

Lenk, Leonhard; Mitschunas, Beate; Sinzinger, Stefan:

**Zoomoptiken mit verstimmbarer Optik und linearer Verschiebung der Einzelmodule**

---

*Zuerst erschienen in:* DGaO-Proceedings. - Erlangen-Nürnberg : Dt. Gesellschaft für angewandte Optik. -119 (2018), art. B17, 2 S.  
*Erstveröffentlichung:* 13.07.2018  
*ISSN:* 1614-8436  
*URN:* [urn:nbn:de:0287-2018-B017-3](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0287-2018-B017-3)  
*[Gesehen:* 30.08.2019]

---

# Zoomoptiken mit verstimmbarer Optik und linearer Verschiebung der Einzelmodule

L. Lenk, B. Mitschunas, S. Sinzinger

Fachgebiet Technische Optik, Technische Universität Ilmenau

mailto:leonhard.lenk@tu-ilmenau.de

Wir stellen anhand kollinear Berechnungen die Kombination klassischer Zoomkonzepte mit dem Einsatz verstimmbarer Optik vor. Der Vorteil liegt hierbei in der Realisierung makroskopischer Zoomsysteme mit einer konstanten Bildebene bei rein linearer Bewegung der Teiloptiken. Ein Versuchsaufbau demonstriert die Funktionalität eines solchen Zoomsystems.

## 1 Motivation

Das Aufrechterhalten einer konstanten Bildebene bei Veränderung der Brennweite eines Zoomsystems erfordert bei klassischen Zoomsystemen die nichtlineare Bewegung mindestens einer Teiloptik (Abb.1) [1].

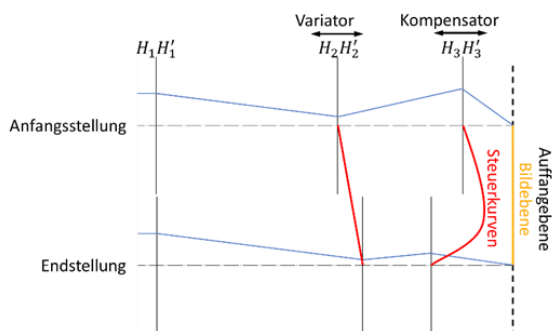


Abb. 1 Kollineares Startsystem einer klassischen Zoomoptik

Die Realisierung dieser Bewegung stellt für die mechanische Umsetzung eine Herausforderung dar. Verstimmbare Optiken bieten die Möglichkeit einer Brennweitenänderung der Teiloptik ohne Bewegung entlang der optischen Achse. Für makroskopische Anwendungen existieren hier allerdings Einschränkungen [2]. Zur Realisierung makroskopischer Zoomoptiken bietet sich eine Kombination beider Konzepte an, in welcher die verstimmbare Optik allein zur Linearisierung der Steuerkurven eingesetzt wird. Diese Zoomsysteme werden im Folgenden als hybride Zoomoptiken bezeichnet. Da alle Bewegungsabläufe bereits im kollinearen Startsystem der Zoomoptik festgelegt sind, spielt die kollineare Ansatzberechnung hier eine zentrale Rolle.

## 2 Vorgehen

Für die Integration einer verstimmbaren Optik in eine klassische Zoomoptik zur Linearisierung der Teilbewegungen ergeben sich allein für dreigliedrige Fotozoomobjektive sehr viele

Möglichkeiten. Eine davon ist in Abb. 2 dargestellt.

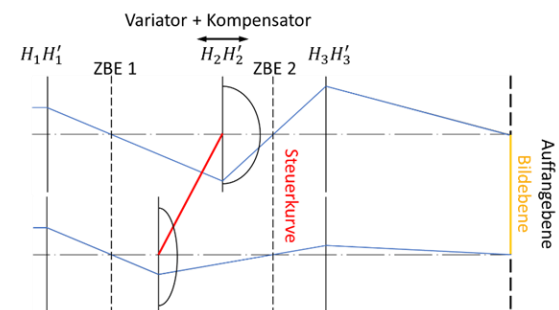


Abb. 2 Kollineares Startsystem eines möglichen hybriden Fotozoomobjektivs

Bei diesem Zoomsystem erfüllt die verstimmbare Teiloptik 2 durch ihre lineare Bewegung sowohl die Funktion des Variators, die Variation der Gesamtbrennweite, als auch die Funktion des sogenannten Kompensators, indem sie durch Veränderung ihrer Brennweite das Bild in einer konstanten Auffangebene hält.

Für die kollineare Startsystemfindung stellt sich auch hier das Problem des hohen Freiheitsgrades einer Zoomoptik. Typischerweise existieren lediglich feste Forderungen für den gewünschten Variationsbereich der Gesamtbrennweite, sowie den maximalen Bauraum des zu realisierenden Zoomsystems. Der hohe Freiheitsgrad macht jedoch die Vorgabe zusätzlicher Parameter in den Berechnungsvorgang notwendig, um ein konkretes kollineares Startsystem zu erhalten. Bei diesen Parametern handelt es sich in dem Berechnungsansatz, der für das vorliegende System hergeleitet wurde, beispielsweise um die beiden festen Brennweiten der nicht verstimmbaren Teiloptiken  $f_1'$  und  $f_2'$ , sowie die Systemlänge  $L$ . Da über günstige Werte dieser Vorgabeparameter für realisierbare Startsysteme in der Regel nur wenig bekannt ist, ist hier üblicherweise ein aufwendiges iteratives Vorgehen erforderlich.

Durch Analyse der funktionalen Zusammenhänge konnte allerdings eine automatisierte Variation dieser zusätzlichen Vorgabeparameter erreicht werden. Dabei erfolgt eine automatische Prüfung der Realisierbarkeit der Startsysteme anhand verschiedener Kriterien wie der Kontrolle positiver Teilabstände. Das wiederum ermöglicht eine grafische Darstellung der Vorgabeparameterkombinationen, die zu realisierbaren Startsystemen führen (Abb.3), und erlaubt eine gezielte Auswahl aus diesem Lösungsraum zu treffen.

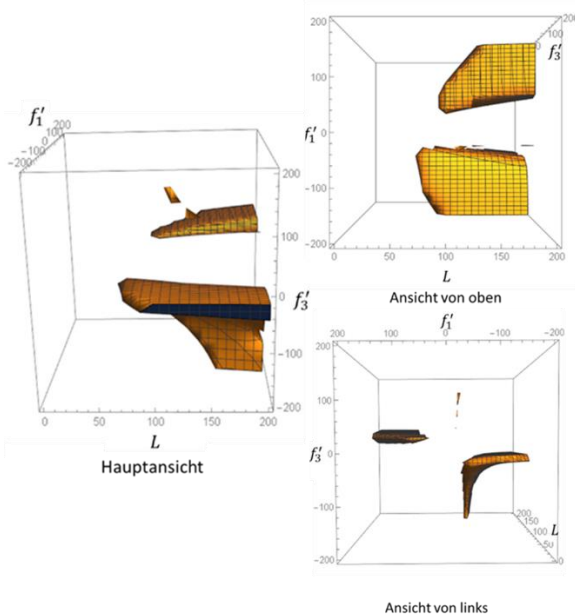


Abb. 3 Plot des Lösungsraums der betrachteten hybriden Zoomoptik in drei Ansichten

### 3 Experimenteller Aufbau

Mittels der erläuterten automatisierten Parametervariation konnte für eine am Fachgebiet vorhandene verstimmbare Optik ein geeignetes hybrides Startsystem gefunden werden (Abb.4).

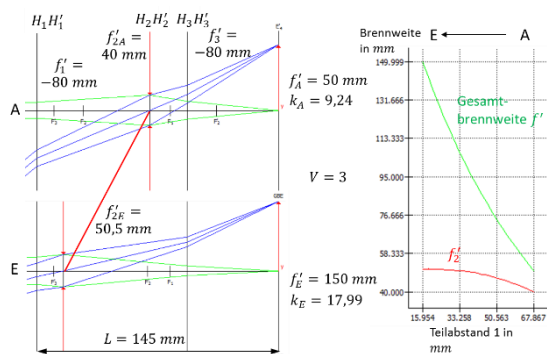


Abb. 4 Daten des gewählten hybriden Fotozoomobjektivs, dargestellt im Programm PARAX

Aufgrund des geringen freien Durchmessers der verstimmbaren Optik von lediglich 10 mm ist die Öffnung des Systems erkennbar an den

hohen Werten für die Blendenzahl in Anfangs- und Endstellung ( $k_A$  und  $k_E$ ) noch nicht zufriedenstellend. Sehr vorteilhaft ist allerdings die gegenüber der Gesamtbrennweitenvariation ( $f'$ ) sehr geringe Anforderung an die Variation der Brennweite der verstimmbaren Optik  $f_2'$ . Die mittels eines einfachen experimentellen Aufbaus des Beispielsystems erzeugten Bilder in Abb. 5 demonstrieren gleichzeitig die grundsätzliche Realisierbarkeit der hybriden Zoomoptiken.

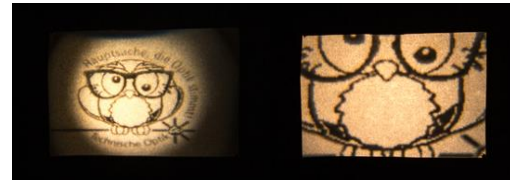


Abb. 5 Bild zu Anfang (links) und zu Ende des Zoombereichs (rechts)

### 3 Fazit

Anhand des oben erläuterten Vorgehens wurden zwei mögliche Varianten dreigliedriger hybrider Zoomoptiken untersucht. Anhand des experimentellen Aufbaus konnte die Realisierbarkeit des Konzepts der hybriden Zoomoptiken demonstriert werden. Mittels weiterer Anwendung der automatisierten Parametervariation konnte zudem eine Gegenüberstellung mit Lösungsräumen für Beispiele klassischer Zoomoptiken und Zoomoptiken die ohne Bewegung von Teilmoptiken allein auf verstimmbare Optik beruhen erfolgen. Dadurch konnten mögliche Baulängenvorteile durch den Einsatz verstimmbare Optik, sowie geringere Anforderungen an den Brennweitenvariationsbereich der verstimmbaren Optik bei hybriden Zoomoptiken gegenüber den rein verstimmbaren Varianten aufgezeigt werden. [3]

### Referenzen

- [1] A. D. Clark: Zoom Lenses. London: Adam Hilger LTD, 1973.
- [2] H. Zappe: Tunable Micro Optics. In: H. Zappe, C. Duppe, Hrsg.: Tunable Micro Optics. Cambridge: Cambridge University Press, 2015
- [3] L. Lenk: Design und Aufbau von Zoom Optiken mit verstimmbare Optik und linearer Verschiebung von Einzelmodulen. Masterarbeit. Ilmenau: Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Technische Optik, 2018.
- [4] B. Mitschunas, B. Rudolf, R. Bielert, J. Mitschunas, S. Sinzinger: Kollineare Modellierung komplexer optischer Systeme, Photonik 2.2016, S 46-49