

# PHOTO-TECHNIK UND -WIRTSCHAFT



4

APRIL 1973  
24. JAHRGANG  
BERLIN

## Fisheye-Objektive und verwandte Abbildungstechniken (I)

Im ersten Teil dieses Beitrags über Technik und Anwendung von Fisheye-Objektiven, Fisheye-Vorsätzen, über die Fisheye-Projektion und über einige Sonderverfahren der Panorama- und Teilpanorama-Photographie werden die Fisheye-Objektive und ihre Abbildungsarten dargestellt. Eine Tabelle über Fisheye-Objektive mit voller Formatausleuchtung gibt eine komplette Übersicht über das einschlägige Marktangebot nach der photokina 1972, wo unter anderem auch die ersten deutschen Fisheye-Objektive präsentiert wurden.

Zunächst sind Fisheye-Objektive nichts anderes als Super-Weitwinkelobjektive, die in einer ungewohnten geometrischen Funktion abbilden. Woher der Name „Fisheye“ eigentlich kommt, läßt sich nicht schlüssig klären. Angeblich soll er vom Aussehen der meist vorgewölbten Frontlinse herrühren – dann könnte man aber zum Beispiel ebensogut vom „Frogeye“ sprechen. Andere wollen die Abbildungsart mit der vermuteten Sehperspektive von Fischen in Verbindung bringen. Jedenfalls hat sich die Bezeichnung „Fisheye-Objektiv“ für Super-Weitwinkelobjektive mit nichtgnomonischer Projektion weltweit eingebürgert. Fisheye-Aufnahmen erkennt man an der „sphärischen Perspektive“, wobei Geraden am Bildrand mehr oder weniger stark durchgebogen (gekrümmt) erscheinen. Keineswegs typisch für Fisheye-Objektive ist der kreisförmige Bildausschnitt. Einerseits entwirft jedes rotations-symmetrisch aufgebaute Objektiv (also anamorphotische Systeme ausgenommen) ein kreisförmiges Bild, das durch die Bildfeldmaske der Kamera zu einem Rechteck oder Quadrat beschnitten wird. Andererseits leuchtet etwa die Hälfte aller heute auf dem Markt befindlichen Fisheye-Objektive ein rechteckiges Bildformat bis in die Ecken aus. Letztlich kommt es nur auf die Relation zwischen Bildkreisdurchmesser und Aufnahmeformat an. Für übliche

Objektive und Fisheye-Systeme gilt gleichermaßen: ist der Bildkreisdurchmesser mindestens so groß wie die Diagonallänge des zugeordneten Aufnahmeformats, entsteht ein rechteckig begrenztes Bild. Bleibt jedoch dagegen der Bildkreisdurchmesser kleiner als die kürzeste Kante des Aufnahmeformats, resultiert ein kreisförmiges Bild. Beispielsweise erhält man mit dem Kinoptik Tegea 1,8/9,8 mm (107° Bildwinkel) einen Bildkreis mit 27 mm Durchmesser. Wird dieses Objektiv – das auf Grund seiner Abbildungsart nicht zu den Fisheye-Objektiven zu rechnen ist – in einer Kleinbildkamera (Alpa-Reflex) verwendet, ergibt sich ein leicht beschnittenes Kreisbild. Wenn also die Flächengestalt des Bildes kein sicherer Indikator für Fisheye-Aufnahmen ist, bleiben als Erkennungsmerkmale die „sphärische Perspektive“ und diagonale beziehungsweise diametrale Bildwinkel über etwa 120 Grad (Bilder 1a und 1b).

### 1. Grundsätzliches zur Abbildungsgeometrie

Nach der klassischen Terminologie der Photo-Optik spricht man von „Verzeichnung“, wenn seitlich entworfene Bildpunkte nicht an der durch die Gesetze der Zentralperspektive bestimmten Stelle liegen. So besehen, verzeichnet ein Objektiv, wenn in Wirklichkeit gerade verlaufende Linien auf der Abbildung gebogen erscheinen. Werden gerade Linien innerhalb des gesamten Bildfeldes wieder gerade (nicht durchgebogen) abgebildet, gilt das Objektiv als „verzeichnungsfrei“. Jedem kritischen Betrachter von Weitwinkelaufnahmen fällt auf, daß auch auf „verzeichnungsfreien“ Bildern die Dinge zur Peripherie hin widernatürlich verbreitert, ja verzerrt wiedergegeben werden. Aus solchen Beobachtungen resultieren Zweifel am verzeichnungsfreien Bild. Tatsächlich

macht die Abbildungsart des verzeichnungsfreien Objektivs (die sogenannte gnomonische Projektion) das Abschätzen von Flächenanteilen und Raumwinkeln nach photographischen Abbildungen zu einem schwierigen Unterfangen. Prinzipiel ist es zwar möglich, solche Auswertedaten über eine Rückrechnung nach der Abbildungsfunktion zu erhalten. Doch fehlt in verzeichnungsfreien Weitwinkelaufnahmen jede Flächentreue. Vorstehende Überlegungen dienen nicht einer unberechtigten Kritik an der verzeichnungsfreien Abbildung nach klassischer Begriffsbildung. Will man sich jedoch näher mit den Abbildungsarten von Fisheye-Objektiven beschäftigen, ist ein gewisses Umdenken – ein Loslösen von üblichen Betrachtungsweisen und Beurteilungskriterien – erforderlich. Das beginnt mit der grundsätzlichen Erkenntnis, daß es unterschiedliche Abbildungsarten (Projektionen) geben muß und gipfelt in dem Schluß, daß der Begriff „Verzeichnung“ nur dann sinnvoll zu gebrauchen ist, wenn Abweichungen zur gewollten Projektion vorliegen. So müssen in logischer Konsequenz die häufigen Unterstellungen, Fisheye-Objektive würden „nicht verzeichnungsfrei“ abbilden, genau genommen als sachlich ungerechtfertigt zurückgewiesen werden. In dieser Hinsicht existieren noch Definitionsprobleme, die in der photographischen Umgangssprache wohl nie und im exakten wissenschaftlich-technischen Sprachgebrauch nur sehr zögernd abgebaut werden können. Die Tatsache, daß es seit der photokina 1972 auch Fisheye-Objektive deutschen Ursprungs gibt, wird vielleicht einer endgültigen Begriffsbildung Vorschub leisten. Möglicherweise enthält bereits der nächste Entwurf von DIN 19 040, Bl. 3 eine Begriffsfestlegung für Fisheye-Objektive und eine erweiterte Erläuterung zum Stichwort „Verzeichnung“.

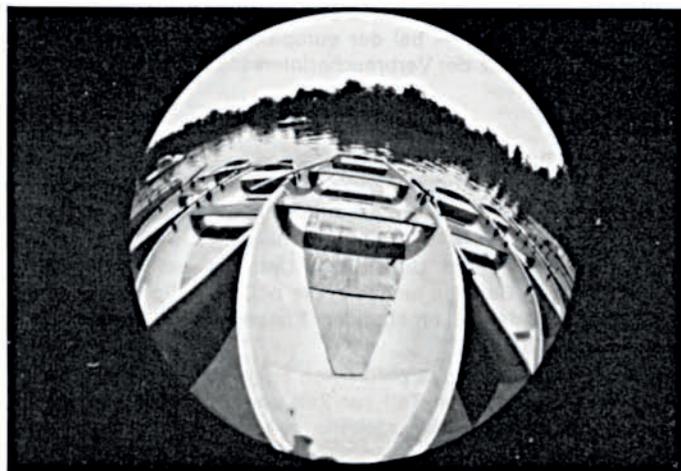


Bild 1. Aufnahmen von kreisförmig und formattüllend abbildenden Fisheye-Objektiven in direkter Gegenüberstellung; Bild 1a (links) Aufnahme mit Fisheye-Nikkor 5,6/7,5 mm, Bild 1b (rechts) Aufnahme mit Fisheye-Rokkor 2,8/16 mm

In der populären Photo-Fachliteratur wird im allgemeinen die „sphärische Perspektive“ der Fisheye-Objektive der „verzeichnungsfreien Abbildung“ üblicher Photoobjektive gegenübergestellt. Für eine exakte und ausführliche Betrachtung über Fisheye-Objektive genügt diese stark vereinfachte Darstellung nicht. Die Bezeichnung „sphärische Perspektive“ ist eine mehr bildhafte und umschreibende Erklärung und als Gegenstück zur „linearen Perspektive“ mit geraden Linien zu verstehen. Eine exakte Aussage über die Abbildungsart gibt sie nicht. Vielmehr müssen bei den Fisheye-Objektiven des Marktes insgesamt drei verschiedene Projektionsarten unterschieden werden:

- die flächentreue Abbildung gemäß der equisolidangle-Projektion (der Begriff wurde aus englischsprachigen Schriften der japanischen Erstkonstrukteure übernommen),
- die abstandstreue Abbildung gemäß der äquidistanten Projektion,
- die orthographische Projektion (analog der Abbildung der Erdoberfläche auf einem zylindrischen Mantel um den Äquator).

Um die insgesamt vier verschiedenen Abbildungsarten (die „gnomonische“ oder „verzeichnungsfreie“ Abbildung eingeschlossen) anschaulich zu machen, wurden Kameras – bestückt mit den verschiedenen Objektiven – auf einem Stativ mit genauem Winkelkopf befestigt. Nach Winkeldrehungen von jeweils 10 Grad schaltete man eine in größerem Abstand fest angebrachte Glühlampe kurz ein (dunkler Raum und offener Verschluss). Diese Lichtquelle bildet sich folglich in 10°-Intervallen auf dem Film ab. Nach den aus versuchs-technischen Gründen nicht sehr sauberen Aufnahmen wurden Zeichnungen hergestellt (Bilder 4, 15 und 16 im Teil II). Sie sind den entsprechenden Abschnitten über die Abbildungsarten zugeordnet und dort näher erläutert.

Theoretisch interessierten Lesern gibt Bild 2 alle Aufschlüsse über die vier diskutierten Abbildungsarten. An der Abszisse des Koordinatensystems sind die objektseitigen Winkel  $\alpha$  aufgetragen, unter denen ein bestimmter Punkt zur optischen Achse erscheint (s. a. Bild 3). Die Ordinate zeigt an, in welchem Abstand zur optischen Achse (Bildmitte) der Punkt abgebildet wird. Die Darstellung ist auf das 24 mm  $\times$  36 mm-Kleinbildformat bezogen, so daß  $y'$  maximal die Hälfte der Formatdiagonale (nämlich 21,6 mm) erreicht. Bild 3 veranschaulicht die Bedeutung von  $\alpha$  und  $y'$ . Auch die Kurven im Bild 2 werden in den nächsten Abschnitten noch ausführlicher behandelt.

### 1.1. Verzeichnungsfreie oder gnomonische Projektion

Um eine Basis zu schaffen, sei erst einmal die gnomonische oder verzeichnungsfreie Abbildung behandelt. Bei dieser bekannten und gängigen Abbildungsart ist der bildseitige Hauptstrahlwinkel immer gleich

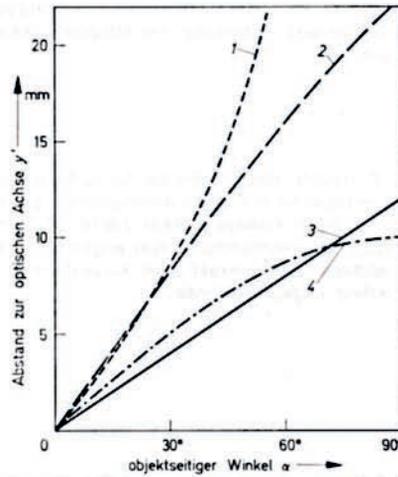


Bild 2. Vier grundsätzlich verschiedene Abbildungsarten, bezogen auf das Kleinbildformat. Dargestellt ist, in welchem Abstand zur optischen Achse (Bildmitte) ein Punkt abgebildet wird, der unter einem bestimmten objektseitigen Winkel zur optischen Achse erscheint. 1 verzeichnungsfreie oder gnomonische Projektion (idealisierte Werte am Beispiel des Zeiss Hologon 8/15 mm), 2 flächentreue oder „equisolidangle“-Projektion (idealisierte Werte am Beispiel des Minolta Rokkor 2,8/16 mm), 3 äquidistante Projektion (idealisierte Werte am Beispiel des FE-Nikkor 5,6/7,5 mm), 4 orthographische Projektion des OP-FE-Nikkor 5,6/10 mm

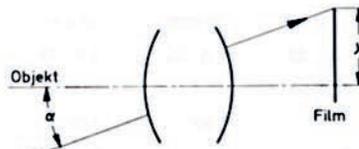


Bild 3. Bedeutung von  $\alpha$  (halber Aufnahme-winkel) und  $y'$  (Bildhöhe von der optischen Achse) im Beitrag

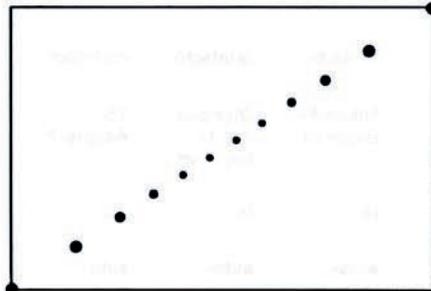


Bild 4. Gnomonische oder verzeichnungsfreie Projektion am Beispiel des Zeiss Hologon 8/15 mm. Trotz gleichen Winkelintervalls werden die Punktabstände zum Bildrand hin größer

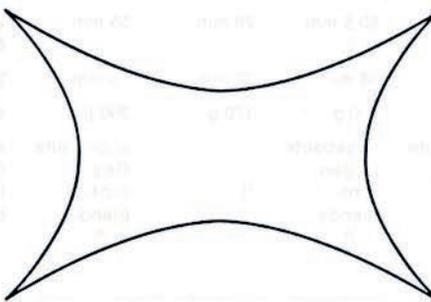


Bild 5. Formatfüllend zeichnende Fisheye-Objektive, die ein kissenförmiges Objektfeld erlassen, am Beispiel des Minolta Rokkor 2,8/16-mm-Objektivs

dem objektseitigen Winkel gemäß Bild 3  $y' = f \cdot \text{tg } \alpha$ . (1)

Kurve 1 im Bild 2 gibt die idealisierten, gerechneten Werte für das Zeiss Hologon 8/15 mm an. Je weiter sich ein Bildpunkt von der Bildmitte (optischen Achse) entfernt, um so größer wird der Bildpunkt-abstand für ein gleichbleibendes Winkelintervall. Erscheinen zwei markante Objekt-punkte vom Kamerastandpunkt aus unter einem Winkel von 10° zueinander, so werden sie in der Bildmitte mit etwa 2,6 mm Abstand, am Bildrand aber mit maximal etwa 6,5 mm Abstand abgebildet. Das erklärt auch die oft zu beobachtende Verbreiterung abgebildeter Objektteile am Bildrand. Bild 4, dessen Herkunft im Abschnitt 1 beschrieben wurde, zeigt deutlich, wie trotz gleichem Winkelintervall die Punktabstände zur Bildecke hin immer größer werden, wobei gleichzeitig auch die Lichtquelle selbst größer abgebildet wird. Das wesentliche bei der gnomonischen Projektion aber ist, daß infolge der Übereinstimmung zwischen objekt- und bildseitigem Winkel zur optischen Achse gerade Linien auch am Bildrand gerade bleiben. Somit ist die geometrische Identität zwischen Objekt und Bild gewahrt. Dabei wird selbstverständlich bei allen Betrachtungen von idealen, gerechneten Verhältnissen ausgegangen, und die gegebenenfalls beim realisierten optischen System auftretenden Abweichungen werden vernachlässigt.

An Hand der Abbildungsgleichung (1) läßt sich leicht beweisen, daß bei der verzeichnungsfreien Projektion der Bildwinkel nicht beliebig groß werden kann. So ist ein Bildwinkel von insgesamt 180° unmöglich, weil der Tangens für den halben Winkel von 90° gegen Unendlich geht. Mit anderen Worten: Für 180° Gesamt-Bildwinkel müßte die Brennweite des Objektivs unendlich kurz sein. Selbst wenn es gelänge, mit einem Objektiv von nur 6 mm Brennweite das Kleinbildformat verzeichnungsfrei bis in die Ecken auszuleuchten, so wäre der gesamte Diagonal-Bildwinkel jedoch nur

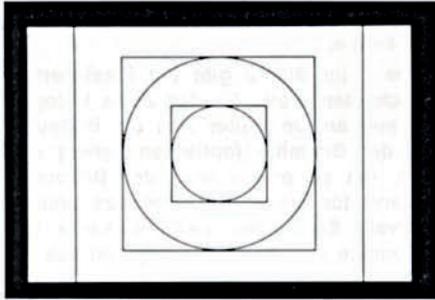
$$y' = 6 \cdot \text{tg } \alpha \text{ oder } \text{tg } \alpha = \frac{21,6 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 3,6, \\ \alpha = 74^\circ 30',$$

gesamter Bildwinkel  $(2 \cdot \alpha) = 149^\circ$ .

Möchte man größere Bildwinkel erreichen, ist eine andere Abbildungsart unausweichlich.

### 2. Fisheye-Objektive mit formatfüllender Abbildung

Durch eine aufgabengerechte Abstimmung von Bildkreisdurchmesser und Diagonallänge des Aufnahmeformats zeichnen diese Fisheye-Objektive das zugehörige Format bis in die Bildecken scharf aus. Die Durchbiegung gerader Linien am Bildrand ist vergleichsweise gering. Bedingt durch die Abbildungsart hat das erfaßte Objektfeld die im Bild 5 dargestellte Kissen-gestalt. Deshalb stehen die Bildwinkel für Diagonale, Formatbreite (horizontal) und Formathöhe (vertikal) in einer ungewohnten Relation zueinander.



Links: Bild 6a (oben). Reproduktionsvorlage, Bild 6b (unten) Abbildung des Minolta Rokkor 2,8/16 mm

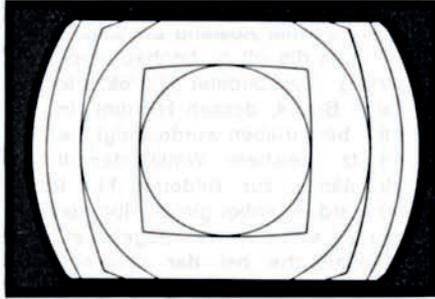
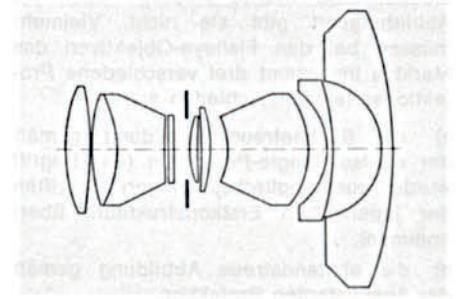


Bild 7 (rechts oben). Erstes formatfüllendes Fisheye-Objektiv mit einer Anfangsöffnung von 1 : 2,8, Minolta Fisheye-Rokkor 2,8/16 mm. Interessant die fragmenthafte, fest angebaute Gegenlichtblende, die exakt dem kissenförmigen Objektfeld angepaßt wurde

Bild 8 (rechts unten). Schnittbild des neuesten 2,8/16-mm-Fisheye-Objektivs. Die erste deutsche Konstruktion (Zeiss-F-Distagon) arbeitet mit relativ wenigen, aber ziemlich dicken Linsen und erinnert in der Wahl der optischen Mittel etwas an das zeichnungsreihe Zeiss Hologon



Tab. I. Fisheye-Objektive mit vollständiger Formatausleuchtung (Abbildung nach der „Equisolidangle-Projektion“)

Objektivtyp	Canon FE FD	Minolta FE-Rokkor	FE-Nikkor Auto	Olympus Zuiko Auto-FE	Sigma Automatic FE	Zeiss F-Distagon	Asahi Super-Takumar FE	Zeiss F-Distagon	Asahi Super-Takumar 6×7
Brennweite	15 mm	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm	17 mm	30 mm	35 mm
Blendenbereich	2,8...16	2,8...16	3,5...22	3,5...22	2,8...22	2,8...16	4...16	3,5...22	4,5...22
Linsen/Gruppen	10/8	11/8	8/5	11/8	11/8	8/7	11/7	8/7	11/7
Bildwinkel	diagonal	180°	170°	180°	180°	180°	180°	180°	180°
	horizontal	—	137°	—	—	140°	130°	112°	142°
	vertikal	—	86°	—	—	90°	87°	112°	112°
ausgeleuchtetes Negativformat (mm × mm)	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	60 × 60	60 × 70
Entfernungseinstellungsbereich	∞...0,3 m	∞...0,3 m	∞...0,3 m	∞...0,2 m	∞...0,12 m	∞...0,3 m	∞...0,2 m	∞...0,3 m	∞...0,45 m
Vergütung	mehrfach	mehrfach	einfach	(einfach)	mehrfach	mehrfach	mehrfach	mehrfach	ein- und mehrfach
Kamera-Anschlüsse	Canon FD-Bajonett	Minolta SR- und XM-Bajonett	Nikon-F-Bajonett	Olympus OM 1-Bajonett	YS-Adapter <sup>3)</sup>	Rollei SL 35 und Contarex	M 42	Hasselblad, Rolleiflex SL 66	Asahi Pentax 6×7
Einstellung über Spiegelreflexsucher	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Blendenart	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch
Offenblende-Simulator	ja	ja	ja	ja	ja	nein	bei Pentax ES	nein	nein
eingebaute Filter	4	4	4	ja	4	4	3	auswechselbar	4
Länge	60,5 mm	63 mm	60,5 mm	28 mm	55 mm	etwa 68 mm	38,8 mm	etwa 115 mm	73 mm
max. Durchmesser	76 mm	73 mm	68 mm	59 mm	75 mm	70 mm	66,6 mm	108 mm	102 mm
Gewicht	500 g	445 g	330 g	170 g	390 g	etwa 350 g	228 g	1370/1150 g	932 g
weiteres	angebaute Gegenlichtblende <sup>1)</sup>	angebaute Gegenlichtblende	angebaute Gegenlichtblende <sup>1)</sup>		angebaute Gegenlichtblende <sup>2)</sup>	angebaute Gegenlichtblende <sup>2)</sup>	angebaute Gegenlichtblende <sup>2)</sup>	für Hasselblad mit eingebautem Zentralverschluss <sup>2)</sup>	

<sup>1)</sup> Zur Zeit noch nicht lieferbar

<sup>2)</sup> Neuheiten der photokina 1972, Liefertermin dem Autor unbekannt

<sup>3)</sup> Adapter für fast alle einäugigen Kleinbild-Spiegelreflexkameras mit Schlitzverschluss

Eingeklammerte Angaben beruhen auf nicht absolut sicheren Informationen oder auf geschätzten Werten



Bild 9. Nahaufnahme aus etwa 30 bis 40 cm Abstand in das Cockpit eines Segelschiffes (Minolta SR-T 101 mit Rokkor 2,8/16 mm)

(Bilder 1 und 10 vom Verfasser, Bild 9 von D. Tendt, Bild 11 Zeiss-Werkphoto, Bilder 5, 6 aus J. Scheibel: Das Minolta-Buch, München 1973, Heering)

In Tab. I werden alle Fisheye-Objektive mit vollständiger Formatausleuchtung vorgestellt. Alle Objektive (mit Ausnahme des Nikkor 3,5/16 mm) zeichnen über die Diagonale einen Gesamt-Bildwinkel von 180° aus. Angaben über die horizontalen und vertikalen Bildwinkel erhielt der Autor nur von Asahi, Minolta und Zeiss. Man darf aber annehmen, daß sich auch bei den anderen Objektiven die horizontalen Bildwinkel zwischen 130° und 140°, die vertikalen Bildwinkel zwischen 85° und 90° bewegen. Bemerkenswert sind die vier lichtstarken Objektive mit größter relativer Öffnung 1:2,8. Seiner Zeit weit voraus war das Minolta Rokkor 2,8/16 mm (seit photokina 1968 auf dem Markt), dem erst zur photokina 1972 die Objektive von Canon, Sigma und Zeiss mit gleicher Anfangsöffnung zur Seite gestellt wurden. Während man bei Superweitwinkelobjektiven mit der üblichen verzeichnungsfreien Abbildung einen beachtlichen „natürlichen Lichtabfall“ in Kauf nehmen muß (bis zu mehreren Blendenstufen für die Bildecken), entsteht

bei den Fisheye-Objektiven mit ihren erheblich größeren Bildwinkeln praktisch überhaupt kein Lichtabfall in den Bildecken.

Alle in Tab. I genannten Fisheye-Objektive bilden in guter Näherung flächentreu ab. Man bedient sich der „equisolidangle-Projektion“; um die Originalbezeichnung des Pioniers auf diesem Sektor der Fisheye-Objektivkonstruktion (Minolta) zu übernehmen.

#### 2.1. Flächentreue Abbildung

Bei der flächentreuen Abbildung der Richtungskugel oder der Equisolidangle-Projektion steht der Punkt Abstand zur Bildmitte ( $y'$ ) in einer festen Beziehung zum Raumwinkel. Gleichung (2) kennzeichnet die Abbildungsfunktion, nach der sich alle in Tab. I zusammengefaßten Fisheye-Objektive annähernd richten

$$y' = 2f \cdot \sin \left[ \frac{\alpha}{2} \right]. \quad (2)$$

Kurve 2 im Bild 2 verläuft fast geradlinig bis zum halben Winkel von 90°. 180° Gesamt-Bildwinkel sind demnach realisierbar. Die Änderung des Bildpunkt Abstandes je gleichem Winkelschritt ist verhältnismäßig gering. Für die Bildmitte kommen etwa 2,8 mm, für die äußerste Bildecke etwa 2,0 mm Bildpunkt Abstand auf 10° Winkelintervall. Kurve 2 gilt (idealisiert) für das Minolta Rokkor 2,8/16-mm-Objektiv und in guter Näherung für alle anderen Kleinbild-Fisheye-Objektive in Tab. I.

Bild 6a zeigt eine Vorlage und Bild 6b ihre Reproduktion mit dem Rokkor 2,8/16 mm (Bilder 7 und 8). Kreise mit konzentrischer Lage zur Bildmitte bleiben exakt kreisrund. Geraden werden um so stärker durchgebogen, je mehr sie sich dem Bildrand nähern. Auffallend an der reproduzierten Testfigur ist, daß der innerste Kreis unverhältnismäßig „aufgeblasen“ wurde. Er scheint dem Betrachter entgegenzustreben, so wie die Person im Bild 9. Übrigens entsprechen in den Bildern 6a und 6b die Außenkanten dem ausgezeichneten Aufnahmeformat. Die schwarzen Ecken sind keine Vignettierung, sondern stammen daher, daß keine unendlich große Vorlage geschaffen werden konnte (für 180° Gesamt-Bildwinkel eigentlich Voraussetzung). Vielmehr wurde die Reprovorlage mit endlichen Abmessungen von einer zur Kamera hin aufgewölbten, schwarzen Pappe umgeben, um die Umgebung abzuschirmen.

Auf Grund der vollständigen Formatausleuchtung, der mäßigen Verzeichnung und der Abbildungsart eignen sich die Fisheye-Objektive aus Tab. I besonders gut für die kreative Photographie, wenn absichtliche Verzerrungseffekte nicht die Hauptrolle spielen. In den Beispielphotos (Bilder 10 und 11) sowie auch im Titelbild tritt die typische „Fisheye-Perspektive“ praktisch nicht in Erscheinung. (Fortsetzung folgt)



Bild 10. Fisheye-Aufnahme aus der Tiefe einer schmalen Hochgebirgsklamm heraus. Eine exakte Darstellung der freien Himmelsfläche (Minolta SR-T 101 mit Rokkor 2,8/16 mm, Ilford FP 4)



Bild 11 (rechts). Olympiastadion in München, aufgenommen mit dem Zeiss-F-Distagon 3,5/30 mm — dem Zeiss-Fisheye-Objektiv für die 6×6-Kameras Rollei SL 66 und Hasselblad 500

# Fisheye-Objektive und verwandte Abbildungstechniken (II)

Fortsetzung von PHOTO-TECHNIK UND -WIRTSCHAFT 4/1973, S. 93

Im ersten Teil des Beitrags wurden die Abbildungsgeometrie von Fisheye-Objektiven und Fisheye-Objektive mit formatfüllender Abbildung behandelt. Der zweite Teil beschäftigt sich mit den Fisheye-Objektiven, die eine kreisförmige Abbildung liefern. Man unterscheidet hier zwischen äquidistanter und orthographischer Projektion. Eine Applikationsliste für Fisheye-Objektive vervollständigt diesen zweiten Teil des Beitrags, dessen nächster Teil Fisheye-Vorsätze zum Thema hat.

### 3. Fisheye-Objektive mit kreisförmigen Bildern

Grundbedingung bei diesen Objektiven ist, daß der Bildkreisdurchmesser kleiner als die kürzeste Kante des Aufnahmeformats sein muß. Die Objektive in Tab. II erfüllen diese Bedingung mit Ausnahme des Beroflex 8/12-mm-Objektivs.

Fisheye-Objektive mit kreisförmigem Bildausschnitt lösten zunächst die „Himmelspiegel“ in der meteorologischen Photo-

graphie ab (obwohl solche Spiegel auch zum Teil noch im Gebrauch sind). Schon 1950 berichtete A. V. Carlin in seiner Arbeit „Photographic Measurement of Amount of Cloudiness in the Sky“ über die Eigenschaften und die Anwendungen der „AEG-Weitwinkelkamera“. Dem Prüfchein des National Bureau of Standards vom 1. Oktober 1948 kann man entnehmen, daß die Kamera recht genau der äquidistanten Projektion folgte, also als „Fisheye-Kamera“ nach heutigem Sprachgebrauch anzusehen ist. Diesem ersten „Fisheye“ folgte — als Beitrag zum Forschungsprogramm des Geophysikalischen Jahres 57/58 — das Fisheye-Nikkor 8/16,3 mm mit 180° Gesamt-Bildwinkel und 50 mm Bildkreisdurchmesser. Auch heute noch steht bei Fisheye-Objektiven mit kreisförmigem Bildausschnitt Nikon an vorderster Stelle. Beispielsweise mit Konstruktionen wie dem Fisheye-Nikkor 2,8/6,3 mm mit 220° Gesamt-Bildwinkel (Bild 12). Oder das ein-

zige orthographisch abbildende System OP-Fisheye-Nikkor 5,6/10 mm, dessen Frontlinse asphärisch gestaltet werden mußte, um der theoretischen Abbildungsfunktion möglichst genau zu folgen.

Das Kowa-Fisheye 4,5/19 mm ist das einzige Objektiv mit kreisförmigem Bild für das 6 × 6-Format (Bild 13).

Einige der Fisheye-Objektive aus Tab. II ragen so weit in den Kamerarum hinein, daß sie nicht über den Spiegelreflexsucher verwendet werden können. Zu diesen Objektiven gehören aufsteckbare Spezialsucher.

Wie schon erwähnt, dienen Fisheye-Objektive mit kreisförmigen Bildern vorwiegend wissenschaftlichen Aufgaben. Dieses Objektiv werden aber auch gern in der kreativen Photographie für absichtlich wirklichkeitsfremde Perspektive-Darstellungen benutzt. Vieles wurde dabei schon zur „Masche“, wengleich auch einzelne Lei-

Tab. II. Fisheye-Objektive mit kreisförmig begrenzten Bildern (mit annähernd „äquidistanter Projektion“)

Objektivtyp	FE-Nikkor	FE-Nikkor	Canon FE	FE-Nikkor	Olympus Zuiko Auto-E	OP-FE-Nikkor	Beroflex-FE	Raynox BV-FE	Kowa FE
Brennweite	6 mm	6,3 mm	7,5 mm	8 mm	8 mm	10 mm	12 mm	12 mm	19 mm
Blendenbereich	5,6...22	2,8...22	5,6...22	2,8...22	2,8...22	5,6...22	8, 11, 16	8...16	4,5...22
Linsen/Gruppen	9/6	12/9	11/8	10/8	11/7	9/6	7/4	7/-	14/9
Bildwinkel diametral	220°	220°	180°	180°	180°	180°	146°	180°	180°
Bildkreisdurchmesser	21,6 mm	23 mm	23 mm	23 mm	—	20 mm	36 mm	—	53 mm
für Format (mm × mm)	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	24 × 36	60 × 60
Entfernungseinstellung	∞- Fixfocus	∞- 2,5 cm	∞- Fixfocus	∞...0,3 m	∞...0,2 m	∞- Fixfocus	∞- Fixfocus	∞...0,3 m	∞...0,4 m
Vergütung	(einfach)	(einfach)	einfach	(einfach)	(einfach)	(einfach)	(einfach)	(einfach)	(einfach)
Kamera-Anschlüsse	Nikon F-Bajonett	Nikon F-Bajonett	Canon FD-Bajonett	Nikon F-Bajonett	Olympus OM 1-Bajonett	Nikon F-Bajonett	M 42 und Exakta	T2-Adapter <sup>3)</sup>	Kowa-Six
Einstellung über Spiegelreflexsucher	nein	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Blendenart	Rastblende	automatisch	Rastblende	automatisch	automatisch	Rastblende	Lochblende	Vorwahl	automatisch
Offenblende-Simulator	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	(nein)	nein
eingebaute Filter	6	ja	6	5	ja	6	nein	—	nein
Länge	81 mm	171 mm	67,8 mm	140 mm	72 mm	105 mm	60 mm	—	167,5 mm
max. Durchmesser	92 mm	235 mm	—	123 mm	102 mm	84 mm	75 mm	—	136 mm
Gewicht	430 g	5200 g	380 g	1000 g	690 g	400 g	270 g	—	2180 g
weiteres	dazu: Spezialsucher 160°	Entfernungseinstellung bis 0,3 m kalibriert			2)	bildet nach orthographischer Funktion ab dazu: Spezialsucher	1)		eingebauter Zentralverschluss

<sup>1)</sup> Der Bildkreis ist mit 36 mm Durchmesser durch das Negativformat beschnitten, so daß horizontal eine geradlinige und vertikal (kürzere Bildkante) eine kreisförmige Bildbegrenzung vorliegt

<sup>2)</sup> Neuheit der photokina 1972, Liefertermin dem Autor unbekannt

<sup>3)</sup> Adapter für fast alle einäugigen Kleinbild-Spiegelreflexkameras mit Schlitzverschluss

Eingeklammerte Angaben beruhen auf nicht absolut sicheren Informationen oder auf geschätzten Werten

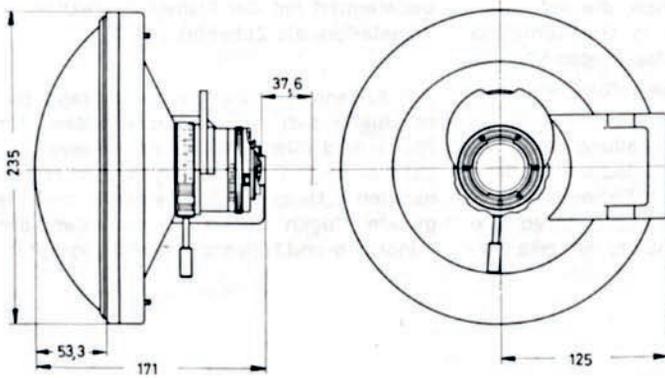


Bild 12. Querschnitt und Frontansicht des Fisheye-Nikkor 2,8/6,3 mm mit 220 Grad diametralem Bildwinkel. Das Objektiv entwirft ein Kreisbild mit 23 mm Durchmesser

stungen in der kreativen und Werbephoto-graphie anerkannt werden müssen.

### 3.1. Äquidistante Projektion

Alle in Tab. II aufgeführten Fisheye-Objektive – mit Ausnahme des OP-Fisheye-Nikkor 5,6/10 mm – bilden annähernd äquidistant ab. Gleiche Intervalle des objektseitigen Winkels führen zu gleichen Abstandsintervallen auf dem Bild. Man kann folglich von einer abstandstreuen Abbildung sprechen. Erscheinen beispielsweise zwei Punkte unter einem Winkel von 20°, werden sie an jedem Ort des Bildfeldes mit genau gleichem Abstand abgebildet. So einfach wie die Abbildungsfunktion ist auch die zugehörige mathematische Beziehung

$$y' = k \cdot \alpha. \quad (3)$$

Darin ist  $k$  eine Konstante, die beispielsweise den Wert der sogenannten „Äquivalenzbrennweite“ oder den reziproken Wert der nominellen Brennweite annimmt. Bild 14 zeigt die Eigenart dieser Abbildungsgeometrie deutlich. Kurve 3 im Bild 2 verläuft absolut geradlinig, das heißt Winkel und Abstände stehen über die Konstante  $k$  in einer festen linearen Beziehung zueinander. Für das Fisheye-Nikkor 5,6/7,5 mm<sup>1)</sup> trifft Kurve 3 ziemlich genau (idealisiert, gerechnet) zu, für andere Fisheye-Objektive mit etwa 20 bis 24 mm Bildkreisdurchmesser gilt die Kurve in brauchbarer Näherung.

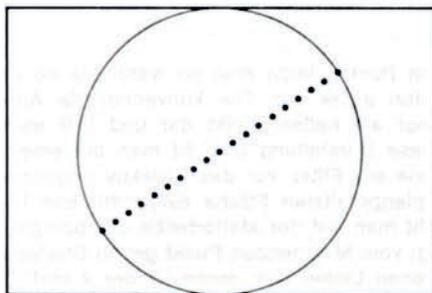


Bild 14. Äquidistante Projektion am Beispiel des Nikkor 5,6/7,5 mm. Die Bildpunktabstände entsprechen den objektseitigen Winkelintervallen

<sup>1)</sup> Das Nikkor Fisheye 5,6/7,5 mm ist zwar noch im Handel, wird aber nicht mehr hergestellt.

Bild 13 (rechts). Kowa-Fisheye 4,5/19 mm (einziges Fisheye-Objektiv mit kreisförmigem Bild und für das 6×6-Format) mit eingebautem Zentralver-schluss; es wird mit der abgebildeten Halterung zusätzlich gestützt



Fisheye-Objektive mit äquidistanter Projektion eignen sich bestens für alle wissenschaftlichen Aufgaben, bei denen Winkelmessungen auf dem Photo durchgeführt werden. So beispielsweise Winkelmessungen zur Positionsbestimmung von Gestirnen, für die Messung des Höhenwinkels von Horizontlinien, Bergen, Gebäuden usw.

Dazu ein Beispiel:

Auf einem nach exakter, äquidistanter Projektion entstandenen Photo erscheint die Sonne in 5,33 mm Abstand zur optischen Achse beziehungsweise Bildmitte.  $k$  sei  $1/f = 0,133$ . Der Winkel zur optischen Achse (also zur Senkrechten, wenn die Kamera entsprechend ausnivelliert wurde) errechnet sich ohne Zuhilfenahme einer goniometrischen Tafel sehr einfach aus

$$\alpha = \frac{y'}{k} = \frac{5,33 \text{ mm}}{0,133 \text{ mm}} = 40^\circ.$$

Selbstverständlich sind wissenschaftliche Auswertungen dieser Art nur möglich, wenn das Objektiv sehr genau der mathematischen Abbildungsfunktion folgt und wenn der Wert für  $k$  bekannt (und über das gesamte Bildfeld konstant) ist. Solche Ansprüche befriedigen in der Regel nur hochwertige Fisheye-Objektive.

### 3.2. Orthographische Projektion

Diese Abbildungsart dürfte aus dem Geographieunterricht bekannt sein, denn in dieser Projektionsart wird die Erdoberfläche auf einem zylindrischen Mantel um den Äquator abgebildet. Geht man wieder vom Bild 3 aus, erfolgt die Abbildung nach der Funktion

$$y' = f \cdot \sin \alpha. \quad (4)$$

Die Wertetabelle für das orthographisch abbildende OP-FE-Nikkor zeigt eine gegenläufige Tendenz zur „verzeichnisfreien“ Projektion. Wie im Bild 15 dargestellt, werden unter dem gleichen Winkel erscheinende Objektpunkte in der Bildmitte in ziemlich großen Abständen und am Bildrand in sehr kleinen Abständen abgebildet. Gleichzeitig nimmt auch die Abbildungsgröße zum Bildrand hin stark ab. Kurve 4 im Bild 2 gilt genau für die orthographische Projektion des OP-FE-Nikkor 5,6/10 mm. Die gegenläufige Tendenz zwi-

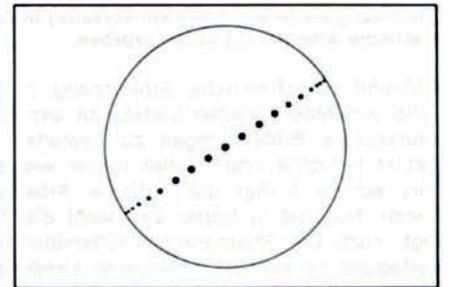


Bild 15. Orthographische Projektion des OP-Fisheye-Nikkor 5,6/10 mm. Die Punktabstände werden trotz gleichen objektseitigen Winkelintervalls zum Bildrand hin kleiner

schen Kurve 1 (verzeichnisfreie Abbildung) und Kurve 4 (orthographische Abbildung) wird im Bild 2 direkt sichtbar.

Auf Grund seiner Abbildungsart bietet sich das OP-FE-Nikkor für Aufgaben beim Städtebau (Ausleuchtungsberechnungen, Ermittlung des „Himmels-Faktors“) sowie bei Problemen der Feuerverhütung (Ausdehnung von Hitze und Feuer) und für ähnliche Applikationen an.

### 4. Applikationsliste für Fisheye-Objektive

Nachstehend wird eine Aufzählung von Anwendungsmöglichkeiten für Fisheye-Objektive gegeben. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, gibt aber sicher einige Anregungen. Mögliche Anwendungsbereiche sind

- ungewohnte und überraschende Effekte in der kreativen Photographie, vor allem auch in der Werbephoto-graphie,
- Super-Weitwinkelaufnahmen ohne herausgestellten „Fisheye-Effekt“ (mit Fisheye-Objektiven, die das Aufnahmeformat ausleuchten),
- Registrieraufnahmen in allen wissenschaftlichen und technischen Bereichen (zum Beispiel Registrieraufnahmen in Astronomie, Meteorologie, Geophysik, Architektur, industrieller Planung usw.),
- Aufnahmen meteorologischer und astronomischer Phänomene,
- Bewertung des Bewölkungsgrades visuell oder mit Planimeterauswertung auf Bildern mit äquidistanter Projektion,

- photographische Kontrolle und Analyse der Verbauungssilhouette zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten sowie bei unterschiedlicher Wetterlage und Bewölkung,

- gleichzeitiges Registrieren der Großraum-Situation und bestimmter Details (zum Beispiel Meß- und Anzeigergeräte) auf einem Photo (möglich durch die sehr große Schärfentiefe),

- biologische Aufnahmen, die auf einem Bild Flora oder Fauna in Großaufnahme und gleichzeitig das Biotop zeigen können,

- Aufnahmen für Verkehrsforschung und -planung,

- Aufnahmen zur Feststellung des Zeit-Winkel-Verlaufs astronomischer Objekte (theoretisch kann eine Fisheye-Filmaufnahme und -Projektion einen ganzen Planetariumsprojektor ersetzen. Minolta ex-

perimentiert mit der Fisheye-Projektion im Planetarium als Zubehör).

\*

Die folgenden Teile dieses Beitrags beschäftigen sich mit Fisheye-Vorsätzen für Photo- und Filmkameras, mit Fisheye-Aufnahme- und Projektionssystemen (sogenannten „Umbildungssystemen“) und in großen Zügen mit Sonderverfahren der Panorama- und Teilpanorama-Photographie.

H. FREYTAG

## Trickvorsätze für interessante Bildwirkungen

Es werden die Bildwirkungen verschiedener optischer Trickvorsätze (Mehrfach-, Stern- und Nah-Fern-Vorsätze) beschrieben und Tips für das praktische Arbeiten mit ihnen gegeben.

Während der chemische Arbeitsgang in der Photographie eine Fülle von Möglichkeiten bietet, auf experimentellem Wege neue interessante Bildwirkungen zu gestalten, während auf diesem Gebiet Industrie und Bastler immer wieder neue Techniken finden, scheint bisher der optische Arbeitsgang kaum etwas zu bieten. Nun hat in letzter Zeit wohl die Kinotechnik dazu ange-regt, auch der Photographie Hilfsmittel für optische Tricks zur Verfügung zu stellen. In anderen Ländern sind solche Möglichkeiten schon länger bekannt, bei uns allerdings noch zu wenig, um weite Verwendung zu finden. Dabei geben sie dem Amateur, der seine Aufnahmen nicht selbst bearbeitet, dem dunkelkammer-losen Liebhaber der Photographie, die Möglichkeit, seinen Aufnahmen eine interessante Note zu geben.

### Mehrfachvorsätze

Am ersten und verbreitetsten Stelle stehen die optischen Vorsätze, mit denen man ein Objekt auf ein Bildfeld mehrfach abbilden kann. Solche Mehrfachvorsätze werden wie ein Filter in die Objektivfassung geschraubt und sind dann in ihrer Fassung zu drehen. Sie bestehen meist aus einem planparallelen Mittelteil zur direkten Abbildung und Seitenteilen von prismatischer Form, deren brechende Winkel nach außen liegen und die deshalb die auf sie treffenden Lichtstrahlen von der Mitte nach außen lenken. Diese Mehrfachvorsätze gibt es mit drei-, vier-, fünf- (Bild 1) und sechsfacher Abbildung. Bei den meisten liegen die Prismenteile rund um das Mittelteil, bei dreifachen Vorsätzen sind sie auch parallel als Streifen zum Mittelteil angeordnet.

Früher erreichte man derartige Wirkungen durch mehrfaches Belichten mit Verstellen des Objektivs oder Verschieben der Kamera und war somit an die Aufnahme vom Stativ aus gebunden. Mit einem Mehrfachvorsatz hat man es wesentlich einfacher, denn die Mehrfachaufnahme wird mit einer Belichtung, oft sogar mit einer Momentbelichtung aus der Hand vorgenommen. Um dabei die Lage der Nebenbilder zum Mittelbild nach Gestaltungsabsicht einzurichten, benutzt man am günstigsten für solche Aufnahmen eine einäugige Spiegelreflexkamera. Zum Beispiel kann man bei einem fünffach abbildenden Vorsatz durch Drehen des Prismen-teils die vier Nebenbilder kreuzförmig oder als die Ecken eines Quadrats um das Mittelbild anordnen, natürlich auch jede Zwischenstellung benutzen. Die Einstellscheibe der Spiegelreflex-kamera zeigt die Wirkung, die dabei entsteht.

Der Abstand zwischen Mittelbild und Nebenbildern hängt von Objektivbrennweite und Aufnahmeabstand ab. Je kürzer beide sind, um so näher rücken die Bilder zusammen, können sich auch direkt überlagern. Die Grenzen der Bildfelder erscheinen unscharf und laufen ineinander über. Daraus ergibt sich, daß helle Teile eines Motivs, Hintergrund oder Vordergrund, etwas in die anderen Bilder auslaufen, diese also in den Grenzbezirken überdecken. Wo helle oder mittelhelle Flächen vorhanden sind, kann man keine Kontraste erreichen. Diese Regeln kennt man aus der Mehrfachbelichtung bei üblichen Aufnahmen. Um diese Schwie-



Bild 1. Mit Mehrfachvorsatz verümfachtes Motiv einer Blume

rigkeiten zu vermeiden, beginnt man am besten mit hellen Objekten auf dunklem Grund, wobei eine klare Trennung der einzelnen Bilder entsteht. Interessante Möglichkeiten für Mehrfach-aufnahmen bieten daher nächtliche Motive.

Man belichtet etwa um 50% länger als der Belichtungsmesser angibt, denn die gesamte Lichtmenge, die zum Objektiv kommt, wird auf mehrere Bilder aufgeteilt. Besondere Beachtung verdient die Abbildung. Je stärker man abblendet, um so schärfer werden die einzelnen Bilder begrenzt, bei sehr starker Abblendung kann die Form der Mittelfläche des Vorsatzes im Bild sichtbar werden. Wenn man einige Erfahrung mit Mehrfachvorsätzen hat, wird man auch die Möglichkeit ausnutzen, die Bilder so eng ineinanderzuschachteln, daß geradezu kaleidoskopartige Wirkungen entstehen.

### Sternvorsätze

Einen hellen, leuchtenden Punkt nimmt man so wahr, als ob er nach allen Seiten Strahlen aussendet. Die konventionelle Aufnahme stellt ihn aber nur als hellen Punkt dar und läßt sein „strahlen“ vermissen. Diese Darstellung erreicht man mit einem Sternvorsatz, der auch wie ein Filter vor das Objektiv angeordnet wird und in seiner planparallelen Fläche eingeschlossene Linien zeigt. Auch hier sieht man auf der Mattscheibe der Spiegelreflexkamera die Wirkung: vom leuchtenden Punkt gehen Strahlen aus, je nach eingeschlossenen Linien vier, sechs (Bilder 2 und 3) oder acht. Und wenn man den Vorsatz dreht, kann man die Richtung der Strahlen verändern, aber natürlich nicht die Winkel, die sie untereinander bilden.

Bei diesen Aufnahmen spielt der Lichtkontrast eine wichtige Rolle. Je heller der leuchtende Punkt vor Dunkelheit steht, desto kräftiger werden die Strahlen, die von ihm in der Abbildung ausgehen. Bei mehreren leuchtenden Punkten bekommt man ein

# Fisheye-Objektive und verwandte Abbildungstechniken (III)

Fortsetzung von PHOTO-TECHNIK UND -WIRTSCHAFT 6/1973, S. 168

In den beiden vorangegangenen Teilen des Beitrags wurde die Abbildungsgeometrie von Fisheye-Objektiven behandelt. Der dritte Teil beschäftigt sich mit Fisheye-Vorsatzoptiken, mit denen eine ähnliche Super-Weitwinkelwirkung in Verbindung mit einem normalen Aufnahmeobjektiv erreicht werden kann. Der Autor geht hierbei besonders auch auf die Möglichkeit und die Wirkung solcher Vorsätze an Vario-Objektiven in Super-8-Filmkameras ein.

## 5. Fisheye-Vorsätze für Photo- und Filmkameras

Seit einiger Zeit werden Vorsatzoptiken angeboten, die die Brennweite des Grundobjektivs stark verkürzen und damit einen mehr oder weniger ausgeprägten Fisheye-Bildeffekt erzeugen. Die Abbildungsart (Projektion) der Fisheye- oder Super-Weitwinkel-Vorsätze (beide Typen sollen im folgenden Text kurz „FE-Vorsätze“ genannt werden) wird seitens der Lieferanten nicht angegeben. Eigene Versuche zeigten, daß die Abbildungen nicht hinreichend genau den bekannten und im Teil I beschriebenen geometrisch-mathematischen Beziehungen gehorchen. Im allgemeinen dürften die Abbildungsarten im Rahmen der flächentreuen equisolidangle-Projektion bis zur äquidistanten Projektion liegen, also ungefähr zwischen den Kurven 2 und 3 im Bild 2 (Teil I). Die genaue Abbildungsart ist sicher ohne größere Bedeutung, wenn man die Hauptwendungsgebiete für FE-Vorsätze in der bildmäßigen, kreativen Photographie sieht.

Ein großer Vorteil der FE-Vorsätze ist, daß sie mit beliebig großen und kleinen Aufnahmeformaten kombinierbar sind: vom größten Planfilmformat (zum Beispiel 18 cm × 24 cm) bis zum 4,1 mm × 5,7 mm messenden Super-8-Filmbildchen. Je nach Brennweite des Grundobjektivs erhält man formatfüllende Fisheye-Photos oder kreisförmig begrenzte Bilder. In Kombination mit verhältnismäßig langen Brennweiten (in Relation zur Formatdiagonale gesehen) ergeben sich schließlich formatfüllende Super-Weitwinkelaufnahmen ohne erkennbaren Fisheye-Effekt.

Objektiv-Vorsätze erreichen die Abbildungsleistung hochwertiger Spezialobjektive nicht. Das gilt auch für die FE-Vorsätze. Blendet man etwas stärker ab, erhält man eine brauchbare Randschärfe. Auch durch das Zusammenwirken zwischen FE-Vorsatz und Grundobjektiv kann die Bildqualität sowohl positiv als auch negativ beeinflußt werden.

Bei der Auswahl der günstigsten Grundobjektiv-Brennweiten soll Tab. III helfen. Hierzu einige Ablesebeispiele:

a) Aufnahmeformat 24 mm × 36 mm; Soligor-Vorsatz. Gewünscht wird volle Format- ausleuchtung. Mit Grundobjektiv-Brennwei-

Tab. III. Grundobjektiv-Brennweiten bei Fisheye- und Superweitwinkel-Vorsätzen

Kamera- Aufnahme- formate Nennwerte mm × mm	günstigste Grundobjektiv-Brennweite für vollständige Ausleuchtung*)		günstigste Grundobjektiv-Brennweite für kreisförmiges Bild**)	
	Soligor-Vorsatz	Beroflex-Vorsatz	Soligor-Vorsatz	Beroflex-Vorsatz
	mm	mm	mm	mm
18 × 24	74	35	42	20
24 × 36	109	52	60	28
40 × 40	146	69	103	48
45 × 60	177	84	103	48
60 × 60	202	96	142	67
56 × 72	228	108	140	66
60 × 90	251	119	142	67
65 × 90	249	118	145	68
90 × 120	353	167	207	97
130 × 180	526	248	305	143
180 × 240	719	340	427	201

Die Tabellenwerte sind Richtwerte und wurden auf das ausgenutzte Aufnahmeformat bezogen.

\*) Für die vollständige Formatausleuchtung müssen mindestens die angegebenen oder etwas längere Grundobjektiv-Brennweiten eingesetzt werden. Sind die Brennweiten erheblich länger als angegeben, schrumpft der Diagonal-Bildwinkel deutlich unter etwa 170°. Bei kürzeren Brennweiten als genannt entstehen Eckenabschattungen.

\*\*) Für kreisförmige Bilder dürfen die Grundobjektiv-Brennweiten nicht länger als angegeben sein, da sonst der Bildkreis angeschnitten wird. Bei kürzeren als in der Tabelle genannten Grundobjektiv-Brennweiten wird der Bildkreisdurchmesser verringert, also die Formatausnutzung ungünstiger.

ten ab etwa 109 mm erhält man die gewünschte Wirkung. Hat das Grundobjektiv genau 109 mm Brennweite, liegt der Diagonal-Bildwinkel nahe bei 180°.

b) Aufnahmeformat 9 cm × 12 cm; Beroflex/Nizo-Vorsatz. Gewünscht wird ein kreisförmiges Bild. Entsprechend Tab. III wird das mit Grundobjektiv-Brennweiten von 97 mm und kürzer erreicht. Ob der diametrale Bildwinkel nahe an 180° herankommt, hängt hauptsächlich vom Abstand zwischen Grundobjektiv und FE-Vorsatz sowie von der Konstruktion des Grundobjektivs ab.

Generell eignet sich der Soligor FE-Vorsatz besser für kreisförmige Bilder und der

Beroflex/Nizo-Vorsatz besser für die formatfüllende Ausleuchtung (Bild 16).

Für die Verwendung der FE-Vorsätze an festbrennweitigen Objektiven in 16-mm-Schmalfilmkameras gelten etwa folgende Richtwerte:

a) volle Formatausleuchtung wird mit dem Soligor-Vorsatz ab Grundobjektiv-Brennweiten von etwa 32 mm, mit dem Beroflex/Nizo-Vorsatz ab Grundobjektiv-Brennweiten von etwa 15 mm erreicht.

b) ein kreisförmiges Filmbild erhält man mit dem Beroflex/Nizo-Vorsatz theoretisch bei Grundobjektivbrennweiten von 8 mm und kürzer. Hier besteht praktisch keine Realisationsmöglichkeit mehr. Mit dem So-

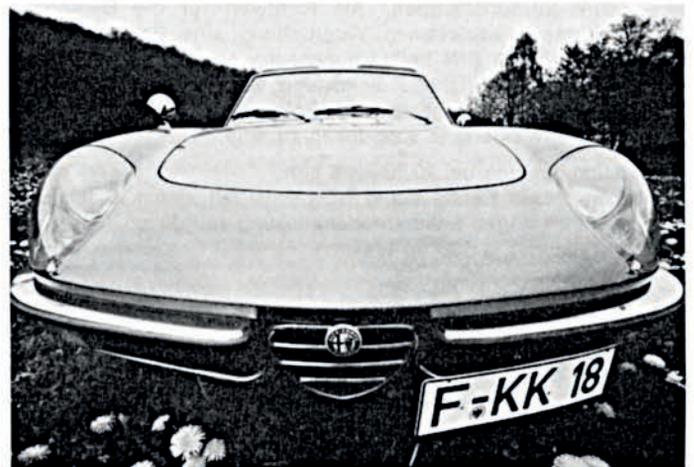


Bild 16. Aufnahme mit Nizo-Weitwinkelvorsatz 0,38fach am Standard-Objektiv einer Kleinbildkamera, ein Beispiel für die große Tiefenschärfe bei Fisheye-Photos

liger-Vorsatz entsteht ein kreisförmiges Bild bei Grundobjektiv-Brennweiten von 17 mm und kürzer.

Die FE-Vorsätze können auf jeden Fall auch an festbrennweitigen Objektiven für Super-8-Kameras, manchmal auch an Vario-Objektiven mit Erfolg benutzt werden. Nach den Erfahrungen des Autors funktioniert der Soligor-Vorsatz nur an festbrennweitigen Grundobjektiven, der Beroflex/Nizo-Vorsatz aber auch recht gut an manchen Vario-Objektiven. Für die Verwendung der FE-Vorsätze an Super-8-Schmalfilmkameras einige Richtwerte:

a) volle Formatausleuchtung ergibt sich beim Beroflex/Nizo-Vorsatz mit etwa 8,5 mm Grundobjektiv-Brennweite und mehr. Der Soligor-Vorsatz wird das volle Format etwa ab 18 mm Grundobjektiv-Brennweite auszeichnen.

b) ein Kreisbild ist mit dem Beroflex/Nizo-Vorsatz nicht praktikabel (das Grundobjektiv müßte weniger als 5 mm Brennweite haben). Mit dem Soligor-Vorsatz entstehen kreisförmige Bilder mit Grundobjektiv-Brennweiten von etwa 10 mm und kürzer.

Die Verwendung des FE-Vorsatzes an der Super-8-Filmkamera ist ursprünglich eine Idee von Braun-Nizo. Dabei soll weniger ein Fisheye-Bild als vielmehr ein Super-Weitwinkelbild resultieren. Die Braun-Nizo-Empfehlung: Den Nizo-Weitwinkelvorsatz auf der Nizo S 30 (oder der älteren Nizo S 80) verwenden. Bei Brennweiteinstellung auf 10 mm ergeben sich effektiv 3,8 mm Brennweite und 70° horizontaler Bildwinkel. Das Super-8-Format ist dabei voll ausgeleuchtet. 3,8 mm Brennweite beim Super-8-Format entsprechen ungefähr 24 mm Brennweite beim Kleinbildformat.

### 5.1. Weitwinkel-Vorsätze von Beroflex und Nizo

Optisch handelt es sich in beiden Fällen um den gleichen Vorsatz. Nur wird die Grundausrüstung mit verschiedenen Anpassungsgewinden geliefert. Man kann deshalb die FE-Vorsätze von Beroflex und Braun-Nizo gemeinsam beschreiben. Dabei sei es gestattet – wie schon geschehen – die beiden Markennamen zusammenzuziehen. Der Braun-Nizo-Vorsatz kann ebenso gut an Photokameras verwendet werden wie der Beroflex-Vorsatz an Filmkameras. Man muß sich lediglich passende Adapterringe für das Filtergewinde des Grundobjektivs beschaffen.

#### 5.1.1. Technische Daten des Beroflex/Nizo-Vorsatzes

Die technischen Daten dieses Vorsatzes sind: Brennweitenfaktor 0,38fach, 9 Linsen, 180° Bildwinkel (diametral oder diagonal), Einschraubfassung für Filtergewinde 49 mm (über handelsübliche Adapterringe an praktisch jedes andere Filtergewinde anzupassen; Nizo liefert einen Adapterring für Filtergewinde 54 mm mit), Naheinstellung – je nach Grundobjektiv – bis auf wenige Zentimeter Abstand zur Frontlinse; Länge 64 mm, Durchmesser 65 mm, Gewicht 210 g.

Der Vorsatz leuchtet bei einem 50-mm-Grundobjektiv das 24 mm × 36 mm-Kleinbildformat gerade eben bis in die Ecken aus. Welche effektiven Brennweiten der gesamten Kombination und welche Bildkreisdurchmesser sich ergeben, ist Tab. IV zu entnehmen.

Tab. IV. Ausgangsbrennweite, effektive Brennweite und Bildkreisdurchmesser für Beroflex-Weitwinkel-Vorsatz 0,38fach\*)

Brennweite des Grundobjektivs**)	effektive Brennweite mit Vorsatz	Bildkreisdurchmesser mit Vorsatz
mm	mm	mm
28	11	23
35	13	29
50	19	42
55	21	46
75	29	63
80	30	68
90	34	76
100	38	85
120	46	102
135	51	114
150	57	127
200	76	169

\*) Gilt ebenso für Braun-Nizo-Super-Weitwinkelvorsatz auf Photokameras.

\*\*) Gilt genau nur für „normal“ gebaute Objektive. Bei ausgesprochenen Tele- oder Retrofokus-Konstruktionen sind geringe Abweichungen, insbesondere von den Bildkreisdurchmessern der Tabelle möglich. Kann der Vorsatz nicht unmittelbar vor der Frontlinse des Grundobjektivs montiert werden, resultieren kleinere Bildkreisdurchmesser.

Der Beroflex/Nizo-Vorsatz ist ein weit geöffnetes, afokales optisches System, in der Wirkung etwa vergleichbar mit dem vorderen Teil eines in Retrofokus-Bauweise ausgeführten Super-Weitwinkelobjektiv. Diese Art der optischen Konstruktion hat den Vorzug, daß sich der Beroflex/Nizo-Vorsatz auch sehr gut an lang oder kompliziert gebauten Grundobjektiven (beispielsweise an Vario-Objektiven) verwenden läßt. Abgeblendet wird am Grundobjektiv, so daß automatische Blendensteuerungen voll erhalten bleiben.

### 5.2. Soligor-Fisheye-Conversion-Lens

Im Gegensatz zum Beroflex/Nizo-Vorsatz handelt es sich beim Soligor-Vorsatz um ein abbildendes System mit eigener Blende, das am voll geöffneten Grundobjektiv benutzt wird. Weil der Blendenwert jedoch von der Brennweite des Grundobjektivs abhängt, hat Soligor eine Vorwahlrichtung eingebaut. So dreht man beispielsweise den roten Punkt an die grüne 100 (das heißt der Vorsatz wird an einem Objektiv mit 100 mm Brennweite benutzt) und die Blendenskala des Vorsatzes zeigt die zutreffenden Blenden an. Diese „Automatik“ basiert auf einer sinnreichen Kupplung zwischen Blenden- und Brennweitenring und erleichtert die Arbeit mit dem Soligor-Vorsatz sehr. Tab. V gibt die Bildkreisdurchmesser und die Blendeneinstellbereiche für verschiedene Grundobjektiv-Brennweiten an. Insgesamt reicht die Blen-

denskala des Vorsatzes von 3,5 bis 128 und die Brennweitenskala von 30 bis 200 mm. Das heißt natürlich nicht, daß der Soligor-Vorsatz nicht auch mit kürzeren Brennweiten als 30 mm und längeren Brennweiten als 200 mm kombiniert werden könnte. Nur muß man dann die effektive Blende rechnerisch bestimmen oder eine Belichtungsmessung hinter dem Objektiv anwenden.

Tab. V. Ausgangsbrennweite, Bildkreisdurchmesser und Blendenbereich für Soligor Fisheye-Vorsatz

Brennweite des Grundobjektivs*)	Bildkreisdurchmesser mit Vorsatz	Blendenbereich mit Vorsatz
mm	mm	
30	12	3,5...16
35	14	4...16/22
50	20	5,6...22/32
55	22	5,6/8...32
70	28	8...32/45
85	34	8/11...45
100	40	11...45/64
120	48	11/16...64
135	54	16...64/90
150	60	16/22...90
200	80	22...90/128

\*) Alle Tabellenwerte gelten mit guter Näherung für normal gebaute Objektive, während bei extremen Tele- oder Retrofokus-Konstruktionen merkbare Abweichungen möglich sind. Wenn der Vorsatz nicht unmittelbar vor der Frontlinse des Grundobjektivs montiert werden kann, ergeben sich kleinere Bildkreisdurchmesser.

Normalerweise sollte die Austrittspupille des Soligor-Vorsatzes etwa mit der Eintrittspupille des Grundobjektivs zusammenfallen. Das ist in Verbindung mit lang und kompliziert gebauten Objektiven (vor allem mit Vario-Objektiven) nur ungenügend zu verwirklichen. Deshalb eignet sich der Soligor-Vorsatz weniger gut für manche unsymmetrischen Grundobjektive und überhaupt nicht für Vario-Objektive.

#### 5.2.1. Technische Daten des Soligor-Vorsatzes

Der Soligor-Vorsatz hat folgende technische Daten: Brennweitenfaktor 0,15fach, 11 Linsen in 6 Gruppen, maximaler Bildwinkel (diagonal oder diametral) etwa 180°, Nahgrenze je nach Grundobjektiv bis auf wenige Zentimeter ab Frontlinse; Länge 80 mm, Durchmesser 60 mm, Gewicht 270 g. AIC-Fototechnik hält für den Soligor-Vorsatz ein Adapter-Sortiment mit Einschraubgewinden von 29,5 mm bis 76 mm, Serie VI und VII sowie Rollei-Bajonett I und II bereit. Darin nicht enthaltene Filterschlüsse sind über handelsübliche Filtergewinde-Adapter zu erschließen. Einerseits soll der Vorsatz so nahe wie möglich an die Frontlinse des Grundobjektivs heranrücken, andererseits muß man darauf achten, daß die etwa um 2 mm über die Anlagefläche des Adapterrings hinausragende Objektivfassung nicht mit der Frontlinse zusammenstößt.

(Fortsetzung folgt)

# Fisheye-Objektive und verwandte Abbildungstechniken (IV)

Schluß von PHOTO-TECHNIK UND -WIRTSCHAFT 7/1973, S. 199

In den ersten drei Teilen dieses Beitrages wurden die Fisheye-Objektive und -Vorsatzoptiken für die Aufnahme behandelt. Der abschließende vierte Teil gibt einen Überblick über einige Verfahren und Sondergeräte für die Panorama- und Teil-Panorama-Photographie sowie über Fisheye-Aufnahme- und Projektionssysteme

## 6. Fisheye-Aufnahme- und Projektionssysteme

Wenn die Wiedergabe (Projektion oder Rückvergrößerung) eines Fisheye-Bildes mit dem gleichen Objektiv in umgekehrter Anordnung erfolgt, wird die Verzeichnung oder Abbildungseigenart dieses Objektivs bei der Wiedergabe kompensiert. Allerdings muß noch die weitere Voraussetzung einer räumlichen Identität zwischen Objektraum und Anordnung der Aufnahmefläche vorliegen. 180° Bildwinkel lassen sich nun einmal auf einer ebenen Fläche nicht darstellen.

Minolta hat bereits vor einigen Jahren ein Fisheye-Umbildungssystem, bestehend aus aufeinander abgestimmten Aufnahme- und Projektionsobjektiven geschaffen. Das Aufnahmeobjektiv Rokkor-OK 2,8/8,4 mm (Code-Nr. 3724) leuchtet mit einem diametralen Bildwinkel von 200° einen Bildkreis mit 23,2 mm Durchmesser aus. Abgebildet wird nach der equisolidangle-Projektion. Üblicherweise verwendet man dieses Objektiv an 35-mm-Normalfilmkameras, bei denen zweckmäßigerweise der Bildschritt von 4 auf 5 Perforationsschritte vergrößert wird, um den Bildkreis nicht zu beschneiden, aber gleichzeitig den Film bestmöglich auszunutzen. Der notwendige Umbau wurde an Kameras des Mitchell-Typs realisiert. Bild 17 zeigt einen Filmausschnitt als schwarz-weiße Kopie.

Für die „All-Sky-Projektion“ wird ein spezielles Projektions-Fisheye-Objektiv P-Rokkor-DJ 2,0/10,5 mm eingesetzt. Der Strahlendurchtritt dieses Objektivs ist speziell für Projektionszwecke ausgelegt. Da auch das P-Rokkor (Code-Nr. 3725) nach der equisolidangle-Funktion abbildet, erfolgt bei der Wiedergabe die vollständige Umbildung. Allerdings nutzt man von den 200° Bildwinkel der Aufnahme nur 180° Bildwinkel bei der Projektion. Von den Umbauten auf 5 Perforationsschritte pro Bild muß auch bei der Projektion Gebrauch gemacht werden. Bild 18 zeigt das Schnittbild des Projektions-Fisheye-Objektivs von Minolta, Bild 19 die Projektionssituation in einem „Planetariumsdom“, bei der „nur“ 160° des gesamten zur Verfügung stehenden Bildwinkels genutzt werden. In ähnlicher Weise präsentierte Minolta „All-Sky-Filme“ auf der Weltausstellung in Osaka.

An sich ist die „All-Sky“-Aufnahme und -Projektion bei Minolta ein Bestandteil des Planetarienprogramms. Ebenfalls für eine wirkungsvolle Planetarienschau gibt es

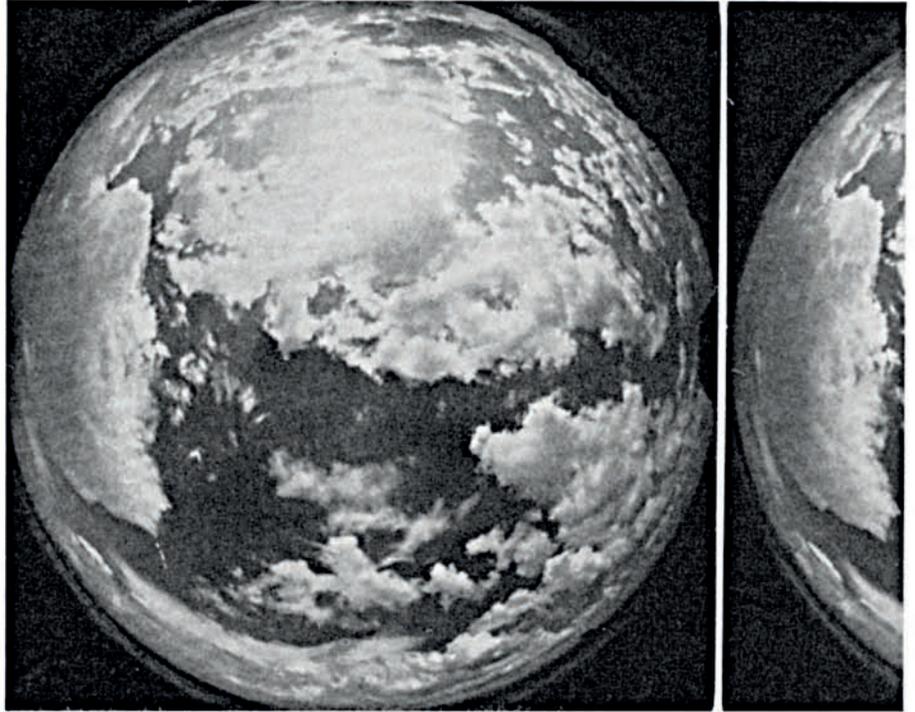


Bild 17. Himmel über Nevada, Schwarz-Weiß-Ausschnittskopie eines Films, der mit dem „Normalfilmobjektiv“ Minolta Rokkor-OK 2,8/8,4 mm in einer 35-mm-Kamera aufgenommen wurde, die für einen Bildschritt über fünf Perforationslöcher umgerüstet war

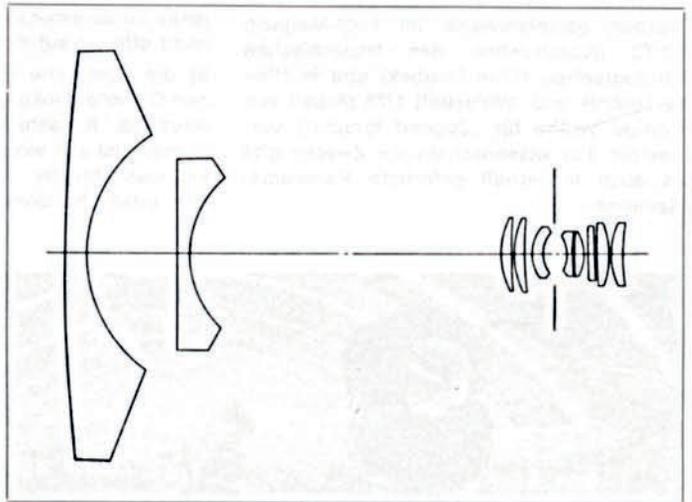
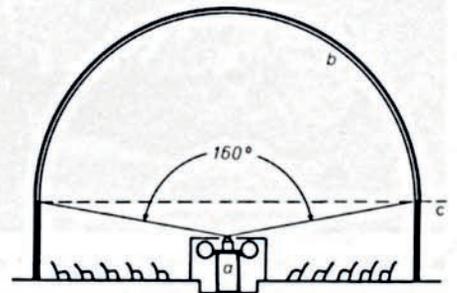


Bild 18. Schnittbild des Projektions-Fisheye-Objektivs (Minolta P-Rokkor-DJ 2,0/10,5 mm), das mit Rücksicht auf die besonderen Bedingungen im Projektor völlig anders aufgebaut ist als vergleichbare Aufnahmeobjektive ▶

Bild 19. Projektionssituation bei der „All-Sky-Projektion“ in einer Planetariumskuppel; a Filmprojektor mit Fisheye-Projektionsobjektiv, b Projektionsfläche, c Horizontlinie ▶



Minolta-Stehbildprojektoren mit Projektions-Fisheye-Rokkor 2,8/16 mm (das konstruktiv dem Aufnahmeobjektiv mit gleichen Daten sehr ähnlich ist, s. Teil I).

Letztgenanntes Objektiv wird für die Aufnahme und die Projektion verwendet und entwirft ein Kreisbild mit 42 mm Durchmesser.

## 7. Aufnahme von Panoramen und Teilpanoramen

Kennzeichen der Panorama-Aufnahme sind 360° Horizontalbildwinkel bei verhältnismäßig kleinem Vertikalbildwinkel. Teilpanoramen erfassen in der Horizontalen weniger als 360°, aber mehr als die üblichen Horizontalbildwinkel rechteckiger Aufnahmeformate. Das Seitenverhältnis einer Panorama-Aufnahme ist im allgemeinen größer als 1 : 1,5.

Panoramabilder lassen sich mit jeder Kamera aufnehmen, wenn man sie auf einem Teilkopf (Panoramakopf) befestigt und jeweils nach definiertem Drehwinkel auslöst. So entstehen mehrere Bilder, die zu einem kompletten 360° Panorama oder Teilpanoramen zusammengesetzt werden. Mittels Libelle wird die Aufnahmeachse genau waagrecht ausgerichtet. Die Einzelbilder sollten etwas überlappen. Mit dem Standardobjektiv in der Kleinbildkamera (50 bis 55 mm Brennweite) ergeben 15 Einzelbilder einen 360°-Rundumblick. Je länger die Objektivbrennweite, um so krasser steigt das Seitenverhältnis für das gesamte Panoramabild an. Für ein 360°-Panorama ist das Seitenverhältnis mit einem 28-mm-Objektiv in der Kleinbildkamera etwa wie 1 : 8, mit dem 135-mm-Objektiv in der Kleinbildkamera aber wie 1 : 36. Besonders stark wirken Panorama-Bilder, wenn sie in einem zylindrischen Raum dargeboten werden.

Spezielle Selbstbau-Panorama-Kameras wurden beispielsweise im Foto-Magazin 12/72 (Konstruktion des tschechischen Photographen Milan Doubek) und in Photo-Technik und -Wirtschaft 1/73 (Arbeit von Konrad Wothe für „Jugend forscht“) vorgestellt. Für wissenschaftliche Zwecke gibt es auch industriell gefertigte Panorama-Kameras.

Teilpanoramen entstehen auch, wenn man anamorphotische Vorsätze bei der Aufnahme und der Rückvergrößerung benutzt. Im Amateurbereich ist das Iscorama-Verfahren für die Stehbildprojektion bekannt. Der Iscorama-Vorsatz kann auch beim Rückvergrößern auf Papier benutzt werden, wenn man ihn mit Hilfe von Vorsatzlinsen für die kurzen Abstände anpaßt. Naheinstellungen durch Gesamtverschiebung sind nicht möglich.

Noch eine weitere Möglichkeit zur Aufnahme von Teilpanoramen soll in diesem kurzen Überblick Erwähnung finden: Aufnahmen mit Super-Weitwinkelobjektiven auf lange Rechteckformate. Dabei wird der Bildkreis des Super-Weitwinkelobjektivs hauptsächlich in der Horizontalen ausgenutzt. Ein Beispiel: Das Schneider Super-Angulon 5,6/75 mm hat 198 mm Bildkreis-Durchmesser und kann ein Bild mit den Abmessungen 196 mm × 24 mm auf Kleinbildfilm entwerfen. Der horizontale Bildwinkel wäre dann etwa 102°, das Seitenverhältnis der Aufnahme etwa 1 : 8.

### 7.1. Zwei Teilpanorama-Kameras mit drehendem Objektiv

Das Prinzip ist schon über 100 Jahre alt: Das Objektiv und ein dicht vor dem Film vorbeilaufender (verstellbarer) Schlitz werden synchron gedreht. So zeichnet der Film nacheinander ein schmales Hochformatbild zu einem breiten Teilpanorama auf. Das Objektiv hat einen ziemlich kleinen Bildwinkel. Selbstverständlich muß der Film in der richtigen Krümmung liegen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind zwei Teilpanorama-Kameras mit drehendem Objektiv für 35-mm-Kleinbildfilm bekannt, aber nicht offiziell auf dem deutschen Markt:

a) die japanische Widelux-Kamera von Panon Camera Shoko Co., Ltd., 24-4, 2-chome, Azusawa, Itabashi-ku, Tokyo, Japan. Die Kamera ist mit einem speziell korrigierten Fixfocus-Objektiv 2,8/26 mm ausgerüstet und erfaßt horizontal 140° sowie vertikal

55° (Bilder 20 und 21). Die Bildkontrolle ist mittels Durchsichtssucher möglich (Aufnahmeformat 24 mm × 59 mm, Verschlusszeiten 1/15, 1/125 und 1/250 s).

b) die russische Horizont-Kamera (früher im Vertrieb von Foto-Quelle), ausgestattet mit einem Fixfocus-Objektiv 2,8/28 mm, zeichnet einen horizontalen Bildwinkel von 120° und einen vertikalen Bildwinkel von 45° auf. Die Bildkontrolle erfolgt über Durchsichtssucher (Aufnahmeformat 24 mm × 58 mm, Verschlusszeiten 1/30, 1/125 und 1/250 s).

Bei beiden Kameras werden auf Grund der „zylindrischen Perspektive“ waagerechte Linien zum Bildrand hin immer stärker tonnenförmig verzeichnet. Diese Durchbiegung fällt jedoch kaum auf. Bildverzerrungen können unter Umständen durch schnelle Objektbewegungen entstehen, weil die Drehgeschwindigkeit von Objektiv und Verschlussschlitz selbst bei kurzen Verschlusszeiten ziemlich gering ist. Für die Verschlusszeitenbildung wird lediglich die Schlitzbreite verstellt, die Drehbewegung bleibt konstant. Ein Objektteil, das sich synchron zur Objektivdrehung weiterbewegt, kann theoretisch die ganze Bildbreite bedecken oder überhaupt unsichtbar bleiben.



Bild 20. Teilpanorama-Kamera Panon Widelux mit sich drehendem Objektiv; Horizontalbildwinkel 140°, Aufnahmeformat 24 mm × 59 mm



Bild 21. Teilpanoramabild, aufgenommen mit der Panon-Widelux-Kamera; die „zylindrische Perspektive“ wird praktisch nur im leicht gekrümmten Verlauf der Hallen-Dachauflage sichtbar

Zum Vergrößern oder Projizieren dieser Aufnahmen benötigt man 6 × 6-Geräte.

## 7.2. Peri-Apollar für 360°-Rundum-Aufnahmen

Beim Peri-Apollar-Objektiv wird weder das Fisheye-Prinzip noch eines der bekannten Panorama-Verfahren angewandt. Mit diesem von H. Brachvogel (Volpi AG, CH-8902 Urdorf-Zürich) entwickelten Objektiv ist man in der Lage, 360° nahtlos in einem Bild zu erfassen. Das Bild ist kreisförmig (Bild 22). Richtet man die Kamera mit dem Peri-Apollar senkrecht nach oben, liegt der eigene Standpunkt in der abgedeckten Bildmitte. Der innere Rand des Kreisrings ist die Bildunterkante, der äußere Rand die Bildoberkante. Die Abbildung findet nach den Gesetzen der Zentralprojektion statt, wobei alle Senkrechten des Objektfeldes radialsymmetrisch im Bildmittelpunkt zusammenlaufen. Durch die Eigenart der optischen Konstruktion ist absolute Winkel-treue gewährleistet. Der Aufnahmehorizont ist durch die Aufstellungshöhe des Objek-tivs eindeutig und meßbar fixiert.

An Hand von Bild 23 soll eine Funktionser-klärung zum Peri-Apollar gegeben werden. Das in das herausragende Glasei (eine asphärische Linse) des Objektivs eintren-dende Licht wird beim Übergang zwischen Luft und Glas nach innen gebrochen und anschließend an der gegenüberliegenden Glas-Luft-Grenzfläche totalreflektiert. Auf diese Weise entsteht im vordersten Glas-körper das ringförmige Bild. Es passiert anschließend noch eine korrigierende Linse und wird von einem Objektiv fast konventioneller Konstruktion auf den Film projiziert.

Peri-Apollare gibt es mit Adapterringen für fast alle Kleinbild-Spiegelreflexkameras, für 16-mm-Filmkameras, für Fernsehka-meras und für 70-mm-Film. Die technischen Daten enthält Tab. VI.

Tab. VI. Technische Daten der Peri-Apollare

	Ausführung für	
	24 mm × 36 mm	16-mm-Film
Objektivgravur „Peri-Apollar“	1 : 5,6/40 mm	1 : 4/25 mm
Brennweite der Peri-Linse allein	20 mm	15 mm
relative Öffnung der Peri-Linse allein	1 : 1,0	1 : 1,0
Außendurchmesser des Bildes	23 mm	11 mm
Innendurchmesser des Bildes	8 mm	4 mm
Bildwinkel, horizontal	360°	360°
Bildwinkel, vertikal	2 × 30°	2 × 30°
Konstruktion, Linsen	8	4
Blendeneinstellbereich	5,6...22	4...22
Entfernungseinstellbereich	∞...0,1 m	∞...0,1 m
Gewicht	900 g	750 g

Die Mitte des Vertikalbildwinkels bildet die Horizonthöhe. Demnach liegen je 30° über und unter dem Horizont. Der gesamte vertikale Bildwinkel beläuft sich auf 60°

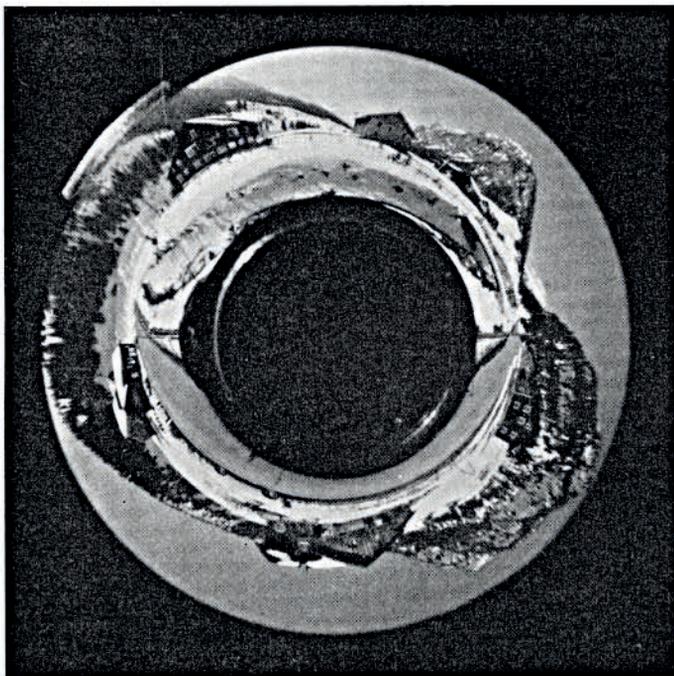
Interessant ist die Tatsache, daß man auch mit dem Peri-Apollar bei der Wiedergabe (Projektion, Rückvergrößern) „Umbilden“ kann. Das ringförmige Bild wird durch das Peri-Apollar auf eine zylindrische Auffang-fläche projiziert oder vergrößert und er-scheint dann wieder wirklichkeitsgetreu. Die Firma Volpi bietet dafür einen speziel-len Projektionsapparat, den Volpi-Peri-Pro-jektor an. Der Hersteller nennt folgende Anwendungsbeispiele für das Peri-Apollar:

- im industriellen Einsatz; Dokumenta-tionsphotographie oder Fernbeobachtung in großen Hohlkörpern, Röhren, Kanälen, Tanks, Brunnen, bei Erdbohrungen usw.,
- im Einsatz bei Polizei und Militär,
- Beobachtungen an Verkehrsknoten-punkten,
- im aviatischen Einsatz (besonders mit Projektion); Flugsimulatoren,

- in der nuklearen Industrie bei der In-nenbeobachtung in Reaktoren usw.,

- in der Geodäsie zum Anfertigen von Übersichtsplänen und überschlägigen Flä-chennivellierungen.

Denkbar sind weiterhin noch umfassende Registrieraufnahmen von Industrieanlagen oder von großen Laboraufbauten. Wer mit dem Peri-Apollar photographiert oder filmt, sollte die Kamera sorgfältig senkrecht aus-richten. Bei Freihandaufnahmen muß die Kamera mit gestreckten Armen nach oben gehalten werden, damit der Photograph oder der Kameramann nicht mit aufs Bild kommt. Für Aufnahmen in horizontaler Richtung (horizontale Lage der optischen Achse) ist das Peri-Apollar eigentlich nicht vorgesehen. Geht es aber weniger um ob-jektives photographisches Registrieren, lassen sich mit der waagerechten Aufnah-merichtung überraschende Effekte errei-chen.



◀ Bild 22. Aufnahme mit dem Peri-Apollar-Objektiv mit 360° Horizontal-bildwinkel

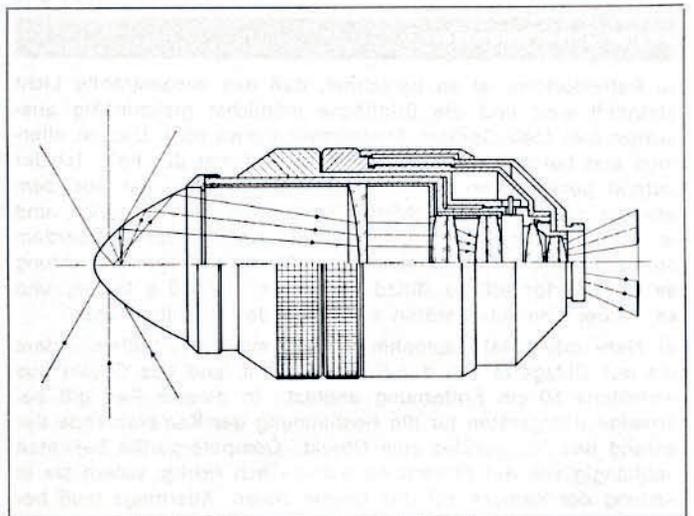


Bild 23. Schnitt durch das Volpi-Peri-Apollar