Das Instrument [Fortsetzung]

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **36 (1978)**

Heft 164

PDF erstellt am: **21.07.2024**

DAS INSTRUMENT

3. Kapitel: Die statischen Grundlagen des Montierungsbaues

Im Kapitel 2 wurden aus sinnvollen Annahmen über den Bildstand 4 Grundkriterien des Montierungsbaues abgeleitet. Sie sind die Basis für alle weiteren Betrachtungen. In diesem Kapitel wird auf Grundlagen eingegangen, die sich aus dem statischen Grundkriterium ergeben. Dazu soll dieses noch einmal angeführt werden.

Die durch statische und quasistatische Kräfte in der Bildebene verursachten Auslenkungen dürfen einen gewissen Wert Δ_o nicht überschreiten[1]).

In diesem und den folgenden Kapiteln geht es darum, Zusammenhänge zwischen statischen Kräften und den durch sie verursachten Auslenkungen einerseits, sowie zwischen den Auslenkungen und den Konstruktionsgrössen andererseits, aufzuzeigen. Die Fragen und Zusammenhänge, die dabei behandelt werden, gehören nicht in die Disziplin der Statik sondern in die *Elastizitätstheorie,* oder wie man heute zu sagen pflegt, in die *Elastomechanik*. Sie ist eine Teildisziplin der Mechanik. Bevor darauf eingegangen wird, ist noch der im Grundkriterium gebrauchte Begriff *«quasistatische Kräfte»* zu definieren.

Rein statische Kräfte, das heisst Kräfte die sich in Grösse und Richtung nicht ändern, sind selten. Wenn man am Teleskop hantiert, der Wind auf das Rohr einwirkt, oder das Rohr geschwenkt und gedreht wird, dann sind die dabei auftretenden Kräfte immer zeitlich veränderliche Grössen. Eine zeitlich veränderliche Kraft ruft nach dem *Newtonschen Aktionsprinzip* Trägheitskräfte hervor. Unter *quasistatisch* sollen hier Kräfte verstanden werden, die sich so langsam ändern, dass die durch sie ausgelösten Trägheitskräfte vernachlässigt werden können. Trägheitskräfte, die nicht vernachlässigt werden dürfen, werden im Kapitel *«Teleskopschwingungen»* behandelt.

Untersucht man den Zusammenhang zwischen der auf einen Körper einwirkenden Kraft F und der am Körper feststellbaren Verschiebung (Auslenkung) Δ, dann findet man eine lineare Abhängigkeit zwischen diesen beiden Grössen. Dies gilt nicht nur für einfache Körper wie Stäbe, Balken, Platten, Federn usw., sondern auch für komplizierte elastische Strukturen wie etwa Teleskopmontierungen. Dabei sind allerdings gewisse Einschränkungen zu machen.

1. *Es werden nur kleine Auslenkungen und Kräfte betrachtet.*
2. *Es werden gewisse Werkstoffe ausgeklammert. So zeigen verschiedene Kunststoffe auch bei kleinen Dehnungen keinen linearen Zusammenhang zwischen der Kraft und der Auslenkung.*
3. *Es wird angenommen, dass keine reibungsbehafteten Spielstellen in der Struktur vorhanden sind. Solche verursachen Unstetigkeiten und Sprungstellen in der Auslenkungskennlinie.*

Die Punkte 1 und 2 sind bei Teleskopmontierungen in der Regel erfüllt und der Punkt 3 ebenfalls, wenn wir uns auf einwandfrei gebaute Instrumente beschränken.

Damit lässt sich die elastische Auslenkung durch die einfache Formel

$$F = -F' \quad \text{und} \quad F' = c \cdot \Delta \qquad \text{Gl. 3.1}$$

F.. äussere Kraft [N], F'.. Reaktionskraft [N],
Δ.. Auslenkung [m], c.. Steifigkeit [N/m]

beschreiben. Körper und Strukturen, die diesem Gesetz gehorchen, nennt man *elastische* und den Gültigkeitsbereich den *elastischen Bereich.* Der Proportionalitätsfaktor c wird *Steifigkeit* genannt. Die *Steifigkeit* ist eine der wichtigsten Grössen des ganzen Montierungsbaues. Sie bestimmt nicht nur die statischen Auslenkungen, sondern spielt auch bei den Teleskopschwingungen eine zentrale Rolle. Daher ist sie ein objektiver und zudem mit einfachen Mitteln messbarer Bewertungsfaktor für die Qualität einer Montierung. Wir werden daher bei der Konstruktion, bei der Dimensionierung der Teile und bei vielen Einzelfragen immer wieder auf sie zu sprechen kommen. Die *Steifigkeit* sollte für jeden Amateur zu dem Begriff werden, der die Stelle des missbrauchten Begriffes *Stabilität* einzunehmen hätte. Es ist daher wichtig, die grundlegenden Aspekte der Steifigkeit eingehend zu behandeln.

In der Abb. 1 ist ein beliebiger elastischer Körper, der auch eine Struktur sein kann, gezeigt. Er ist so eingespannt, dass an der Fessel nach dem Grundkriterium 4 keine Verschiebungen oder Verdrehungen auftreten. Wirkt auf einen beliebigen Punkt A eine äussere Kraft ein, dann gilt für den Punkt A, für jeden Schnitt durch den Körper und für die Fessel, das *Newtonsche Reaktionsprinzip:*

Actio = Reactio.

Die Kraft F pflanzt sich vom Punkt A als innerer *Spannungszustand* bis zur Fessel fort und ruft dabei Reaktionen hervor. So verschiebt sich der Punkt A solange, bis die elastische Reaktionskraft $F' = c \cdot \Delta$ der äusseren Kraft F das Gleichgewicht hält. Die Reaktionen an der Fessel sind von den Einspannbedingungen abhängig. Ruht der Körper lose auf einer ebenen Unterlage, und wird zwischen den Berührungsflächen Reibung angenommen, dann herrscht Gleichgewicht zwischen den Kräften F_y und F_y' und zwischen F_x und $F_R = \mu \cdot F_y$. Ist der Körper hingegen starr eingespannt, dann tritt an der Einspannstelle eine Normalkraft F_y' und ein Einspannmoment M als Reaktion auf. Inneres Gleichgewicht herrscht in jedem Volumelement dV des Körpers zwischen den *Spannungen* σ und τ und den durch sie verursachten *Dehnungen* ε *und Gleitungen* γ.

Die Steifigkeit ist durchaus eine anschauliche Grösse. Sie ist der *Widerstand,* den ein gegebener Punkt eines Körpers seiner Verschiebung oder Verdrehung[1]) entgegensetzt. Sie kann mit dem Tast- und Gesichtssinn in qualitativer Hinsicht direkt wahrgenommen werden. So kann man von den meisten Körpern nach einigen *handgreiflichen* Versuchen sofort sagen, dass sie *sehr starr, leicht zu biegen, gut dehnbar, nicht sehr flexibel usw.* sind. Besonders gut kommt dies bei einer

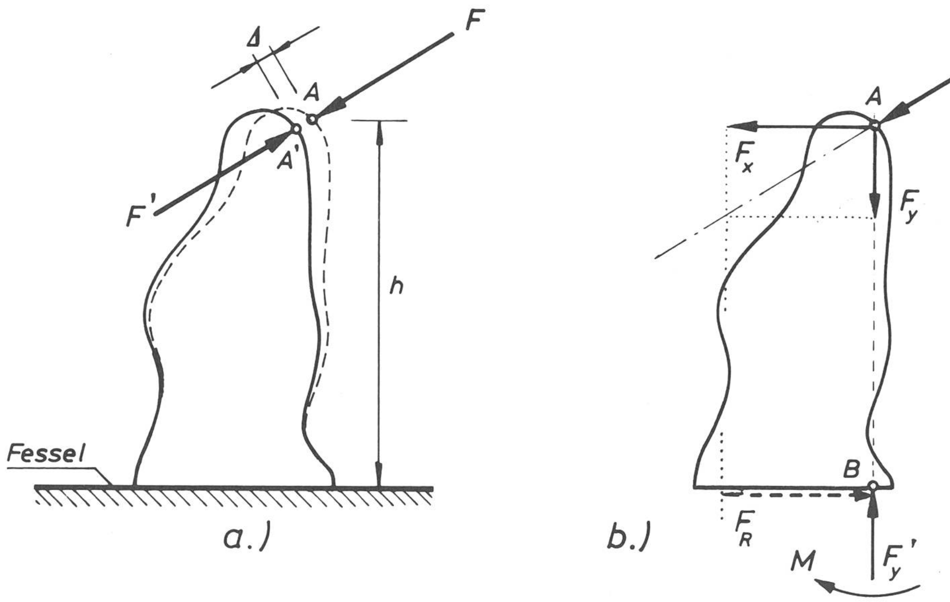

Abb. 1

Die Deformation eines Körpers bei Einwirkung einer Kraft F

Abb. 1: Wenn auf einen elastischen und gefesselten Körper eine Kraft F wirkt, dann hat dies Reaktionskräfte zur Folge.
a.) Am Angriffspunkt A eine Reaktionskraft F' = c . Δ, die sich aus der «Steifigkeit» des Körpers in Richtung der Verschiebung A—A' und der Verschiebung Δ ergibt.
b.) Am Einspannpunkt der «Fessel», je nach den Einspannverhältnissen, eine Normalkraft F_y' und ein Einspannmoment M, oder bei «Auflage mit Reibung» eine Normalkraft F_y, und eine Reibungskraft $F_R = \mu \cdot F_y$.

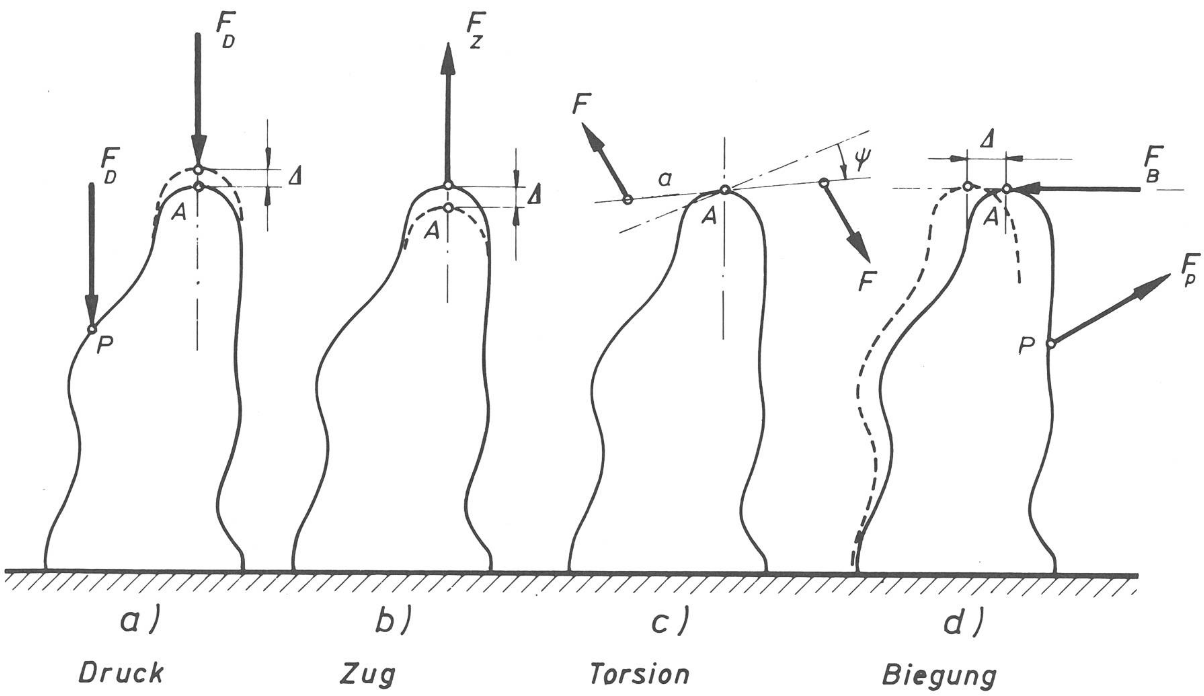

Abb. 2 Die wichtigsten Belastungsfälle

Abb. 2 : Die «Steifigkeit» eines gegebenen elastischen Körpers ist abhängig von :
1. dem Ort und der Art seiner Einspannung (Fessel)
2. dem Ort an dem die Kraft auf ihn einwirkt (Punkte A und P in den Fig.)
3. die Richtung der Kraft, jedoch nicht von ihrer Grösse (Belastungsfall)

In den Fig. a.) bis d.) sind die wichtigsten Belastungsfälle dargestellt.

Feder zur Geltung. Die Gl. 3.1 ist ja nichts anders als das wohlbekannte *Federgesetz* mit der *Federsteife* c[2]). Diese Anschaulichkeit darf andererseits nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Steifigkeit in physikalischer Hinsicht eine recht komplexe Grösse, ein *Tensor* ist, der in allgemeiner Form durch eine *kubische Matrix* dargestellt wird. Damit soll jedoch nicht gesagt werden, dass man für die Konstruktion einer steifen Montierung die *Tensorrechnung* beherrschen muss. Die folgenden Kapitel werden zeigen, dass sich aus relativ einfachen Formeln alle notwendigen Unterlagen und Aussagen für eine steifigkeitsgerechte Konstruktion ableiten lassen. Nachdem der sehr einfache Zusammenhang zwischen Kräften und zugeordneten elastischen Verschiebungen aufgezeigt ist, müssen in einem zweiten Schritt die Beziehungen zwischen der Steifigkeit und den Konstruktionsparametern diskutiert werden. Wir betrachten dazu neuerlich den Körper der Abb. 1 und fragen, von welchen Grössen die Steifigkeit abhängig ist? Es sind dies:

1. Die geometrische Form des Körpers.
2. Der Ort an dem die Kraft auf den Körper einwirkt.
3. Die Richtung der Kraft oder Verschiebung. Hingegen ist bei einem Körper im elastischen Bereich die Steifigkeit von der Grösse der Kraft unabhängig.
4. Der Ort und die Art wie der Körper eingespannt ist (Fesselbedingungen).
5. Die elastischen Werkstoffeigenschaften, der *Elastizitätsmodul* E und die *Poissonsche Querkontraktionszahl* v.

Die Punkte 2., 3. und 4. definieren in der herkömmlichen Mechanik den *Belastungsfall.* In der Abb. 2 sind die 4 wichtigsten Belastungsfälle dargestellt. Nach diesen Belastungsfällen werden auch die zugeordneten Steifigkeiten benannt, so dass man von *Zug-, Druck-, Biege- und Torsionssteifigkeit* spricht. Diese Steifigkeiten sind bei einem Körper immer sehr verschieden und können anhand von Formeln und Rechenverfahren mehr oder weniger genau berechnet werden. Diese belastungstypischen Steifigkeiten dürfen jedoch nicht als isolierte Grössen betrachtet werden, sondern als konkrete Lösungen ein und derselben *Steifigkeitsmatrix* bei verschiedenen *Randbedingungen.* Man kann dies etwa mit dem Anblick vergleichen, den ein Haus bietet, wenn es aus verschiedenen Richtungen und Gesichtswinkeln betrachtet wird. Es wird sich sehr unterschiedlich darbieten, obwohl es ein und dasselbe Objekt ist. Die Abb. 2 soll diesen Sachverhalt veranschaulichen und zeigen, dass die Steifigkeit vom Ort und von der Richtung der Kraft abhängig ist.

1) Berichtigung: Im Kapitel 2 wurden in den Grundkriterien für die Auslenkung irrtümlich das Symbol χ_o anstelle von Δ_o verwendet.

1) Ein sehr ähnlicher Zusammenhang wie für Kraft und Verschiebung, gilt auch für ein Drehmoment M und eine Verdrehung Ψ.

$$M = c_T \cdot \Psi \qquad \text{Gl. 3.2}$$

mit c_T = Torsionssteifigkeit

2) Das Wort «Federkonstante» wird heute immer weniger gebraucht, da es für eine Grösse, die in physikalischer Hinsicht ein Tensor ist, nicht angemessen ist.

Literatur:

1. Szabo: Höhere technische Mechanik, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
«Hütte» (Physikhütte), Band I Mechanik, Ausg. 71. Standardwerk für den Ingenieur.

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