

**Lichtfilter  
für Mikroskopie  
und Mikrofotografie**





# Lichtfilter für Mikroskopie und Mikrofotografie

Die in der Mikroskopie und Mikrofotografie gebräuchlichen Lichtquellen (Glüh- oder Entladungslampen) senden Licht der verschiedensten Wellenlängen aus: dabei ist die spektrale Energieverteilung dieser Lampen in der Regel von ihrer elektrischen Belastung abhängig. Das zur Beleuchtung und Abbildung des mikroskopischen Objekts dienende Licht wird in seiner spektralen Zusammensetzung mit Hilfe von Lichtfiltern verändert und läßt sich damit den gegebenen Verhältnissen anpassen. Die von uns hergestellten Lichtfilter (Tabelle 1) sind Absorptionsfilter aus homogenem optischen Glas. Sie besitzen für die Einheitsdicke je nach Art der Glaszusätze ganz bestimmte, wellenlängenabhängige Absorptionskoeffizienten. Es ist gebräuchlich, die Filtergläser dadurch zu charakterisieren, daß man für bestimmte Wellenlängen ihren Reintransmissionsgrad  $\delta_{nm}$  für 1 mm Schichtdicke angibt und in einem Diagramm veranschaulicht. Dabei ist  $\delta$  durch das Verhältnis des austretenden Lichtstroms zum eintretenden Lichtstrom ohne Berücksichtigung der Reflexionsverluste definiert:

$$\delta = \frac{\phi_e}{\phi_i}$$

Bei einer beliebigen Schichtdicke  $d$  wird

$$\frac{\phi_e}{\phi_i} = \delta^d = \vartheta$$

woraus sich für den Reintransmissionsgrad  $\delta$  bei der Plattendicke  $d$  die Beziehung

$$\log \vartheta = d \cdot \log \delta$$

ergibt. Die Reflexionsverluste werden hinreichend genau durch den Faktor

$$P = \frac{2n}{(n^2 + 1)}$$

( $n$  = Brechzahl des Filterglases) erfaßt, mit dem man den Reintransmis-

sionsgrad  $\delta$  zu multiplizieren hat, um den Transmissionsgrad  $\tau$  des Filters gegen Luft zu erhalten:

$$\tau = P \cdot \delta^d$$

Sind zwei Filter zu kombinieren, so errechnet sich der Transmissionsgrad der Kombination aus der Beziehung

$$\tau = P_1 \cdot \vartheta_1 \cdot P_2 \cdot \vartheta_2$$

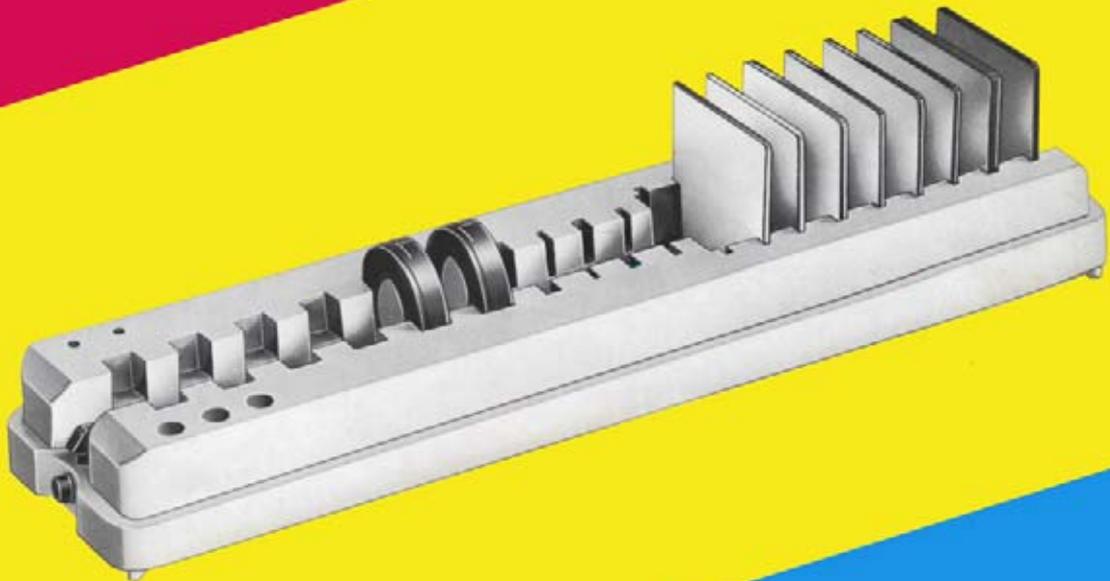
Die Reflexionsverluste lassen sich vermindern, wenn die beiden Filter der Kombination mit einer Immersions-schicht verbunden werden, deren Brechzahl etwa denen der beiden Gläser entspricht. Für diesen Fall wird

$$\tau = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2$$

Meist reicht es aus, zwischen die Filter einen Tropfen von dem Immersionsöl zu bringen, das für die Immersionsobjektive bestimmt ist.

Für die Mikrofotografie ist die Kenntnis der durch das Filter bedingten Intensitätsverluste von Interesse. Diese Verluste werden durch den Filterfaktor erfaßt, der angibt, um wieviel die Belichtungszeit mit Filter gegenüber der mit ungefiltertem Licht zu verlängern ist. Die Größe des Filterfaktors ist von der spektralen Energieausstrahlung der Lichtquelle, der spektralen Absorption des Filters und der spektralen Empfindlichkeit des benutzten Fotomaterials abhängig (Tabelle 2).

Die Lichtfilter lassen sich nach ihrer Wirkung und nach ihrem Anwendungsbereich in mehrere Gruppen einteilen: 1. Grundsätzlich kann jedes Lichtfilter, dessen Durchlässigkeitsmaximum im sichtbaren Spektralbereich liegt, zur Steigerung des Kontrastes bei der Mikroskopie und Mikrofotografie gefärbter oder farbiger Objekte dienen. Bei der Auswahl derartiger **Kontrastfilter** ist zu berücksichtigen, daß die in der Eigenfarbe des Filters gefärbten Objekte hell, komplementär gefärbte dagegen dunkel wiedergegeben werden. Will



man also den Kontrast zwischen zwei Farben steigern, so wählt man ein Filter in der Farbe, die komplementär zu einer der beiden Objektfarben liegt. Soll ein zu starker Kontrast gemildert werden, wählt man das Filter in der Farbe, die zu dunkel erscheint. Ferner ist bei der Auswahl der Kontrastfilter zur Mikrofotografie die spektrale Empfindlichkeit des benutzten Fotomaterials zu berücksichtigen. Die Verwendung von panchromatischem Material ist hier mitunter von Vorteil, da dessen Graustufung etwa dem subjektiven Helligkeitsdruck entspricht und somit umständliche Probeaufnahmen wegfallen.

**2.** Zur Angleichung des Lichtstroms nach seiner Größe und spektralen Zusammensetzung an die Empfindlichkeit des Empfängers dienen die sogenannten **Kompensationsfilter**. Zu diesen zählen sämtliche Dämpfungsfilter, die Konversionsfilter, die Wärmeschutzfilter und bestimmte Gelbgrünfilter. Die Dämpfungsfilter werden in verschiedenen Dichten geliefert (Tabelle 4). Sie zeichnen sich durch neutrale Absorption aus, können daher auch bei Farbaufnahmen angewandt werden. Konversionsfilter sind Filter, mit deren Hilfe die Farbtemperatur der Lichtquelle nach höheren oder tieferen Werten verschoben wird. Sie sind mit dem Dekamired-Wert gekennzeichnet, um den sie die Farbtemperatur nach Blau (B) oder Rot (R) verschieben. Mit diesen Filtern können geringe Abweichungen der Farbsensibilisation von Colorfilmen oder der Farbtemperatur von Lichtquellen ausgeglichen werden. Das Konversionsfilter B 12 paßt die Farbtemperatur von Niedervolt-Glühlampen der des Tageslichts an und wird daher auch als Tageslichtfilter bezeichnet.

**3.** Zum Erzielen angenähert monochromatischer Strahlung in den verschiedensten Spektralbereichen dienen die **Selektionsfilter**. Hierzu gehören die

UV-Filter vom Typ U 204 und die Blaufilter B 223 und B 221, die zur Aussonderung des Erregerlichtes für die Fluoreszenzmikroskopie benutzt werden.

Ein Maß für die Güte der Selektion ist die Halbwertbreite. Das ist die Differenz der Wellenlängen, bei denen der Transmissionsgrad des Filters auf die Hälfte des Maximalwertes abgesunken ist. Lichtfilter aus optischem Filterglas erreichen kaum Halbwertsbreiten unter 50 nm. Für höhere Anforderungen sind Selektionsfilter auf der Basis von Interferenzfiltern zu wählen, mit denen Halbwertsbreiten bis ca. 5 nm erreicht werden können. Als Selektionsfilter im sichtbaren Spektralbereich lassen sich das Blaufilter B 223, das Grünfilter V 231, das Gelbfilter G 248, das Orangefilter O 261 und das Rotfilter R 271 benutzen.

**4.** Grünfilter mit relativ geringer spektraler Bandbreite werden als **Korrektionsfilter** verwendet. Sie dienen zur Behebung noch vorhandener chromatischer Abbildungsfehler und beseitigen die vor allem am Bildfeldrand auftretenden Farbsäume an den Objektstrukturen. Geeignet sind hierfür die Filter V 231 und V 232. Zur Erhöhung des Auflösungsvermögens im Mikroskop kann das Blaufilter B 223 benutzt werden.

Die gebräuchlichsten Filter werden von uns in Form von Filtersätzen in entsprechenden Behältern geliefert (Tabelle 5). Filter mit 20 mm Ø sind für die Anordnung im Abbildungsstrahlraum geeignet. Alle anderen Filter werden in der Regel in den Beleuchtungsstrahlengang gebracht. Werden stark absorbierende Filter in unmittelbarer Nähe von Hochleistungslampen (insbesondere vom Typ HBO) angeordnet, so sind die mit „g“ gekennzeichneten gehärteten Filter anzuwenden, die einer hohen thermischen Belastung ausgesetzt werden können.

#### Zur Wirkung verschiedener Lichtfilter

Menschliche Haut, quer, Haarscheide  
Färbung nach van Gieson,  
Abb.-M. 250 : 1

**Bild 3a.** Farbaufnahme auf ORWO Color UK 14

**Bild 3b.** Aufnahme auf panchrom. Film (ORWO NP 18) mit Grünfilter V 233. Der gelbgefärbte Haarschaft verschwindet fast völlig, das rote Bindegewebe des Haarbalgs ist etwas zu dunkel dargestellt

**Bild 3c.** Aufnahme auf panchrom. Film (ORWO NP 18) mit Orangefilter O 261. Zwar sind die Farbkontraste zwischen den verschiedenen Gewebearten weitgehend verwischt, doch kommt die Verteilung der Zellkerne besonders deutlich zur Darstellung  
Speicheldrüse, quer, Azanfärbung,  
Abb.-M. 170 : 1

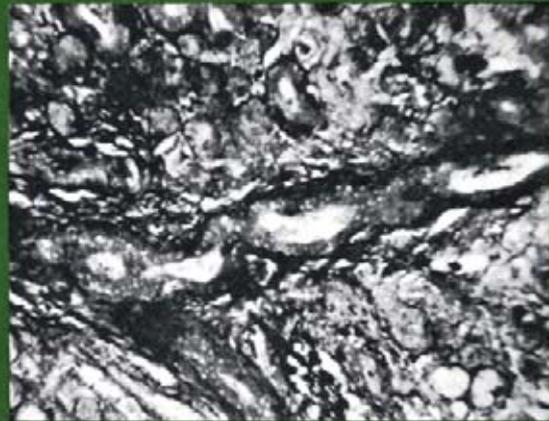
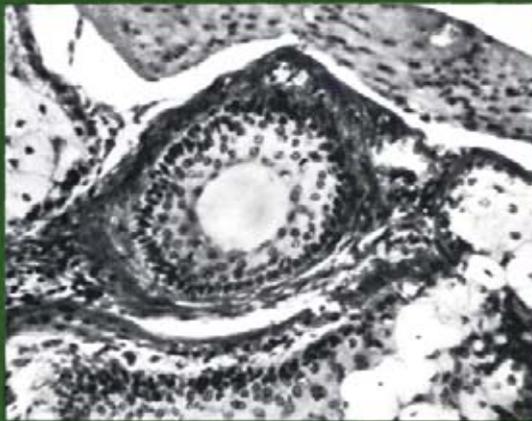
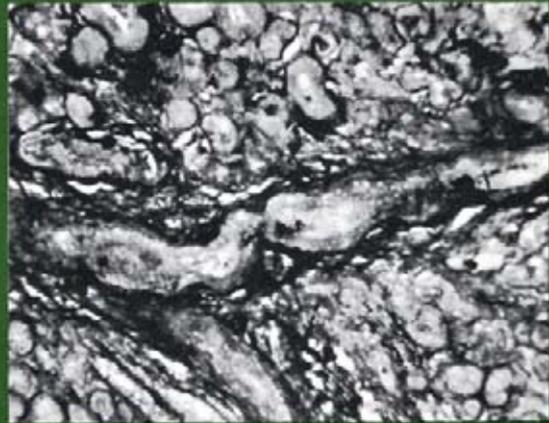
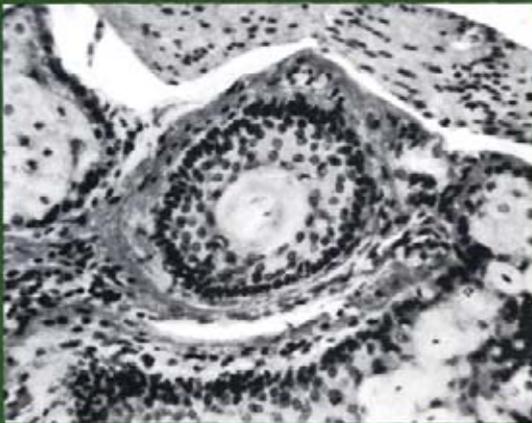
**Bild 4a.** Farbaufnahme auf ORWO Color UK 14

**Bild 4b.** Aufnahme auf panchrom. Film (ORWO NP 18) ohne Filter. Die rotgefärbte Intima der Kapillare kommt zu dunkel, die blaue faserige Bindegewebehülle des Gefäßes wird nicht kontrastreich genug dargestellt. Auch in den Drüsenläppchen ist die farbwert richtige Wiedergabe nicht ganz befriedigend

**Bild 4c.** Aufnahme auf panchrom. Film (ORWO NP 18) mit Orangefilter O 201. Die Intima wird zu hell, dafür tritt die bindegewebige Umhüllung der Kapillare klar hervor, die Wiedergabe der Drüsenläppchen ist besser

3a-c

4a-c



**Tabelle 1. Filterliste**

Lfd. Nr.	Benennung	Dicke	lieferbare Abmessungen	Farbe	Funktion
1	U 201	2	Ø 70	schwarz	) Selektionsfilterkombination für $\lambda = 334$ nm
2	U 202	3	Ø 70	schwarz	
3	U 203	1	Ø 70	schwarz	
4	U 204	2	Ø 32	schwarz	) Erregerfilter für Fluoreszenzmikroskopie mit UV-Anregung
5	U 204 g	2	Ø 50 45 □	schwarz	
6	U 205	4	Ø 32	schwarz	) Erregerfilter für Fluoreszenzmikroskopie mit Blaulichtanregung
7	U 205 g	4	Ø 50 45 □	schwarz	
8	B 221	2	Ø 32	blau	) Mit Nr. 19 und 53 Selektionsfilterkombination für $\lambda = 405$ nm Zweimal Nr. 9 mit Nr. 23 Selektionsfilterkombination für $\lambda = 436$ nm
9	B 222	1	Ø 70	blau	
10	B 223	2	Ø 25 Ø 32	blau	) Zur Erhöhung des Auflösungsvermögens des Mikroskops. Selektionsfilter für Fluoreszenzmikroskopie
11	B 223 g	2	Ø 50 45 □	blau	
12	B 224	4	Ø 32	blau	) Zur Erhöhung des Auflösungsvermögens des Mikroskops und zur Kontraststeigerung
13	B 224 g	4	Ø 50 45 □	blau	
14	B 225	2	Ø 20	blau	) Grünfilter zur Minderung der chromatischen Restfehler im mikroskopischen Bild und zur Kontraststeigerung
15	V 231	2	Ø 15 Ø 28	gelbgrün	
16	V 232	4	Ø 32 Ø 50 45 □	gelbgrün	) Kompensationsfilter für Mikrofotografie
17	V 232 g	4	Ø 32	gelbgrün	
18	V 233	2	Ø 20 Ø 26	gelbgrün	) UV-Sperrfilter mit Nr. 9 und Nr. 53 Selektionsfilterkombination für $\lambda = 405$ nm
19	G 241	2	Ø 32 Ø 50 45 □ Ø 70	fast farblos	
20	G 241 g	2	Ø 50 45 □	fast farblos	) UV-Sperrfilter
21	G 242	1	Ø 25 Ø 20	hellgelb	
22	G 243	1	Ø 20	hellgelb	) Sperrfilter für Fluoreszenzmikroskopie
23	G 244	2	Ø 70	hellgelb	
24	G 245	1	Ø 15 Ø 20	hellgelb	) mit Nr. 9 (2□) Selektionsfilterkombination für $\lambda = 436$ nm
25	G 246	2	Ø 32	hellgelb	
26	G 247	1	Ø 20	hellgelb	) Sperrfilter für Fluoreszenzmikroskopie mit Blaulichtanregung
27	G 248	2	Ø 15 Ø 32 45 □	gelb	
28	G 249	1	Ø 15 Ø 20	gelb	) UV-Sperrfilter
29	G 250	4,5	Ø 32	gelb	
30	O 261	2	Ø 15 Ø 32 45 □	orange	) Kontrast- und Selektionsfilter für die Mikrofotografie
31	R 271	2	Ø 15 Ø 32 45 □	rot	
32	R 272	4	Ø 50	rot	)

Lfd. Nr.	Benennung	Dicke	lieferbare Abmessungen	Farbe	Funktion
33	R273	2	Ø 32	dunkelrot	Selektionsfilter; mit Nr. 8 Filterkombination für IR ( $\lambda_{\max} = 850 \text{ nm}$ )
	D281	1	Ø 15 Ø 20	grau	)
35	D282	3	Ø 15 Ø 32 Ø 50 28 x 40	grau	) Dämpfungsfilter mittlerer Dämpfung
36	D283g	0,9	Ø 32	grau	)
37	D284g	1,4	Ø 32	grau	)
38	D285g	1,9	Ø 32	grau	)
39	D286g	4,0	Ø 32	grau	)
40	D287	1	Ø 15 Ø 20 Ø 32	grau	) Dämpfungsfilter mit starker Dämpfung
41	D287g	1	Ø 50 45 □	grau	)
42	D288g	0,8	Ø 32	grau	Neutrales Dämpfungsfilter
43	W301	2	Ø 15 Ø 32 Ø 70	farblos	) Wärmeschutzfilter mit starker Infrarotabsorption
44	W302	4	Ø 32	farblos	)
45	W302g	4	Ø 50 45 □	farblos	)
46	C311	3	Ø 15 Ø 20 Ø 32 45 □	blau	Konversionsfilter B 12
47	C312	2	Ø 32	hellblau	Konversionsfilter B3
48	C313	2	Ø 32	hellblau	Konversionsfilter B1,5
49	C314	2	Ø 32	hellrötlich	Konversionsfilter R3
50	C315	2	Ø 32	rötlich	Konversionsfilter R 6
51	C316	2	Ø 32	rötlich	Konversionsfilter R 12
52	S321	1	Ø 70	weiß	Mit Nr. 3 Selektionskombination für $\lambda = 366 \text{ nm}$
53	S324	4	Ø 70	rötlich-violett	Mit Nr. 9 und 19 Selektionsfilterkombination für $\lambda = 405 \text{ nm}$

**Tabelle 2**  
**Filterfaktoren für die Mikrofotografie**

Filter	Dicke mm	Faktor für orthochrom. Material	panchrom. Material
B 223	2	10	20
B 225	2	6	10
V 231	2	4	4
V 232	4	16	18
V 233	2	3	1,5
G 248	2	2	1
R 271	2	—	140
C 311	2	2,5	3
W 301	2	1,5	1,5
D 288 g	0,8	1,4	1,4
D 283 g	0,9	2	2
D 284 g	1,4	2,8	2,8
D 285 g	2	4	4
D 286 g	4	16	16

**Tabelle 3. Transmissionsgrad der Lichtfilter für Mikroskopie und Mikrofotografie**

Filter	d (mm)	P <sub>d</sub>	λ 302	312	334	366	405	436	480
U 201	2	0,913	0,859	0,859	0,859	0,823	0,132	0,015	—
U 202	3	0,911	0,733	0,757	0,781	0,502	—	—	—
U 203	1	0,914	0,219	0,439	0,713	0,786	—	—	—
U 204	2	0,913	0,015	0,093	0,435	0,644	—	—	—
U 205	4	0,913	—	—	0,207	0,455	—	—	—
B 221	2	0,923	0,332	0,533	0,764	0,851	0,731	0,402	0,023
B 222	1	0,920	—	—	0,316	0,718	0,801	0,772	0,414
B 223	2	0,920	—	—	0,106	0,560	0,696	0,649	0,186
B 224	4	0,920	—	—	0,012	0,341	0,501	0,458	0,037
B 225	2	0,919	—	—	—	0,062	0,239	0,388	0,517
V 231	2	0,911	—	—	—	—	—	—	0,168
V 232	4	0,911	—	—	—	—	—	—	0,031
V 233	2	0,915	—	—	—	—	—	—	0,139
G 241	2	0,916	—	—	—	—	0,722	0,866	0,898
G 242	1	0,915	—	—	—	—	0,448	0,668	0,814
G 243	1	0,915	—	—	—	—	—	0,870	0,906
G 244	2	0,915	—	—	—	—	—	0,827	0,897
G 245	1	0,915	—	—	—	—	0,09	0,119	0,650
G 246	2	0,914	—	—	—	—	—	—	—
G 247	1	0,914	—	—	—	—	—	—	—
G 248	2	0,914	—	—	—	—	—	—	—
G 249	1	0,914	—	—	—	—	—	—	—
G 250	4,5	0,916	—	—	—	—	0,153	0,629	0,796
O 261	2	0,914	—	—	—	—	—	—	—
R 271	2	0,914	—	—	—	—	—	—	—
R 272	4	0,914	—	—	—	—	—	—	—
R 273	2	0,914	—	—	—	—	—	—	—
D 281	1	0,919	—	—	—	—	0,046	0,073	0,082
D 282	3	0,920	—	—	—	—	0,012	0,022	0,027
D 283	0,9	0,921	—	—	—	0,302	0,511	0,547	0,573
D 284	1,4	0,921	—	—	—	0,159	0,364	0,404	0,436
D 285	1,9	0,921	—	—	—	0,072	0,257	0,298	0,329
D 286	4,0	0,920	—	—	—	—	0,034	0,087	0,109
D 287	1	0,920	—	—	—	0,035	0,047	0,055	0,057
D 288	0,8	0,920	—	—	—	0,579	0,693	0,715	0,723
W 301	2	0,920	0,179	0,389	0,681	0,813	0,830	0,830	0,830
W 302	4	0,920	0,057	0,253	0,503	0,718	0,749	0,749	0,749
C 311	2	0,902	—	—	—	0,379	0,767	0,658	0,487
C 312	2	0,902	—	—	0,189	0,704	0,875	0,866	0,839
C 313	2	0,902	—	—	0,262	0,740	0,884	0,893	0,857
C 314	2	0,915	—	—	—	0,146	0,594	0,576	0,622
C 315	2	0,914	—	—	—	0,027	0,320	0,347	0,475
C 316	2	0,916	—	—	—	0,009	0,201	0,211	0,256
S 321	1	0,887	—	—	0,035	0,763	0,878	0,887	0,887
S 322	4	0,907	—	—	0,012	0,625	0,871	0,162	0,103

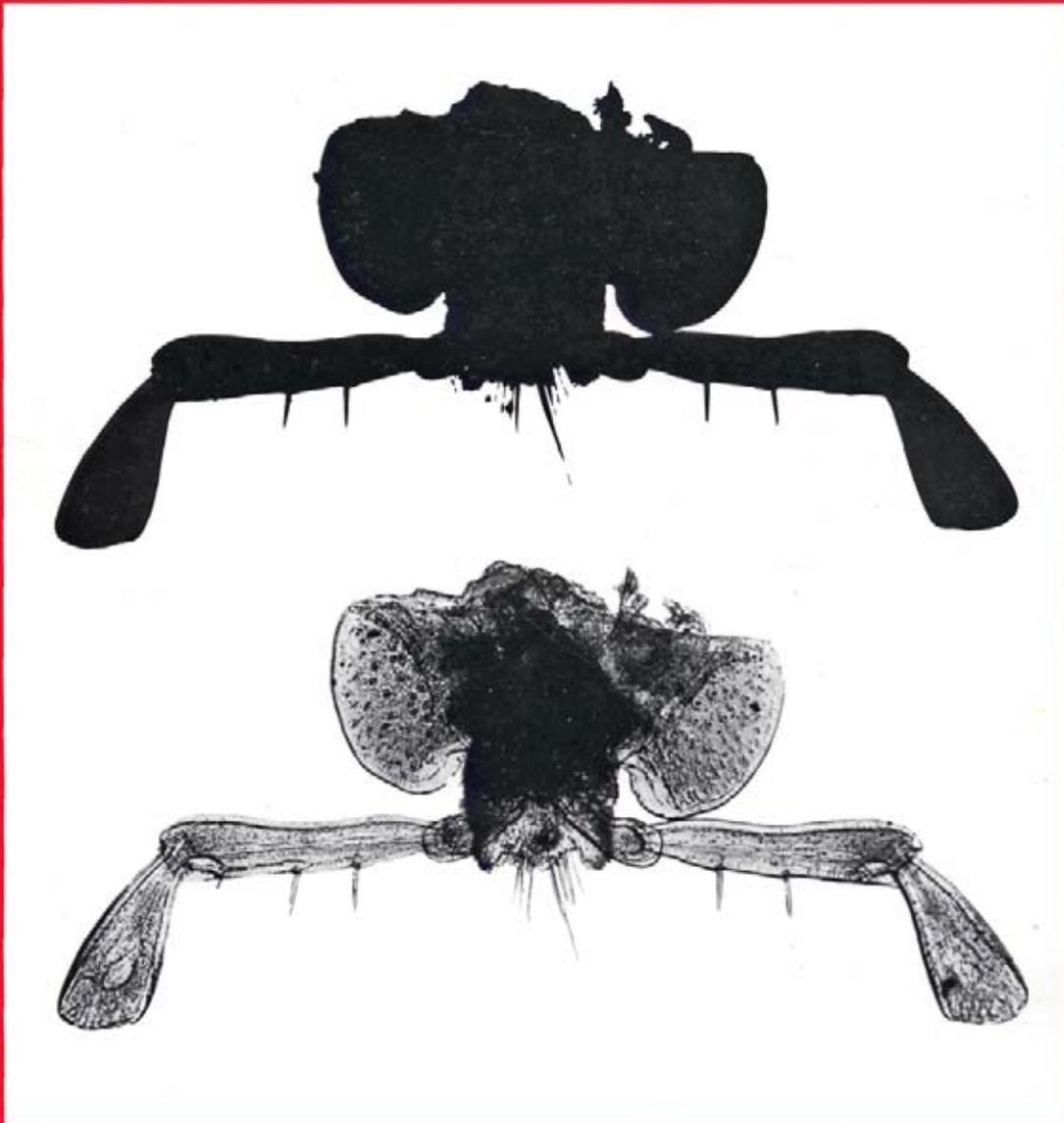


Wirkung eines Infrarot-Filters

**Bild 5a.** Kopf eines Laufkäfers (Carabus), eingebettet in Kanadabalsam, Abb.-M. 22:1, aufgenommen ohne Filter im Hellfeld-Durchlicht

**Bild 5b.** Dasselbe Objekt, aufgenommen mit Infrarotfilter

5a-b



**Wirkung eines Blaufilters auf die Auflösung**

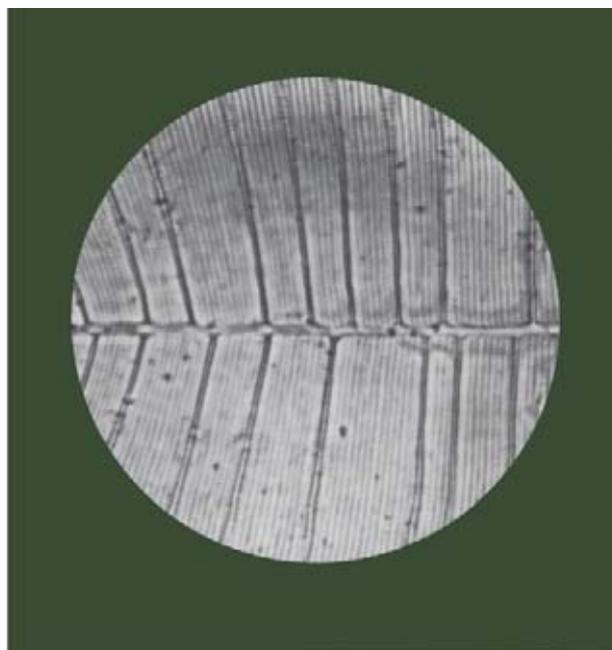
**Bild 6a.** Kieselalge *Suirella gemma*, aufgenommen auf panchrom. Platte mit Orangefilter O 261, Abb.-M. 1800:1

**Bild 6b.** Dasselbe Objekt, aufgenommen auf orthochrom. Platte mit Blaufilter B 223

6a



6b



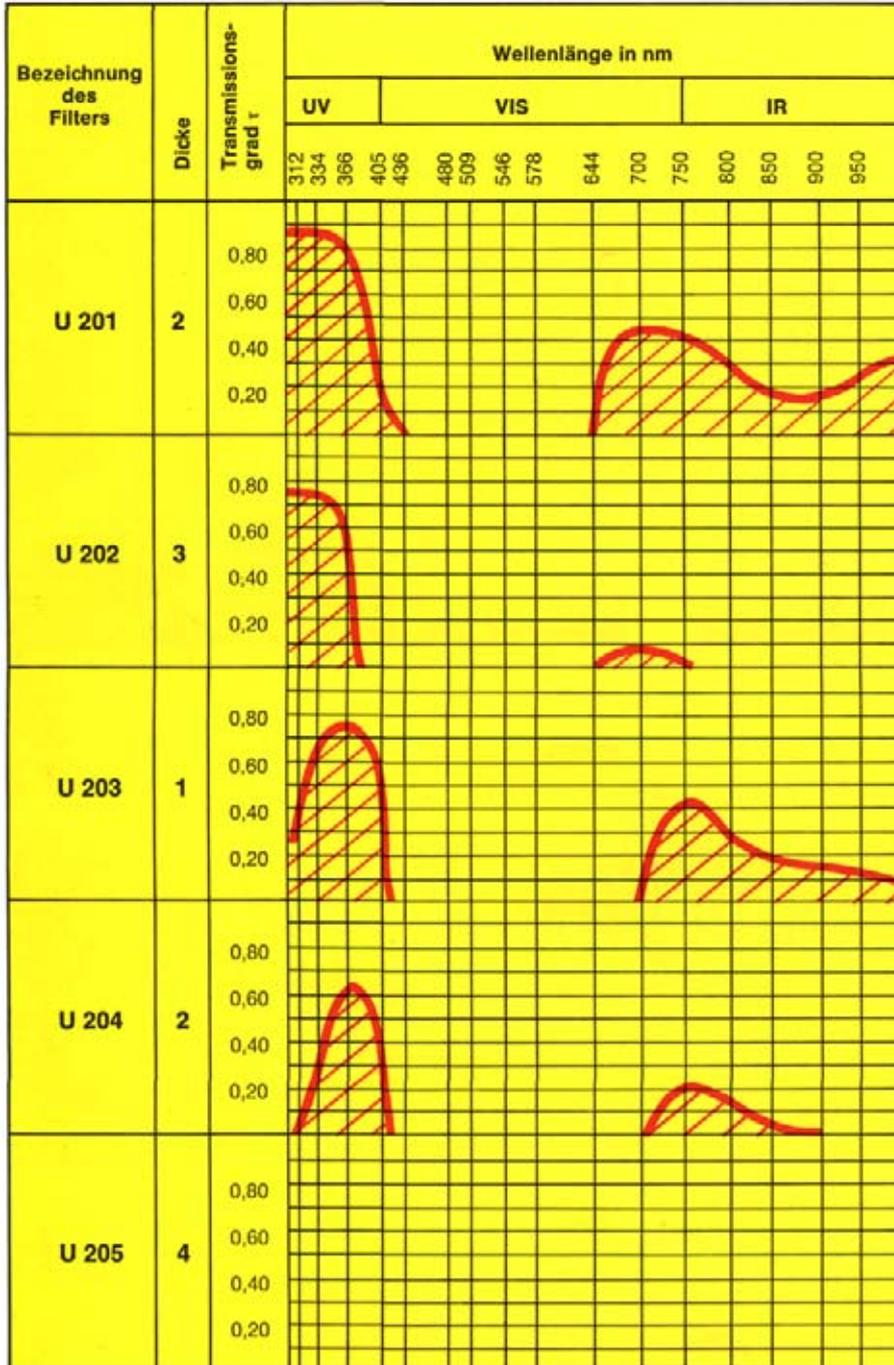
**Tabelle 4**

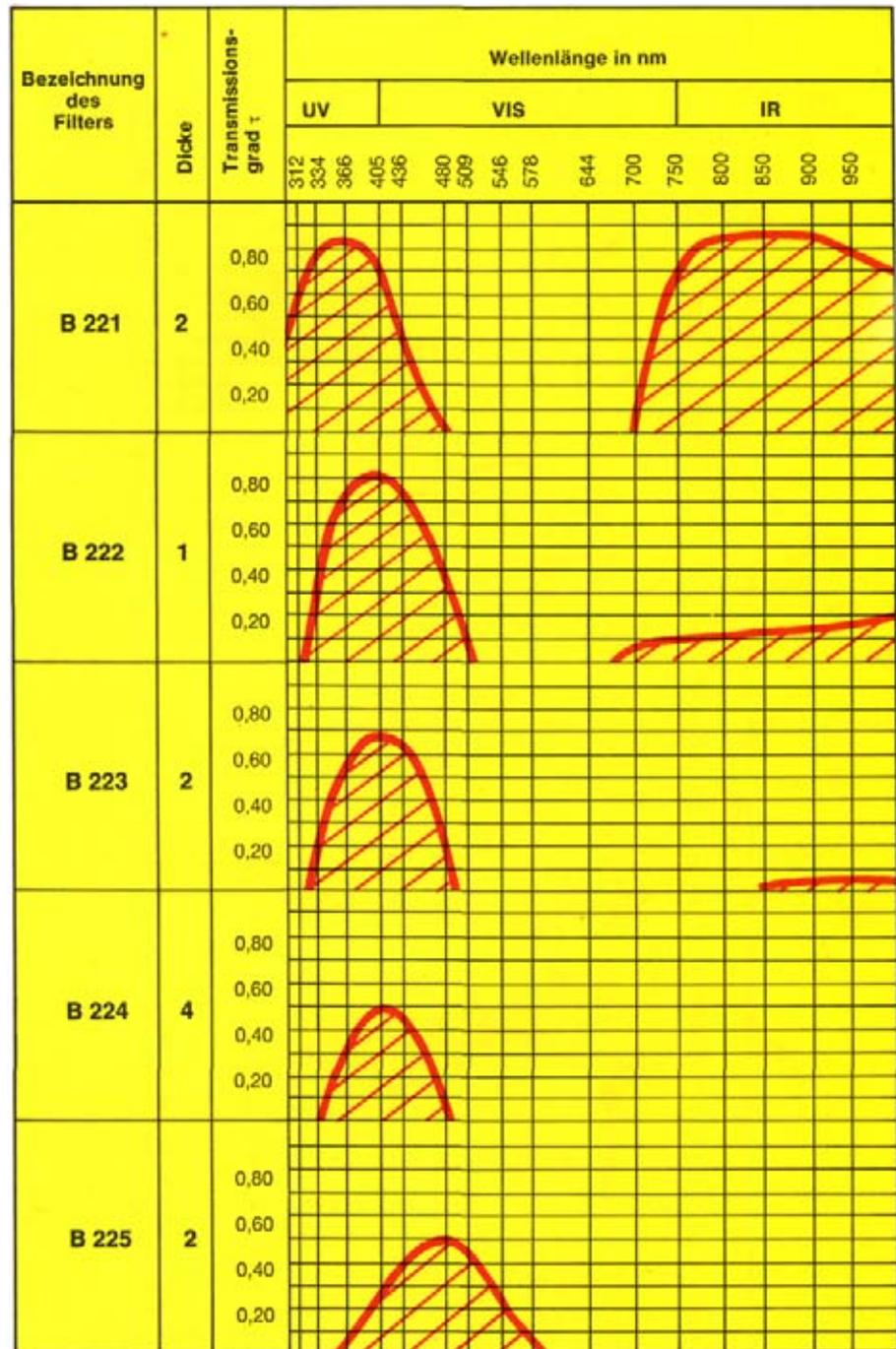
Filterbezeichnung	Transmissionsgrad für weißes Licht
D 288 g	0,74
D 283 g	0,55
D 284 g	0,40
D 285 g	0,30
D 286 g	0,09

Bezeichnung	Bestellnummer	Anwendung
Filtersatz 1 D/32	301023:010.21/7	Standard-Filtersatz für Mikroskopie und Mikrofotografie
Filtersatz 1 E/32 fl <sup>1)</sup>	—	Fluoreszenzfilter für ERGAVAL fl
Filtersatz 1 F/32 <sup>1)</sup>	—	Filtersatz für NU 2 (Auf- und Durchlicht)
Filtersatz 1 G/32 <sup>2)</sup>	—	Gestufte Dämpfungsfiler für Blitzleuchte
Filtersatz 1 H/32 <sup>2)</sup>	—	Konversionsfilter für Farbfotografie
Filtersatz 2 C/45	301025:010.21/5	Hochleistungsleuchten mit Filterhalter und NEOPHOT 2
Filtersatz 2 D/45 fl	301027:010.21/3	Fluoreszenzfilter für Leuchten mit Filterhalter
Filtersatz 5 B/15 <sup>2)</sup>	—	Auflichtmikroskope der MIKROVAL-Reihe z. B. EPIVAL, VERTIVAL, AMPLIVAL pol • u

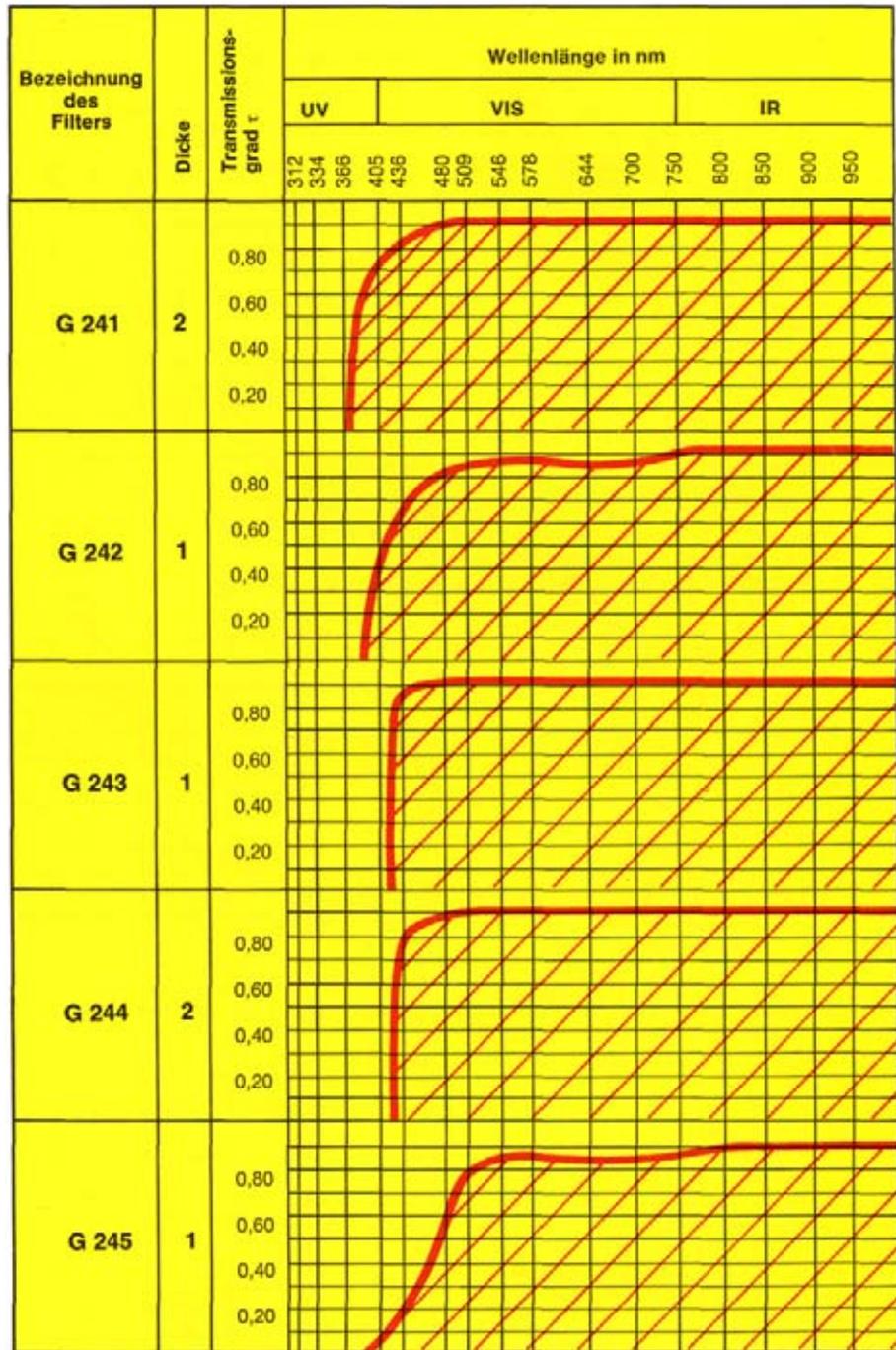
<sup>1)</sup> In Standardausrüstung des Gerätes bzw. der Einrichtung enthalten.

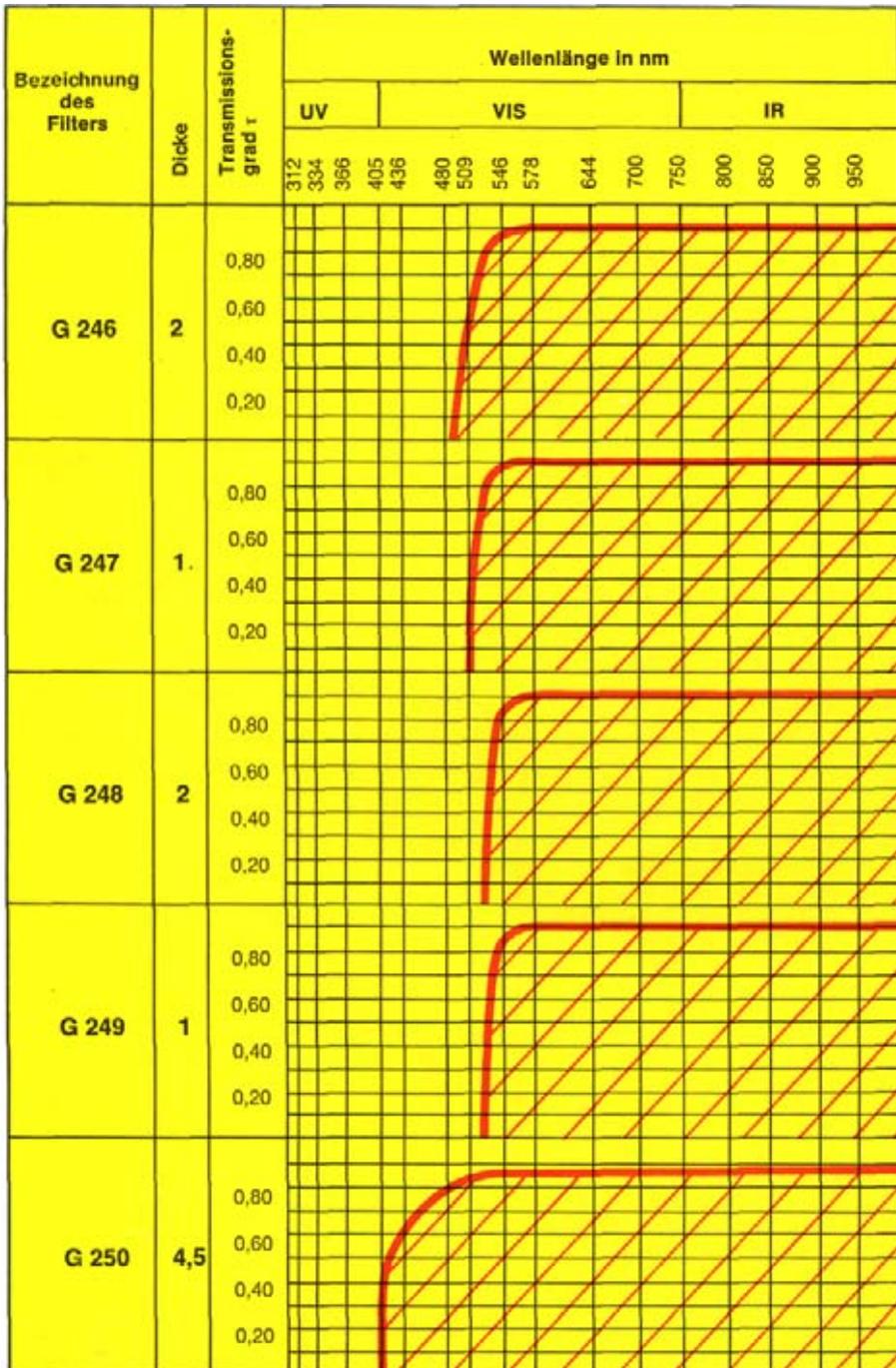
<sup>2)</sup> In Vorbereitung.



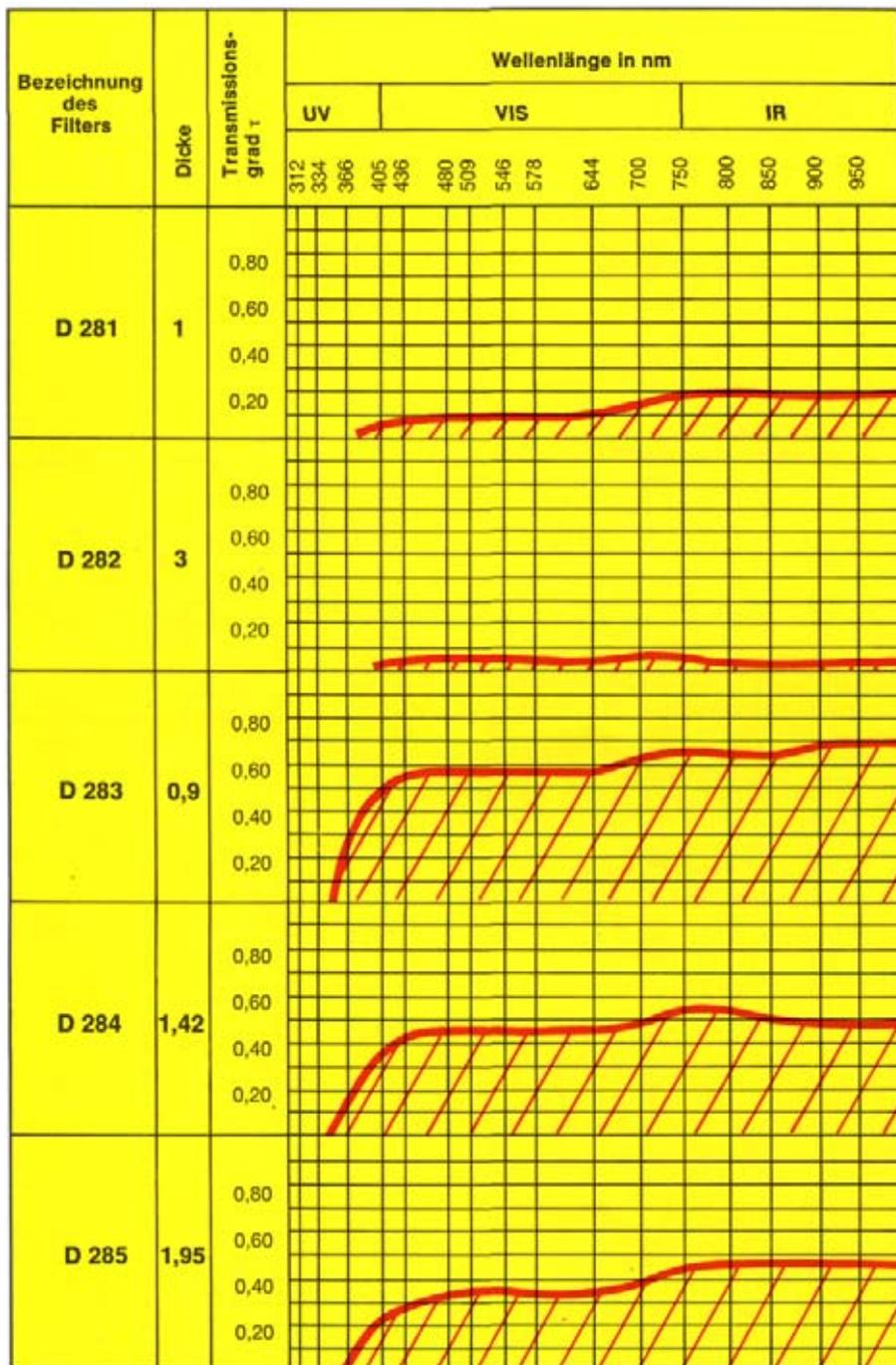




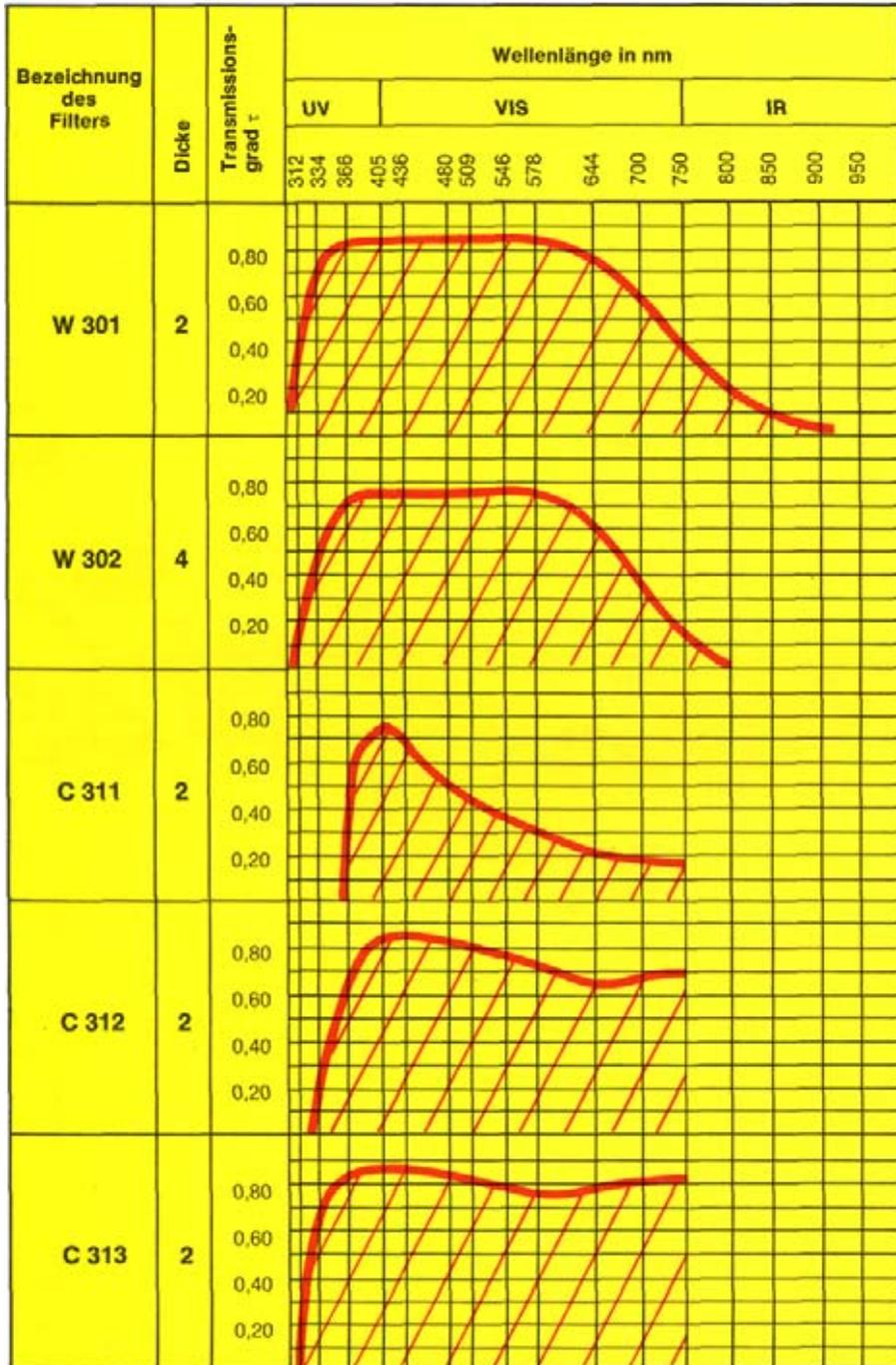


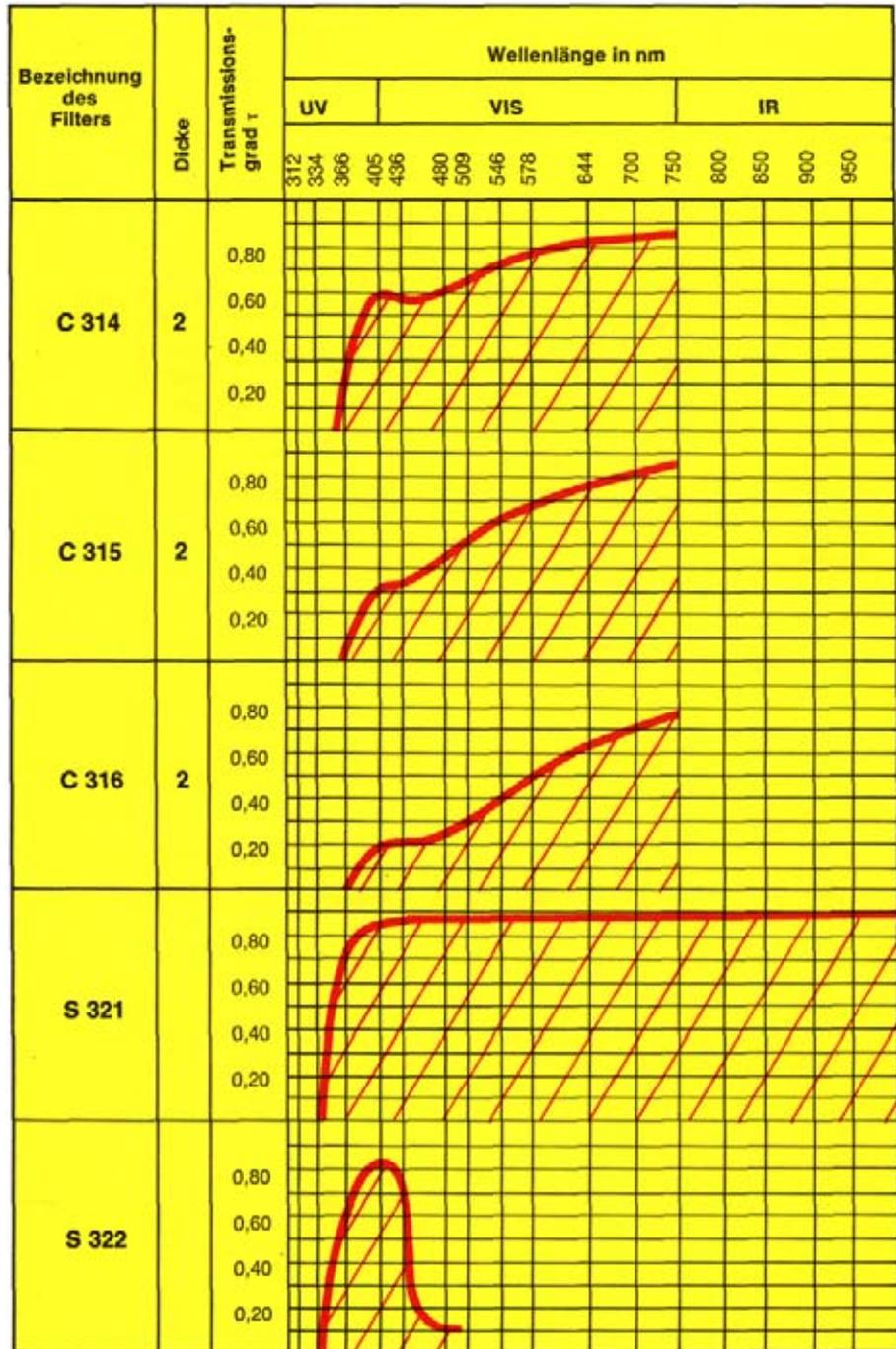












<b>Bestellliste</b>	Bezeichnung	Bestell-Nummer
<b>Filtersatz 1 D/32 in Behälter</b>		
darin enthalten:		
Gelbfilter G 248 Ø 32		304755:248.00/6
Dämpfungsfilter D 287 Ø 32		304755:287.00/4
Blaufilter B 223 Ø 32		304755:223.00/6
Grünfilter V 232 Ø 32		304755:232.00/7
Orangefilter O 261 Ø 32		304755:261.00/3
Rotfilter R 271 Ø 32		304755:271.00/5
Wärmeschutzfilter W 302 Ø 32		304755:302.00/6
Mattglas 3° Ø 32		304755:333.00/3
Behälter FS 1 F		309611:032.24/4
<b>Standardausrüstung</b>		<b>301023:010.21/7</b>
<b>Filtersatz 2 C/45 in Behälter</b>		
darin enthalten:		
Blaufilter B 223 g 4 kt 45		304760:223.78/1
Grünfilter V232 4 kt 45		304760:232.00/1
Orangefilter O 261 4 kt 45		304760:261.00/6
Rotfilter R271 4 kt 45		304760:271.00/8
Wärmeschutzfilter W 302 g 4 kt 45		304760:302.78/0
Konversionsfilter C 311 4 kt 45		304760:311.00/0
Gelbfilter G 248 4 kt 45		304760:248.00/0
Dämpfungsfilter D 282 4 kt 45		304760:282.00/2
Dämpfungsfilter D 287 g 4 kt 45		304760:287.78/8
Behälter FS 2 C		309611:042.24/4
<b>Standardausrüstung</b>		<b>301025:010.21/5</b>
<b>Filtersatz 2 D/45 fl in Behälter</b>		
darin enthalten:		
Gelbfilter G 241 g 4 kt 45		304760:241.78/3
Dämpfungsfilter D 287 g 4 kt 45		304760:287.78/8
Ultraviolettfilter U 204 g 4 kt 45		304760:204.78/7
Ultraviolettfilter U 205 g 4 kt 45		304760:205.78/8
Blaufilter B 224 g 4 kt 45		304760:224.78/2
2 Blaufilter B 223 g 4 kt 45		304760:223.78/1
Sperrfilter G 245 in Fassung		304780:001.24/2
Sperrfilter G 245/G 249 in Fassung		304780:005.24/6
Behälter FS 2 D		309613:042.24/4
<b>Standardausrüstung</b>		<b>301027:010.21/3</b>

# VEB Carl Zeiss JENA-DDR

Deutsche Demokratische Republik

	<p>Fernsprecher: Jena 83 0 Fernschreiber: Jena 058 8622 Druckschriften Nr.: 30-328c-1</p> <p>Gestaltung: Grödel</p>	<p>Durch ständige Weiterentwicklung unserer Erzeugnisse können Abweichungen von den Bildern und dem Text dieser Druckschrift auftreten. Die Wiedergabe - auch auszugsweise — ist nur mit unserer Genehmigung gestattet. Das Recht der Übersetzung behalten wir uns vor. Für Veröffentlichungen stellen wir Reproduktionen der Bilder, soweit vorhanden, gern zur Verfügung.</p>	<p>Vertretung</p>
--	---	---	-------------------