

## Was ist ein Variogon?

„**Variogon**“ ist der [▶ Markenname](#) für ein Vario-Objektiv der Firma "Jos. Schneider Optische Werke GmbH". Was aber ist ein „Vario-Objektiv“? Das ist ein Objektiv, das keine feste Brennweite hat, sondern bei dem der Benutzer sie stetig verändern - „variieren“ - und innerhalb gewisser Grenzen beliebig einstellen kann, ohne daß das entworfene Bild eines Gegenstandes bei der Brennweitenvariation neu scharf eingestellt werden muß. Man kennt solche Objektive auch unter dem Namen **Zoom-Objektiv**.

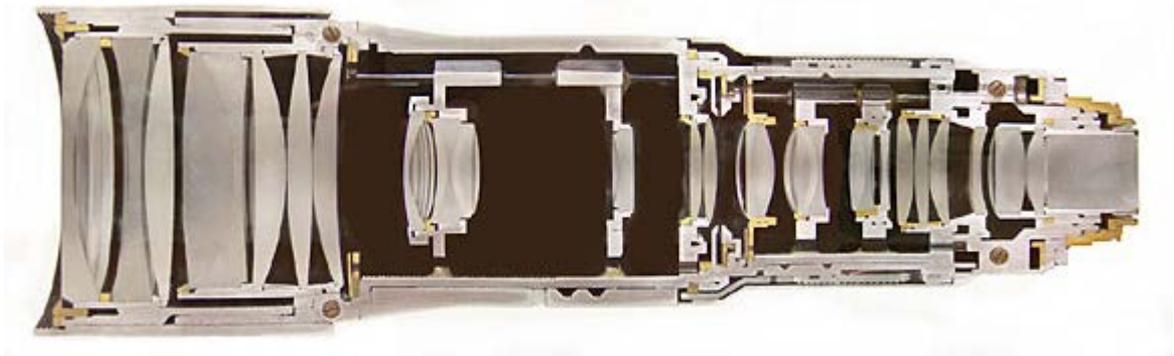


Abb. 1: Optische und mechanische Kompetenz in Konstruktion und Produktion:  
Querschnitt des 30-fach Zoom-Objektivs **Variogon 1,8 / 6 - 180 mm** für Super-8mm Schmalfilm

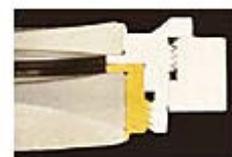
Vario-Objektive wurden bei Schneider-Kreuznach bereits Mitte der 50er Jahre zunächst für **Schmalfilmkameras** entwickelt. Aufgrund der großen Erfahrungen in der optischen Berechnung, Konstruktion und kompletten Serienproduktion sowie durch Präzision und Leistungsfähigkeit fanden die Vario-Objektive konsequenterweise ihren Einsatz in einem weiten Anwendungsfeld als Objektive

- für **Fernseh-** ( TV-Variogon ) und **Überwachungskameras**,
- in der Stehbild-Fotografie ( Spiegelreflexkameras ) - hier wiederum im **Kleinbild-** und **Mittelformatsektor**,
- für **Vergrößerungsgeräte** im Fotolabor ( Betavaron ),
- für variable **Stehbild-Projektion** ( Vario-Cine-Xenon ) und
- in diversen kundenspezifischen **OEM-Anwendungen**,  
z.B. in der **Print-, Scan- und Reprotechnik** (Variomorphot ).

Auch bei der jüngsten fotografisch/technischen Innovation, der **digitalen Fotografie**, hat sich das Variogon wieder einen Platz erobert. Als integriertes Objektiv mit variabler Brennweite findet es seinen Einsatz in der Reihe diverser **Kodak EasyShare Zoom Digitalkameras**.

Nachfolgende Beiträge bieten einen kurzen historischen Rückblick mit hintergründigen Informationen zum „**Variogon**“-Objektiv in seinen verschiedensten Einsatzgebieten:

- ▶ [Wirkungsweise eines Zoom-Objektivs](#)
- ▶ [Variogon-Objektive für Schmalfilm](#)
- ▶ [Variogone in der Fernsehtechnik](#)
- ▶ [Kleinbild- / Mittelformat-Vario-Objektive](#)
- ▶ [Vergrößerungstechnik mit Betavaron](#)



## Wirkungsweise eines Zoom-Objektivs

Das Geheimnis eines ► **Variogons**, d.h. eines Vario- oder Zoom-Objektivs, besteht darin, daß einige grundlegende optische Gesetze geschickt ausgenutzt sind und durch entsprechende Korrektur der Restaberrationen für eine gute ► **Abbildungsqualität** gesorgt ist. Dazu bedarf es u.a. drei wesentlicher Voraussetzungen: geeignete Rechenprogramme, leistungsfähige Rechner und vor allen Dingen das optisch-physikalische Know how.



Die heutigen Zoom-Objektive sind in ihrem Aufbau und ihrer Wirkungsweise sehr komplex. Daher wird nachfolgend zum besseren Verständnis die prinzipielle Funktionsweise eines **herkömmlichen Variogon-Objektivs** beschrieben. Alle Zoom-Objektive besitzen jedoch die Eigenschaft, bei der Änderung der Brennweite das entstehende Bild exakt auf eine ortsfeste Abbildungsebene abzubilden, sei es die Filmbühne oder die Ebene eines Bildsensors.

Das Konstruktionsprinzip eines Variogons herkömmlicher Bauart ist leicht zu verstehen. Das Wesentliche ist, daß das Bild nicht unmittelbar auf dem Film entsteht, sondern dort erst nach einigen virtuellen Zwischenabbildungen zustande kommt.

Eine erste Linsengruppe entwirft ein Bild des Gegenstandes wie jedes andere Objektiv auch. Nur dieser Teil des optischen Systems wird zum Einstellen der Aufnahmeentfernung verschoben, nicht das ganze Objektiv, wie oft üblich. Die zweite Linsengruppe entwirft von diesem ersten Bild ein zweites, erst eine dritte Linsengruppe entwirft das endgültige Bild.

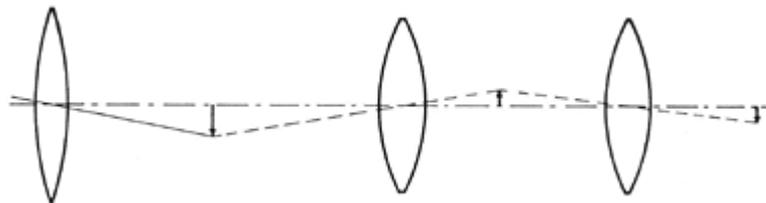


Abb. 1:  
Schematische Darstellung des grundsätzlichen Aufbaus eines Variogons

Dadurch, daß man die zweite Gruppe verschiebt, ändert man den Abbildungsmaßstab vom ersten zum zweiten Zwischenbild und damit auch die Größe, mit der der Gegenstand endgültig auf dem Empfänger erscheint (Abb. 1). Das bedeutet aber gleichzeitig, daß sich die Brennweite des Gesamtsystems ändert. Mit der axialen Verschiebung ändert sich allerdings auch die Lage des zweiten und dritten, reellen Bildes. Damit der Benutzer nicht nach jedem Brennweitenwechsel neu fokussieren muß, wird eine weitere Linsengruppe bewegt. Dadurch wird gleichzeitig mit der Brennweitenveränderung die Schärfe nachgestellt.

Die Brennweitenvariation kann man grundsätzlich auf zwei Arten realisieren. Im einen Fall werden die beiden Linsengruppen mechanisch so gesteuert, daß beide ganz bestimmte aber unterschiedliche Bewegungen ausführen ( **mechanische Kompensation** ), im anderen Fall werden beide Linsengruppen gemeinsam bewegt, dann kann man durch geschickte Wahl der optischen Größen der beiden Glieder erreichen, daß die Lage des Bildes konstant bleibt, allerdings in diesem zweiten Fall theoretisch nicht ganz streng, aber praktisch mit genügender Genauigkeit ( **optische Kompensation** ).

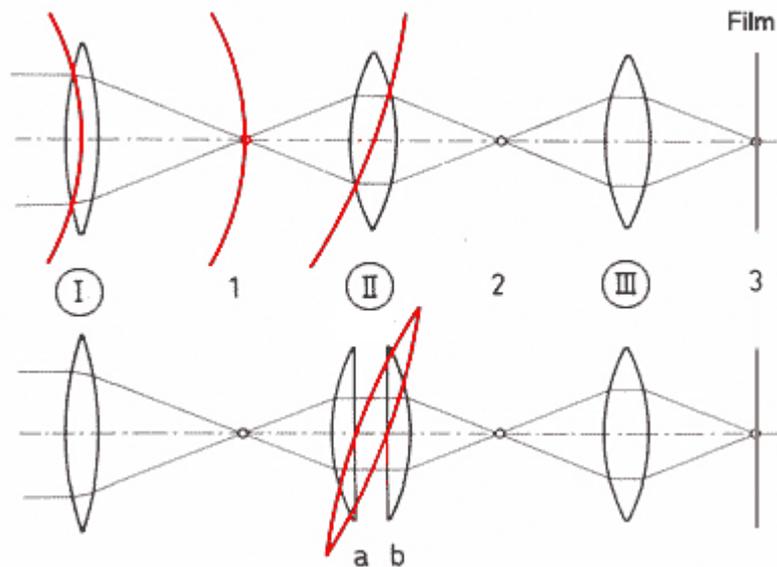


Abb. 2: Mechanische Kompensation der Schnittweitenänderung.

oben: Die Bewegung der 2. Linse ändert die Brennweite, die der ersten hält die Schärfe konstant.

unten: Die zweite Linse besteht aus zwei Teilen, durch deren Relativbewegung die Schärfe konstant gehalten wird.

Abb. 2 zeigt schematisch das Prinzip der mechanischen Kompensation, das bei allen herkömmlichen Variogon-Objektiven angewandt wird. Dabei sind die Linsengruppen - hier durch eine oder zwei Linsen dargestellt - durch römische Ziffern I, II und III, die Bilder durch arabische Ziffern 1, 2 und 3 gekennzeichnet. Die eingezeichneten Kurven sollen die Stellung der Linsen und Bildpunkte bei verschiedenen Brennweiten angeben, oben bei der kürzesten, unten bei der längsten.

In der oberen Abb. 2 verändert die Bewegung der Linse II die Brennweite, die der Linse I hält die Lagen der Bilder 2 und 3 konstant. In der unteren Abb. 2 ist die Linsengruppe II aufgespalten (IIa und IIb); hier dient die Abstandsänderung beider Linsen dazu, das Bild festzuhalten.

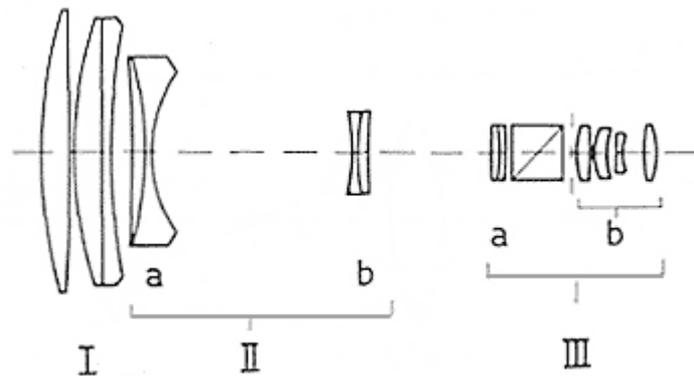


Abb. 3:  
Praktische Ausführung am Beispiel des Variogons 2,8/10-40 mm.  
Bei der praktischen Ausführung nach Abb. 2 hat ein Teil der Linsengruppen negative Brechkraft und die Zwischenbilder sind virtuell.

Als **praktische Ausführung** des in der unteren Abb. 2 skizzierten Prinzips ist in Abb. 3 der Linsenschnitt des Variogons 1:2,8/10-40 mm gezeigt. Die einzelnen Glieder sind durch römische Ziffern gekennzeichnet.

In manchen Fällen spaltet man die dritte Linsengruppe noch derart in zwei Teile auf (IIIa und IIIb in Abb. 3), daß zwischen ihnen paralleler Strahlengang besteht. Dann kann man sich das ganze Objektiv an dieser Stelle getrennt denken in einen brennweitenlosen Vorsatz und ein Grundobjektiv. Brennweitenlose Vorsätze wirken gewissermaßen wie ein **Galilei'sches Fernrohr**, das je nachdem, von welcher Seite man hineinschaut, vergrößert oder verkleinert.

Wenn der Vorsatz vergrößert, wird die Brennweite der Kombination verlängert, und umgekehrt. Der Vorsatzteil des Variogons hat nun die Eigenschaft, daß man seine Vergrößerung stetig ändern und damit die Brennweite des Objektivs nach Wunsch einstellen kann.

Nachdem schon während der 30er Jahre in Deutschland derartige Objektive auf den Markt gekommen waren, die großes Aufsehen erregt hatten, haben in der Nachkriegszeit die "Optischen Werke Jos. Schneider & Co." als erste deutsche Firma ein solches Objektiv für 8mm-Schmalfilmkameras geschaffen. Es handelt sich um das ►Variogon 2,8/10-40 mm, das in Abb. 4 zu sehen ist.



Abb. 4:  
Variogon 2,8/10-40 mm

## Zoom-Objektive für Schmalfilmkameras



Abb. 1:  
Variogon 1,8 / 8 - 48 mm  
für Normal-8-Schmalfilm  
mit Reflexsucher

Die Geschichte des Variogon Zoom-Objektivs ist eng verbunden mit der Schmalfilm-Ära. Eine einwandfreie Schärfenzeichnung bei der Brennweitenvariation bis in die Bildecken war u.a. eine Grundvoraussetzung des Erfolgs.

Die ersten Objektive mit veränderbarer Brennweite für Schmalfilmkameras gehen bereits auf das Jahr 1937 zurück; sie fanden an einer **16-mm**-Siemens-Kamera Verwendung. Eine Verbreitung jedoch wurde erst in den fünfziger Jahren möglich durch den Einsatz [▶elektronischer Rechenanlagen](#). Parallel damit liefen technische Fortschritte in der Entspiegelung optischer Linsen. Durch die verhältnismäßig große Anzahl an Linsen mußte auf eine besonders intensive Lichtdurchlässigkeit Wert gelegt werden.

Schon zur Zeit des **Normal-8-Formates** ( 3,6 x 4,9 mm<sup>2</sup> ) bedienten sich deshalb nahezu alle Hersteller von Schmalfilmkameras in Europa des Schneider-Variogons.

Die ersten Typen jener Zeit:  
 ▶ Variogon 2,8 / 10-40 mm,  
 Variogon 1,8 / 9-30 mm,  
 Variogon 1,8 / 7,5-37,5 mm,  
 ▶ Variogon 1,8 / 8-48 mm.

Mit der Markteinführung des **Super-8-Formates** ergab sich ein größeres Bildformat ( 4,22 x 5,69 mm<sup>2</sup> ) und damit auch eine um etwa 40% größere Bildfläche, die in allen Teilen und auch bei voller Öffnung scharf ausgezeichnet werden mußte.

Das Grundprinzip dieser Variogon-Typen basierte auf dem **mechanisch kompensierten Schnittweitenausgleich**. Dabei bewegen mechanische Steuerkurven nach mathematisch/physikalischen Vorgaben zwei Linsengruppen I und II relativ zueinander - in Abb. 3 durch blaue Linien dargestellt - um die Objektivbrennweite kontinuierlich zu ändern. Der Bildort bleibt dadurch immer an gleicher Stelle, der Filmebene. Mit der vorderen Linsengruppe wird die Aufnahmeentfernung eingestellt.

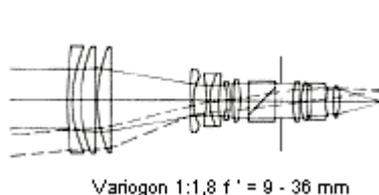


Abb. 2:  
Durch das Konstruktionsprinzip und den optisch/mechanischen Aufwand bleibt der **Bildort konstant** und die **Bildqualität weitgehend erhalten**

Bei Objektiven mit Sucher, siehe Abb.1, befindet sich vor der

Irisblende ein Ausspiegelungsprisma.

**Variogon-** und **Optivaron-** Objektive der früheren Produktpalette für Super-8-Schmalfilmkameras zeigt ein [Prospekt](#) im Überblick.

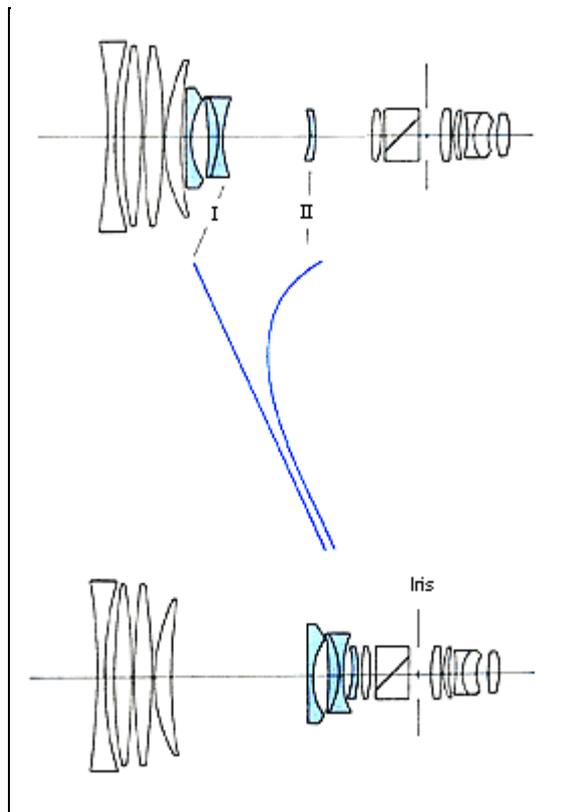
Bemerkenswert ist das **30-fach** Zoom-Objektiv, das Ende der 70er Jahre für Beaulieu-Kameras gefertigt wurde:

### Variogon 1,8 / 6 - 180 mm



Vergößerung per Mausklick!

Abb. 3 rechts:  
Funktionsprinzip des  
mechanischen  
Schnittweitenausgleichs



## Zoom-Objektive für das Fernsehen

Mit der Entwicklung von Objektiven veränderbarer Brennweiten, den sog. Zoom- oder Vario-Objektiven, wurde bei Schneider-Kreuznach bereits 1957 begonnen. Zwei Jahre später lief ein erster Prototyp, das ► [Variogon 2,8/10-40 mm](#), für das 8 mm-Filmformat in Serie. Gleichzeitig zur Entwicklung von Zoom-Objektiven für weitere Formate wie Super-8-, 16 mm- und Kleinbild-/Mittel-Format liefen Entwicklungen auch für **Farbf Fernseh-Kameras** mit allen gängigen Formaten von 1/2" bis 1 1/4".

Nachfolgende Ausführungen geben einen kurzen Einblick in die Geschichte der **TV-Variogone**. Als Studio- oder ENG/EFP<sup>1)</sup>-Ausführungen wurden sie weltweit eingesetzt an Fernsehkameras [marktführender Hersteller](#)<sup>2)</sup>. Zahlreiche ► [Patente](#) unterstreichen die innovative Entwicklungsphase in den 70-90er Jahren.

► [C-Mount Zoom-Objektive](#) der 2/3"-Standardbaureihe sind dagegen noch heute Bestandteil der Objektiv-Produktpalette für industrielle Anwendungen.



Abb. 1:  
ENG-Fernsehobjektiv  
**APO-Varon HM 14X**,  
Typ TV59.02, für 1/2"



Abb. 2:  
Studio-  
Fernsehobjektiv 30X  
**Variogon 2.1/16 - 480 mm**,  
Typ TV 31, für 1 1/4"

► [Typisches Datenblatt eines Fernsehobjektivs](#) ( pdf: 620kB )

Als technisches Novum in der Aufnahmetechnik galt das damals erstmalig 30-fach Zoom-TV-Objektiv mit **zwei optischen Zoomgruppen** zur Brennweitenänderung, bestehend aus jeweils **Variator** und **Kompensator**. Abweichend von der [üblichen Konstruktionsweise](#) funktioniert das patentierte TV-Variogon nach folgendem Prinzip.

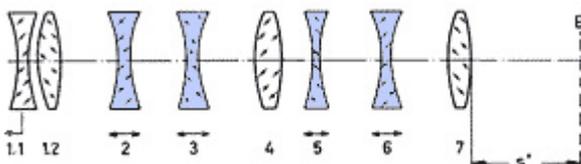


Abb. 3:  
TV-Variogon mit zwei optischen  
Variatoren

Insgesamt werden acht Wirkungsgruppen benötigt. Drei davon ( 1.2, 4 und 7 ) stehen fest, vier ( 2, 3, 5 und 6 ) sind axial verschiebbar zur Veränderung der Brennweite, 1.1 zur Einstellung der Aufnahmeentfernung.  $s'$  ist der Abstand zwischen letzter Linsenfläche bis zur Bildebene B, der sogenannten Bildschnittweite. Abb. 4 vermittelt einen Eindruck von dem optischen Aufwand ( 31

Linsen in 22 Gliedern ), der hierbei erforderlich geworden ist.

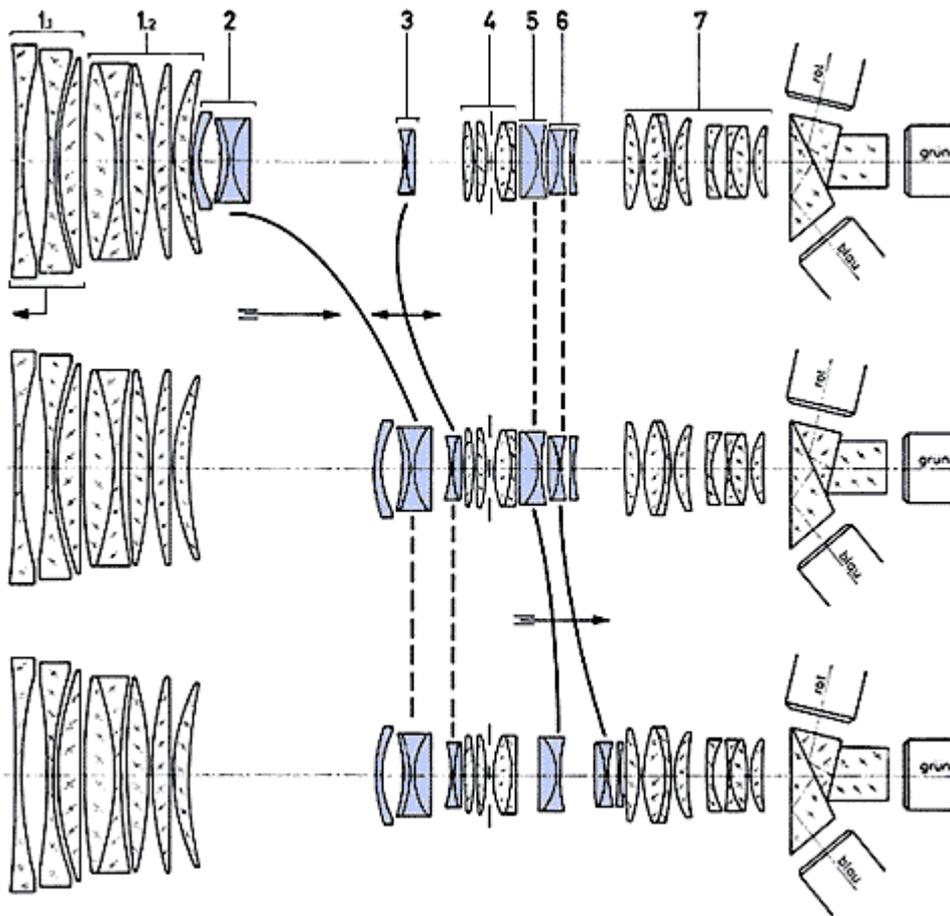


Abb. 4:  
Optischer Aufbau des 30-fach Zoom-Fernsehobjektivs **TV-Variogon 2,1 - 6,6 / 20 - 600 mm** bei kürzester Brennweite und Fokussierung auf Unendlich

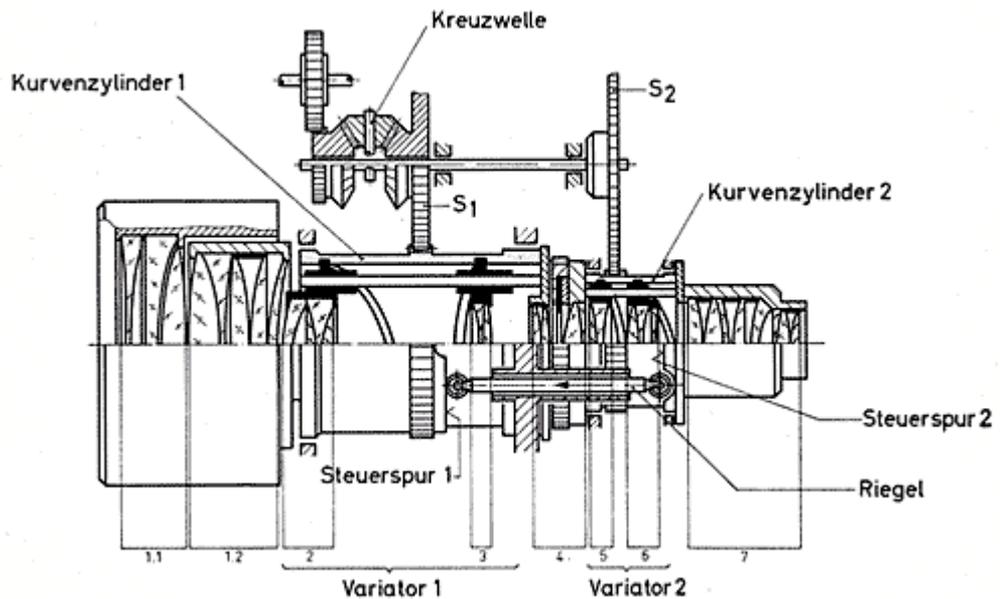


Abb. 5:  
TV-Variogon mit zwei optischen Variatoren

Zur mechanischen Umsetzung eines größeren Brennweitenbereiches nach dem optischen Funktionsprinzip gemäß Abb. 4 werden die beiden Variatoren über ein Differentialgetriebe wechselweise angetrieben.

Den Abschluß in den langjährigen Entwicklungsaktivitäten im Bereich Fernsehobjektive markierte der innovative Wandel von der mechanischen zur elektronischen Positionssteuerung der beweglichen optischen Variatoren.

Anläßlich des International Symposiums 1987 in Montreux stellte Schneider-Kreuznach das erste serienmäßig **kurvenlos gesteuerte** TV-Zoom-Objektiv für 1"-Aufnahmeformat vor. Das 16 bit mikroprozessorgesteuerte Objektiv **TV 91** erreichte eine 35-fache Brennweitenvariation.



Abb. 6:  
High Resolution **Variogon 2/16 - 560 mm**

- 1) ENG - Electronic News Gathering, EFP - Electronic Field Production
- 2) Ampex, Bosch, EMI, Gates, Ikegami, IVC, Link, Marconi, RCA, Sony, Siemens, Thomson

## Zoom-Objektive für die Stehbildfotografie

Die Erfahrungen im Bau von Zoom-Objektiven für Film- und Fernseh-Kameras beflügelten die Entwicklung und Konstruktion des Variogons auch für das **Kleinbild-** und **Mittelformat**. Die Variogone der Stehbildfotografie wurden eingesetzt in einäugigen Spiegelreflexkameras mit Schlitz- bzw. Zentralverschluss (z.B. Rolleiflex), denn nur dort konnte das großen-variierte Sucherbild auf einer Mattscheibe beobachtet und eingestellt werden.

Abb. 1 zeigt beispielhaft die Ausführung des **Tele-Variogon 4/80-240 mm** mit blenden- und verschlußsteuerndem Handgriff. Ein lichtstarkes **Variogon 2,8/45-100 mm** ergänzte die Produktreihe. Mit entsprechendem Anschlußsockel waren beide Objektive auch an **8-, 16- und 35-mm-Filmkameras** verwendbar.



Abb. 1: Tele-Variogon 4 / 80 - 240 mm

Einige technische Details:

- Mechanischer Schnittweitausgleich höchster Präzision,
- Fokussierung mittels Rändelring frontseitig,
- Rastblende für Blendenvorwahl,
- Blendenöffner zur Bildbeobachtung ohne Veräderung der vorgewählten Blendeneinstellung zur Bildkontrolle,
- insgesamt 19 auswechselbarer Sockel zur Anpassung an die einäugigen Spiegelreflex-Kameras mit Schlitzverschluss,
- die an das Objektiv angesetzte Kamera konnte mittels eines Rasthebels wahlweise auf Hoch- und Querformat verstellt werden.

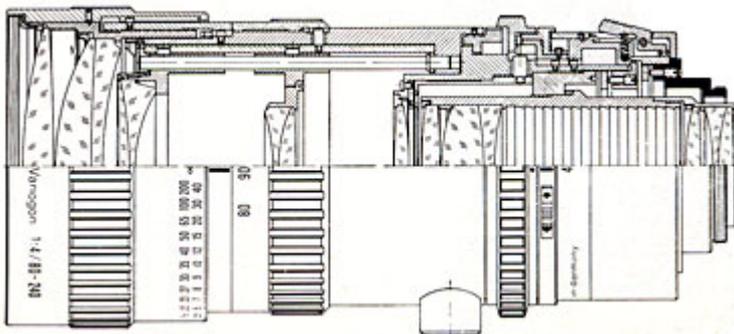


Abb. 2:  
Schnittzeichnung  
des  
Tele-Variogon Objektivs  
für Kleinbild-Spiegelreflex-  
Kameras

---

**FON** : +49 ( 0 ) 671 601-0 ..... **FAX** : +49 ( 0 ) 671 601-108 ..... **E-mail** : [sales@schneiderkreuznach.com](mailto:sales@schneiderkreuznach.com)

## Zoom-Objektive für Vergrößerungsgeräte und Printer

Was für die Foto- und Filmtechnik das Variogon, ist für Vergrößerungsgeräte und Printer das **Betavaron**: ein Objektiv mit stufenlos veränderbarem Abbildungsmaßstab bei gleichbleibend hoher Abbildungsqualität. Waren bisher für unterschiedliche Vergrößerungen mehrere festbrennweitige Objektive erforderlich, so werden diese durch ein einzelnes Objektiv - das Betavaron - ersetzt. Es ist das **weltweit erste Zoom-Objektiv für Vergrößerungsgeräte und Printer**.

Zunächst für herkömmliche Vergrößerungsgeräte und Printer gedacht findet das Betavaron in modifizierter Form auch heute noch seinen Einsatz in kundenspezifischen **OEM-Anwendungen**.

Das typische Betavaron für Vergrößerungsgeräte in Abb. 1 ermöglicht neben völlig neuen Bildeffekten eine erhebliche Vereinfachung der Vergrößerungsarbeiten und verkürzt somit deutlich den sonst hierfür notwendigen Zeit- und Arbeitsaufwand.

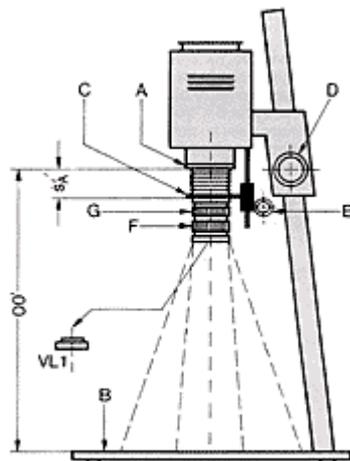
Nachdem für einen Abbildungsmaßstab die richtige Blendeneinstellung und Belichtungszeit ermittelt ist, kann bei Änderung des Abbildungsmaßstabs die notwendige Korrektur der Blende oder der Belichtungszeit anhand einer Tabelle vorgenommen werden.



Abb. 1: Betavaron 3,1 ... 10 / 0,08

Mit dem beispielhaften Betavaron ( Abb. 1 ) können bei festem Abstand zwischen Negativ und Positiv Veränderungen des Abbildungsmaßstabs von 3,1- bis 10-fach kontinuierlich ausgeführt werden. Die Angabe 0,08 kennzeichnet die negativseitige numerische Apertur.

Speziell abgestimmte **Vorsatzlinsen**, die mit Hilfe eines Bajonetts an das Zoom-Objektiv befestigt werden können, bieten dem Anwender ein breites Einsatzfeld.



Nach einmaliger Justierung am Vergrößerungsgerät bleiben die Position von Negativ (A), Positiv (B) und Vergrößerungsobjektiv (G, F) zueinander fest.

Durch einfaches Verstellen des Drehrings (F) für den Abbildungsmaßstab kann die gewünschte Vergrößerung oder ein Ausschnitt des Negativs formatfüllend für das gewählte Positiv-Format leicht und schnell eingestellt werden. Hierbei bleibt die volle Schärfe und Abbildungsqualität über den gesamten Einstellbereich erhalten. Die Blende wird am Rändelring (G) eingestellt.

Abb. 2 links: Vergrößerungsgerät mit Betavaron

Als ein Beispiel kundenspezifischer Lösungen zeigt nebenstehende Abbildung eine komplexe industrielle Applikation mit schnellem motorisiertem Zoom-Objektiv. Der Optikonstruktion liegt dabei ein modifiziertes **Variogon** zugrunde.

E-mail: [industrie@schneiderkreuznach.com](mailto:industrie@schneiderkreuznach.com)



Abb. 3 rechts:  
Elektronisch/mechanisch/optische Baueinheit