




Edition  
Harri   
Deutsch 

# Handferngläser

## Funktion, Leistung, Auswahl

von

Holger Merlitz

2. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 57747**

**Autor:**

Holger Merlitz arbeitet als Physiker an einem deutschen Forschungsinstitut.

Er beschäftigt sich nebenberuflich mit dem Testen von Ferngläsern im Feldeinsatz, als Berater von Optikherstellern und – wenn das Wetter mitspielt – als Amateurastronom.

Eine langjährige aktive Teilnahme an verschiedenen Internet-Diskussionsforen hat ihm die Fragen vor Augen geführt, die er in diesem Buch zu beantworten sucht.

2. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2 1

ISBN 978-3-8085-5775-4

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald;

Hintergrundbild © mbolina – stock.adobe.com, Fernglasbild © Leica Camera AG

Druck: Totem, 88-100 Inowroclaw, Polen

## Vorwort zur 2. Auflage

Nachdem die erste Auflage auf so viel positive Resonanz gestoßen ist, liegt hiermit die stark erweiterte Neuauflage der *Handferngläser* vor. Anregungen und kritische Kommentare zahlreicher Leser haben zu diesem vollständig überarbeiteten und aktualisierten Buch beigetragen, wofür der Autor zu tiefem Dank verpflichtet ist.

Auf vielfachen Wunsch wurde ein neues, einführendes Kapitel aufgenommen, um den Einsteiger mit der Terminologie und der Funktion des Fernglases vertraut zu machen. Es trägt dazu bei, die *Handferngläser* zu einem eigenständigen Werk zu machen, das auch ohne Zuhilfenahme weiterer Literatur genutzt werden kann.

Die technischen Kapitel wurden an vielen Stellen überarbeitet, dabei Darstellungen vereinfacht und Inhalte homogenisiert. Wichtige Stichworte und mathematische Formeln sind nun optisch hervorgehoben, um dem Leser beim Blättern eine schnelle Orientierung zu ermöglichen.

Ein zentrales Anliegen bleibt weiterhin, die enge Verknüpfung von Fernglastechnik und visueller Wahrnehmung herzustellen und so zu einer soliden Grundlage der visuellen Beobachtung zu gelangen, die es erlaubt, quantitative Aussagen zur Leistungsfähigkeit eines fernoptischen Instruments zu treffen. Der nächste Schritt ist dann, aus diesen Erkenntnissen Kapital zu schlagen und zu verstehen, welches Fernglas für welchen Einsatzzweck und Beobachter die ideale Lösung sein könnte.

In diese Auflage wurde ein reich illustrierter Praxisbericht von Gerhard Eller über seinen Fernglaseigenbau aufgenommen, der bei vielen Lesern auf Resonanz stoßen dürfte. Was Letztere – im Gegensatz zum Autor – leider nicht erleben können, ist die erstaunliche Leistungsfähigkeit dieses Selbstbaus im praktischen Einsatz. Kaum eines der kommerziell vertriebenen Instrumente dürfte ähnlich nahtlos mit dem Auge des Beobachters harmonieren und dabei diese perfekte Illusion vermitteln, direkt in das Motiv einsteigen zu können.

In den vergangenen fünf Jahren gab es einiges an Bewegung auf dem Fernglasmarkt, das in dieser aktualisierten Auflage berücksichtigt ist. Unverändert bleibt der Anspruch der *Handferngläser*, auch einen kritischen Blick auf das Marktgeschehen zu werfen und zu analysieren, welche Trends den Bedürfnissen des anspruchsvollen Beobachters entgegenkommen und welche wohl vornehmlich von kommerziellen Interessen getrieben sind. Die Suche nach dem optimalen Fernglas der Zukunft hält an und wird auch nie enden; das Marketing allein wird jedoch nicht dazu befähigt sein, die entscheidenden Akzente zu setzen, die erforderlich sind, um sich diesem Ziel zu nähern.

Holger Merlitz,

Dresden, im Oktober 2018



## Vorwort zur 1. Auflage

Heute sind Ferngläser Allgemeingut – dabei erinnere ich mich noch an die Zeit, als nach dem zweiten Weltkrieg der Besitz eines Fernglases von den Besatzungsmächten dem Waffenbesitz gleich unter hohe Strafe gestellt war. Das Wissen um ihre Konstruktion ist inzwischen allgemein verfügbar.

Ferngläser sind Gebrauchsgegenstände.

Sie sind notwendige Ausrüstungsgegenstände für Militär, Seefahrer und Jäger, die, auf den Beobachtungsergebnissen basierend, lebensentscheidende Entschlüsse treffen. Hier bedarf es deshalb bei der Beschaffung einer sorgfältigen Auswahl nach Verwendungszweck und -ziel. Nur das Beste ist gut genug, um der Verantwortung des Nutzers gerecht werden zu können.

Ferngläser können auch nützliche Werkzeuge zur Erbauung an schönen Landschaften (Wanderer), Tieren (Birdwatcher, Safariteilnehmer), oder zur Himmelsbeobachtung (Astronom) sein. Sie machen Freude.

Ferngläser dienen auch der Eitelkeit, sie sind gesellschaftlich als den Träger auszeichnende Prestigeobjekte wirksam. Dagegen hilft kein Buch, auch dieses nicht, leider.

Die Vielfalt an Lösungsmöglichkeiten für verschiedene Aufgabenstellungen wie Vergrößerung, die eigentlich »Entfernungsverkleinerung« oder »Heranholfaktor« heißen sollte, Helligkeit, Handlichkeit (Gewicht, Balance, Form, materialbedingte Haptik) ist schier unendlich. Untereinander beeinflussen sie sich, sind häufig kontraproduktiv. Daraus folgt: Technische Lösungen sind immer Kompromisse. Zum Glück gibt es auch sehr gute.

Darüber hinaus haben Ferngläser noch viele andere Eigenschaften, die uns dieses Buch näher bringen wird. Beispiel: Die an in einer Entfernungsebene liegenden Objekten erkennbare Randunschärfe wird von Marketingleuten geißelt, statt als Gleitsichtbrilleneffekt für das Nahscharfsehen positiv dargestellt zu werden. Der Kunden-Nutzen wird einem Verkaufsargument geopfert: Nur der Sterngucker braucht ein geebnetes Bildfeld!

Dieses Buch, von einem Sachverständigen verfasst, erklärt verständlich die komplexen Zusammenhänge der Funktion einzelner Elemente eines Fernglases und macht seinen Leser so zum Kundigen. Es kann damit Kaufentscheidungen in die dem Verwendungszweck entsprechende Richtung lenken und Enttäuschungen durch Fehlinvestitionen vermeiden helfen. Damit richtet sich dieses Buch nicht nur an Verbraucher, sondern ebenso an den Handel (Kaufberater) als auch an die Industrie (Entwicklung, Marketing). Es ist von einem von der Ferngläser herstellenden Industrie unabhängigen Wissenschaftler geschrieben, der die Globalisierung sehr persönlich nimmt: er lehrt an einer chinesischen Universität. Das spricht für seine markenunabhängige Neutralität.

Börries von Breitenbuch,

Fernglasexperte und Sammler, Wennigsen, 30. 12. 2012

## Danksagung

Dieses Buch ist nicht im Alleingang entstanden. Weite Teile des Inhalts sind das Resultat zahlloser Diskussionen des Autors mit anderen Fernglasfreunden und -fachleuten. Insbesondere hat das Internet mit seinen Diskussionsgruppen die Kommunikation zwischen Menschen unterschiedlichster Herkunft möglich gemacht. Der Autor ist daher den Betreibern und Teilnehmern diverser Diskussionsforen, insbesondere auf [www.juelich-bonn.com](http://www.juelich-bonn.com), [forum.astronomie.de](http://forum.astronomie.de), [www.cloudynights.com](http://www.cloudynights.com) und [www.birdforum.net](http://www.birdforum.net), zu tiefem Dank verpflichtet.

Für hilfreiche Beiträge zu diesem Buch möchte der Autor den folgenden Personen seinen besonderen Dank aussprechen: Peter Abrahams, Jochen Balla, Walter Besenmatter, Martin Birkmaier, Dominique Blach, Börries von Breitenbuch, Dick Buchroeder, Bill Cook, Jan van Daalen, Gerhard Eller, Graham Ellsbury, Stefan Emsel, Beat Fankhauser, Dale Forbes, Odo Genser, Gijs van Ginkel, Erich Grahmann, Stephen Green, M. Kanowski, Beat Kohler, Albrecht Köhler, Stefan Korth, Henry Link, Tobias Mennle, Stefan Merklein, Mathias Metz, Bernd Müller, Klaus Müscher, David W.J. Norton, Hermann Oldenburg, Arek Olech, Manfred Peperkorn, Andreas Perger, ferner dem »Rezensenten«, Daniel Rotter, John Russel, Frank Schäfer, Reinhard Schauerte, Clemens Schmidt, Hans Seeger, Berry Simon, Fan Tao, Volker Tautz, Andreas Walkling, Hans Weigum, Andreas Werner, Heiko Wilkens, Ed Zarenski und Christophe Zumstein.

Ein ganz besonderer Dank geht jedoch an Klaus Horn vom Verlag Europa-Lehrmittel, ohne dessen geduldige Mitarbeit dieses Buch nicht existieren würde.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zur 2. Auflage</b>	<b>i</b>
<b>Vorwort zur 1. Auflage</b>	<b>iii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Ferngläser – der Einstieg</b>	<b>3</b>
2.1 Das Prismenfernglas: Ursprung und Wandlung . . . . .	3
2.2 Porro- und Dachkantfernglas . . . . .	4
2.3 Vergrößerung . . . . .	5
2.4 Objektivdurchmesser und Austrittspupille . . . . .	7
2.5 Sehwinkel und Sehfeld . . . . .	8
2.6 Zur Handhabung von Ferngläsern . . . . .	10
2.7 Jedes Fernglas ist ein Kompromiss . . . . .	12
<b>I Grundlagen zur Fernglastechnik</b>	<b>15</b>
<b>3 Die optische Abbildung</b>	<b>17</b>
3.1 Licht im Vakuum . . . . .	17
3.2 Brechungsgesetz . . . . .	18
3.3 Brechzahl und Dispersion . . . . .	20
3.4 Optische Gläser . . . . .	21
3.5 Raytracing einer Linse . . . . .	24
3.6 Abbildungsgleichung . . . . .	26
3.7 Abbildungsfehler . . . . .	29
3.7.1 Longitudinale chromatische Aberration . . . . .	29
3.7.2 Sphärische Aberration . . . . .	29
3.7.3 Bildfeldwölbung . . . . .	30
3.7.4 Astigmatismus . . . . .	32
3.7.5 Koma . . . . .	33
3.7.6 Laterale chromatische Aberration . . . . .	35
3.8 Optisches Design . . . . .	35

<b>4</b>	<b>Das Teleskop</b>	<b>37</b>
4.1	Fernrohr Keplerscher Bauweise . . . . .	37
4.1.1	Funktionsprinzip . . . . .	37
4.1.2	Öffnungsverhältnis . . . . .	38
4.1.3	Vergrößerung und Verzeichnung . . . . .	39
4.1.4	Sehwinkel und Sehfeld . . . . .	40
4.2	Fernrohr Galileischer Bauweise . . . . .	41
4.3	Das virtuelle Bild, Schärfentiefe . . . . .	43
4.4	Wellenoptik . . . . .	45
4.4.1	Huygensches Prinzip . . . . .	45
4.4.2	Beugungsbedingte Auflösungsgrenze . . . . .	46
4.4.3	Reflexmindernde Vergütungen . . . . .	47
<b>5</b>	<b>Umkehrsysteme</b>	<b>51</b>
5.1	Porro-Systeme . . . . .	51
5.1.1	Totalreflexion . . . . .	51
5.1.2	Porro I . . . . .	53
5.1.3	Porro II . . . . .	55
5.1.4	Perger-System (Ein Beitrag von Dr. Andreas Perger) . . . . .	56
5.2	Dachkantssysteme . . . . .	58
5.2.1	Schmidt-Pechan-System . . . . .	58
5.2.2	Abbe-König-System . . . . .	61
5.2.3	Uppendahl-System . . . . .	62
5.2.4	Spiegel-Prismen-Umkehrsysteme . . . . .	63
5.2.5	Verspiegelungen . . . . .	65
5.2.6	Phasenverschiebung und deren Korrektur . . . . .	66
<b>6</b>	<b>Anatomie des Fernglases</b>	<b>71</b>
6.1	Objektive für Ferngläser . . . . .	71
6.1.1	Achromatische Objektive . . . . .	71
6.1.2	ED-Objektive . . . . .	72
6.1.3	Apochromaten . . . . .	73
6.2	Okulare für Ferngläser . . . . .	75
6.2.1	Okulare für kleine Sehwinkel . . . . .	75
6.2.2	Weitwinkelokulare . . . . .	76
6.3	Fokussiermechanismen . . . . .	79
6.3.1	Drei unterschiedliche Konstruktionsweisen . . . . .	80
6.3.2	Besonderheiten bei der Beobachtung im Nahbereich . . . . .	82
6.4	Dimension des Strahlenbündels . . . . .	84
6.4.1	Reduzierter Glasweg . . . . .	84
6.4.2	Dimension des Zwischenbildes . . . . .	85
6.4.3	Prismeneingangsweite . . . . .	86



6.5	Fallbeispiele . . . . .	87
6.5.1	8x42 und 10x42 Fernglas . . . . .	87
6.5.2	8x30 und 6x30 Weitwinkel-Ferngläser . . . . .	88
6.5.3	7x50 Weitwinkel Fernglas . . . . .	89
6.6	Blendensysteme . . . . .	91
6.7	Abdichtung und Füllung eines Fernglases . . . . .	92
<b>7</b>	<b>Bericht über ein selbstgebautes Hochleistungsfernglas (von Gerhard Eller)</b>	<b>97</b>
<b>II</b>	<b>Optische Wahrnehmung</b>	<b>103</b>
<b>8</b>	<b>Das Auge</b>	<b>105</b>
8.1	Das Auge als optisches Instrument . . . . .	105
8.2	Gesichtsfeld . . . . .	106
8.3	Pupillenweite . . . . .	106
8.4	Akkommodationsbreite . . . . .	109
8.5	Aberrationen des Auges . . . . .	109
8.6	Die Photorezeptoren der Retina . . . . .	111
8.7	Tages- und Nachtsehen . . . . .	113
8.8	Dämmerungssehen: Stiles-Crawford-Effekt . . . . .	114
8.9	Datenverarbeitung in der Retina . . . . .	116
<b>9</b>	<b>Wahrnehmungspsychologie</b>	<b>119</b>
9.1	Wahrnehmungsgesetze . . . . .	119
9.1.1	Riccoscher Satz, Pipersche Regel und Weber-Fechnersches Gesetz . . . . .	120
9.1.2	Wahrnehmungsgesetz von Berek . . . . .	122
9.2	Farbwahrnehmung . . . . .	125
9.3	Stereoskopische Tiefenwahrnehmung . . . . .	127
9.3.1	Weitere Zugänge zur Tiefenwahrnehmung . . . . .	128
9.4	Visueller Bildaufbau . . . . .	129
9.5	Optischer Fluss . . . . .	131
9.6	Visuelle Verzeichnung . . . . .	132
<b>10</b>	<b>Auge und Fernglas: Die Synthese aus Mensch und Maschine</b>	<b>135</b>
10.1	Lichtstrom und Vergrößerung . . . . .	135
10.2	Fernrohrleistung: Sehschärfe . . . . .	138
10.3	Nutzleistung: Freihand vs. aufgelegt . . . . .	140
10.4	Nutzleistung der Sichtungsschwelle . . . . .	141
10.5	Nutzleistung im astronomischen Einsatz . . . . .	144
10.5.1	Größenklassen von Sternen . . . . .	144
10.5.2	Astroindizes für die Grenzgrößen . . . . .	145

10.5.3	Grenzgrößen in Berek's Modell . . . . .	146
10.5.4	Vergleich mit Beobachtungsdaten . . . . .	148
10.6	Atmosphärische Einflüsse auf die Nutzleistung . . . . .	150
10.7	Farbkontrast, Helligkeit und Farbsättigung . . . . .	153
10.8	Schärfentiefe . . . . .	155
10.9	Tiefenauflösung und Kulisseneffekt . . . . .	157
10.10	Verzeichnung und Globuseffekt . . . . .	159
10.11	Die Suche nach der optimalen Verzeichnung . . . . .	160
10.12	Brille und Fernglas . . . . .	163
<b>III Ferngläser in der Anwendung</b>		<b>167</b>
<b>11</b>	<b>Anwendungsprofile für Handferngläser</b>	<b>169</b>
11.1	Die Generalisten . . . . .	169
11.2	Ferngläser für Reise und Wanderung . . . . .	170
11.3	Ferngläser für Nacht und Dämmerung . . . . .	171
11.4	Handferngläser in der Astronomie . . . . .	172
11.5	Militärferngläser . . . . .	174
11.6	Ferngläser zur See . . . . .	178
11.7	Ferngläser mit Bildstabilisierung . . . . .	180
11.8	Die Kompakten . . . . .	182
11.9	Operngläser . . . . .	185
11.10	Digitalferngläser . . . . .	186
<b>12</b>	<b>Testen von Ferngläsern</b>	<b>189</b>
12.1	Labortests . . . . .	189
12.2	Der Schnelltest am Ladentisch . . . . .	191
12.2.1	Der allererste Eindruck: Design, Haptik, Ergonomie . . . . .	192
12.2.2	Check auf weitere Ausschluss-Kriterien . . . . .	193
12.2.3	Bewertung der optischen Leistung . . . . .	195
12.3	Testen im Feld . . . . .	196
12.3.1	Streulichtresistenz . . . . .	197
12.3.2	Geisterbilder . . . . .	200
12.3.3	Randschärfe . . . . .	202
12.3.4	Dämmerungsleistung . . . . .	203
12.3.5	Chromatische Aberration . . . . .	205
12.3.6	Einblickverhalten und Seherlebnis . . . . .	206
12.3.7	Ergonomie und Haptik . . . . .	208
<b>13</b>	<b>Kleine Kaufberatung</b>	<b>211</b>
13.1	Was die Premiumklasse bietet . . . . .	211

---

13.2	Die Mittelklasse: Suche nach dem Kompromiss . . . . .	214
13.3	Schnäppchenjagd . . . . .	217
13.4	Zehn Gebote zur Fernglaswahl . . . . .	219
<b>IV</b>	<b>Anhang</b>	<b>221</b>
<b>14</b>	<b>Zum Weiterlesen</b>	<b>223</b>
14.1	Optik . . . . .	223
14.2	Wahrnehmung . . . . .	223
14.3	Ferngläser in der Praxis . . . . .	223
14.4	Ferngläser, Historisches . . . . .	224



## Abbildungsverzeichnis

1.1	Übersicht der Handferngläser und ihre Anwendungsbereiche . . . . .	1
2.1	Zeiss (Jena) 8x40 Delactis . . . . .	3
2.2	Porro- und Dachkantfernglas . . . . .	4
2.3	Kennzahlen am Fernglas . . . . .	5
2.4	Vergrößerung . . . . .	6
2.5	Landschaft in verschiedenen Vergrößerungen . . . . .	7
2.6	Austrittspupille . . . . .	7
2.7	Schwinkel . . . . .	9
2.8	Abstandseinstellung der Okulare . . . . .	10
2.9	Dioptrieneinstellung und Augenmuskeln . . . . .	11
2.10	Diverse Porro-Ferngläser . . . . .	12
3.1	Farbspektrum des sichtbaren Lichts mit Fraunhoferlinien. . . . .	17
3.2	Snelliussches Brechungsgesetz . . . . .	18
3.3	Strahlenverlauf in einer Glasplatte . . . . .	19
3.4	Optische Gläser (Schott-Katalog) . . . . .	22
3.5	Reintransmission, BK7 und BaK4 HT . . . . .	23
3.6	Strahlenverlauf: Plankonvexlinse . . . . .	24
3.7	Plankonvexlinse, Detailansicht . . . . .	25
3.8	Plankonvexlinse, umgekehrt . . . . .	27
3.9	Zur Abbildungsgleichung . . . . .	27
3.10	Sphärische Aberration . . . . .	30
3.11	Strahlenverlauf zur Bildfeldwölbung . . . . .	31
3.12	Bildfeldwölbung . . . . .	32
3.13	Astigmatismus . . . . .	33
3.14	Koma . . . . .	33
3.15	Abbesche Sinusbedingung . . . . .	34
3.16	Laterale chromatische Aberration . . . . .	35
4.1	Keplersches Fernrohr . . . . .	38
4.2	Verzeichnung: Kissenförmig und tonnenförmig . . . . .	40
4.3	Galileisches Fernrohr . . . . .	42
4.4	Schärfentiefe (Strahlenverlauf) . . . . .	43
4.5	Huygenssches Prinzip . . . . .	45
4.6	Airy Scheibchen und Rayleigh-Kriterium . . . . .	46

4.7	Reflexminderung . . . . .	48
5.1	Totalreflexion . . . . .	52
5.2	Porro I (Strahlengang) . . . . .	53
5.3	Porro I (3D-Strahlengang) . . . . .	53
5.4	Asymmetrisches Porro I-Prisma . . . . .	54
5.5	Zeiss (Oberkochen) 10x50 . . . . .	54
5.6	Porro II-Prisma (Strahlengang) . . . . .	55
5.7	Porro II-Prisma (Foto) . . . . .	56
5.8	Ross 10x50 Stepmur . . . . .	56
5.9	Perger-Prisma (Strahlengang) . . . . .	57
5.10	Perger-Prisma (3D-Strahlengang) . . . . .	58
5.11	Schmidt-Pechan-Prisma (Strahlengang) . . . . .	59
5.12	Schmidt-Pechan-Prisma (3D-Strahlengang) . . . . .	59
5.13	Schmidt-Pechan-Prismenblock . . . . .	60
5.14	Abbe-König-Prisma (Strahlengang) . . . . .	61
5.15	Abbe-König-Prisma (3D) . . . . .	61
5.16	Abbe-König-Prismenblock . . . . .	62
5.17	Uppendahl-Prisma (Strahlengang) . . . . .	62
5.18	Uppendahl-Prisma (3D) . . . . .	63
5.19	Hybrid-Umkehrsystem nach Ludewig und Schade . . . . .	64
5.20	Zeiss (Jena) 6x18 . . . . .	64
5.21	Reflektivität, dielektrischer- vs. Silberbelag . . . . .	65
5.22	Abbildungsfehler durch Phasenverschiebung . . . . .	66
5.23	Geometrische Phase . . . . .	67
5.24	Phasenkorrektur . . . . .	68
6.1	Achromatisches Objektiv (Strahlengang) . . . . .	71
6.2	Swift 8.5x44 Audubon ED . . . . .	73
6.3	Achromasie und Apochromasie . . . . .	74
6.4	Klassischer Apochromat . . . . .	74
6.5	Kellner-Okular . . . . .	75
6.6	Orthoskopisches Okular . . . . .	76
6.7	Erfle-Okular . . . . .	77
6.8	Berechnung des Durchmessers der Okularlinse . . . . .	77
6.9	Nagler-Okular . . . . .	78
6.10	Swarovski 10x42 EL WB (Schnittmodell) . . . . .	79
6.11	Bildweite vs. Gegenstandsweite . . . . .	79
6.12	Innenfokussierung (schematisch) . . . . .	80
6.13	Zeiss 8x32 Victory (Schnittbild) . . . . .	81
6.14	Zeiss 8x30 B Dialyt (Schnittbild) . . . . .	81
6.15	Leitz 7x40 Trinovid (Schnittbild) . . . . .	82

6.16	Pentax 6.5x21 Papilio . . . . .	83
6.17	Reduzierter Glasweg . . . . .	85
6.18	Prismenfernglas (Strahlengang) . . . . .	86
6.19	6x30 und 8x30 (Größenvergleich) . . . . .	88
6.20	Nikon 7x50 IF Wide angle . . . . .	89
6.21	Massen der Prismen eines 7x50 Fernglases . . . . .	90
6.22	Miyauchi 7x50 Binon . . . . .	90
6.23	Blendensystem (Strahlengang) . . . . .	91
6.24	Kerbung eines Porro-Prismas . . . . .	92
6.25	Chinesisches 8x30 Militärfernglas . . . . .	93
6.26	Zeiss 8x30 Porro (Schnittbild) . . . . .	93
7.1	Selbstbau 12x62 . . . . .	97
7.2	Objektive des 12x62 . . . . .	98
7.3	Okulare des 12x62 . . . . .	98
7.4	Prismen des 12x62 . . . . .	99
7.5	Weitere Komponenten des 12x62 . . . . .	99
7.6	Streulichtblenden des 12x62 . . . . .	100
7.7	Prismencluster des 12x62 . . . . .	100
7.8	Prismengehäuse des 12x62 . . . . .	101
8.1	Auge (Modell) . . . . .	105
8.2	Gesichtsfeld . . . . .	106
8.3	Maximale Pupillenweite vs. Alter . . . . .	107
8.4	Pupillenweite vs. Umgebungsleuchtdichte . . . . .	108
8.5	Akkommodationsbreite vs. Alter . . . . .	109
8.6	Chromatische Aberration (Auge) . . . . .	110
8.7	Spektrale Empfindlichkeit (Auge) . . . . .	112
8.8	Auflösung vs. Schwinkel . . . . .	113
8.9	Auflösung vs. Umgebungsleuchtdichte . . . . .	114
8.10	Stiles-Crawford-Effekt . . . . .	115
8.11	Konvergenz in der Retina . . . . .	116
8.12	Laterale Inhibition . . . . .	117
8.13	Mach'sche Streifen . . . . .	118
9.1	Landoltring . . . . .	120
9.2	Riccoscher Satz . . . . .	121
9.3	Bereks Leuchtdichtefunktionen . . . . .	122
9.4	Kontrastschwelle vs. Objektdurchmesser . . . . .	123
9.5	Schwellenentfernung vs. Umgebungsleuchtdichte . . . . .	124
9.6	Spektrale Intensitätsverteilung des Tageslichts . . . . .	126
9.7	Simultankontrast . . . . .	126

9.8	Parallaxe . . . . .	127
9.9	Tiefenauflösung vs. Entfernung . . . . .	128
9.10	Blickbewegungsverlauf . . . . .	130
9.11	Optischer Fluss mit Expansionspunkt . . . . .	131
9.12	Optischer Fluss, Rotationsbewegung . . . . .	132
9.13	Helmholtz-Schachbrett . . . . .	132
9.14	Visuelle Verzeichnung . . . . .	133
10.1	Normalvergrößerung . . . . .	135
10.2	Untervergrößerung . . . . .	136
10.3	Übervergrößerung . . . . .	136
10.4	Booster . . . . .	137
10.5	Testtafel für das Auflösungsvermögen . . . . .	138
10.6	Schärfenutzleistung vs. Vergrößerung . . . . .	140
10.7	Kontrastschwellen-Nutzleistung (junger Beobachter) . . . . .	142
10.8	Kontrastschwellen-Nutzleistung (Beobachter älteren Jahrgangs) . . . . .	143
10.9	Grenzgröße von Sternen . . . . .	145
10.10	Grenzgrößen von Sternen, verschiedene Modelle . . . . .	148
10.11	Grenzgröße von Sternen, skaliert . . . . .	149
10.12	Spektrale Transmission der Atmosphäre . . . . .	151
10.13	Kowa 8.5x44 Prominar mit Objektivfilter . . . . .	152
10.14	Transmissionskurve (Zeiss Jena EDF . . . . .	153
10.15	Transmissionskurven (Zeiss und Leica) . . . . .	154
10.16	Nahpunkt vs. Vergrößerung . . . . .	156
10.17	Schärfebereich vs. Fokussierentfernung . . . . .	156
10.18	Tiefenauflösung, Zeiss (Oberkochen) 10x50 . . . . .	158
10.19	RISO-I 7x40 stereoskopisches Fernglas . . . . .	158
10.20	Optischer Fluss bei tonnenförmiger Verzeichnung . . . . .	159
10.21	Relative Sollverzeichnung . . . . .	161
10.22	KOMZ BPO 7x30 . . . . .	162
10.23	Fernglasbeobachtung mit Brille . . . . .	164
11.1	Leica 8x42 Noctivid . . . . .	169
11.2	Nikon 8x30 EII . . . . .	170
11.3	Leitz 7x35 Trinovid . . . . .	171
11.4	Zeiss 8x54 Victory HT . . . . .	171
11.5	Swarovski 10x56 SLC WB . . . . .	173
11.6	Fujinon 10x50 FMT-SX2 . . . . .	174
11.7	Zeiss (Jena) 7x40 EDF . . . . .	175
11.8	Objektiv des EDF 7x40 . . . . .	175
11.9	Okular des EDF 7x40 . . . . .	176
11.10	Strichplatte des EDF 7x40 . . . . .	177



11.11	Steiner Commander 7x50 . . . . .	179
11.12	Canon 12x36 IS II . . . . .	181
11.13	KOMZ 6x24 BPC . . . . .	183
11.14	Leitz 6x24 Amplivid . . . . .	184
11.15	Chinesisches 2.3x40 Opernglas . . . . .	185
11.16	2.3x40 Opernglas (Schnittbild) . . . . .	185
11.17	Sony Digitalfernglas . . . . .	186
12.1	Unterwassertest . . . . .	191
12.2	Ente im Wasser . . . . .	192
12.3	Blick in den Objektivtubus . . . . .	193
12.4	Vignettierung der Austrittspupille . . . . .	194
12.5	Papiertest . . . . .	196
12.6	Lichtspiele . . . . .	197
12.7	Streulicht an Austrittspupillen . . . . .	197
12.8	Fujinon 7x50 MTR . . . . .	198
12.9	Streulichttest . . . . .	199
12.10	KOMZ BPO 7x30 (Strahlengang) . . . . .	200
12.11	Hong Kong bei Nacht . . . . .	201
12.12	Dämmerung am Ganesh Himal . . . . .	204
12.13	Hochspannungsmasten . . . . .	205
12.14	blc (Zeiss Jena) 8x60 der Kriegsmarine mit Nikon WX . . . . .	206
12.15	SARD 6x42 Mark 43 . . . . .	207
12.16	Zeiss (Jena) 8x60 (Okulare) . . . . .	208
13.1	Zeiss 10x42 Victory SF . . . . .	212
13.2	Leica 7x42 Ultravid HD Plus . . . . .	212
13.3	Swarovski 8x32 EL WB . . . . .	213
13.4	Nikon 8x42 Monarch HG . . . . .	215
13.5	Zeiss 8x32 Conquest HD . . . . .	215
13.6	Meopta 8x32 Meostar B1 . . . . .	216
13.7	Zeiss 7x42 Dialyt und Leica 10x50 Trinovid BA . . . . .	217
13.8	Hensoldt 8x30 Fero-D 16 . . . . .	217
13.9	Kowa 6x30 YF . . . . .	218
13.10	Bushnell Rangemaster 7x35 . . . . .	218
13.11	Zeiss (Jena) 10x50 Jenoptem . . . . .	219



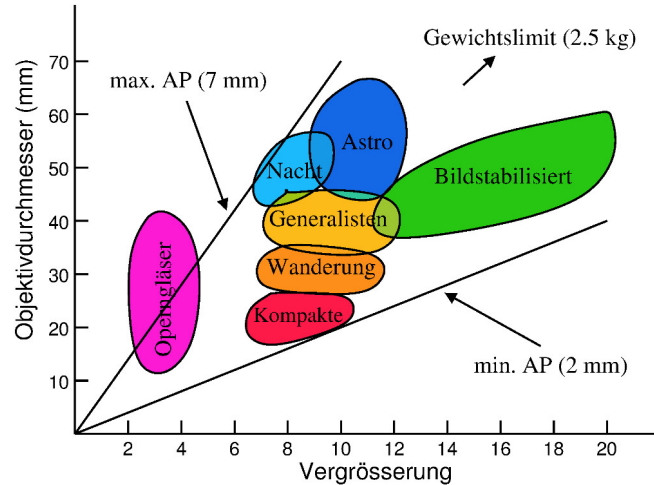
# 1 Einleitung

Dieses Buch befasst sich mit der Technik, dem Leistungsvermögen und dem praktischen Einsatz von Handferngläsern. Dabei wird der Versuch unternommen, eine Brücke zu schlagen zwischen unterschiedlichen Fachbereichen wie der technischen Optik, der Physiologie des Auges und der Wahrnehmungspsychologie – die Fernglasbeobachtung ist ja nichts anderes als ein technisch unterstützter Wahrnehmungsvorgang, der als eine Mensch-Maschine-Wechselwirkung interpretiert werden kann.

Handferngläser umspannen den Vergrößerungsbe- reich zwischen 2x und 20x, sowie Objektivdurch- messer zwischen 15–70 mm (Abbildung 1.1). Be- grenzende Faktoren sind dabei der Durchmesser der Augenpupille, der zwischen 2 mm am Tage und 7 mm in der Nacht variiert, und die Muskulatur, die das sinnvoll nutzbare Gewicht einer freihändig gehaltenen Optik auf etwa 2.5 kg limitiert. Ferner verhindert die Handunruhe Vergrößerungen jenseits des 12-fachen, sofern nicht bildstabilisierte Optiken eingesetzt werden. In Kapitel 11 werden die Anwen- dungsprofile unterschiedlichster Handferngläser im Detail diskutiert.

Dieses Buch beginnt mit einem Übersichtskapitel, das der erfahrene Fernglasanwender überspringen kann. Der Abschnitt dient dem Anfänger als Ein- stieg in die Thematik und als Vorbereitung auf die technisch anspruchsvolleren Texte.

Diese beginnen mit Kapitel 3, in dem ein grund- legendes Verständnis zur Physik und Technik der optischen Abbildung vermittelt wird. Auf eine allzu formale Begriffsbildung soll hier zugunsten eines in- tuitiven Verständnisses des Abbildungsvorgangs ver- zichtet wird. In den folgenden beiden Kapiteln zur Funktion des Teleskops und der Umkehrsysteme wer-



1.1

## Übersicht der Handferngläser und ihre Anwendungsbereiche. AP steht für die Austrittspupille.

den die Einzelkomponenten, die ein Fernglas ausma- chen, in allen Details diskutiert. Dabei werden auch Fragestellungen angesprochen, die in anderen Bü- chern zum Thema Fernglas meist zu kurz kommen, wie etwa die Schärfentiefe oder die Phasenkorrektur der Dachkantprismen. Auch die Eigenschaften des kürzlich entwickelten Perger-Umkehrsystems sowie der neuen HT-Gläser von Schott sollen hier erstmals vorgestellt werden. Schließlich liefert das Kapitel 6 zur Anatomie des Fernglases die Synthese der tech- nischen Kapitel, indem es das Zusammenspiel aller Komponenten miteinander analysiert.

Eine wohlverdiente Verschnaufpause und einen Blick in die Eingeweide eines Fernglases bietet der in Kapitel 7 reproduzierte Praxisbericht von Gastautor Gerhard Eller über seinen Fernglaseigenbau.

Der zweite Teil des Buches befasst sich mit der visuellen Wahrnehmung, wobei zunächst die Funktionsweise des Auges als optisches Instrument, und anschließend die Retina in ihren Eigenschaften als Sensor sowie als erste Instanz der Informationsverarbeitung behandelt werden. Das folgende Kapitel 9 diskutiert wichtige Grundlagen zur visuellen Wahrnehmung, die von Wahrnehmungspsychologen seit Jahrzehnten in mühevollen Versuchsreihen zusammengetragen werden. Dabei wird das Wahrnehmungsgesetz von Max Berek, das sich mit den Schwellen von Objekten befasst, ebenso diskutiert wie jüngere Erkenntnisse zum visuellen Bildaufbau, zum optischen Fluss und zur Verzeichnung des visuellen Raumes. Das Kapitel 10 behandelt schließlich die Kombination aus Fernglas und Beobachter: Die Mensch-Maschine. Es werden quantitative Ergebnisse zur Nutzleistung von Ferngläsern unter diversen Einsatzbedingungen, Formeln zur Schärfentiefe sowie zur stereoskopischen Tiefenauflösung hergeleitet. Erstmals wird auch eine Beschreibung des Globuseffekts vorgestellt, die quantitative Aussagen zur Wahl der optimalen Verzeichnung eines Handfernlasses unter Berücksichtigung seines Einsatzbereiches erlaubt.

Der letzte Teil dieses Buches ist der Fernglaspraxis gewidmet. Anwendungsprofile, Test und Kauf eines geeigneten Fernlasses werden diskutiert, wobei die Erkenntnisse aus früheren Kapiteln wertvolle Entscheidungshilfen liefern werden.

Dieses Buch richtet sich an den neugierigen Fernglasanwender, der sein Instrument besser zu verstehen sucht – etwa, um dessen Leistungsreserven voll ausschöpfen zu können, oder auch, um sich optimal auf eine anstehende Neuanschaffung vorzubereiten. Wer Ferngläser verkauft, wird hier eine reiche Auswahl an Informationen und Argumenten finden, die es ihm erlauben, seinem Kunden das richtige Instrument zu empfehlen. Selbst mancher Spezialist, der einen Blick über den Tellerrand seiner Profession wagen möchte, dürfte in diesem

Buch fündig werden: Der Konstrukteur, der mehr darüber erfahren möchte, was mit dem Strahlenbündel jenseits der Austrittspupille noch passiert, oder der Wahrnehmungspsychologe, der nach ernsthaften Anwendungsmöglichkeiten seiner Modelle in der Beobachtungspraxis Ausschau hält.

Quantitative Aussagen wären ohne die Sprache der Mathematik nicht möglich. Aus diesem Grunde wird in den folgenden Kapiteln, wann immer nötig, auch auf mathematische Formulierungen zurückgegriffen. Diese bewegen sich jedoch auf dem Niveau elementarer Funktionen, während auf höhere Mathematik konsequent verzichtet werden kann. Zudem wird auch derjenige Leser, der sich mit Formeln grundsätzlich nicht anzuverwandeln vermag, auf seine Kosten kommen: Sämtliche Ergebnisse werden analysiert und diskutiert, wichtige Formeln werden in zahlreichen Abbildungen grafisch dargestellt, sodass die entscheidenden Schlussfolgerungen auch nach dem Überspringen mathematischer Herleitungen zugänglich bleiben.

Zum Schluss bleibt die Hoffnung des Autors, dass es ihm gelingen sei, das Fernglas aus einer ungewohnten Perspektive darzustellen, und dass der Leser sein Verständnis um die technischen Zusammenhänge des Fernlasses und des Fernlasssehens auf unterhaltsame, manchmal auch anspruchsvolle Weise vertiefen mag.