

A vintage telescope with a brass body and a black leather-wrapped handle lies diagonally across a nautical chart. Below the telescope, a circular compass rose with a fleur-de-lis and various directional markings is visible. The background is a detailed nautical chart with depth soundings and geographical features.

Verzeichnungsfreie Darstellung

Geschichte der Telezentrie

Vielfach ist man heute der Meinung, die Telezentrie wäre eine neue Erfindung und sie wäre erst mit der Entwicklung der industriellen Bildverarbeitung aufgekommen. Dem ist jedoch nicht so. Im Grunde gibt es das Phänomen der Telezentrie seit Menschen angefangen haben mit Linsen zu experimentieren und optische Systeme aus ihnen herzustellen. Dennoch wurde die Telezentrie als Solche erst im 19. Jahrhundert definiert.

Teleskope

Schon die ersten teleskopischen Systeme sind telezentrisch. Ihre Brennweite liegt im Unendlichen und man kann ihre Latervergrößerung mit $V = y'/y$ angeben.

Als Erfinder des Teleskops wird meist Galileo Galilei angegeben, der 1609 sein holländisches Fernrohr baute. Das ursprüngliche Fernrohr wurde aber wohl schon ein Jahr zuvor von dem Holländer Jan Lippershey erfunden. Galilei verbesserte dieses System soweit, dass er damit eine ungefähr 33-fache Vergrößerung erreichte. Dennoch war Galilei der erste, der mit seinem Fernrohr den Himmel systematisch durchmusterte und so die vier größten Jupitermonde entdeckte, die daher die Galileischen Monde genannt werden. Keplers astronomisches Fernrohr hingegen wurde von ihm selbst nur theoretisch ermittelt. Gebaut wurde es erst 1613 von einem Optiker namens Scheiner. Im Gegensatz zu Galileis Fernrohr hatte es allerdings den Nachteil, dass das Bild auf dem Kopf steht.

Mikroskope

Die ersten Mikroskope verfügten noch nicht über eine besonders gute Abbildungsqualität, zu dem konnte man sich bestimmte Vorgänge nicht mit der geometrischen Optik erklären. So war es 1880 an Ernst Abbe hierfür die entsprechenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten zu entwickeln und dem Bau der Mikroskope durch „Prübeln“ ein Ende zu setzen. Von nun an war das Auflösungsvermögen der Mikroskope nicht mehr durch das Material beschränkt, sondern durch die physikalischen Beugungsgesetze, deren untere Grenze Abbe-Limit genannt wird. Unter anderem fand er aber auch heraus, dass es für Messmikroskope und -projektoren günstig ist, mit einem telezentrischen Strahlengang zu arbeiten. Hiermit kann man eine leicht schwankende Objektentfernung und ein Nichtzusammenfallen von Messfadenebene und Bildebene ausgleichen, wenn man den Strahlengang zu beiden Seiten hin telezentrisch gestaltet. Abbe ist damit

einer der ersten, der den Begriff der Telezentrie verwendet, um einen parallelen Strahlengang zu beschreiben.

Profilprojektion

Mit Beginn der Serienfertigung musste auch die Messtechnik weiter entwickelt werden, um die Austauschbarkeit der einzelnen Bauteile zu garantieren. So wurde ca. um 1920 die Telezentrie erstmals zur technischen Inspektion und Vermessung von Bauteilen verwendet. Sie kam zum Einsatz in optischen Profilprojektoren, die sowohl einen telezentrischen Kondensator für die Beleuchtung als auch ein telezentrisches Objektiv zur Abbildung benötigen.

Etwa seit 1970 baut Sill Optics eben diese telezentrische Objektive und die dazugehörigen Kondensoren zur telezentrischen Beleuchtung.

Das Prinzip der Profilprojektoren ist es, ein Bauteil, das auf einen Objektträger gelegt wird, auf einen Schirm vergrößert zu projizieren. Später wurde der Projektionsschirm mit Messeinteilungen versehen, um so die Qualität besser bestimmen zu können und auch ein Maß der Abweichung angeben zu können.

Auch durch die Entwicklung der telezentrischen Objektive für die Bildverarbeitung wurde die Profilprojektion bis heute nicht völlig ausgelöscht. Gerade in Ländern mit beginnender Industrialisie-

rung nutzt man diese Geräte immer wieder gerne, weil die Objekte leicht geprüft werden können und die Geräte stabil und einfach zu bedienen sind. Sill Optics stellt als einziger Fabrikant immer noch Profilprojektions-Optiken für alle Schirmgrößen her.

Telezentrische Objektive

Mit der Entwicklung von Kameras für die industrielle Bildverarbeitung und den immer mehr steigenden Anforderungen an die Qualitätskontrolle musste man sich neue Methoden zur Inspektion einfallen lassen. So experimentierten verschiedene Firmen Anfang der 90er Jahre mit telezentrischen Objektiven für die Bildverarbeitung, die man kurz darauf schon käuflich erwerben konnte.

Zu Anfang waren diese Objektive nicht viel mehr als ein entozentrisches, also normales, Objektiv einer bestimmten Brennweite vor das eine Vorsatzlinse gesetzt wurde. Die Abbildungsqualität war je nach Güte der Vorsatzlinse und ihrer Position im System sehr unterschiedlich. Diese Objektive wiesen außerdem eine hohe Verzeichnung und schlechte Farbkorrektur auf.

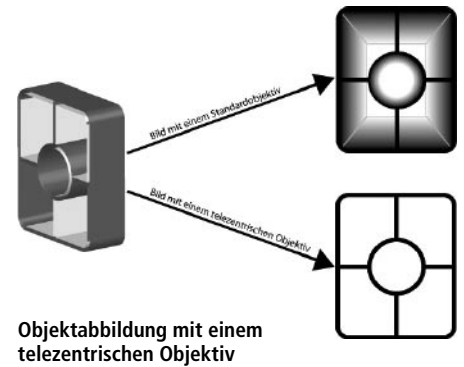
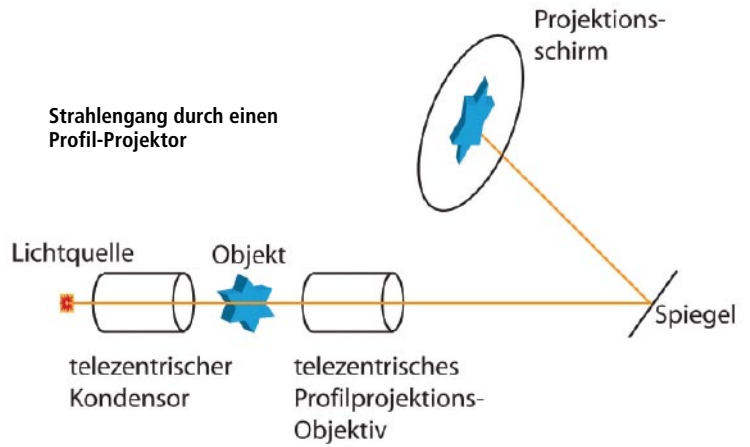
Mit weiter steigenden Anforderungen an die Genauigkeit reichten auch diese Optiken nicht mehr aus und man ging dazu über, komplette Systeme mit Hilfe von Optik-Design-Programmen zu berechnen.

Heute stellt Sill Optics telezentrische Objektive aller Arten her. Je nach Anforderung gibt es objektseitig, bildseitig oder beidseitig telezentrische Objektive, die für alle Arten von Sensoren erhältlich sind. Zu dem ist eine Auswahl zwischen verschiedenen Qualitätsklassen mit unterschiedlicher hoher numerischer Apertur und Verzeichnung möglich.

Anwendung telezentrischer Objektive

Heutige Anwendungsgebiete telezentrischer Objektive gibt es in allen Bereichen. Am weitesten verbreitet ist die objektseitige Telezentrie, die zur Vermessung und perspektivloser Abbildung von Bohrungen, Stiften und bewegter Objekte verwendet wird.

Weniger bekannt ist die bildseitige Telezentrie. Dabei wirkt das Objektiv wie ein entozentrisches Objektiv einer bestimmten Brennweite. An der Bildseite entstehen aber nur parallele Strahlen, die dann auf den Sensor fallen. Dies ist von Vorteil, wenn man mit Sensoren arbeitet, auf denen Mikrolinsen-Arrays angebracht sind. Shading-Effekte, die dadurch entstehen können, dass die Strahlen nicht im rechten Winkel auf die Linsen treffen, werden durch bildseitige Telezentrie vermieden. Auch für Homogenitätsmessung von Lichtquellen oder zur Beamerprojektion sind diese Objektive gut geeignet. Die beidseitige Telezentrie verbindet die Vorteile beider Arten. Zudem treten durch die Symmetrie des optischen Aufbaus keine geometrischen Abbildungsfehler auf, wie z.B. Ver-



Objektabbildung mit einem telezentrischen Objektiv

zeichnung. Ein weiterer Vorteil ist, dass Unschärfen symmetrisch zunehmen und dadurch die Objekte weiterhin messbar bleiben. Beidseitig telezentrische Objektive werden daher hauptsächlich bei Zeilenkameras verwendet, und wenn es auf hohe Messgenauigkeit ankommt.

Abschließend kann man sagen, dass die Telezentrie einen wichtigen Meilenstein bei der Weiterentwicklung der industriellen Bildverarbeitung darstellt.

Literatur

- Kurt Rantsch, Die Optik in der Feinmechanik, Carl Hanser München, 1949
- Fritz Hodam, Technische Optik, VEB Verlag Technik Berlin, 1965
- Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, 2. Bd, 3. Buch, Friedr. Vieweg & Sohn, 1905

► **Autor**
Wiebke Marzahn

► **Kontakt**
Sill Optics GmbH & Co. KG,
Wendelstein
Tel.: 09129/9023-0
Fax: 09129/9023-23
wiebke.marzahn@silloptics.de
www.silloptics.de



Telezentrische Objektive von Sill Optics