Nachstehende Beiträge wurden im Zeitraum 1996 bis 1998 ausgearbeitet und erschienen in dieser oder ähnlicher Form in mehreren Fachzeitschriften. Die dargestellten Fokussiermethoden werden heute noch nach gleichem Prinzip angewandt, die Innenfokussierung häufiger als damals. Die als Beispiele beschriebenen Objektive wurden natürlich inzwischen durch neue Produkte abgelöst.

© Diese PDF-Datei ist ein Download von http://fachliteratur.scheibel.de

Einfluß der Fokussiermethode auf die Abbildungsverhältnisse

Für die Bewertung der Abbildungsverhältnisse im Nahbereich werden im allgemeinen die Brennweite des Objektivs und die Entfernung zwischen Film und Objekt herangezogen. Die Wirkung der angewandten Naheinstellmethode bleibt häufig unberücksichtigt, was zu beachtlichen Diskrepanzen zwischen überschlägig kalkulierten und in der Praxis beobachteten Aufnahmedaten führen kann.

Wenn im Nahbereich der Abbildungsmaßstab größer bzw. das Objektfeld kleiner ist als erwartet, spricht man vom „Bildfeldschwund" und begreift diesen als eine Art selbstverständliches, ja naturgegebenes Phänomen. Doch tritt dieser Bildfeldschwund bekanntlich nur bei Naheinstellungen mit Auszugsverlängerung auf, während Naheinstellungen mittels Innenfokussierung, Frontteilverschiebung oder Vorsatzlinsen keinen oder einen verringerten Bildfeldschwund, ja sogar das Gegenteil, also eine „Bildfeldaufweitung" bewirken können. Führen wir uns die Wirkung verschiedener Naheinstellmethoden anhand einiger typischer Beispiele vor Augen. Mit Ausnahme der namentlich benannten Zoomobjektive handelt es sich um neutralisierte, überschlägige Daten ohne Bezug auf bestimmte Objektivkonstruktionen. Alle Bildwinkelangaben gelten für das Kleinbildformat 24x36 mm.

Brennweite und Bildweite

Die auf den Objektiven gravierten Brennweitenwerte gelten nach Norm immer für die Unendlicheinstellung. Das gilt selbst für Objektive, die ausschließlich für den Nahbereich bestimmt sind, wie zum Beispiel kurzbrennweitige Objektivköpfe. Daß außerdem die nominelle Brennweite (der Gravurwert) bis zu 6% gegenüber dem tatsächlichen Wert für die paraxiale Brennweite f' gerundet werden darf, sei hier nur erwähnt, aber bei den weiteren Betrachtungen vernachlässigt.

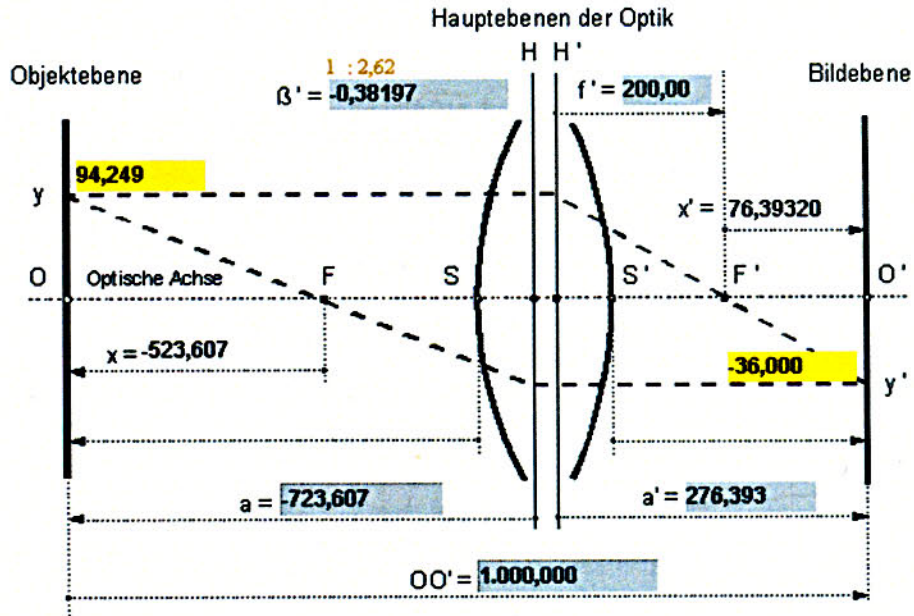
Bestimmend für Abbildungsmaßstab und Bildwinkel ist allerdings nicht die Brennweite f', sondern die Bildweite a', die eine Auszugsverlängerung x' einschließt. Bei Unendlicheinstellung ist keine Auszugsverlängerung wirksam und die Bildweite ist gleich der Brennweite. Weiterhin muß sorgfältig zwischen der Objektweite a (Abstand von Objektiv-Hauptebene und Objekt) und der Gesamtweite OO' (Abstand zwischen Filmebene und Objekt) unterschieden werden. Das läßt sich drastisch anhand von Abbildungen in natürlicher Größe (Abbildungsmaßstab 1:1) darstellen. Dafür braucht ein 100 mm-Objektiv eine Auszugsverlängerung von nochmals 100 mm, so daß die Bildweite 200 mm beträgt. Der diagonale Bildwinkel des so fokussierten 100 mm-Objektivs verengt sich von etwa 24° (bei 100 mm Brennweite und Unendlich) auf etwa 12° (dem nominellen Bildwinkel eines auf Unendlich fokussierten 200 mm-Objektivs). Die Gesamtweite vom Objekt bis zum Film — wie sie normalerweise auf Entfernungsskalen zu finden ist — beträgt beim Maßstab 1:1 das Vierfache der nominellen Brennweite zuzüglich des Hauptebenenabstands, also um 400 mm.

Den Feststellungen im letzten Absatz scheint zu widersprechen, wenn die Entfernungsskala eines modernen 100 mm-Makro-Objektivs beim Abbildungsmaßstab 1:1 auf 0,35 m statt auf 0,40 m steht. Dieses Objektiv arbeitet mit einem Fokussiersystem, das bei Einstellung auf Maßstab 1:1 die Brennweite auf 88 mm verkürzt und gleichzeitig den Auszug um 88 mm verlängert, wodurch die Bildweite 176 mm und die Gesamtweite etwa 35 cm beträgt. Hier wirken die beiden Fokussiermethoden „Auszugsverlängerung" und „Brennweitenverkürzung durch Innenfokussierung" zusammen.

200 mm Brennweite und 1 m Entfernung

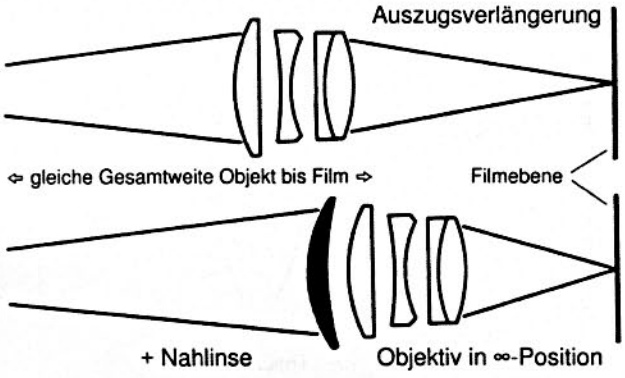
Wie in der Praxis beobachtet, resultieren je nach angewandter Naheinstellmethode (wie zum Beispiel Auszugsverlängerung, Frontgruppenverschiebung, Innenfokussierung oder Vorsatzlinse) bei gleicher Gesamtentfernung unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe respektive Objektfeldgrößen. Oder im Umkehrschluß: Für gleiche Abbildungsmaßstäbe/Objektfeldgrößen muß die Entfernung gegebenenfalls erheblich verändert werden. Dazu Vergleiche mit den Ausgangswerten 200 mm Brennweite und 1,0 m Aufnahme-Abstand (Gesamtweite Film bis Objekt).

Bei der Fokussierung mittels Auszugsverlängerung um 76 mm ergibt sich eine Bildweite von 276 mm (Diagonal-Bildwinkel 9°), ein Abbildungsmaßstab von 1:2,6 und demzufolge ein 62x94 mm großes Objektfeld. Würde man einfach mit der Brennweite 200 mm statt mit der Bildweite rechnen, erhielte man für 1,0 m Entfernung den Maßstab 1:4,0, ein Objektfeld 96x144 mm und den Bildwinkel 12°. Wollte man diesen etwas widersinnigen Begriff gebrauchen, könnte man also von einem „linearen Bildfeldschwund" um 35% sprechen.



Die für diesen Beitrag relevanten Größen: OO'=Gesamtweite, f'=Brennweite, a'=Bildweite, ß'=Abbildungsmaßstab, x'=Auszugsverlängerung, a=Objektweite, y=Objektgröße, y'=Bildgröße. (Screenshot aus der Schneider-Software GAUSSOPTIK)

Für kompakte und gut ausbalancierte Tele-Objektive mit längeren Brennweiten bietet sich die Innenfokussierung an, bei der meistens eine mittlere Linsengruppe zur Naheinstellung verschoben wird. An die Stelle der Auszugsverlängerung tritt dann eine adäquate Brennweitenverkürzung. Das 200 mm-Objektiv mit Innenfokussierung verkürzt für 1,0 m Gesamtweite die Brennweite von 200 mm auf 160 mm und schafft auf diese Weise die erforderliche Auszugsverlängerung von 40 mm. Da die Bildweite (Brennweite plus Auszug) in diesem Fall gleich der Brennweite (200 mm) ist, ergibt sich der Abbildungsmaßstab 1:4,0 und der Diagonal-Bildwinkel bleibt auf dem nominellen Wert von 12°. Möchte man mit diesem Objektiv im größeren Abbildungsmaßstab 1:2,6 aus dem ersten Beispiel fotografieren, muß man die Entfernung (Gesamtweite) von 1,0 m auf 72 cm verkürzen, also um etwa 28 cm näher herangehen. Die Innenfokussierung sorgt dann für 145 mm Brennweite, 55 mm Auszugsverlängerung und 200 mm Bildweite. Häufig werden — wie in unserem Beispiel mit dem Makro-Objektiv — die Wirkungen von brennweitenverkürzender Innenfokussierung und zusätzlicher Auszugsverlängerung kombiniert.



Naheinstellungen mittels Auszugsverlängerung oder Vorsatzlinse bei identischer Gesamtweite – aber unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben – im grafischen Vergleich.

Vorsatz- oder Nahlinsen verkürzen ebenfalls die Brennweite, so daß sich bei ihrer Verwendung die gleichen Abbildungsverhältnisse wie mit der eben vorgestellten Innenfokussierung ergeben. Beläßt man das Objektiv in seiner Unendlich-Position, muß für den Abbildungsmaßstab 1:4,0 dem 200 mm-Objektiv eine Nahlinse mit +1,25 Dioptrien Brechkraft vorgeschaltet werden. Addiert man die Brechkräfte von Objektiv (+5,0 dpt) und Vorsatzlinse, erhält man eine gesamte Brechkraft von +6,25 dpt, was 160 mm Gesamtbrennweite ergibt (Brennweite in mm = 1000/dpt). Weil das Objektiv in seiner Position bleibt, entspricht das einer Auszugsverlängerung von 40 mm und einer Bildweite von 200 mm — wie bei der Innenfokussierung! Das gilt auch für den größeren Abbildungsmaßstab 1:2,6 aus dem ersten Beispiel, der eine Vorsatzlinse +1,9 dpt erfordert, die eine Brennweitenverkürzung auf 145 mm und 72 cm Gesamtweite bewirkt. In der Praxis vermischen sich Auszugsverlängerung und Vorsatzlinse anteilig, sobald man das Objektiv auf kürzere Entfernungen als Unendlich einstellt.

Die Wirkung der Frontlinsen- oder Frontgruppen-Fokussierung, wie sie heute vor allem bei Zoomobjektiven angewandt wird, läßt sich nicht ganz so einfach erklären und einordnen. Neben der klassischen Frontlinsen-Einstellung gibt es moderne Varianten mit ähnlicher Wirkung, bei denen zum Beispiel die hinterste Linsengruppe stehenbleibt oder eine hintere Linsengruppe sich beim Fokussieren der vorderen Linsengruppe nähert. Bei dieser Form der Naheinstellung spielen sowohl Brennweitenänderung als auch Hauptebenenverschiebung und Auszugsverlängerung eine Rolle. Übliche Frontgruppen-Fokussierungen lassen nur eine begrenzte Naheinstellung zu und verkürzen schon dabei oft die Brennweite deutlich, beispielsweise von 200 mm auf 180 mm bei Fokussierung auf 2 m Gesamtweite.

Wenn mehrere Naheinstellmethoden gleichzeitig zum Einsatz kommen, heben sich die Brennweiten- und Bildweiten-Änderungen entweder (teilweise) auf oder aber sie addieren sich. Kombiniert man eine Innenfokussierung mit einer Vorsatzlinse, ist mit einer besonders starken Brennweitenverkürzung (Addition) zu rechnen. Werden dagegen Auszugsverlängerung und Vorsatzlinse kombiniert, ändert sich die Bildweite wenig oder überhaupt nicht (Kompensation).

Komplexe Fokussiersysteme

Zoomobjektive ohne oder mit teilweisem Schnittweitenausgleich — sogenannte Variofokus-Objektive — haben den Nachteil, daß nach jeder Brennweitenänderung die Schärfe neu eingestellt werden muß. Demzufolge ist die Nahgrenze bei solchen Objektiven direkt von der Brennweite abhängig. Fokussiert man zum Beispiel mit 50 mm Brennweite auf 0,5 m, so liegt bei unveränderter Einstellung die Schärfe mit 105 mm Brennweite im Abstand von 2 m. Bei Zoomobjektiven mit Schärfekonstanthaltung wird mit mechanischen und optischen Mitteln ein Schnittweitenausgleich herbeigeführt. Setzt man diesen am Weitwinkelende des Brennweitenbereichs außer Kraft, ergibt sich ganz von selbst eine Naheinstellung. Das ist die einfachste Form der sogenannten Makroschaltung, mit der man meistens nur Abbildungsmaßstäbe um 1:4 erreicht. Nachteilig an dieser Lösung sind die unpraktisch kurzen Abstände und die Beschränkung auf einen sehr kleinen Maßstabsbereich außerhalb des normalen Fokussierbereichs. Will man die Makroschaltung praxisfreundlicher an längere Brennweiten knüpfen, müssen zusätzlich Linsen(-gruppen) verschoben werden.

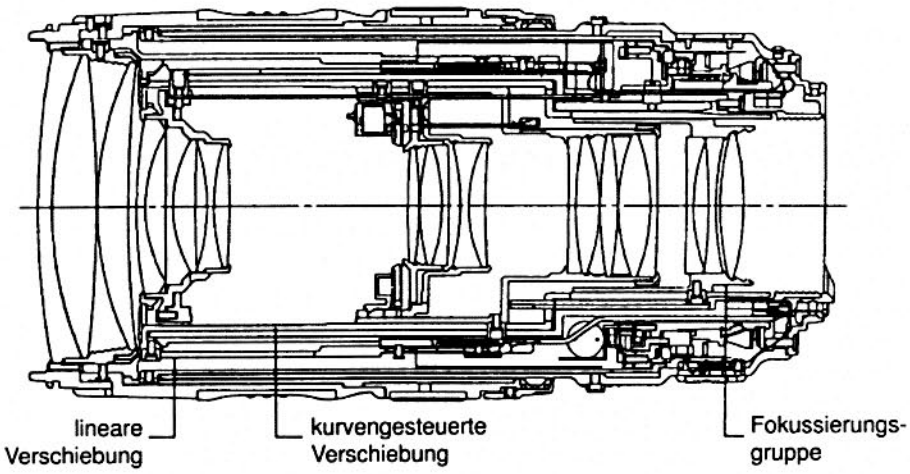
Anschauliche Beispiele für unterschiedliche Wirkungen von Naheinstellmethoden und deren Kombination liefern Zoomobjektive wie die Objektive 28-200 mm von Tamron (neue Version) und Pentax sowie das Canon-Objektiv 35-350 mm. Vergleichen wir also diese Objektive, die bei 135 mm Brennweiteneinstellung ihre kürzesten Entfernungen und größten Abbildungsmaßstäbe zulassen, mit festbrennweitigen 135 mm-Objektiven sowohl bei Auszugsverlängerung als auch bei Innenfokussierung.

Zunächst als Vergleichsbasis die Daten von 135 mm-Objektiven, die per Auszugsverlängerung respektive Innenfokussierung auf den Abbildungsmaßstab 1:4,8 eingestellt werden. Mit 28 mm Auszugsverlängerung und 163 mm Bildweite ist das 135 mm-Objektiv auf 95 cm Gesamtweite fokussiert. Oder die Innenfokussierung verkürzt die Brennweite auf 112 mm, was 23 mm Auszugsverlängerung, 135 mm Bildweite und 78 cm Gesamtweite entspricht.

Die Fokussiersysteme der genannten Zoomobjektive lassen sich von ihrer Wirkung her als Kombination aus Brennweitenverkürzung und „Variofokus-Effekt" verstehen. Stellt man zur Ergänzung des Vergleichs im vorigen Abschnitt die Objektive von Pentax und Tamron auf 200 mm Brennweite und 1,0 m ein, erhält man den Abbildungsmaßstab 1:7,6, wobei die Bildweite ungefähr 117 mm entspricht. Unterhalb von etwa 2 m Abstand wird die Schärfenlage bei Brennweitenänderungen vor allem im Bereich von 200 mm bis 135 mm zunehmend inkonstant; der Schnittweitenausgleich zeigt immer weniger Wirkung („Variofokus-Effekt"). Das hat zur Folge, daß die Aufnahme-Entfernung am Nahanschlag stark differiert. Mit 200 mm Brennweite kann man auf 0,8 m, mit 28 mm auf 0,95 m und mit 135 mm auf 0,52 m herangehen. Mit der Einstellung auf 135 mm wird am Nahanschlag 52 cm der maximale Abbildungsmaßstab 1:4,8 (bei ungefähr 90 mm Bildweite) erreicht.

Dank seiner hinteren Fokussier-Linsengruppe ermöglicht das Canon-Objektiv 35-350 mm den größten Abbildungsmaß-

Beim Canon EF 35-350 mm 1:3,5-5,6 L USM wird die hinterste (sechste) Linsengruppe zur Fokussierung bis auf 0,6 m bei 135 mm Brennweite axial verschoben.



stab 1:4,0 — ebenfalls bei der Einstellung auf 135 mm Brennweite — aus 60 cm Abstand und mit ungefähr 120 mm Bildweite. Um eine einheitliche Vergleichsbasis zu schaffen, haben wir als Referenz ermittelt, daß das Canon-Objektiv 35-350 mm für den Abbildungsmaßstab 1:4,8 die Gesamtweite auf etwa 71 cm und die Bildweite auf ungefähr 122 mm legt.

Fazit

Basiert die Fokussierung auf der Gesamtverschiebung des optischen Systems (Auszugsverlängerung), ergeben sich bei Naheinstellungen größere Abbildungsmaßstäbe und damit kleinere Objektfeldgrößen bzw. engere Bildwinkel, als überschlägig nach Brennweite und Abstand berechnet. Diese Erscheinung ist auch als Bildfeldschwund bekannt, der sich durch größere Aufnahme-Abstände kompensieren läßt.

Innenfokussierungen und Vorsatzlinsen verkürzen die effektive Brennweite und behalten die Bildweite bei (Objektiv bleibt in seiner Position), so daß kein Bildfeldschwund auftritt, was sich, verglichen mit der Auszugsverlängerung, in kleineren Abbildungsmaßstäben und größeren Objektfeldern äußert. Der Bildwinkel bleibt der gleiche wie für die Unendlicheinstellung.

Komplexe Fokussiersysteme, vor allem in universellen Zoomobjektiven, können Brennweite und Bildweite so stark verkürzen, daß der Bildwinkel beim maximal einstellbaren Abbildungsmaßstab deutlich größer ist als bei Unendlicheinstellung. Bei den vorstehend in Betracht gezogenen Zoomobjektiven stehen an der Nahgrenze die Diagonal-Bildwinkel 27° (Pentax und Tamron) bzw. 20° (Canon) dem Unendlich-Bildwinkel von 18° gegenüber. Hier haben wir es also mit einer „Bildfeldaufweitung" zu tun, die sich, soweit es die Fokussierbereiche erlauben, durch kürzere Aufnahme-Entfernungen ausgleichen läßt.

Josef Scheibel Ing.

Aus 600 mm werden 580 bis 660 mm

Wie stark sich Tele-Brennweiten beim Naheinstellen verändern können, sollen zwei Beispiele aufzeigen. Es handelt sich um festbrennweitige Objektive von renommierten Herstellern. Und man darf davon ausgehen, daß im riesigen Objektivangebot noch stärkere Einflüsse der Naheinstellung auf Brennweite und Bildwinkel vorkommen als hier präsentiert.

Das erste 600 mm-Tele-Objektiv hat eine konstruktive Brennweite von 590 mm und auf Unendlich eingestellt einen Diagonal-Bildwinkel von 4,2 Grad. Stellt man die Innenfokussierung dieses Objektivs an den Nahanschlag bei 6 m, verkürzt sich seine Brennweite auf 510 mm und die Bildweite beträgt knapp 580 mm (Bildwinkel 4,3 Grad).

Beim zweiten 600 mm-Objektiv ist die tatsächliche Brennweite mit 587 mm einen Hauch kürzer. Für die Naheinstellung auf 6 m mittels Auszugsverlängerung wird das gesamte Objektiv um 73 mm nach vorne geschoben, was eine Bildweite von 660 mm und einen Diagonal-Bildwinkel von 3,8 Grad zur Folge hat.

Wer anzweifelt, ob die 6 m eine „Naheinstellung" sind, sollte sich vor Augen führen, daß ein Objektfeld in der Größe eines DIN A4-Blatts erfaßt wird.

Solche Meßdaten mögen im ersten Moment irritieren. Aber wann stört es eigentlich, daß Bildweiten und Brennweiten im Nahbereich deutlich kürzer oder länger sind als im Fernbereich? Und welche praktische Bedeutung haben Bildwinkeländerungen im Bereich 4,3 bis 3,8 Grad?