Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 36 (1978)
Heft: 165

Rubrik: Das Instrument [Fortsetzung]

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: 19.07.2025

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

DAS INSTRUMENT

4. Kapitel: «Die Messung der Steifigkeit» (Teil I)

4.1. Das Messprinzip

Im Kapitel 2 wurde darauf hingewiesen, dass Begriffe und Grössen mit denen wir operieren und argumentieren, eindeutig definiert und im Falle der Physik auch messbar sein müssen. Die Steifigkeit wurde im vorangegangenen Kapitel definiert. Hier wird gezeigt, wie sie an Teleskopmontierungen gemessen werden kann.

Die Definitionsgleichung (3.1) $F = c \cdot \Delta$ weist den Weg zur Messung der Steifigkeit. Dazu ist das Instrument mit einer bekannten Kraft F zu belasten und die Auslenkung Δ in Kraftrichtung zu messen. Am einfachsten lässt sich eine definierte Belastung durch Gewichte aufbringen, deren Gewichtskraft man über eine Schnur auf das Instrument überträgt. Gewichte in irgend einer Form hat wohl jeder Amateur zur Hand und eine beliebige, vom Lot abweichende Kraftrichtung lässt sich sehr einfach mit einer kleinen Seilrolle realisieren. Die Grösse des Prüfgewichtes richtet sich nach der Grösse, bzw. nach der Steifigkeit der Montierung. Für kleine und mittlere Instrumente werden in der Regel Prüfkräfte von 10—20 N[1]) und für steifere Montierungen solche von etwa 50 N ausreichen, da keine grossen Auslenkungen für die Messung erforderlich sind. Mit der Teleskopoptik lassen sich sehr kleine Auslenkungen hinreichend genau messen. Besonders elegant lässt sich die Auslenkung erfassen, wenn das Teleskop mit einer photographischen Einrichtung versehen werden kann. Man braucht dazu nur die Auslenkung heller Sterne auf dem Film mit einer Messlupe auszumessen. Die Auslenkung lässt sich aber auch mit einem Fadenkreuzokular direkt am Himmel bestimmen. Die Winkelabstände der Sterne, die aus einem Sternatlas entnommen werden, sind dazu ein ausgezeichneter Maßstab. Die Winkelauslenkung δ wird dabei nach der Formel

$$\Delta = f \cdot \mathrm{tg}\,\delta \qquad \text{Gl. 4.1}$$

in die lineare Auslenkung Δ umgerechnet, wobei f die Brennweite der Optik ist. Bei kleinen Winkeln kann man auch mit dem arc δ rechnen. Ja, man könnte sogar daran denken, die Steifigkeit von Teleskopmontierungen überhaupt auf Winkel zu beziehen, wie dies bei der Torsion der Fall ist. Damit ist das Messprinzip bereits beschrieben.

Ehe auf die Rahmenbedingungen der Messung eingegangen wird, sollen noch einige Hinweise zur Einheit der Steifigkeit gemacht werden. Die Einheit der Steifigkeit ist das N/m *(Newton/Meter)*. Für mechanische Strukturen und Teleskopmontierungen ist das N/m eine zu kleine Einheit. Sie wäre angebracht, wenn etwa die Steifigkeit eines Grashalmes angegeben werden soll. In unserem Fall verwenden wir eine um den Faktor 10^6 grössere Einheit, das MN/m *(Meganewton/m)*. Wenn die Steifigkeit von Teleskopmontierungen in MN/m angegeben wird, dann erhält man anschauliche Zahlenwerte, denn der Steifigkeit von 1 MN/m entspricht eine Auslenkung von 1/100 mm bei einer Kraft von 10 N. Eine Auslenkung von 0,01 mm lässt sich auf einer Sternaufnahme mit einer 10-fach vergrössernden Messlupe noch gut erfassen, und 10 N sind eine jedermann vertraute Kraft, die etwa auftritt, wenn man am Okulartrieb manipuliert. Die Steifigkeiten von Amateurmontierungen werden etwa zwischen 0,1 und einigen 10 MN/m liegen.

4.2. Rahmenbedingungen der Steifigkeitsmessung

Die Beschreibung des Messprinzips gewährleistet in der Regel noch nicht, dass an verschiedenen Orten ausgeführte Messungen vergleichbar sind. Dazu bedarf es gewisser Konventionen, die die Rahmenbedingungen der Messung festlegen. Diese werden durch den Zweck, dem die Messung dienen soll und durch messtechnische Aspekte bestimmt. Messkonventionen sind immer in gewisser Hinsicht willkürliche, wenn auch sinnvolle Annahmen, über die man sich einigen muss oder geeinigt hat. Über die Messung der Steifigkeit an Teleskopmontierungen liegen noch keine Erfahrungen vor, da diese bis heute von keinem Amateur bewusst gemessen wurde. Die hier festgelegten Rahmenbedingungen sollen daher als ein erster Vorschlag für die einheitliche Messung der Systemsteifigkeit an Teleskopmontierungen angesehen werden.

Im Kapitel 3 wurde gesagt, dass die Steifigkeit einer Struktur

— *vom Bezugspunkt, das heisst vom Punkt der Krafteinwirkung,*
— *von der Kraftrichtung,*
— *von den Fesselrandbedingungen (Aufstellung oder Verankerung am Fundament) und*
— *von der Geometrie der Struktur abhängt.*

In den Rahmenbedingungen der Messung müssen daher diese Punkte präzisiert werden.

1. Die Bezugsebene und die Richtung der Prüfkraft

Durch das *Grundkriterium 1* werden nicht nur die Auslenkung Δ, sondern auch die Prüfkraft F und die Steifigkeit auf die Bildebene bezogen, da nur Auslenkungen in ihr für ein Teleskop optisch relevant sind. Es ist leicht einzusehen, dass eine Verschiebung des Rohres längs der optischen Achse keinen Einfluss auf das Bild hat und optisch nicht feststellbar ist, wenn weit entfernte Objekte abgebildet werden. Wenn Kräfte schräg zur Bildebene auf das Instrument einwirken, dann lassen sich solche Kräfte immer in zwei Komponenten zerlegen, von denen eine in der Bildebene und die andere auf der optischen Achse liegt. Die axiale Kraftkomponente F_x und die ihr zugeordnete Steifigkeitskomponente c_{xx} haben eine Auslenkung Δ_x in Richtung der optischen Achse zur Folge. Sie wird nur dann auch *Querauslenkungen* Δ_y, Δ_x[2]) in der Bildebene verursachen, wenn in der Steifigkeitsmatrix die Komponenten c_{xy} und c_{xz} nicht vernachlässigt werden dürfen. Bei Teleskopmontierungen können in der Regel diese Glieder vernachlässigt werden, ohne dass dadurch ein ins Gewicht fallender Fehler gemacht würde. Damit

lassen sich die beiden ersten Rahmenbedingungen für die Steifigkeitsmessung wie folgt festlegen:

A. Die Messung der Systemsteifigkeit hat mit der Teleskopoptik zu erfolgen, die auf der Montierung betriebsmässig und definitiv montiert sein muss.

B. Die Auslenkung Δ und der ihr zugeordnete Vektor der Prüfkraft F müssen in der Bildebene der Teleskopoptik liegen.

Diese beiden Punkte bedürfen noch einiger Anmerkungen.

Zu A.: Das Rohr mit der Teleskopoptik ist ein integraler und wichtiger Teil des Instrumentes. Es muss daher in die Systemsteifigkeit einbezogen werden. Mit der Teleskopoptik wird schlussendlich gearbeitet und an ihr treten jene Auslenkungen auf, die beim Beobachten stören. Bei den meisten Amateurinstrumenten sind die Verbindungsstellen zwischen dem Rohr und der Deklinationsachse ausgesprochene *Schwachstellen,* die einen beträchtlichen Beitrag zur Auslenkung beisteuern. Es ist daher wichtig, dass sie bei der Messung miterfasst werden. Zudem hätte man gar keine andere Möglichkeit kleine Auslenkungen an einer Teleskopstruktur zu messen, als mit der eigenen Teleskopoptik.

Zu B.: Diese Forderung lässt sich nicht bei allen Fernrohrsystemen exakt einhalten. Bei Refraktoren und Cassegrain-Systemen müsste die Prüfkraft am Fadenkreuzokular oder an der Kamera angreifen. Es wäre wenig sinnvoll die Kraft auf diese heiklen und wenig steifen Glieder einwirken zu lassen. Diese Endglieder in der Steifigkeitskette würden die Systemsteifigkeit stark beeinflussen, so dass aus der Messung kaum mehr Schlüsse auf die Steifigkeit der übrigen Struktur gezogen werden könnten, was ja der Sinn solcher Messungen ist. Man wird daher die Prüfkraft in einer zur Bildebene parallelen *Kraftebene* direkt am Hauptrohr angreifen lassen (Abb. 1) und diese Ebene möglichst nahe an die Bildebene heranrücken. Die Auslenkung, die in der Bildebene gemessen wird, muss in diesem Fall auf die *Kraftebene* umgerechnet werden. Bei solchen Instrumenten wird daher die Systemsteifigkeit nicht mehr exakt auf die Bildebene bezogen sein, was in Kauf genommen werden muss. Bei Newton-Systemen tritt dieses Problem nicht auf, da die Bildebene bezüglich der Systemsteifigkeit nach wie vor auf der optischen Achse vor dem Fangspiegel und nicht am seitlich herausgespiegelten Ort liegt. Sie ist daher der Messung zugänglich und die Systemsteifigkeit kann richtig erfasst werden.

2. Die Fesselrandbedingungen

Die Fesselrandbedingungen haben einen grossen Einfluss auf die Systemsteifigkeit. Mit anderen Worten, die *Fesselsteifigkeit* geht in die Systemsteifigkeit des Instrumentes ein. Es ist daher keineswegs gleichgültig wie das Instrument für die Messung aufgestellt wird.

C. Für die Messung der Steifigkeit ist das Instrument so aufzustellen oder auf seinem Fundament zu verankern, wie dies bei seinem späteren Einsatz der Fall ist.

Wenn das Instrument in einem Schutzbau stationär aufgestellt wird, dann ist dieser Punkt selbstverständlich

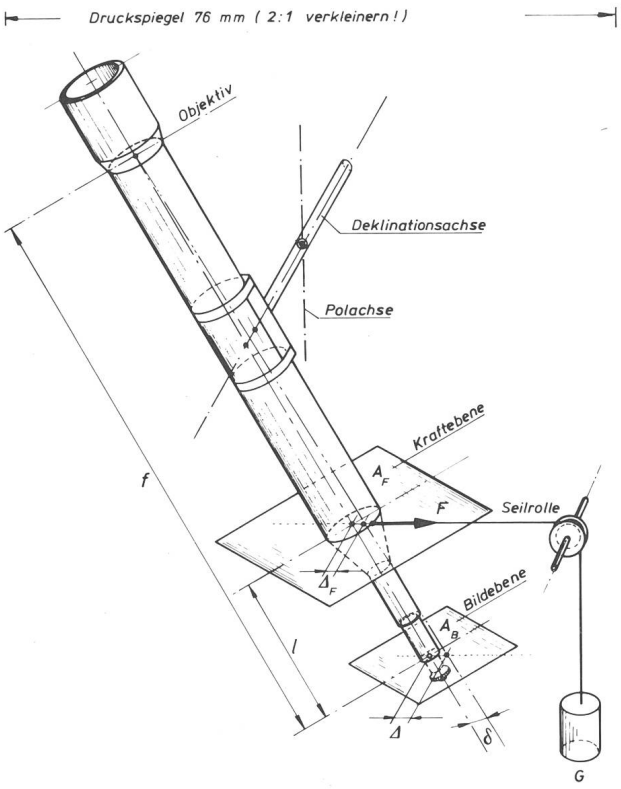

Abb. 4.1: Messung der Systemsteifigkeit an einem Refraktor.
Dazu lässt man eine bekannte Prüfkraft F auf das Rohr einwirken und misst mit der Teleskopoptik die Winkelauslenkung δ oder die lineare Auslenkung Δ. Die Prüfkraft muss in einer zur Bildebene A_B parallelen Ebene A_F liegen und wird über eine Schnur und ein kleines Seilröllchen aufgebracht. Die Umrechnung von Δ auf Δ_F erfolgt nach:

$$\Delta_F = \Delta \cdot (1 - \frac{l}{f}) \qquad \text{Gl.4.2}$$

und unproblematisch, da man die Steifigkeitsmessung ohnehin erst in Angriff nehmen wird, wenn das Instrument auf seinem Platz aufgestellt und justiert ist. Etwas problematischer ist die Situation bei transportablen Montierungen, die an verschiedenen Orten aufgestellt werden können. Bei ihnen hat die Beschaffenheit des Bodens einen beträchtlichen Einfluss auf das Messergebnis. Einheitliche Messbedingungen ergeben sich erst, wenn man solche Instrumente auf einem Betonboden aufstellt. Im Gelände wird die Steifigkeit des Instrumentes in der Regel kleiner als bei der Messung sein, aber dies liegt dann nicht an der Montierung[3]).

Literatur:

1) Es sei in Erinnerung gerufen, dass die gesetzliche Einheit der Kraft das «Newton» N ist. Ein Gewicht der Masse 1 kg übt auf seine Unterlage eine Gewichtskraft von 9,8066 N aus.
2) Der Begriff der Quersteifigkeit und Querauslenkung wird in einem späteren Kapitel behandelt.
3) Der Abschluss des Kapitels 4, «Die Messung der Steifigkeit» erfolgt im nächsten Heft des ORION.

Zuschriften an den Verfasser:
Ing. H. Ziegler, Hertensteinstrasse 23, CH-5415 Nussbaumen.