

# Eignung aktueller Industriekameras für modulare Digitalkameratachymeter

Bachelorarbeit von Florian Thiery



Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Schlüter

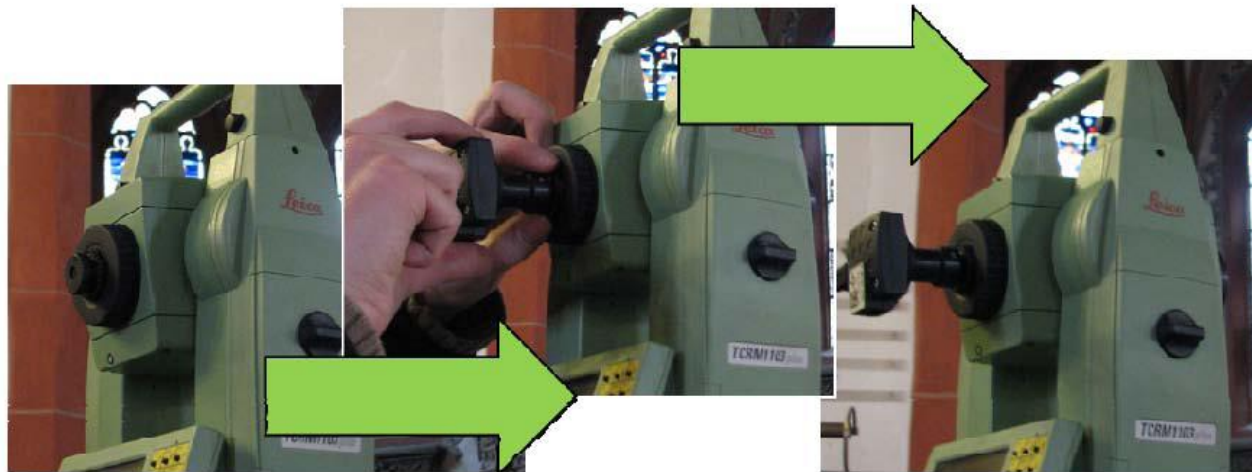
Zeitraum: 14.03.2011 - 01.06.2011

Partner: **i3 mainz**

- Problemstellung und Ziele
- MoDoTa-Okularadapter
- Auflösungsvermögen
- Automatisierungen
- Untersuchungen
- Ergebnis
- Fazit und Ausblick



- MoDiTa ermöglicht Kombination einer Digitalkamera mit einem Tachymeter
- MoDiTa erlaubt das Wechseln unterschiedlicher handelsüblicher Industriekameras
- Unterschiede zwischen den einzelnen Sensorarten haben je nach Szenarium Stärken und Schwächen

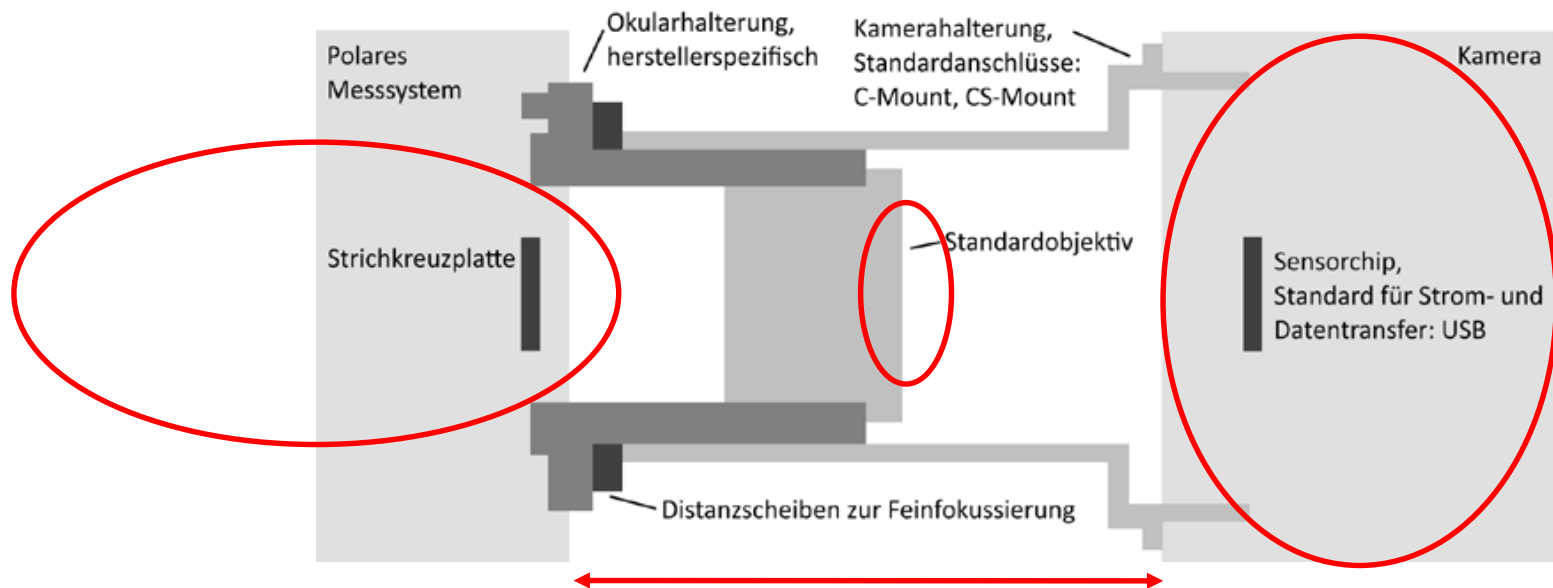


Montage des MoDiTa-Okularadapters

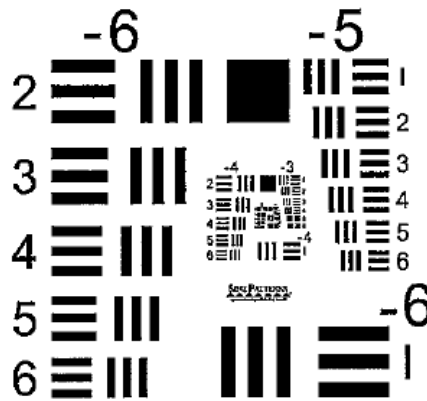
- Bestimmung des Auflösungsvermögens des MoDiTa-Gesamtsystems (Kamera, Optik, Tachymeter)
- Einfluss der Position im Blickfeld und der einzelnen Komponenten
- Bestimmung von Einstellungen und Techniken
  - bei Zielungen auf punktförmige Ziele geringer Helligkeit
  - bei Zielungen auf punktförmige Ziele großer Helligkeit



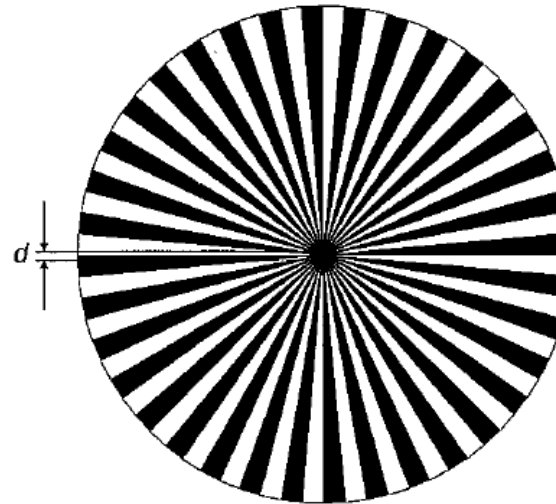
- Untersuchte Komponenten des Okularadapters
  - 2 Blenden
  - 4 Kameras (+bis zu 4 verschiedene Auflösungen)
  - 2 Tachymeter (+3 verschiedene Distanzen)
  - 2 Blickfeldvergrößerungen



- Bestimmung des geometrischen Auflösungsvermögens



Testchart

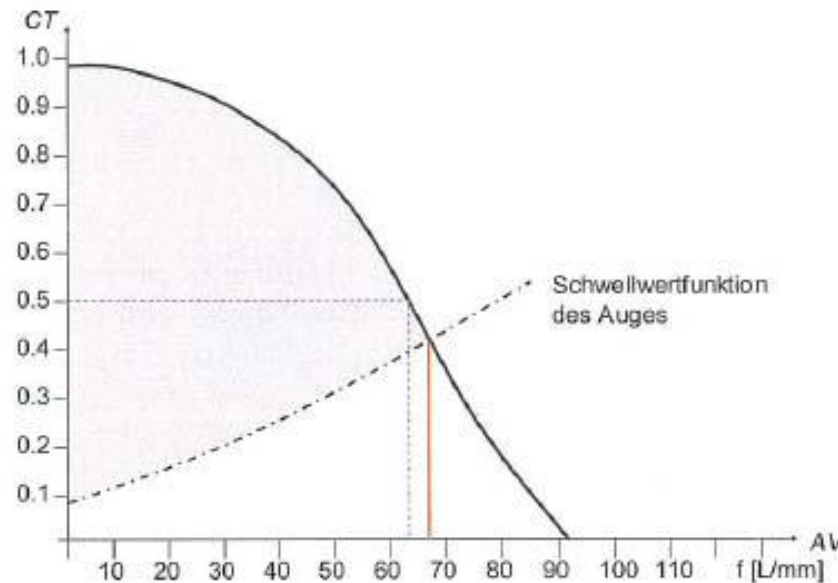


Siemensstern

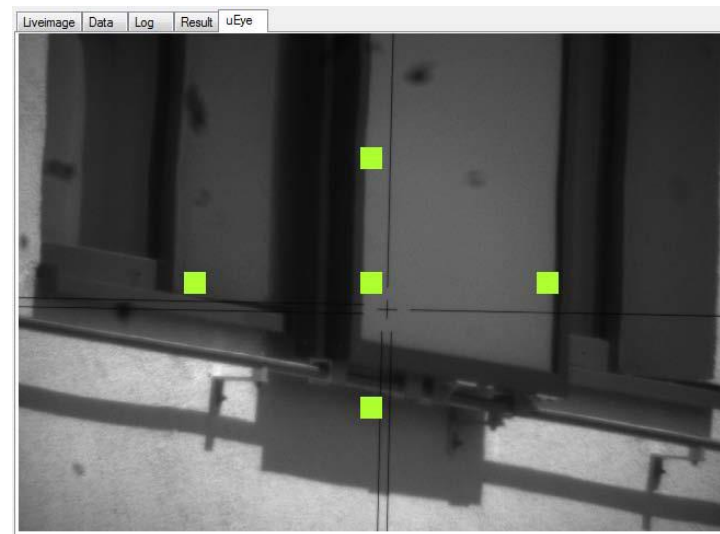
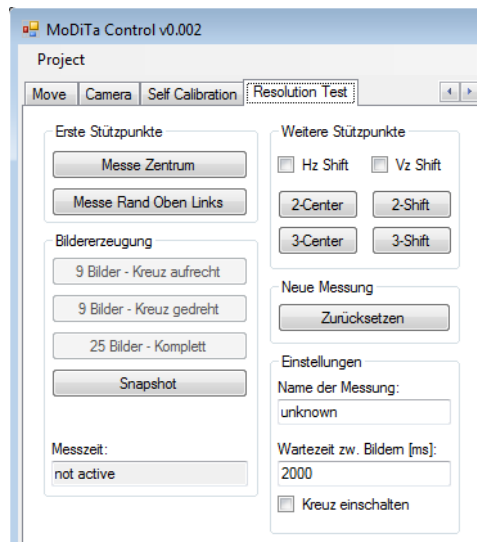
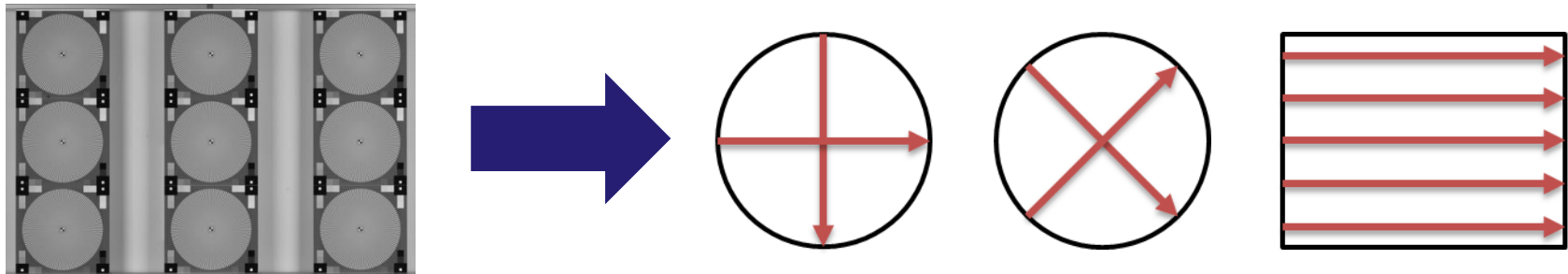


Benutztes Testmuster der Bachelorarbeit

- Bestimmung des Kontrasts im Objekt- und Bildraum für je eine bestimmte Ortsfrequenz
- Ermittlung einer Kontrastübertragung, da Auflösungsvermögen kontrastabhängig



- VB.NET-Tool zum automatischen Verfahren



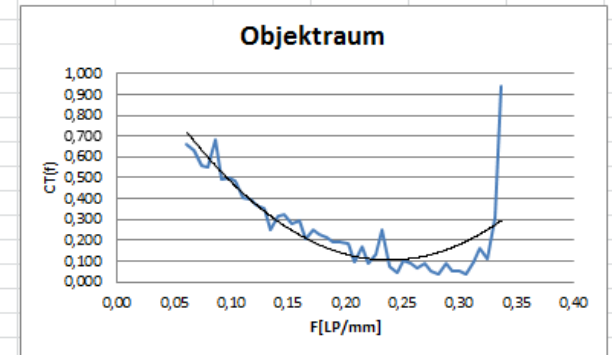


- VBA/Excel-Tool zur automatischen Auswertung

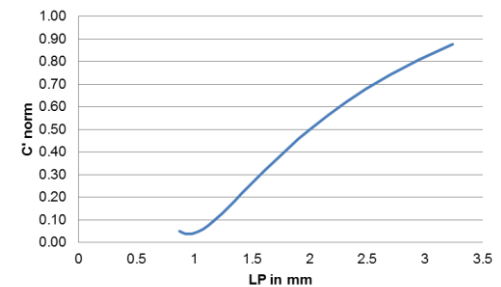
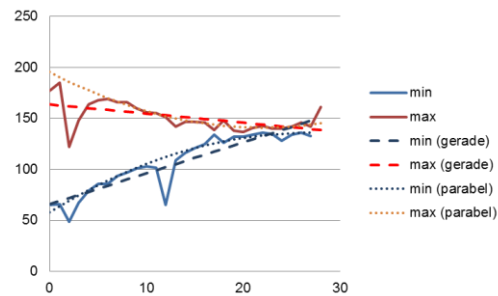
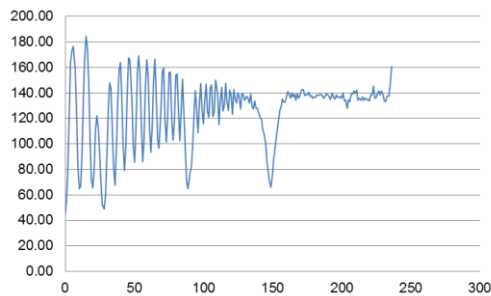
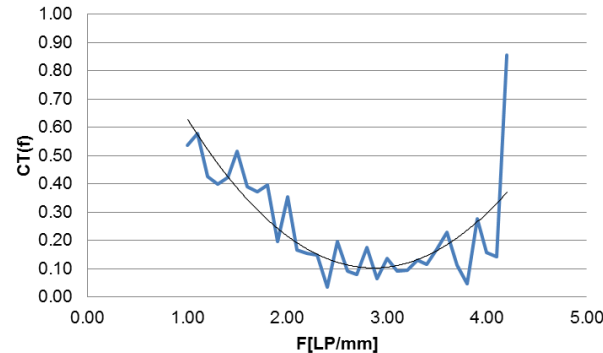
	A	B	C	D	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Test zum Auflösungsvermögen																	
2																		
3	Datum	29.04.2011			Entfernung	197,4 m			Lp/mm	mm								
4	Ort	FH Mainz / Feld			Auflösung	2560 x 1920 px			0,11	8,76								
5	Beobachter	Thiery			Blende	klein			Lp/mm	mgon								
6	Wetter	bewölkt			Blickfeld	klein			0,35	2,83								
7					Kamera	c5m												
8					Tachymeter	tm5100			Grenze	0,4								
9																		
10																		
11	Erstes Linienpaar in Milimeter:				16,36 mm													
12																		
13	Auswertung:																	
14																		
15	Objektraum																	
16	max	min	C'	C' (normiert)	Breite Linienpaar													
17					(mm)	(gon)	(mgon)	Lp/mm	Lp/mgon									
18	148	36	0,61	1,000	16,36	0,0053	5,3	0,06	0,19									
19	146	65	0,38	0,631	14,87	0,0048	4,8	0,07	0,21									
20	138	68	0,34	0,558	13,63	0,0044	4,4	0,07	0,23									
21	135	67	0,34	0,553	12,58	0,0041	4,1	0,08	0,25									
22	133	55	0,41	0,682	11,69	0,0038	3,8	0,09	0,27									
23	123	66	0,30	0,495	10,91	0,0035	3,5	0,09	0,28									
24	133	71	0,30	0,499	10,23	0,0033	3,3	0,10	0,30									
25	131	71	0,30	0,488	9,62	0,0031	3,1	0,10	0,32									
26	127	77	0,25	0,403	9,09	0,0029	2,9	0,11	0,34									
27	128	78	0,24	0,399	8,61	0,0028	2,8	0,12	0,36									
28	125	79	0,23	0,370	8,18	0,0026	2,6	0,12	0,38									
29	116	75	0,21	0,353	7,79	0,0025	2,5	0,13	0,40									
30	114	84	0,15	0,249	7,44	0,0024	2,4	0,13	0,42									
31	122	83	0,19	0,313	7,11	0,0023	2,3	0,14	0,44									

### Objektraum

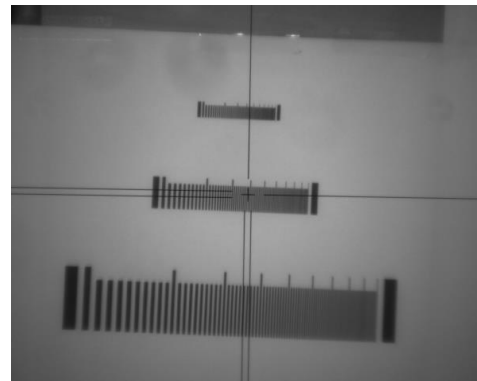
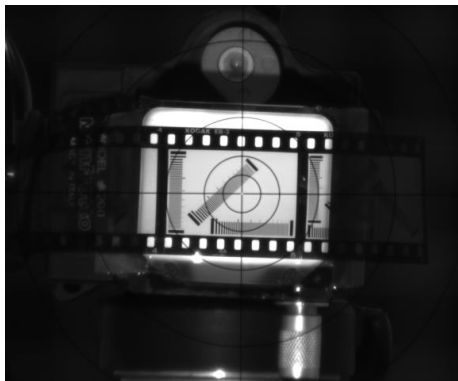
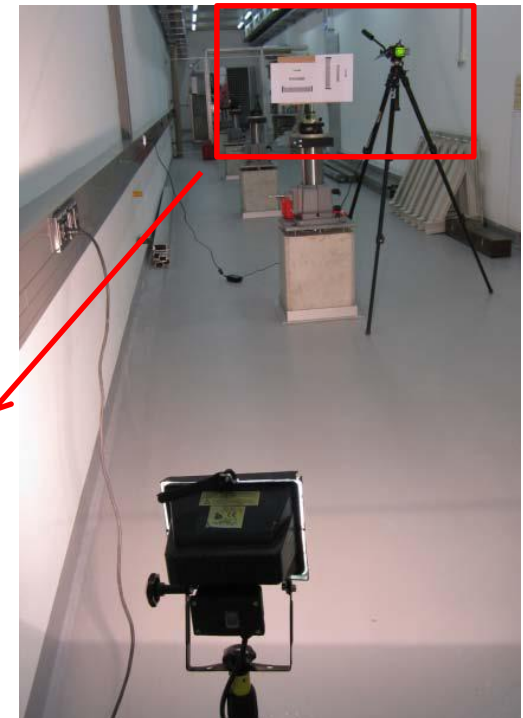
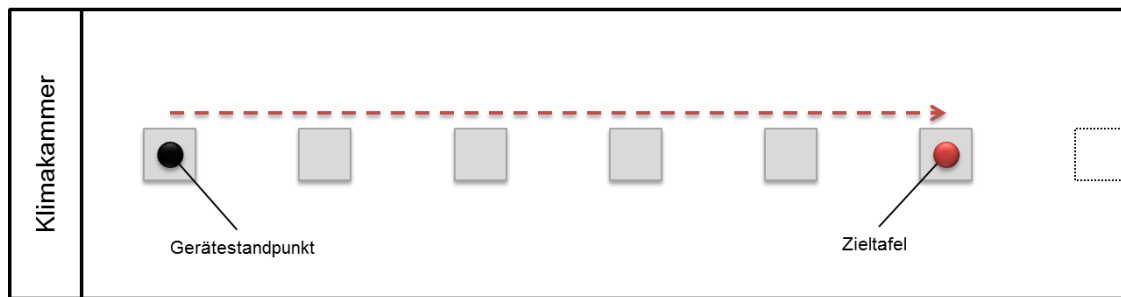
The graph plots the contrast transfer function  $CT(f)$  on the y-axis (ranging from 0,000 to 1,000) against the spatial frequency  $F$  in LP/mm on the x-axis (ranging from 0,00 to 0,40). A blue line represents the measured data, which shows a general downward trend with some fluctuations, followed by a very sharp vertical increase at  $F = 0,35$ . A smooth black curve is overlaid on the data, representing a theoretical or fitted model of the system's response.



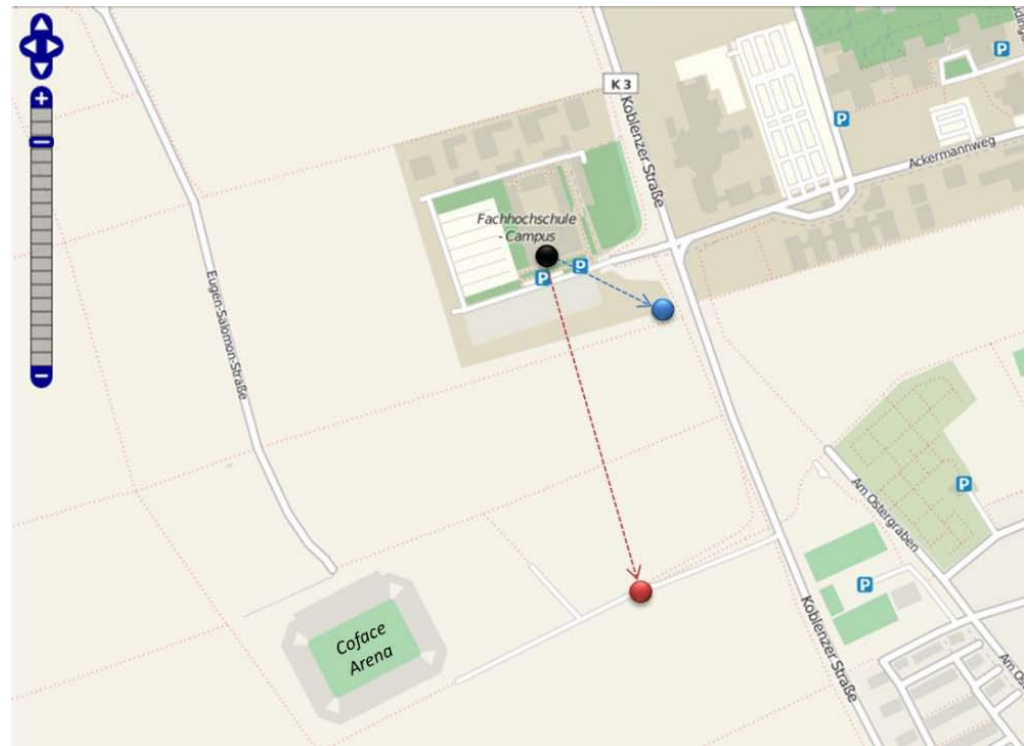
- VBA-Tool zur automatischen Auswertung

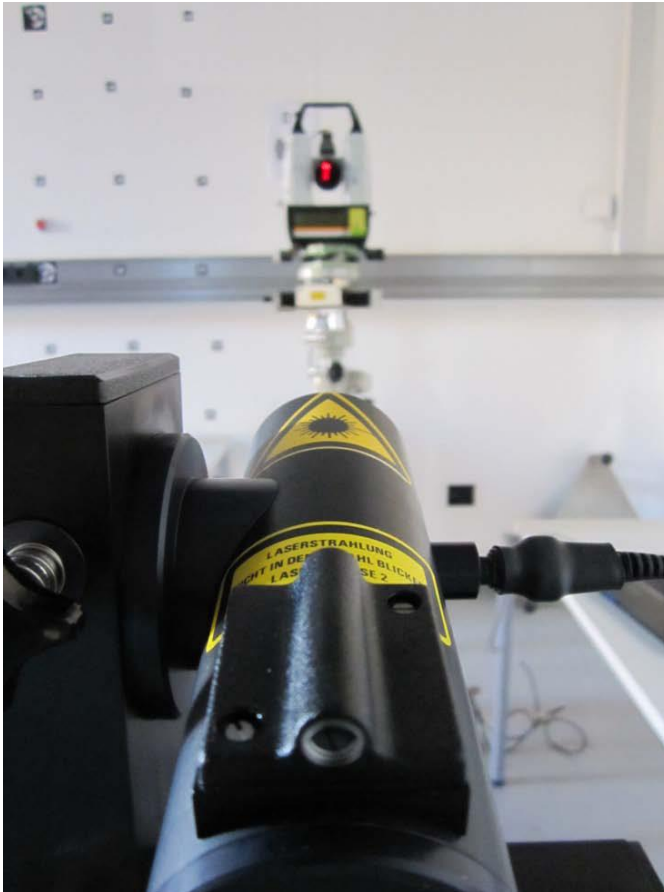


- 18,7m → Interferometrie

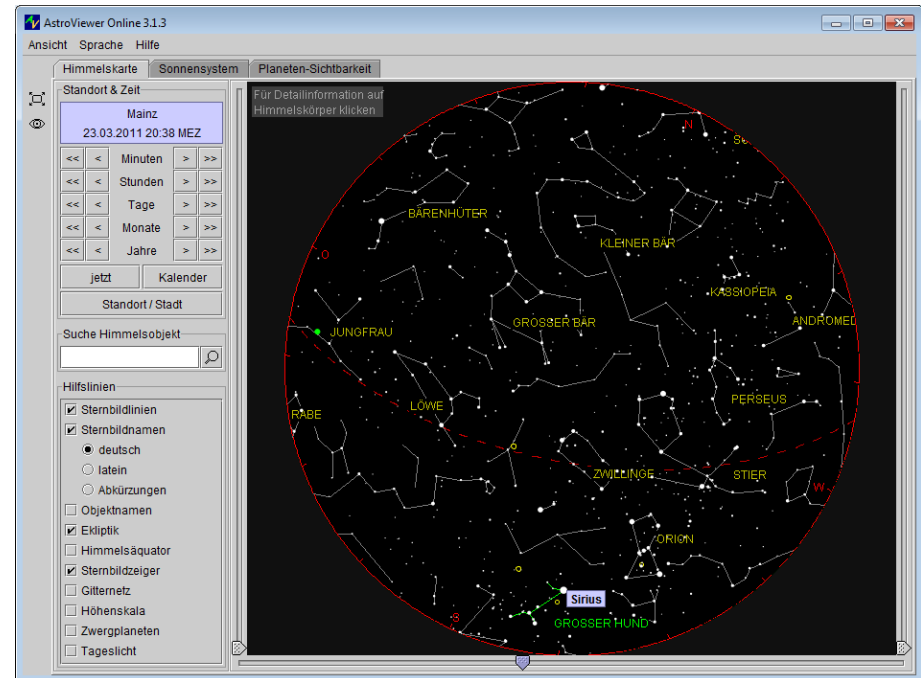


- 197,4m/460,0m → FH-Umgebung



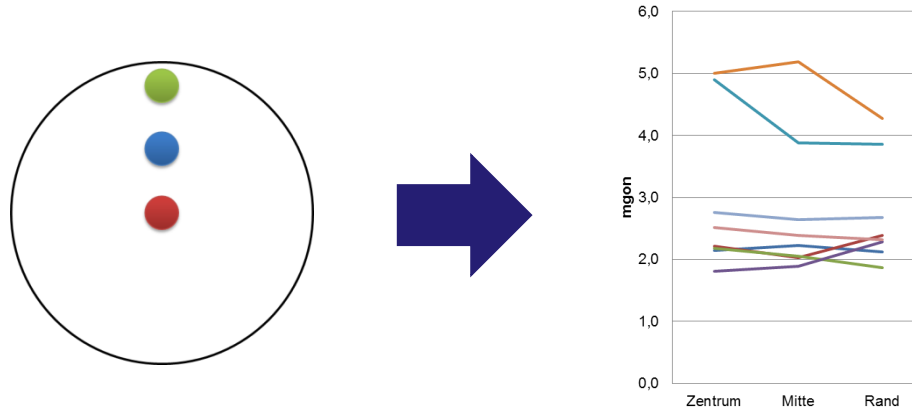


Tunnellaster [TL-81]

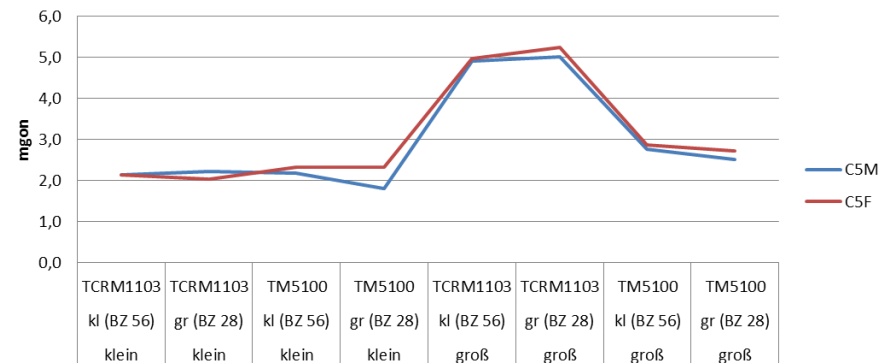


Sternenhimmel mit Stern „Sirius“

- Kein signifikanter Unterschied im Blickfeld

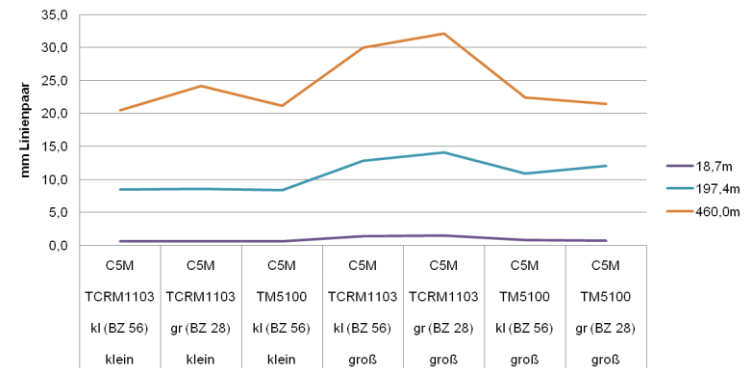
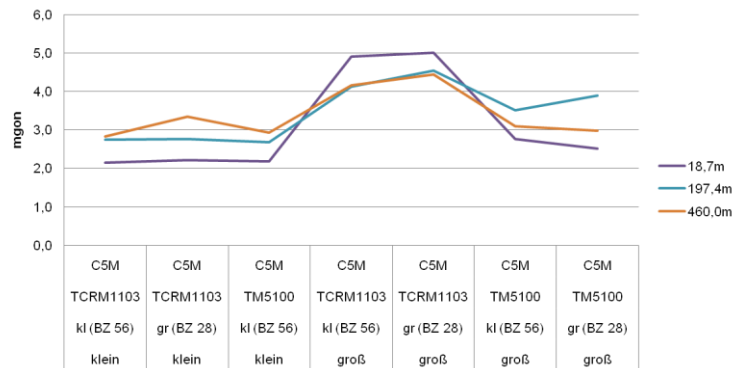


- AV der S/W und Farbkamera annähernd gleich

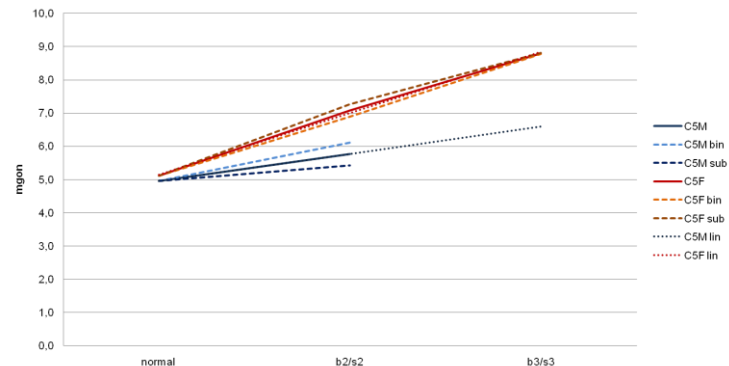
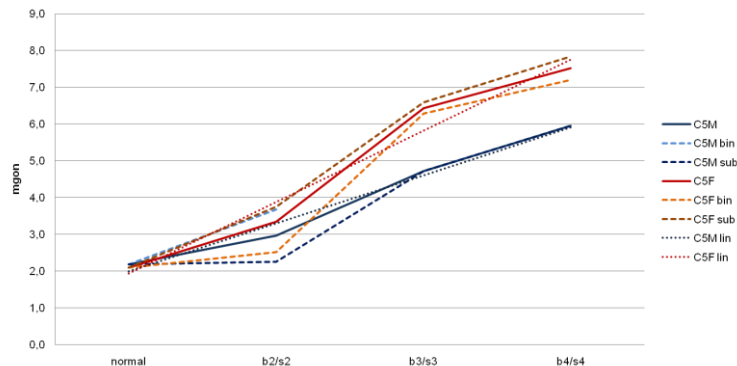


- Kein signifikanter Unterschied des Auflösungsvermögens zwischen Blenden mit Blendenzahl 28 und 56 (ca. 0,2mgon)
- AV des Fernrohrs TM5100 zu TCRM1103
  - annähernd gleich im kleinen Blickfeld (ca. 0,2mgon)
  - deutlich besser (ca. 2,3mgon) im großen Blickfeld
- AV des kleinen zum großen Blickfeld
  - annähernd gleich bei TM5100 (ca. 0,5mgon)
  - deutlich besser (ca. 2,9mgon) bei 1103
- Unterschiede der Auflösungsvermögen nehmen mit der Distanz ab

- AV leicht verschlechtert je größer die Distanz

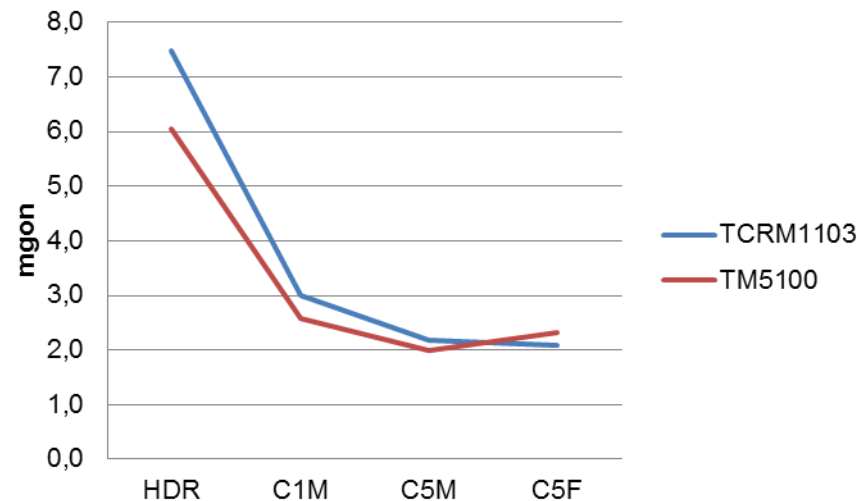


- Je kleiner die Auflösung, desto kleineres AV

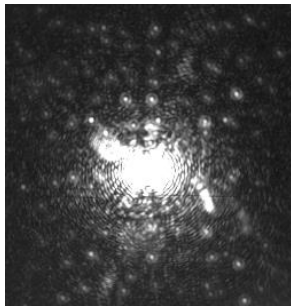




- AV bei geringeren Auflösungen durch Binning bzw. Subsampling annähernd gleich (ca. 0,3mgon)
- Verschiedene Kameras erzeugen unterschiedliche Auflösungsvermögen, abhängig von der höchstmöglichen Auflösung der Kamera



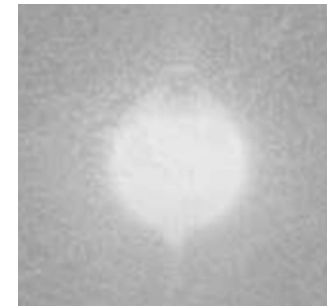
- Aufnahmen Tunnellaser: TL-81



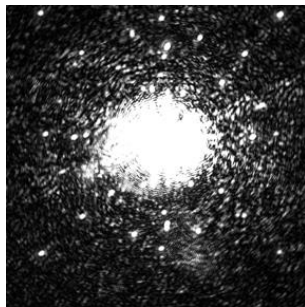
CMOS, TCRM1103  
ohne Sonnenfilter



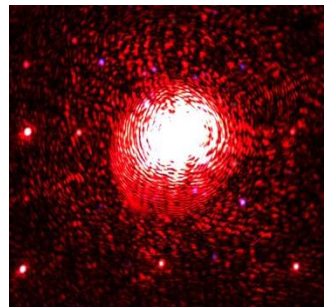
CMOS, TCRM1103  
mit Sonnenfilter



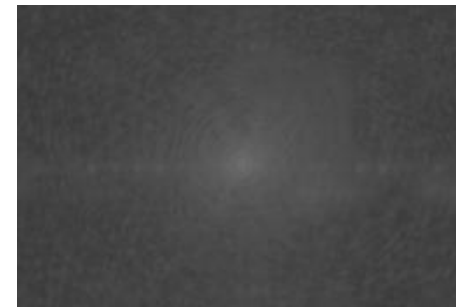
HDR, TCRM1103  
ohne Sonnenfilter



CMOS, TM5100  
S/W-Kamera



CMOS, TM5100  
FarbKamera

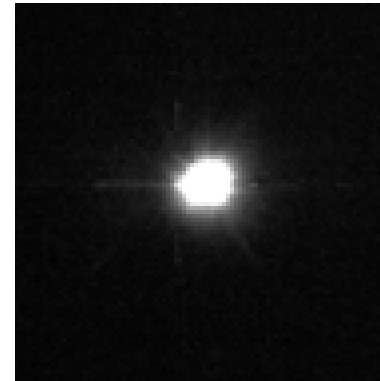


HDR, TM5100

- Aufnahmen Stern: Sirius



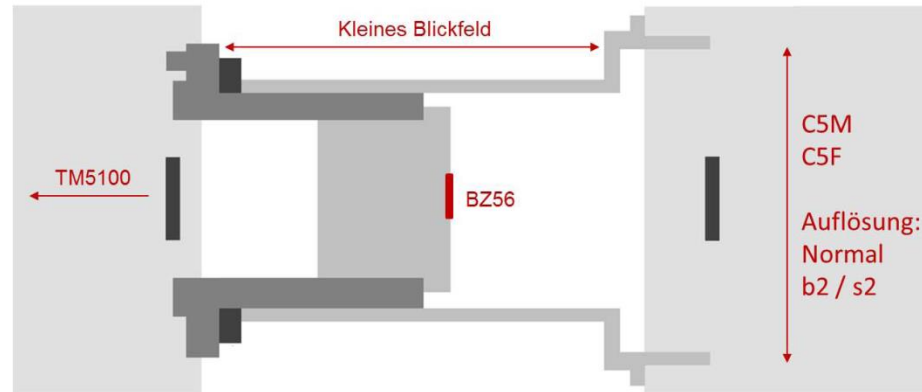
Sirius mit TCRM1103



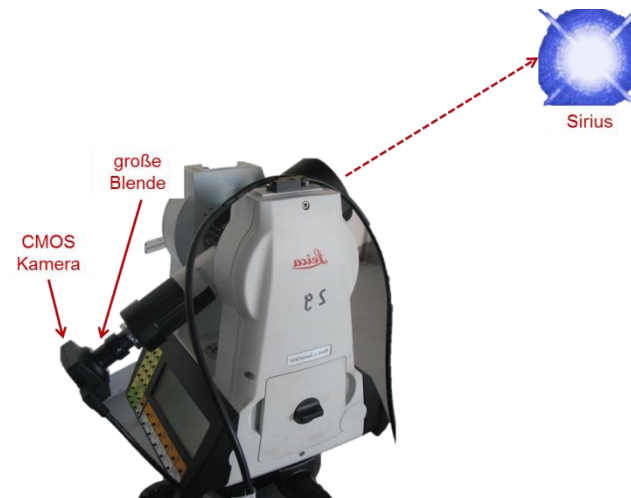
Sirius mit TM5100

- Belichtungszeit lässt sich mit Binning verringern
- HDR-Kamera zeigt keine großen Vorteile

# Optimale Konfigurationen



Bestmögliche Hardware: 1,8mgon bei MÜF=0,4



- Markt der Digitalkameratachymeter wachsend
  - Vergleich: MoDiTa mit kommerziellen Systemen
- Auswertung der Messbilder mit modifizierter Profilauswertung mittels Ausgleichung
- Astrogeodätische Messungen
  - Nutzung mehrerer Sterne verschiedener Magnitude
  - Automatisierter Messablauf mit verschiedenen Belichtungszeiten und Sensoren (HDR/CMOS)
- Bestimmung eines Laserdots
  - Verhalten bei größeren Distanzen
  - Verhalten bei größerer Einfallenergie

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Eignung aktueller Industriekameras  
für modulare Digitalkameratachymeter

Florian Thiery