

## 2 Ferngläser - der Einstieg

In diesem Abschnitt soll das Fernglas als optisches Instrument und als Gebrauchsgegenstand vorgestellt werden. Der Neueinsteiger wird auf den folgenden Seiten die Gelegenheit finden, sich mit den wichtigsten Fakten und Begriffen zum Thema vertraut zu machen. Der Buchmarkt hat durchaus brauchbare Einführungen in die Fernglaskunde zu bieten – als empfehlenswert sei etwa das im Literaturverzeichnis vorgestellte Buch *Fern-Seher* von Lambert Spix genannt. Leider gibt es jedoch auch solche Beispiele in der Fernglasliteratur, in denen die technischen Hintergründe allzu oberflächlich oder gar falsch dargestellt werden. Dem interessierten Laien wird das Lernen dadurch unnötig erschwert, da die mühevoll erarbeiteten Fakten anschließend wieder verlernt oder korrigiert werden müssen.

Um diesen Umweg zu vermeiden, bietet das vorliegende Kapitel dem Neuling einen Schnellkurs zum Thema Fernglas, dessen Funktion und Bedienung. Das Kapitel ist, um allzu viel Redundanz innerhalb des Buches zu vermeiden, kurz und kompakt gehalten, und wäre daher als eigenständiges Skript noch immer recht oberflächlich. Statt Umfang bietet es allerdings zahlreiche Querverweise in die nachfolgenden Kapitel, in denen der Leser die angesprochenen Aspekte dann jeweils im Detail studieren kann. Somit sollen die folgenden Abschnitte nicht nur informieren, sondern vor allem auch Neugier wecken. Wer jedoch schon über eigenes Grundwissen zum Thema verfügt, oder bereits ein erfahrener Fernglasanwender ist, der darf dieses Kapitel gestrost überspringen und direkt zu den Hauptteilen des Buches übergehen.



2.1

**Carl Zeiss (Jena) 8x40 Delactis: Entwickelt in den 1920er Jahren als eines der ersten Weitwinkel-Prismengläser der Geschichte, mit 70° subjektivem Sehwinkel oder 154m/1000m Sehfeld.**

### 2.1 Das Prismenfernglas: Ursprung und Wandlung

Das Fernglas ist ein optisches Beobachtungsinstrument, das – im Gegensatz zum Teleskop – aus zwei optischen Tuben besteht, und somit ein binokulares (beide Augen einbeziehendes) Beobachten erlaubt. Die Vorteile des beidäugigen Sehens liegen einerseits in der Stereoskopie, also der räumlichen Wahrnehmung (Abschnitt 10.3), andererseits in der komplexeren Bildverarbeitung: Bei den meisten Menschen sind die Augen nicht perfekt. Abbildungsfehler, insbesondere richtungsabhängige Fehler wie der Astigmatismus, können durch das Gehirn teilweise dadurch kompensiert werden, dass es die Einzelbilder beider Augen zu einem Gesamtbild verarbeitet.

Dieser Vorgang ist in unserer Alltagserfahrung derart automatisiert, dass das Fernglas einen weitaus natürlicheren Seheindruck vermittelt als die einäugige Beobachtung durch ein Teleskop.

Ferngläser wurden erstmals in der ersten Hälfte des 17ten Jahrhunderts gebaut, wenige Jahre nach der Erfindung des Teleskops um 1608 durch den Holländer Lippershey<sup>1)</sup>. Sie wurden zunächst in der Seefahrt und sehr bald auch von den Feldherren zu Land eingesetzt. Die militärische Nutzung dominierte deren technische Entwicklung und Anwendung bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts, auch wenn zu dieser Zeit bereits andere Berufsgruppen – etwa die der Jäger, Seeleute oder Astronomen – von den Fortschritten im Fernglasbau profitieren konnten.

Seine volle Leistungsfähigkeit entfaltete das Fernglas gegen Ende des 19ten Jahrhunderts mit der Integration des *Umkehrprismas* (Kapitel 5) durch die Firma Zeiss. Das Prisma erlaubte es erstmals, die vorteilhaften Eigenschaften des Keplerschen Fernrohres (Abschnitt 4.1) mit den Anforderungen des Handfernglases, also eine kompakte Bauweise und ein aufrechtes Bild zu bieten, in Einklang zu bringen. Das somit eingeführte *Prismenfernglas* war seinen Vorgängern in Bezug auf Sehfeld und Einblickverhalten weit überlegen.

Heute sind fast alle Ferngläser, mit Ausnahme der kleinen Operngläser und der großen, montierten astronomischen Geräte, bei denen auf eine Bildumkehr verzichtet werden kann, Prismenferngläser. Während der Jahre zwischen den Weltkriegen wurde die Technologie der Militärferngläser in völlig neue Dimensionen getrieben, maßgeblich von Zeiss und einigen ehrgeizigen Wettbewerbern<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Hans Lippershey, 1570-1619

<sup>2)</sup> Wer sich für historische und technische Details zu diesem Thema interessiert, der sei an das Buch von Hans Seeger verwiesen: *Zeiss-Feldstecher, Handferngläser von 1919 bis 1946, Modelle – Merkmale – Mythos*, 2015.

Seit Mitte des 20sten Jahrhunderts begann sich erstmals wieder ein nennenswerter Markt für Ferngläser zu etablieren, die für zivile Anwendungen optimiert wurden. Die Geräte wurden fortan auch auf Reisen, Sportveranstaltungen und während diverser anderer Freizeitaktivitäten eingesetzt. Seit den 1980er Jahren kam insbesondere die Ornithologie, heutzutage weltweit betrieben von zahlreichen engagierten Amateuren, als wichtiger Marktsektor hinzu. Im Zuge der Neuausrichtung des Marktes auf die Bedürfnisse der Freizeitindustrie haben auch die technischen Anforderungen an das Fernglas eine Wandlung erfahren: Brillentauglichkeit (Abschnitt 11.12), ein minimales Gewicht, die Fähigkeit, auch auf Objekte im Nahbereich fokussieren zu können (Abschnitt 6.3.1), und nicht zuletzt ein kompaktes und formschönes Design gehören heute zu wichtigen Auswahlkriterien, die ein klassisches Militärfernglas noch nicht zu erfüllen hatte. In Kapitel 12 wird die Vielfalt der Fernglasmodelle und ihre spezifischen Anwendungsspektren im Detail behandelt.

## 2.2 Porro- und Dachkantfernglas

Abbildung 2.2 zeigt zwei Beispiele von Prismenferngläsern mit unterschiedlichen Umkehrsystemen. Im unteren Bildabschnitt befinden sich jeweils die *Objektive* – Linsengruppen, die dem Objekt zugewandt sind, und durch die das Licht in das Instrument eintritt (Abschnitt 6.1). Im oberen Bildabschnitt treten die Lichtbündel wieder aus – hier befinden sich die *Okulare*<sup>3)</sup>, durch die das Bild mit dem Auge betrachtet wird (Abschnitt 6.2). Zwischen Objektiv und Okular befindet sich das Prismenumkehrsystem, das beim Fernglas in der linken Abbildung aus einem *Porro-Prisma* (Typ I, Abschnitt 5.1.2) und in der rechten Abbildung aus einem *Dachkantprisma* (vom Typ Schmidt-Pechan, Abschnitt 5.2.1) besteht. Im Volksmund spricht man schlicht

<sup>3)</sup> der Begriff Okular stammt aus dem lateinischen *oculus* = Auge

## 2.2

**Aufbau eines Porro- und eines Dachkantfernnglases. Links ein Schnittmodell des Zeiss Jena 8x50 Nobilem Super, rechts des Leica 7x42 Trinovid BN.**



von einem Porro-Fernglas oder einem Dachkantfernnglas, auch wenn es, wie in Kapitel 5 dargelegt werden wird, jeweils diverse weitere Untergruppen zu jedem dieser Prismensysteme gibt.

Das Porro-Fernglas besitzt aufgrund seiner charakteristischen Prismenanordnung weit auseinanderstehende Objektive. Man spricht hier von einem *Achsversatz*, der das räumliche Sehen begünstigt, die Beobachtung von Objekten in kurzer Entfernung (unterhalb etwa 4m) jedoch erschwert, weil in diesem Fall die Bilder beider Tuben seitlich zueinander versetzt sind und durch unsere Wahrnehmung nicht mehr ohne Mühe deckungsgleich aufeinandergelegt werden können. Das Dachkantfernnglas besitzt hingegen keinen (oder einen sehr geringen) Achsversatz, so daß es gelegentlich auch als *Geradsichtfernnglas* bezeichnet wird. Ein solches Fernnglas ist recht kompakt, von schlanker Bauform, und kann ohne nennenswerte Einschränkungen auch im Nahbereich bis etwa 2m eingesetzt werden.

Da sich die Hersteller hochwertiger Optiken in den vergangenen Jahrzehnten vornehmlich der Weiterentwicklung der populären Dachkantfernngläser gewidmet haben, ist das Porro-Design inzwischen oft als antiquiert und technisch veraltet verschrien – eine Sichtweise, die jedoch zu kurz greift und nicht zuletzt auch marketingtechnische Ursachen

hat. Schließlich kann ein Porro-Fernnglas moderner Produktion nicht nur mit seinen hervorragenden Abbildungseigenschaften brillieren, sondern dazu auch noch preisgünstiger gefertigt werden als ein Dachkantnglas vergleichbarer Güte.

## 2.3 Vergrößerung

Die wichtigsten technischen Daten eines Fernnglases sind in der Regel auf dessen Gehäuse gedruckt. Am Beispiel des in Abbildung 2.3 gezeigten Nikon liefert der Fokussierknopf die Information 8x32, wobei die erste Zahl für die *Vergrößerung* des Instruments (8x oder 8-fach) steht, und die zweite für dessen *Objektivdurchmesser* in Millimeter, also 32mm. Dies sind die beiden Hauptkennzahlen eines Fernnglases, denn einerseits handelt es sich bei der Vergrößerung um gerade diejenige Leistung, die der Anwender von einem fernoptischen Instrument erwartet, und der Objektivdurchmesser bestimmt, wieviel Licht das Gerät zu sammeln vermag, damit das vergrößerte Bild dann auch eine hinreichende Helligkeit aufweist.

Die Eigenheiten jenes Vorgangs, der als »Vergrößerung« bezeichnet wird, bedürfen einer genaueren Betrachtung: Das Fernnglas bildet ein entferntes Objekt in ein sogenanntes *virtuelles Bild* ab – das ist das Abbild des Objekts, das dem Auge beim Blick

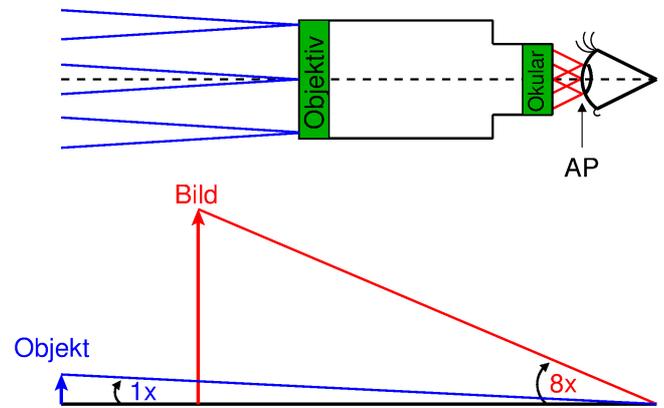


## 2.3

### Kennzahlen am Fokussierknopf eines Nikon 8x32 EDG.

durch das Okular geboten wird. Nun besitzt jedes Objekt eine bestimmte Ausdehnung, und aus der Entfernung betrachtet erscheint es unter einem vorgegebenen (objektiven) Winkel. Ein vergrößertes Abbild dieses Objekts zu erzeugen, bedeutet, diesen Winkel im virtuellen Bild des Instruments zu spreizen. Die Abbildung 2.4 stellt diesen Vorgang schematisch dar: Die Lichtstrahlen des Objekts (blau) treten unter dem objektiven Winkel in das Objektiv des Fernglases ein, und unter einem steileren Winkel aus dem Okular wieder aus (rot). Das Auge des Beobachters befindet sich am Ort der *Austrittspupille* des Okulars und nimmt dabei das virtuelle Bild auf, in welchem das Objekt aufgrund des stark aufgefächerten Lichtbündels nun um den Faktor 8 vergrößert erscheint.

Man beachte, dass Austrittspupille und virtuelles Bild verschiedene Dinge sind: Die Austrittspupille ist der Ort, an dem das aus dem Okular austretende Lichtbündel seine schmalste Stelle (»Taille«) hat. Hier tritt das Bündel in die Augenpupille ein. Erst das Auge erzeugt dann das virtuelle Bild, das



## 2.4

**Vergrößerung:** Der Winkel, unter dem das Objekt (blau) durch das Instrument erscheint, wird in diesem Beispiel um das 8-fache gespreizt (rot). AP steht für die Austrittspupille, die während des Beobachtens an die Augenpupille geführt wird.

dem Beobachter weit weg in Beobachtungsrichtung erscheint, physikalisch betrachtet jedoch – wie jedes wahrgenommene Bild – als Projektion auf der Netzhaut des Auges existiert.

Die optische Anordnung der Linsen sorgt also dafür, dass jeder Winkel, unter dem zwei beliebige Bildpunkte des Motivs erscheinen, gespreizt wird. Eine 8-fache Vergrößerung bedeutet, dass jede Winkeldifferenz zweier Motivpunkte durch das Fernglas um den Faktor 8 erweitert erscheint<sup>4)</sup>. In der Abbildung 2.4 ist diese Spreizung am Beispiel der Winkeldifferenz zwischen Fuß und Spitze des (blau dargestellten) Pfeiles gezeigt. Man lasse sich nicht durch die Entfernung des virtuellen Pfeiles (rot) vom Beobachter beeindrucken: Sie spielt hier keine Rolle, denn die (Akkommodations-)Entfernung des virtuellen Bildes lässt sich über die Fokussie-

<sup>4)</sup> Dies gilt streng genommen nur für ein Motiv, dessen Winkelausdehnung im Fernglasbild klein bleibt, andernfalls muss anstelle des Winkels dessen Tangens berechnet werden. Details dazu finden sich in Abschnitt 4.1.3.

zung spielend leicht zwischen wenigen Dezimetern und Unendlich variieren. Für den Eindruck der Vergrößerung sind ausschließlich die angesprochenen Winkeländerungen relevant.

Es sollte damit auch klar sein, dass jedes vergrößern- de Instrument die Perspektive eines realen Objekts falsch darstellt: Der Beobachter befindet sich an einem festen Standort, und das Fernrohr behandelt alle dort eintreffenden Lichtstrahlen gleich. Verschiebungen der Perspektiven, die bei einer physischen Annäherung an ein Motiv auftreten würden, werden nicht berücksichtigt, die umgebende Landschaft in diesem Vergrößerungsprozess so behandelt, als wäre sie ohne jede Tiefenstaffelung auf einem Poster abgebildet. Je nach Auslegung der Verzeichnung einer Optik erscheint dieses Poster flach (verzeichnungsfrei), oder, im Falle der sogenannten *Winkelbedingung*, auf die Innenseite einer Hohlkugel projiziert. Verschiedene Auslegungen bei der Wahl der Verzeichnung haben dabei ihre eigenen Vor- und Nachteile, zudem einen maßgeblichen Einfluss auf den Bildeindruck, der beim Schwenken des Fernglases entsteht (Abschnitte 11.10 - 11.11).

Anders als im Falle des Teleskops kollidiert bei der binokularen Fernglasbeobachtung die unnatürliche Poster-Perspektive des vergrößerten Bildes mit dem stereoskopischen Eindruck, der die Objekte in der Tiefe gestaffelt erscheinen lässt. Die beiden einander widersprechenden visuellen Informationen beantwortet unsere Wahrnehmung mit einer optischen Täuschung, die als *Liliputismus* oder *Kulisseneffekt* bekannt ist und in Abschnitt 11.9 behandelt wird.

## 2.4 Objektivdurchmesser und Austrittspupille

Der Objektivdurchmesser beeinflusst die Helligkeit des Bildes – aber wie? Die Antwort auf diese Frage liefert die Austrittspupille. In der technischen



2.5

**Austrittspupille: Die helle Scheibe, in die das Licht, das aus dem Okular austritt, gebündelt wird.**

Optik wird die Austrittspupille als das reale Abbild der *Eintrittspupille* bezeichnet – wobei die Eintrittspupille meist nichts anderes ist als die Objektivöffnung. Die Austrittspupille liegt nicht etwa, wie es die Abbildung 2.5 suggeriert, auf der Okularlinse. Sie schwebt, wie in Abb. 2.4 angedeutet, hinter der letzten Okularlinse in einem Abstand, der als *Austrittspupillen-Längsabstand* oder *Austrittspupillen-Schnittweite* (im Volksmund und in manchen Herstellerkatalogen etwas flapsig auch als *Augenabstand*) bezeichnet wird. Ein Austrittspupillen-Längsabstand von etwa 12mm ist eine notwendige Voraussetzung für einen bequemen Einblick, denn die Pupille des Beobachters sollte möglichst präzise mit der Lage der Austrittspupille übereinstimmen, damit das aus dem Okular austretende Strahlbündel optimal genutzt werden kann. Brillenträger benötigen einen noch weiteren Austrittspupillen-Längsabstand (Abschnitt 11.12), und zwar – je nach Brillenmodell und Glasstärke – zwischen 15mm und 20mm.

Der Durchmesser der Austrittspupille berechnet sich aus dem Quotienten aus Objektivdurchmesser und Vergrößerung, so dass etwa ein 8x32 Fernglas eine Austrittspupille von  $32\text{mm}/8 = 4\text{mm}$  Durchmesser aufweist. Ist dieser geringer als der Pupillendurchmesser des Beobachters, so verliert das Bild an Helligkeit und Kontrast. Man definiert daher den *effektiven Austrittspupillendurchmesser* als den kleineren der beiden Durchmesser (Austrittspupille oder Augenpupille). Der Lichtstrom, der schließlich auf die Netzhaut gelangt, ist dann proportional zur Fläche der effektiven Austrittspupille. Damit ist klar, dass die Leistung eines Fernglases kritisch von den Lichtverhältnissen abhängt: Im hellen Tageslicht sind die Augenpupillen eines Beobachters meist derart verengt, dass sie kleiner sind als die Austrittspupillen des verwendeten Fernglases. Dessen Bild wirkt dann hell und kontrastreich. In der Abenddämmerung lässt die Umgebungshelligkeit nach, die Pupillen erweitern sich im Zuge der *Adaption* auf Werte jenseits des Austrittspupillendurchmessers, und das Fernglas verliert seine Eigenschaft, ein helles Bild zu liefern. Für diesen Fall gibt es jedoch eigens entwickelte Dämmerungs- und Nachtgläser mit extra weiten Austrittspupillen, die auch unter schlechten Lichtverhältnissen noch einen maximal möglichen Lichtstrom in das Auge führen (Abschnitte 12.3 und 12.4). Da diese bei vorgegebener Vergrößerung entsprechend dimensionierte Objektive und Prismen benötigen, sind sie relativ schwer und nicht immer ideal für den Alltagsgebrauch geeignet.

Eine interessante Konsequenz der physikalischen Zusammenhänge von Objektivöffnung, Austrittspupille und Lichtstrom ist, dass ein Fernglas keinesfalls ein helleres Abbild einer Landschaft liefern kann als das unbewaffnete Auge: Es vergrößert zwar einen Ausschnitt des Motivs, verstärkt jedoch nicht dessen Oberflächenhelligkeit. Eine Ausnahme von dieser Regel existiert dennoch, falls ein Objekt hoher Leuchtdichte (etwa: ein Fixstern) eine derart geringe Winkelausdehnung besitzt, dass dessen Abbild

trotz des Vergrößerungsfaktors nicht als ausgedehntes Motiv erscheint. In diesem Fall kann das Bild durch das Instrument heller erscheinen als das Objekt dem unbewaffneten Auge. In den Abschnitten 11.1 - 11.5 geht dieses Buch in vielen Details auf die wichtigen und keineswegs immer trivialen Zusammenhänge zwischen Augenpupille, Austrittspupille und Leistungsvermögen eines Fernglases ein.

## 2.5 Sehwinkel und Sehfeld



2.6

**Scheinbare Sehwinkel (schematisch): Mit  $50^\circ$  ist ein Panoramablick nicht möglich, bei etwa  $70^\circ$  ist auf dem Fernglasmarkt bereits Schluss.**

Das in Abbildung 2.3 gezeigte Fernglas liefert auch eine Angabe zu dessen Sehwinkel:  $7.5^\circ$  bezieht sich auf dessen *objektiven* oder *realen Sehwinkel*. Hier handelt es sich um die Winkeldifferenz zweier Punkte, die durch das Fernglas eben noch gleichzeitig abgebildet werden können. Der *subjektive* oder *scheinbare Sehwinkel* ist dann die Winkelausdehnung des virtuellen Bildes und entspricht näherungsweise dem Produkt aus objektivem Sehwinkel und Vergröße-

rung, in unserem Beispiel also etwa  $8 \times 7.8^\circ \approx 62^\circ$ . Für eine präzise Berechnung des subjektiven Sehwinkeles muss zudem die Verzeichnung des Fernglases mit einbezogen werden. In vielen Fällen wird anstelle des objektiven Sehwinkeles das *Sehfeld* in Meter auf tausend Meter Entfernung angegeben, das in diesem Beispiel 136m/1000m ergibt. Präzise Umrechnungsformeln zwischen den Sehwinkeleln und dem Sehfeld werden in Abschnitt 4.1.4 vorgestellt.

Der subjektive Sehwinkel bestimmt die Größe des Bildes, wie es das Auge durch das Okular wahrnimmt. Ist dieser Winkel zu klein, so wirkt das Fernglas engsichtig und der Beobachter erhält den Eindruck eines »Tunnelblicks«. Überschreitet der subjektive Sehwinkel einen Wert von  $60^\circ$ , so spricht man nach europäischer Norm von einem *Weitwinkelfernglas* (in Japan werden dafür mindestens  $65^\circ$  verlangt).

Die Abbildung 2.6 soll einen Eindruck vermitteln, wie sich unterschiedliche Sehwinkele auf den sichtbaren Bildausschnitt auswirken. Der subjektive Eindruck, den das Fernglasbild durch das Okular bietet, variiert jedoch viel stärker mit dem scheinbaren Sehwinkel, als es diese Abbildung suggeriert: Ein Fernglas mit einem Sehwinkel von  $70^\circ$  beeindruckt durch sein weites, den Beobachter in das Geschehen ziehendes Panorama, während ein Winkel von  $60^\circ$  noch angenehm, aber kaum beeindruckend ist, und ein Winkel von  $50^\circ$  bereits das Gefühl vermittelt, dass man etwas Wichtiges verpassen könnte, weil der Bildausschnitt zu sehr eingeschränkt erscheint. Die Ursache für diese subjektiven Bewertungen der scheinbaren Sehwinkele ist in der Wahrnehmungspsychologie zu finden, etwa in der Art und Weise, wie unser Gehirn sich mithilfe von *Sakkaden* einen schnellen Überblick über eine Motivauswahl verschafft (Abschnitt 10.4).

Es liegt auf der Hand, dass ein möglichst natürlicher Bildeindruck nach einem scheinbaren Sehwinkel verlangt, der sich im Rahmen des *Gesichtsfelds*

des unbewaffneten Auges bewegt (Abschnitt 9.2). Entsprechende »Superweitwinkel«-Ferngläser mit Sehwinkeleln ab  $75^\circ$  gibt es jedoch in hinreichender Qualität nicht mehr zu kaufen. Es scheint keinen Markt für solche Instrumente zu geben, die mit ihren weiten Strahlbündeln konstruktionsbedingt größer und auch schwerer ausfallen als Ferngläser, die es »von der Stange« zu kaufen gibt. Wer jedoch einmal mit solch einem Fernglas beobachtet hat, der wird den Eindruck nicht vergessen, den ein weites, grenzenloses Sehfeld erzeugt: Anstatt aus der Distanz durch ein Instrument auf ein Motiv zu blicken, wirkt es so, als stünde man als Beteiligter mitten drin in der Szene. Nach dieser Erfahrung kehrt man nur schweren Herzens wieder zu seinem Standardgerät mit  $60^\circ$  Sehwinkel zurück. In Abschnitt 6.5.4 wird diskutiert, wie ein modernes, dämmerungstaugliches Fernglas mit einem scheinbaren Sehwinkel von  $75^\circ$  konstruiert sein könnte.

## 2.6 Zur Handhabung von Ferngläsern

Bevor mit der Beobachtung begonnen werden kann, muss ein Fernglas zunächst angepasst werden. Dieser Vorgang beansprucht mit etwas Übung nicht mehr als 10-20 Sekunden, er führt zudem mit zunehmender Erfahrung zu hinreichend präzisen und reproduzierbaren Einstellungen, die es erlauben, die volle Leistung der Optik abzugreifen.

Im ersten Schritt wird der Abstand beider Okulare auf die *Augenweite* des Anwenders eingestellt, so dass beide Austrittspupillen möglichst konzentrisch auf den Augenpupillen liegen. Ungenauigkeiten führen hier nicht nur zu irritierenden Abschattungen während der Beobachtung, sondern auch zu Farbsäumen an kontrastreichen Motiven. Die Abbildung 2.7 zeigt ein Fernglas, das an seiner Knickbrücke eine Skala für den Okularabstand aufweist. Wer seine Augenweite kennt, der kann hier bereits eine Voreinstellung vornehmen, ohne dass das Fernglas



## 2.7

Ein antikes Leitz 8x30 Binuxit aus den 1950er Jahren. An der Knickbrücke befindet sich eine Skala, die die Augenweite (den Abstand zwischen beiden Okularen) in Millimetern anzeigt (Einstellung hier: etwa 65mm).

ans Auge gesetzt werden muss. Leider sind diese Abstandsanzeigen in den vergangenen Jahren aus der Mode gekommen und daher an modernen Ferngläsern nicht immer vorhanden. Der typische Einstellbereich umfasst meist Augenweiten zwischen etwa 56mm und 74mm. Kleinkinder benötigen nicht selten noch engere Einstellungen – hier muss dann in den Herstellerkatalogen gezielt nach geeigneten Kandidaten Ausschau gehalten werden.

Es folgt die *Fokussierung* auf das zu beobachtende Objekt, die aus zwei Phasen besteht: Aus der *Entfernungseinstellung* und der *Dioptrieneinstellung*. Letztere ist erforderlich, falls ein Anwender, dessen Augen unterschiedliche »Stärken« (Dioptrienwerte) aufweisen, ohne seine Sehhilfe (Brille oder Kontaktlinsen) beobachten möchte.

Die Fokussierung erfolgt heute meist über einen *zentralen Mitteltrieb*, wie am Beispiel des Fernglases aus Abbildung 2.8 gezeigt. Antike Instrumente, je-

doch auch moderne Militärferngläser, bieten anstelle des Mitteltriebs oft eine *Einzelokulareinstellung*, wie am Beispiel des Delactis in Abbildung 2.1 zu sehen. Hier muss jedes Okular separat fokussiert werden, dafür entfällt dann die anschließende Dioptrieneinstellung. Verschiedene technische Ausführungen der Fokussierung werden in Abschnitt 6.3 diskutiert.



## 2.8

Dieses Meopta 10x50 Meostar besitzt einen **zwei-teiligen Mitteltrieb**: Die breite Walze ist für den **Fokus** zuständig. Die vorgeschaltete, drehbare Scheibe dient der **Dioptrieneinstellung**, wobei die weiße Markierung die **Nullstellung** anzeigt. Beide drehbaren **Augenmuskeln** sind hier auf ihre **Extremstellungen** eingestellt.

Bei Ferngläsern mit zentralem Mitteltrieb gilt die Konvention, dass die Dioptrieneinstellung nur die Fokussierung des rechten Tubus modifiziert. Der Beobachter fokussiert also zunächst den linken Tubus mit der Fokussierwalze, und anschließend den rechten Tubus mithilfe der Dioptrieneinstellung. Ist letztere einmal erledigt, so kann im weiteren Verlauf der Beobachtung darauf verzichtet werden, weil ja ein Drehen an der Fokussierwalze die Dioptriendifferenz beider Tuben nicht antastet. Es existieren verschie-

dene Ausführungen der Dioptrieneinstellung, über die im Zweifel die Bedienungsanleitung Auskunft erteilt. Abbildung 2.8 zeigt das Beispiel eines zweiseitigen Mitteltriebs, bestehend aus der breiten Fokussierwalze und einer aufgesetzten Einstellscheibe zur Dioptrienkorrektur. Letztere bleibt beim Bedienen der Fokussierwalze unverändert. Bei dem in Abbildung 2.7 gezeigten Leitz Binuxit hingegen erfolgt die Dioptrienverstellung direkt am rechten Okular, das mittels eines Gewindes hinein- oder herausgedreht wird.

Die Fokussierung sollte stets vom Nahbereich her erfolgen, aus der Richtung also, in der sich die Fokussierung vom Vordergrund her auf das zu fokussierende Objekt zubewegt. Das virtuelle Bild des Objekts bewegt sich dabei von einer Stellung »jenseits Unendlich« auf den Beobachter zu. Sobald das Bild dann scharf wird, ist das Auge in einem entspannten Zustand, auf eine mittlere Entfernung anstatt auf den Nahbereich akkommodiert, so dass es weniger schnell ermüdet.

In einem letzten Schritt müssen eventuell noch die *Augenmuscheln* auf einen passenden Abstand eingestellt werden. Dies ist insbesondere dann nötig, wenn das Fernglas Brillenträgerokulare hat, also Okulare mit weiten Austrittspupillen-Längsabständen. Moderne Ferngläser weisen meist drehbare Augenmuscheln auf, die in verschiedenen vorgegebenen Abständen einrasten. Nicht-Brillenträger werden meist die voll ausgefahrenen Augenmuscheln verwenden, während der Brillenträger diese je nach Bedarf mal mehr, mal weniger weit hineindreht. In der optimalen Stellung sollte das komplette Sehfeld des Fernglases bequem zu überblicken sein. Ist dies nicht der Fall, so müssen die Augenmuscheln ein wenig tiefer gestellt werden. Kommt es dagegen zu geisterhaften Abschattungen (auf Neudeutsch auch »kidney-beaning« genannt) beim Blick über das Sehfeld, oder während des Schwenkens, dann ist das Auge vermutlich zu nah am Okular und die Au-

genmuscheln sollten ein Stück weit herausgefahren werden.

Nicht immer gelingt es auf diese Weise, einen optimalen Einblick zu erzielen. Das Einblickverhalten eines Fernglases ist von diversen Faktoren abhängig, die nicht von den individuellen Eigenschaften und Vorlieben des jeweiligen Anwenders getrennt werden können. Das optimale Fernglas finden zu wollen ist somit ein Vorhaben, bei dem Erfahrung, Geduld, und auch ein wenig Glück erforderlich sind.

## 2.7 Jedes Fernglas ist ein Kompromiss



2.9

**Das »Standard-Fernglas«, das allen Anforderungen gerecht wird, gibt es nicht.**

Es ist leider nicht möglich, das ultimative »Superfernglas« zu bauen, das alles besser kann als seine Konkurrenten. Schon auf den ersten Blick sollte klar sein, dass auf Reisen und bei der Tagesbeobachtung ein kleines, handliches Gerät besser geeignet ist als ein großes, klobiges Nachtfernglas, und dass umgekehrt ein Kompaktfernglas für die Nachtbeobachtung völlig unbrauchbar ist. Es existieren jedoch noch andere, subtilere Zusammenhänge, die darauf

hinauslaufen, dass jedes Fernglas durch die Gesetze der Optik und die Grenzen der Mechanik Einschränkungen unterworfen ist, und dass der Konstrukteur bei jedem Neuentwurf darüber nachzudenken hat, welche dieser Einschränkungen angesichts der Vorgaben seines Auftraggebers weniger ins Gewicht fallen sollen.

Als Beispiel sei eine hohe Randschärfe der Abbildung genannt, die ohne Zweifel erstrebenswert und auch gut zu vermarkten ist. Um jedoch eine hohe Abbildungsleistung über ein hinreichend weites Sehfeld zu erreichen, muss der optische Designer auf zusätzliche Linsen zurückgreifen. Jedes optische Bauteil in einem Strahlengang stellt dabei immer auch ein Störfaktor dar: Es kommt im Glas zu einer Absorption von Licht, sowie zu Verlusten durch Reflexion und kleinsten Unebenheiten auf den Oberflächen. In der Astronomie sind daher die Planetenokulare, die auf maximalen Kontrast optimiert werden, von einfachster Bauart, aus nur wenigen Linsen aufgebaut, und mit kleinen Schwinkeln ausgestattet. Je mehr Einzelteile der optische Aufbau enthält, desto höher auch die Gefahr, dass eines davon die im Design vorgesehenen Toleranzvorgaben nicht erfüllt und damit die Güte der Gesamtabbildung herabsetzt.

Ein weiteres Beispiel betrifft den Fokussierbereich des Fernglases: Ein Nahfokus von nur 2m macht das Fernglas tauglich für die Insektenbeobachtung und liefert daher ein attraktives Verkaufsargument. Der Konstrukteur steht dann jedoch vor dem Problem, eine Optik entwickeln zu müssen, die sowohl im Fernbereich als auch im extremen Nahbereich noch hinreichend scharf abbildet. »Alles gleich gut« ist dabei praktisch unmöglich, und erneut hat er sich mit manchem Kompromiss abzufinden. Erschwerend kommt hinzu, dass ja der gesamte Fokussierbereich hinreichend schnell abgefahren werden soll, die Fokussiermechanik des Mitteltriebs also gröber übersetzt werden muss, während der Nahpunkt im Rahmen des Designs herangezogen wird. Dabei kann die Präzision der Fokussiereinheit beeinträchtigt

werden, ganz abgesehen von dem höheren Wartungsaufwand, mit dem bei intensiver Nutzung des nun schneller übersetzten Getriebes zu rechnen ist.

Kompromisse im Fernglasbau werden sich wie ein roter Faden durch den Rest dieses Buches ziehen. In den Werbeabteilungen der Fernglashersteller sind solche Diskussionen nicht gern gesehen – schließlich möchte doch jeder Produzent seinem Kunden das »perfekte Produkt« anbieten, das keinerlei Wünsche mehr offen lässt. Der Leser dieses Buches darf sich dennoch darauf verlassen, dass ihm nicht etwa aus falscher Rücksichtnahme einzelne Fakten, die in Dissonanz mit manchen blumigen Versprechen aus den Hochglanzkatalogen geraten könnten, vorenthalten werden. Stattdessen wird er die Gelegenheit dazu bekommen, die Kompromisse und Grenzen einer Fernoptik zu verstehen, um dann, mit diesem Wissen ausgestattet, systematisch zu seinem persönlichen »Optimalglas« zu finden.