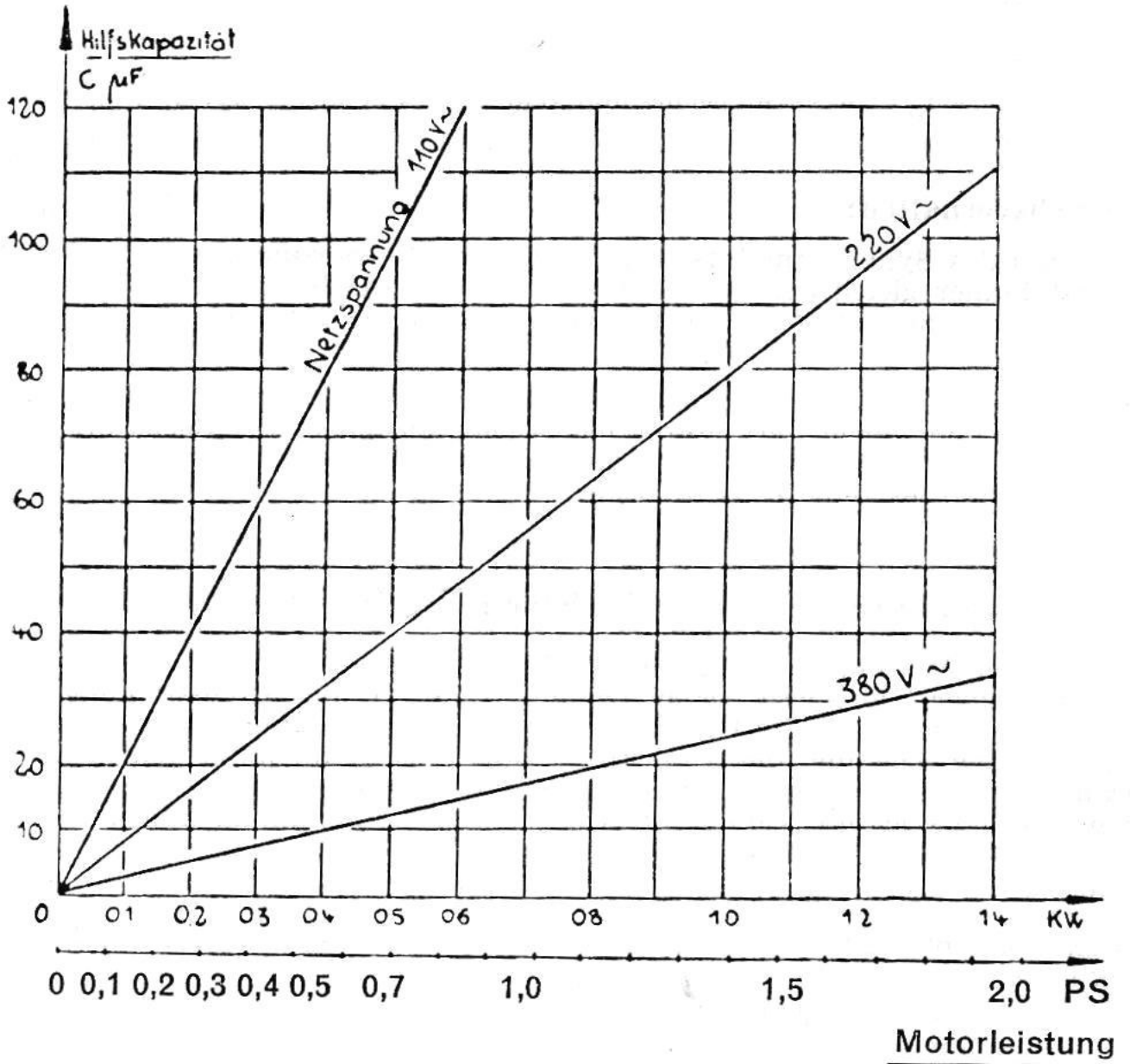
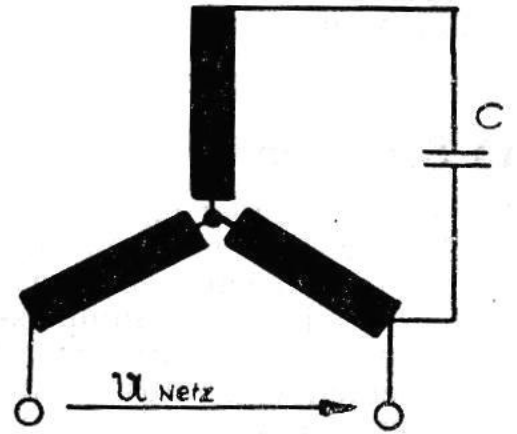
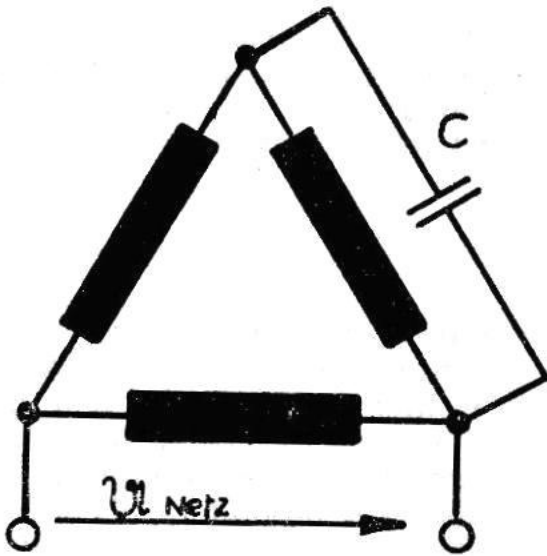
## **g) Drehstrommotoren am Einphasen-Wechselstromnetz**

Ein solcher Anschluß ist möglich mit Verwendung eines Kondensators zur Erzeugung einer Hilfsphase. Dabei Leistungsrückgang des Drehstrommotors um etwa 20%. Die Größe des Hilfskondensators C hängt ab von der Netzspannung und von der Leistung des Drehstrommotors. Sie kann untenstehendem Diagramm entnommen werden. Die Schaltung des Motors muß so ausgeführt werden, daß die Wicklung gerade ihre vorgeschriebene Spannung erhält.

### **Beispiel:**

Drehstrommotor 220/380 Volt: Kann am 220-V-Einphasen-Netz nur im Dreieck laufen.

Drehstrommotor 127/220 Volt: Kann am 220-Volt-Einphasen-Netz in Sternschaltung, am 127-Volt-Netz in Dreieckschaltung laufen.



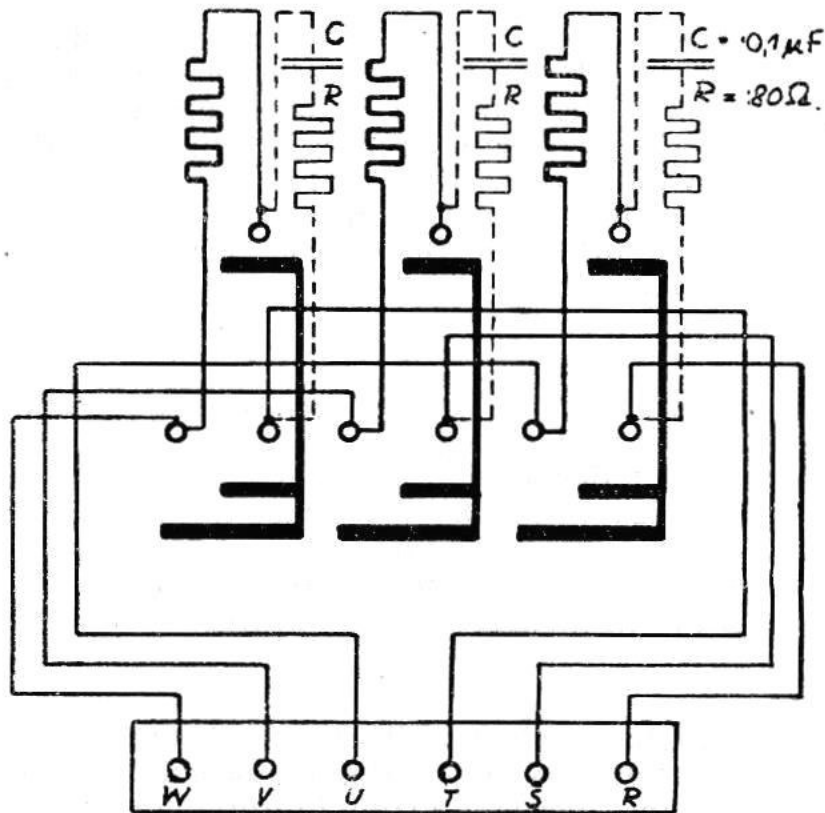
# Störungen durch Anlasser

Bei gewissen Verstärkeranlagen kann es vorkommen, daß beim Anlassen der Antriebsmotoren für die Projektorwerke im Lautsprecher ein Knacken hörbar ist. Dieses Geräusch kommt von den beim Abwälzen der Anlaßkontakte entstehenden Funken und kann durch den Einbau von kleinen Kondensatoren und Widerständen behoben werden.

Bei neueren BAUER-Anlassern sind diese Störschutzelemente von Haus aus schon eingebaut.

Im nachstehenden Schaltbild ist der Anschluß von drei solchen Störschutzgliedern in einem Drehstromanlasser gekennzeichnet.

Kapazität dieser Kondensatoren =  $0,1 \mu\text{F}$ , Spannungsbelastbarkeit 750 Volt, Widerstände  $80 \Omega$ .



## I. Gleichrichter

### 1. Allgemeines

**Zweck:** Umformung von Wechsel- oder Drehstrom in Gleichstrom.

**Verwendung:** Speisung der Bogenlampen, der Tonlampen und der Erregung von Lautsprechern; Laden von Notbeleuchtungsbatterien.

**Ausführungen:** Röhrengleichrichter und Trockengleichrichter.

Zur Umformung von Wechselstrom dienen sogenannte Gleichrichterelemente. Das sind Einrichtungen, die den Strom nur in der einen Richtung durchlassen, in der anderen dagegen sperren. In der Kinotechnik findet man zwei Ausführungen von Gleichrichterelementen, nämlich

- Glühkathodenröhren,
- Trockenplattenelemente.

## 2. Glühkathodenröhren

Für Gleichrichter mit kleinen Leistungen sind es Vakuumröhren. Sie werden verwendet in Gleichrichtern zur Lautsprechererregung, in Verstärkern und in Schaltgeräten.

Gleichrichterröhren für hohe Leistungen, wie sie z. B. in Bogenlampen-Gleichrichtern vorkommen, sind gasgefüllt. Diese gasgefüllten Röhren haben einen guten Wirkungsgrad, sind nicht überlastungsempfindlich, vertragen also kurzzeitig Ströme, die wesentlich höher sind als der Nennstrom und haben eine Lebensdauer von etwa 20 000 Brennstunden.

## 3. Trockenplattenelemente

Das sind Eisen- — Selen- oder Kupfer- — Kupfer-Oxydulplatten. Ihre Lebensdauer ist praktisch unbegrenzt, aber die Trockenplatte kann beschädigt oder gar zerstört werden durch Überlastung, d. h. wenn ein zu starker Strom durch sie hindurchfließt, oder durch Überspannung, d. h. wenn die an die Platte angelegte Spannung über dem zulässigen Wert liegt.

Trockenplatten, wie sie in modernen Gleichrichtern verwendet werden, haben eine Belastbarkeit von  $40 \text{ mA/cm}^2$ . Die Größe der Plattenfläche ist also ein Maß für die Belastbarkeit des Gleichrichters.

### Beispiel:

Plattenfläche eines Gleichrichters  $2000 \text{ cm}^2$ . Da  $40 \text{ mA/cm}^2$  zulässig sind, kann die Gleichrichterplatte also einen Strom von 80 A aufnehmen.

Die Spannungsbelastbarkeit der Gleichrichterplatten hängt vom Fabrikat ab. Es gibt Platten mit 20 V, 25 V und 30 V Sperrspannung. Die angelegte Spannung darf pro Platte diese Spannung nicht überschreiten, sonst könnten die Platten durchschlagen. Werden von einem Gleichrichter höhere Spannungen pro Platte verlangt, so müssen mehrere Platten hintereinandergeschaltet werden.

### Beispiel:

Ein Bogenlampengleichrichter soll maximal eine Leerlaufspannung von 90 V abgeben. Es werden Platten verwendet, deren Sperrspannung 20 V pro Platte beträgt. Dann werden fünf dieser Platten hintereinandergeschaltet, die vorgesehene Gleichrichterspannung von 90 V verteilt sich also auf 5 Platten, und an jeder Platte liegt eine Spannung von 18 V, so daß die Platten nicht gefährdet sind.

Stehen in einem solchen Fall Platten mit 30 V Sperrspannung zur Verfügung, so genügen drei hintereinandergeschaltete Platten, um die geforderte Leerlaufspannung von 90 V aufzunehmen.

## 4. Welligkeit von Gleichrichtern

Gleichgerichteter Wechselstrom fließt zwar nur in einer Richtung, ist aber nicht konstant. Je nach Schaltung und Anzahl der Gleichrichterelemente und der bei Gleichrichtern üblichen Zusatzgeräte hat der gleichgerichtete Wechselstrom eine mehr oder weniger große Welligkeit.

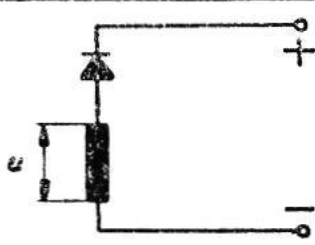
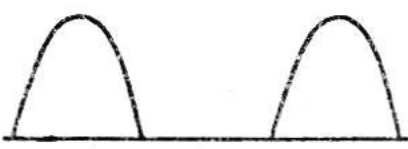
Unter Welligkeit versteht man:

Das Verhältnis des Effektivwertes der überlagerten Wechselfspannung zum arithmetischen Mittelwert der Gleichspannung.

## 5. Wechselstrom-Gleichrichtung ohne Zusatzdrosseln

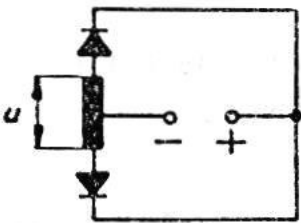

### a) Einwegschaltung

Verwendet man in einem Einphasen-Wechselstromkreis nur ein Gleichrichterelement, so wird nur die Wechselstromhalbwellen, die in der Durchlaßrichtung des Gleichrichterelementes fließt, durchgelassen, die andere Halbwellen wird dagegen unterdrückt. Der erhaltene „Gleichstrom“ besteht infolgedessen nur aus Stromimpulsen. Diese Art von Gleichrichtung ist sehr unwirtschaftlich, da die Hälfte der verfügbaren elektrischen Leistung nicht ausgenutzt wird.

Bezeichnung	Schaltbild	Spannungsbild	Welligkeit in %
Einwegschaltung E			120

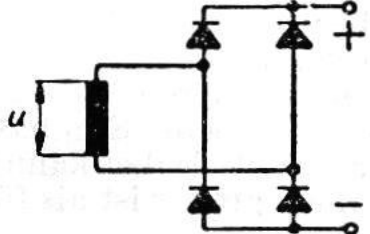
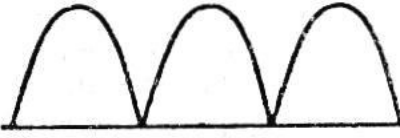
### b) Doppelwegschaltung (Mittelpunktschaltung)

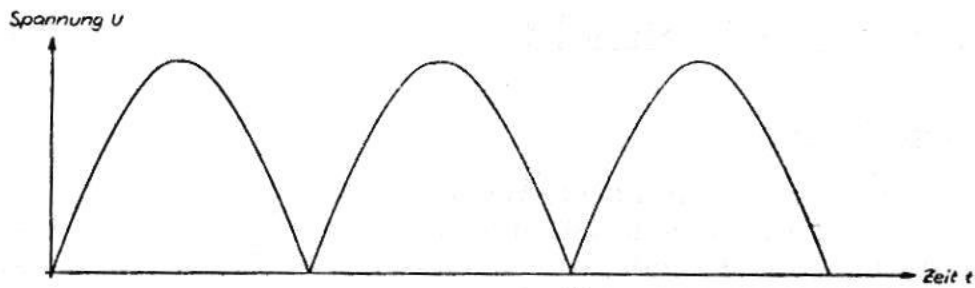
Mit 2 oder 4 Gleichrichterelementen ist es möglich, beide Wechselstromhalbwellen eines Einphasen-Wechselstromes auszunutzen. Man bedient sich dabei bestimmter Schaltungen, z. B. der Mittelpunktschaltung oder der Brückenschaltung.

Mittelpunktschaltung M			50
---------------------------	---	--	----

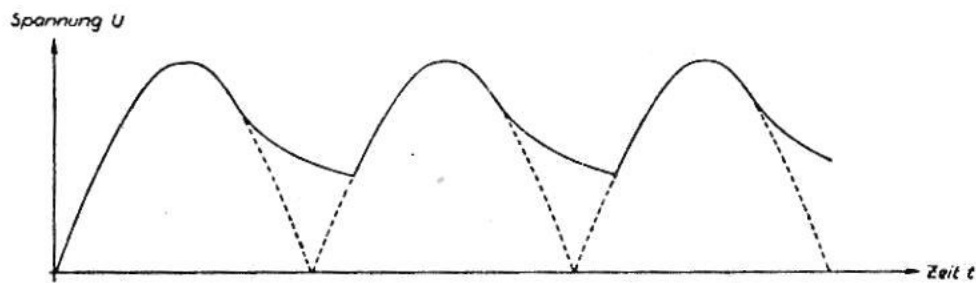
Die Mittelpunktschaltung hat den Vorzug, daß man zur Gleichrichtung des Einphasen-Wechselstromes nur 2 Elemente benötigt, dafür aber eine Mittelanzapfung des Trafos.

Zur Brückenschaltung sind 4 Elemente notwendig, eine Mittelanzapfung des Trafos aber braucht man nicht.

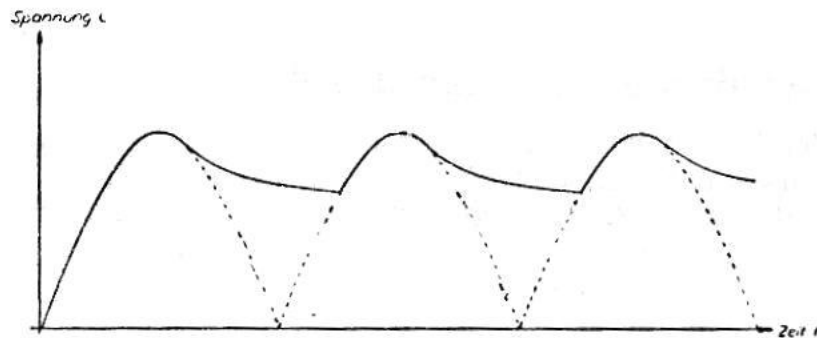
Brückenschaltung B			50
-----------------------	---	--	----



Zeitlicher Verlauf eines gleichgerichteten, einphasigen Wechselstromes bei Doppelwegschaltung.



Zeitlicher Verlauf eines gleichgerichteten, einphasigen Wechselstromes bei Doppelwegschaltung mit kleinerer Glättungsdrossel.



Zeitlicher Verlauf eines gleichgerichteten, einphasigen Wechselstromes bei Doppelwegschaltung mit größerer Glättungsdrossel.

## 6. Gleichrichterschaltung mit Drosselspulen

Die bei der Mittelpunkt- und Brückenschaltung vorhandene Welligkeit von 50 % ist für die meisten technischen Geräte zu hoch. Man kann diese Welligkeit bei der Einphasen-Gleichrichtung verbessern, indem man in den Gleichrichterkreis sogenannte Drosselspulen, das sind Spulen mit geringem Ohmschen Widerstand und hoher Induktivität, einschaltet. Diese Drosselspulen üben auf den sich verändernden Strom eine Bremswirkung aus. Die Stromkurve fällt nach Überschreiten des Spitzenwertes nicht auf „0“ ab, sondern verläuft flacher. Der flache Abfall der Stromkurve geht aber nur so weit, bis der nächste Stromimpuls den Strom wieder antreibt. So kommt man zu Stromkurven, die einen wesentlich höheren Gleichstromanteil haben, deren Welligkeit also geringer ist. Je größer die Induktivität der Drosselspule beim Einphasen-Gleichrichter gewählt wird, desto geringer wird die Welligkeit. Dabei kann es aber vorkommen, daß der Aufwand für die Drosselspule allein größer ist als für die übrigen Schaltelemente des Gleichrichters.

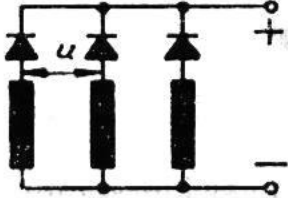
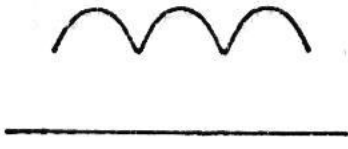
## 7. Drehstromschaltungen

Wo es in der Technik möglich ist, wird zur Erzielung eines Gleichstroms mit geringer Welligkeit nicht Einphasen-Wechselstrom, sondern Drehstrom gleichgerichtet.

Drehstrom hat dank der symmetrischen Phasenlage seiner 3 Wechselstromphasen zueinander den großen Vorzug, daß er bei entsprechenden Gleichrichterschaltungen einen Gleichstrom mit sehr geringer Welligkeit liefert. Gleichgerichteter Drehstrom kann zur Speisung der meisten technischen Geräte ohne zusätzlichen Einbau von Glättungsdrosseln verwendet werden.

### a) Sternschaltung

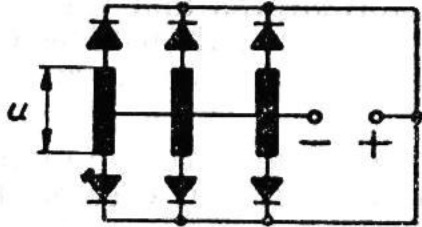

Bei der Gleichrichter-Sternschaltung werden zur Drehstromgleichrichtung nur 3 Elemente benützt. Sie gleicht im wesentlichen der Einweg-Schaltung beim Wechselstrom, nützt also nur jeweils eine Halbwelle der einzelnen 3 Phasen aus.

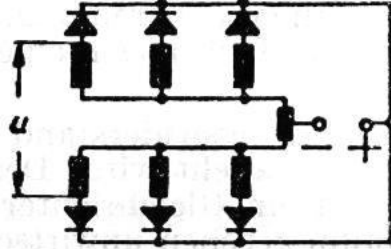
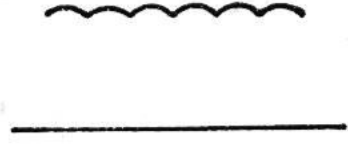
<p><b>Stern-</b> <b>schaftung</b> <b>S</b></p>			<p>18</p>
--	---	--	-----------

Die Verbesserung der Welligkeit ist gegenüber der Wechselstrom-Gleichrichtung zwar merklich, die Gleichrichtung selbst aber nicht wirtschaftlich. Man wendet sie deshalb nur dort an, wo nur sehr kleine Leistungen umgesetzt werden.

### b) Doppelsternschaltung und Doppelsternschaltung mit Saugdrosseln

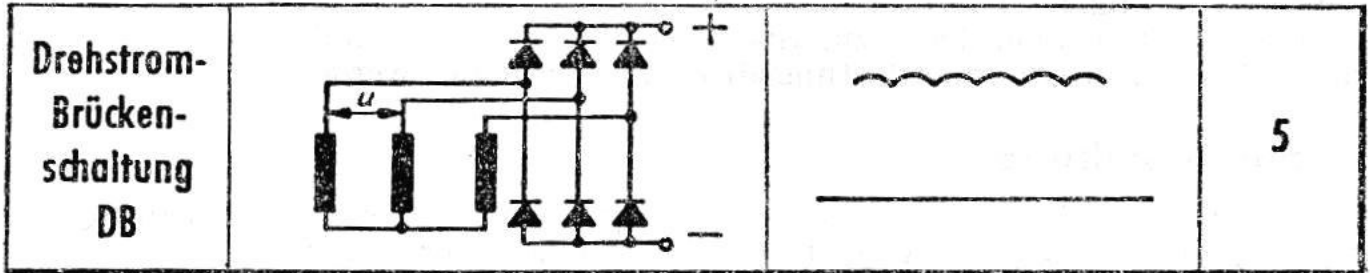
Bei den Doppelsternschaltungen werden für jede Phase 2 Gleichrichterelemente verwendet. Die positiven und negativen Halbwellen des Drehstromes werden dabei voll ausgenützt. Die Welligkeit ist mit 5% außerordentlich günstig.

<p><b>Doppelstern-</b> <b>schaftung</b> <b>DS</b></p>			<p>5</p>
---	---	--	----------

<p><b>Doppelstern-</b> <b>schaftung</b> <b>m. Saugdr.</b> <b>DSS</b></p>			<p>5</p>
--	---	--	----------

### c) Drehstrom-Brückenschaltung

Bei der Drehstrom-Brückenschaltung erreicht man die gleiche Welligkeit wie bei den Doppelsternschaltungen, kommt mit 6 Elementen für die Gleichrichtung aus und kann sich die Trafoanzapfungen sparen. Die Drehstrom-Brückenschaltung ist eine der meist angewendeten Gleichrichterschaltungen.



## 8. Bogenlampen-Gleichrichter

Bei Gleichrichtern für die Speisung von Kinobogenlampen unterscheidet man zwei wesentliche Bauformen:

Gleichrichter, die mit Beruhigungswiderständen arbeiten, und  
Gleichrichter, die verlustlos regelbar sind.

### a) Gleichrichter mit Beruhigungswiderständen

Das Betriebsverhalten der Bogenlampe erfordert eine nachgiebige Gleichstromquelle. Unter Nachgiebigkeit versteht man in diesem Fall die sinngemäße Reaktion der Stromquelle auf Schwankungen des Belastungswiderstandes. Weil nämlich der Lichtbogenwiderstand durch Auseinanderbrennen der Kohlen größer wird, soll die Stromstärke sinken, die Lichtbogenspannung ansteigen, denn auf diese Weise wird ein noch rascheres Auseinanderbrennen der Kohlen verhütet. Die nachgiebige Stromquelle stabilisiert oder „beruhigt“ also den Lichtbogen.

Eine Gleichstromquelle mit fester Leerlaufspannung, wie sie durch die üblichen Gleichrichterschaltungen, die aus Transformatoren und Gleichrichterelementen bestehen, gebildet wird, läßt sich durch Vorschalten eines Ohmschen Widerstandes, den man hier „Beruhigungswiderstand“ nennt, zu einer Stromquelle mit nachgiebiger Spannung gestalten.

Der Beruhigungswiderstand nimmt je nach Ohmwert und dem durchfließenden Strom einen Teil der Spannung in Anspruch, die der Gleichrichter liefert.

Brennt z. B. der Lichtbogen auseinander, so wird der Lichtbogenwiderstand größer, der Strom im Gleichstromkreis kleiner. Bei kleinerem Strom entfällt auf den Beruhigungswiderstand auch eine geringere Spannung, folglich steht, da die Gleichrichterspannung konstant ist, dem Lichtbogen eine höhere Spannung zur Verfügung.

Ein Nachteil der Gleichrichter mit Beruhigungswiderstand ist der, daß elektrische Leistung in diesem Widerstand verbraucht wird. Deshalb gibt es auch verlustlos regelbare Gleichrichter. Ob aber ein Gleichrichter mit Beruhigungswiderstand auf einen bestimmten Zeitraum gesehen unwirtschaftlicher arbeitet

als ein verlustlos regelbarer Gleichrichter (der einen wesentlich höheren Anschaffungspreis hat), hängt ab von der Anzahl der Vorstellungen, der Kohlenart und der Strombelastung in der Bogenlampe. Die im Abschnitt c aufgeführte Tabelle gibt über die Frage der Wirtschaftlichkeit bei verschiedenen Betriebsverhältnissen genauen Aufschluß.

## b) Verlustlos regelbare Gleichrichter

Die Nachgiebigkeit der Bogenlampen-Gleichstromquelle kann auch so erzielt werden, daß in den Wechselstromkreis des Gleichrichters, meistens auf der Sekundärseite des großen Eingangs-Trafos, Drosselspulen eingebaut werden, die einen geringen ohmschen, dafür einen hohen induktiven Widerstand haben. Der induktive Widerstand dieser Drosselspulen kann verändert werden. In der Praxis ist man dabei zu verschiedenen Lösungen gekommen, z. B. durch Verschieben des Eisenkerns oder durch Vormagnetisierung des Eisens über eine Gleichstromwicklung, die auf dem Kern der Drossel liegt. Auf den regelbaren Wechselstromwiderstand dieser Drossel entfällt eine mehr oder weniger große Wechselspannung (abhängig vom Drosselwiderstand). Die Ausgangsspannung des Gleichrichters hängt also von dem Spannungsabfall in dieser Drossel ab. Die Drosseln haben eine ähnliche Wirkung wie der Beruhigungswiderstand, nur arbeiten sie „verlustlos“. Der durch die Induktivität der Drossel bedingte Spannungsabfall hat mit dem durchfließenden Strom nur einen geringen Leistungsverlust zur Folge.

## c) Tabelle

Jährlicher Mehrverbrauch an kWh beim Umformer- oder Gleichrichterbetrieb mit Bogenlampenwiderständen gegenüber dem widerstandslosen Gleichrichterbetrieb

Vorstellungen pro Woche		5	10	15	20	25	30
mit	20 A	420	830	1250	1660	2100	2520 kWh
Rein- kohlen	20 A	620	1250	1860	2500	3120	3750 kWh
	40 A	780	1550	2330	3100	3880	4650 kWh
mit	40 A	1550	3100	4650	6200	7750	9300 kWh
HI- Kohlen	50 A	1950	3900	5850	7800	9750	11700 kWh
	60 A	2300	4400	6900	8800	11500	13200 kWh
	70 A	2600	5200	7800	10400	13000	15600 kWh

# K. Akkumulatoren

Akkumulatoren vermögen elektrische Energie in sich aufzuspeichern — daher der Name Akkumulator (von accumulare = anhäufen, ansammeln) — und wieder herzugeben, und das sehr viele Male. In der Praxis hat sich fast ausschließlich der Bleiakkumulator durchgesetzt.

## 1. Aufbau

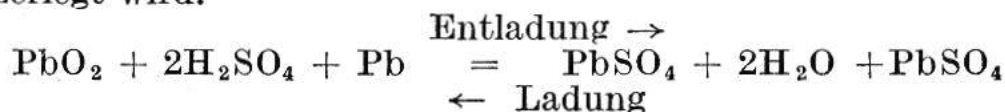
Er enthält mehrere Bleigitter, gefüllt mit einer Masse aus Bleisuperoxyd ( $\text{PbO}_2$ ), und mehrere Bleigitter, gefüllt mit einer Masse aus feinverteiltem Blei ( $\text{Pb}$ ). Die Gitter mit  $\text{PbO}_2$  bilden den positiven Plattensatz, Farbe braun. Die Gitter mit  $\text{Pb}$  bilden den negativen Plattensatz, Farbe hellgrau. Beide Plattensätze sind so ineinandergeschoben, daß positive und negative Platten abwechselnd aufeinander folgen. Zwischen je zwei Platten steckt eine dünne poröse Isoliertafel aus Holz oder Kunststoff, der Separator. Die Separatoren verhindern einen Kurzschluß zwischen Positiv- und Negativplatte. Der positive und negative Plattensatz hängen an je einer Bleischiene mit Anschlußklemme und tauchen über ihren oberen Rand hinaus in verdünnte Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ). Gefäß aus Kunststoff oder Glas.

Das Ganze bildet eine Zelle. Spannung dieser Zelle an den Klemmen im Mittel etwa 2 Volt. Will man höhere Spannung, was meistens der Fall ist, so muß man mehrere solcher Zellen in Reihe schalten. Man erhält dann Akkumulatoren, die aus einer „Batterie“ von Zellen bestehen, daher auch der Name „Bleibatterie“ oder einfach „Batterie“.

## 2. Wirkungsweise

Bei der Entladung wird das braune Bleioxyd ( $\text{PbO}_2$ ) der positiven Platte und das hellgraue Blei ( $\text{Pb}$ ) der negativen Platte umgewandelt zu weißgrauem Bleisulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Hierbei wird Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) verbraucht und Wasser gebildet (Säuredichte sinkt).

Bei der Ladung wird die aktive Masse der Platten wieder in Bleischwamm und in Bleidioxid umgewandelt, dadurch Schwefelsäure gebildet (Säuredichte steigt); gegen Ende der Ladung entsteht Wasserstoff an der —-Platte und Sauerstoff an der +-Platte (Knallgas), weil dann nur noch Wasser elektrolytisch zerlegt wird.



## Akkusäure

Säurewerte	Batterie geladen		Batterie halbgelad.		Batterie entladen	
	normal	für Tropen	normal	für Tropen	normal	für Tropen
[°Bé]	32	27	~ 24	~ 18	← 16	← 11
Dichte [kg/l]	1,285	1,23	1,20	1,14	1,12	1,08
Gefrierpunkt [°C]	— 65	— 40	— 27	— 13	— 11	— 6

**Zur Beachtung:** Säuredichte ist bei einer gut gepflegten Batterie (nicht sulfatierte Platten) ein Maß für den Ladezustand. Insbesondere entladene Batterien vor Frost schützen, denn die stark verdünnte Akkusäure der entladenen Batterie kann gefrieren. Gefrorene Batterie gibt keinen Strom ab.

### Mischung frischer Akkusäure

Destilliertes Wasser	820	800	780	760	740	720	700	680	660	cm <sup>3</sup>
Konz. Schwefelsäure (96 %)	180	200	220	240	260	280	300	320	340	cm <sup>3</sup>
ergeben Akkusäure von	24	26	28	30	32	34	36	38	40	°Bé

**Zur Beachtung:** Man gieße konzentrierte Schwefelsäure in Wasser, nicht umgekehrt! Dabei umrühren mit Glas- oder Hartgummistab.

### Verdünnung zu dichter Akkusäure bei geladener Batterie

1 l Säure von der Dichte	33	34	35	36	37	38	39	40	°Bé
destilliertes Wasser	42	81	123	165	208	253	298	343	cm <sup>3</sup>

ergeben Akkusäure von der Dichte 1,285 kg/l oder 32 °Bé.

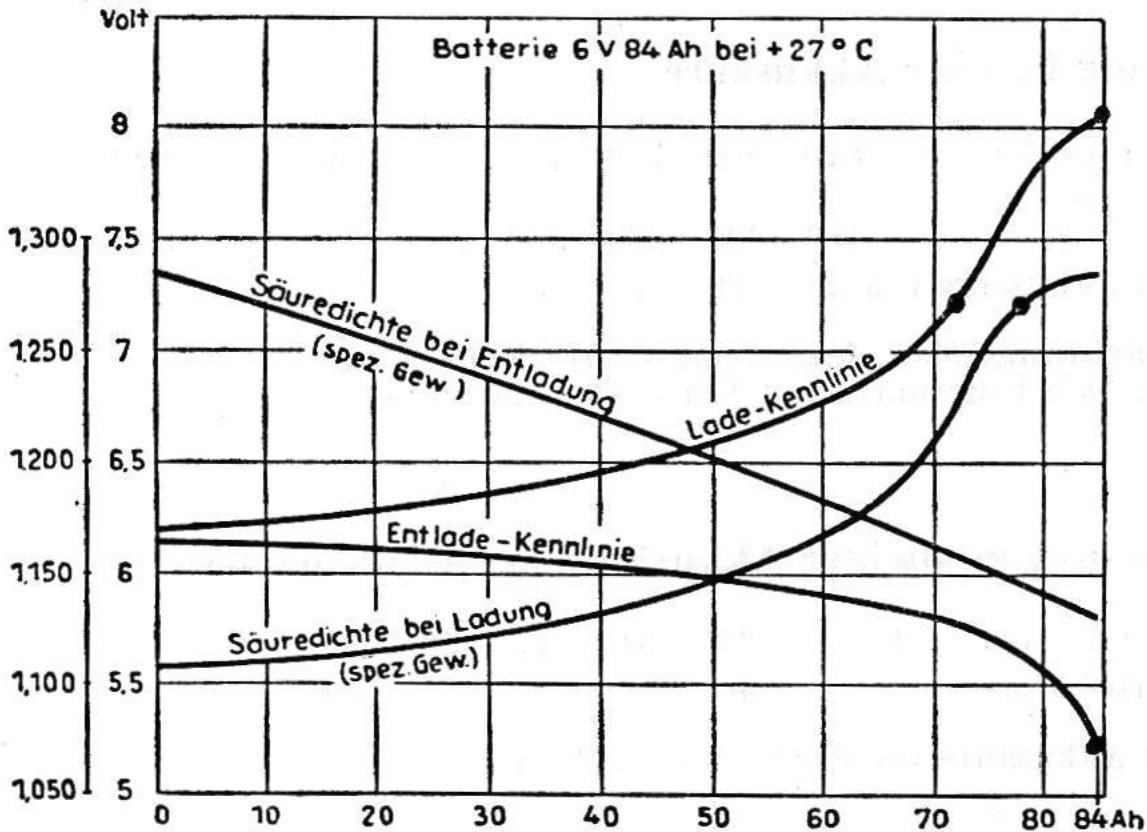
### Kapazität

Die beim Entladen einer Batterie gelieferte Elektrizitätsmenge in Ah (= Strom × Zeit) sinkt bei rascherer Entladung (höherem Entladestrom) und niedrigerer Entladetemperatur.]

Entladeart*)	Entladetemp.**)	Kapazität
Dauerentladung, 20 h gleichbleibender Strom	27°	100 % (= K <sub>20</sub> )
Dauerentladung, 10 h gleichbleibender Strom	20°	89 %
Dauerentladung, 5 h gleichbleibender Strom	20°	67 %
Stoßentladung, 13 Sek. hoher Strom alle 15 Min.	20°	60 %
Stoßentladung, 13 Sek. hoher Strom alle 15 Min.	—10°	18 %

\*) Entladung ist beendet, wenn die Zellenspannung auf 1,75 Volt gesunken ist.  
 \*\*) Elektrolytttemperatur bei Entladebeginn und Lufttemperatur während der Entladung.

Nennkapazität ( $K_{20}$ ) einer Batterie ist die Kapazität bei 20stündiger Entladung. Vor 1952 wurde die Nennkapazität bei 10stündiger Entladung ermittelt. Gleich große und gleich leistungsfähige Batterien wurden also früher mit einer 11 % kleineren Kapazität benannt: eine 84-Ah-Batterie z. B. hatte früher eine Nennkapazität von 75 Ah.



Lade- und Entladekennlinie bei 20stündigem Strom.

Der Amperestunden-Wirkungsgrad einer Batterie (Verhältnis der abgegebenen zur aufgenommenen Elektrizitätsmenge) beträgt bei 27° und 20stündiger Entladung etwa 90 %.

### 3. Wartung

#### a) Allgemeines

Kein offenes Licht in die Nähe der Batterie bringen! Explosionsgefahr! Vorsicht vor Akkusäure: Verletzungen und Zerstörung der Kleidung! Blei darf etwaige Wunden nicht berühren! Stets nach Arbeiten an Batterie die Hände reinigen! Metallische Gegenstände auf Batterien führen Kurzschluß herbei.

#### b) Beim Laden

Betriebsanweisung beachten! Ladezeit normal 10 Stunden. Ladestrom je nach Kapazität der Batterie. Bei Vollladung ist die Säuredichte 1,285 g/cm<sup>3</sup>, die Spannung 2,6 bis 2,7 Volt je Zelle. Säurestand prüfen. Zellenöffnungen gut verschließen, Deckel trocken wischen, Anschlüsse mit gutem Akkufett einreiben.

### c) Pflege

Batterie sauber und trocken halten, keinen Schmutz in die Zellen gelangen lassen. Metallteile sollen gefettet sein. Spätestens alle vier Wochen Säurestand prüfen und gegebenenfalls destilliertes Wasser zusetzen. Bei Säureeinfüllung keine Metalltrichter verwenden. Säurestand etwa 15 mm über Plattenrand.

### d) Stillgesetzte Batterien

alle sechs bis acht Wochen bis Gasungsbeginn nachladen. Säurestand prüfen. Gefüllte Batterie nie ungeladen stehen lassen. Kalt lagern. Sulfatierte Batterien lade man 40 Stunden mit  $\frac{1}{4}$  Normalstärke, dann voll zu Ende.

## XIX. Elektrische Schaltsymbole



Gleichstrom, allgemein



Wechselstrom, allgemein und besonders für techn. Wechselstrom



Tonfrequenz-Wechselstrom



Gleich- oder Wechselstrom (Allstrom)

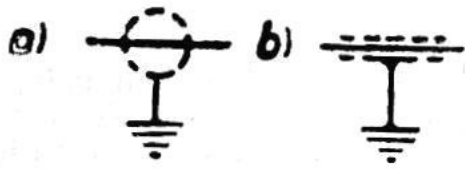


Leitung, allgemein

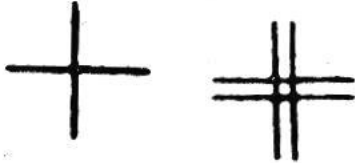
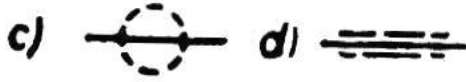


Mehrpole, z. B. dreipolige Leitung in einpoliger Darstellung

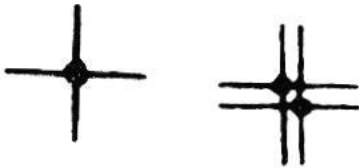




Geschirmte Leitung, a) und b) geerdet, c) und d) nicht geerdet



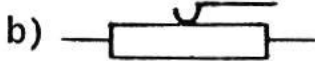
Leitungskreuzung ohne Verbindung



Leitungskreuzung mit Verbindung



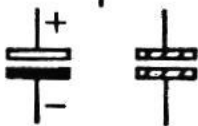
(Wirk-) Widerstand, a) allgemein, b) Meßwiderstand



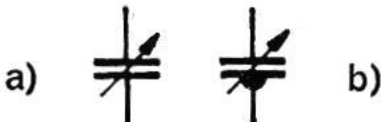
Veränderbarer Widerstand, a) einstellbar b) in Stufen regelbar, c) stetig regelbar





Kondensator, allgemein



Elektrolytkondensator, links: gepolt, rechts: ungepolt



Regelbarer Kondensator, a) allgemein, b) mit Kennzeichnung des Außenbelages

a)  Eisenkern für Spulen und Wicklungen  
 b)  a) allgemein, b) Massekern

Drosselspule, Wicklung

 } a) allgemein  

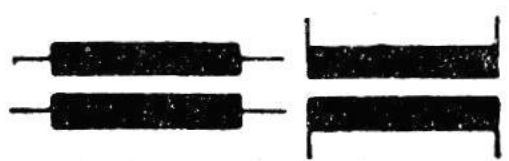

b) Spule mit Eisenkern



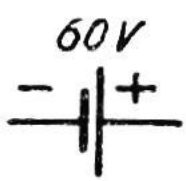
Spule mit Anzapfungen

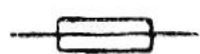



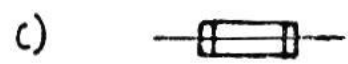
Transformator, allgemein



Galvanische Stromquelle, allgemein, mit  
 Spannungsangabe



a)  Stromsicherung, a) allgemein, b) Grob-  
 b)  sicherung, c) Feinsicherung



Erde



Masse, z. B. metallisches Gehäuse



Hochspannungszeichen





Lichtelektrische Zelle (Fotozelle),  
allgemein



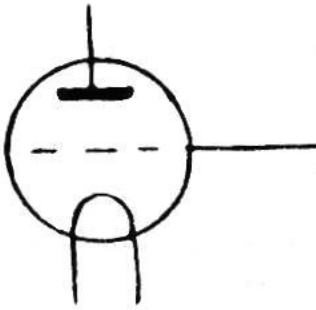
Lampe, Signallampe



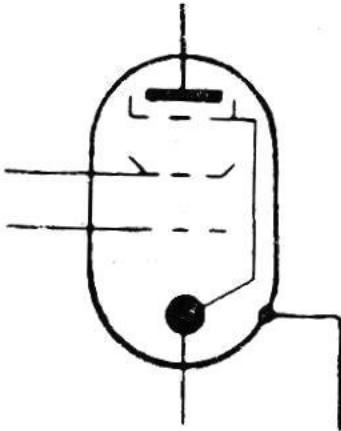
Glimmlampe, Glimmlichtröhre



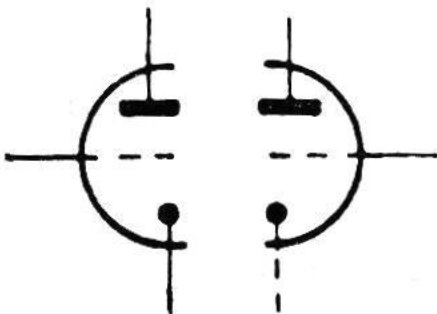
Duodiode, z. B. Zweiweggleichrichter mit  
indirekt geheizter Kathode



Triode mit direkt geheizter Kathode



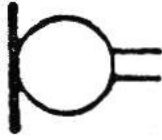
Geschirmte Pentode mit indirekt geheizter  
Kathode



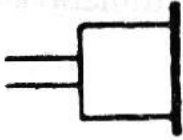
Duodiode mit gemeinsamer Kathode in  
aufgelöster Darstellung



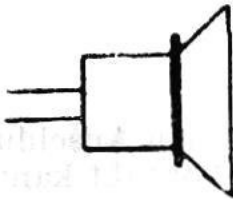
Summer oder Schnarre



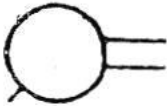
Mikrophon, allgemein



Fernhörer, allgemein



Lautsprecher, allgemein



Tonabnehmer, allgemein



Spannungsmesser



Strommesser



Leistungsmesser



Strom- und Spannungsmesser

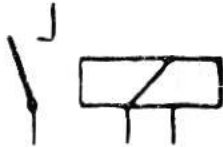
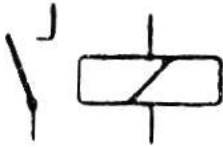
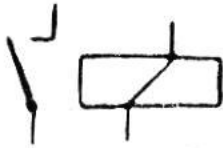
mit Angabe der vorzuziehenden Leitungseinführung



Lastschalter, allgemein



Schalter für geringe Stromstärke



Relais, mit verschiedenen Anschlußdarstellungen; Schaltkontakt kann getrennt gezeichnet werden



Feste Buchse mit beweglichem Stecker



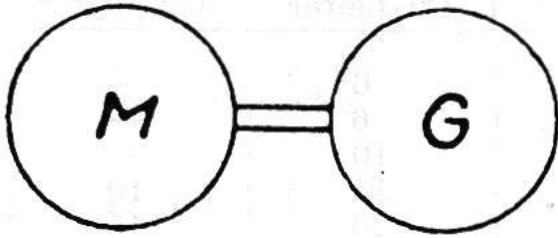
Elektrisches Ventil, z. B. Trockengleichrichter  
Spitze gibt Durchlaßrichtung an



Läufer mit Wicklung, Stromwender und Bürsten



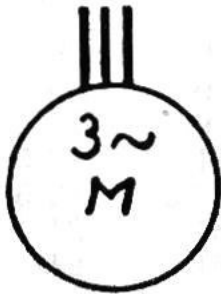
Gleichstromgenerator



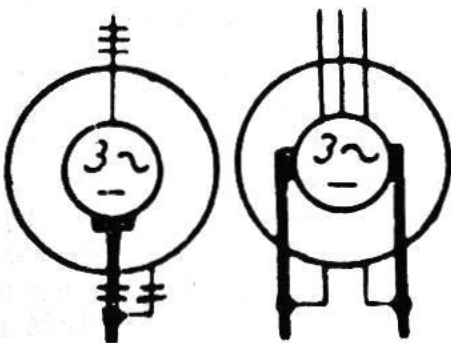
Motorgenerator



Umformer, Einankerumformer



Dreiphasen-Kurzschlußläufer



Einankerumformer,  
dreiphasig angeschlossen

## Zulässige Belastung elektrischer Leitungen bei Dauerbetrieb und fester Verlegung in Rohr

Drahtquerschnitt in mm <sup>2</sup>	Höchste Dauerstromstärke in Ampere		Sicherung Ampere	
	Cu-Leiter	Alu-Leiter	Cu-Leiter	Alu-Leiter
0,75	9	—	6	—
1	12	—	6	—
1,5	16	—	10	—
2,5	21	17	15	10
4	27	22	20	15
6	35	28	25	20
10	48	38	35	25
16	68	53	60	35
25	90	72	80	60
35	110	90	100	80
50	140	110	125	100

## Durchmesser elektrischer Rohrleitungen für verschiedene Drahtstärken

Draht- quer- schnitt in mm <sup>2</sup>	Isolierrohr-Außendurchmesser in mm bei				Stahlrohr ohne Auskleidung Durchmesser in mm bei			
	1 Draht	2 Drähte	3 Drähte	4 Drähte	1 Draht	2 Drähte	3 Drähte	4 Drähte
1	9	11	11	13,5	9	9	9	9
1,5	9	11	11	13,5	9	9	9	11
2,5	9	13,5	13,5	16	9	9	11	11
4	11	16	23	23	9	11	13,5	13,5
6	11	23	23	23	9	13,5	13,5	16
10	13,5	23	23	29	9	21	21	21
16	13,5	29	29	29	11	21	21	29
25	23	36	36	36	13,5	29	29	36
35	23	36	36	48	13,5	36	36	36
50	23	36	48	48	16	36	36	42

# XX. Tonwiedergabetechnik

Aufgabe der Lichtspieltheater-Tonanlage ist es, die in den benutzten Tonträgern gespeicherten Schallereignisse (Sprache, Musik und Geräusche) möglichst originalgetreu wiederzugeben. Die Tonanlage besteht aus den Abtastgeräten für die verschiedenen Tonträger (Lichttonfilm, Magnettonfilm, Schallplatte, Magnetband), der Verstärkeranlage und den Lautsprechern.

Zunächst sollen einige Ausdrücke der Tontechnik geklärt werden.

## I. Technische Erläuterungen

### 1. Dämpfungsmaß

In der Elektroakustik ist es üblich, Pegelunterschiede (z. B. den Unterschied zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung eines Verstärkers) nicht als Verhältnis der beiden Pegelwerte, sondern im logarithmischen Dämpfungsmaß db (Dezibel) anzugeben.

$$\text{Definition: } a = 20 \cdot \lg \frac{p_1}{p_2}$$

Hierin ist  $a$  der Dämpfungswert in db,  $p_1$  der eine und  $p_2$  der andere Pegelwert. Ein positiver db-Wert bedeutet Verstärkung, ein negativer db-Wert bedeutet Dämpfung.

### 2. Lineare Verzerrungen

Man versteht darunter Verzerrungen der Amplituden von Tönen infolge Frequenzabhängigkeit der Tonaufzeichnungs- und Wiedergabegeräte. Die Töne klingen rein, haben aber in den Höhen und Tiefen verschiedene Lautstärke. Diese Verzerrungen treten in erster Linie im Mikrofon, im Lautsprecher und bei der Tonaufzeichnung auf. Im Verstärker können diese Verzerrungen wieder ausgeglichen werden.

### 3. Frequenzgang

Der Frequenzgang eines Übertragungsgliedes der Tonanlage gibt die bei diesem vorhandenen linearen Verzerrungen an. Man bestimmt den Frequenzgang, indem man auf den Eingang des Gliedes nacheinander verschiedene Frequenzen gleicher Amplitude gibt, die Amplitude am Ausgang mißt und diese Werte in Abhängigkeit von der Frequenz (üblicherweise in doppelt-logarithmischem Maßstab) aufträgt.

### 4. Nichtlineare Verzerrungen

Diese Verzerrungen treten auf, wenn in einem Übertragungsglied die ursprüngliche Form der Wechselspannung oder des Wechselstromes geändert wird. Hierbei bilden sich Oberschwingungen aus. Bei Röhren entstehen sie durch die mehr oder weniger gekrümmte Röhrenkennlinie, bei Übertragern, wenn diese nicht auf dem geradlinigen Teil der Magnetisierungskurve arbeiten. Diese Abweichungen machen sich durch unangenehme Klangbildentstellungen, durch Klirren und Krächzen bemerkbar (vor allem bei Übersteuerungen von Röhren). Ein Maß für die nichtlinearen Verzerrungen bildet der Klirrfaktor.

## 5. Klirrfaktor

Er gibt an, wie groß die durch nichtlineare Verzerrung entstandenen Oberschwingungen im Vergleich zur Grundschwingung sind. Er sollte bei Tonfilmverstärkern 4 % nicht überschreiten.

## 6. Grundgeräusch, Stör- oder Fremdspannung, Störabstand

Bei einer jeden elektroakustischen Wiedergabe nimmt man ein mehr oder weniger großes Grundgeräusch wahr. Dieses hat verschiedene Ursachen:

### a) Durch das Tonsystem bedingt:

#### bei Lichtton

**Kornrauschen** der Fotoschicht der Tonspur. Abhängig von der mittleren Transparenz und Korngröße der Schicht.

**Schrammenrauschen**, Kratzer und Beschädigungen der Tonspur werden bei der Abtastung durch das Spaltbild mit übertragen.

**Brummen**, Wechselstromkomponente des Tonlampenheizstromes moduliert den zur Fotozelle fließenden Lichtstrom.

#### bei Magnetton

**Rauschen**, hervorgerufen durch Inhomogenität der Tonspur und durch Aufmagnetisierung des Aufnahme- oder Abtastkopfes.

### b) Durch den Verstärker bedingt:

**Röhrenrauschen** (Schroteffekt bei Verstärkerröhren).

**Brummen**, durch Wechselstromanteil der Anodenspannungen, Wechselstromheizung der Röhren, Streufeld des Netztransformators.

### c) Durch den Lautsprecher bedingt:

(nur bei fremderregten Lautsprechern)

**Brummen** durch den Wechselspannungsanteil der Felderregung.

Die durch das Grundgeräusch der einzelnen Übertragungsglieder erzeugte Tonfrequenzspannung wird als Stör- oder Fremdspannung bezeichnet.

Das Verhältnis zwischen maximal abgegebener Nutzspannung und Störspannung in db wird als Störabstand bezeichnet.

## 7. Dynamik

Der Lautstärkebereich einer elektroakustischen Anlage oder eines Tonsystems wird nach kleinen Lautstärken hin durch die Amplitude des Störgeräusches (leise Töne müssen sich aus dem Rauschpegel noch herausheben!) und nach großen Lautstärken hin durch die mit genügend kleinem Klirrfaktor noch übertragbare Maximalamplitude begrenzt. Der Pegelunterschied zwischen der kleinsten und der größten übertragbaren Amplitude, in db gemessen, wird mit Dynamik bezeichnet.

## II. Tonverfahren und Abtastgeräte

Die Abtastgeräte (Lichttongerät, Magnetton-Abtastgerät, Schallplatten-Tonabnehmer, Magnetbandgerät) setzen die Tonaufzeichnung des Tonträgers in Tonfrequenzspannungen um. Der mechanische Teil der Abtastgeräte muß den Tonträger an der Abtaststelle mit möglichst gleichförmiger Geschwindigkeit vorbeiführen.

### 1. Lichttonfilm (bei 16-mm-Film)

Der Ton ist auf dem Film in Form von Transparenzschwankungen (Schwankungen der Lichtdurchlässigkeit) auf einem 1,8 mm breiten Tonstreifen neben dem Bild aufgezeichnet.

Das Abtastgerät (Lichttongerät) enthält als optisch-elektrische Teile das Spaltbildgerät und die Fotozelle. Der von einer Tonlampe ausgehende Lichtstrom tritt durch den Tonstreifen des Films hindurch und gelangt zu einer Fotozelle. Hinter dem Tonstreifen ist der Lichtstrom nicht mehr konstant, sondern im Rhythmus der Transparenzschwankungen gesteuert. Diese Lichtschwankungen werden von der Fotozelle in Wechselströme umgesetzt, die einem Verstärker zugeführt werden. Der an den Verstärker angeschlossene Lautsprecher verwandelt die verstärkten Wechselströme in Schallwellen.

Die Verschiedenheit der Lichtdurchlässigkeit der Tonspur wird nach zwei Methoden erreicht:

**Schwärzungsverschiedenheit** der Tonspur als Intensitäts- oder Sprossenschrift.

**Durch Breitenänderung** des lichtundurchlässigen Teils der Tonschrift als Amplituden- oder Zackenschrift.

#### a) Intensitätsschrift (Sprossenschrift)

Die Tonspur besteht aus parallelen, mehr oder weniger stark geschwärzten Linien verschiedener Stärke. Die Lautstärke wird bestimmt durch die Schwärzungsunterschiede der aufeinanderfolgenden Linien, die Frequenz durch die Anzahl der Linien pro Längeneinheit.

#### b) Amplitudenschrift

Verschieden hohe Zacken gleicher Schwärzungsdichte. Höhe der Spitzen entspricht der Lautstärke, die Zahl der Zacken pro Längeneinheit der Frequenz.

#### c) Doppelzackenschrift

Aufteilung der Zackenhöhe in zwei Hälften, die sich spiegelbildlich gegenüberstehen.

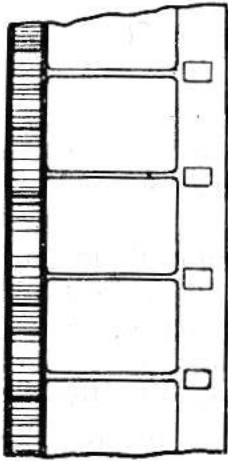
#### d) Mehrfachzackenschrift

Aufteilung der Zacken in eine Vielzahl (7—14) von Einzelspuren geringerer Höhe.

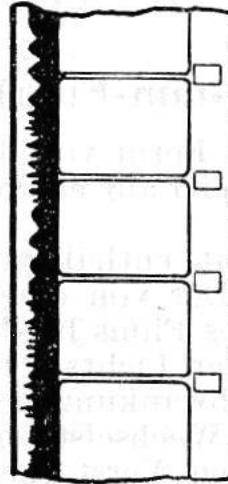
#### e) Reintonschrift

Prinzip: Verminderung des Grundgeräusches durch Beschränkung des gegen Korn- und Schrammenrauschen besonders empfindlichen transparenten Anteils der Tonspur. Bei Sprossenschrift wird dies durch Veränderung der mittleren

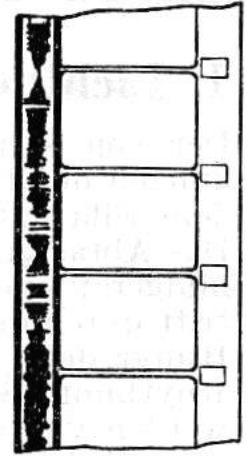
Lichtdurchlässigkeit erreicht, d. h. bei kleiner Lautstärke folgen schwarze und dunkelgraue Linien aufeinander; nur bei maximaler Aussteuerung sind weiße Linien vorhanden. Bei Einfach- oder Doppelzackenschrift werden die transparenten Partien des Tonstreifens bis dicht an die Spitzen der Tonaufzeichnung heran schwarz abgedeckt.



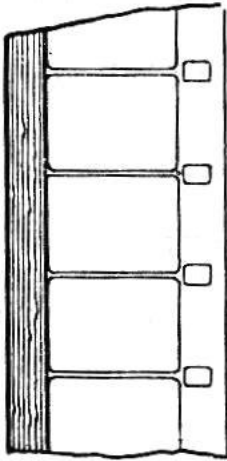
a



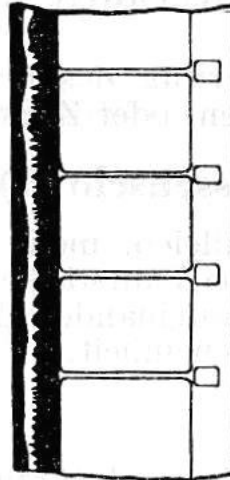
b



c



d



e

### Lichttonschrift für Schmalfilm

- a = Intensitätschrift
- b = Zackenschrift
- c = Doppelzackenschrift
- d = Mehrfachzackenschrift
- e = Reintonschrift

## f) Fehler der Tonaufzeichnung

### Zackenschrift

Durch falsche Schwärzung und Entwicklung kann ein Gleichrichtereffekt auftreten, der sich als „Donnern“ bei hohen Frequenzen (insbesondere bei Zischlauten) bemerkbar macht.

### Sprossenschrift

Durch falsche fotografische Behandlung können nichtlineare Verzerrungen auftreten, die insbesondere bei Musik störend wirken.

## g) Spaltbildgeräte

Sie dienen der Erzeugung eines feinen Lichtstriches (Spaltbild) auf der Tonspur des Filmbandes. Das Spaltbildgerät enthält die Tonlampe und die Spaltoptik. Die drei wesentlichen Hauptbestandteile der Spaltoptik sind die Kondensorlinse, der Spalt und das Mikroobjektiv. Die von der Tonlampe ausgehenden Strahlen werden vom Kondensor gesammelt und durch den Spalt auf das Mikroobjektiv geworfen. Der Spalt kann zwischen zwei gegenüberstehenden Metallplättchen oder durch eine einseitig belegte Kondensorlinse gebildet werden, deren Belegung in der gewünschten Spaltform entfernt wird und an dieser Stelle einen Lichtdurchtritt ermöglicht. Das Objektiv bildet den beleuchteten Spalt im verkleinerten Maßstab auf der Tonspur des Filmes scharf ab. Das Abbild des Tonspaltes ist etwa  $\frac{1}{100}$  mm breit und etwa 1,8 mm lang. Einstellung der Lage und Schärfe des Spaltes erfolgt im Werk. Versuche, diese Einstellung zu verändern, bringen immer eine Verschlechterung der Tonwiedergabe.

Die Wirkung einer Tonoptik der zuerst angedeuteten Bauweise ist also wie folgt: Durch einen Spalt einer Blechmaske tritt das Licht der Tonlampe in eine Zylinderlinse. Sie konzentriert das Licht auf den eigentlichen Spalt, der auf einer Fläche des Doppelkondensors angebracht ist. Das Mikroobjektiv entwirft von dem Spalt ein Bild auf der Tonspur. Da der Spalt durch die sphärische Fläche des Kondensors gewölbt ist, wird eine Bildfeldwölbung, die bei geradem Spalt von dem Mikroobjektiv verursacht würde, vermieden.

## h) Tonlampe

Die Tonlampe für BAUER-Schmalfilmprojektoren ist eine Niederspannungslampe (6 Volt, 5 Amp.). Die Wendel ist so beschaffen, daß möglichst gleichmäßige Ausleuchtung des Spaltbildes erfolgt. Die Lampe ist mit einem Justiersockel ausgerüstet, wodurch die richtige Stellung der Wendel in der Spaltoptik zwangsläufig erzielt wird. Die Betriebsspannung wird bei Wanderanlagen dem Netztransformator des Verstärkers entnommen. Bei stationären Tonfilmanlagen wird meist ein besonderer Tonlampengleichrichter verwendet.

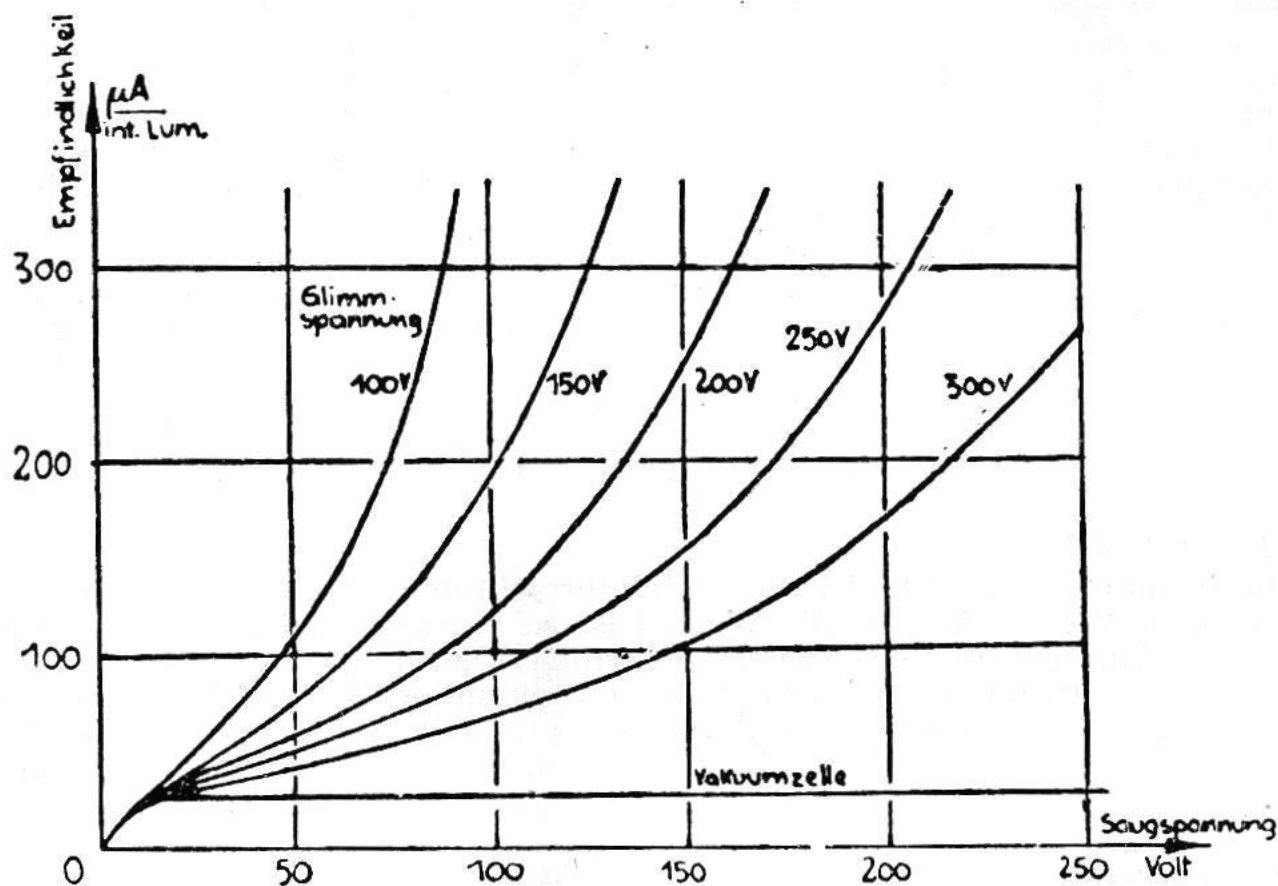
## i) Auswirkungen fehlerhafter Spaltbilder

Art des Fehlers	bei Sprossenschrift	bei Zackenschrift
Schräglage	Abfall der hohen Töne	Erhöhung des Klirrfaktors
zu kurzes Spaltbild	Geringere Ausgangsspannung des Lichttongerätes	Erhöhung des Klirrfaktors, geringere Ausgangsspannung des Lichttongerätes
zu langes Spaltbild	starkes Grundgeräusch	
zu breites Spaltbild	Abfall der hohen Töne (Sprache klingt dumpf)	
unscharfes Spaltbild		
ungleichmäßige Ausleuchtung	—	Erhöhung des Klirrfaktors

## k) Fotozellen

### Vakuumpzelle

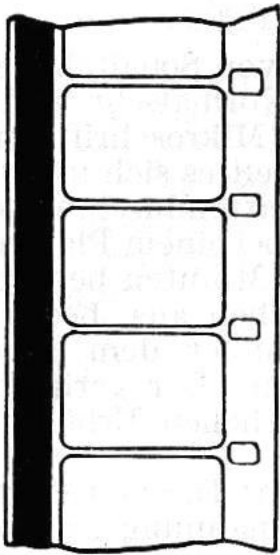
Luftleergepumptes Glasgefäß. Im Innern zwei Elektroden: Anode und Kathode. Die Anode ist zur Vermeidung von Schattenwirkungen als Drahtschleife ausgebildet. Die Kathodenoberfläche trägt eine lichtempfindliche Schicht (z. B. Caesiumoxyd), die imstande ist, unter Einwirkung von Lichtenergie Elektronen auszusenden.



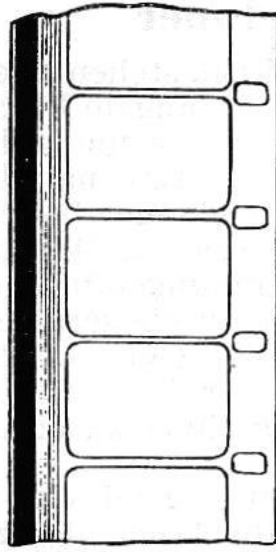
Durch Anlegen einer positiven Spannung, der sogenannten Saugspannung (30—60 Volt) an die Anode, werden diese Elektronen abgesaugt und bilden den sogenannten Photostrom, der dem einfallenden Licht proportional ist. Die Vakuumpzelle arbeitet absolut trägheitsfrei bis zu Frequenzen, wo sich die Laufzeit der Elektronen zwischen Kathode und Anode bemerkbar macht ( $10^8$  Hertz).

## 2. Magnettonfilm

Der Film trägt die Magnettonspur, die in Form einer schnelltrocknenden Magnetitpaste auf die bildseitig vollkommen fertiggestellte Kopie mit Hilfe einer Bespurungsmaschine aufgegossen wird. Zur Aufzeichnung des Tones wird die Spur während des Vorbeilaufens an einem Sprechkopf im Rhythmus der Sprechwechselspannung aufmagnetisiert. Das Schallereignis ist dann durch kleine, zu Dauermagneten gewordene Teilchen auf der Schicht festgehalten. Bei der Tonwiedergabe wird der Film im Magnettonabstastgerät mit gleichbleibender Geschwindigkeit und gleichmäßigem Andruck an einem Abstastkopf vorbeigeführt. Der Abstastkopf enthält eine Spule mit lamelliertem O-förmigem Eisenkern, der an der Auflagefläche des Films einen etwa  $7 \mu$  ( $1 \mu = 1/1000$  mm)



a



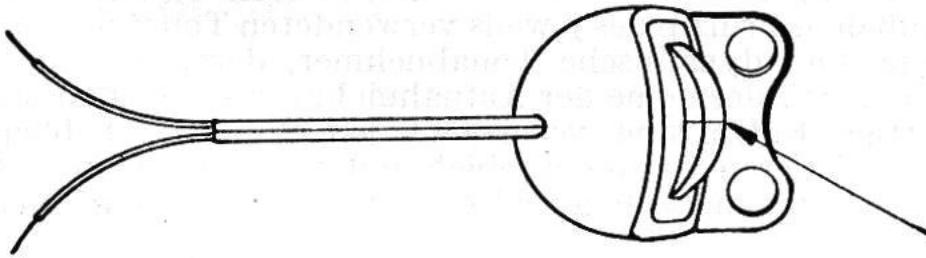
b

16-mm-Film mit Magnettonspur.  
a = Vollspur, b = Halbspur, bei  
der die Lichtspur zur Hälfte  
stehen bleibt. Der Film ist so für  
die Wiedergabe von Licht- und  
Magnetton geeignet.

breiten Luftspalt besitzt. Beim Vorbeilaufen der Tonspur am Abtastkopf dringen die von den kleinen Dauermagneten der Spur ausgehenden Kraftlinien in das Eisen des Spulenkerns ein und induzieren in der Wicklung eine elektrische Wechselspannung, die über Verstärker dem Lautsprecher zugeführt wird.

## Magnetton-Abtastkopf

Die vom Magnetton-Abtastkopf abgegebene Spannung ist stark frequenzabhängig. Sie steigt zunächst mit der Frequenz an und fällt dann bei hohen Frequenzen wegen des Spalteinflusses ab. Bei den tiefsten zu übertragenden Frequenzen beträgt die abgegebene Spannung nur etwa  $100 \mu\text{V}$ . ( $1 \mu\text{V} = \frac{1}{1000000} \text{ Volt}$ ).



Magnettonkopf

Die Spule und ein Teil  
des Eisenkerns sind in ein  
abschirmendes Gehäuse  
eingebettet. (Der Pfeil  
weist auf den Luftspalt).

Der Kopf muß also sorgfältig geschirmt werden, damit das Streufeld der Transformatoren, der Antriebsmotoren, eventuell auch der Bogenlampen, sich nicht als Störton im Lautsprecher bemerkbar macht.

Die Daten der Spulenwicklung sind an den Eingangsübertrager des Magnetton-Abtastverstärkers angepaßt. Wichtig ist die Justierung des Kopfes zur Tonspur. Bei der Einstellung des Films quer zu seiner Laufrichtung muß darauf geachtet werden, daß Tonspurmitte und Spulenmitte übereinstimmen. Es ist weiterhin erforderlich, daß die Spaltebene auf einer planen Fläche liegt und daß der Spalt senkrecht zur Filmlaufrichtung steht. Schiefe Spaltstellung bringt einen Abfall der hohen Töne. Zu schwacher Andruck erzeugt geringere Spannung am Spulenausgang; stimmen Spulenmitte und Spurmitte nicht überein, d. h. hat der Film in seitlicher Richtung nicht die richtige Lage zum Kopf, so ergeben sich geringere Ausgangsspannungen am Abtastgerät.

### 3. Schallplatten und Tonabnehmer

Für die Wiedergabe von Sprache und Musik stehen zwei Arten von Schallplatten zur Verfügung, solche mit der bereits seit langem bekannten Normalschrift, die mit 78 Umdrehungen/min. abgespielt werden und solche mit Mikroschrift und 45 bzw.  $33\frac{1}{3}$  Umdrehungen/min. Bei den letztgenannten handelt es sich um die sogenannten Langspielplatten, deren Spieldauer bei einem Plattendurchmesser von 30 cm und  $33\frac{1}{3}$  Umdrehungen/min. etwa 22 Minuten und bei einem Plattendurchmesser von 17,5 cm und 45 Umdrehungen/min. etwa 15 Minuten beträgt. Diese Platten zeichnen sich außerdem durch geringes Rauschen aus, bedingt durch ihr praktisch kornfreies Material (Kunststoff) gegenüber dem grobkörnigeren Schellack-Schiefergemisch der Normalrillenplatten. Der geringere Rauschpegel bei den Kunststoffplatten führt zu einer beachtlichen Erhöhung der Dynamik.

Für die Abtastung der Schallplatten ist folgendes zu beachten: Die von einem magnetischen oder dynamischen Tonabnehmer abgegebene Spannung ist proportional der sogenannten Schnelle der Aufzeichnung, d. h. dem Produkt Nadelauslenkung  $\times$  Frequenz. Wenn man also hinter einem solchen Tonabnehmer einen geradlinigen Frequenzgang (gleiche Spannung bei allen Frequenzen) erzielen wollte, so müßte die Nadelauslenkung für tiefe Frequenzen sehr hohe Werte annehmen; hohe Frequenzen würden eine sehr kleine Nadelauslenkung verlangen. Das erste würde Platten mit großem Rillenabstand, d. h. mit kurzer Abspielzeit ergeben, das zweite zu einem hohen Rauschpegel führen. In der derzeitigen Schallplattentechnik steigt daher bei der Aufnahme im Gebiet der tiefen Töne die Schnelle mit der Frequenz an, bleibt im mittleren Frequenzgebiet nahezu konstant, um bei höheren Frequenzen abermals zu steigen. Unterhalb etwa 500 Hz wird also die Auslenkung des Schneidstichels und damit die Rillenbreite konstant gehalten, und oberhalb etwa 3000 Hz wird die Auslenkung überhöht, um ein hinreichendes Verhältnis von Nutz- zu Störspannung zu erhalten.

Da beim Abspielen der Platten das ursprüngliche Schallereignis ohne Verschiebung des Klangbildes wiedergegeben werden soll, ist es erforderlich, die von der Tonabnehmerkapsel abgegebene Spannung entsprechend zu entzerren. Die Art der Entzerrung muß dem Prinzip des jeweils verwendeten Tonabnehmers angepaßt sein. Magnetische und dynamische Tonabnehmer, deren Spannung der Schnelle proportional ist, erfordern eine der Aufnahmekurve spiegelbildliche Abspielkurve. Eine derartige Entzerrung verursacht jedoch eine erhebliche Einbuße an Spannung im mittleren Frequenzgebiet und verlangt einen Entzerrungsverstärker, da die von magnetischen und dynamischen Tonabnehmern abgegebene Spannung ohnehin gering ist.

Kristalltonabnehmer benötigen eine verhältnismäßig geringe Entzerrung, da die von ihnen abgegebene Spannung von der Größe der Nadelauslenkung abhängig ist, deren Verlauf in Abhängigkeit von der Frequenz etwa der Abspielkurve entspricht.

### 4. Magnetbandgeräte

Magnetbandgeräte arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie der Magnettonfilm. Da sie stets mit einem Verstärker (für Aufnahme und Wiedergabe) zusammengebaut sind, der die erforderliche Linearisierung des Frequenzganges bereits vornimmt, ist bei Anschluß an die Tonanlage des Filmvorführgeräts kein besonderer Vorverstärker erforderlich. Die Anschaltung erfolgt an den vorgesehenen Schallplatten- oder Mikrofoneingang, wobei lediglich auf Wahl des richtigen Ausganges am Magnetbandgerät zu achten ist.

## 5. Verstärker

Der Verstärker für Tonschmalfilmgeräte hat die Aufgabe, die geringe elektrische Leistung des Tonabtastrgeräts so zu vergrößern, daß der Lautsprecher eine genügend große Leistung erhält. Dabei soll der Verstärker so beschaffen sein, daß er gleichzeitig die linearen Verzerrungen wieder ausgleicht, die beim Aufzeichnungsvorgang und bei der Abtastung entstehen und die auch durch den frequenzabhängigen Wirkungsgrad des Lautsprechers bedingt sind.

Schmalfilmverstärker für BAUER-Geräte sind immer für den Betrieb mit Wechselstrom eingerichtet. Ein Spannungswähler erlaubt die Einstellung auf die jeweils vorliegende Spannung. Häufig ist der Spannungswähler gleichzeitig Träger einer Netzsicherung.

Die Verstärker von Wandereinrichtungen sind für den Betrieb mit den nachstehenden Tonquellen eingerichtet:

1. Lichtton, wofür gleichzeitig Tonlampen- und Fotozellenanschlüsse vorgesehen sind. (Tonlampenspannung 6 V  $\sim$ , Fotozellenspannung 130 V =.)
2. Schallplatte
3. Mikrofon
4. Magnetton-Wiedergabe und -Aufnahme (sofern der Projektor dafür eingerichtet ist).

Lautstärkereglern und Klangfarbenreglern sind für den Betrieb unentbehrlich. Bei Verstärkern mit Mischeinrichtung sind für die einzelnen Tonquellen getrennte Lautstärkereglern vorgesehen. Sie erlauben, den Ton aus dem Lichttongerät, aus dem Mikrofon und von der Schallplatte gleichzeitig oder nacheinander und in beliebigen Lautstärkeabstufungen auf den Lautsprecher zu geben.

Die Anpassung der Verstärker an den Lautsprecher beträgt bei allen BAUER-Schmalfilmgeräten 15 Ohm.

## III. Lautsprecher

Bei der Tonfilmwiedergabe hat sich das dynamische Lautsprecherprinzip in Form des Tauchspuln Lautsprechers fast allgemein durchgesetzt. Mit den neuen hochwertigen Stahllegierungen ist es möglich, Feldstärken zu erreichen, die früher nur mit fremderregten Magneten erzielbar waren. Auch Großlautsprecher lassen sich jetzt zu vertretbaren Preisen mit Permanentmagneten ausrüsten. Vorteil: Fortfall des Feldgleichrichters, kein Lautsprecher-Brumm. Hohe Induktion im Luftspalt, bedingt durch die hohe Feldstärke des Magneten und kleine Luftspaltbreite, geben dem Lautsprecher einen hohen Wirkungsgrad (Vorteil: dem Verstärker wird nur relativ kleine Leistung entnommen) und setzen die Ausschwingzeit der Membrane wirksam herab (Vorteil: Verringerung des Klirrfaktors).

### 1. Schallwand, Schalltrichter

Die bei Bewegung der Lautsprechermembrane an der Vorderseite entstehende Wellenbewegung der Luft hat gegenüber der an der Rückseite entstehenden eine Phasenverschiebung von 180°. Ein wesentlicher Teil der Schallwellen bewegt sich um die Membrane herum; die Wellen, deren Wellenlänge gleich der Weglänge von der Vorder- zur Rückseite ist, löschen sich daher aus. Dies trifft

besonders für die tiefen Frequenzen zu. Eine Erhöhung der Weglänge und damit eine Vergrößerung der abgestrahlten Schallenergie im Bereich der tiefen Töne wird durch Anbringung einer Schallwand erreicht. Ihre Größe hängt von der tiefsten abstrahlenden Frequenz ab. Bei transportablen Geräten ist der Lautsprecher meist in einen Koffer eingebaut, dessen Wände die Wirkung der eigentlichen Schallwand unterstützen.

Eine andere Methode, den Wirkungsgrad eines Lautsprechers zu verbessern, besteht darin, seinen Strahlungswiderstand durch Anbau eines Exponentialtrichters (Trichter, dessen Öffnungsquerschnitt nach einer Exponentialfunktion zunimmt) zu erhöhen. Die tiefste abstrahlende Frequenz bestimmt den Austrittsquerschnitt des Trichters. Wegen seines großen Umfangs und großen Gewichts wird diese Lautsprechereinrichtung nur in fest eingebauten Tonanlagen, beispielsweise im Lichtspielhaus, verwendet.

## 2. Anpassung

Ein allgemein gültiges Gesetz der Elektrotechnik besagt, daß einem Generator, d. h. einer Spannungsquelle, dann die größte Leistung entnommen wird, wenn der Widerstand des Stromverbrauchers genau so groß ist wie der Innenwiderstand des Generators. Unter Innenwiderstand versteht man den Scheinwiderstand der Spannungsquelle, der von den beiden Ausgangsklemmen des Generators nach „innen“ gemessen wird.

Beim Anschluß eines Lautsprechers an einen Verstärker ist man ebenfalls bemüht, eine möglichst große Leistung zu übertragen. Der Innenwiderstand des Verstärkers wird deshalb dem Verbraucher (Schwingspulenwiderstand des Lautsprechers) angepaßt. Diese Anpassung erreicht man durch einen sogenannten Ausgangsübertrager — einen Transformator am Ausgang des Verstärkers. Mit dem Verhältnis der Trafo-Windungszahlen ändert sich der von der Sekundärseite des Transformators in den Verstärker hinein gemessene Widerstand. Sowohl der Innenwiderstand des Verstärkers als auch der Schwingspulenwiderstand des Lautsprechers sind Scheinwiderstände, d. h. keine rein ohmschen Widerstände. Sie können nicht mit dem Ohmmeter allein festgestellt werden. Die angegebenen Widerstandswerte haben nur für eine Frequenz (meist 800 Hz) Gültigkeit.

In manchen Fällen wird der Anschluß mehrerer Lautsprecher an einen Verstärkerausgang gewünscht. Sofern es sich um Lautsprecher mit gleichen Widerständen handelt, können diese in Serie oder parallel geschaltet werden. Bei Serienschaltung zweier Lautsprecher ist der Gesamtwiderstand doppelt so groß, bei Parallelschaltung nur halb so groß wie der Schwingspulenwiderstand eines Lautsprechers. Durch Wahl eines geeigneten Anpassungsübertragers, der zwischen Verstärkerausgang und die zusammengeschalteten Lautsprecher gelegt wird, gelingt es, den Lautsprechern die volle Verstärkerleistung zuzuführen.

Beim Zusammenschalten mehrerer Lautsprecher ist darauf zu achten, daß die Lautsprecher gleichphasig arbeiten. Gegenphasiges Arbeiten führt zu einem Lautstärkeabfall, besonders im Bereich der tiefen Frequenzen. Abhilfe ist durch Umpolen eines Lautsprecheranschlusses möglich.

# XXI. Akustik

## Allgemeine Begriffe

### 1. Schall

Wellenförmige Luftschwingungen. Die periodische Bewegung der Luftteilchen ist für das Gehör wahrnehmbar, wenn sie zwischen Frequenzen von 16 und 16 000 Hertz vor sich geht. ( $1 \text{ Hz} = 1 \text{ Schwingung/Sek.}$ ). Frequenz ist der Kehrwert der Schwingungsdauer (Schwingungsdauer = diejenige Zeit, in welcher 1 Schwingung, d. h. eine Hin- und Herbewegung der Luftteilchen abläuft). Sie bestimmt die Höhe eines Tones.

Schallwellen breiten sich mit einer Geschwindigkeit aus, die für verschiedene Medien nicht gleich ist. In Luft beträgt sie rund 340 Meter/Sek.

### 2. Ton und Klang

Unser Ohr unterscheidet neben der Höhe und Lautstärke eines Tones auch noch den Klang-Charakter. Die Schwingungen der Saiten eines Klaviers und einer Geige empfinden wir, bei gleicher Tonhöhe und Lautstärke, verschieden. Das Klavier „klingt“ anders als die Geige. Hier muß man zwischen Ton und Klang unterscheiden.

Ein Ton ist eine einfache Schwingung, dessen Höhe von der Schwingungszahl und dessen Lautstärke davon abhängt, wie weit die Luftteilchen nach jeder Seite hin ausschwingen.

Unter Klang versteht man mehrere Schwingungen. Neben einem Grundton treten noch sogenannte Obertöne auf, das sind Töne, deren Frequenz ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind, also das Zwei-, Drei-, Vier-, . . .-fache des Grundtones. Diese Obertöne können schwach oder stark sein, manche von ihnen können auch ganz fehlen — je nach Art ihrer Zusammenstellung wird der Klangcharakter eines Schallvorganges bestimmt. Reine Schwingungen ohne Obertöne wirken dünn und unlebendig, nach Art einer Stimmgabel.

Der Frequenzumfang der Tonfilm-Wiedergabegeräte ist unter Zugrundelegung einer naturgetreuen Wiedergabe auf 50—10 000 Hz festgelegt. Wenn die hohen Frequenzen nicht mehr übertragbar werden, so sind die Klänge verfälscht und man kann nur schwer zwischen einzelnen Instrumenten (Geige — Flöte) unterscheiden.

### 3. Sprache

Auch bei der Sprache spielen die Obertöne eine wesentliche Rolle. Jeder gesprochene Buchstabe ist ein Klang, dessen Obertöne in bestimmten, für die Sprache charakteristischen Zonen liegen. Ein Unterschied zur Musik besteht darin, daß die Frequenzen der Obertöne keine ganzzahligen Vielfachen des Grundtones sind.

Für die Verständlichkeit der Sprache genügt ein übertragener Frequenzbereich von 300—2400 Hz. (Beim Telephon werden nur diese Frequenzen übertragen.) Das gesprochene Wort ist dann noch verständlich, wenn auch einzelne Buchstaben (s, f, t) nicht mehr voneinander unterschieden werden können. Eine korrekte Tonfilm-Wiedergabe stellt jedoch weitaus höhere Forderungen als nur

diejenigen der Sprachverständlichkeit. Vor allem muß aus der Wiedergabe auch der Stimmcharakter hervorgehen und dies erfordert ebenso, wie die Klangtreue der Instrumente, eine Abstrahlung von Frequenzen bis 10 000 Hz.

## 4. Schalldruck

Die einem Lautsprecher zugeführte elektrische Energie erzeugt dort ein im Takt der Sprechströme wechselndes Magnetfeld. Dieses Feld übt auf die Schwingspule eine Kraft aus, die Spule gibt dieser Kraft in einer Hin- und Herbewegung nach. Diese Schwingungen übertragen sich auf die umgebende Luft und pflanzen sich in dieser als Schallwelle fort. Eine Schallwelle weist also Verdichtungen und Verdünnungen der Luft auf — es entstehen Druckschwankungen, die von einem Aufnahmeorgan (Ohr, Mikrophon) als „Schalldruck“ registriert werden. Dieser Schalldruck ist die objektive physikalische Ursache des Hörens.

## 5. Lautstärke

Unser Ohr empfindet eine gleichmäßige Änderung des Schalldrucks durchaus nicht als gleichmäßig. Jeder Ton erfordert einen Mindestschalldruck, die sogenannte Hörschwelle, um vom Ohr überhaupt wahrgenommen zu werden. Andererseits besitzt es auch eine Schmerzschwelle, bei welcher der Schalldruck so groß ist, daß die Töne nur noch als Schmerz empfunden werden. Hörschwelle und Schmerzschwelle sind stark frequenzabhängig.

Man erkennt aus folgender Abbildung, daß im mittleren Frequenzbereich schon ein sehr geringer Schalldruck zur Auslösung einer Gehörsempfindung genügt, während die höheren und tieferen Frequenzen erheblich größere Schalldrucke erfordern, um wahrgenommen zu werden.

Die Einheit der Lautstärke ist das Phon. Als Beispiele für die Lautstärke verschiedener Schallquellen folgende Zahlen:

Schallquelle bei 10 Hz	Lautstärke L (Phon)	Schalldruck p ( $\mu\text{b}$ )	Schalleistg. $J \left( \frac{\text{W}}{(\text{cm}^2)} \right)$
Hörschwelle .....	0	$p_0 = 2 \cdot 10^{-4}$	$10^{-16}$
Blätterrauschen .....	10	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$10^{-15}$
Ticken von Uhren .....	20	$2 \cdot 10^{-3}$	$10^{-14}$
Flüstern .....	30	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$10^{-13}$
Zerreißen von Papier .....	40	$2 \cdot 10^{-2}$	$10^{-12}$
Umgangssprache .....	50	$6,3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-11}$
Staubsauger .....	60	$2 \cdot 10^{-1}$	$10^{-10}$
Straßenverkehr .....	70		$10^{-9}$
Lauter Rufen .....	80	2	$10^{-8}$
Maschinenräume, Autohupen .....	90	3,3	$10^{-7}$
Motorräder ohne Auspuffdämpfer ..	100	20	$10^{-6}$
Kesselschmiede .....	110	63	$10^{-5}$
Flugzeug in 3 m Entfernung .....	120	200	$10^{-4}$
Schmerzschwelle .....	130	630	$10^{-3}$

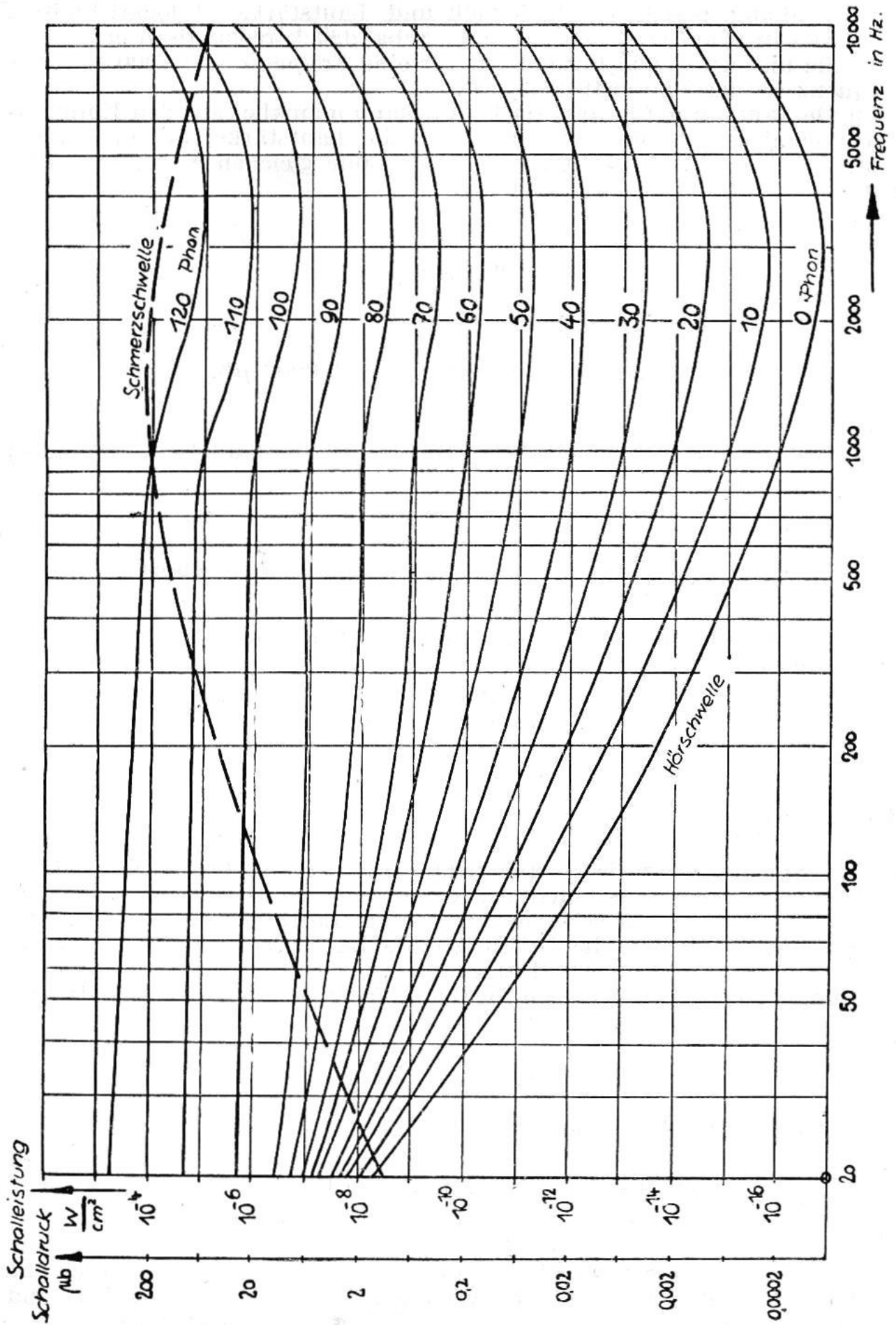


Abb. 194: Empfindlichkeitskurven des menschlichen Ohrs.

Der Zusammenhang zwischen Schalldruck und Lautstärke ist logarithmisch. Die Lautstärke in Phon läßt sich aus dem Schalldruck rechnerisch ermitteln, jedoch gilt die untenstehende Formel nur für eine Frequenz von 1000 Hz. Für diese Frequenz ist das Phonmaß definiert.

Wenn man die Lautstärke für 1000 Hz kennt, kann man aber aus den Empfindlichkeitskurven des Ohrs ohne weiteres auch die Lautstärke für eine andere Frequenz ermitteln. Man braucht nur auf der Linie gleichen Schalldrucks zu verfahren.

Es gilt für 1000 Hz:

$$L = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0}$$

L = Lautstärke in Phon

p = vorhandener Schalldruck in  $\mu b$

p<sub>0</sub> = Schwellwert des Schalldrucks bei 1000 Hz = 0,0002  $\mu b$ .

**Beispiel:**

Schalldruck bei 1000 Hz = 0,2  $\mu b$ . Wie groß ist die Lautstärke in Phon bei 100, 1000 und 10 000 Hz?

Lautstärke bei 1000 Hz:

$$L = 20 \cdot \log \frac{0,2}{0,0002} = 20 \cdot \log 1000 = 20 \cdot 3 = 60 \text{ Phon}$$

Aus vorstehender Abbildung entnimmt man, daß bei einem Schalldruck von 0,2  $\mu b$  die Lautstärke für

$$\begin{aligned} 100 \text{ Hz} &= 35 \text{ Phon} \\ 10\,000 \text{ Hz} &= 50 \text{ Phon beträgt.} \end{aligned}$$

## 6. Schalleistung

Die Schalleistung bestimmt die Energiemenge einer sich ausbreitenden Schallwelle. Sie ist das Produkt aus Schalldruck und einer Größe, die von der Frequenz und der Schwingungsweite der bewegten Luftteilchen abhängt. Die Schalleistung und die elektrische Leistung eines Lautsprechers hängen außerdem nur über dessen Wirkungsgrad zusammen.

Auch aus der Schalleistung läßt sich die Lautstärke in Phon bei 1000 Hz er rechnen. Sie ist bei 1000 Hz:

$$L = 10 \cdot \log \frac{J}{J_0} \text{ Phon}$$

J = Schalleistung der Schallwelle

$$J_0 = \text{Schalleistung bei 0 Phon und 1000 Hz} = 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$$

**Beispiel:**

In einem Lichtspieltheater wird die Verstärkerleistung (und damit auch die Schalleistung) durch den Einbau einer zweiten gleich großen Verstärker- und Lautsprecheranlage verdoppelt. Wie groß ist die Lautstärkezunahme?

Lautstärke mit einer Verstärkeranlage:  $L_1 = 10 \cdot \log \frac{J_1}{J_0}$

Lautstärke mit zwei Verstärkeranlagen:  $L_2 = 10 \cdot \log \frac{J_2}{J_0}$

$$L_2 - L_1 = 10 \cdot \left[ \log \frac{J_2}{J_0} - \log \frac{J_1}{J_0} \right] = 10 \cdot \log \frac{J_2}{J_1}$$

Nun ist die Schalleistung  $J_2$  doppelt so groß als  $J_1$ , also

$$\frac{J_2}{J_1} = 2$$

Damit wird die Lautstärkezunahme:

$$L_2 - L_1 = 10 \cdot \log 2 = 3 \text{ Phon}$$

Eine Verdoppelung der Leistung bringt also nur eine Lautstärkezunahme um 3 Phon. Diese geringe Zunahme wird vom Ohr nur als unwesentlich wahrgenommen.

Wenn man bedenkt, daß die gerade noch hörbare Lautstärkezunahme etwa 1 Phon beträgt, so ist dieses Ergebnis um so überraschender.

Ein Abfall oder eine Zunahme der Verstärkerleistung um 30% spielt für die Lautstärke im Raum keine Rolle.

# XXII. Raumakustik

## 1. Echo

Die von einer Schallquelle in einem geschlossenen Raum abgestrahlten Schallwellen gelangen nicht nur auf direktem Wege zum Hörer, sondern werden ihm auch auf einem Umweg über die Begrenzungsflächen des Raumes zureflektiert. Beträgt der Zeitunterschied zwischen direktem und reflektiertem Schallanteil mehr als  $\frac{1}{20}$  Sekunde, so vermag das menschliche Ohr, sofern der reflektierte Schall genügend laut ist, beide Schalleindrücke getrennt wahrzunehmen, es hört ein „Echo“. Echoerscheinungen beeinträchtigen die Wiedergabe und sind daher unbedingt zu vermeiden. Da bei einer Schallgeschwindigkeit in Luft von 340 m pro Sekunde einem Zeitunterschied von  $\frac{1}{20}$  Sekunde ein Schallumweg von 17 m entspricht, muß die Planung von Wiedergaberäumen diesem Umstand besonders Rechnung tragen.

## 2. Nachhall

Bei der Reflektion der Schallwellen geht Schallenergie verloren. Ein Teil dieser Energie wird von den Raumbegrenzungen hindurchgelassen, ein anderer Teil versetzt sie in Schwingungen, weitere Energie wird in den Poren der Begrenzungsflächen in Reibungswärme umgewandelt. Liefert die Schallquelle fortlaufend Energie nach, wird sich nach einer bestimmten Zeit ein Gleichgewichtszustand zwischen Energiezufuhr und Abfluß einstellen. Beim plötzlichen Abschalten der Schallquelle tritt in dem Raum nicht augenblicklich Ruhe ein, sondern die abgestrahlten Schallwellen werden noch so lange von den Raumbegrenzungen und der Inneneinrichtung hin und her reflektiert, bis ihre Energie durch die beschriebenen Absorptionsvorgänge verbraucht ist. Die Zeit, welche vom Abschalten der Schallquelle bis zum Unhörbarwerden des Tones verstreicht, nennt man den „Nachhall“ des Raumes.

Die Nachhallzeit ist abhängig von der Raumgröße und dem Schallschluckvermögen seiner Begrenzungsflächen sowie der in ihm befindlichen Gegenstände und Personen.

## 3. Raumakustische Richtlinien

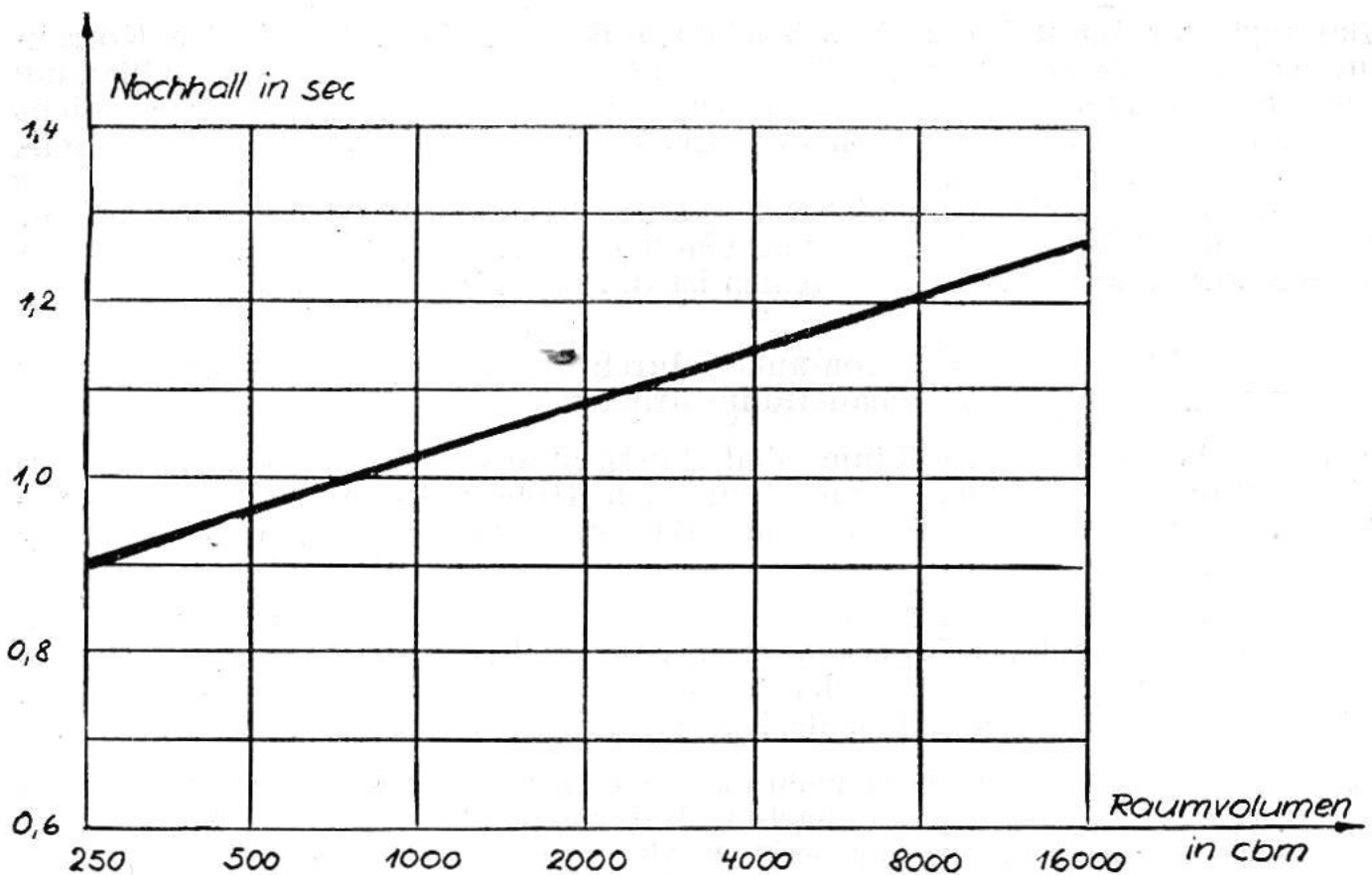
Für Lichtspielvorführungen soll die Nachhallzeit aus Gründen der guten Sprachverständlichkeit ziemlich kurz sein. In stark besetzten Räumen wird sich eine kürzere und meist günstigere Nachhallzeit ergeben als in Räumen, die nur schwach besucht sind. Durch Anbringen poröser Stoffe, unter Umständen Aufhängen von Decken und Vorhängen sowie Auslegen von Teppichen, läßt sich die Nachhallzeit verkürzen. Die dabei erstrebte Dämpfung des Raums darf aber nicht übertrieben werden. Zu kurzer Nachhall würde auch nicht befriedigen.

Bei Kenntnis der Raumverhältnisse hinsichtlich Baumaßen, Baustoffen und Fassungsvermögen lassen sich die Nachhallzeiten rechnerisch ermitteln. Ebenfalls auf rechnerischem Wege kann der Akustiker bestimmen, welche Maßnahmen geeignet sind, die richtigen akustischen Verhältnisse zu schaffen. Eine derartige Beeinflussung der Akustik durch Wahl der geeigneten Baustoffe oder Wandverkleidungen ist erheblich weniger kostspielig, wenn sie schon bei der

Planung oder im Rohbau eines Vorführraums geschieht. Nachherige Korrekturen an akustisch ungünstigen Räumen sind gewöhnlich teurer. Bei der Planung eines Saales, in dem Tonfilme vorgeführt werden sollen, dürfte daher nicht versäumt werden, vorher einen in raumakustischen Fragen erfahrenen Fachmann zu Rate zu ziehen.

Die Erfahrung im Bau von Lichtspielräumen hat eine Anzahl Regeln ergeben, die großenteils auch der Vorführung von Tonfilmen in improvisierten Vorführsälen zugute kommen. Im allgemeinen ist darüber folgendes zu sagen:

- a) Es darf kein Störschall von außen durch Schalleitung der Wände und des Fußbodens in den Zuschauerraum dringen.
- b) Zu hohe und zu breite Räume sind akustisch unvorteilhaft. Günstige Raumverhältnisse bestehen dann, wenn sich Höhe : Breite : Länge etwa wie 1 : 2,5 : 4 und in Räumen mit Balkon diese Abmessungen etwa wie 1 : 2 : 3,2 verhalten.
- c) Gewölbte oder gebogene Saalbegrenzungsflächen konzentrieren den Schall unter Umständen in Brennpunkten oder in Brennlinsen. Sie sind deshalb mit Vorsicht anzuwenden oder mit schallschluckenden Stoffen auszukleiden. Kuppelformen oder Tonnendecken wirken sich besonders ungünstig aus.
- d) Große parallelliegende Flächen sind häufig Ursache von Flatterechos. Sie dürfen nicht aus zu schallhartem Material bestehen. Durch Wand- oder Deckenprofilierung, Säulen usw. werden die Zerstreung des Schalles und damit eine gleichmäßige Schallverteilung gefördert.
- e) Die Höhe eines Balkons über dem Parterrefußboden sollte mindestens die Hälfte der Raumtiefe unter dem Balkon ausmachen. Die Besucher der letzten Reihe müssen den Ansatz der Saaldecke an der Bildwand noch einwandfrei sehen können.
- f) Nicht nur aus optischen, sondern auch aus akustischen Gründen spielt die Fußbodensteigung im Lichtspielraum eine wichtige Rolle. Bei flach über den Köpfen der Hörer verlaufenden Schallwellen nimmt die Lautstärke mit wachsender Entfernung von der Schallquelle wesentlich rascher ab als bei Schallwellen, welche die Zuhörerfläche unter einem steileren Winkel treffen. Ein günstiger Beschallungswinkel läßt sich durch einen nach rückwärts ansteigenden Fußboden, dessen Steigungsmaß den jeweiligen Verhältnissen anzupassen ist, erreichen. Um keine unzulässig steilen Fußböden zu erhalten, geht man in der Praxis von der Voraussetzung aus, daß jeder Zuschauer sich für sein Blickfeld eine Lücke zwischen den Köpfen der unmittelbar vor ihm sitzenden Personen sucht und seine Sicht erst über der zweiten vorangegangenen Reihe wirklich unbehindert zu sein braucht.
- g) Der Rauminhalt soll in einem bestimmten Verhältnis zur Zuschauerzahl stehen. Im allgemeinen rechnet man mit einem Platzvolumen von 3—5 m<sup>3</sup> pro Person.
- h) Der Raum muß eine seinem Rauminhalt entsprechende Nachhalldauer haben (siehe Diagramm Seite 206).
- i) In Räumen, deren Bestuhlung nicht aus stark gepolsterten, mit normalem Stoff bezogenen Sesseln besteht, hängen die Nachhallzeiten sehr wesentlich von der jeweiligen Personenzahl ab. Es ist daher am günstigsten, den Zuschauerraum mit einer Cordhochpolsterbestuhlung auszustatten, da deren Schallschluckvermögen etwa dem der Besucher entspricht.



Günstigste Nachhallzeit in Abhängigkeit vom Raumvolumen bei 500 Hz

- k) Schalldämpfende Maßnahmen zur Verbesserung der Hörsamkeit bei zu großem Nachhall sind am wirksamsten, wenn sie an der direkt beschallten Theaterrückwand ausgeführt werden. In den meisten Fällen wird man allerdings auch einen mehr oder minder großen Teil der Seitenwände oder der Decke zur Schalldämpfung heranziehen müssen.
- l) Oberflächenbehandlungen poröser Dämpfungsstoffe mit Leim- oder Ölfarben sind sehr kritisch, da durch Verkleben der Poren das Schallschluckvermögen des Materiales leidet. Feinporige Weichfaserplatten z. B. sollten daher nur mit Wasserfarben gebeizt werden.
- m) Bei der Aufstellung der Lautsprecher ist zu beachten, daß alle Zuhörerplätze gleichmäßig vom Schallkegel erfaßt werden. Es ist außerdem bei Ausarbeitung von Bauplänen für Neubauten zu berücksichtigen, daß zwischen Bildwand und der dahinter liegenden Wand Platz zur Aufstellung der Lautsprecher vorhanden sein muß.
- n) Eine schalldämpfende Auskleidung der hinter den Lautsprechern befindlichen Wand ist im allgemeinen nur erforderlich, wenn der Abstand zwischen den Lautsprechern und der Rückwand mehr als 6 m beträgt.

## XXIII. Polizeiliche Bestimmungen

Es ist bekannt, daß für die Vorführung von Filmen im Normalfilmformat polizeiliche Vorschriften erlassen wurden. Sie sind als Sicherheitsvorschriften gedacht und werden in der „Lichtspiel-Verordnung“ zusammengefaßt.

Für Schmalfilmvorführungen gelten diese Bestimmungen nicht, da Schmalfilme einheitlich schwer entflammbar sind.

Soweit Vorführungen von Schmalfilmen in Versammlungsräumen stattfinden, müssen diese hinsichtlich der Bauart, der Ausgangsverhältnisse und der Notbeleuchtung den allgemeinen Anforderungen an Versammlungsräume entsprechen. Weitergehende ortsrechtliche Vorschriften über die Einrichtung und Benützung der Räume bleiben unberührt.

Zusätzlich ist es bei Schmalfilmvorführungen verboten:

1. elektrische Leitungen so zu legen, daß sie die ordnungsmäßige Benutzung der Gänge, Fluren, Treppen und Ausgänge behindern;
2. Filme außerhalb des Bildwerfergeräts ohne besondere Umhüllung liegen zu lassen;
3. im Zuschauerraum zu rauchen.

Auch die für Normalfilmprojektoren vorgeschriebene behördliche Typisierung der Geräte in Gefahrenklassen findet bei Schmalfilmprojektoren keine Anwendung. Bildwerfer für Schmalfilm bedürfen keiner besonderen Anerkennung von seiten der Polizei oder anderer Sicherheitsbehörden. Schmalfilmgeräte, die mit Bogenlampen betrieben werden, wird man zweckmäßigerweise in Räumen (Kinokabinen) aufstellen, wie sie für die Vorführung mit Normalfilmprojektoren erforderlich sind.