

Fernrohr Führerschein

in ④ Schritten

- Das Fernrohr kennen lernen
- Die Fernrohrleistung einschätzen
- Das Fernrohr benutzen
- Astronomische Objekte beobachten



Eine Anleitung für Teleskop-Besitzer
7. aktualisierte Auflage



Ronald Stoyan

1 Das Fernrohr kennen lernen

Optik	3
Refraktor	4
Reflektor	6
Katadioptrische Systeme	8
Montierung	10
Azimutale Montierung	10
Parallaktische Montierung	13
Stativ	16
Zubehör	17
Visiereinrichtung/Sucher	17
Taukappe, Vibrationsdämpfer	18
Nachführmotor	19
Teleskop/Goto-Steuerung	20
Okulare, Binokularansatz	22
Prismen, Linsen	28
Okular-/Sonnenfilter	31
Fotoausrüstung	36
Kameras	36
Kamera-Adapter	40
Astrofotografie-Hilfsmittel	42

2 Die Fernrohrleistung einschätzen

Lichtsammelvermögen	47
Austrittspupille	49
Auflösungsvermögen	50
Vergrößerung	52
Tipps für die Okularwahl	53
Seeing	54
Obstruktion	55
Transmission und Reflektivität	56
Bildfehler	57
Oberflächenqualität	58
Test der Optik	59
Optikfehler im Sterntest	60
Kollimation und Justage	61
Justage eines Newton-Teleskops	61
Pflege und Reinigung	64

3 Das Fernrohr benutzen

Beobachtungsvorbereitung	66
Beobachtungsplatz	68
Aufbauen und Ausrichten	71
Einnorden	73
Goto-Initialisierung	75
Aufsuchen	76
Starhopping	76
Sternzeit-Methode	78
Koordinaten-Methode	79
Goto-Methode	80
Gesichtsfeld	81
Beobachtungstechniken	83
Zeichnen	85
Astrofotografie	88
Mitgeführte Kamera	89
Fokalfotografie	90
Okularprojektion	92
Videoastronomie	93
Beobachtungsnacht	95

4 Astronomische Objekte beobachten

Entfernungsangaben	96
Helligkeitsangaben	96
Größenangaben	97
Nomenklatur	98
Das Sonnensystem	99
Mond, Sonne	100
Merkur, Venus, Mars	108
Jupiter, Saturn, Uranus	112
Zwergplaneten, Kometen	116
Deep-Sky-Objekte	119
Orionnebel	120
Lagunennebel	122
h und chi, Plejaden	124
Algol, Mizar/Alkor	128
Albireo	132
Crab-Nebel	134
Ringnebel	136
Herkuleshaufen	138
Andromedagalaxie	140
Strudelgalaxie	142

Tipps und Tabellen

Fernrohr-Besitzer-Tipps	144
Allgemein	144

Verbesserungen für Kaufhaus-Teleskope	145
Astro-Bibliothek	147
Planetenstellungen	148
Astronomische Ereignisse	149

Die geographischen Koordinaten großer Städte im deutschen Sprachgebiet	150
Doppelsterne zum Test des Auflösungsvermögens	150

Helle Deep-Sky-Objekte	151
Die Sternbilder	152
Zeichenschablone	154
Glossar	156
Stichwortverzeichnis	158

Ein Fernrohr (auch Teleskop genannt, von griech. »weit sehen«) besteht aus drei Teilen:

- **Optik:** Das eigentliche Fernrohr, bestehend aus Teleskop-tubus mit Linsenobjektiv oder Spiegel und Okularauszug.
- **Montierung:** Vorrichtung mit zwei beweglichen Achsen, die die Ausrichtung und Bewegung des aufgesattelten Instruments erlaubt.
- **Stativ:** Unterbau, der Montierung und Teleskop trägt, oft ein Holz- oder Alu-Dreibein, kann auch eine Säule sein.

Abb. 1-1: Moderne Fernrohre mit Montierung und Stativ – links ein Refraktor, rechts ein Reflektor.



Optik

Der Körper eines Fernrohres besteht grundsätzlich aus dem Objektiv, dem Tubus, und dem Okularauszug, der das Okular (lat. »Augenstück«) aufnimmt. Je nach der Art des Objektivs unterscheidet man zwischen Linsen- oder Spiegelteleskop. Linse oder Spiegel haben jeweils die Aufgabe, Licht einer weit entfernten Quelle zu sammeln und in einem Brennpunkt zu vereinen. Das dadurch entstehende vergrößerte Bild des betrachteten Objektes wird mit dem Okular wie mit einer Lupe nachvergrößert. Mit verschiedenen Okularstärken erreicht man verschiedene Vergrößerungen. Alle astronomischen Teleskope erzeugen ein Bild, das zum Anblick mit bloßem Auge um 180° gedreht ist, oben und unten sowie rechts und links sind also vertauscht.

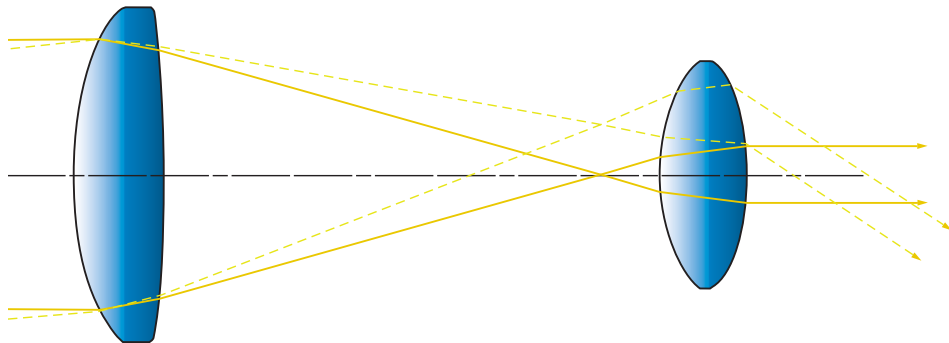


Abb. 1-2: Das Prinzip der Fernrohroptik: Die aus dem Unendlichen kommenden parallelen Lichtstrahlen werden vom Objektiv fokussiert und mit einem Okular vergrößert.

Übersicht der wichtigsten Teleskop-Optik-Typen

Art	Typ	Beschreibung
Refraktor	verkitteter Achromat	Linsenfernrohr aus zwei verkitteten Linsen, Farbfehler deutlich
	Fraunhofer	Linsenfernrohr aus zwei Linsen mit Luftspalt, Farbfehler mäßig
	Apochromat	Linsenfernrohr aus zwei oder mehr Linsen, Farbfehler gering
Reflektor	Newton	Spiegelfernrohr, Einblick seitlich am vorderen Ende
	Cassegrain	Spiegelfernrohr, Einblick hinten durch Loch im Hauptspiegel
Katadioptrisch	Schmidt-Cassegrain	Spiegel-Linsen-Fernrohr, Einblick wie Cassegrain, plus Korrekionsplatte
	Maksutov-Cassegrain	Spiegel-Linsen-Fernrohr, Einblick wie Cassegrain, plus Meniskuslinse
	Schmidt-Newton	Spiegel-Linsen-Fernrohr, Einblick wie Newton, plus Korrekionsplatte
	Maksutov-Newton	Spiegel-Linsen-Fernrohr, Einblick wie Newton, plus Meniskuslinse

■ Refraktor

Als Refraktor wird ein Teleskop bezeichnet, dessen Objektiv aus einer Glaslinse besteht, die das einfallende Licht zum Brennpunkt bricht (lat. frangere: brechen). Dieser Teleskoptyp ist derjenige, der für die meisten Menschen nach »klassischem Fernrohr« aussieht: In einem langen Tubusrohr ist vorne die Linse eingefasst, das andere Rohrende trägt den Okularauszug, in den das Okular eingesteckt wird. Diese Bauweise wird auch bei kleinen Taschenfernrohren und Ferngläsern angewandt.

Die Linsenteleskope haben den Nachteil, dass sie verschiedenfarbiges Licht nicht im selben Brennpunkt fokussieren können. Das Ergebnis sind farbige Säume um helle Objekte, die als chromatische Aberration (siehe Schritt 2) bezeichnet wird. Um diesen Fehler zu vermindern, bestehen die meisten Amateurfernrohre aus zwei Linsen verschiedener Glassorten, die ermöglichen, dass zumindest zwei Farben im selben Punkt fokussiert werden. Solche Objektive werden Achromate genannt, solche mit nur einer

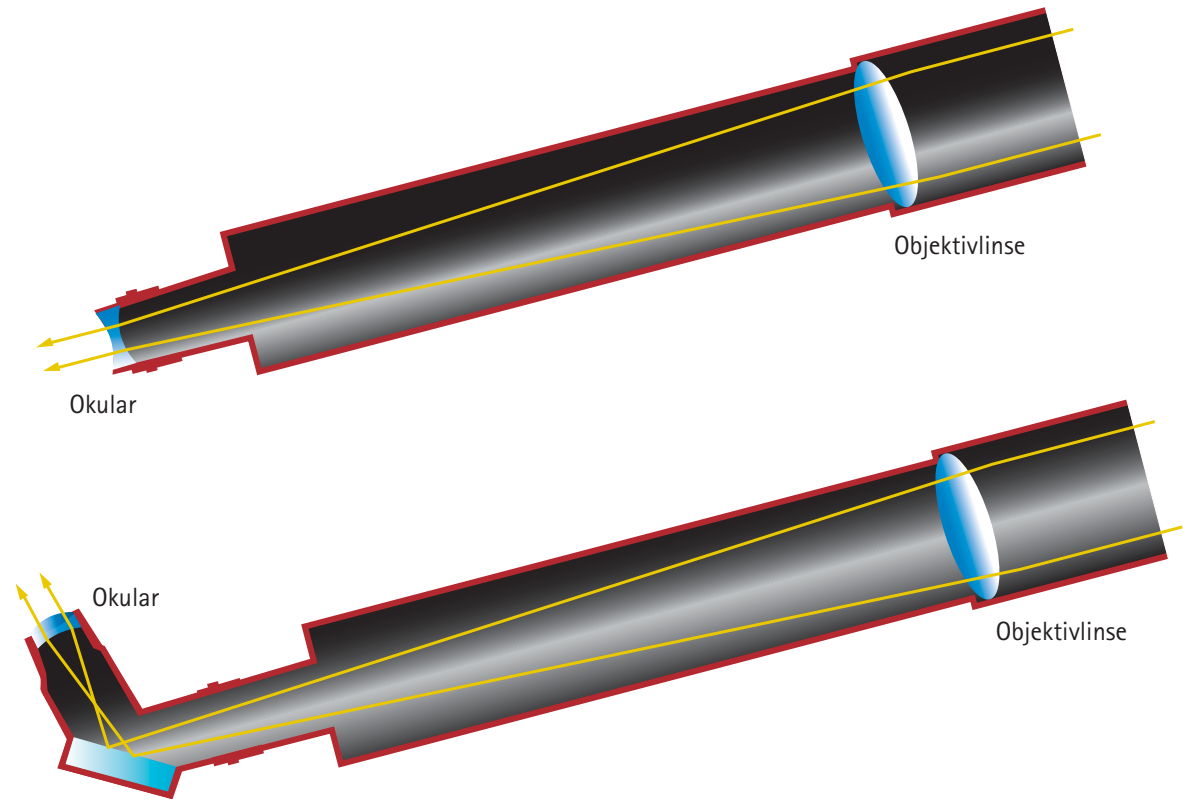


Abb. 1-3: Strahlengang eines Refraktors nach Galilei (oben) und nach Kepler (unten).

Refraktortyp	Objektiv	Glassorte	Glas-Luft-Grenzflächen
normaler Achromat (C)	2 verkittete Linsen	Kronglas, Flintglas (Borkron, Schwerflint)	2
Fraunhofer-Achromat (E, FH)	2 Linsen mit Luftspalt	Kronglas, Flintglas (Borkron, Schwerflint)	4
Halbapochromat (AS)	2 Linsen mit Luftspalt	Kalziumflintglas, Kronglas (Kurzflint, Borkron)	4
Vollapochromat	2 oder mehr Linsen mit/ohne Luftspalt	verschieden	2-6
ED-Apochromat (ED)	2 Linsen mit Luftspalt	eine Linse Extra-Low-Dispersion-Glas	4
Fluorit-Apochromat (FL)	2 verkittete Linsen	eine Linse Fluoritkristall	2

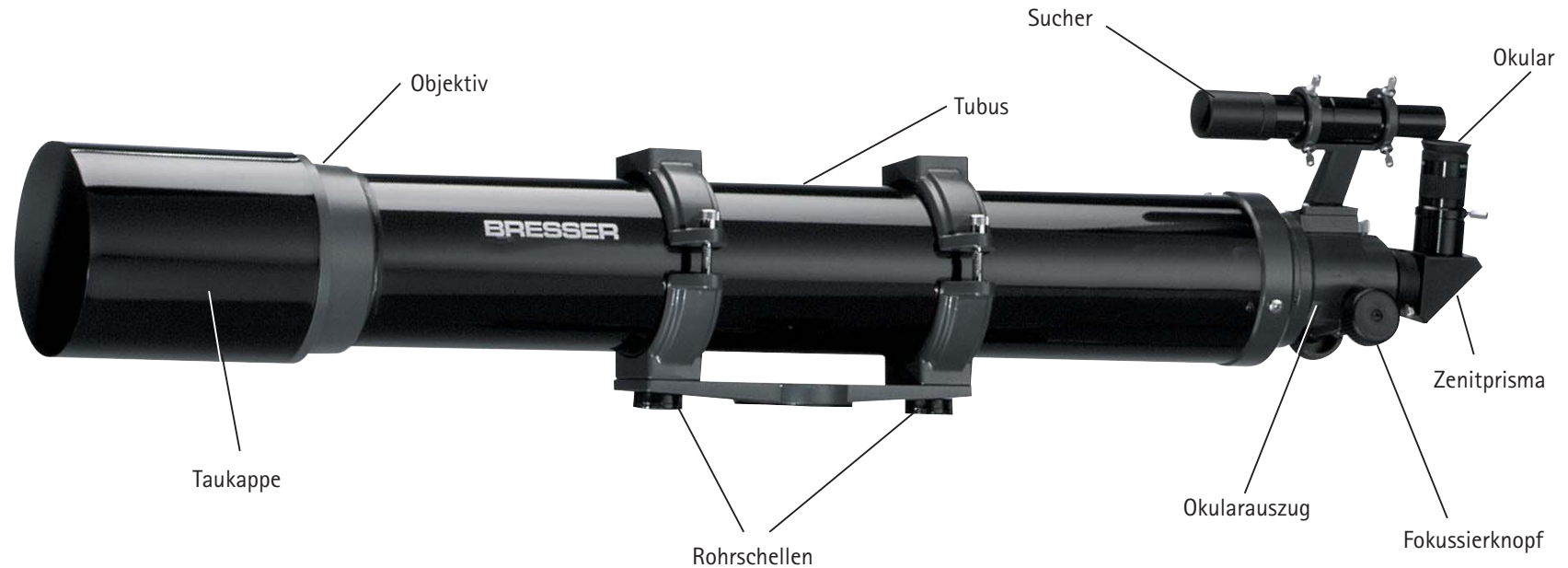


Abb. 1-4: Einzelteile eines Refraktortubus (oben). Der Beobachter blickt am hinteren Ende in das Okular.

Einzellinse Chromate (griech. chroma: Farbe). Das gängigste achromatische Objektiv besteht aus zwei verkitteten Linsen. Ein Fraunhofer-Achromat besteht dagegen aus zwei Linsen mit dazwischen liegendem Luftspalt.

Apochromate sind Linsenteleskope, die sogar drei Farben im selben Punkt fokussieren können. Hier sind praktisch keine Farbsäume mehr sichtbar. Die meisten heute als Apochromate beworbenen Refraktoren sind aber eigentlich Halbapochromate, deren

Abbildung zwischen dem eines Fraunhofer-Objektivs und eines echten Apochromaten liegt.

Zur Vermeidung von störenden Reflexionen im Tubus sind in diesem sogenannte Rohrblenden angebracht. Der Okularauszug besteht normalerweise aus einem Rohr, das mittels Zahn und Trieb in das Teleskoprohr eingeschoben wird. Das Verstellen erlaubt der doppelte Rändelknopf. Die Okularhülse, fest mit dem Okularauszug verbunden, nimmt das Okular auf, das einfach eingesteckt wird.

Der vordere Tubusteil eines Refraktors ragt über die Objektivlinse hinaus, damit sich in feuchten Nächten Tau hier und nicht auf der Objektivlinse niederschlägt. Er wird auch als Taubkappe bezeichnet.

Reflektor

Als Reflektoren werden allgemein Spiegelteleskope bezeichnet. Es gibt mehrere gängige Konstruktionstypen, die wichtigsten Typen sind das Newton- und das Cassegrain-Teleskop.

Beim Newton-System blickt man am oberen Tubusende in das Okular. Der sogenannte Hauptspiegel liegt am unteren Ende des Tubus, er sammelt und fokussiert das Licht. Vorne im

Teleskop ist an einer Halterung, der sogenannten Spinne, der Fangspiegel angebracht; er wirft das Licht in den seitlich angebrachten Okularauszug.

Beim Cassegrain-Teleskop ist der Okularauszug wie beim Refraktor am hinteren Tubusende. Der Hauptspiegel besitzt eine zentrale Bohrung, ist also ringförmig. Das stört nicht, da der am oberen Tubusende sitzende Fangspiegel die Mitte des Hauptspiegels sowieso abdeckt. Der Fangspiegel wirft die vom Hauptspiegel gebündelten Strahlen nicht wie beim Newton-Teleskop zur Seite, sondern direkt zurück. Deshalb kann man in Cassegrain-Teleskop-tuben längere Brennweiten als in Newton-Rohren unterbringen,

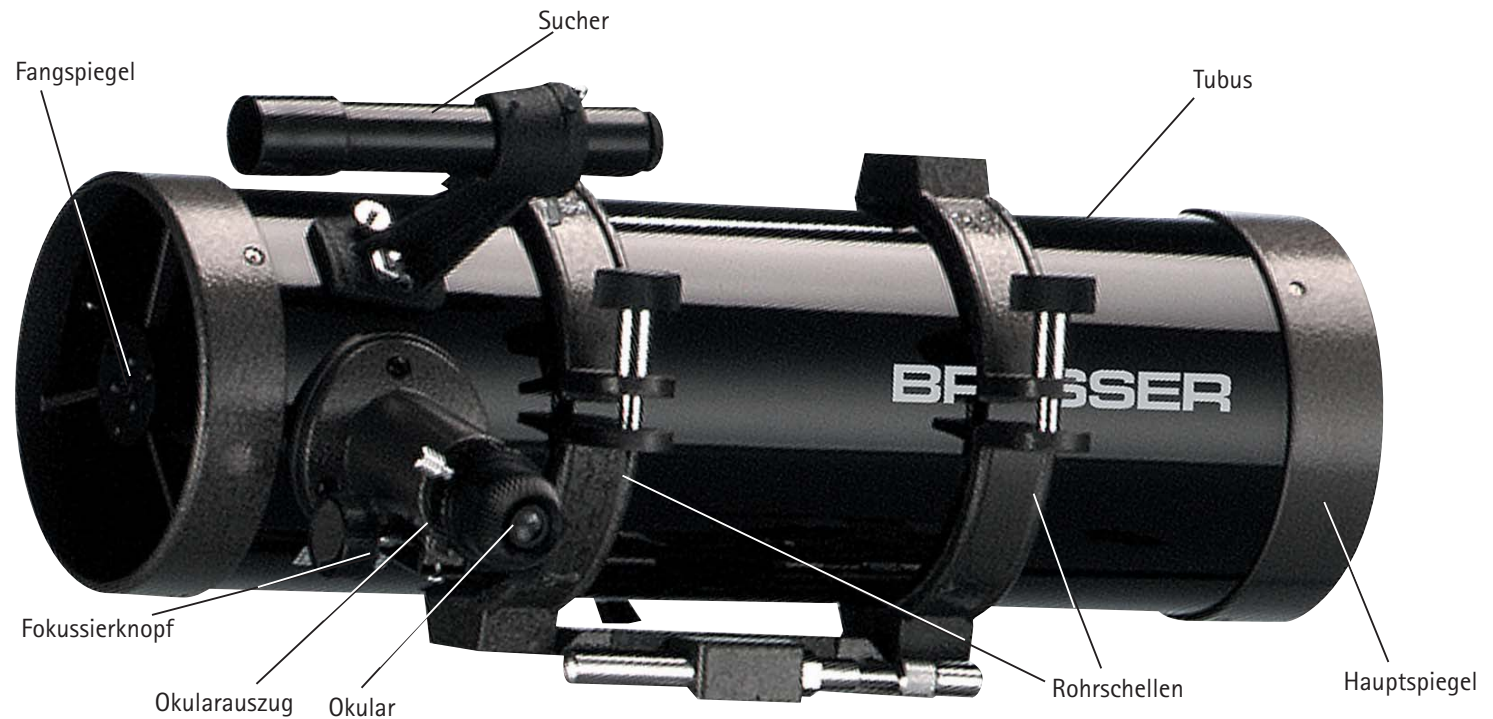


Abb. 1-5: Einzelteile eines Newton-Tubus (oben). Der Beobachter blickt am vorderen Ende seitlich in das Okular.

Spiegel-Glassorten	Farbe	Eigenschaften
Fensterglas (float glass)	grünlich	große Wärmeausdehnung
Plate-Glass	weiß, nicht klar	große Wärmeausdehnung
Borkron (z.B. Bk-7)	weiß, glasklar	große Wärmeausdehnung
Pyrex	blass olivfarben	geringe Wärmeausdehnung
Zerodur	braun, milchig	fast keine Wärmeausdehnung

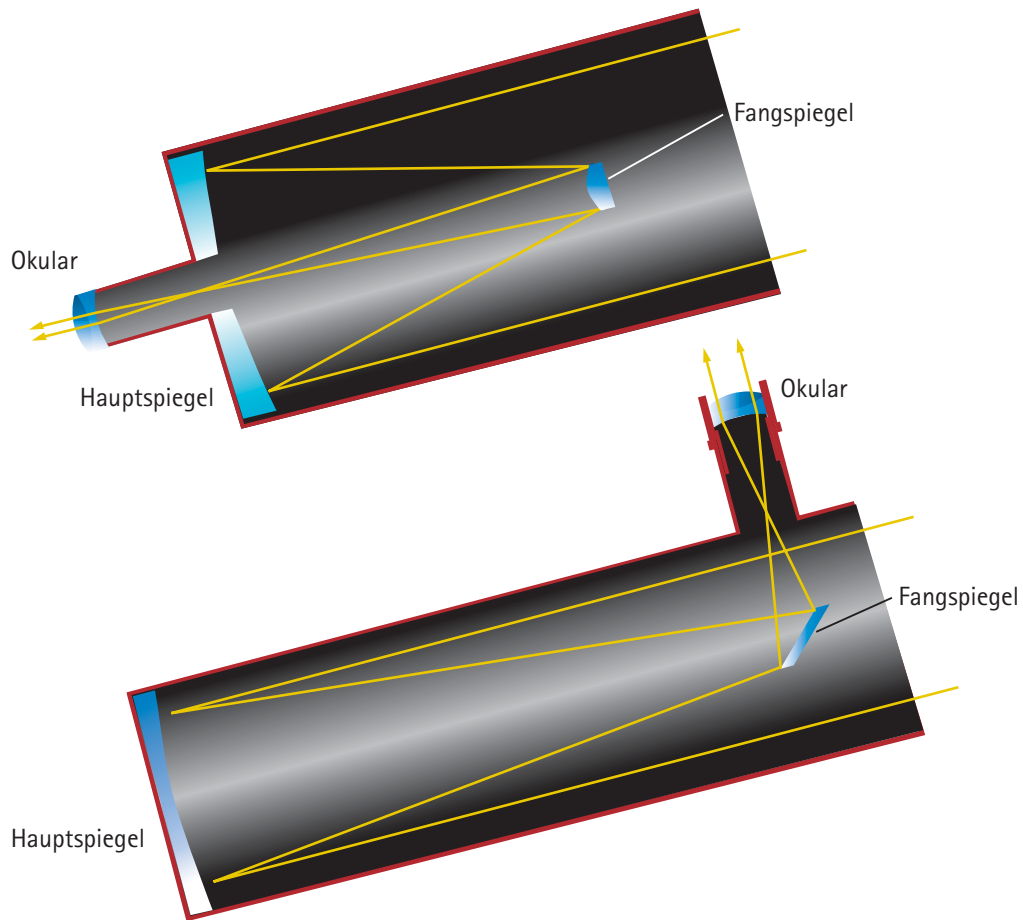


Abb. 1-6: Strahlengang eines Cassegrain-Reflektors (oben) und eines Newton-Reflektors (unten).

ein Cassegrain ist also kürzer als ein Newton mit gleicher Brennweite.

Die Spiegelteleskope mit sphärischem, also kugelförmigem Spiegel haben den Nachteil, dass sie das an verschiedenen Stellen auf dem Spiegel auftreffende Licht nicht in einem Punkt fokus-



Abb. 1-7: Einzelteile eines Cassegrain-Tubus (oben). Der Beobachter blickt am hinteren Ende in das Okular.

sieren können. Das Ergebnis sind unscharfe Bilder, man bezeichnet dies als sphärische Aberration (siehe Bildfehler). Um dies zu vermeiden, sind größere Spiegel statt in einer Kugelformoberfläche in Parabolform geschliffen (Parabolspiegel).

Katadioptrische Systeme

Als Katadioptrische Systeme werden Teleskope bezeichnet, die Spiegel- und Linsenelemente zur Bildgewinnung kombinieren. Dazu zählen die Schmidt-Cassegrain und Maksutov-Teleskope.

Schmidt-Cassegrain-Teleskope (SCT) sind eine veränderte Bauform des Cassegrain-Spiegelteleskops. Sie besitzen einen Kugelspiegel, dessen kurze Brennweite durch einen speziell geschliffenen Fangspiegel verlängert wird. Dadurch kann der Tubus noch kürzer als beim originalen Cassegrain gehalten werden. Der Fangspiegel ist auf der Innenseite einer Schmidtplatte genannten Korrektionslinse im oberen Tubusende angebracht. Diese ist notwendig, um die sphärische Aberration (siehe Schritt 2) des Kugelspiegels zu kompensieren.

Auch beim Maksutov-Cassegrain-Teleskop ist das Vorbild das Cassegrain-System. Wie beim SCT ist der Hauptspiegel in Kugelform geschliffen. Die noch stärker als dort provozierte sphärische Aberration (siehe Schritt 2) wird durch eine ebenfalls sphärische Korrektionsplatte, die Meniskuslinse genannt wird, retuschiert. Der Fangspiegel ist auf die Rückseite des Meniskus aufgedampft. Auch dieses System ist sehr kurzbauend und wird daher sogar in Fotoobjektiven verwendet. Ebenfalls aus dem Cassegrain wurde das Ritchey-Chrétien-System entwickelt. Dort werden

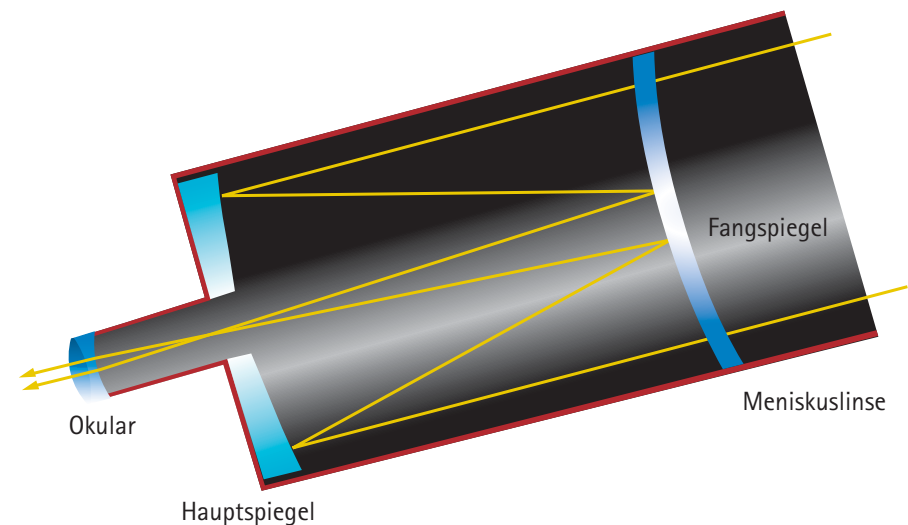
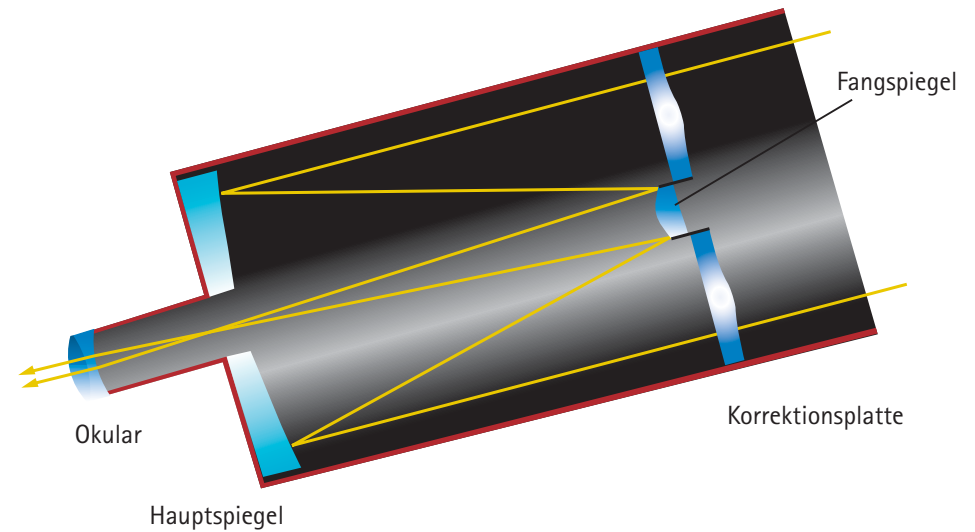


Abb. 1-8 Strahlengang eines Schmidt-Cassegrain-Teleskops (oben) und eines Maksutov-Teleskops (unten).



Abb. 1-9: Einzelteile eines Maksutov-Cassegrain-Tubus (oben). Der Beobachter blickt am hinteren Ende in das Okular.

die Bildfehler durch hyperbolisch geschliffene Haupt- und Fangspiegel vermieden. Die meisten professionellen Teleskope sind heute von diesem Typ.

Es gibt auch »Kreuzungen« mit Newton-Teleskopen, wie Schmidt-Newton oder Maksutov-Newton. Beim Schmidt-Newton ist eine Korrekionsplatte vor die Öffnung gesetzt, um die sphärische Aberration des Hauptspiegels zu verbessern. Wie beim Schmidt-

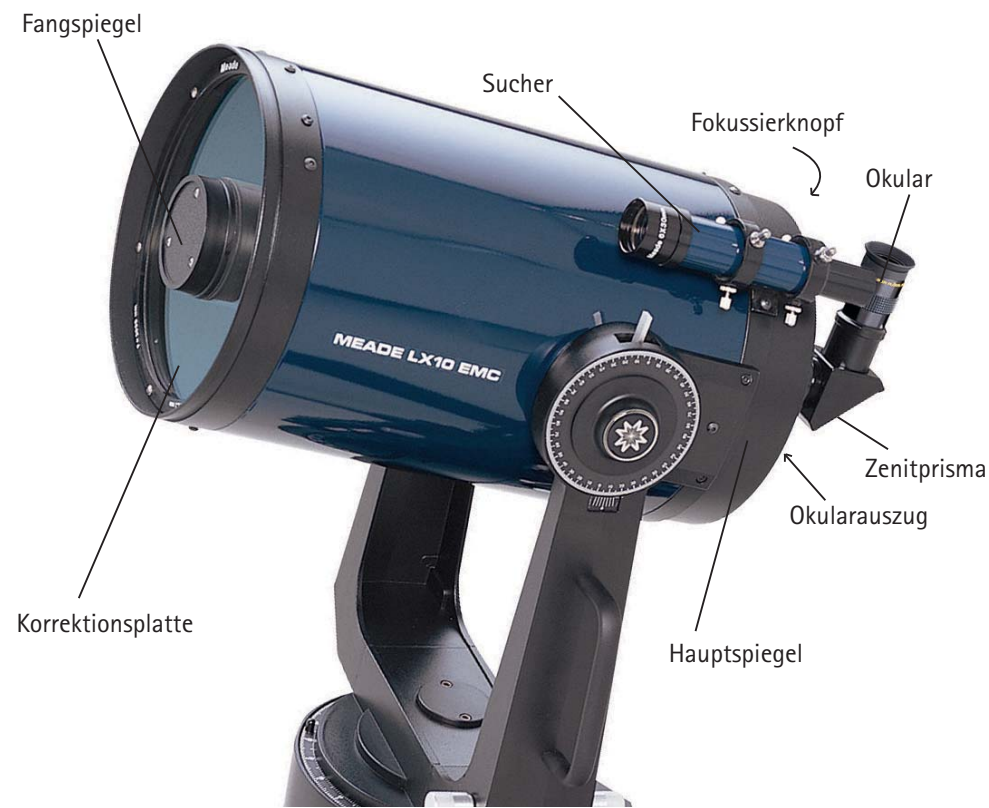


Abb. 1-10: Einzelteile eines Schmidt-Cassegrain-Tubus (oben). Der Beobachter blickt am hinteren Ende in das Okular.

Cassegrain ist der Fangspiegel in der Korrekionsplatte eingehängt. Der Einblick erfolgt wie beim originalen Newton seitlich am oberen Tubusende. Auch beim Maksutov-Newton ist das der Fall. Hier kann der Fangspiegel allerdings nicht wie beim Maksutov-Cassegrain auf die Rückseite der Meniskuslinse aufgedampft sein, sondern sitzt getrennt hinter dieser im Tubus.

Montierung

Die Montierung hat die Aufgabe, das Teleskop zu tragen, es zu bewegen und zu positionieren. Sie ist genau so wichtig wie die Optik, denn sie erlaubt vor allem, die Bewegung der Himmelsobjekte durch die Erddrehung zu kompensieren. Allen Montierungen ist gemein, dass sie in zwei aufeinander senkrechten Achsen bewegt werden. Je nach dem zugrunde gelegten Koordinatensystem werden grundsätzlich zwei Typen von Montierungen unterschieden.

Abb. 1-11: Das Funktionsprinzip einer azimutalen Montierung: Die Azimutachse ist auf den Zenit gerichtet, sie erlaubt die Verstellung der Horizontrichtung. Die Höhenachse ist auf den Horizont gerichtet, sie erlaubt die Verstellung der Höhe über dem Horizont. Um einem astronomischen Objekt zu folgen, müssen ständig beide Achsen bewegt werden.

■ Azimutale Montierung

Bei der azimutalen Montierung sind die Achsen an der Horizontebene ausgerichtet. Eine Achse lässt die Himmelsrichtung verstellen (Azimut), die andere die Höhe über dem Horizont (Altitude), entsprechend dem Alt-Az-Koordinatensystem. Um einem Objekt am Himmel zu folgen, müssen beide Achsen bewegt werden. Die meisten azimutalen Montierungen für kleine Teleskope sind als Gabelmontierungen realisiert. Dabei hängt das Teleskoprohr in der aufgespaltenen Azimutachse, die Höhenachse läuft quer durch den Teleskoptrubus.

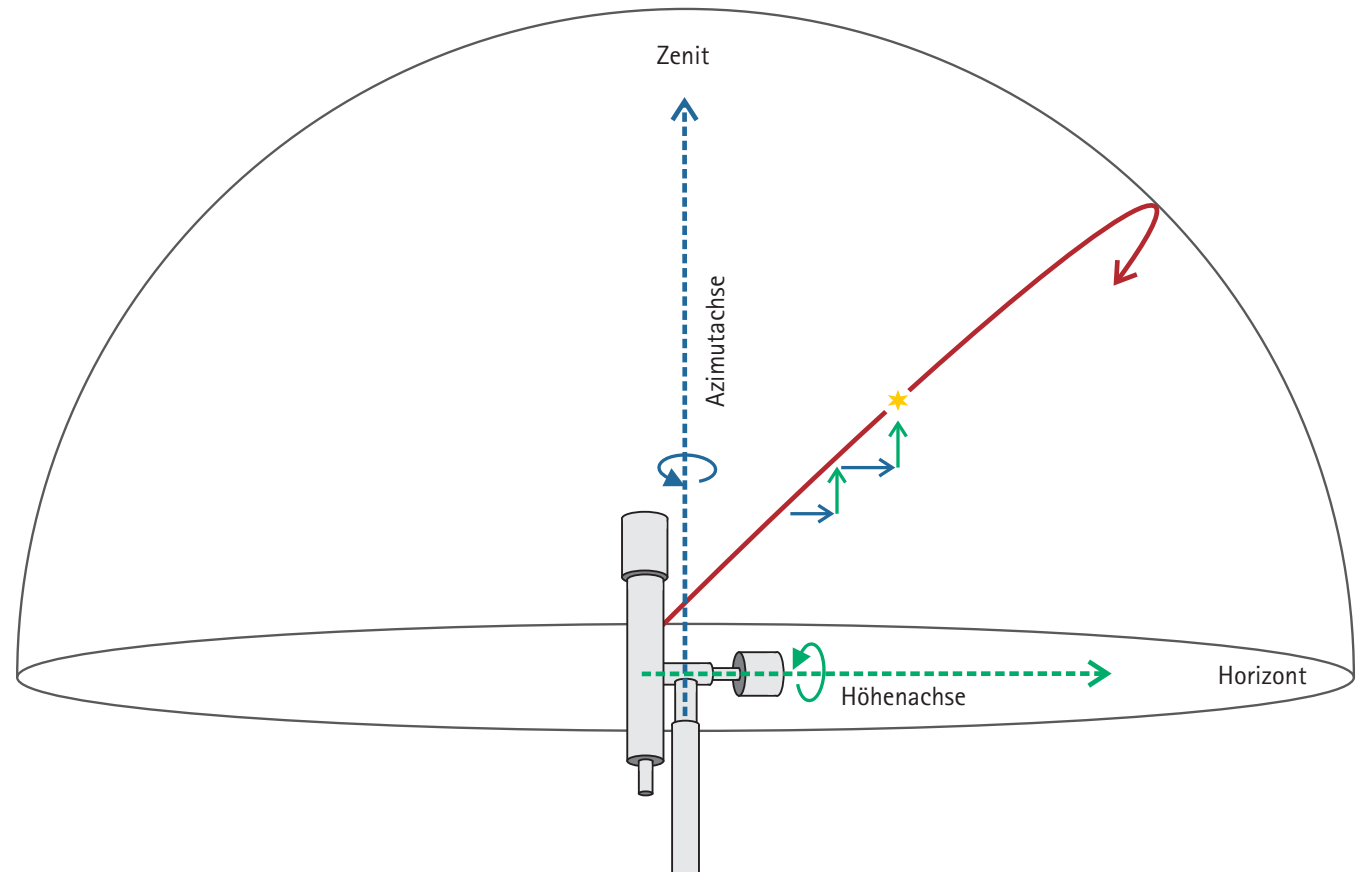


Abb. 1-12: Aufbau einer azimutalen Nabenmontierung (unten) und einer Dobsonmontierung (rechts).



Größere azimutale Montierungen sind als Dobson-Montierung ausgeführt. Bei ihr besteht die Azimutachse aus einer Nabe, die in eine fest auf dem Boden stehende Grundplatte eingelassen ist. Auf diese Nabe wird beweglich die sogenannte Rockerbox aufgesetzt. Die Rockerbox nimmt wie eine Gabel den Teleskoptubus auf, an dem seitlich die Höhenräder angebracht sind. Diese Höhenräder werden in die runden Aussparungen der Rockerbox einfach eingesetzt. Die einfache Bauweise, die leichte Zerlegbarkeit und die geringen mechanischen Anforderungen machen die Dobson-Montierung zur ultimativen Selbstbau-Montierung. Sie kann Newton-Teleskope von 150mm bis weit über 500mm Durchmesser tragen.

henräder werden in die runden Aussparungen der Rockerbox einfach eingesetzt. Die einfache Bauweise, die leichte Zerlegbarkeit und die geringen mechanischen Anforderungen machen die Dobson-Montierung zur ultimativen Selbstbau-Montierung. Sie kann Newton-Teleskope von 150mm bis weit über 500mm Durchmesser tragen.

Abb. 1-13: Azimutale Montierungen sind bei kleinen Amateurfernrohren häufig. Bei der Nabenmontierung (links) sitzt das Fernrohr auf der Höhenachse, bei der Gabelmontierung (rechts) ist es in die Höhenachse eingehängt.



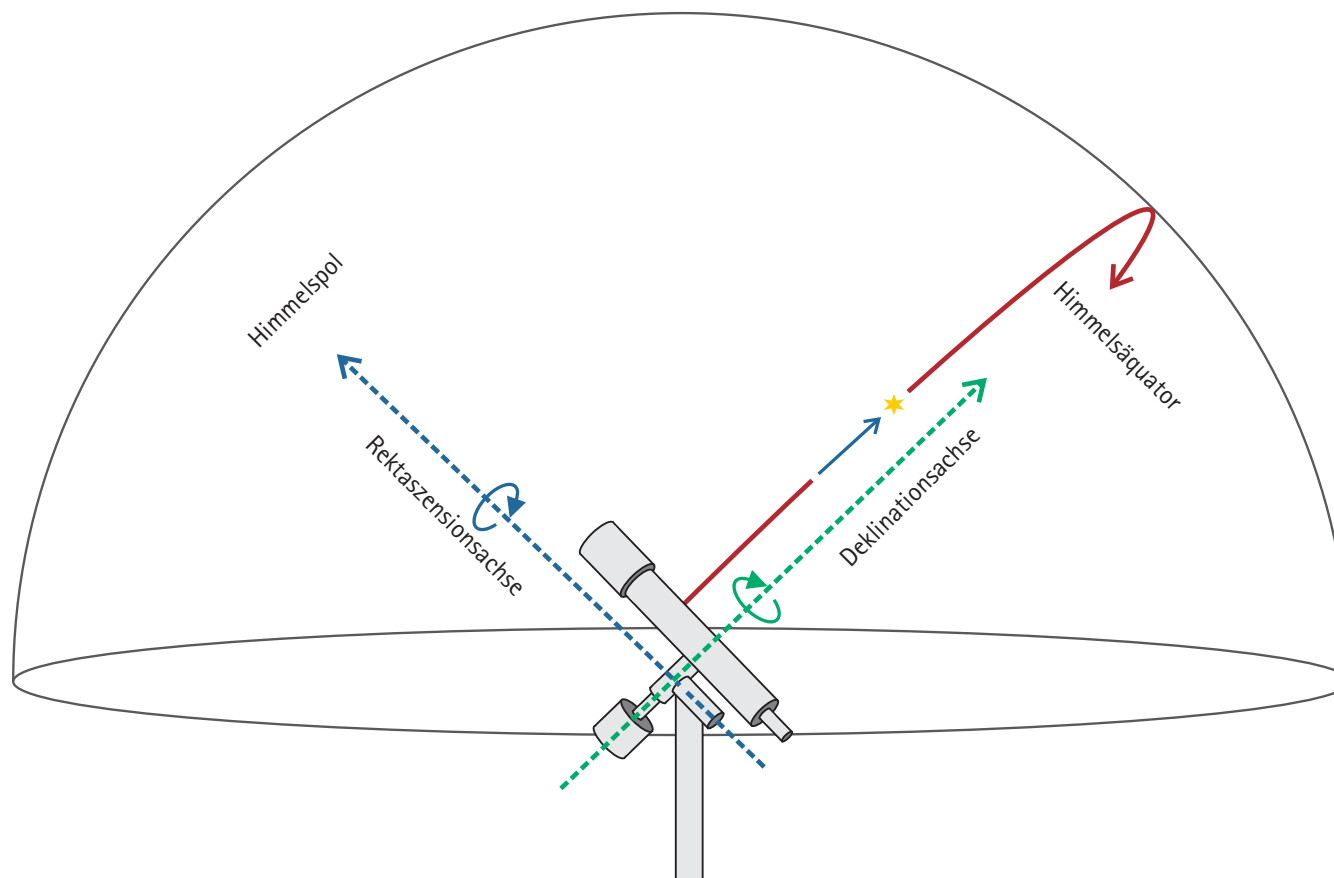
■ Parallaktische Montierung

Bei der parallaktischen Montierung sind die Achsen an der Erdachse ausgerichtet. Eine Achse lässt die Rektaszension verstellen, die andere die Deklination, entsprechend dem R. A.-Dekl.-Koordinatensystem. Um einem Objekt am Himmel zu folgen, ist nur noch die Benutzung der Rektaszensionsachse notwendig.

Um die parallaktische Montierung parallel zur Erdachse ausrichten zu können, ist die Rektaszensionsachse gegen die Waagerechte um einen bestimmten Winkel geneigt. Dieser Winkel entspricht der Höhe des Himmelsnordpols über dem Horizont, was genau der geographischen Breite des Beobachtungsortes entspricht. Bei im deutschen Sprachraum benutzten Montierungen muss

Abb. 1-14: Das Funktionsprinzip einer parallaktischen Montierung: Die Rektaszensionsachse ist auf den Himmelspol gerichtet, sie erlaubt die Verstellung der Rektaszension. Die Deklinationsachse ist auf den Himmelsäquator gerichtet, sie erlaubt die Verstellung der Deklination. Um einem astronomischen Objekt zu folgen, muss nur die Rektaszensionsachse bewegt werden.

die Polachse zwischen 45° und 55° geneigt sein, am sogenannten Polbock lässt sich dieser Wert an einer Skala einstellen. Diese wichtige Einstellung sollte vor der ersten Benutzung des Gerätes vorgenommen werden. Die geographischen Koordinaten für große Städte des deutschen Sprachraums sind im Anhang enthalten. Parallaktische Montierungen für kleine Amateurfernrohre werden in zwei Konstruktionstypen gebaut. Bei der sogenannten deutschen Montierung sitzt das Fernrohr auf der Deklinationsachse,



gegenüber des Teleskoprohrs ist ein Gegengewicht zur Balance angebracht. Bei der Gabelmontierung ist das Fernrohr in eine in zwei Arme gespaltene Deklinationsachse mittig eingehängt.

Die Achsen der parallaktischen Montierung besitzen je zwei Knöpfe. Mit dem einen lässt sich die Achse arretieren, also in einer bestimmten Position festklemmen. Mit dem anderen kann man die Achse langsam per Hand bewegen. An vielen Montierungen sind diese Bewegungsknöpfe mit biegsamen Wellen ausgestattet.

Damit man nicht immer von Hand die Rektaszensionsachse nachdrehen muss, sind an manchen Montierungen Motoren angebracht, mit denen man die Bewegung einer oder beider Achsen über eine Handsteuerbox vornehmen bzw. kontrollieren kann.

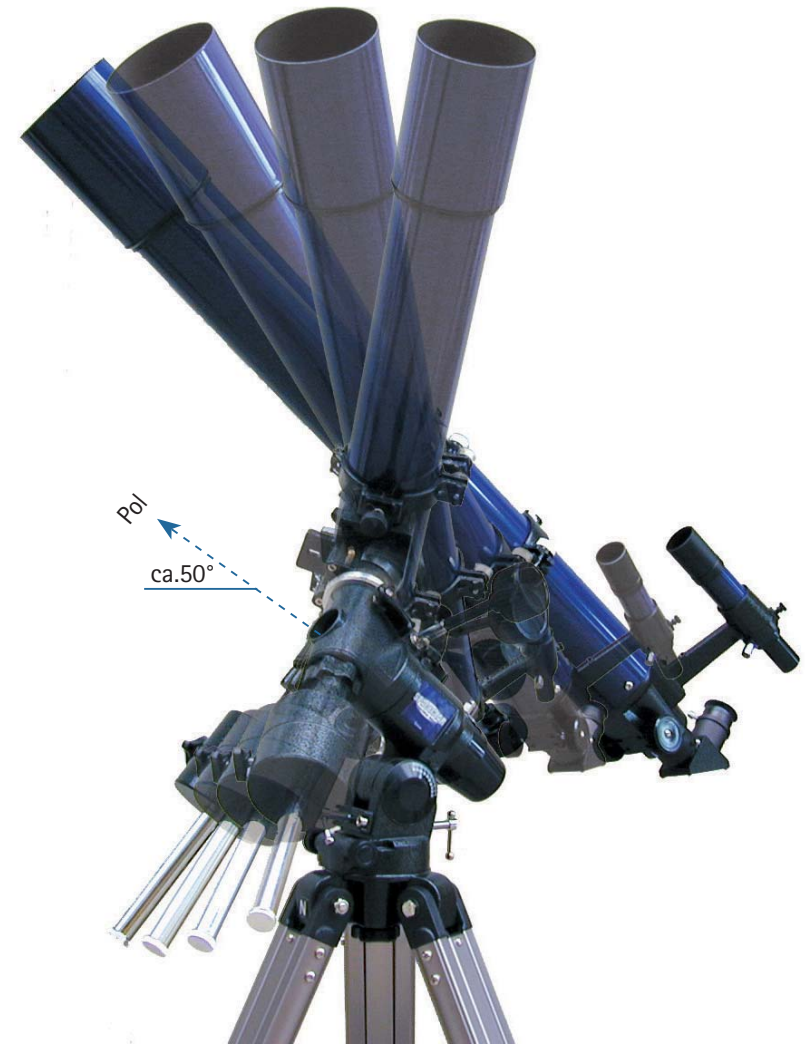
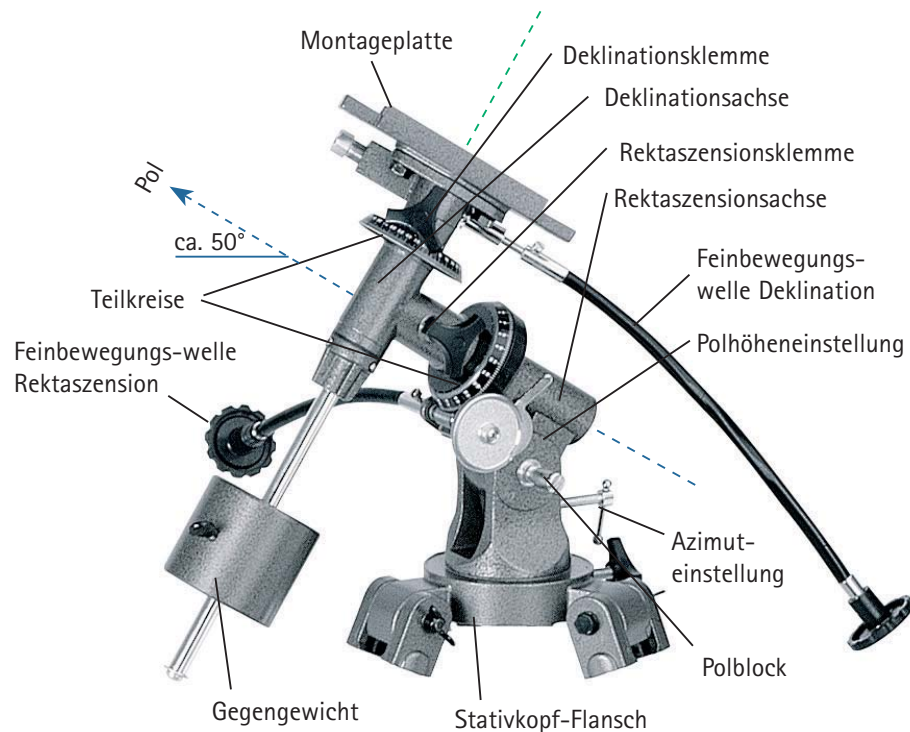


Abb. 1-15: Aufbau einer parallaktischen Montierung (links). Mit der Bewegung von nur einer Achse lässt sich die Erdrotation ausgleichen, wenn die Montierung korrekt auf den Himmelspol ausgerichtet ist (rechts).

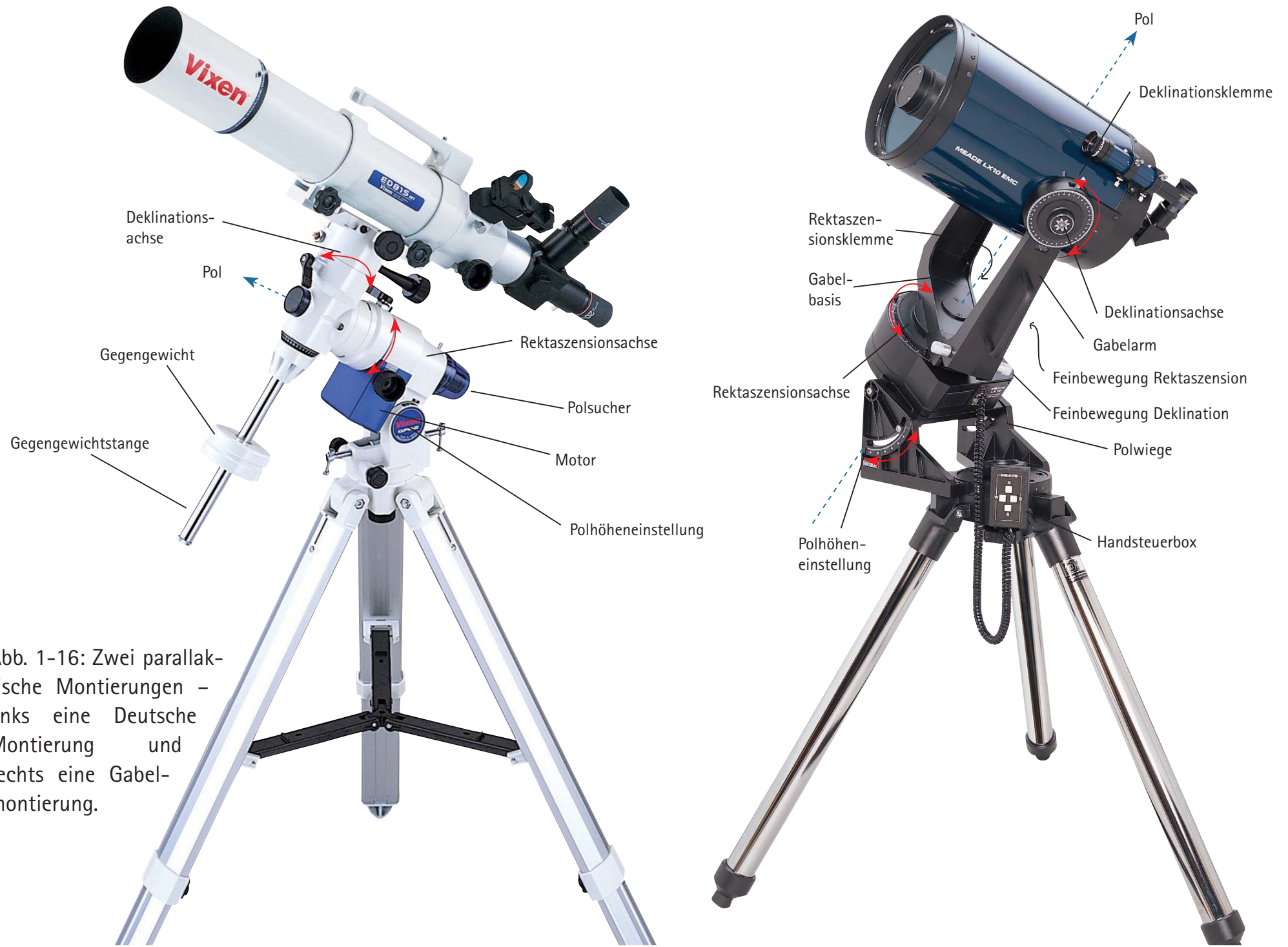


Abb. 1-16: Zwei parallaktische Montierungen – links eine Deutsche Montierung und rechts eine Gabelmontierung.

Stativ

Das Stativ muss die gesamte Last aus Montierung und Teleskop-tubus tragen. Die meisten Teleskopstative sind als Dreibeine konstruiert, da sich die Verteilung des Gewichtes auf drei Lager bewährt hat. Wichtig ist die Steifheit des Stativs. Dazu trägt eine Mittelverstrebung bei, die nicht locker zwischen den Stativbeinen sitzen sollte. Die Stativbeine sollten nach Möglichkeit nicht ausgezogen sein, dann ist das Stativ am stabilsten.

Generell ist es bei parallaktisch montierten Teleskopen wichtig, dass die Montierung exakt waagrecht auf dem Stativ aufsitzt. Deshalb sollten bei ebenem Untergrund alle Stativbeine genau gleich weit ausgezogen und im gleichen Winkel abgespreizt sein. Auf unebenem Untergrund kann man – um die waagrechte Aufstellung zu erreichen – entweder ein Bein in geringerem Winkel abspreizen oder (bei ausziehbaren Montierungen) das Stativ nicht komplett aufziehen.

Viele Stative haben an ihren Füßen Gummikappen. Diese sollten abgenommen werden, um den darunter liegenden Plastik- oder Metallspitzen Platz zu geben, die einen wesentlich stabileren Stand ermöglichen. Beobachtet man auf Grasboden, kann man diese Metallspitzen zusätzlich fest in den Boden rammen, was die Stabilität nochmals erhöht.

Wesentlich stabiler als ein Stativ ist eine feste Säule, auf die die Montierung gesetzt wird. Wer von einem festen Beobachtungsplatz wie dem eigenen Garten beobachtet, sollte diese Möglichkeit unbedingt ins Auge fassen.

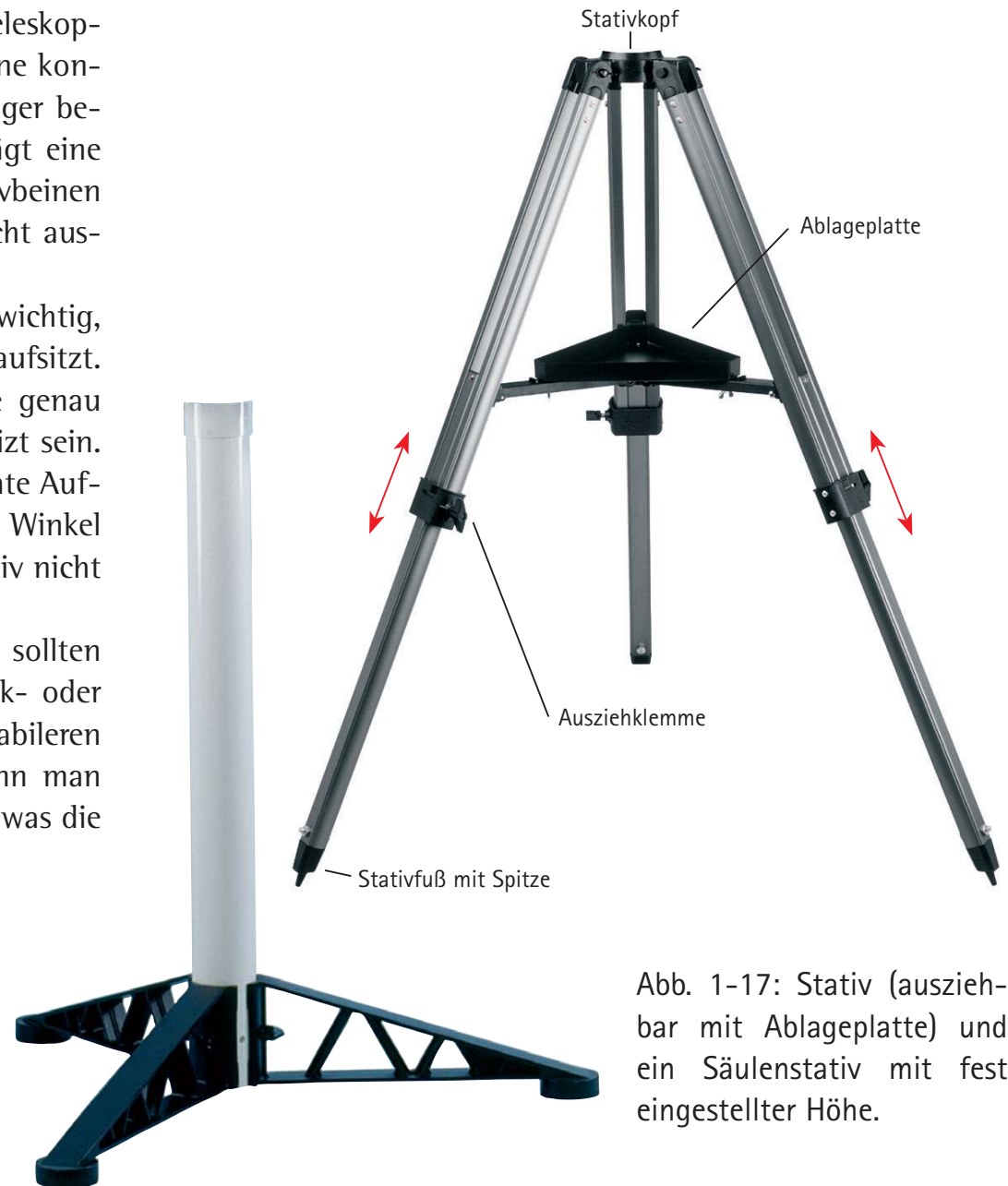


Abb. 1-17: Stativ (ausziehbar mit Ablageplatte) und ein Säulenstativ mit fest eingestellter Höhe.