

1. Technik und Praxis mit der Leica:

2.1 Leica Kompetenz heute: Asphärentechnologie, das Gold einer Optikschmiede

Viel ist in den letzten zwei Jahrzehnten über sogenannte Asphären gerätselt und gesprochen worden. Kaum einer wusste aber viel bzw. Genaueres. Man sagte ihnen Wunderdinge nach, ohne dass man Bescheid wusste.

Dieses Kapitel ist daher einer sachlichen Aufklärung über die gesamte weltweite Asphärentechnologie gewidmet, die während meiner Zeit bei Leica mit Hilfe der Abteilung Optische Entwicklung erstellt wurde.

(Anm.: Die nachfolgenden Ausführungen wurden erstmals 1997 von Leica Fotografie International veröffentlicht, sowie eine Sonderausgabe)

(erweitert und ergänzt im Juli 2004)

Floating Elements, Innenfokussierung, apochromatische Korrektur und asphärische Linsenflächen sind Zauberbegriffe der Optikkonstrukteure. Kein Wunder, dass heute jeder ambitionierte Fotograf ein Objektiv mit solchen Eigenschaften sein Eigen nennen möchte!

Kein Wunder, dass insbesondere in den letzten Jahren die „Asphäre“ (griechisch: von der Kugelform abweichend) in der Konstruktion von optischen Linsensystemen immer mehr ins Gespräch gekommen ist und zu einer verwirrenden Diskussion um ihre Eigenschaften, Vorteile und Herstellungsverfahren geführt hat.

Fast jeder renommierte Hersteller nimmt heute für sich in Anspruch, Asphären bei der Herstellung von optischen Systemen, Beleuchtungsoptiken, Suchern, Ferngläsern, etc. zu verwenden, ohne dass dem Anwender der Nutzen einer solchen Technologie verdeutlicht wird.

Allein das Schlagwort „Einsatz von asphärischen Linsenflächen“ scheint zu genügen, um dem Anwender optische Höchstleistung zu suggerieren, ohne dass explizit dargestellt wird, welche Vorteile sich in der Praxis durch ihre Anwendung tatsächlich ergeben.

Asphären werden heute Wunderdinge nachgesagt, wobei gerade die Vielzahl der heutigen Fertigungsmethoden und ihre spezifischen Unterschiede im Hinblick auf Qualität es dem Laien unmöglich machen, Unterschiede zu erkennen.

Ist die asphärische Linse eines Autoscheinwerfers besser, sprich: bringt sie eine höhere Ausbeute an (gleichmäßiger) Lichtverteilung oder ist die massenhaft eingesetzte Asphäre im optischen System des Diaprojektors (Kondensator) Garant für höhere Lichtausbeute.

Bringt eine Asphäre im Fotoobjektiv tatsächlich eine bessere Leistung, gibt es Unterschiede zu herkömmlichen sphärischen Linsen, wie in der Werbung oft suggeriert wird?

All diese Fragen bedürfen der Klärung! So auch die erzielbare Qualität und Langzeitstabilität bei einigen Verfahren, die mittels Verwendung von Kunststoff etc. asphärische Linsenränder ermöglichen. Dies soll im Folgenden geklärt werden.

Vorteile asphärischer Linsen:

Schon lange ist es Tradition, beim Bau von optischen Systemen Bildfehler wie Koma, Astigmatismus, etc. dadurch zu beheben, dass man bildfeldebene Linsen benutzt, einzeln oder oft in komplizierten Kombinationen, die jedoch Farbfehler in die Abbildung einbringen. Diese wiederum können durch achromatisch korrigierte Linsen teilweise behoben werden.

Beim Bau von Teleskopen werden z.B. besondere Spiegelsysteme benutzt, womit die erforderlichen großen Öffnungen erreicht werden und gleichzeitig durch einen besonderen Krümmungsradius – Paraboloidform – chromatische Fehler vermieden werden können.

Parabolspiegel liefern dagegen einen anderen Fehler – Koma - ,so daß sich nur in der Achsmitte (-nähe) ein scharfes Kernbild ergibt.

Mit diesen optischen Abbildungsfehlern muß sich selbstverständlich auch der Optikkonstrukteur fotografischer Systeme auseinandersetzen. Die Verwendung sphärischer Linsen ist bis heute **Standard** bei der Konstruktion von Fotoobjektiven. Der Grund hierfür ist durchaus einleuchtend, zum einen, da der Herstellungsprozess mit moderner Technologie beherrschbar ist, zum anderen, da große Stückzahlen mit hoher Formgenauigkeit gefertigt werden können, bei durchaus guter bis sehr guter Abbildungsleistung.

Trotz erhöhten Aufwandes bei Verwendung sogenannter „Kompensationsglieder“ – sammelnde und zerstreuliche Linsen miteinander kombiniert – können jedoch, insbesondere bei größeren Linsendurchmessern , die zunehmenden optischen Fehler nicht vollständig kompensiert werden. Zudem steigt das Gewicht durch die erforderliche Anzahl an Linsen zum Teil erheblich.

Um diese Nachteile zu beheben, versucht man asphärische Linsen zu verwenden, wobei der Randbereich der sphärischen Linse eine Abweichung vom Kugelradius erhält und auf diese Weise die Lichtbündel wesentlich besser in der Bildebene vereinigt werden können.

Je größer der Durchmesser der Linse ist, desto höher liegen dagegen die Anforderungen an die erforderliche Genauigkeit, um diesen theoretischen Vorteil auch in der Praxis zu erzielen.

Mit Ausnahme einer vollkommen neuen Technik, von der später noch die Rede sein wird, werden also an die Herstellungsverfahren der Asphären bis heute Anforderungen gestellt, die in keiner kaufmännisch vernünftigen Kosten-Nutzen-Relation stehen.

Bei den erforderlichen minimalen Toleranzdimensionen muss man sich daher vergegenwärtigen, dass sich die asphärische Linsenfläche von der sphärischen Kugelfläche nur um Bruchteile von mm im Randbereich unterscheidet.

Diese Unterschiede lassen sich überhaupt nur durch extrem aufwendige interferometrische Messungen feststellen.

Die zulässigen Toleranzen liegen im Randbereich in ihrer Abweichung von der sphärischen Sollfläche bei Durchmessern in der Größenordnung von 4 bis 6 cm bei $< 1/20 \text{ \AA}$; dies entspricht $1/500.000 \text{ mm}$!, also mehr als 10000 mal dünner als ein menschliches Haar. D.h., entsprechende Messgeräte, zum Prüfen der asphärischen Flächen sollten noch um den Faktor 10 (Zehnerpotenz!) genauer arbeiten.

Hierfür hat man bei Leitz und Leica in den letzten 40 Jahren verschiedene Methoden entwickelt, denen gemeinsam ist, dass nur mit immensen technologischem Aufwand und Know-How die erforderliche Genauigkeit im Bau von asphärischen Linsenflächen erreicht werden kann.

Es leuchtet daher ein, dass der Preis eines mit solcher Technik ausgestatteten Objektivs höher ausfallen muss, die Stückzahl begrenzt ist, aber andererseits der Prestigegewinn beträchtlich ist und der technische Führungsanspruch eines Herstellers dadurch eindrucksvoll bewiesen werden kann.

Die theoretisch erzielbare bessere Abbildungsleistung der Asphäre scheiterte in der Vergangenheit meistens an den erforderlichen engen Toleranzen, dem enormen Kostenfaktor bei der Produktion, den geforderten großen Radien der Linsen und den entsprechenden Prüfgeräten, die solche minimalen Radienunterschiede überhaupt messen konnten.

Viele Jahre vergingen bis Präzisionsprüfgeräte entwickelt wurden, um diese minimalen Formunterschiede des Randbereichs einer asphärischen Fläche exakt messen zu können.

Heute werden verschiedene Techniken bei der Fertigung von asphärischen Linsenflächen angewendet; entsprechend unterschiedlich sind auch die praktischen Ergebnisse für den Fotografen.*

* Meines Wissen brachte die Firma Nikon nach Leitz Wetzlar ab 1968 Objektive mit asphärischen Linsen auf den Markt. Nikon verwendet heute geschliffene Asphären für seine Spitzenobjektive, asphärische Verbundlinsen (Hybride!) für die mittlere Preislage und gepresste asphärische Linsen für andere Anwendungszwecke.

Die Entwicklung asphärischer Linsenflächen:

Noch theoretische Überlegungen über Bildfehlerkorrekturen mittels asphärischer Linsen stellte bereits um 1900 Prof. Dr. Ernst Abbe an.

Erste Versuche mit Asphären begannen bereits vor mehr als 35 Jahren, als sich für ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Forschung und Technologie die weltbekanntesten Optikfirmen Ernst Leitz/Wetzlar, Rodenstock und Carl Zeiss Schott zusammenschlossen, um asphärische Technologien zu entwickeln.

Der weltweit aufsehenerregende Durchbruch gelang erstmals 1966, als die Ernst Leitz/Wetzlar GmbH. das erste Serienobjektiv vorstellte, das durch Asphärentechnologie höchste Lichtstärke und bis dato nicht erreichte optische Leistung miteinander in einem relativ kompakten Objektiv vereinte:

NOCTILUX 1:1.2/50 mm.

Wenn dieses Objektiv – übrigens eines der wenigen Leicaobjektive mit einem Schneckengang aus Messing/Messing – auch nur in einer sehr begrenzten Stückzahl gefertigt wurde, wurden mit dieser technischen Meisterleistung doch erstmals große asphärische Linsenflächen im Objektivbau eingesetzt, die das geforderte Maß an Präzision besaßen, wenn auch die Produktionskosten noch viel zu hoch waren, um an eine kommerzielle Serienfertigung zu denken. Es ist interessant festzustellen, dass die Entwicklung der Linsen und die optische Rechnung auf Dr. E. Mandler aus dem Zweigwerk von Leitz/Wetzlar Leitz/Midland/Ontario, Canada, zurückzuführen ist. Die Fertigung erfolgte dann aber im Stammwerk in Wetzlar.

Selbst bei voller Öffnung eingesetzt hat dieses Ausnahmeobjektiv eine Leistung, die für meinen Geschmack sogar die Leistung des Nachfolgers NOCTILUX 1:1.0/50 mm ohne den Einsatz von zwei asphärischen Linsenflächen übertrifft. Die Abbildung hat einen besonderen „Schmelz“ oder „Glitzern“, der kaum zu beschreiben ist.

Frappant ist dagegen der Größenunterschied und das Gewicht zwischen diesen beiden Objektiven.

Dieses auch heute noch hochgeschätzte Spezialobjektiv für die „Available Light Photography“ wurde daher auch nur in relativ geringer Stückzahl gefertigt (ca. 1500 Stück!) und wenige Jahre später durch eine Neurechnung ersetzt, wobei man bei dem Nachfolger interessanterweise auf Asphären verzichtete, allerdings auf Kosten von Größe und Gewicht.

Der Benutzer sollte das Noctilux-M 1:1.2/50 mm möglichst pfleglich behandeln, denn heute gibt es bei der Leica Camera AG keine Schneckengänge mehr (im Falle eines Stoßes oder Fallschadens!) weiterhin ist der Vorrat an Asphären mittlerer weile aufgebraucht worden. Trotzdem, für die Vitrine ist es viel zu schade!

Die praxisoptimierte Version des Nachfolgers mit eingebauter, ausziehbarer Gegenlichtblende stellte die Leica Camera GmbH. zur photokina 1994 vor.

NOCTILUX-M 1:1.0/50 mm:

Zurück zur Historie des Noctilux:

Die Sensation auf der photokina 1966 – das NOCTILUX-M 1:1.2/50 mm – besaß einen 6-linsigen Gauß-Typ-Aufbau, wobei zwei Linsenpaare miteinander verkittet waren, mit zwei asphärischen Linsenflächen, in (fast) Handarbeit geschliffen und poliert. Die erstmals hier in einem Fotoobjektiv eingesetzten asphärischen Linsenflächen dienten nicht nur zur Steigerung der optischen Leistung, sondern gleichzeitig zur Minimierung sphärischer Abberation und des Komafehlers bei einer minimalen Anzahl von Linsen gepaart mit kompakten äußeren Abmessungen. Diesem technologischen Durchbruch in der Linsenfertigung waren Jahre der Forschung vorausgegangen mit neu zu entwickelnden Schleif- und Polierverfahren und Prüfgeräten.

Erste Erfahrungen sammelten die Techniker der Ernst Leitz Wetzlar Werke bereits 1958 durch die Herstellung von Beleuchtungsoptiken für Projektionssysteme, insbesondere Kondensoren für Diaprojektoren. Hierfür wurde ein spezielles Schleifverfahren entwickelt, das den geforderten nicht so kritischen Toleranzen im Randbereich von ca. 1/10 mm durchaus genügte.

Für Linsen fotografischer Systeme mussten diese Toleranzen jedoch noch wesentlich geringer ausfallen, (Faktor 100!) sollte der prinzipielle Vorteil eines solchen Systems gewährleistet sein.

Bereits ein Jahr später – 1959 – sammelte man mit den aus den Beleuchtungsoptiken gewonnenen Erkenntnissen erste Erfahrungen für den Fotobereich.

All diese Versuche ließen jedoch noch keine Serienproduktion zu, da zum einen ein entsprechendes Schleif- und Polierverfahren in der geforderten Präzision fehlte, zum anderen auch die Prüfmethode, um etwaige Abweichungen messen zu können.

Bereits ein weiteres Jahr später gelang es der Entwicklungsabteilung, eine spezielle Kopierschleifmaschine für Fotolinsen zu entwickeln, die es gestattete, asphärische Linsenflächen mit den geforderten engen Toleranzen zu schleifen.

Parallel verliefen Entwicklungen im Messtechnikbereich für mechanische Abtastprüfverfahren sowie die Entwicklung und Herstellung berührungsloser Prüfmittel – Interferometer.

Dies war ein bedeutender Schritt vorwärts auf dem Weg zur Serienproduktion von Asphären, wenn auch die Produktionskosten sich weiterhin auf einem unrentablen Niveau bewegten.

Die begrenzte Stückzahl des NOCTILUX-M 1:1.2/50 mm ist hierfür ein Indiz, wie auch die Neurechnung, das NOCTILUX-M 1:1.0/50 mm aus dem Jahre 1976.

Bei der neuen Version gelang es mittels sieben sphärischer Linsen die Lichtstärke weiter zu erhöhen, bei praktisch (!) identischer Leistung unter Umgehung der Problematik bei der Herstellung asphärischer Linsenflächen.

In Kauf nehmen musste man dagegen ein wesentlich gesteigertes Gewicht sowie die erheblich größeren Abmessungen gegenüber dem Vorgänger. Aus heutiger Sicht ist es durchaus verständlich, dass man sich mit dem Erreichten nicht zufriedengab sondern weiterforschte, um doch noch der Asphärentechnologie zum Durchbruch zu verhelfen.

Viele Jahre sollten noch vergehen auf diesem dornigen Weg (fast 2 Jahrzehnte !), bis es endlich 1994 gelang, durch vollständig neu entwickelte Technologien, Fertigungsverfahren, Prüf- und Kompensationssysteme, das sogenannte „Blankpressverfahren“ im geforderten Minimaltoleranzbereich für optische Höchstleistungssysteme serienmäßig einzusetzen.

Bis etwa 1980 wurden asphärische Linsenflächen in individueller feinmechanischer Präzisionsarbeit geschliffen und poliert. Ab 1980 wurde die Fertigung von Handpolieren auf computergesteuertes Korrekturpolieren umgestellt. Wieder ein wesentlicher Schritt, auch wenn nach wie vor die Kosten, im Vergleich zur herkömmlichen Linsenfertigung, den Faktor 1:5 überstieg, obwohl der bisher unvermeidbare Ausschuss gesenkt werden konnte.

Im Laufe der Weiterentwicklung im Herstellungsverfahren asphärischer Linsenflächen haben sich heute zwei Fertigungsverfahren bewährt:

Im Gegensatz zum Schleifen und Polieren sphärischer Linsenflächen, wobei eine flächenhafte Berührung zwischen Werkzeug und Werkstück gegeben ist, dies auch mit höchster Präzision geschieht, ist beim Schleifen asphärischer Flächen eine flächenhafte Berührung des Werkstücks nicht möglich; damit erhöht sich der technische Aufwand ganz erheblich.

Das Schwenkarm-Schleifprinzip:

Für das Schwenkarm-Schleifprinzip benutzt man eine komplizierte Apparatur, die sowohl bearbeiten als auch messen kann. Neben dem Bearbeitungswerkzeug sitzt hier auf einem Schwenkarm der Messfühler. Durch die ständige Computerauswertung wird die Ausrichtung des Bearbeitungswerkzeuges ständig korrigiert und gegebenenfalls beeinflusst.

Das Synchron-Schleifprinzip einer Asphäre:

Mehrere computergesteuerte Schleifwerkzeuge werden zentral über einen Schaltplatz angesteuert, an dem eine asphärische Stahlform automatisch abgetastet wird.

Bei beiden Fertigungsverfahren werden die Asphären einzeln hergestellt, im Gegensatz zum Synchronschleifen mehrerer sphärischer Linsenflächen in einem Arbeitsgang.

1990 stellte die Leica Camera GmbH ein 35 mm Objektiv zum M-System mit der Lichtstärke $f=1.4$ vor, das durch zwei Asphärenflächen eine Abbildungsleistung ermöglichte, die bis heute als unübertroffen gilt: Mit dem SUMMILUX-M 1:1.4/35 mm Aspherical werde selbst feinste Strukturen bei gleichzeitig sehr hoher Kontrastübertragung sogar bei der vollen Öffnung aufgelöst. (Ein solches Objektiv befindet sich in meinem Besitz, ich ziehe es sogar dem Nachfolger mit „Blankpresslingen“ vor, der sich im „Outfit“ nur durch die Bezeichnung „ASPH.“ unterscheidet; Nachteil wie häufig: Der Schneckengang ist sehr empfindlich und nur schwierig zu justieren!)

Die praktisch völlige Komafreiheit sowie die Korrektur der sphärischen Abberation steigerten den Anwendernutzen beträchtlich, insbesondere bei schlechten Lichtverhältnissen. Durch Abblenden auf mittlere Werte konnte die hervorragende Gesamtleistung nur unwesentlich gesteigert werden.

Die Kosten waren aber noch immer immens hoch und die Qualität der zwei eingesetzten Asphären war durchaus nicht identisch!

Aus diesen Gründen wurde das Objektiv (wie schon sein Vorgänger, das NOCTILUX 1:1.2/50 mm) nur in einer begrenzten Stückzahl von ca. 2000 Objektiven gefertigt. Man munkelte noch Jahre später bei Leica, der für den Fertigungsprozess Verantwortliche sei wohl auf Grund des Stresses mit diesem Objektiv vorzeitig in den Ruhestand gegangen!

Tatsache war und ist: Das Objektiv kostete bereits 1994 fast 5000.-DM und dies war sogar eingefleischten Leicafans doch ein bisschen zu teuer. Immerhin konnte man damals für weniger als den halben Preis ein von den technischen Daten identisches Objektiv kaufen, wenn es auch eine beinahe 30 Jahre alte Rechnung war und bei voller Öffnung eingesetzt ein sehr guter Weichzeichner!

Gegenüber der Fertigung herkömmlicher sphärischer Linsen beinhaltet nämlich der Fertigungsablauf asphärischer Linsenflächen zwei aufwendige Arbeitsschritte mehr: Feinschleifen der asphärischen Fläche und Auspolieren der asphärischen Fläche.

In den 80er Jahren gab es eine heftige Diskussion über verschiedene Aspekte der Asphärentechnologie, insbesondere über den Einsatz von Kunststoffen, wobei die Befürworter die höhere Leistung sowie die werbewirksamen Imageeffekte der Asphären herausstellten, die Gegner dagegen mit höheren Kosten in der Fertigung, aufwendigen Prüfverfahren, der schlechteren Reproduzierbarkeit in der Serienfertigung und dem höheren Entwicklungsaufwand argumentierten. Man verwies auf die Firma Canon, die bereits seit längerer Zeit solche Kunststoff-Asphären in ihren Objektiven der Spitzenklasse verwendeten.

Aus heutiger Sicht kann die Entscheidung für die erste Lösung nur begrüßt werden, insbesondere bei der 1988 neu gegründeten Leica Camera GmbH, gab sie doch in jüngster Vergangenheit entscheidende Impulse für revolutionäre neue Technologien.

Das „Präzisions-Blankpreßverfahren“:

Durch ständige technologische Fortschritte im Know-How der Asphärenfertigung gelang es unter der logistischen Führung der Leica Camera GmbH 1994, durch ein weltweites „Joint-Venture“ eine Technologie zur Serienreife zu entwickeln, welche die Entwicklung optischer Spitzenobjektive revolutionieren sollte:

Bis zur Serienentwicklung von „Blankpresslingen“ mit asphärischen Linsenflächen im geforderten Durchmesser waren erhebliche Schwierigkeiten zu lösen:

Grundlage der im neuen SUMMILUX-M 1:1.4/35 mm ASPH. erstmals in Serie verwendete Technologie ist ein Verfahren, das in weltweiter Kooperation 1991/92 entwickelt wurde. Im Rahmen dieser Kooperation war es erklärtes Ziel der beteiligten Unternehmen, das Qualitätsniveau ganz oben anzusiedeln, wobei die Kosten für eine asphärische Linse nicht höher sein sollte als die Kosten für zwei sphärische Linsen.

Eine vollkommen unbekannte Größe war damals der Aufbau einer Produktion für die Serienfertigung bei geringem Ausschuss!

Hieran hatte das Optische Rechenbüro der Leica Camera GmbH unter der Leitung von Herrn Lothar Kölsch maßgeblichen Anteil!

Weitere Probleme und Einschränkungen ergaben sich durch noch zu entwickelnde Übereinstimmungen in der Definition von Toleranzspezifikationen. Hinzu kam, dass sich bis vor kurzer Zeit nur eine Handvoll von Glassorten für eine Großserie eignete, wobei die erreichbaren Toleranzen von der Größe und Glassorte abhängig waren.

Ein weiteres Handicap war die Form der Linse, wobei sich nur wenige für das Blankpressverfahren eigneten.

Zur Photokina 1994 stellte die Leica Camera GmbH mit dem neuen SUMMILUX-M 1:1.4/35 mm ASPH. ein Objektiv vor, in dem weltweit erstmalig ein spezieller „Präzisions-Blankpressling“ großen Linsendurchmessers als Asphäre eingesetzt wurde, mit dem Ergebnis einer gegenüber dem Vorgänger identischen Abbildungsleistung bei gleichzeitigem Verzicht auf eine zweite Asphäre.

Diesen Aussagen kann ich aus heutiger Sicht nicht ganz zustimmen:

Die Leistung meines Asphericals ist bei voller Öffnung besser als alle „ASPH `s“, $f=1.4$, die ich damals als Produktmanager des M-Systems getestet habe (wenn sie auch sehr gut ist!); zudem wurde das zweite Versprechen nicht erfüllt: Nämlich die Kosten erheblich zu senken und diesen Vorteil dem Verbraucher weiterzugeben.

Davon kann bis heute, auch bei den Nachfolgern im M-System nicht die Rede sein.

Wahrscheinlich dauert es viele Jahre, bis sich die Kosten der neuen Maschinen amortisiert haben.!?

Mit diesem technologischem Durchbruch scheint ein Quantensprung gelungen zu sein!

Zukunftstechnologien sind in den Bereich des Machbaren gelangt. Diese wegweisende Technologie setzt die bisher gültigen Parameter an optische Spitzenleistung noch eine Stufe höher, mit dem werbewirksam erklärtem Vorteil für den Verbraucher, dass die Fertigungskosten erheblich gesenkt werden können bei vermindertem Ausschuss.

Wir wollen hoffen, dass dies endlich in die Tat umgesetzt wird!

Die Optikkameras der Leica Camera GmbH erreichten durch aufwendige Forschungsarbeit auch eine Eingrenzung der gegebenen Toleranzspezifikationen, die im Anfangsstadium noch nicht für Fotoqualität auf höchstem Niveau ausreichten. Auch die zu entwickelnde Prüf- und Messtechnik stellte die Konstrukteure vor erhebliche Probleme. So mussten engtolerante Prüfsysteme und Kompensationsoptiken für praktisch Nulltoleranzen gefertigt werden, um eine schnelle, ganzflächige Prüfung zu ermöglichen.

Weiterhin musste im gesamten Produktionsprozess die Fertigung geprüft und einzeln kontrolliert werden.

Ein nur mit größter Anstrengung zu lösendes Problem war die kostenintensive Entwicklung und Fertigung von Kompensationsoptiken für jede asphärische Fläche.

Bei der Entwicklung der Prüfsysteme stellte sich in dieser Entwicklungsphase heraus, dass sich nicht alle asphärischen Flächen in der Reflexion prüfen ließen.

Ein anderes Prüfverfahren scheiterte an den zu hohen Kosten, da für jede asphärische Fläche ein besonderes Verfahren entwickelt werden musste: die Phasen- Interferometer-Prüfung mit Unterstützung eines 3-D-Hologramms.

Nicht zuletzt mussten die Presswerkzeuge entwickelt werden, die im Toleranzbereich von „praktisch 0“ Linsen mit asphärischer Form blankpressen konnten.

Aus heutiger Sicht war diese Phase eine der schönsten Zeiten bei Leica, arbeitete doch ein relativ kleines Team auf das Engste für Monate zusammen und dies aus verschiedenen Bereichen und Abteilungen.

Nicht alle Wünsche gingen damals in Erfüllung, in den folgenden Jahren gab es aber mehr und mehr M-Objektive, die mit asphärischen Linsen ausgestattet sind und eine Leistung ermöglichen, die der normale Amateur kaum ausnutzen und anwenden kann.

Im LEICA SUMMILUX-M 1:1.4/35 mm ASPH. wird heute weltweit erstmals nach dieser Technologie ein Blankpressling asphärischer Oberfläche in der geforderten Größe und Qualität eingesetzt.

Im Vergleich zum nur in begrenzter Stückzahl gefertigten SUMMILUX-M 1:1.4/35 mm ASPHERICAL gibt es entscheidende Unterschiede im Fertigungsprozeß:

Wie auch bei anderen Leica Objektiven weist auch hier der Name ASPH. auf die außergewöhnlichen Eigenschaften dieses Objektivs hin. Modernste Optikrechnung in Verbindung mit einer blankgepressten Asphäre ermöglichen eine Abbildungsleistung, die absolut vergleichbar ist mit dem in herkömmlicher Fertigungsmethode gefertigtem Vorgängerobjektiv „ASPHERICAL“. (!)

Es wurde bereits ausgeführt, dass sich diese neue Technologie bisher nicht eignete, um zum einen die erforderliche Genauigkeit, zum anderen den geforderten großen Linsendurchmesser 20 mm zu erreichen, ganz abgesehen von der Qualität der Oberflächenbearbeitung. Hierzu benutzt man heute ein mehrmals diamantgedrehtes und punktuell geschliffenes und poliertes Werkzeug aus einem keramikartigen Material.

Parallel mit der Herstellung dieses Prägestempels, der in umgekehrter Form exakt der Oberfläche der zu fertigenden Linse entspricht, werden auch aufwendige mathematische Modelle zur Definition der zulässigen Oberflächenabweichungen und die hierfür geeigneten optischen Prüfgeräte entwickelt und gebaut.

Der Grund hierfür ist schnell einsichtig:

Wenn man überlegt, dass trotz größter Präzision sich beim Montieren der Optik Toleranzen ergeben, die durch dieses spezielle Fertigungsverfahren kompensiert werden, wird jedem Betrachter schnell klar werden, dass nur ein immenser Einsatz von Technik Know-How zum Ziel führen wird. Die Quintessenz aus dieser aufwendigen optischen Rechnung und dem innovativem Herstellungsprozeß ist somit ein Weitwinkelobjektiv zur Leica M, das mit nur einer asphärischen Linsenfläche bereits bei voller Öffnung eine Leistung erreicht, die praktisch identisch mit derjenigen des Vorgängerobjektivs ist, mit bei voller Öffnung noch gesteigerter Kontrastleistung im Bildfeld. (!)

Alle anderen optischen Kenndaten entsprechen denen des Vorgängers, so die Komafreiheit, hervorragende Detailwiedergabe und gute Bildfeldebahnung über den gesamten Einstellbereich bereits bei $f=1.4$.

Auch die systembedingte Vignettierung ist äußerst gering und ab $f=4$ praktisch nicht mehr vorhanden.

Mit dem zur photokina `96 vorgestellten ELMARIT-M 1:2.8/24 mm ASPH. baute die Leica Camera AG die Reihe von Objektiven mit asphärischen Linsenflächen aus.

Auch dieses Objektiv besitzt eine asphärische Linsenfläche nach dem innovativem „Präzisions-Blankpressverfahren“ hergestellt. Die kompakte Bauweise und das geringe Gewicht sind bedingt durch den optischen Aufbau von 7 Linsen in 5 Gliedern.

Wie bereits das SUMMILUX-M 1:1.4/35 mm ASPH., hat auch dieses Objektiv bereits bei voller Öffnung herausragende Leistungsmerkmale in Bezug auf Komafreiheit, Astigmatismus, Auflösung und Kontrast.

Durch die im Verhältnis zur Lichtstärke große Frontlinse konnte der Randlichtabfall wirkungsvoll bekämpft werden. Ein Abblenden um zwei Blendenstufen lässt die bei voller Öffnung gering vorhandene künstliche Vignettierung vollkommen verschwinden.

Als drittes Objektiv gesellte sich das Ende Juni 1997 neu präsentierte SUMMICRON-M 1:2.0/35 mm ASPH. in schwarz und silber verchromter Ausführung, mit hervorragender Bildfeldebnung, kaum messbarem Restkoma und hohem Kontrast bereits bei voller Öffnung zur Reihe der asphärischen M-Objektive neuer Generation. Heute gibt es im System bereits nicht weniger als 6 ! Objektive, die mit dieser heute noch verfeinerten Technik hergestellt und geliefert werden.

Hierzu zählen: APO-SUMMICRON-M 1:2.0/90 mm ASPH, das erste Objektiv mit Asphären und apochromatischer Korrektur und das APO-TELYT-M 1:3.3/135 mm.

Eine weitere Bereicherung dieser Entwicklung sind die ab 2000 vorgestellten „Maßgeschneiderten Asphären für ihr optisches Design“.

Die Leica Camera AG bietet damit auch anderen Herstellern die Möglichkeiten, je nach Wunsch „maßgeschneiderte Asphären“ auf Wunsch zu liefern.

Gespannt darf man in die Zukunft schauen, welche weiteren Highlights mit Asphärentechnologie den Führungsanspruch der Leica Camera AG auf diesem Sektor untermauern werden!

Weitere Techniken und Ausblick:

Um die Abbildungsleistung heutiger Objektiv zu steigern, das Gewicht und die Linsenzahl zu reduzieren wird der Optikrechner also nicht umhin können, Asphären anstelle von sphärischen Kugelflächen einzusetzen, die bei ähnlicher Leistung aber ein deutliches Mehr an Gewicht und Linsen bedeuten.

Gewiß wird das von der Leica Camera AG zur Serienreife mitentwickelte Verfahren zur Herstellung von Blankpresslingen zukunftsweisend sein, wenn auch andere Technologien existieren, die preiswerter sind aber auch mit größeren Problemen behaftet sind.

Zu erwähnen bleibt:

Ein weiteres zukunftsweisendes Verfahren, das automatische Schleifen und Polieren von asphärischen Linsenflächen auch größerer Durchmesser, befindet sich zur Zeit (1998) bei der Leica Camera AG in der Anlaufphase und wird es in naher Zukunft ermöglichen, auch größere Linsendurchmesser zu erhalten.

Somit werden heute bei der Leica Camera AG zwei neuartige Technologien angewendet:

Präzisions-Blankpressverfahren:

Glasrohmaterial wird in einem automatischen Prozeß erhitzt und in die asphärische Form gepresst. Die Toleranzen werden durch spezielle Prüfverfahren annähernd auf Null begrenzt. Nachteile dieser Technologie:

Nur wenige Glassorten eignen sich hierfür. Der Linsendurchmesser ist auf ca. 2.8 cm begrenzt.

CNC-gesteuerte Asphären-Schleif- und Poliertechnik.

Hierbei handelt es sich um eine neue Technologie, die die Nachteile des Präzisions-Blankpressverfahren vermeidet.

Die Leica Camera AG wird zukünftig, insbesondere bei Vario- und Weitwinkelobjektiven im R-Bereich, diese Technik verstärkt einsetzen. Diese neu entwickelte Technologie eignet sich auch für größere Linsendurchmesser und eine Vielzahl von Glassorten.

Als erstes in einer Reihe zukünftiger Leica-R-Objektive wurde kürzlich das neue **LEICA VARIO-ELMAR-R 1:4/35-70 mm** vorgestellt, mit hervorragender Leistung bereits bei voller Öffnung und einer bisher unerreichten Abbildungsleistung bei der Makroeinstellung. Interessanterweise ist es das einzige Leica-Objektiv ohne die für solche Objektiv typische Bezeichnung: ASPH.

Vielleicht liegt es daran, dass die Fertigung in Japan erfolgt, wen es auch in Solms gerechnet wurde.

1999 folgte ein weiteres Hochleistungsobjektiv: **VARIO-ELMARIT-R 1.2.8/35-70 mm ASPH.** mit dem stolzen Gewicht von fast 1 Kg. Und der bis dato größten Frontlinse als Asphäre.

Speziell entwickelte Prüf- und Montagetechniken ergänzen diesen als Kerntechnologie definierten Fertigungsbereich. Nachteile dieser Technologie:

Sehr hohe Investitionskosten.

(Sodass wie bereits erwähnt, der theoretisch erzielbare Kostenvorteil für den Kunden wohl wiederum nicht umgesetzt werden wird!)

Zurück zur Technik:

Die mathematischen Parameter für die zu fertigende Asphäre sind durch Vorgaben der optischen Rechnung eindeutig festgelegt.

Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass eine Seite der Linse sphärisch, die zweite Fläche durch eine asphärische Form zu beschreiben ist. Die Bearbeitung der sphärischen Fläche erfolgt mittels konventioneller Schleif- und Poliermaschinen. Nach der weiteren Bearbeitung wird dieses Halbfertigteil mit UV-Kleber auf einen Bearbeitungsdorn aufgesetzt.

Die aus Dorn und sphärischer Linse bestehende Einheit wird nun in die neu entwickelte Asphären-Schleifmaschine ALG-100 eingespannt und weiterbearbeitet. In weiteren Prozessen wird die Einheit anpoliert, die folgende Finish-Bearbeitung erfolgt in der ebenfalls neuen Poliermaschine ALP –100.

Der Dorn mit aufgeklebter Asphäre wird in die Maschine eingesetzt und in rotatorische Drehung versetzt. Mittels punktuellen Polieren erreicht man die Brillanz der Fläche. Bei diesem Arbeitsgang muß sorgfältig darauf geachtet werden, dass der beim Schleifen erzeugte ideale Kurvenverlauf nicht negativ beeinflusst wird.

Nachdem die Linse beidseitig poliert ist, erfolgt die Zentrierung auf den geforderten Durchmesser. Erst nach Abschluss dieses Arbeitsganges werden Dorn und Linse voneinander getrennt, gereinigt und die Linse mit reflexmindernden Schichten versehen.

Ein weiterer Meilenstein ist die Entwicklung der Meß- und Prüftechniken:

Hierbei werden berührungslose Messverfahren verwendet. Bei dem Schattenmessverfahren wird über einen speziellen Aufbau der Dorn mit aufgekitteter Linse beleuchtet, wobei eine Halogenlampe ein Schattenprofil dieses Körpers telezentrisch auf eine CCD-Kamera wirft.

Um die Genauigkeiten im Nanometerbereich zu gewährleisten, werden auch optische Messverfahren verwendet, die auf dem Prinzip der indirekten Interferenz beruhen.

Ein Kompensationssystem wird dazwischengeschaltet. Dieses System manipuliert die Wellenfront. Weiterhin benutzt man computergenerierte Hologramme, womit praktisch sphärische Bedingungen im Prüfstrahlengang erreicht werden.

Durch diese weltweit einzigartigen Leica Entwicklungen stehen somit heute Möglichkeiten zur Verfügung, schneller und zielgerichteter auf Marktanforderungen reagieren zu können.

Um den extrem hohen Fertigungskosten mit dem zwangsläufig entstehenden hohen Ausschuss zu entgehen, der beim herkömmlichen Schleifen und Polieren von asphärischen Linsenflächen anfällt, entwickelten in den letzten Jahren verschiedene, vorwiegend japanische Hersteller, Verfahren, die man als Replika- oder Hybridtechnik bezeichnet:

Beiden Fertigungsmethoden gemeinsam ist die Verwendung von höchst unterschiedlichen Materialien: Glas und Kunststoff.

Hierbei gibt es verschiedene Methoden, wobei zum einen auf die sphärische Fläche sogenannte asphärische Kunststoffplätzchen aufgespritzt werden oder die beim Schleifen entstehende Rillen mit Kunststoff ausgeglichen werden. (Hierbei spart man sich den aufwendigen Prozess des Auspolierens!)

1. Das sogenannte Gießkopierverfahren wurde von Carl Zeiss entwickelt. Zuerst wird hierbei eine Linse sphärisch mit hoher Präzision geschliffen. Auf diese sphärische Form wird dann eine Lamelle aus Epoxidharz gegossen und mit Hilfe einer Matrize in asphärischer Form nachgehärtet.

2. Eine weitere Methode, die Herstellkosten zu senken, ist die Verwendung von speziellen Kunststoffen zur Fertigung asphärischer Linsenflächen - das sogenannte Spritzgießen.

Der Vorteil liegt im recht einfachen Herstellungsprozeß – nur ein Arbeitsgang beim Spritzen – bei gemäßigttem Anspruch an die Abbildungsleistung.

So findet man heute Kunststoffasphären vorwiegend im preiswerten Objektiv und Suchern von Kompaktkameras. Der Vorteil solcher Kunststoffasphären liegt in den geringen Herstellungskosten, da man hierbei nur einmal die hohe Genauigkeit im Werkzeug darstellen muß.

Nachteilig ist allerdings die Langzeitstabilität solcher Kunststoffasphären sowie ihre Empfindlichkeit gegenüber größeren Temperaturschwankungen.

Das Hauptproblem bei allen genannten Hybrid/Replika – und Spritzverfahren ist die Haltbarkeit, zudem die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Glas und Kunststoff, die bei Temperaturschwankungen zu Spannungen und Deformierungen, im Extremfall zum Abriß dieser Fläche führen können!

Weiterhin konnten bisher für solche Technologien nur niedrigbrechende Gläser eingesetzt werden. Außerdem ergibt sich bei tropischen Klimaverhältnissen mit hoher Feuchtigkeit ein anderer negativer Aspekt:

Bekanntermaßen zeigen bestimmte Kunststoffe eine Vorliebe für Bakterienbefall (Fungus), der auch durch aufwendigste Abdichtungsverfahren beim Objektiv nicht gänzlich vermieden werden kann. Genauere Untersuchungen stehen hier aber noch aus.

Bekannt ist auch, dass manche Kunststoffsorten im Laufe der Jahre durch intensive UvA/B-Strahlung geradezu ermüden, spröde werden und sich farblich verändern und damit das optische System zerstören können. Eine ähnliche Erfahrung musste ich 2001 machen, als wir auf unserem Dach Kunststoffteile auswechseln mussten bzw. neu gedeckt wurden, da der Kunststoff mit 10 Jahren Garantie anfang zu bröseln. Scheinbar galt diese Garantie nur für mitteleuropäische Verhältnisse und nicht für die intensive Sonneneinstrahlung auf La Palma in einer Höhe von 930 m!

Und davon einmal abgesehen: Kein Hersteller wird Ihnen hierauf eine verbindliche Garantie geben oder Reklamationen anerkennen!

Nicht anderes wird es mit solchen Objektiven sein!

Ein Vorteil ist auf den ersten Blick die Verformbarkeit und Stoßunempfindlichkeit von bestimmten Kunststoffen, der jedoch, fertigungs- und fassungsbedingt, sich in sein Gegenteil wandelt, da wir es hier mit Hybridsystemen, sprich unterschiedlichen Materialien zu tun haben, die besonders empfindlich gegenüber Schockbelastung sind. Wenn auch Verbesserungen bei solchen Hybridsystemen zu erwarten sind, so liegt nach heutigem Kenntnisstand die Zukunft der Asphärentechnologie eindeutig bei dem „Präzisionsblankpressverfahren“ sowie für größere Linsendurchmesser im CNC-gesteuerten Schleifen und Polieren, wie sie die Leica Camera AG weltweit erstmals im SUMMILUX-M 1:1.4/35 mm ASPH. und im VARIO-ELMAR-R 1:4/35-70 mm (ASPH) realisiert hat.

Der Quantensprung scheint nach heutigem Kenntnisstand gelungen, und man darf gespannt sein, welche weiteren Objektive zukünftig mit dieser Technologie die Optikschmiede der Leica Camera AG verlassen und weltweit Maßstäbe und Standards im Bau von Höchstleistungsobjektiven setzen werden.

Bestimmt werden in den nächsten Jahren weitere zukunftsweisenden Techniken zur Asphärenfertigung entwickelt werden, wobei man insbesondere auf besonders kostengünstige, praktikable Lösungen gespannt sein kann:

Sei es das Verfahren eines europäischen Herstellers, asphärische Flächen auf Drehbänken durch erhitzte Glasrohlinge/Stäbchen zu erzielen, oder das angekündigte Verfahren eines amerikanischen Herstellers, wobei man Tests mit Glasfasern unternimmt, die, entsprechend dem inneren und äußeren Radius eine abnehmende Brechkraft besitzen.

Sollte es gelingen, hieraus, entsprechend dem Gradienten ebene Scheiben herauszuschneiden, hätte man bereits eine sphärische Linse. Ein weiterer theoretischer Vorteil liegt im besonderen Brechungsindex des Materials begründet: Nämlich durch spezielle Schleifmethoden dem Material – der ebenen Scheibe – eine sphärische Form zu geben, womit die Form einschließlich aller positiven Eigenschaften einer asphärisch geschliffenen Fläche erreicht wäre.

Weiterhin ist noch immer die bereits mehrmals angekündigte „Sensation“ – der Wegfall herkömmlichen Glases und sein Ersatz durch Flüssigkeiten mit besonderen Brechungseigenschaften – im Gespräch.

Vielleicht sollte sich die Leica Camera AG einmal Gedanken darüber machen, wie man die Ferngläser besser vermarkten könnte. Nämlich durch den Einsatz von Asphären für Weitwinkel Ferngläser, und dies auch noch mit apochromatischer Korrektur!

Zum Abschluß eine kleine Übersicht der heutigen Asphärentechnologien:

Asphärentechnologie

Technologie	Vorteil	Nachteil
Schleifen und Polieren manuell	Bei sorgfältiger Bearbeitung hohe Oberflächenqualität	Da in Stufen gearbeitet wird, entstehen leicht Rillen. Daher hoher Ausschuß
Replika/Hybridtechnik: Auftragen der asphärischen Fläche aus Kunststoff auf eine sphärische Glasfläche	Preisgünstig	Unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten/Langzeitstabilität/Fungus UVA/B-empfindlich
Auffüllspritztechnik Die Rillen sphärisch geschliffener Linsen werden mit Kunststoff ausgefüllt	Preisgünstig	Wie oben!
Blankpressen	Sehr preisgünstig	Erfüllt nur geringe Qualitätsansprüche. Nur anwendbar für Beleuchtungsoptiken, Sucher und Suchersysteme
Neue Technologie: Präzisions-Blankpressen	Preisgünstiger und wesentlich unproblematischer als herkömmliches Schleifen und Polieren	Aufwendiges Programm zur Entwicklung von Kompensationsoptiken. Nur für wenige Glassorten geeignet. Linsendurchmesser bis 2.8 cm.
Neue Technologie: CNC-gesteuerte Schleif- und Poliertechnik, automatisch	Zukunftsweisendes neues Verfahren, das sich auch für größere Linsendurchmesser und eine Vielzahl von Glassorten eignet	Sehr hohe Investitionskosten und bis heute auch hohe Verkaufskosten

Mit freundlichen Grüßen an alle Mitglieder und Interessenten des Forums.

© Hendrik Hösel 1997/2004