Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 50 (1992)
Heft: 251

Artikel: Aktion Yolo
Autor: Ziegler, H.G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899003

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Aktion Yolo

H.G. ZIEGLER

Mit der Aktion Yolo wird der Versuch unternommen eine alte schweizer Amateurtradition, den Spiegelschliff, neu zu beleben. Ich möchte hier zeigen, dass trotz des reichen Angebots am Astrogerätemarkt der Schliff einer Teleskopoptik sehr reizvoll und interessant sein kann. Allerdings wird man heute mit einem 15 cm Newtonspiegel kaum noch einen Amateur für eine Aktion gewinnen, die ihm viel Zeit kostet und ein gehöriges Mass an Begeisterung abverlangt. Der Selbstbau einer Teleskopoptik wird auch so wohl immer die Domäne eines kleinen Kreises begeisterungsfähiger Liebhaber bleiben, die sich nicht mit den Massen-Konfektionsoptiken zufrieden geben und die Spass am Selbermachen haben. Dieser Situation muss bei der Wahl der zu schleifenden Teleskopoptik Rechnung getragen werden. Für das Projekt "Yolo" wurden daher folgende Vorgaben gemacht:

1. Es sollte eine besonders attraktive Optik sein, eine Optik, die im Astrogeräte-Handel nicht erhältlich ist.
2. Die optischen Eigenschaften sollten sich wesentlich von den Eigenschaften der im Handel erhältlichen Spiegeloptiken abheben. Das heisst, hinsichtlich optischer Korrektur, Bildschärfe und Kontrastverhalten sollte das System einem guten Refraktor ebenbürtig sein.
3. Die Spiegel sollten auch von nicht routinierten Spiegelschleifern herstellbar sein.
4. Die optischen Flächen müssen mit relativ einfachen Einrichtungen, ohne Hilfsoptik und mit hoher Genauigkeit messbar sein.
5. Das System sollte nicht sehr toleranz- und kollimationsempfindlich sein. Das heisst, es sollte gewisse Abweichungen von den vorausberechneten Werten und der mechanischen Justage verkraften.
6. Wenn möglich sollte die Baulänge des Systems kürzer sein als die eines Refraktors gleicher Brennweite.
7. Das System sollte relativ universell einsetzbar sein. Primär ist an kontrastreiche und hoch auflösende Beobachtungen an Planeten und Einzelobjekten gedacht. Andererseits sollte das System ein genügend grosses Gesichtsfeld haben und nicht zu lichtschwach sein, so dass auch Beobachtungen an Sternhaufen, Galaxien und ausgedehnteren Objekten möglich sind. Ein Oeffnungsverhältnis von $f/_{10}$ bis $f/_{15}$ wäre dafür ein vernünftiger Kompromiss.

Gibt es überhaupt eine Teleskopoptik, mit der ein solcher Anforderungskatalog abgedeckt werden kann ? Mit einem **"Yolo"** sollten diese Vorgaben durchaus erfüllbar sein. Yolo ist der Name für eine Teleskopoptik, die nur aus zwei konkaven Spiegeln besteht. Den Namen erhielt das System von seinem Erfinder, dem Amerikaner Arthur S. Leonard. Leonard war an der University of California Professor für theoretische Optik. Er war sehr den Amateuren zugetan, beriet sie, war im legendären "Maksutov-Club" von A. Mackintosh und hielt zahlreiche Vorträge über Optik an Amateur-Conventions (Amateur-Treffen). Neben dem Yolo hat er noch das **Solano-Dreispiegelsystem** angegeben. Prof. Leonard hat diese Teleskopoptiken nicht nur theoretisch konzipiert, sondern auch selber geschliffen. Um die Idee des Yolo zu verstehen, muss kurz auf das klassische Cassegrain System eingegangen werden. Es ist auch die Basis für die Maksutov- und Schmidt-Cassegrain Optiken. Der klassische Cassegrain ist in der Abb. 1 gezeigt. Ein konkaver Hauptspiegel S_{p1} erzeugt ein konvergentes Strahlenbündel (f_1). Durch einen kleinen Konvexspiegel S_{p2} wird das Strahlenbündel durch die Bohrung im Hauptspiegel in die Bildebene F reflektiert. Die Systembrennweite f ergibt sich durch Multiplikation der Hauptspiegelbrennweite f_1 mit dem sek. Vergrösserungsfaktor M.

$$f = M \cdot f, \quad (1)$$

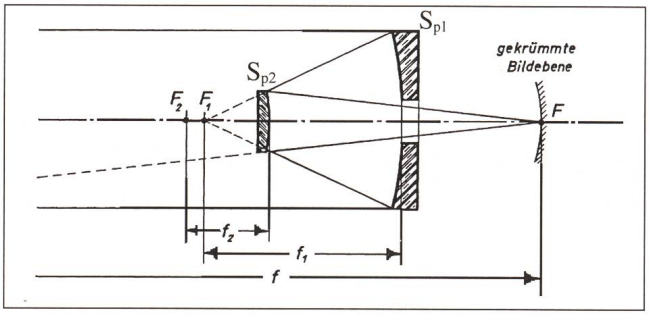


Abb. 1 klassisches Cassegrain-System

Typische Kennwerte für die weit verbreiteten 200 mm "Schmicas-Systeme" sind:

Oeffnungsverhältnis: $f/_{10}$, Systembrennweite: 2 m sek. Vergrösserungsfaktor M: ca 5, Hauptspiegel-Brennweite f_1: ca 400 mm. Allen diesen Systemen ist eigen, dass sie zwei sehr kurzbrennweitige Spiegel mit starker Krümmung besitzen und eine sehr kurze Baulänge aufweisen. Betrachtet man das Cassegrain-System aus kritischer Distanz, dann wird man gewahr, dass es eigentlich eine optische Absurdität ist. Der Leser möge dazu folgende Ueberlegungen nachvollziehen:

Absurdität 1

Für ein langbrennweitiges Sytem wird zuerst ein Hauptspiegel mit extrem kurzer Brennweite eingesetzt. In einem zweiten Schritt macht man dann seine Fokusierwirkung wieder rückgängig! Mit dem ebenfalls sehr kurzbrennweitigen Konvexspiegel zieht man das steil konvergierende Strahlenbündel wieder in die Länge. A. Kutter, der Vater des Schiefspieglers, hat dies treffend "optische Umwegtechnik" genannt.

Absurdität 2

Die Abbildungsfehler eines Spiegels sind sehr stark von seiner Flächenkrümmung abhängig. Bei einem sphärischen Newton-Spiegel $f/_{10}$ sind diese Bildfehler so klein, dass man damit, und ohne weitere Korrekturmassnahmen, bereits recht brauchbare Beobachtungen machen kann. Die stark gekrümmten Spiegel der Schmicas-Optiken haben jedoch extrem grosse Bildfehler-Terme (Seidel-Teilkoeffizienten'). In einem opti-

schen Kraftakt versucht man dann die grossen Bildfehler des Hauptspiegels durch etwa gleichgrosse Bildfehler des Sekundärspiegels zu kompensieren. Das funktioniert einigermassen am Papier, wenn man noch eine Schmidt-Platte zur Hilfe nimmt, sehr enge optische Toleranzen vorgibt und etliche Einschränkungen in Kauf nimmt. Die engen optischen Toleranzen machen das System jedoch sehr toleranz- und kollimationsempfindlich. Es genügen schon kleine Abweichungen von den Rechenwerten, damit das System bildfehlermässig abstürzt.

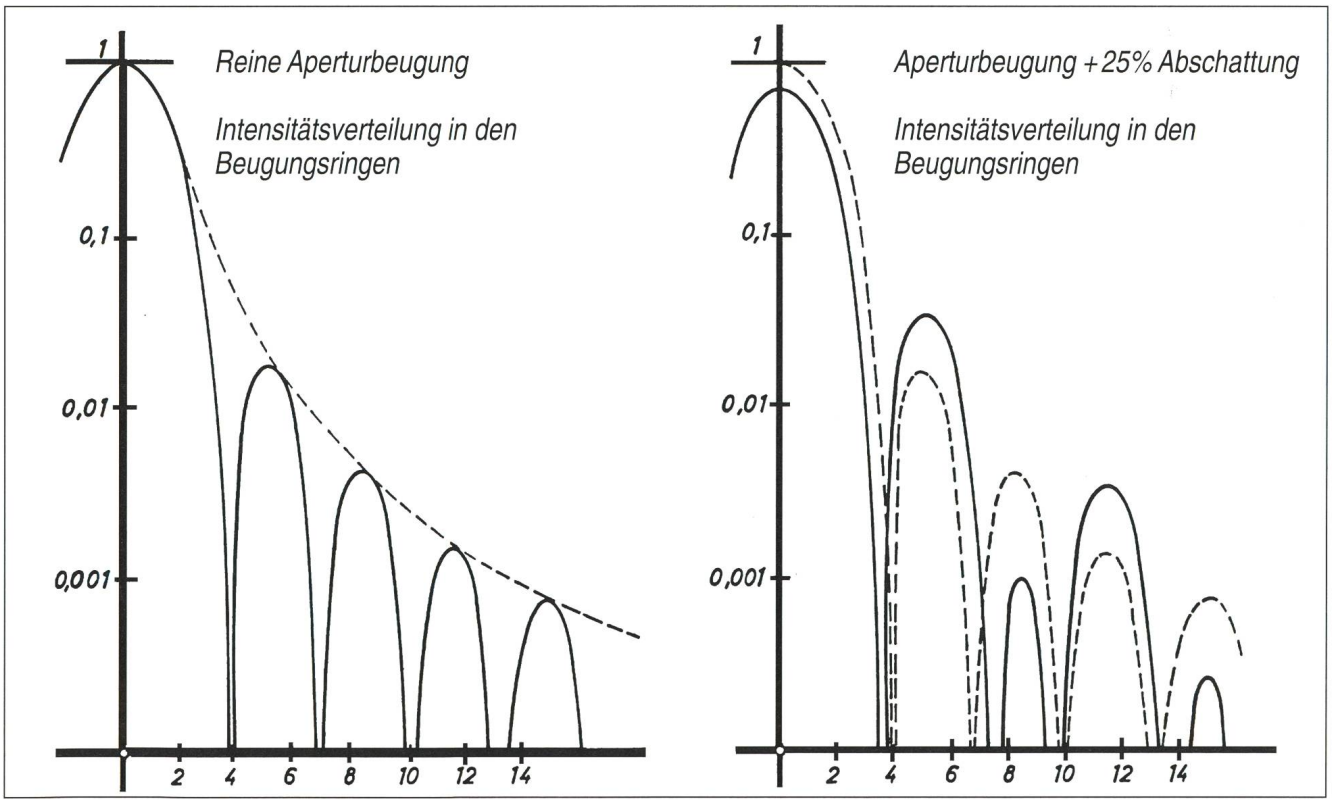
3. Weitere Nachteile und Einschränkungen des Cassegrain-Systems

Die ebene Wellenfront eines Sternes wird in einer Teleskopoptik nie punktförmig abgebildet. Auch nicht, wenn man ein ideal korrigiertes System annimmt. Der Grund dafür ist die Beugung der Wellenfront an der Apertur. Bei reiner Aperturbeugung (keine Abbildungs- und Chromasiefehler) ist das Bild der transformierten Wellenfront das bekannte Airy'sche Beugungsscheibchen mit seinen Beugungsringen. In diesem idealisierten Fall sind 84% der Wellenfrontenergie im zentralen Scheibchen, 7% im ersten Beugungsring und 9% in allen übrigen Ringen enthalten (Abb. 2a). Die Intensitätsverteilung in dieser Beugungsfunktion ist für die Kontrasteigenschaften und die "Brillanz" der Abbildung des Systems massgebend. Ein gut korrigierter Refraktor kommt dieser idealen Aperturbeugung sehr nahe. Er weist daher im Vergleich zu anderen Systemen die bestmöglichen Kontrasteigenschaften und die grösstmögliche Bildschärfe auf.

Bei allen klassischen Spiegelteleskopen befinden sich im Strahlengang weitere Spiegel und allenfalls deren Tragstruktur (Fangspiegel-Spinne). An diesen Elementen tritt ebenfalls Beugung auf. Damit wird immer mehr Energie aus dem zentralen Scheibchen abgezogen und in die äusseren Beugungsringe verlagert. Aus diesem Grund liefern Spiegelteleskope nie so kontrastreiche und scharfe Bilder wie Refraktoren. Das Cassegrain-System weist eine weitere unangenehme Eigenheit, die "Tagblindheit" auf. Um sie auszuschalten sind Abschirmrohre und Blenden (Baffels) erforderlich. Im Endeffekt führen auch sie zu einer Vergrösserung der Beugung und zudem zu einer erheblichen Vignettierung. Die Beugungsbilanz der im Handel erhältlichen Schmicas-Teleskope sieht damit etwa so aus: 62% (84%!) im zentralen Scheibchen, 26% (7%) im ersten Ring und 12% (9%) in den anderen Ringen (Abb. 2b). Ein Schmicas-System lässt sich grundsätzlich nicht gleichzeitig für den visuellen Einsatz und für fotografische Aufnahmen optimal auslegen!

- Visuelle Auslegung:
  Bei dieser ist man bestrebt die kontrastmindernde Abschattung durch den Sekundärspiegel so klein wie möglich zu halten. Ausserdem muss die Bildebene verhältnismässig weit hinter dem Hauptspiegel liegen, damit genügend Platz für die Anordnung der Zusatzgeräte vorhanden ist. Beide Forderungen führen zu grossen M-Faktoren und sehr kurzbrennweitigen Spiegeln mit starker Krümmung. Weitere Folgen davon sind,eine erhebliche Vignettierung und eine starke Bildfeldwölbung. Bei starker Vignettierung und Bildfeldwölbung

Abb. 2. Intensitätsprofil der Airy'schen Intensitäts-Funktion
a. Intensitätsfunktion an der Kreisapertur eines idealisierten (abbildungsfehlerfreien) Systems. Die Intensität ist im logarithmischen Massstab dargestellt.
b. Abbildendes System wie in a. jedoch mit einer zentralen Abschattung von 25%. Strichliert eingezeichnet ist der Verlauf des nicht abgeschatteten Systems.



erhält man auf einem planen Film keine bis an den Rand scharfen und voll ausgeleuchteten Sternbilder. Ein visuell optimiertes System ist daher für die Himmelsfotografie wenig geeignet.

– Fotografische Auslegung:
  Die Beugungseffekte spielen bei dieser nur eine untergeordnete Rolle. Der Grund dafür ist, dass die Filmemulsionen praktisch immer über den ersten *Beugungs*ring hinaus integrieren. Ob man die Abschattung 30% oder 50% macht, man hat im Schwärzungsscheibchen immer etwa 80% der Energie. Bei fotografisch ausgelegten Systemen sind hingegen eine geringe Vignettierung und ein ebenes Bildfeld anzustreben. Dafür sind ein grosser Sekundärspiegel und kleine M-Faktoren erforderlich. Die Baulänge des Systems wird dabei erheblich grösser. Durch die grosse Sekundärspiegel-Abschattung (> 50%) und starke Kontrasteinbusse ist so ein Sytem hinwiederum für den visuellen Gebrauch wenig geeignet.

Diese negativen Eigenschaften und Aspekte der Cassegrain-Systeme waren für A. Leonard der Ausgangspunkt für die Konzeption eines neuen Zweispiegel- Systems. Diesem legte er folgende Leitgedanken zugrunde:

1. Die Systembrennweite ist möglichst zu gleichen Teilen auf die Brechkraft beider Spiegel aufzuteilen[1].
2. Das System muss abschattungsfrei sein.
3. Der Durchmesser des Sekundärspiegels soll keinen Einschränkungen unterworfen sein. Diese Forderung ergibt sich aus einer möglichst kleinen Vignettierung.
4. Die optisch wenig sinnvolle Forderung, dass die Baulänge des Systems extrem kurz sein soll, wird aufgegeben.

Was erreicht A.Leonard mit diesen Vorgaben und was sind die Konsequenzen?

zu 1.

Diese Bedingung lässt sich nur mit einem konkaven Sekundärspiegel und einem M-Faktor von etwa 0,5 erfüllen. Damit ergeben sich auch grosse Brennweiten und schwache Krümmungen für beide Spiegel.

Dazu ein Beispiel:

150 mm Ø Yolo, $f/_{10}$
Systembrennweite f: 1500 mm, f_1 f_2 2250 mm
M-Faktor: ca 0,6
Hauptspiegel-Oeffnungsverhältnis: $f/_{17}$
Sekundärspiegel-Oeffnungsverhältnis: $f/_{19}$

– Die sehr schwache Krümmung der beiden Spiegel hat zur Folge, dass auch ihre individuellen Bildfehler sehr klein sind. Beim Yolo werden daher abbildende Elemente eingesetzt,die a priori sehr kleine Fehler aufweisen und nicht Elemente, die schon von sich aus mit massiven Fehlern behaftet sind.
– Eine Folge der grossen Brennweiten ist, dass das System sehr tolerant gegen Massabweichungen und Kollimationsfehler wird.
– Spiegel mit kleiner Krümmung lassen sich schneller und einfacher herstellen, als Spiegel mit einem Oeffnungsverhältnis von $f/_3$ oder sogar $f/_2$.
– Ein grosser Vorteil der konkaven Spiegel ist, dass sie sich einfach und ohne Hilfsoptik mit der Foucault- und Ronchi-Methode messen und kontrollieren lassen.

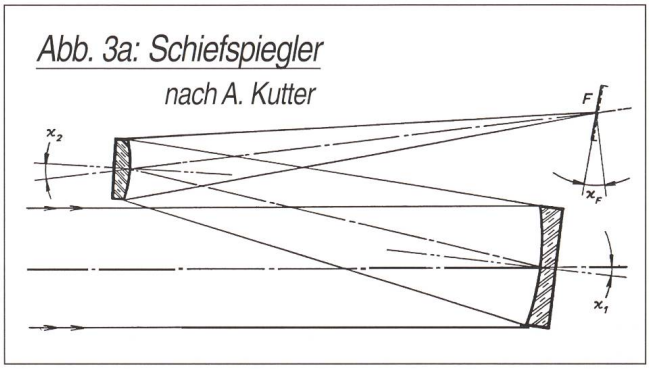
[1] *Dies bedeutet, dass beide Spiegel etwa gleiche Dioptrien haben müssen.*

[2] ***TCT** ... **T**ilted **C**omponent **T**elescope*

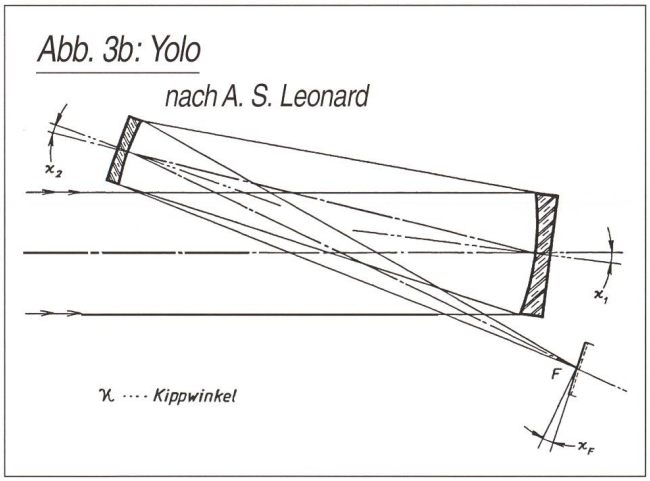
zu 2. und 3.

Diese beiden Forderungen lassen sich nur mit einer Schiefspiegler-Anordnung realisieren. Man nennt heute solche Teleskopoptiken TCT-**Systeme**[2]. Das Yolo-System unterscheidet sich vom klassischen Schiefspiegler nach A. Kutter durch den gekreuzten Strahlengang und durch die Form der Spiegel (Abb. 3a und 3b). Ausserdem kann ein Yolo mit einem wesentlich kleineren Oeffnungsverhältnis als ein Schiefspiegler hergestellt werden. Dies ohne Verschlechterung der Bildfehlerkorrektur.

Abb. 3 Tilted Component Telescopes



a. zeigt den klassischen Schiefspiegler nach A. Kutter



b. Yolo-System nach A.S. Leonard. Wesentliches Merkmal dieses Systems ist der konkave Sekundärspiegel und der gekreuzte Strahlengang.

Ein Schiefspiegler hat keine durchgehende optische Achse. Die optischen Achsen des einfallenden Strahlenbündels und der beiden Spiegel sind unter vorgegebenen Winkeln zueinander geneigt. Die schräg auf die Spiegel auftreffenden Strahlenbündel verursachen Koma und Astigmatismus. Schon A. Kutter hat gezeigt, dass bei der Schiefspiegler-Anordnung, durch geeignete Wahl des Kippwinkels am Sekundärspiegel, entweder die axiale Koma oder der Astigmatismus korrigiert werden können. A. Kutter war es jedoch nicht möglich, bei Oeffnungsverhältnissen unter $f/_{20}$, den Komafehler und den Astigmatismus gleichzeitig mit einfachen und optisch eleganten Mitteln zu korrigieren. A. Leonard korrigiert beim Yolo den Komafehler ebenfalls durch entsprechende Neigung des

Sekundärspiegels. Ferner hat er theoretisch untersucht, welche Flächenform die Spiegel haben müssen, damit kein Astigmatismus auftritt. Dabei ergab sich,dass Toroid-Flächen diese Bedingung erfüllen. Ein Toroid lässt sich als eine Kugel mit zwei Radien ansehen. Die Erde ist am Aequator mit guter Näherung ein Toroid. Ihr Poldurchmesser ist um 42,7 km kleiner als ihr Aequatordurchmesser. Beim Yolo beträgt der Unterschied der beiden Radien R_m und R_s nur wenige cm. R_m ist der Radius in der Meridionalebene und R_s jener in der Sagittalebene. Die Meridionalebene ist die Zeichenebene, in der in der Abb. 3 die Systeme dargestellt sind. Die Sagittalebene steht senkrecht dazu. Die toroiden Yolo-Spiegel haben eine mathematisch sehr sympathische Eigenschaft: legt man durch die Spiegelachse eine beliebige Schnittebene, dann sind die Schnittkurven immer Kreisbögen. Die Toroidspiegel kann man daher nach Foucault wie einen sphärischen Spiegel prüfen. In jeder beliebig gedrehten Spiegellage erhällt man eine Nullmessung. Die Messerschneide muss dabei natürlich auf den entsprechenden Toroidradius eingestellt werden. Man wird hier nicht mit einem Schattenbild wie bei einem Parabolspiegel konfrontiert, das erfahrungsgemäss nicht ganz einfach zu interpretieren ist.

A. Leonard hat eine Methode angegeben, wie durch mechanische Verspannung eines sphärischen Spiegels ein Toroid erhalten werden kann. Ein solches mechanisches Verspannsystem ist jedoch recht problematisch. Mittlerweile haben amerikanische Amateure herausgefunden,wie man durch Polierretusche einen sphärischen Spiegel in ein Toroid umwandelt. Glaubt man ihren Angaben, dann soll dies nicht schwieriger als das Parabolisieren eines sphärischen Spiegels sein. J. Sasian sagt dazu mit entwaffnendem amerikanischen Pragmatismus: " man soll darüber nicht lange reden, sondern es versuchen"'. Der Yolo ist eine Teleskopoptik mit nur zwei konkaven Spiegeln, die einem guten Refraktor hinsichtlich optischer Bildfehlerkorrektur, Kontrast und brillanter Abbildung ebenbürtig ist. Bezüglich der Farbfehler ist er ihm, und sogar einem Apochromaten, überlegen, da er als Spiegelsystem überhaupt keine Farbfehler aufweist. Die Spiegelflächen müssen allerdings mit hoher Güte poliert sein.

Gerechterweise darf ein wichtiger Aspekt des Yolo-Systems nicht unterschlagen werden. Die Tragstruktur (Tubus) ist um einiges komplexer als das einfache Rohr eines Refraktors. Sie ist ein kastenförmiges Gebilde, in dem die Spiegel unter den berechneten Kippwinkeln eingbaut sind. Die Spiegelzellen müssen einwandfrei justierbar sein und Streulichtblenden sind für eine Optik mit exzellenten Kontrasteigenschaften unerlässlich. Die "Yolo-Kiste" sieht auch nicht so elegant aus, wie das kurze Rohr einer Schmicas-Optik! Es ist dies der Preis,den man für eine Optik zu zahlen hat, die zum Besten gehört, was heute überhaupt machbar ist. Amerikanische Amateure haben ihre YoloKiste meistens aus Sperrholzplatten angefertigt und sind damit nicht schlecht gefahren. Wir haben ja gesehen, dass das System wenig toleranz- und kollimationsempfindlich ist. Wer sich einen Yolo bauen will, der sollte allerdings über einige Handfertigkeiten und Einrichtungen für die Holzbearbeitung verfügen.

Was ist als nächstes im Rahmen der Yolo-Aktion vorgesehen? In einem ersten Schritt muss das Interesse dafür abgeklärt werden. Ernsthafte Interessenten für den Bau eines Yolos mögen sich daher schriftlich beim Autor melden. Der zweite Schritt wäre dann eine Zusammenkunft. Bei dieser würde der Yolo eingehender vorgestellt werden. Ausserdem wäre dabei das weitere Vorgehen zu diskutieren.

Ich hoffe, dass es unter den Orion-Lesern genügend Spiegelschleif-Begeisterte gibt, die ich mit diesem Beitrag zum Bau eines Yolos motivieren konnte.

H. G. ZIEGLER
Ringstrasse 1a, 5415 Nussbaumen

An- und Verkauf / Achat et vente

Zu verkaufen
1 VIXEN-Refraktor 80M mit Super-Polarismontierung und RA-Motor,nur Fr. 1200.– (neuwertig m.Garantie)
1 Celestron " Comet Catcher" Spiegel-telescop, Durchmesser 14 cm, Brennweite 508 mm, F 3.6, neuwertig, (Domomodell) mit Garantie Fr. 790.–.
Auskunft Tel. 031/711 07 30. E.Christener

Wer interessiert sich
für die **Zeitschrift ORION** ab Jahrgang 1969
Sterne & Weltraum ab Jahrgang 1980
Tel. 065/71 10 75 (int.330)

Zu verkaufen
Für Astrofotographie
1 Spiegelteleskop CELESTRON C8 Powerstar 2000 mm, 20 cm Ø, Quarzmotor, de luxe Stativ, incl. Koffer 1a Zustand. Zubehör in übersichtlichem Spezialkoffer: 3 Plösslokulare, Steuergerät Nord/Süd, Handauslöser, Umkehrprisma Teleextender, T-Adaptor, Gegengewicht incl. Schiene, beleuchtetes Off-Axis, Batteriekoffer incl. Voltmeter, beleuchteter Polsucher alles 1a Zustand. Option Nikon F30/ incl. Laserblitz.
Für Auskünfte M. Haas, Tel. 01/761 23 88 (Bürozeit)

Zu verkaufen
wegen Systemwechsels für 55% des heutigen Neupreises:

1)	Tubus Vixen **F1** - 102/900 (bessere Apochromasie als jeder ED und garantiert beugungsbegrenzt) incl. grösserem Sucher (7x50)	Fr. 2.400.–
2)	Schöner Transportkoffer dazu	Fr. 150.–
3)	Montierung SP-DX grün	Fr. 1.095.–
4)	2 Motoren und Steuergerät OMD-2	Fr. 455.–
5)	Holzstativ W-115 dazu	Fr. 315.–
6)	**Alles zusammen (l-5)**	**Fr. 3.990.–**
7)	Okularrevolver 4-fach, Ø 31.8 mm	Fr. 190.–
8)	Okular Plössl 15 mm	Fr. 125.–
9)	Okular Ultima 7.5 mm	Fr. 140.–

Alle Artikel sind so gut wie neuwertig.
Auskunft Tel. 031/44.37.47 (abends)

Zu verkaufen
Newton-Teleskop 15 cm en bloc oder in Einzelteilen:
– Parabolspiegel 1:7,3 Okulare, Solar-Screen Filter Fr. 350.–
– Eigenbau-Montierung komplett incl. Nachführmotor & Okularschlitten Fr. VB 200.–
Tel. 01/923 59 69, E. Markun, abends.