Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 4 (1931)
Heft: VI

Artikel: Über die Beziehung zwischen Mikroskop und Fernrohr
Autor: Greinacher, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-110049

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: 02.07.2025

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

Über die Beziehung zwischen Mikroskop und Fernrohr

von H. Greinacher (Bern).

(23. X. 31.)

Zusammenfassung. Ein Mikroskop lässt sich sowohl durch Vorschalten einer Sammel- als einer Zerstreuungslinse in ein Fernrohr verwandeln. Je nachdem erhält man ein terrestrisches oder ein astronomisches Fernrohr. Der zweite Fall lässt die enge Beziehung zwischen Mikroskop und Fernrohr besonders deutlich hervortreten, indem sich die Vergrösserungsformel für das eine Instrument ohne weiteres aus der für das andere herleiten lässt.

Mikroskop und Fernrohr verhalten sich bekanntlich bezüglich des Strahlenganges prinzipiell gleich. Nur ist beim Mikroskop der abzubildende Gegenstand klein und nah und beim Fernrohr gross und fern. Es ist klar, dass das eine Instrument vom andern nur schwer abzugrenzen ist, da es alle möglichen Übergänge geben muss. Vielfach wird der Zusammenhang so formuliert, dass man das Mikroskop als ein Fernrohr mit vorgesetzter Lupe bezeichnet[1]).

Indessen lässt sich, vom Mikroskop ausgehend, der Zusammenhang auch etwas anders darstellen. Zu diesem Zweck fragen wir nach der Veränderung, die an einem Mikroskop vorgenommen werden muss, damit es als Fernrohr verwendbar wird. Es genügt offenbar, von einem fernen Gegenstand vor dem Mikroskop ein passend verkleinertes Bild zu erzeugen. Dies kann erreicht werden durch Anbringen einer Sammellinse in geeignetem Abstand vor dem Objektiv. Z. B. kann ein zweites Mikroskopobjektiv benützt werden, oder noch einfacher der gerade vorhandene Kondensor. In dieser Hinsicht ist jedes Mikroskop zusammen mit seinem Kondensor ein Fernrohr. Da die Kondensoren kurzbrennweitig sind, so ist das Bild eines fernen Gegenstandes so stark verkleinert, dass die Vergrösserung eines solchen Mikroskop-Fernrohrs nur unbedeutend sein kann. Auch ist verständlicherweise die Helligkeit des Bildes nur gering. Man wird daher besser ein Sammelsystem grösserer Brennweite und Öffnung vorsetzen. Besonders geeignet ist z. B. ein Fernrohrobjektiv aus einem der in den Laboratorien gebräuchlichen Ablesefernrohre. Ein solches Fernrohr, bei dem das Okular durch ein Mikroskop ersetzt ist,

[1]) Siehe. z. B. A. König, Handb. der Experimentalphysik, 1929, Bd. XX, 2, Seite 366.

liefert helle und stark vergrösserte Bilder. Diese sind aufrecht. Denn die Kombination entspricht einem mit Hilfe eines Mikroskops realisierten terrestrischen Fernrohr mit Umkehrlinse. Sie besitzt im übrigen den Vorzug einer relativ geringen Strahlenlänge. Ein solches Mikrofernrohr kann auch ohne weiteres als Telephotoapparat Verwendung finden. Man hat nur eine Mikrokamera aufzusetzen. Als Beispiel sei hier eine solche vom physikalischen Institut aus ausgeführte Aufnahme des berner Münsters wiedergegeben (Fig. 1)[1].

Ein zweites Verfahren, aus einem Mikroskop ein Fernrohr herzustellen, besteht darin, dass man eine Zerstreuungslinse in

Fig. 1.

passende Entfernung vor das Objektiv setzt. Diese entwirft von dem fernen Gegenstand ein virtuelles Bild auf der Gegenstandsseite, und dieses kann nun durch das Mikroskop betrachtet werden. Zu diesem Zweck muss das Objektiv des Mikroskops der Zerstreuungslinse soweit genähert werden, dass das virtuelle Bild sich im richtigen Objektabstand befindet. Ist das virtuelle Bild, das sich bei auf Unendlich eingestelltem Fernrohr im virtuellen Brennpunkt der Zerstreuungslinse befindet, zu weit entfernt, so lässt sich dies allerdings nicht erreichen, da das Objektiv schliesslich auf die Linse aufstösst. Die grösste Zerstreuungsweite, die benützt werden kann, ist somit gleich der für das Mikroskop benötigten Objektweite. In diesem Fall erhält man auch die maximal mögliche Fernrohrvergrösserung, da diese um so grösser ist, je grösser die Zerstreuungsweite, bzw. das virtuelle Bild ist. Diese maximale Vergrösserung bei unmittelbarer Verbindung von

[1]) Die Aufnahme ist in dankenswerter Weise von Herrn cand. phil. Rud. Wyss ausgeführt.

Zerstreuungslinse und Objektiv entspricht, wie leicht einzusehen, gerade derjenigen eines Fernrohrs von der Länge des Mikroskops unter Verwendung des Mikroskopokulars und eines Fernrohrobjektivs passender Brennweite. Letztere muss in bekannter Weise zusammen mit der Brennweite des Okulars gerade die Länge des Instruments ausmachen. Der Unterschied zwischen Mikroskop und Fernrohr tritt uns also hier nicht in der Weise entgegen, dass das Mikroskop als Fernrohr mit vorgesetzter Lupe erscheint, hier erscheint das Fernrohr als Mikroskop mit vorgeschaltetem Zerstreuungssystem.

Diese Betrachtungsweise lässt den Zusammenhang zwischen Mikroskop und Fernrohr ebenso deutlich hervortreten und insbesondere verstehen, dass die Vergrösserungen beider Instrumente

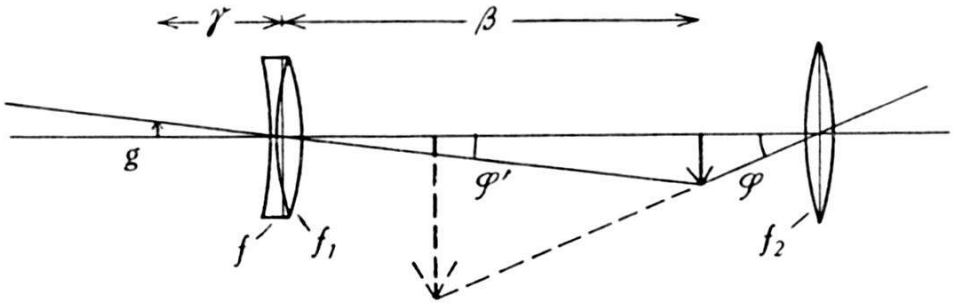

Fig. 2.

in einer einfachen Beziehung zueinander stehen müssen. So sonderbar es auf den ersten Blick erscheint, so verständlich ist es nun, dass sich z. B. die Vergrösserung eines Mikroskops aus derjenigen eines Fernrohrs berechnen lässt. Wir wollen dies zum Schluss noch kurz ausführen. In Fig. 2 sei g das von der Zerstreuungslinse entworfene virtuelle Bild. Zerstreuungsweite $f = \gamma =$ Objektabstand für die mikroskopische Betrachtung. Die (angulare) mikroskopische Vergrösserung ist gegeben durch

$$v_m = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{g/s}.$$

Hierbei sind statt der Winkel in üblicher Weise die Tangenten gesetzt. g/s ist dabei die Tangente des Winkels, unter dem der mikroskopische Gegenstand von blossem Auge in der deutlichen Sehweite erscheinen würde. Die Fernrohrvergrösserung ist andererseits:

$$v_f = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{g/\gamma},$$

da g/γ die Tangente des Winkels φ' bedeutet, unter dem der un-

endlich ferne Gegenstand von blossem Auge erscheint. Es ist daher:

$$\frac{v_m}{v_f} = \frac{s}{\gamma}.$$

Für das Fernrohr haben wir nun unter der allerdings nur angenähert zutreffenden Voraussetzung, dass das Auge sich in der bildseitigen Hauptebene des Okulars befinde,

$$v_f = \frac{F}{f_2}.$$

Hierbei bedeutet F die aus f_1 und f kombinierte Brennweite. Man erhält so

$$v_m = \frac{s F}{\gamma f_2}.$$

Unter Berücksichtigung von

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{\gamma}$$

und

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{\beta}$$

folgt

$$F = \beta$$

und daher

$$v_m = \frac{s\beta}{f_2}\left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{\beta}\right) = \frac{s(\beta - f_1)}{f_1 f_2}.$$

Bezeichnet man mit l die optische Tubuslänge (Abstand der einander zugekehrten Brennpunkte von Objektiv und Okular), so kann dies in bekannter Weise auch geschrieben werden:

$$v_m = \frac{s l}{f_1 f_2}.$$

Bemerkt sei, dass v_f und somit auch das hieraus abgeleitete v_m sich auf den Fall eines auf Unendlich akkommodierten Auges beziehen. Die nach einer der gewöhnlichen experimentellen Methoden bestimmten Werte können hiervon etwas abweichen. Beim Fernrohr werden zwar die Abweichungen vom theoretischen Wert nur gering sein, sofern man einen genügend weit entfernten Massstab anvisiert (mit blossem Auge und durch das Fernrohr). Beim Mikroskop indessen ist man gewöhnt, nach einem Massstab in

25 cm Entfernung zu visieren, das Auge (das gleichzeitig ins Mikroskop blickt) also auf deutliche Sehweite zu akkommodieren. Da die Vergrösserung einer Lupe in diesem Fall aber $\frac{s}{f} + 1$ statt $\frac{s}{f}$ beträgt, so ist auch die Formel für die Vergrösserung eines Mikroskops dementsprechend

$$v_m = \frac{s\,l}{f_1\,f_2}\left(1 + \frac{f_2}{s}\right),$$

was bei einem experimentellen Vergleich der Vergrösserungsformeln für Mikroskop und Fernrohr unter Umständen zu berücksichtigen wäre.

Bern, Physikalisches Institut der Universität.