

# Alleskönner für Puristen

## Drei Apochromatische Refraktoren im Vergleich

VON RONALD STOYAN

Refraktoren sind wieder im Kommen – insbesondere die teure farbreine Version für Puristen: Apochromate. Nachdem in den letzten Jahren vor allem der Markt für kleine Fernrohre neu abgesteckt wurde, nehmen einige Anbieter nun die Regionen jenseits von 100mm Öffnung in Angriff. In einem zweiteiligen Test haben wir drei neue Modelle visuell und fotografisch auf Herz und Nieren geprüft.

Waren apochromatische Refraktoren vor zehn Jahren noch Exoten für Besserverdienende, so hat sich heute diese Teleskopsparte fest etabliert. Durch das Ende der Fluoritproduktion in Japan bedingt, stellen derzeit die Hersteller aus Fernost ihr Sortiment um. Während Vixen seine neuen Modelle mit preiswerteren ED-Linsen ausstattet, bleibt Takahashi der vollapochromatischen Devise treu. Die neue TSA-Reihe führt dreilinsige Optiken ohne Fluoritelement ein, über die genaue Konstruktion schweigt man sich jedoch aus. Bisher gibt es nur das Modell mit 102mm Öffnung.

TMB hat sich bereits in der Vergangenheit durch farbreine Objektive hervorgerufen (vgl. interstellarum 31). Die Produktpalette wurde kürzlich umgestellt, wobei das Modell 100/780 durch einen etwas größeren Refraktor 115/805 ersetzt wurde. Desweiteren sind identische Konstruktionen mit anderen Öffnungen erhältlich, wobei die Auswahl mit verschiedenen Brennweiten und Ausstattungen kaum überschaubar ist. Auch hier sind wenig Informationen zur Konstruktion der Objektive zu erhalten.

William Optics hatte bis vor kurzem nur kleine Refraktoren im Sortiment, stellte in den letzten Monaten jedoch zwei neue Refraktoren mit 110mm und 130mm Öffnung vor, die als mittleres Element eine Linse mit hochbrechenden Eigenschaften verwenden. Der Entwurf dieser Optiken stammt laut William Optics von TMB. Thomas M. Back behauptet jedoch, sein ursprüngliches Design wäre verändert worden. Hier wurde der neue FLT 110/770 für den Vergleich ausgewählt.

Trotz ihrer unterschiedlichen Öffnungen besitzen die drei Vergleichsgeräte sehr ähnliche Brennweiten und Öffnungsverhältnisse, was sie in der Astrofotografie zu direkten Konkurrenten macht. Darüberhinaus handelt es sich um neue Optiken, zu denen – im Gegensatz zu den seit Jahren unverändert erhältlichen Modellen von Televue oder Astro-Physics – kaum Testergebnisse vorliegen.



Abb. 1: **Hochwertige dreilinsige Objektive mit Sondergläsern** sind die Nachfolger der jahrelang dominanten Zweilinsler mit Fluorit-Element. Alle drei Teleskope besitzen diese Objektivkonstruktion: TMB LW 115/805, Takahashi TSA 102, William Optics FLT 110.

Die Teleskope wurden zur Verfügung gestellt von APM Telescopes, Rehlingen, Intercon-Spacetec, Augsburg, und William Optics, Taiwan

## Testarrangement

Die drei Refraktoren wurden in einem Dutzend Testnächten zwischen Januar und März 2007 ausgiebig visuell geprüft. Dazu wurden die Teleskope mit den jeweils mitgelieferten Rohrschellen auf einer Super-Polaris-DX-Montierung von Vixen befestigt. Okulare von Televue (Panoptic 22mm, Nagler 9mm) sowie ein Weitfeld-Erfler 40mm von Baader in Verbindung mit einem Televue Everbright Zenitspiegel kamen zum Einsatz. Das Nagler Zoom-Okular 6–3mm (vgl. interstellarum 28) wurde für den Stern-test an  $\alpha$  und  $\beta$  Ori, die Doppelsternbeobachtungen sowie die hochvergrößernden Mond- und Planetenbeobachtungen verwendet. Zusätzlich wurden die Refraktoren einem Test auf der optischen Bank unterworfen, den der Optikprüfer Wolfgang Rohr durchführte. Hierbei wurde die Farbreinheit über den Farblängsfehler von Grün (e-Linie) als Hauptfarbe in ihrem Verhältnis zu Blau (F-Linie) und Rot (C-Linie) untersucht und über eine Index-Zahl dargestellt, die als Einheit die Schärfentiefe der jeweiligen Optik verwendet. Zugleich wurde der Gaußfehler, oder farbabhängige Öffnungsfehler, untersucht und der maximale Wellenfrontfehler (»peak to valley«, kurz pvt) sowie der mittlere Wellenfrontfehler (»root mean square«, kurz rms) ermittelt. Daraus ergibt sich der Strehl-Wert, der das Verhältnis der Intensität im zentralen Beugungsscheibchen bei realer Abbildung eines punktförmigen Objekts zu der Intensität, die man rein theoretisch mit einer perfekten Optik unter den gleichen Bedingungen erreichen kann, darstellt. Ein Strehl-Wert von 1,0 bedeutet dabei eine absolut fehlerfreie, ideale Optik. Als Mindestmaß wird allgemein 0,8 angesetzt, Werte über 0,9 kennzeichnen besonders gute Optiken.

Der Vergleich der fotografischen Fähigkeiten fand getrennt von den visuellen Tests statt und wird im kommenden interstellarum-Heft veröffentlicht.

## Mechanik

Das mit 115mm Öffnung größte der drei Geräte von TMB macht auf den ersten Blick einen guten Eindruck: Der sauber weiß lackierte Tubus ist trotz der großen Öffnung und einer Brennweite von 805mm mit einer Transportlänge von 570mm der kürzeste aller drei Testgeräte. Dies wird mit einem Okularauszug erreicht, der sich zusätzlich zum Fokussierbereich von 64mm um 11,4cm aus dem Teleskoprohr herausziehen lässt. Damit ist die Anbringung von Zubehör mit großen Fokussierwegen wie binokulare Ansätze oder Okularrevolver problemlos mög-

## interstellarum-Produktvergleich

**Wirklich neutrale Aussagen über Teleskope und Zubehör** – das wünschen sich viele Sternfreunde. Die vielfach veröffentlichten, fälschlicherweise als »Test« ausgegebenen Erfahrungsberichte in Zeitschriften und dem Internet sind nicht dazu geeignet. Oft hat man den Eindruck, dass Händlerinteressen die Artikel prägen.

**interstellarum geht einen anderen Weg:** In Zusammenarbeit mit den Herstellern und Händlern entstehen Produktvergleiche, die eine Relativierung der Aussagen erlauben. Bewusst wird auf subjektive Wertungen verzichtet und dem Leser selbst die Möglichkeit gegeben, anhand der geschilderten Eigenschaften sich für eines der Produkte zu entscheiden.

**Mehr über unsere Test-Grundsätze** und bereits erschienene Berichte können Sie auf [www.interstellarum.de](http://www.interstellarum.de) nachlesen.

## Was ist ein Apochromat?

Bisher verwenden Hersteller optischer Geräte die Bezeichnung apochromatisch gerne als Werbeaussage, ohne dass sich dahinter eine allgemein akzeptierte feste Definition verbirgt. Doch es gibt Kriterien, mit denen man einen Achromaten von einem Halb-Apochromaten oder Voll-Apo unterscheiden kann. Bereits bei Dieter Lichtenknecker findet man einen Rest-Chromasie-Wert, und Uwe Laux bezieht sich auf eine von Zeiss stammende Quelle, die einen Wert aus Fokus, Öffnung, Abbezahl und Teildispersion berechnet. Nun kennt man aber nicht immer die Glaskombination der Objektivs, so dass man beide Werte nachschlagen könnte. In der Regel kann man aber auf 0,01mm genau die Fokusedifferenzen mit engen Interferenzfiltern für die jeweiligen Wellenlängen ermitteln und daraus einen Differenzwert für die einzelnen Farben errechnen, wobei der Bezugspunkt die e-Linie (grün) bei 546,074nm sein soll, weil sie nahe der nächtlichen Maximalempfindlichkeit des menschlichen Auges liegt.

Die Fokusedifferenzen werden in Bezug zur Schärfentiefe gesetzt, also dem Bereich um den Brennpunkt, in dem das Sternbild theoretisch kleiner als der Durchmesser des zentralen Beugungsscheibchens ist. Da dieser Wert von der Wellenlänge und dem Durchmesser abhängig ist, die Größe des Bereiches jedoch auch von der Brennweite abhängt, ergibt sich:

$$\text{Schärfentiefe} = 2 \times \text{Wellenlänge} \times (\text{Brennweite/Durchmesser})^2$$

Statt des theoretischen Faktors 2,44 für den Durchmesser des Beugungsscheibchens verwendet man den praxisnäheren Faktor 2. Über die Schärfentiefe als Maßeinheit wird der tatsächlich gemessene Farblängsfehler zur Hauptfarbe Grün ins Verhältnis gesetzt, wobei aus den Abständen von Rot und Blau das arithmetische Mittel genommen wird. Die dadurch entstehende Indexzahl ergibt eine verlässliche Zuordnung der einzelnen Refraktor-Systeme in Chromasiegrade:

- Vollapochromate liegen in allen vier Wellenlängen (F, e, d, C – siehe Kasten »Optische Labortests«) bei Chromasiegraden zwischen 0 und 1
- Halbapochromate liegen in allen vier Wellenlängen bei Chromasiegraden zwischen 1 und 2
- Achromate liegen in allen vier Wellenlängen bei Chromasiegraden größer als 2

Die Chromasiegrade der getesteten Objektivs betragen:

- TMB LW 115/805      0,11
- Takahashi TSA 102    0,38
- William Optics FLT 1100,52

Es handelt sich also durchweg um lupenreine bis ausgezeichnete Vollapochromate. Die Unterschiede der Chromasiegrade unter 0,5 sind dabei in der Beobachtungspraxis nicht von belang.

■ Wolfgang Rohr



Abb. 2: Der TMB Super-Apo besitzt trotz größter Öffnung das kürzeste Transportmaß im Vergleich (a). Dies wird durch einen einschiebbaren Okularauszug erreicht (b).



Abb. 3: Das Takahashi-Teleskop gleicht am ehesten einem klassischen Refraktor (a). Der Okularauszug besitzt eine freie Öffnung von 70mm (b).

lich. Das getestete Modell verfügt über den bekannten »Feathertouch«-Auszug des amerikanischen Herstellers Starlight Instruments mit 2" Durchmesser und einer Feinfokussierung in einer Unterse-  
tzung von 1:10, der sich butterweich und sehr exakt fokussieren lässt und auch bei schwereren Zuladungen Sicherheit ge-  
währt. Gegen Aufpreis ist die Ausstattung

mit einem 3,5"-Auszug von Starlight Instruments möglich. Die gesamte Fokussier-  
einheit lässt sich um 360° drehen und ist mit einer Stellschraube arretierbar.

Das kurze Transportmaß wird zusätz-  
lich durch die einschiebbare Taukappe er-  
reicht, die ebenfalls mit einer Schraube ge-  
sichert werden kann. Zum Lieferumfang  
gehört ein Paar Rohrschellen, die an einer

Vixen-GP-Schiene befestigt sind. Das Teleskop lässt sich somit direkt an allen  
Montierungen mit einer ent-  
sprechenden Aufnahme ver-

wenden. Mitgeliefert wird ebenfalls eine  
justierbare Halterung für ein 50mm-Su-  
cherteleskop, die aber extra hinzugekauft  
werden muss. Schließlich liegt der Sen-  
dung als einziger im Vergleich ein interfe-  
rometrisches Prüfprotokoll bei.

Der TSA-102 von Takahashi kommt als  
klassisches, mattweiß lackiertes Refraktor-  
rohr. Er besitzt das längste Transportmaß  
im Vergleich, was auf die relativ lange  
Brennweite von 816mm zurückzuführen  
ist. Die Taukappe ist auch beim Takahashi-  
Modell einschiebbar und wird mit zwei  
Schrauben gesichert. Der Okularauszug be-  
sitzt einen freien Durchmesser von 70mm,  
ist aber nicht rotierbar und bietet keine Fo-  
kussieruntersetzung. Gegen Aufpreis (248  
€) kann jedoch ein Starlight-Fokussierer wie  
beim TMB nachgerüstet werden. Die Klem-  
mungen erfolgen über Messing-Spannringe  
mit zwei Stellschrauben, was besonders  
sicheren Halt gewährt. Mitgeliefert wird  
eine sehr breite Rohrschelle, die jedoch nur  
mittels Adapter an Nicht-Takahashi-Mon-  
tierungen befestigt werden kann.

Der FLT-110 von William Optics be-  
sitzt das schwerste Teleskoprohr im Ver-  
gleich, das durch eine weiße Pulverbe-  
strahlung mit goldfarbenen abgesetzten  
Fassungen ins Auge sticht. Der Okular-  
auszug ist mit 90mm Öffnung besonders  
groß und besitzt zudem eine Skala, an  
der die Fokusposition abgelesen werden  
kann. Er verfügt über eine Mikrofokus-  
sierung, ebenfalls mit 1:10-Unterse-  
tzung. Zwei Klemmungen erlauben jeweils  
Rotationen um 360°. Die Taukappe ist ebenfalls  
einschiebbar, Klemmschrauben zur Siche-  
rung werden nicht benötigt. Bemerkens-  
wert ist die umfangreiche Ausstattung mit  
schaumstoffgepolstertem Transportkoffer  
und einem vorbildlichen deutschen Hand-  
buch sowie Garantieschein; außerdem ge-  
hören zwei Rohrschellen zum Lieferum-  
fang, die sich mittels M10-Gewinde an  
einer Montierung befestigen lassen.

### Optik

Der TMB-Refraktor zeigte beim Stern-  
test im Brennpunkt ein perfektes Beu-  
gungsscheibchen ohne jegliche Farbe.



Abb. 4: Der William-  
Refraktor setzt optische Akzente (a)  
und verfügt über einen großen Oku-  
larauszug mit Unter-  
setzung und Rotati-  
onsmöglichkeit (b).

Intrafokal war das Scheibchen innen blaugrün gefärbt, der Rand erschien gelb-rot. Extrafokal zeigte das Scheibchen violette Tönungen, mit einem grünen Rand und leichtem violettem Halo. Auf der optischen Bank verblüffte das Teleskop durch einen nahezu nicht messbaren Farbfehler von 18µm bzw. 0,018mm zwischen blauem und rotem Spektralbereich, der Unterschied von gelb zu grün war nahezu Null – apochromatischer kann ein Apochromat nicht sein (vgl. Kasten)!

Beim TMB-Refraktor ist der Gaußfehler im blauen Licht im Vergleich zu den beiden anderen Geräten mit einem Strehlwert von 0,90 bei λ/4,6 ptv-Fehler der Wellenfront am deutlichsten ausgeprägt. Sein Optimum hat dieser Refraktor im gelben Spektralbereich, hier liegt der Strehlwert bei exzellenten 0,98. Im roten Bereich reagiert dieser Apochromat leicht unterkorrigiert, liefert aber immer noch

einen Strehlwert von 0,96. Über dem gesamten System liegt eine schwache, nur mit dem Foucault-Test wahrnehmbare Überkorrektur.

Das Teleskop von Takahashi sollte es bei einem Öffnungsverhältnis von f/8 (gegenüber f/7 bei den beiden anderen Teleskopen) leichter haben, optisch eine gute Figur zu machen. Beim Sternstest erschien ein schulbuchmäßiges Beugungsscheibchen, das sowohl im Fokus, aber auch bei leicht unscharfer Stellung keinerlei klar erkennbare Farbtöne zeigte. Die Tests auf der optischen Bank bestätigten den Befund, die Fokussdifferenzen für die vier Farbwellenlängen liegen in einem Bereich von 36µm bzw. 0,036mm, was einen exzellenten Wert darstellt. Die Linsen sind sehr genau geschliffen, so dass sich in allen Wellenlängenbereichen exzellente Strehlwerte zwischen 0,98 und 0,97 ergeben: Hier erscheint der Gaußfehler, also

die hauchzarte Überkorrektur bei Blau und die ebenso geringe Unterkorrektur bei Rot am geringsten ausgeprägt und es entsteht durch die nahezu perfekte Korrektur bei der Hauptfarbe Grün ein ganz und gar abgerundeter Eindruck.

Mit diesen überdurchschnittlichen Vorgaben konnte der von TMB entworfene Fluorit-Apochromat von William Optics nicht ganz mithalten. Beim Sternstest an sehr hellen Objekten war bei genauem Hinsehen ein feiner violetter Strahlenkranz zu sehen, auch erschien der erste Beugungsring leicht heller. Das intrafokal unscharf gestellte Sternbild zeigte einen leicht rötlichen Rand, extrafokal machte sich eine blaue Tönung innen und ein grüner Rand bemerkbar.

Auf der optischen Bank ließ sich der Farbfehler auf 63µm oder 0,063mm zwischen rotem und blauem Licht skalieren, wobei zwischen gelb und grün praktisch keine Fokussdifferenz erkennbar ist – auch mit diesem Ergebnis ist der William-Refraktor ein sehr gut korrigierter Vollapochromat, der viele unter dieser Bezeichnung angebotene Geräte aus Fernost in den Schatten stellen dürfte. Ähnlich wie beim ersten TMB-Refraktor liegt über dem System eine leichte Überkorrektur, die bei Blau und Grün noch deutlich vorhanden ist, und erst im roten Spektrum hat man das Optimum beim Wellenfrontfehler erreicht. Daher liegen die Strehlwerte zwischen 0,80 (blau) und 0,91 (rot). Hier verhinderte auch ein leichter Astigmatismus höhere Werte.

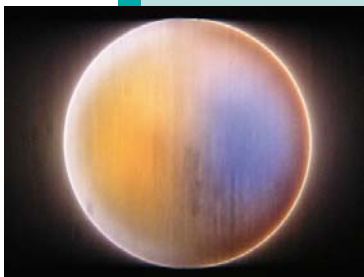
## Optische Labortests

Die Tests wurden mit einem Bath-Interferometer in Autokollimation durchgeführt. Dabei wurden die Optiken am künstlichen Stern dem Ronchi-, Foucault- und Phasenkontrast-Test unterzogen. Die interferometrische Untersuchung fand mit engbandigen Filtern für die Fraunhofer-Linien F (blau, 486nm), e (grün, 546nm), d (gelb, 587nm) und C (rot, 656nm) statt.



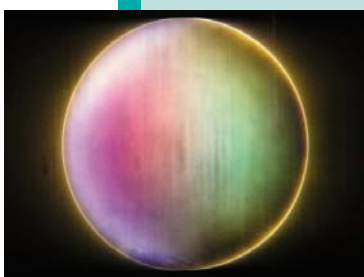
TMB LW 115/805

Farbe	ptv	rms	Strehlwert	Fokussdifferenz (bezogen auf e)
F	λ/6	λ/21	0,90	-10µm
e	λ/5	λ/33	0,97	-
d	λ/6	λ/44	0,98	+8µm
C	λ/5	λ/32	0,96	+2µm



Takahashi TSA 102

Farbe	ptv	rms	Strehlwert	Fokussdifferenz (bezogen auf e)
F	λ/5	λ/43	0,97	-48µm
e	λ/8	λ/47	0,98	-
d	λ/9	λ/53	0,99	+15µm
C	λ/8	λ/42	0,98	+6µm



William Optics FLT 110

Farbe	ptv	rms	Strehlwert	Fokussdifferenz (bezogen auf e)
F	λ/3	λ/13	0,80	+18µm
e	λ/4	λ/17	0,88	-
d	λ/4	λ/20	0,91	0µm
C	λ/3	λ/20	0,91	+36µm

### In der Praxis

Beim TMB-Refraktor zeigte sich, dass sich die Untersetzung des Okularauszugs insbesondere bei hohen Vergrößerungen als sehr nützlich erweisen kann. Durch die problemlose Rotierbarkeit des Auszugs lassen sich zudem Zenitspiegel und Okular immer schnell in eine angenehme Einblickposition bringen, ohne die Klemmschrauben lösen zu müssen. Erstaunlich war die enorm lange Auskühlzeit des Teleskops – für 20° Temperaturdifferenz zwischen Zimmer und Terrasse wurden zwei bis drei Stunden benötigt. Es empfiehlt sich, das Teleskop möglichst frühzeitig in eine kalte Umgebung zu bringen, oder es dort gleich zu belassen. War die Optik einmal ausgekühlt, zeigte der TMB jedoch beeindruckend klare Bilder. Die Doppelsterne 52 Ori (6<sup>m</sup>0/6<sup>m</sup>0, 1,0") und 14 Ori (5<sup>m</sup>8/6<sup>m</sup>6, 0,9") waren beide als solche wahrnehmbar, ersterer zeigte eine deutliche 8-Form, beim zweiten konnte

der Positionswinkel des länglichen Sternbildes richtig geschätzt werden – obwohl der Wert für das Daweskriterium (116:Öffnung) mit 1,0" nicht erreicht ist! Am Mond zeigte sich bei 201× und 268× eine ausgezeichnete Schärfe und überraschendes Feindetail – in völlig farbreinem Ton. Saturn erschien exzellent scharf bei 268×, das helle Bild erlaubte es, den C-Ring deutlich und das Äquatorband rotbraun wahrzunehmen. Visuelle Planetenbeobachtung ist mit diesem Gerät ein Fest!

### Die Teleskope in der Praxis

#### TMB

- + kaum vorhandener Farbfehler
- + kurzes Transportmaß
- + extreme Vergrößerungsfähigkeit
- + luxuriöser Okularauszug
- sehr lange Auskühlzeit
- Okularauszug nur 2" Durchmesser

#### Takahashi

- + nahezu perfekte Optik
- + exzellente Verarbeitung
- + schnelle Auskühlzeit
- + leichter Tubus
- Okularauszug nicht rotierbar
- relativ großes Transportmaß

#### William Optics

- + großer Lieferumfang
- + beeindruckende Weitfeld-Kapazitäten
- + rotierbarer großer Okularauszug
- + vorbildliches Handbuch
- nicht perfekte Optik
- unrund laufender Okularauszug

Der Takahashi-Refraktor stand diesem Urteil kaum nach, auch wenn das Bild deutlich dunkler erschien. Das kleine leichte Teleskop trennte 52 Ori spielend, konnte 14 Ori aber keine Anzeichen der Doppelsternnatur entlocken. Im Oriontrapez wurde die Komponente F sichtbar – eine außerordentliche Leistung für solch ein kleines Teleskop. Saturn zeigte ein einzigartig klar definiertes Bild bei 272×, das zwar dunkler als in den anderen Teleskopen erschien, Schatten und Ringe jedoch besonders hart wiedergab – bereits nach einer Auskühlzeit von 30 bis 40 Minuten.

Der William-Apochromat beeindruckte zunächst durch seine Weitfeldfähigkeiten, bei der er die Spitze der drei Testgeräte belegte. Das gewaltige 3,4°-Gesichtsfeld mit einem 2"-40mm-Okular ist so groß, dass es den gesamten Oriongürtel aufnehmen kann – ebenso die komplette Androme-

dalaxie oder M 16 und M 17 gleichzeitig. Der große Okularauszug läuft etwas unrund, und ein Ärgernis ist die unzureichende Klemmschraube, die ständig überprüft werden muss. Bei der Trennung von Doppelsternen steht der William-Refraktor dem TMB-Teleskop nicht nach. Am Mond zeigt sich in ruhigen Momenten eine außergewöhnliche Welt kleinster Krater. Saturn bietet bei 193× ein knackscharfes und helles Bild, bei 257× wird der Kontrast jedoch leicht flau. Probleme mit der Temperaturanpassung hat das Teleskop nicht, so dass es bereits nach einer guten Dreiviertelstunde seine volle Leistung zeigen kann.

*Im nächsten Heft: Die fotografische Leistung*

#### Drei apochromatische Refraktoren

Modell	TMB LW Apo	Takahashi TSA 102	William Optics FLT110
Öffnung	115mm	102mm	110mm
Brennweite	805mm	816mm	770mm
Öffnungsverhältnis	f/7	f/8	f/7
Auflösungsvermögen (Dawes)	1,0"	1,1"	1,1"
Konstruktion	Triplet mit Luftspalt	Triplet ohne Luftspalt	Triplet mit Luftspalt
Gewicht	5,3kg	4,7kg	5,8kg
Transportlänge	570mm	630mm	575mm
Tubusdurchmesser	135mm	110mm	115mm
Okularauszug-Durchmesser	50,8mm	70mm	90mm
Fokussierbereich	64mm + 114mm	84mm	115mm
Taukappe	235mm	200mm	215mm
Lieferumfang	Optik mit Tubus, Paar Rohrschellen mit GP-Schiene, Sucherhalterung, Reduzierung von 2" auf 1 ¼"	Optik mit Tubus, Rohrschelle	Optik mit Tubus, Paar Rohrschellen, Koffer, Reduzierung auf 2" und 1 ¼", 2"-Zenit Spiegel
Preis	ca. 3400 €	ca. 2300 €	ca. 3000 €