

# SILL OPTICS NEWS



BILDVER-  
ARBEITUNG  
MACHINE  
VISION



## Bildverarbeitung

- Das erste telezentrische SWIR Objektiv
- Telezentrische Objektive mit fokusvariabler Linse und koaxialer Lichteinkopplung
- Telezentrische Objektivserien für hochpräzise Farbaufnahmen mit Weißlicht-Beleuchtung
- Kamerabasierte Prozessüberwachung in der Lasermaterialbearbeitung
- Made in Germany = Kundenspezifische Produkte sind die Zukunft

## Machine vision

- The first telecentric SWIR lens
- Telecentric lenses with focus tunable lens and coaxial illumination
- Telecentric lenses for high precision color imaging with white illumination
- Camera-based observation in laser material processing
- Made in Germany = customized products are the future

## Messen / Fairs

Besuchen Sie uns / Visit us

**Vision** in Stuttgart

06.- 08.11. 2018 - Halle 1/Stand 1H12

**Photonics West** in San Francisco

05.- 07.02. 2019 - South hall/booth 1566

**Laser - World of PHOTONICS** in Shanghai

20.- 22.03. 2019 - German Pavilion

**VISION**  
**SPIE.**

**LASER** World of  
**PHOTONICS**  
CHINA

**PHOTONICS**  
**WEST**

# Das erste telezentrische SWIR Objektiv

## The first telecentric SWIR lens

Erschwingliche InGaAs-Sensoren mit einer spektralen Empfindlichkeit im Bereich von 900-1700nm und zunehmender Auflösung eröffnen immer mehr Anwendungsbereiche (z.B. in der Nahrungsmittel- und Pharmaindustrie) und werden zu einem weiteren Zugpferd für die industrielle Bildverarbeitung.

Als Spezialist für telezentrische Optiken für die industrielle Bildverarbeitung präsentiert Sill Optics nun eine Neuheit: das erste beidseitig telezentrische Objektiv für den SWIR- Bereich. Gemäß den Marktanforderungen ist eine hyperspektrale Bildgebung über einen großen Wellenlängenbereich ebenso möglich wie der Einsatz eines Bandpassfilters für die Abbildung bei einer schmalbandigen Beleuchtung.

Das Objektiv (Art. Nr. S5LPJ6835) mit Abbildungsmaßstab 0,33x ist für ein Objektfeld von Ø48mm und eine NA von 0,03 ausgelegt, was einer Blendenzahl von  $F\#=5,5$  entspricht. Mit Einbußen hinsichtlich Vignettierung und maximaler Auflösung ist für Applikationen mit hohem Lichtbedarf mit der variablen Blende sogar eine Blendenzahl bis 2,0 einstellbar. Der objektseitige Telezentriefehler liegt im gesamten Wellenlängenbereich unter 0,5°, die Verzeichnung liegt unter 0,5%.

Als Pendant wird zur Vision 2018 auch ein entozentrisches Objektiv mit Brennweite 50mm vorgestellt (Art. Nr. S5LPJ6805).

Das Objektiv ist für eine maximale Sensordiagonale von 17,6mm (1.1" Sensor) und eine minimale  $F\#$  von 1,8 entwickelt und ist mit C-Mount oder M42-Anschluss erhältlich. Der Arbeitsbereich liegt zwischen 400mm und unendlich. Die Fokussierung ist über einen Rändel ebenso einstellbar wie die Blendengröße. Die Verzeichnung variiert von <0,5% (unendlicher Arbeitsabstand) bis <1,5% (bei einem Arbeitsabstand von 400mm)

Die sensorseitige Telezentrie beider Objektive ermöglicht neben dem Einsatz in Spektrometern auch gleichzeitig die Verwendung mit einer prismenbasierten Mehrsensoren-Kamera.

Ein telezentrisches Objektiv mit Abbildungsmaßstab 0,5 sowie ein entozentrisches Objektiv mit Brennweite 75mm sind in Planung. Beide Objektive sind sensorseitig telezentrisch und für einen 24mm Sensor ausgelegt.

Affordable InGaAs sensors with a spectral sensitivity between 900 and 1700 nm and increasing resolution establish growing application fields (e.g. food and pharmaceutical industries) and became an additional leading force in machine vision industries.

As a specialist in telecentric optics for machine vision Sill Optics offers the first bi-telecentric lens for SWIR waveband. According to market demands, the lens is suitable for hyperspectral imaging with a wide wavelength range as well as for application with bandpass filter.



The bi-telecentric lens (part. nr. S5LPJ6835) has a magnification of 0.33 for a maximum field of view of Ø48mm. The lens design is optimized for NA 0.03, that equals a  $F\#$  of 5.5. With reservations regarding vignetting and maximum resolution, imaging with  $F\#$  2.0 is possible for applications with high demand in light intensity. The remaining object-sided telecentric error is less than 0.5°, the distortion is less than 0.5%.

Equivalently, we offer an entocentric SWIR lens with a focal length of 50mm (part no. S5LPJ6805). This lens has been developed for a maximum sensor size of 17.6mm (1.1" sensor) and a minimum  $F\#$  of 1.8. It is available with C-Mount or M42 thread. The working distance can be adjusted between 400mm and infinity. Stop size and focus are mechanically adjustable and can be fixed by a locking screw. The distortion varies between <0.5% (infinite working distance) and <1.5% (working distance 400mm).

The sensor-sided telecentricity of both lenses enables the combination with spectrometers or with prism based multi-sensor cameras.

A telecentric lens with magnification 0.5 and an entocentric lens with focal length 75mm will be available soon. Both lenses are sensor-sided telecentric and specified for a sensor diagonal of 24mm.

part number	focal length [mm]	max. $F\#$	max. field angle [°]	max. image diagonal [mm]	wave-length [nm]	min. working distance [mm]	max. distortion [%]	length [mm]	mount
S5LPJ6805/216	50.0	1.8	9.1	17.6 (1.1")	900-1700	400	1.2	71.8	C-mount
S5LPJ6805/M42	50.0	1.8	9.1	17.6 (1.1")	900-1700	400	1.2	71.8	M42x1

part number	magnification	NA	Ø clear aperture [mm]	max. sensor size [mm]	wave-length [nm]	working distance [mm]	max. distortion [%]	length [mm]	mount
S5LPJ6835	0.333	0.03	62.0	16.0 (1")	900-1700	147.0	0.26	195.5	C-mount

# Telezentrische Objektive mit fokusvariabler Linse und koaxialer Lichteinkopplung

## Telecentric lenses with focus tunable lens and coaxial illumination

Die beiden Neuentwicklungen des vergangenen Jahres verschmelzen zu Einer: Die Kombination unserer fokusvariablen telezentrischen Objektive mit der weiterentwickelten koaxialen Lichteinkopplung ist naheliegend, da eine telezentrische Auflichtbeleuchtung bei der Prüfung eines Bauteils mit fokusvariabler Flüssiglense entscheidende Vorteile hat.

Bei einem Systemaufbau mit Durchlichtbeleuchtung bietet ein telezentrisches Objektiv mit elektronisch verstellbarem Arbeitsabstand oft keinen Vorteil, weil die gesamte Bauteiltiefe in einer Messung scharf abgebildet werden muss. Eine Dunkelfeld- oder Hellfeldbeleuchtung in einem definierten Winkel hat wiederum den Nachteil, dass die unterschiedlichen Fokus-Ebenen nicht gleichzeitig bestmöglich beleuchtet werden können. Die Lösung hierzu ist eine aufwendige seitliche Beleuchtung für mehrere Fokuslagen oder ein koaxiales Auflicht.

Bereits seit mehr als 10 Jahren bietet Sill Optics erfolgreich telezentrische Objektive mit integriertem kollimierten Auflicht an. Hauptanwendungen sind präzise Messaufgaben an Oberflächen. Im vergangenen Jahr wurde ein modulares System für Objektive mit einem Objektfeld größer Ø60mm präsentiert, in dem sowohl der Strahlteiler vom Kunden selbst getauscht, als auch eine Verzögerungsplatte durch einen Einschub einfach in das Objektiv integriert werden kann. Darüber hinaus können vergrößerte Objektive mit einer Verzögerungsplatte als Vorsatz ausgestattet werden. Dadurch kann das Objektiv vom Kunden selbst zur Messung bei unterschiedlichen Bedingungen angepasst werden.

Viele unserer Objektive mit fokusvariabler Flüssiglense können mit einer koaxialen Einkopplung durch das Objektiv kombiniert werden.

Die Kombination von Flüssiglense und telezentrischem Objektiv mit koaxialer Einkopplung verhindert zum einen den Schattenwurf in den zu prüfenden Ebenen, zum anderen ist eine klare Kantendetektion aufgrund des kollimierten Beleuchtungsstrahlengangs möglich. Der Beleuchtungsstrahlengang wird durch die Verstellung der Flüssiglense nicht beeinflusst.

The main developments of the previous year fuse to one: The combination of our focus tunable telecentric lenses with our advanced coaxial light coupling telecentric lenses. This is obvious, since a telecentric bright field front lighting has significant advantages for object detection with focus tunable liquid lens.

For a measurement system with backlight illumination, a telecentric lens with tunable working distance has no benefit as the whole object depth has to be imaged with a certain resolution at one single shot. A bright or dark field illumination in a defined angle of incidence (e.g. ring light) is limited, since the best homogeneity will be realized only for one working distance and not for all focusing planes. The appropriate solution would be a special illumination setup for different focal positions or a coaxial bright field illumination.

Since more than 10 years, Sill Optics offers telecentric lenses with coaxial collimated illumination successfully. Their main applications are high precision measurement tasks of surfaces. Last year, we presented a modular system for lenses with field of view larger than Ø60mm, whereby the beam splitter can be changed by the customer himself and a retardation plate can be inserted into the lens easily. For magnifying lenses, the retardation plate is available as an add-on at the front lens. Thus, the customer has the possibility to fit the lens to different illumination conditions.

For many of our telecentric lenses with focus tunable liquid lens, a coaxial coupling through the lens is combinable. Thus, you can prevent shading at the detection plane and a very good edge detection is possible because of the collimated illumination beam path. The illumination beam path is not affected while tuning the liquid lens.



part number	magnification	working distance [mm]	Ø clear aperture [mm]	max. sensor size [mm]	wave-length [nm]	NA	max. distortion [%]	length [mm]	mount	LED [mA]	LED [V]
S5VPL6060/LED	0.29	137.5-205.9	86.0	17.6 (1.1")	623 (+/- 11)	0.0015	0.47	294.2	C-mount	350	2.5
S5VPL2660/LED	0.374	113.4-172.9	48.0	11.0 (2.3")	623 (+/- 11)	0.0015	0.63	213.8	C-mount	350	2.5
S5VPL2898/LED	0.579	81.7-98.2	61.0	16.0 (1")	623 (+/- 11)	0.03	0.47	172.6	C-mount	350	2.5
S5VPL0625/LED	1.0	179.1-196.5	29.0	16.0 (1")	623 (+/- 11)	0.03	0.73	142.3	C-mount	350	2.5
S5VPL0422/LED	2.0	100.5-109.7	26.0	28.6	623 (+/- 11)	0.04	0.35	155.8	M42x1	350	2.5

# Telezentrische Objektivserien für hochpräzise Farbaufnahmen mit Weißlicht-Beleuchtung

## Telecentric lenses for high precision color imaging with white illumination

Über Jahre wurde der Standard bei Farbsensoren durch einen 1-Chip Sensor mit Bayer-Pattern definiert. Die Anforderungen an die abbildenden Optiken waren überschaubar, da aufgrund der reduzierten Ortsauflösung deutlich größere Toleranzen hinsichtlich des erreichbaren Kontrasts und des lateralen Farbfehlers vorhanden waren.

Aufgrund der heutigen technischen Möglichkeiten und den immer kleiner realisierbaren Pixeln, auch bei Farbsensoren, werden mittlerweile neue, höhere Anforderungen an die Breitbandkorrektur von Objektiven gestellt.

Darum haben wir zwei unserer erfolgreichsten Serien an telezentrischen Objektiven auf eine neue Stufe gestellt und ermöglichen mit einer deutlich verbesserten Farbkorrektur den Einsatz für präzise Messungen mit Weißlicht und hochauflösenden Farbsensoren.

Sowohl aus der Correctal T85-Serie, als auch aus der Correctal T120-Serie werden nun ausgewählte Objektive für 1/2“, 1/1.8“, 2/3“ und 1“ zusätzlich als „Color“-Version angeboten.

Kernpunkt der Überarbeitung ist die Minimierung des lateralen Farbfehlers, um die Ortsauflösung bei Verwendung breitbandiger Beleuchtung zu erhöhen. Die beiden Objektive S5LPJ6125 und S5LPJ1725 sind zudem beidseitig telezentrisch, was den Einsatz in Spektrometern sowie die Verwendung mit prismenbasierten Mehrsensoren-Kameras ermöglicht. Zu beachten ist dabei, dass je nach Auflösungsanforderung der chromatische Längsfehler aufgrund des Kameraprismas zum Tragen kommt.

Color sensor standard has been defined by a 1-chip sensor with Bayer pattern for years. This resulted in low requirements for imaging lenses since a low spatial frequency looses tolerances and specifications regarding achievable contrast and lateral color error.

Nowadays technical possibilities and decreasing pixel sizes – even for color sensors – require higher demands to broadband color correction of machine vision lenses.

Therefore we re-designed two



of our most successful series of telecentric lenses to improve color correction for high precision measurement applications with white illumination and high resolution color sensors.

Selected lenses for 1/2“, 1/1.8“, 2/3“ and 1“ sensors, based on the series Correctal T85 and Correctal T120, are offered in a special „Color“ version.

The central issue of the new design is the reduction of the lateral color error to increase the spatial resolution for a broadband wavelength region. Additionally, the lenses S5LPJ6125 and S5LPJ1725 are bi-telecentric to enable use in spectrometer and prism based multi sensor cameras. Please be aware, that chromatic focus shift of camera prism will affect the resolution for multi-sensor cameras.

part number	magnification	working distance [mm]	Ø clear aperture [mm]	max. sensor size [mm]	wave-length [nm]	NA	max. distortion [%]	length [mm]	mount
S5LPJ6122	0.1	180.0	86.0	8.0 (1/2“)	450-700	0.008	0.15	290.1	C-mount
S5LPJ6125	0.108	180.0	86.0	8.9 (1/1.8“)	450-700	0.008	0.47	343.2	C-mount
S5LPJ6133	0.144	180.0	86.0	11.0 (2/3“)	450-700	0.01	0.17	304.2	C-mount
S5LPJ6150	0.244	180.0	86.0	17.6 (1.1“)	450-700	0.012	0.47	285.8	C-mount
S5LPJ1722	0.068	284.0	123.0	8.0 (1/2“)	450-700	0.008	0.47	377.6	C-mount
S5LPJ1725	0.074	284.0	123.0	8.9 (1/1.8“)	450-700	0.005	0.85	436.6	C-mount
S5LPJ1733	0.098	284.0	123.0	11.0 (2/3“)	450-700	0.007	0.43	393.6	C-mount
S5LPJ1750	0.166	284.0	123.0	17.6 (1.1“)	450-700	0.008	0.72	278.8	C-mount

# Kamerabasierte Prozessüberwachung in der Lasermaterialbearbeitung

## Camera-based observation in laser material processing

Um das Ergebnis der Lasermaterialbearbeitung direkt während der Bearbeitung beobachten und ggf. reagieren zu können, werden unter anderem kamerabasierte Prozessüberwachungsmethoden eingesetzt. Abhängig von der Anwendung sind dabei verschiedene Methoden möglich:

Bei der koaxialen Beobachtung durch das Scanobjektiv wird ein Teil des Lichts ausgehend von der Bearbeitungsfläche über das Scanobjektiv durch den Scankopf gelenkt und über einen Strahlteiler und ein Teleobjektiv auf einen Sensor abgebildet. Das Beobachtungsfeld wird somit immer zusammen mit dem Laserstrahl über das Bearbeitungsfeld geführt. Die Auflösung wird durch die Apertur des Scanners begrenzt. Abbildungsfehler, die durch das Scannersystem und die Wellenlängendifferenz zwischen Laser und Beobachtungswellenlänge entstehen, können durch den Einsatz von multispektralen F-Theta Objektiven und eine aufwendige Kalibrierung verringert, aber nicht vollständig behoben werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Beobachtung eines Laserprozesses ist die Installation eines Objektivs mit seitlicher Ausrichtung auf die Bearbeitungsfläche. Durch die schräge Betrachtung entsteht abhängig von Kippwinkel, Arbeitsabstand und Feldgröße eine Weglängendifferenz von Objektiv zu Bearbeitungsfeld. Laut dem Scheimpflug-Prinzip kann die Unschärfe einer gekippten Objektebene durch eine ebenfalls verkippte Sensorebene kompensiert werden. Um dies zu realisieren, bietet Sill Optics kundenspezifische Adapter an, die in das Objektiv sensorseitig integriert werden. Durch den Einsatz von telezentrischen bzw. bi-telezentrischen Objektiven kann die durch die Verkipfung entstandene Verzeichnung deutlich reduziert werden.

Für transparente Werkstücke gibt es noch die spezielle Möglichkeit, die Bearbeitungsfläche von unten durch das Objekt zu betrachten. Da dabei jedoch nicht nur die Beobachtungswellenlänge sondern auch die Laserstrahlung in das Abbildungsobjektiv tritt, muss das Objektiv spezielle Designkriterien erfüllen z.B. Vermeidung von Absorptionsspitzen und Anpassung an die Laserleistung.

Wir beraten Sie gerne im Hinblick auf geeignete Methoden zur Prozessbeobachtung für Ihr System und empfehlen Ihnen eine passende Optik.

Observing laser manufacturing while processing enables a quick analysis and thus an immediate reaction. One possibility is the camera-based process observation, whereby several methods are practicable for different systems:

In coaxial observation setups, light from the processed object passes the scan lens, the scan system and a beam splitter to be imaged with a telephoto lens on a sensor. Thus, a small field of view is moved simultaneously with the laser beam. Thereby, the resolution is limited by the aperture of the scanner. Aberrations that are caused by the scanning system and by the wavelength difference between laser and observation wavelength, can only be decreased, but not eliminated, by using multispectral F-theta lenses and a time-consuming calibration.

Another possibility for observing a laser process is the installation of a lens with oblique orientation to the processing field. Caused by the oblique view, a difference in optical path occurs that depends on

the tilt angle, working distance and field of view.

The resulting blur at the field edges can be solved by using a lens that considers the Scheimpflug principle. It describes that the blur on an image caused by a tilted object plane can be compensated by tilting the sensor plane by a defined angle too. To realize this, Sill Optics offers a custom specific adaptor that is sensor-sided integrated into the lens. Distortion that is caused by the tilted view can be improved significantly by telecentric or bi-telecentric lenses.

For transparent workpieces there is also the opportunity of observing the working process through the material from below. Beside the observation wavelength the laser wavelength passes the imaging too. Because of that, the lens design has to fulfil additional criteria e.g. prevention of absorption peaks and design for the laser energy.

We are pleased to support you regarding the appropriate method for process observation of your system.



# Made in Germany = Kundenspezifische Produkte sind die Zukunft

## Made in Germany = customized products are the future

Die Perspektive für den Fertigungsstandort Deutschland ist auch für Zulieferer der industriellen Bildverarbeitungs-Branche klar ersichtlich: Immer mehr Standardprodukte werden in steigender Qualität zum günstigeren Preis außerhalb Deutschlands produziert. Trotzdem ist der Bedarf an in Deutschland produzierten optischen Komponenten und Objektiven hoch wie selten zuvor.

Speziell im Sondermaschinenbau und im kundenspezifischen Anlagenbau werden zunehmend individuelle Optiken benötigt. Je nach Einsatzgebiet ist ein hoher Bedarf sowohl für Einzelstücke und Kleinserien, aber auch für eine Großserienfertigung vorhanden. Kundenspezifisch kann dabei sowohl eine mechanische Anpassung einer Standardoptik oder eine einfache optische Modifikation sein, aber auch eine zusätzliche Baugruppe innerhalb des Objektivs (z.B. motorisierte Blende, Filterrad, Umlenkspiegel, Strahlteilung) oder ein komplett neu berechnetes und individuell gefertigtes Objektiv.

Sill Optics stellt sich seit Jahren dieser Aufgabe und bietet kundenspezifische Adaptationen und Neuentwicklungen an. Im Maschinenbau, in der Biomedizin und in der Materialbearbeitung wurden eine Vielzahl an Entwicklungsprojekten nach individuellen Anfragen bearbeitet und öffentlich geförderte Forschungsprojekte erfolgreich umgesetzt.

Der Sill Optics - Katalog dient dabei als Basis für die Auslegung gemäß der Kundenanforderungen. In vielen Fällen ist eine Konzeptprüfung mit einer vorhandenen Optik ebenso notwendig wie ein Testaufbau mit mehreren Varianten. Die umfassende Liste an unterschiedlichen Objektiven ist dabei als Wegweiser realisierbarer Lösungen zu betrachten und nicht als Aufzählung „ab Lager“ verfügbarer Artikel.

Sill Optics wird weiterhin Trends setzen und neue Ideen verwirklichen, auch wenn deren Anwendungsfälle noch keine Serienproduktion in Aussicht stellen. Objektiventwicklungen in der industriellen Bildverarbeitung bieten großes zusätzliches Potential, was anhand der aktuellen Beispiele (telezentrische Objektive mit fokusvariabler Flüssiglinse oder telezentrische Objektive für den SWIR-Bereich) erkennbar ist.

The perspective for manufacturing located in Germany is obvious for suppliers in the machine vision sector: More and more standard products are in production abroad with increasing quality and lower prices. Nevertheless, the demand in optical components and lenses manufactured in Germany is higher than ever before.

Especially in specific mechanical engineering and customized plant engineering, there is an increasing need for individual optics. Depending on the application purpose there is a large demand for prototypes as well as for small batch sizes, but also for high volume production. Customization covers a wide range from mechanical adaption of a standard lens or a common optical modification up to an additional subassembly (e.g. motorized stop, filter wheel, folding mirror, beam splitter) or a completely new designed and individually manufactured lens.

Sill Optics already meets that challenge for many years and offers customized adaptations and new developments. A variety of R&D projects based on individual requests and participation in many public research projects have successfully been completed in the fields of machine construction, as well as biomedical application and material processing.

Nevertheless, Sill Optics' product catalog shows a starting base for configuration upon customers request. In many cases, a proof of concept has to be done with an existing lens or different lenses have to be compared in a test setup. The large variety of different lenses shows neither a summary of "ex stock" lenses than more an overview about possible solutions.

Sill Optics will realize new products for current machine vision technologies further on as well as set innovative trends and standards for the future, even if its application does not create a demand in serial manufacturing yet.

Telecentric lenses with focus tunable liquid lens or telecentric lenses for SWIR waveband are two examples for the high additional potential that new lens developments offer for machine vision industries.

**Wir stehen Ihnen bei Fragen gerne zur Verfügung.**  
We are pleased to answer your questions.



**Andreas Platz**  
M.Sc. (Engineering)  
Project Management  
Machine Vision  
Tel.: +49 (0) 91 2990 23 - 18  
andreas.platz@silloptics.de



**Katharina Friedrich**  
M.Sc. (Engineering)  
Project Management  
Tel.: +49 (0) 91 2990 23 - 87  
katharina.friedrich@silloptics.de



**Sill Optics GmbH & Co. KG**  
Johann-Höllfritsch-Str. 13  
D-90530 Wendelstein  
Phone: +49 (0) 91 29 90 23 - 0  
Fax: +49 (0) 91 29 90 23 23  
info@silloptics.de - silloptics.de