Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 52 (1994)
Heft: 265

Artikel: Zentrieren, justieren, kollimieren [Fortsetzung]
Autor: Ziegler, H.G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898817

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: 15.07.2025

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

Zentrieren, justieren, kollimieren

H. G. ZIEGLER

Mit diesem Beitrag wird die im Orion Nr. 244 und 247 begonnene Artikelserie fortgesetzt. Dem an diesem Thema interessierten Leser empfehle ich, diese Beiträge noch einmal zur Hand zu nehmen und durchzusehen, da diese schon einige Zeit zurückliegen und im Folgenden mehrmals auf sie verwiesen wird. Es werden hier zum ersten Mal einige Gedanken über die «Justierfreiheitsgrade» gebracht, die man in der Literatur kaum findet.

Die Justierfreiheitsgrade

Unter *Justierfreiheitsgraden* versteht man die Richtungskoordinaten eines Elementes, nach denen es justiert werden kann. In der Abb. 1 ist ein Flächenelement «dA» mit seinen möglichen Freiheitsgraden dargestellt. Es soll eine optische Fläche, z.B. einen Spiegel repräsentieren. Die Bezeichnung der Koordinaten wurde in Übereinstimmung mit den optischen Konventionen gemacht. Bei diesen wird die optische Achse mit «Z» bezeichnet. Ein solches, frei beweglich gedachtes, Flächenelement kann potentiell in drei Richtungen *translatorisch* verschoben und um drei Achsen *rotatorisch* verdreht werden. Wir haben es demnach mit total 6 möglichen *Freiheitsgraden* zu tun. Wenn für die Kollimation eines optischen Elermentes gewisse Justierfreiheitsgrade nicht benötigt werden, dann muss das Element in diesen Richtungen durch einwandfreie Abstütz- und Auflagepunkte an der Bewegung gehindert werden. Umgekehrt erfordert die Justage in einer Koordinatenrichtung mechanische Komponenten, die eine in dieser Richtung definierte Verschiebung, oder Verdrehung erlauben. Zudem benötigt man *feinfühlige* Verstellelemente, z.B. Justierschrauben, um die Justage mit der nötigen Genauigkeit ausführen zu können. Der vorsichtige Instrumentenbauer könnte nun auf den Gedanken kommen, die optischen Elemente mit allen 6 Justierfreiheitsgraden auszurüsten, um sie bei Bedarf in diesen Richtungen justieren zu können. Eine solche Philosophie wäre jedoch falsch und hätte gewichtige Nachteile:

1. Die Struktur wird um die feinmechanischen Komponenten, die für die Justage benötigt werden, komplizierter, aufwendiger und teurer
2. Ein jedes nicht benötige Element einer Montierung, das eine Trag-, Abstütz- oder Bewegungsfunktion hat, setzt immer die Systemsteifigkeit herab
3. Potentielle Beweglichkeit impliziert immer, dass sich in ihrer Richtungen die Komponenten auch ungewollt verstellen können, z.B. durch Transportstösse und Vibrationen
4. Nicht benötigte Justierelemente bergen immer die Gefahr in sich, dass man an ihnen 'herumzudrehen» versucht ist! Dies besonders bei der Kollimations-Prozedur. Die Kollimation wird durch unnötige Justierelente in keiner Weise erleichtert sondern eher verunsichert.

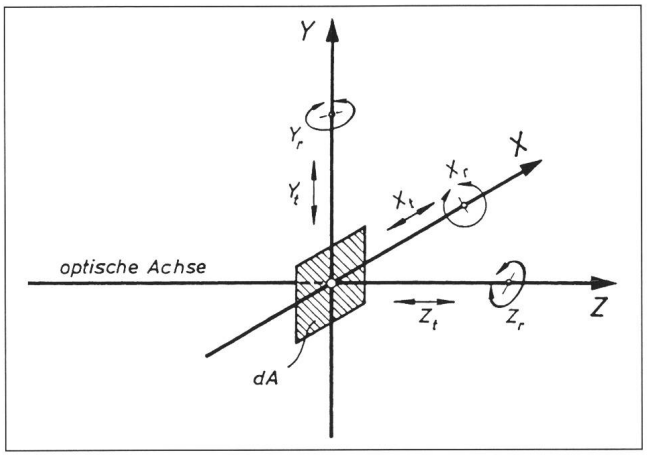


Abb. 1. Allgemeine Freiheitsgrade eines Flächenelementes "dA" Mit dem Index «t» sind translatorische *Verschiebungen in den entsprechenden Achsrichtungen bezeichnet. Der Index «r» bezeichnet* Rotatationen *(Kippungen). Das Flächenelement «dA» steht stellvertretend für eine optische Fläche.*

Eine wichtige Grundregel lautet daher:

In einem optischen System sind grundsätzlich nur die Justierfreiheitsgrade technisch auszuführen, in denen eine Justage wirklich notwendig ist.

Der Hauptspiegel

Betrachten wir die benötigten Freiheitsgrade des Hauptspiegels eines Newton Systems: Es ist sofort ersichtlich, dass von den 6 möglichen Freiheitsgraden eine Verschiebung in Z-Richtung, also in Richtung der optischen Achse und eine Drehung um die Z-Achse, optisch und auch astronomisch keinen Sinn machen. Man benötigt sie nicht! Wir gehen im weiteren von einer *astronomisch* ausgerichteten optischen Achse aus. Zur Rekapitulation: bei dieser ist die optische Achse des Hauptspiegels nach der Rohrachse ausgerichtet und diese wiederum liegt in einer Ebene, die genau parallel zur Polachse ist (siehe dazu **Teil 2**.). Für die Justage benötigt man dann *Lateralverschiebungen* in X- und Y-Richtung, um den Spiegelscheitel genau in das Rohrzentrum zurücken. Ausserdem muss der Hauptspiegel um die X- und Y-Achsen kippbar sein, um seine optische Achse mit der Rohrachse zur Deckung zu bringen. Dies gilt besonders bei Teleskopen, bei denen das Rohr gegenüber dem Rohrsattel drehbar ist, um einen bequemen Okulareinblick zu erhalten. Es gilt auch für Instrumente mit abnehmbaren Rohr, bei denen die Rohrlage in Bezug auf den Sattel nicht durch eine Arretierung eindeutig festgelegt ist. Benötigen wir diese Freiheitsgrade wirklich? Zur Beantwortung dieser Frage muss man die individuellen Genauigkeitsansprüche berücksichtigen, die man an das Teleskop stellt. Man wird sich überlegen müssen, wie sinnvoll eine sehr genau Justage etwa bei einem Dobson Teleskop auf

der einen Seite und auf der anderen bei einem Teleskop auf luxuriöser Montierung mit Winkelencodern und Computer-Schnittstelle sein muss?

Wenn der Genauigkeistrahmen des Instrumentes definiert ist, dann hängen die notwendigen Justierfreiheitsgrade auch noch von der Bearbeitungsgenauigkeit ab, mit der die Elemente hergestellt und zueinander montiert werden können. Dieser Genauigkeitsaspekt wird deutlich, wenn man sich die Linsenfassung eines Refraktors ansieht. Bei Refraktoren sind in der Regel am Objektiv keine Justierelemente vorhanden. Sie werden ganz einfach nicht benötigt! Eine Linsenfassung lässt sich als sehr genauer Drehteil herstellen und genau zentrisch in einem Rohr montieren. Die Linsen selber sind zudem immer optisch *zentriert.* Gelingt es die Spiegelzelle als präzisen Drehteil und genau zentriert in einem exakten Rohrsitz einzubauen, dann benötigt man die oben angeführten Justiermöglichkeiten auch bei einem Spiegel nicht. Dabei wird vorausgesetzt, dass auch der Spiegel selber optisch zentriert ist. Allerdings muss dann das Rohr genau rechtwinkelig zur Deklinationsachse angebracht, oder zwischen diesen beiden Elementen eine Justiermöglichkeit vorhanden sein. Der Amateur wird jedoch in der Regel kaum die Möglichkeit haben, grosse Spiegelfassungen mit der nötigen Genauigkeit zu bearbeiten und im Tubus einzubauen. Er ist daher auf die nötigen Justierfreiheitsgrade angewiesen[1].

Es sei hier noch einmal vermerkt, dass man nach der erwähnten *«astronomischen Justage «* der Hauptspiegelachse diese für die nachfolgende *optische Kollimation* nicht mehr verstellen darf. Die weiteren Kollimationsschritte müssen daher ausschliesslich am Fangspiegel und am Okulartubus ausgeführt werden. Man lasse sich dabei nicht von Angaben in der Literatur beeinflussen, bei denen in der Regel die korrekte Rohrorientierung nicht berücksichtigt wird. Sie stammen ausserdem aus einer Zeit, in der genaue Winkelencoder an den Achsen von Amateurinstrumenten noch unbekannt waren.

Der Fangspiegel

Sieht man sich die Fangspiegelzellen an Amateurinstrumenten an, dann findet man bei diesen vielfach Justierfreiheitsgrade, die gar nicht benötigt werden! Ich werde zeigen, dass der Fangspiegel nur in Z-Richtung verschoben und um seine Z-Achse drehbar ausgeführt, jedoch nicht kippbar sein muss. Es sind dies zwei konstruktiv sehr einfach realisierbare Justierfreiheitsgrade.

Alle anderen Justierfreiheitsgrade sind überflüssig und würden diese Baugruppe nur unnötig kompliziert machen. Wir wollen einen Fangspiegel annehmen, der in der geometrisch korrekten *«dezentrierten Anordnung»* und unter 45° angeordnet ist. Dezentriert meint, dass er, wie im **Teil 2.** beschrieben, um das Mass «e» exzentrisch zur Z-Achse angeordnet ist. Das Mass «e» ist abbildungsoptisch in keiner Weise relevant. Es hat nur einen Einfluss auf die Vignettierung und braucht daher nicht mit *optischer* Genauigkeit eingehalten zu werden. Wenn dieses Mass schon bei der Konstruktion berücksichtigt wurde und der Fangspiegelträger mit ein wenig Sorgfalt ausgeführt und montiert wird, dann braucht man dafür keine eigenen Justierelemente. Das gleiche gilt für den 45°-Winkel. Ein optisches Strahlenbündel kann mit einem Planspiegel unter einem *beliebigen* Winkel abgelenkt werden. Wenn man diesen 45°-Winkel einigermassen genau ausführt, dann braucht man an der Fangspiegelzelle gar keine Einstellmöglichkeit für seine Neigung. Ein paar Grade mehr oder weniger spielen beim Fangspiegel überhaupt keine Rolle! Auch für das Okular ist es optisch belanglos, wenn es dann etwas geneigt zum Rohr steht. Man könnte es sogar absichtlich schräg anordnen, um etwa einen bequemen Einblick zu erhalten. Mit diesen Gesichtspunkten erhält man eine ausserordentlich einfache und stabile Fangspiegelfassung mit nur wenigen Komponenten. Sie ist in der Abb. 2 schematisch dargestellt.

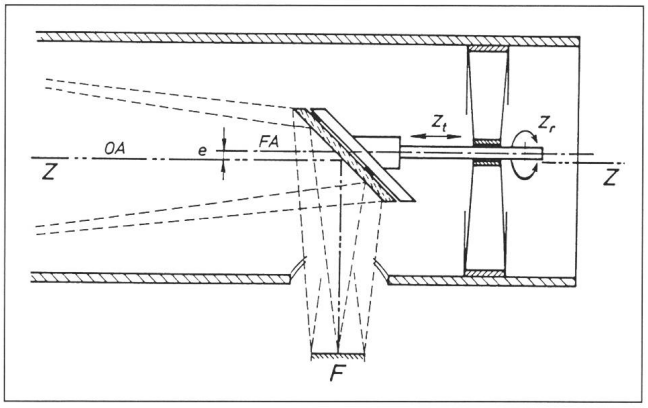
Ganz allgemein gilt der Grundsatz:

«Man pflege die Genauigkeit da, wo sie wirklich notwendig ist»!

Der Fokussiertrieb

Betrachten wir nun den Fokussiertrieb mit seiner Okularachse: Welche Justierfreiheitsgrade werden hier für die Kollimation benötigt? Eine Verschiebung in Z-Richtung ist automatisch gegeben, da es die Fokussierrichtung ist. Wo am Rohrumfang der Fokussiertrieb angeordnet wird ist belanglos, da man den Fangspiegel um seine Z-Achse drehen und so jeden Ort am Umfang erreichen kann. Durch die axiale Verschiebbarkeit des Fangspiegelträgers (Z-Richtung) wird am Okulartrieb eine

Abb. 2. Justierfreiheitsgrade am Fangspiegel eines Newton-Systems Bei einigermassen genauer und sorgfältiger Herstellung der Spinne und des Fangspiegel-Trägers werden für die optische Justage nur eine Verschiebung in und eine Verdrehung um die Z-Achse benötigt. Man beachte, dass bei Systemen mit kleinem Öffnungsverhältnis der Fangspiegel um den Betrag «e» exzentrisch zur Hauptachse angeordnet werden muss.



[1] Bei einer Diskussion dieses Themas machte ein Sterfreund dem Schreibenden gegenüber die Bemerkung: «Eine solche Justage und die Diskussion mechanischer Genauigkeitsaspekte sei heute doch durch die moderne Computertechnik vollkommen überholt worden. Justagefehler werden in den neuen, computerisierten Nachführsteuerungen automatisch einprogrammiert und damit erübrigen sich solche umständlichen Einstellaktionen»! Diese Bemerkung zeigt folgendes:

– man weist dem Computer und der Elektronik eine Allmacht zu: «Mit ihnen ist alles machbar»! – es fehlen elementare Kenntnisse der Geometrie und Kinematik!

Der Sachverhalt wird sofort klar, wenn man *Grenzbetrachtungen* anstellt, d.h. wen man z.B. die Auswirkung grosser Fehler überdenkt. Man stelle sich dazu etwa eine hypothetische Montierung vor, bei der die Deklinationsachse mit der Polachse nicht einen Winkel von 90°, sondern einen von 45° einschliessen (schiefwinkeliges Koordinatensystem!), oder bei der das Rohr parallel zur Deklinationsachse montiert ist!: «Alles klar»?

Translation in Y-Richtung unnötig. Der Okulartrieb muss daher nur noch so am Rohr angebracht werden, dass Kippjustagen um seine Y- und X-Achsen möglich sind (Abb.3). Genau diese Justiermöglichkeit findet man jedoch an vielen Amateurinstrument nicht.

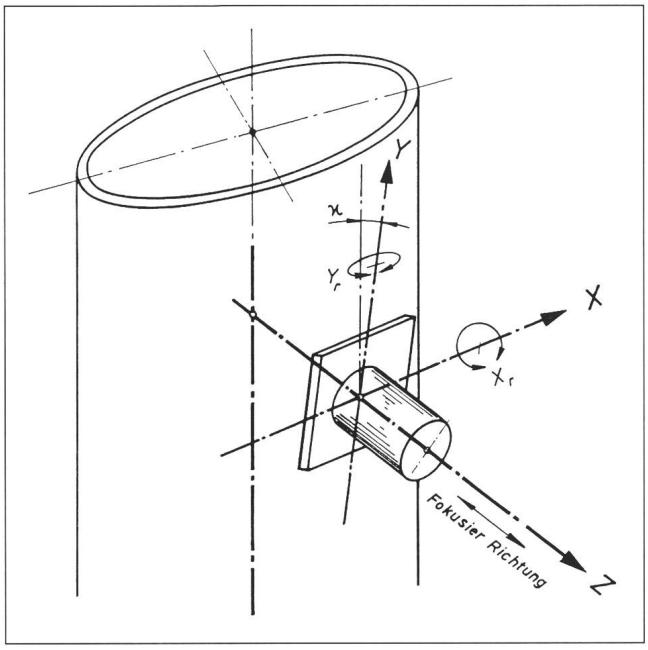


Abb. 3. Justierfreiheitsgrade am Okulartubus
Die Ansicht, dass die Okularachse genau senkrecht auf die Rohrachse stehen muss ist weit verbreitet, jedoch optisch und astronomisch nicht begründet. Sie wurde daher hier absichtlich um den den Kippwinkel "K" (Kapa) schräg gezeichnet. Für die optische Kollimation muss der Okulartubus nur um die X- und Y-Achse kippbar sein.

In der gleichen Weise wie hier am Beispiel des Newton-Systems die nötigen Justier- und Kollimierfreiheitsgrade abgeleitet wurden, lassen sich diese auch für andere optische Systeme festlegen. Dazu ein Hinweis: Bei Planspiegeln haben *translatorische* Verschiebungen vielfach keinen Einfluss auf die Kollimation. Für andere optische Elemente, wie Linsen, Spiegel mit gekrümmten Flächen, Schmidtplatten u.s.w. gilt das natürlich nicht. Man muss sich bei diesen auch die translatorischen Justierfreiheitsgrade genau überlegen, um die *Lateralfehler* korrigieren zu können.

Betrachtet man kommerziell angebotene Instrumente, dann sieht man, dass die hier behandelten Aspekte vielfach zu wenig berücksichtigt wurden. Man findet da sowohl Konstruktionen, bei denen unnötige Justierfreiheitsgrade ausgeführt sind als auch Anordnungen, bei denen für eine einwandfreie Kollimation Justierfreiheitsgrade fehlen. So kann man z.B. bei gewissen Schmidt-Cassegrain Teleskopen den Sekundärspiegel wohl kippen, jedoch nicht in Bezug auf den Hauptspiegel lateral verschieben. Da auch am Okulartubus Justiermöglichkeiten fehlen, ist nur eine sehr eingeschränkte Kollimation möglich. Hinzu kommt, dass gerade das Cassegrain-System und alle davon abgeleiteten Systeme, sehr kollimationsempfindlich sind. Der Grund dafür ist, dass diese Systeme in der Regel zwei Spiegel mit stark gekrümmten Flächen besitzen. Man vergleiche dazu im **Teil 1**. dieser Artikelserie die Tabelle mit den angeführten Kollimations-Genauigkeiten bei kleinen Öffnungszahlen. Daraus folgert, dass auch die Schmidt-Kamera, mit Öffnungsverhältnissen von 1: 3 und darunter, zu den sehr kollimationsempfindliches Systemen zählt. Bei ihr ist eine sehr genaue Justage des Filmhalters erforderlich.

In einem weiteren, abschliessenden Beitrag werden die Hilfsmittel für die Kollimation behandelt und einige praktische Hinweise gebracht.

H.G. ZIEGLER
Ringstrasse 1a, CH-5415 Nussbaumen

TIEFPREISE für alle Teleskope und Zubehör

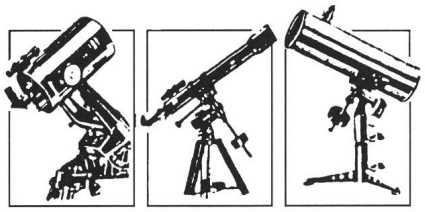
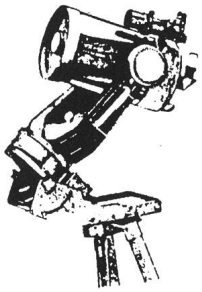


FOTO VIDEO
Zumstein
Casinoplatz 8 Bern

In Zusammenarbeit mit
E. Christener
Tel. 031/311 21 13
Fax. 031/312 27 14

Grosse Auswahl
Zubehör
Okulare, Filter
Telradsucher
Sternatlanten
Astronomische
Literatur
Kompetente
Beratung!
Volle Garantie

PARKS
Tele Vue
Vixen
Celestron
Carl Zeiss



Extrem gute Durchsicht
Stärkere Weitsicht
Hochkorrigierte Klarsicht

Abbe-Okulare von Carl Zeiss

Wir haben mit unseren apochromatischen APQ-Objektiven neue Maßstäbe gesetzt. Der Erfolg: über 97 % Transmission und gestochen scharfe Bilder.
Nunmehr gibt es auch das passende optische Gegenstück: ein Okular, das die Qualitäten der Objektive voll nutzt.

Natürlich haben wir gleich eine komplette Reihe entwickelt: Die Abbe-Okulare - MC-vergütete Vierlinser mit Lanthangläsern - erhältlich mit 4, 6, 10, 16 und 25 mm Brennweite und 1¼"-Steckdurchmesser. Ab 16 mm auch mit Schiebehülse für die optimale Anpassung für Brillenträger.

ZEISS

Carl Zeiss AG
Grubenstraße 54
Postfach
8021 Zürich
Tel 01/465 91 91

Av. Juste-Olivier 25
1006 Lausanne
Tel 021/320 62 84