

Herausforderung INNOVATIONEN FÜR MACHINE VISION **Licht.**



Erfolgsfaktor Optik und Beleuchtung beim Einsatz von Bildverarbeitung



VISION&CONTROL
SYSTEMS • LIGHTING • OPTICS

Gliederung

- Die Firma Vision&Control: Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken
- Das besondere Komponentensystem
- Beispiel 1: Maßgeschneiderte telezentrische Objektive
- Beispiel 2: Bohrlochinspektion groß und klein
- Beispiel 3: Telezentrie heute
- Ausblick

Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken

- 1991 Firmengründung durch drei Mitarbeiter der TH Ilmenau (mit CEO Dr. Geffe)
- 1991 -1994 BV-Speziallösungen für Medizingeräte, Metallverarbeitung und Halbleiterindustrie
- 1994 Einführung des Prinzips der telezentrischen Messung mit elektronischen Kameras durch V&C
- 1995-1998 Schaffung des ersten Komponenten-Systems für BV-Anwendungen, Entwicklung von
 - LED-basierten Beleuchtungen
 - Telezentrischen Objektiven
 - Intelligenten Kameras

Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken

- LED-basierte Beleuchtungen
 - Flächen diffus DL
 - Flächen gerichtet AL
 - Ringe coaxial RK
 - Ringe radial RR
 - Ringe geneigt RW
 - Telezentrisch TZB



Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken

- BV-Objektive
 - Telezentrische Objektive TZO
 - Winkelobjektive RWO
 - Umlenkeinheiten PSO
 - Entozentrische Objektive EZO



Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken

- Intelligente Kameras
 - Unterschiedliche Auflösungen
 - Unterschiedliche Geschwindigkeiten

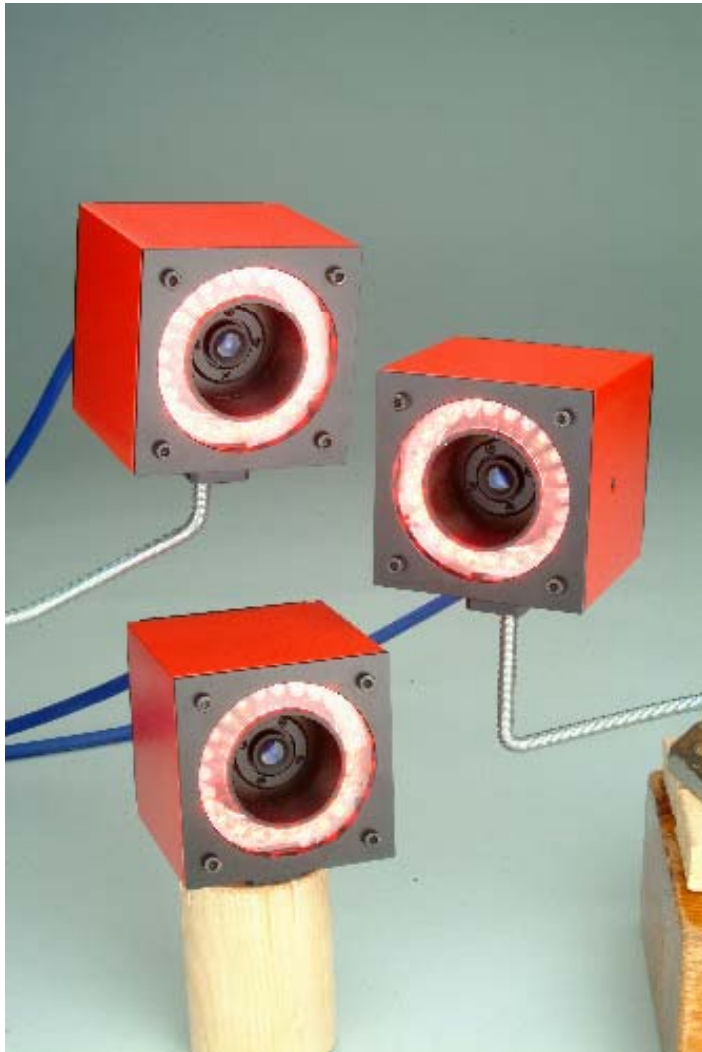


Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken



- 2000 Weltweite Marktpräsenz
- 2001 Größtes telezentrisches BV-Objektiv TL 370/0,03, L- light, large Absatz 5 Stück im letzten Quartal

Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken



- 2004: Erster Vision-Sensor als Kombination von Beleuchtung, Optik und intelligenter Kamera

- 2007



Trendsetter bei Systemen, Beleuchtungen und Optiken

2008:
Neues
Firmenge-
bäude für
80 Mitarbei-
ter in Suhl
(Thüringen)



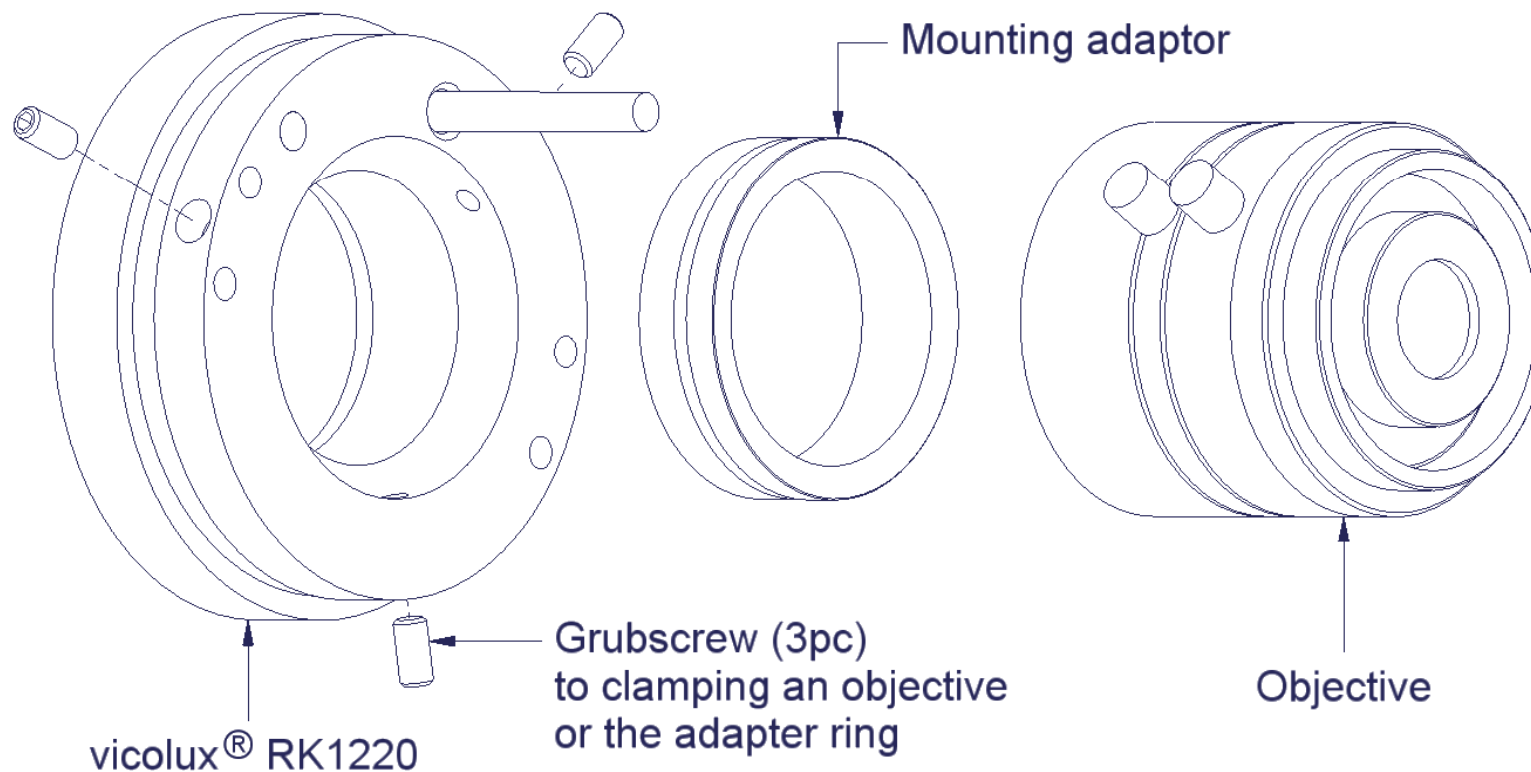
Das besondere Komponentensystem

V&C einziger Kompletentwickler, Beispiele in 2008

- LED-basierte Beleuchtungsentwicklung:
LAL-Serie mit besonderem Wärmemanagement
- Optikdesign
T103/0,28HR High resolution
- Vision-Sensor S47-2
pixelgenau justiert
IP67

Das besondere Komponentensystem

- Anpassung von Optik und Beleuchtung
 - RK-Serien an EZO angepasst (Befestigung, Strahlengang)



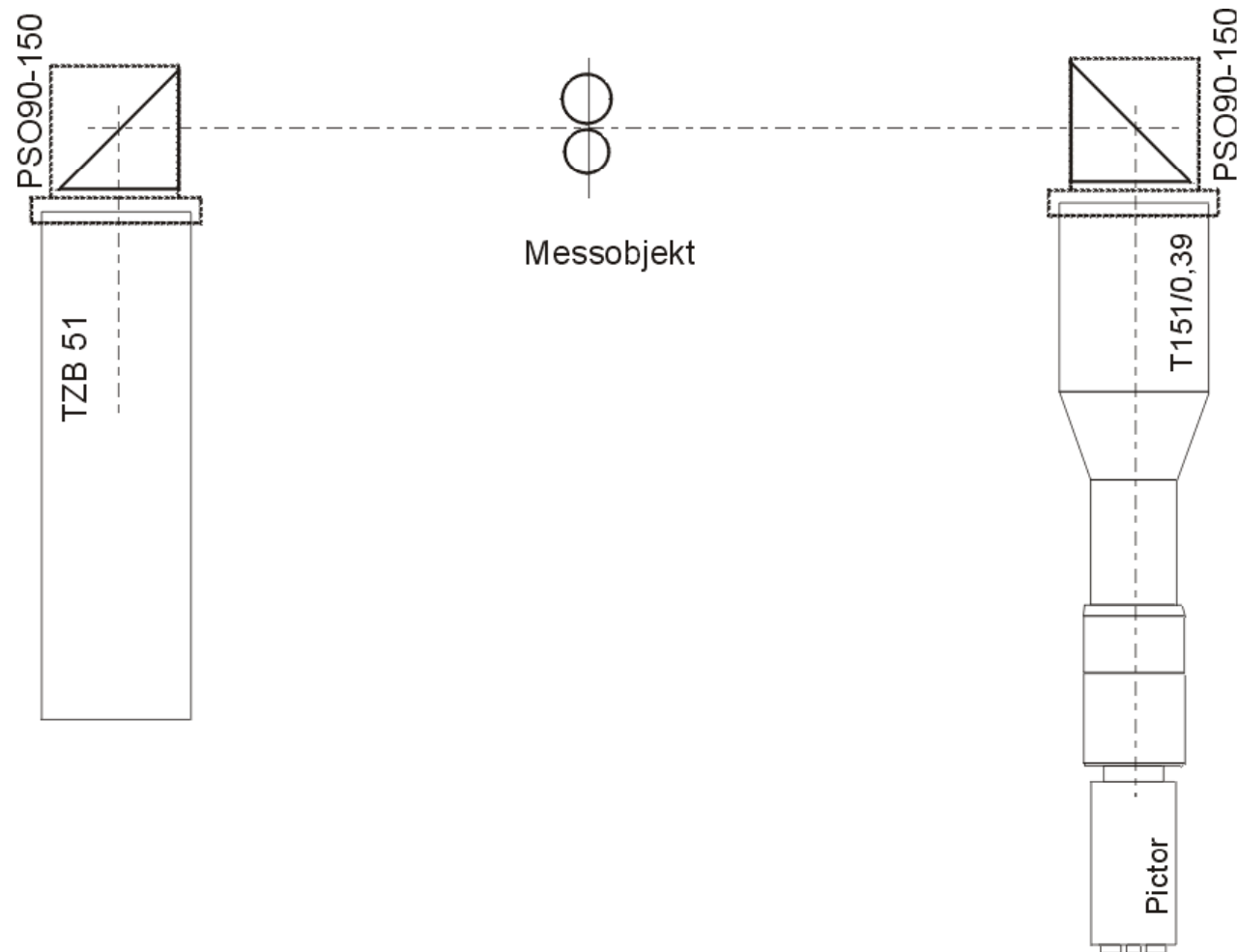
Das besondere Komponentensystem

- Anpassung von Optik und Beleuchtung
 - Abgestimmte TZB-Durchmesser auf TZO-Messfeld



Das besondere Komponentensystem

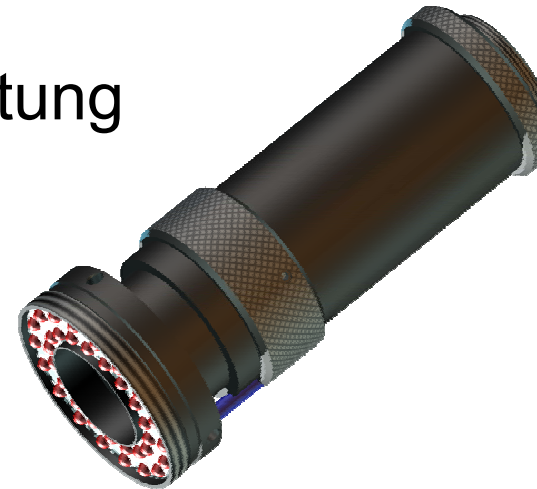
- Umlenkeinheiten passen für TZB und TZO



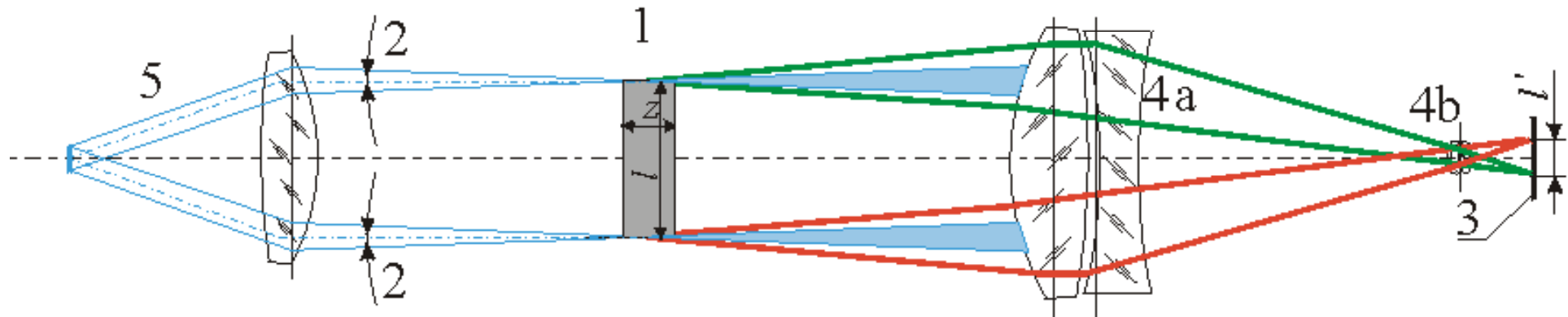
Reduzierung
der
Baulänge
von 840 mm
auf 450 mm

Das besondere Komponentensystem

- Anpassung von Optik und Beleuchtung
 - RK1220 an TZO T24/3,0



- Abgestimmte TZB-Divergenz auf TZO-Apertur



Das besondere Komponentensystem

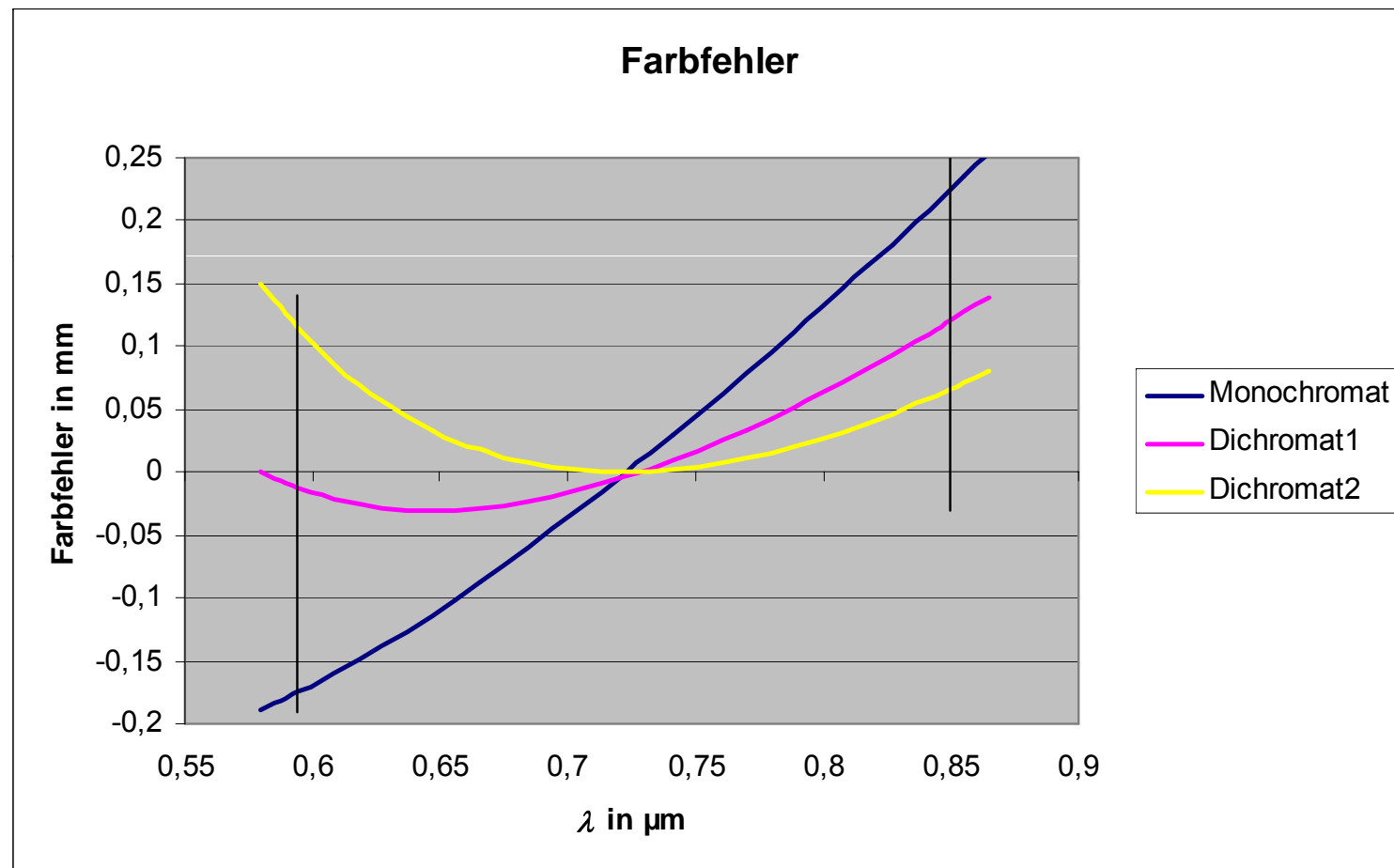
- Funktionell abgestimmte Komponenten
 - Strahlengang von Optik und Beleuchtung
 - Keine unerwünschte Spiegelung
 - Keine Beschneidung
 - Helligkeit dem Bildaufnehmer angepasst
- Konstruktiv abgestimmte Komponenten
 - Weitgehende Kombinierbarkeit
 - Rüttelfeste Arretierung
 - Standardisierte Befestigungselemente

Beispiel 1: Maßgeschneiderte telezentrische Objektive

- Vorgegeben: Objektgröße, Bildaufnehmer (Größe 2/3“, Auflösung 1Mio PX), Abstand Objekt bis Bildaufnehmer
- Forderung 2003: Ausreichende Auflösung bei 590 nm und 850 nm
- Lösung 2004:
 - Monochromat, d.h. unterschiedliche Fokussierungen bei 590 nm und 850 nm
 - Objektiv aus 2 Doublets mit preiswerten Gläsern
 - Preis 100%
 - Verkauf 100 Stück pro Jahr

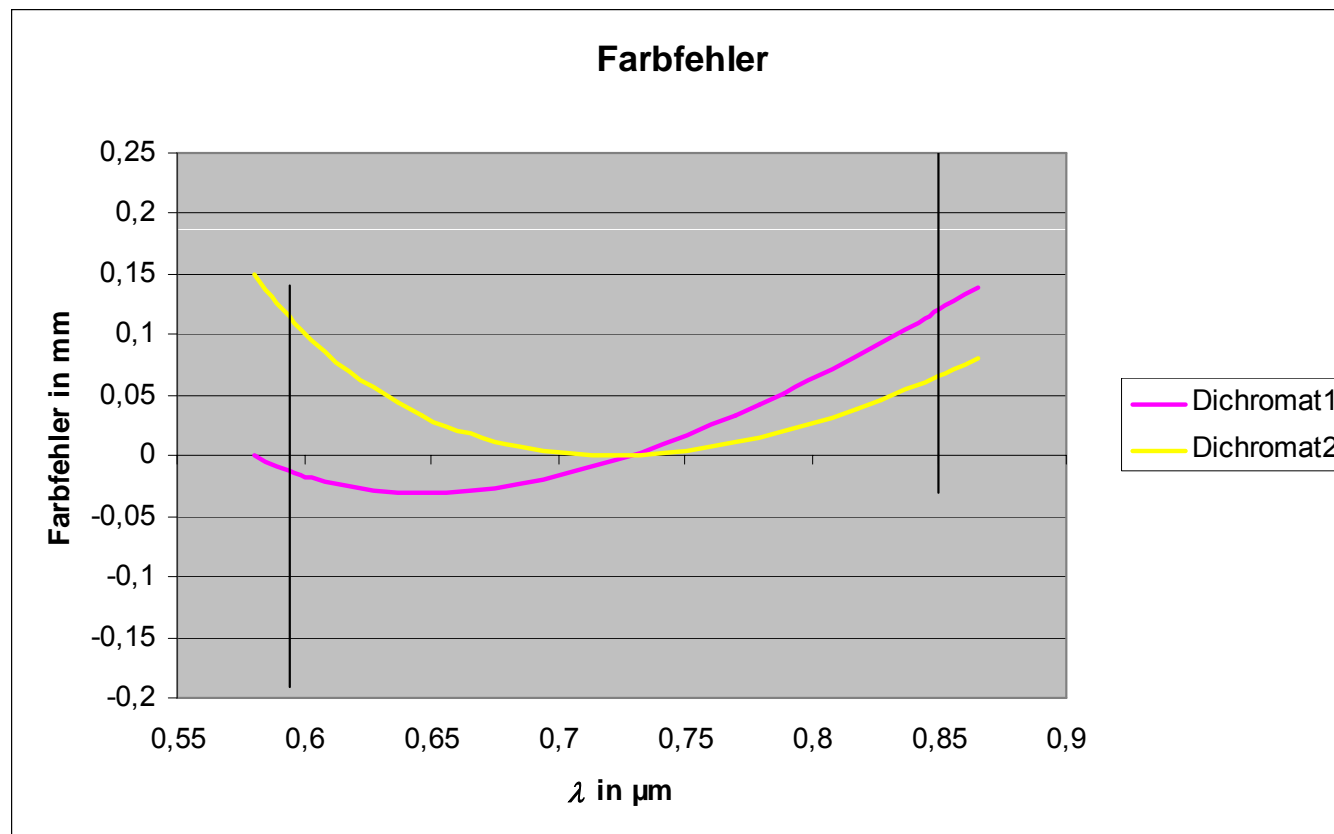
Beispiel 1: Maßgeschneiderte telezentrische Objektive

- Zusatzforderung 2006: „Gleiche“ Bildebene bei ≈ 590 nm und ≈ 850 nm



Beispiel 1: Maßgeschneiderte telezentrische Objektive

- Optik-Design 2007: Dichromat 1 oder 2?
- Erprobung beider Bauformen notwendig

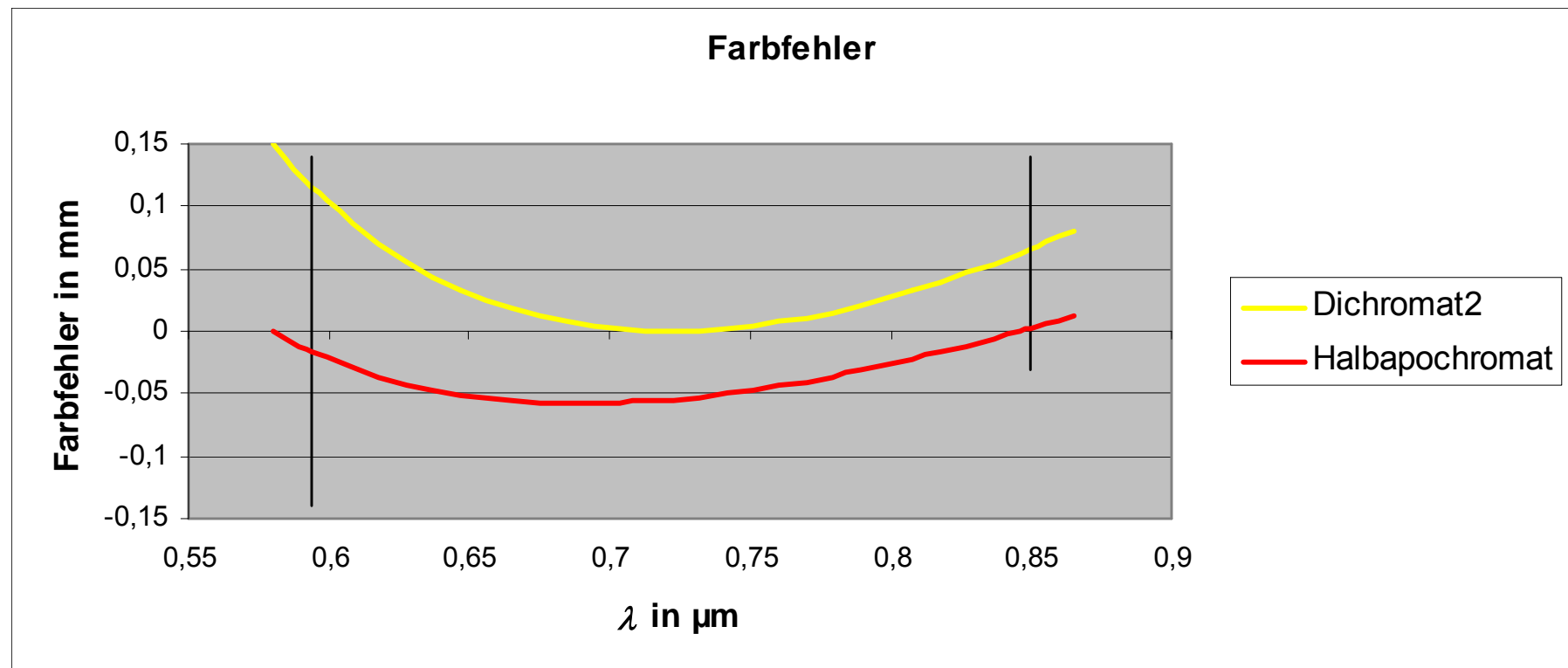


Beispiel 1: Maßgeschneiderte telezentrische Objektive

- Serie 2007: Dichromat 2
 - 2 Doublets mit nicht mehr preiswerten Gläsern
 - Preis 125%
 - Verkauf 100 Stück pro Jahr

Beispiel 1: Maßgeschneiderte telezentrische Objektive

- Zusatzforderung 2007: kleinerer Bildaufnehmer (2/3" → 1/2" bei gleicher Pixelzahl), d.h. Auflösung muss um 4/3 besser sein, gleiche Bildebenen bei 590 und 850 nm



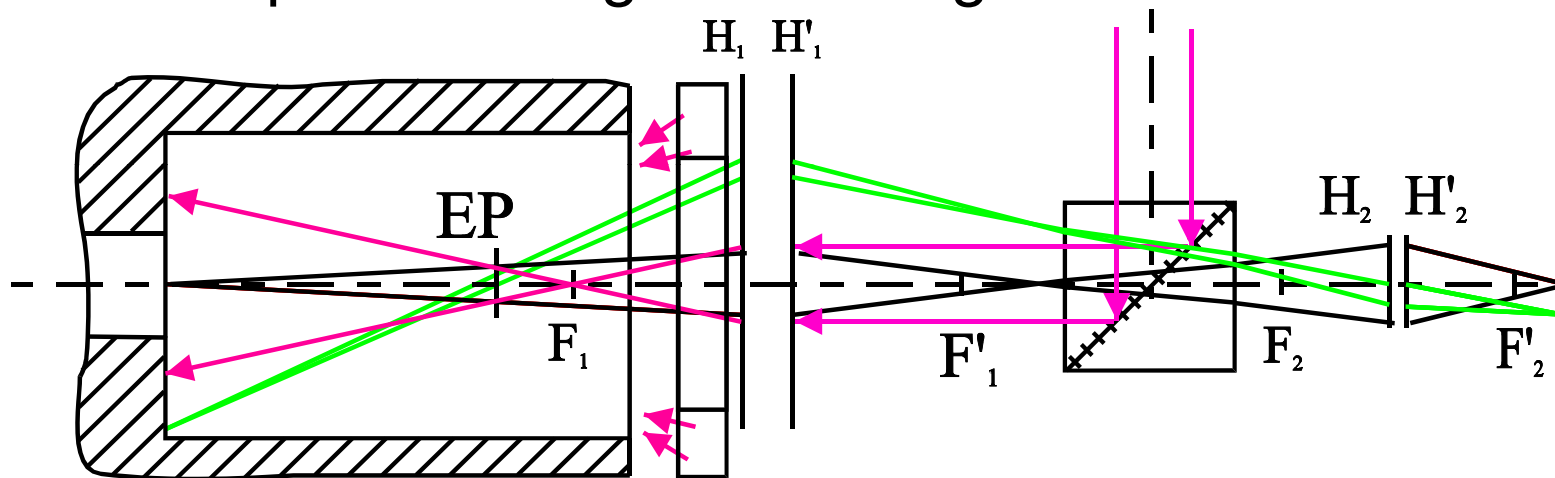
Beispiel 1: Maßgeschneiderte telezentrische Objektive

- Lösung 2008: Halbapochromat
- 1 Triplet + 1 Doublet
- Ein Glas mit anormaler Teildispersion
- Preis 150%
- Serie läuft gerade an

Problem: Aus Kundenwünschen optische Anforderungen formulieren und dann umsetzen

Beispiel 2: Bohrlochinspektion groß und klein

- Ziel: Von außen in enge Löcher hineinschauen
- Weltpatent WO 2004/099752 A3
- Prinzip: Zweistufige Abbildung

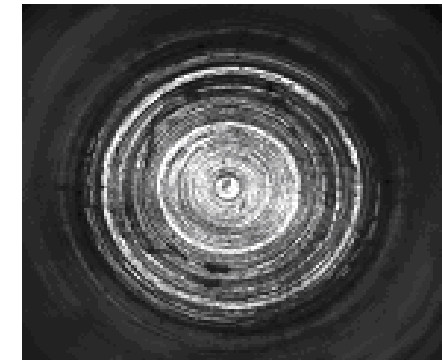
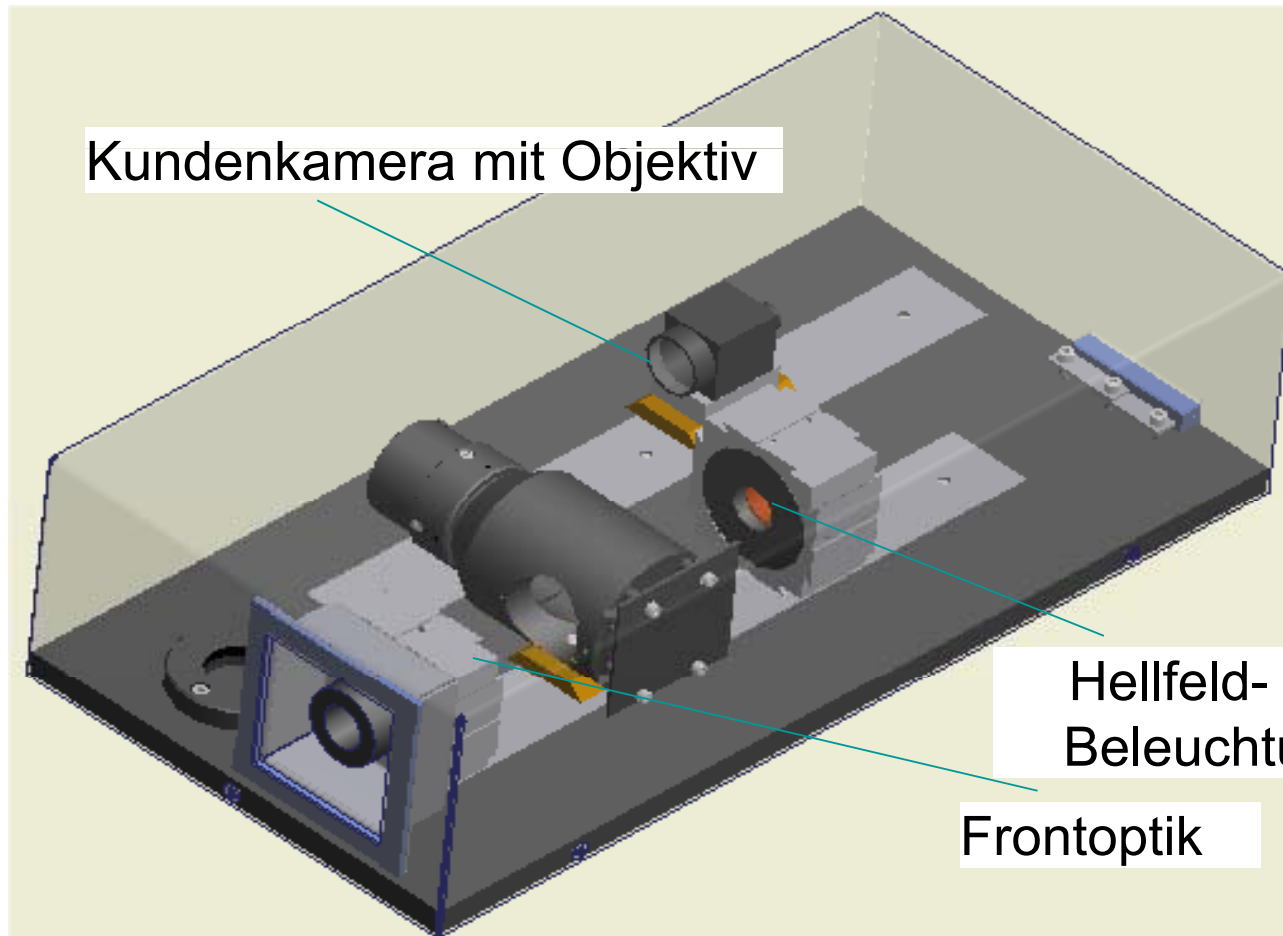


Rot: Beleuchtung im Hell- und/oder Dunkelfeld

Resultat: extreme Perspektive

Beispiel 2: Bohrlochinspektion groß und klein

Katalogprodukt BS1

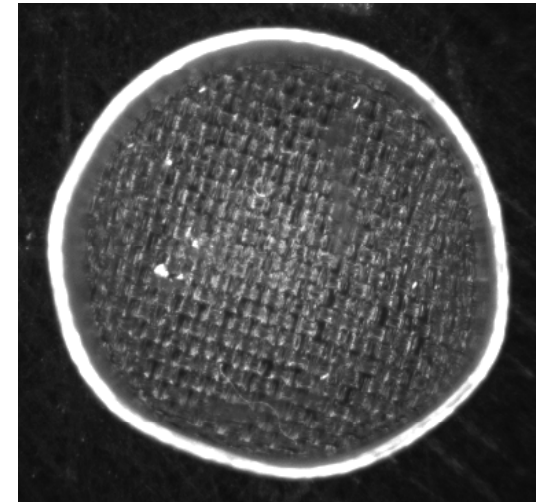
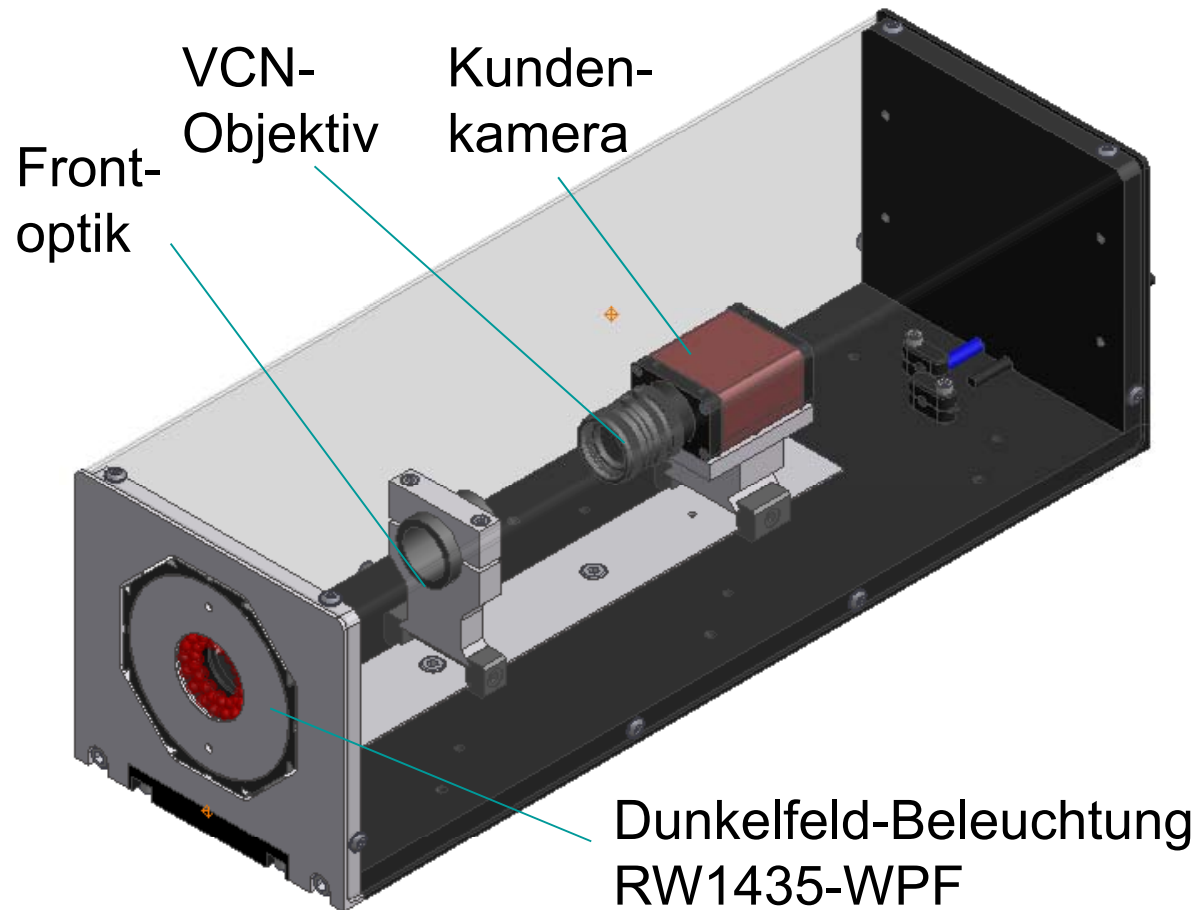


Boden eines
10 mm tiefen
M3-Sackloches

$t : D < 5:1$
 $\varnothing 2 \dots 20 \text{ mm}$
223 x 114 x 453

Beispiel 2: Bohrlochinspektion groß und klein

Katalogprodukt BS2

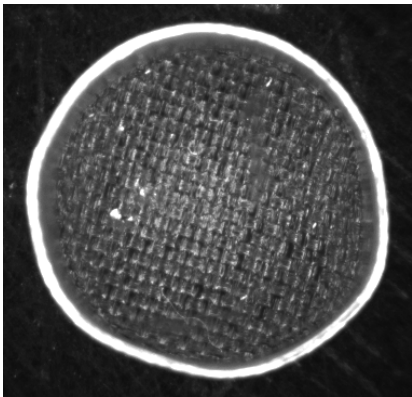


Schwarzer Boden
Dmr 8, Tiefe 4

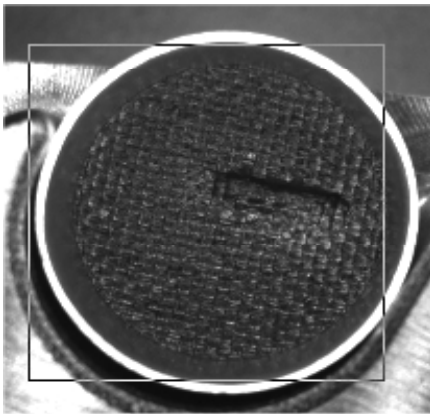
$t : D < 5 : 1$
Ø 2 ... 20 mm
150 x 140 x 450

Beispiel 2: Bohrlochinspektion groß und klein

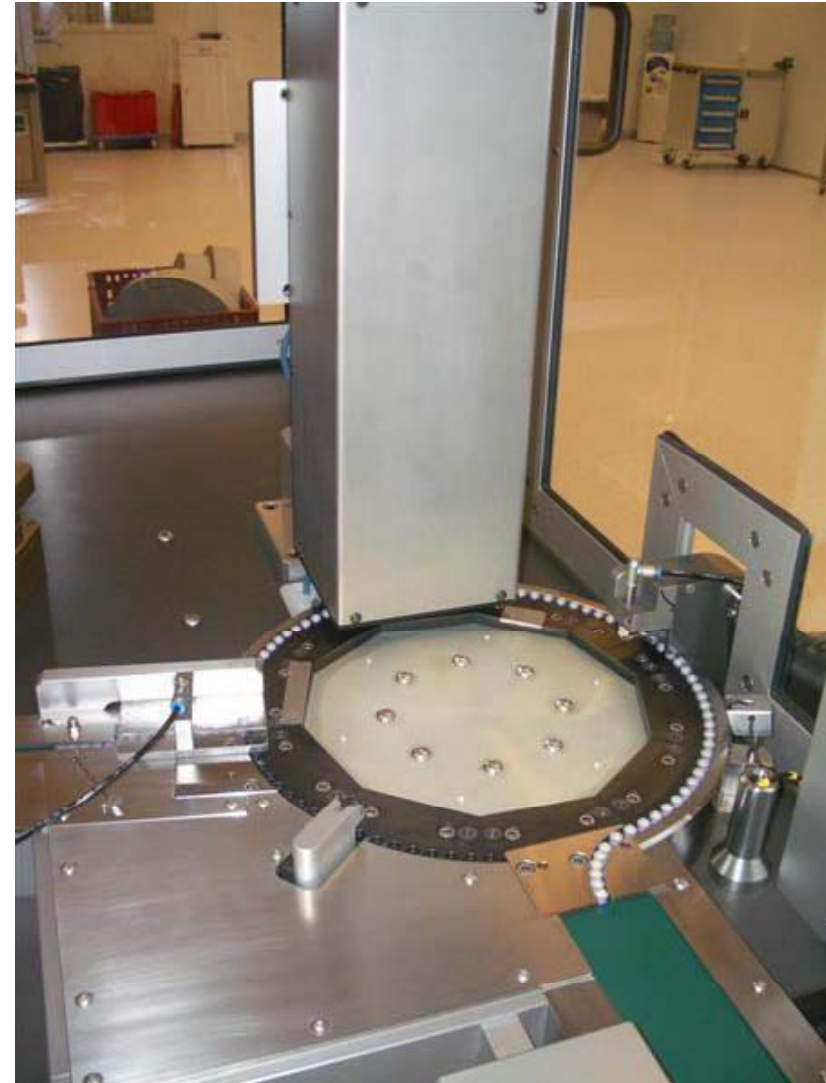
Katalogprodukt BS2



Vollständige
Inspektion
des Bodens
in 50 μ s



RW1435-WPF
liefert
1 Mio Lux



Beispiel 2: Bohrlochinspektion groß und klein

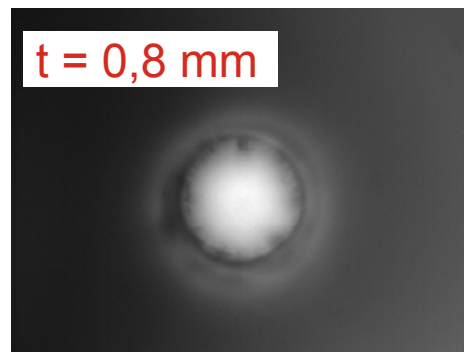
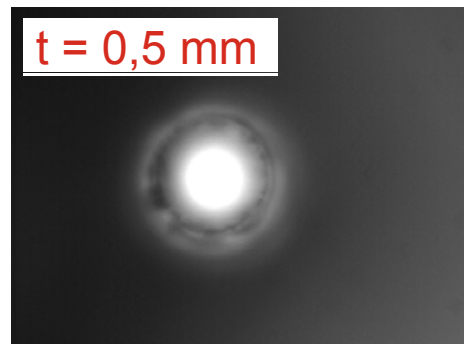
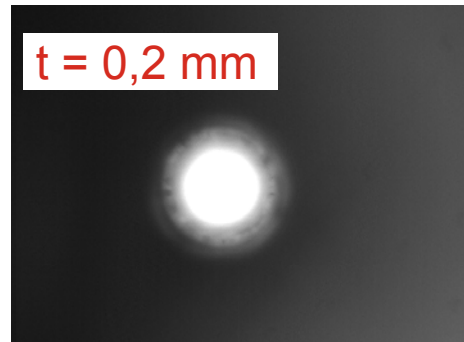
Katalogprodukt BS3



$t : D < 5 : 1$
 $\varnothing 0,1 \dots 2,0 \text{ mm}$
 $\varnothing 30 \times 147$

Leiterplatte
auf diffusem
Backlight,
1,1mm dick

Loch
 $\varnothing 0,15 \text{ mm}$



Beispiel 3: Telezentrie heute

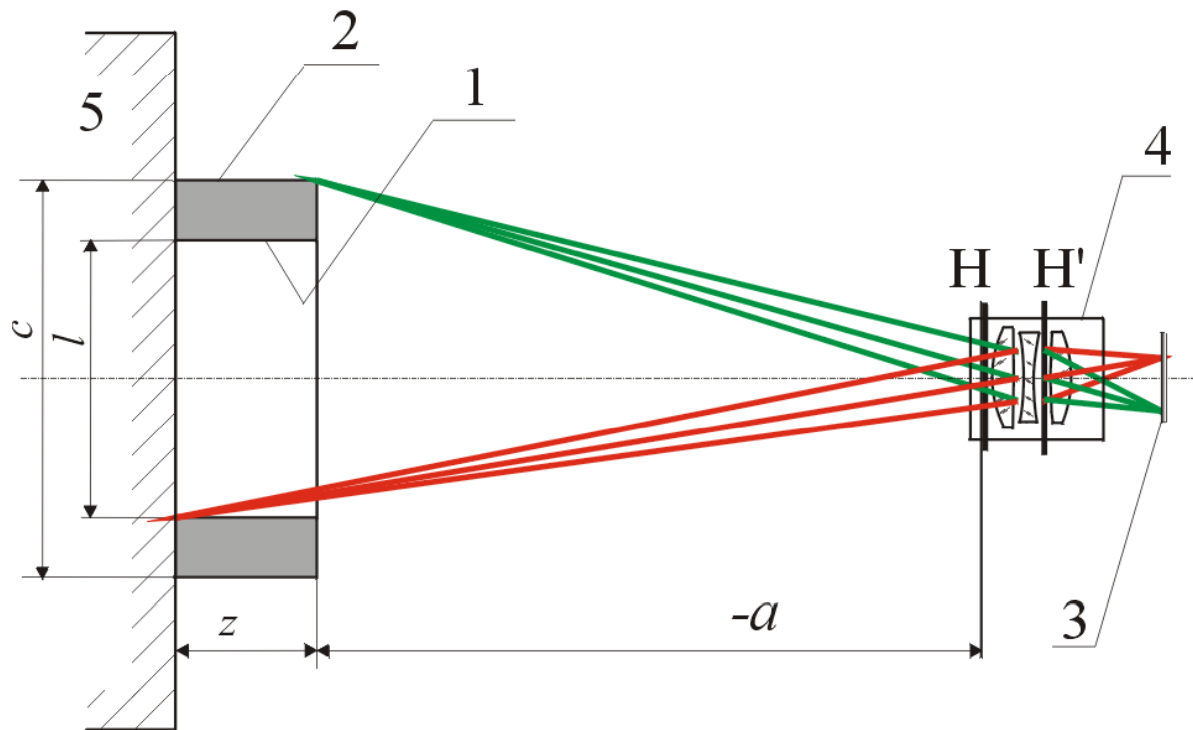
- V&C hat 1994 die Telezentrie in die BV eingeführt
- Heute > 10 Hersteller in Deutschland
- Serien aus Japan gegliedert nach Objektgröße
 - Für verschiedene Arbeitsabstände
 - Für verschiedene Bildaufnehmer
 - Ein(?) Hersteller, verschiedene Vertriebskanäle
- Gefahr des Preisdumpings
 - Möglich über Stückzahlen
 - Qualitätsunterschiede für den Kunden selten spürbar

Beispiel 3: Telezentrie heute

- V&C setzt auf Seriosität
 - Experimentell nachgewiesene Genauigkeitsaussagen
 - Geräteauswahl und Handlungsanweisungen zur Erreichung einer maximalen Genauigkeit [NSU: Optik&Photonik Oktober 2007]
 - Abschätzungsmodelle für die erreichbare Genauigkeit
- Qualitativ hochwertige aber nicht abgestimmte Komponenten sind kein Garant für eine hohe Genauigkeit
 - Zu scharfe Kanten behindern Subpixel-Algorithmen
 - Verzeichnungs-Asymmetrien durch Kamera-Mount

Beispiel 3: Telezentrie heute

- Telezentrische Objektive angeblich zu teuer
- Notwendigkeit: Umgehen des Perspektivitätsfehlers



$$\Delta c_p = \frac{z}{|a|} = \frac{z}{f'} \frac{|\beta'|}{1 - \beta'}$$

- 1 Zu messende Länge l 2 Kalibrierlänge c 3 Bildaufnehmer
 4 Entozentrisches Objektiv 5 Diffuse Beleuchtung

Beispiel 3: Telezentrie heute

- Telezentrische Objektive notwendig zur Umgehung des Perspektivitätsfehlers

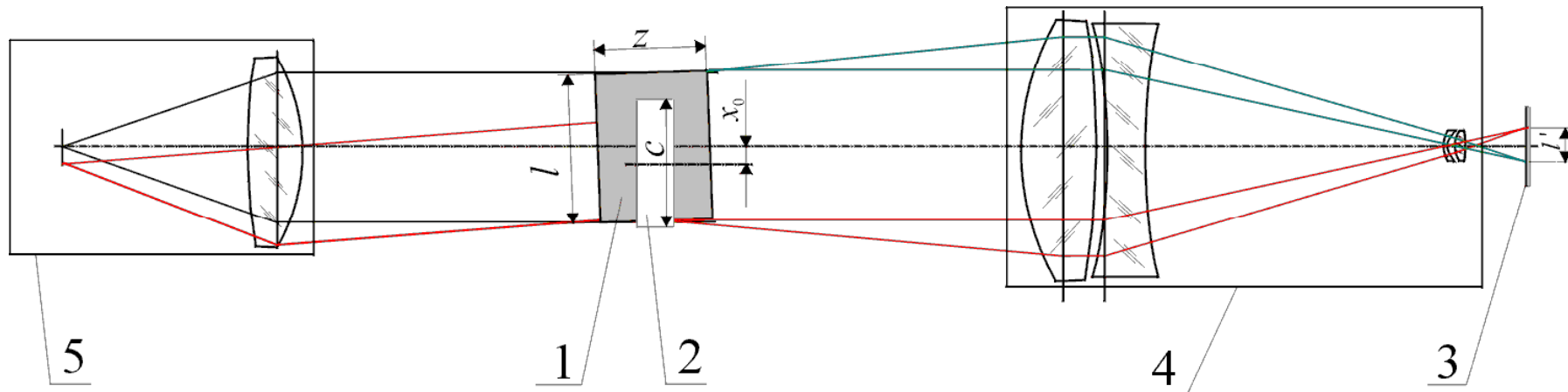
1000 Δc_p @ $z = 10$ mm		f' in mm						
		12	16	25	35	50	75	100
β'	-1/30	26,9	20,2	12,9	9,2	6,5	4,3	3,2
	-1/20	39,7	29,8	19,0	13,6	9,5	6,3	4,8
	-1/10	75,8	56,8	36,4	26,0	18,2	12,1	9,1

$$\Delta c_p = \frac{z}{|a|}$$

Gemessene Fehler mit TZO: $1000\Delta c < 0,25$

Beispiel 3: Telezentrie heute

- Erreichbare Genauigkeit: Messprinzip



1 Messobjekt 2 Kalibrierteil 3 Referenz: Bildaufnehmer
4 Telezentrisches Objektiv 5 Telezentrische Beleuchtung

Zu messende Länge l

Bildgröße $l' = N \cdot p'$

Beispiel 3: Telezentrie heute

- Erreichbare Genauigkeit: Messfehler in PX

$$\delta N = \Delta N + N \cdot \frac{\Delta \beta'}{|\beta'|} = \Delta N + N \cdot \Delta c$$

Antastfehler

unabhängig von
Objektgröße

Kalibrierfehler

Auswirkung proportional
zur Objektgröße

- Untersuchungen an Probekörpern mit mechanischer Maßverkörperung [NSU: IWK Ilmenau 2007]

Beispiel 3: Telezentrie heute

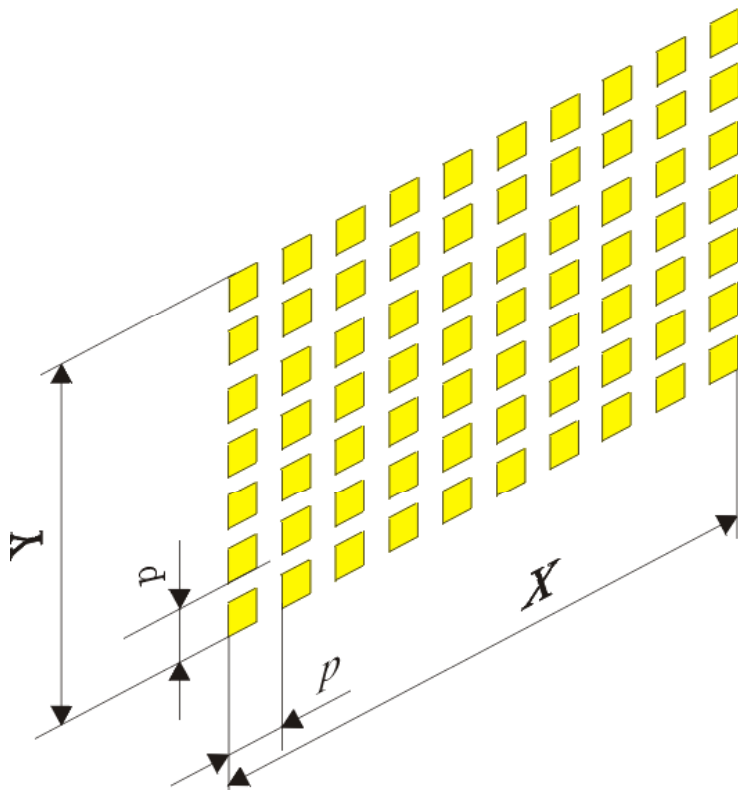
- Erreichbare Genauigkeit: Minimierung der Antastfehler
 1. Kalibrierteil und Messobjekt müssen die gleichen Oberflächeneigenschaften haben (Material, Rauheit, Form)
 2. Keinerlei Änderungen am optischen Aufbau nach der Kalibrierung (Blende $\Delta N > 1$ PX)
 3. Bevorzugte Antastrichtung parallel zu den Achsen des Bildaufnehmers
 4. Bevorzugte Beleuchtungsfarbe weiß (bei Farbkameras zwingend)

Beispiel 3: Telezentrie heute

- Erreichbare Genauigkeit: Minimierung der Kalibrierfehler
 1. Telezentrische Beleuchtung 1,5x besser als diffuse Beleuchtung
 2. Kalibrierlänge c sollte immer die größte der zu messenden Längen l_1, l_2, l_3, \dots sein
 3. Feldsymmetrische Verzeichnung dann unwirksam, wenn Kalibrierteil und Messobjekt gleichgroß und immer an der selben Stelle liegen

Beispiel 3: Telezentrie heute

- Erreichbare Genauigkeit: In Pixeln $\delta N = 0,3 PX$



Im Längenmaß

$$\delta l = 0,3 \sqrt{\frac{X \cdot Y}{N_D}}$$

Pixelanzahl $N_D = p_D \cdot q_D$

Objektfeld $X \cdot Y$

Beispiel 3: Telezentrie heute

- Erreichbare Genauigkeit: Zahlenbeispiel

Kamera	p_D	q_D	Lens	X in mm	Y in mm	δl in μm
PIKE F-421B	2056	2062	T240/0,27	56,1	56,3	8,2
M1821E	1620	1220	T240/0,10	70,4	53,0	13,0
M1617E	1024	768	T240/0,08	61,0	45,7	17,9
M48EC	640	480	T240/0,08	61,0	45,7	28,6

Ausblick

- Seriosität
- Zeitnahe Aussagen zur Machbarkeit
- Ausbau des Katalogprogramms unter strikter Bewahrung des Prinzips der funktionellen und konstruktiven Kombinierbarkeit
- Steigerung des OEM-Anteils



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!