

Vom VLT zum E-ELT

Matthias Steinmetz

Vorsitzender Rat deutscher Sternwarten (RDS)

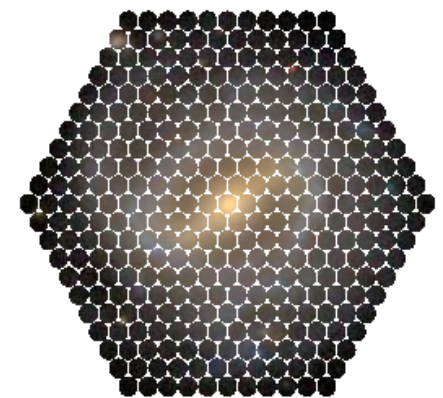
Die Themen

Astronet Science Vision & DFG Denkschrift:

- Was ist der Ursprung und die Entwicklung von Sternen und Planeten?
- Wie entstehen und entwickeln sich Galaxien?
- Verstehen wir die Extremzustände des Universum?
- Wie passen wir in dieses Bild?

Die Tools

- Teleskop: Lichtsammelvermögen und Auflösung
 - Boden: große Spiegel
 - Weltraum: hohe Auflösung und Stabilität
 - Nur im Weltraum: gewisse Energiebereiche
 - Nur am Boden: hohes Lichtsammelvermögen & hohe Auflösung
 - Durchmusterungen: statistische Proben
- “It’s the instrumentation, stupid!”
 - Adaptive Optik, Interferometrie
 - Großes Gesichtsfeld
 - Hochauflösende Spektroskopie, Polarimetrie
 - Multi-Objekt-Spektroskopie
 - Integrale Feldspektroskopie
 - Verschiedene Wellenlängen, insbesondere optisch/IR



Das Very Large Telescope auf dem Paranal



Gegenwärtige VLT-Instrumentierung

FORS2



FLAMES



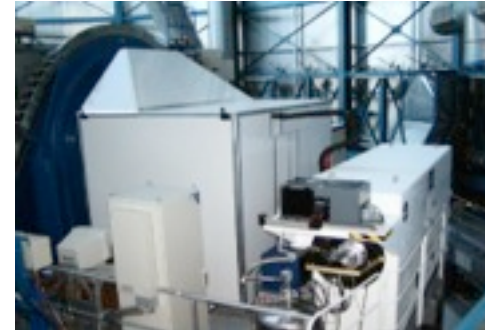
VISIR



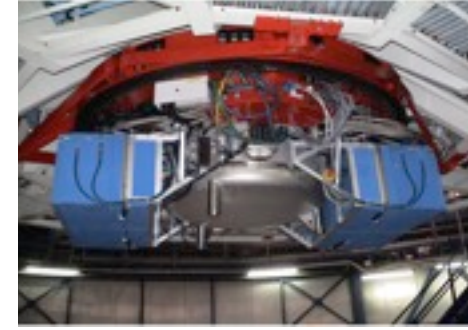
SINFONI



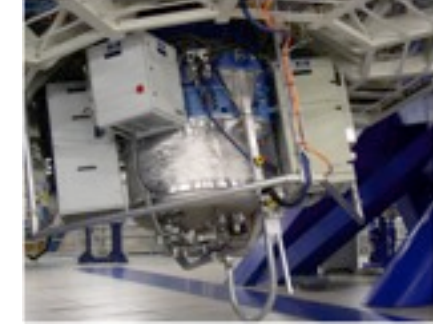
CRIRES



UVES



VIMOS



NACO



CRIRES



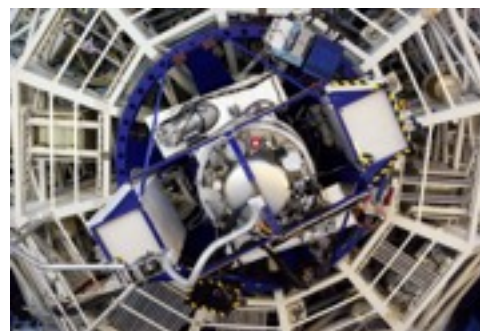
X-shooter



ISAAC



HAWK-I



X-shooter



ISAAC



HAWK-I

Gegenwärtige VLT-Instrumentierung

FORS2



FLAMES



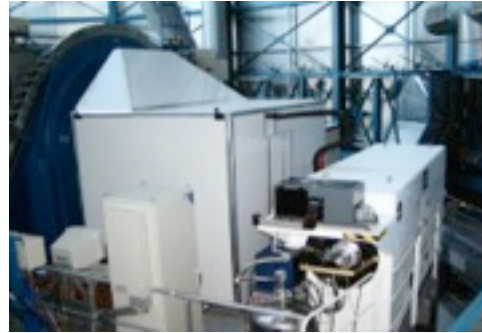
VISIR



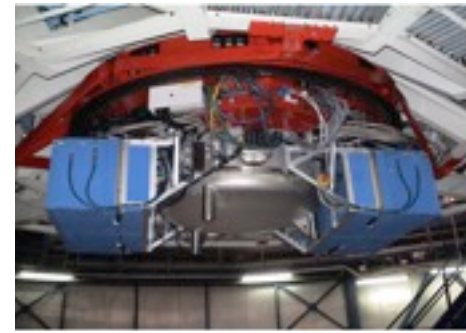
SINFONI



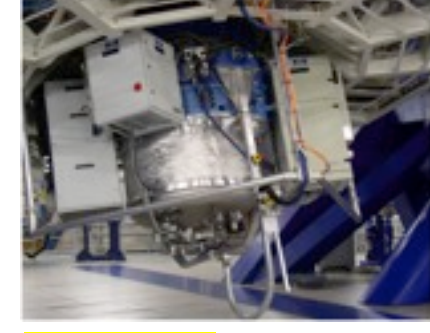
CRIRES



UVES



VIMOS



NACO



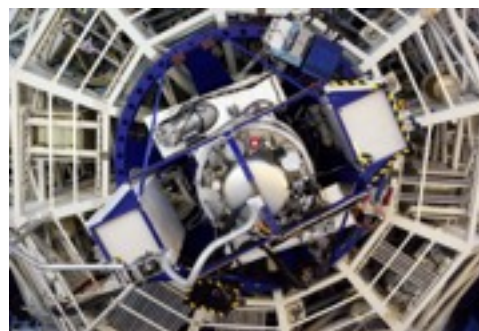
X-shooter



ISAAC



HAWK-I



VLT-Instrumentierung 2013

FORS2



FLAMES



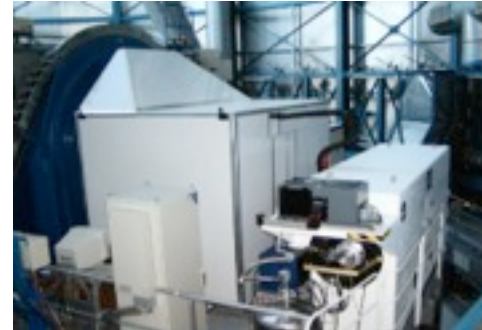
VISIR



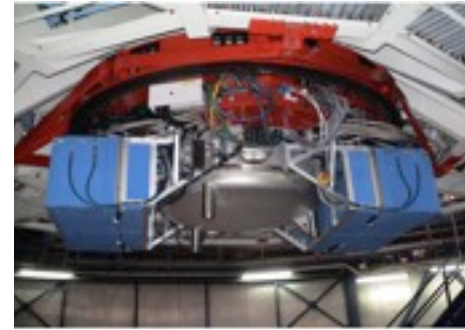
SINFONI



CRIRES



UVES



VIMOS



MUSE



KMOS



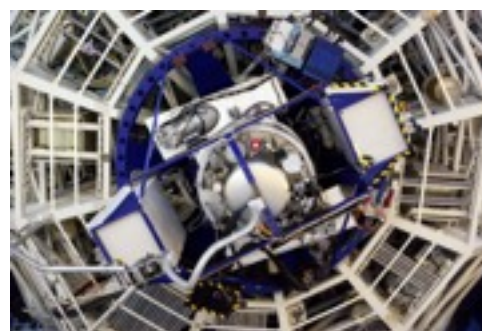
X-shooter



SPHERE



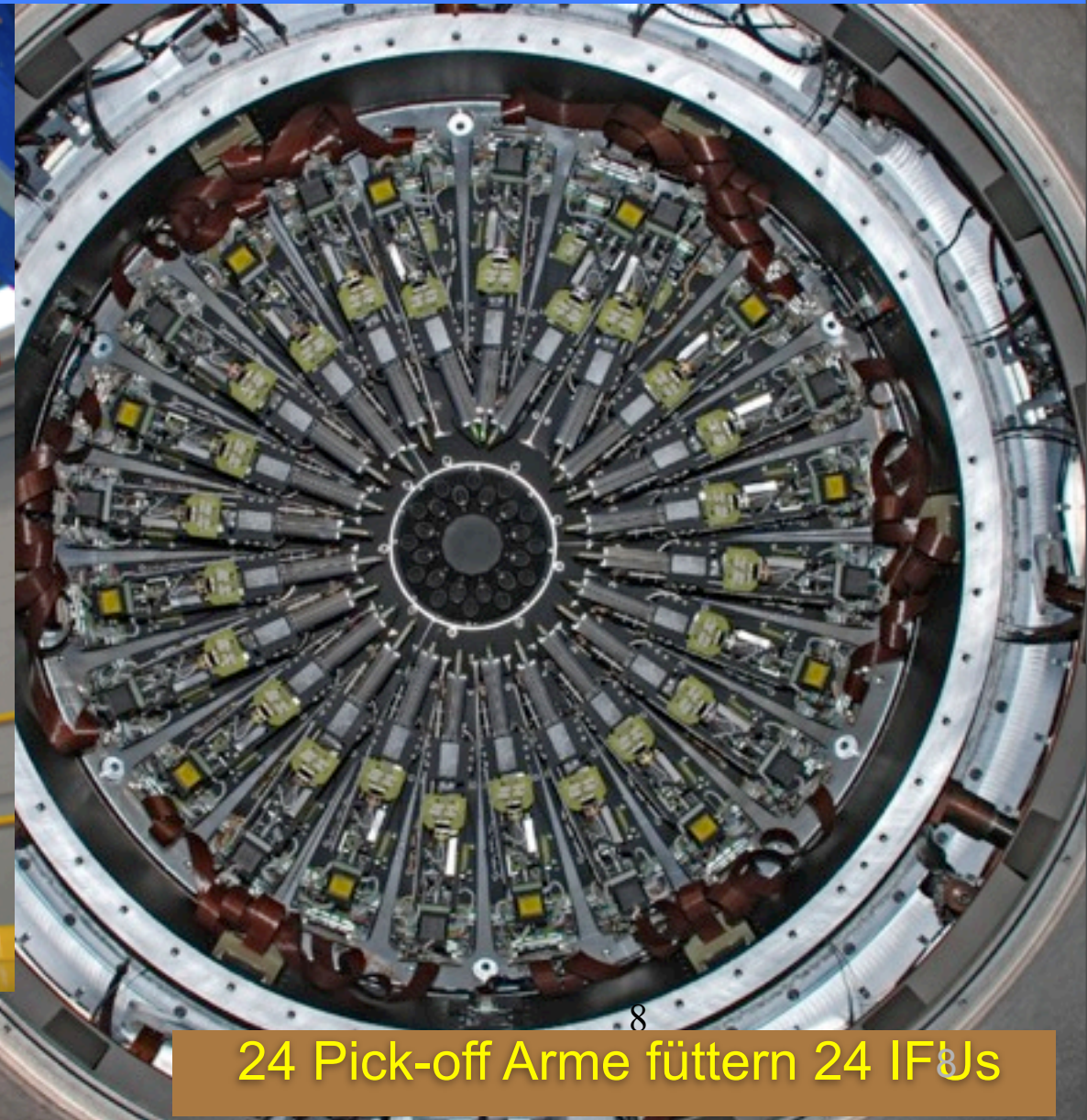
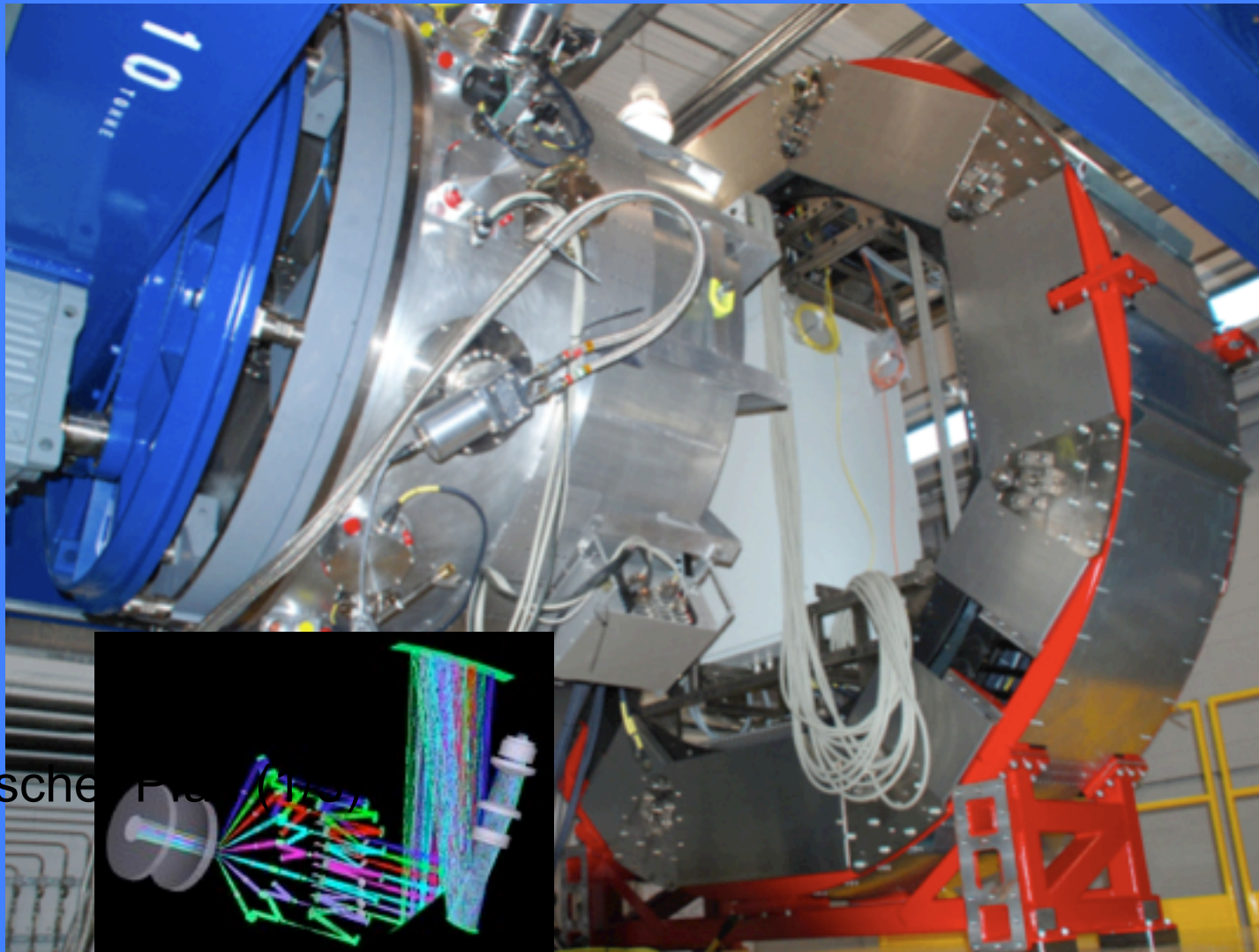
HAWK-I



KMOS für das ESO VLT

- Die effizienteste Maschine zum Studium der Galaxienentwicklung bei $1 < z < 3$ und $z > 7$.
- Ziel ist Untersuchung von Galaxiendynamik, Sternentstehung und Elemententwicklung.
- 24 bewegliche Pick-off Arme erlauben die simultane Beobachtung von 24 Objekten.
- Für jedes Objekt werden 200 Spektren bei $0.8\mu\text{m} < \lambda < 2.5\mu\text{m}$ mit $R \sim 3500$ erhalten.
- Technische Herausforderung: ~ 60 Antriebe in Cryo-Umgebung, ~ 1000 optische Komp.

Consortium: **LMU-Sternwarte (35%), MPE (15%),** Edinburgh, Durham, Oxford.
co-PI's: R. Bender (LMU), R. Sharples (Durham). **First light: spring 2013**



20 Sept 12

Astroteilchenphysik in Deutschland

24 Pick-off Arme füttern 24 IFUs

Multi Unit Spectroscopic Expolorer MUSE



Das Instrument:

- 3D-Spektrograph für das ESO-VLT (ab 2013)
- 90,000 Spektren in einer Aufnahme (465-930nm)
(mittels 24 modularer Spektrographen)
- Hohe Effizienz und Stabilität für lange Belichtungszeiten (bis zu 80 Stunden)



Die Wissenschaft (mit 255 GTO Nächten):

- Detektion und Analyse weit entfernter Galaxien, (z.B. aus dem Hubble Deep Field, LAE)
- Aufgelöste Spektroskopie von Sternenspopulationen in nahen Galaxien



Deutsche Beteiligung (Potsdam & Göttingen):

- ca. 1/3 der instrumentellen F&E
- AIP: Kalibriereinheit, Datenreduktionssoftware
- IAG: mechnische Stuktur, Verteilungs-Optik
- Wissenschaftliche Nutzung (Instrument Scientist)





SPHERE Was ist SPHERE?

- ☀ Instrument zur direkten Abbildung von Exoplaneten
- ☀ X-AO Fähigkeit (Strehl im H-band: 90%)
- ☀ Fortgeschrittener Koronograph
- ☀ 3 Instrumente in der Fokalebene:
 - 🌍 ZIMPOL - differentielle Polarimetrie im sichtbaren bis zu $P \sim 10^{-5}$, Kontrast @ $0.5''$: 10^{-8}
 - 🌍 IRDIS - Dual band Imager und Spectrograf JHK
 - 🌍 IFS - 3D-Spektrograf in J or JH, $R \sim 54/33$, Kontrast @ $0.5''$: 5×10^{-7}

VLT Instruments



MIDI



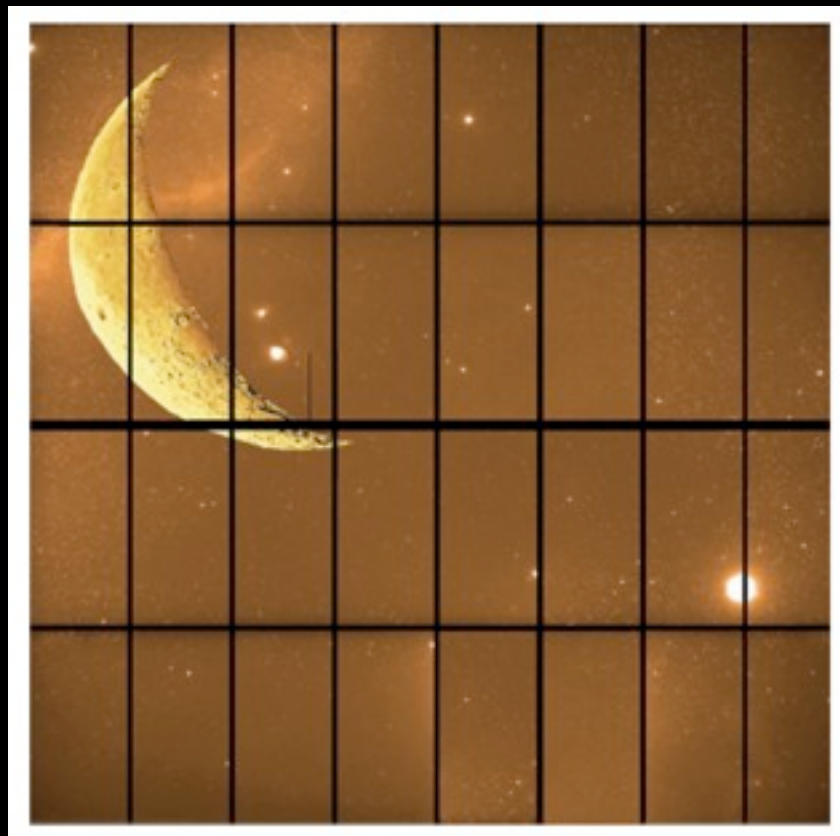
AMBER



In Vorbereitung: GRAVITY und MATISSE

VST: VLT Survey Telescope

- 2.6-m optisches Teleskop mit 32 CCDs
- Beginn der Regelbeobachtung im Oktober 2011
 - 3 public surveys (KIDS, ATLAS, VPHAS+)



VISTA: Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy

- 4.1m Survey Teleskop
in Betrieb seit April 2010
- mehrjährige Beobachtungsprogramme:
VHS, VVV, VIDEO, VIKING, VMC, UltraVISTA



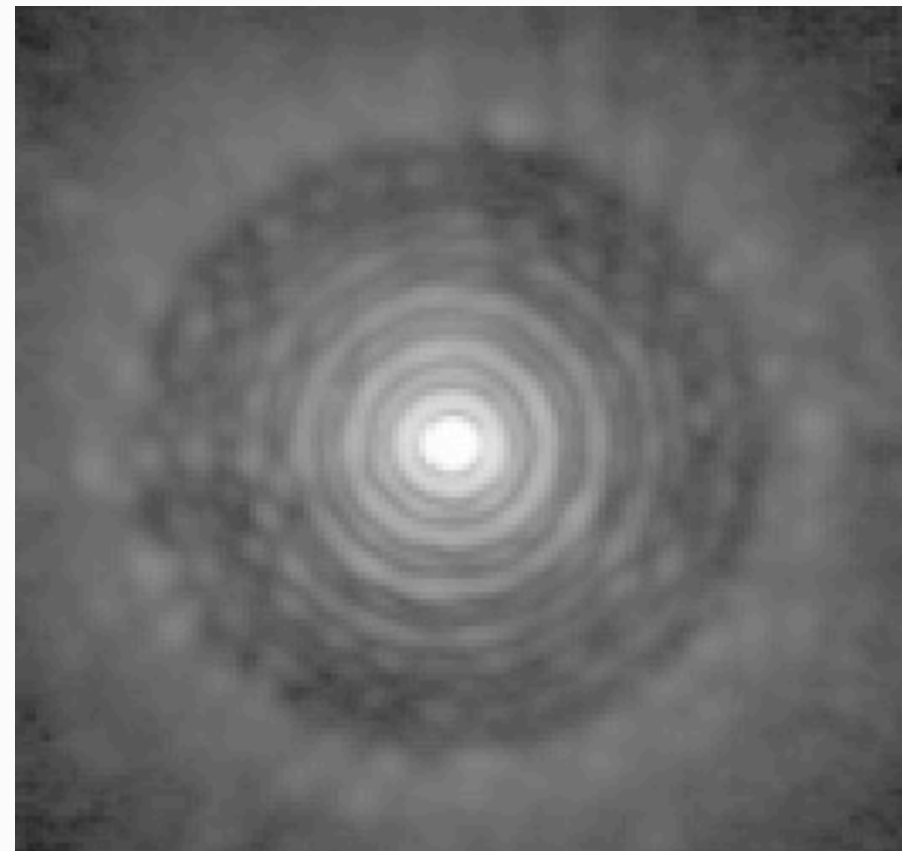
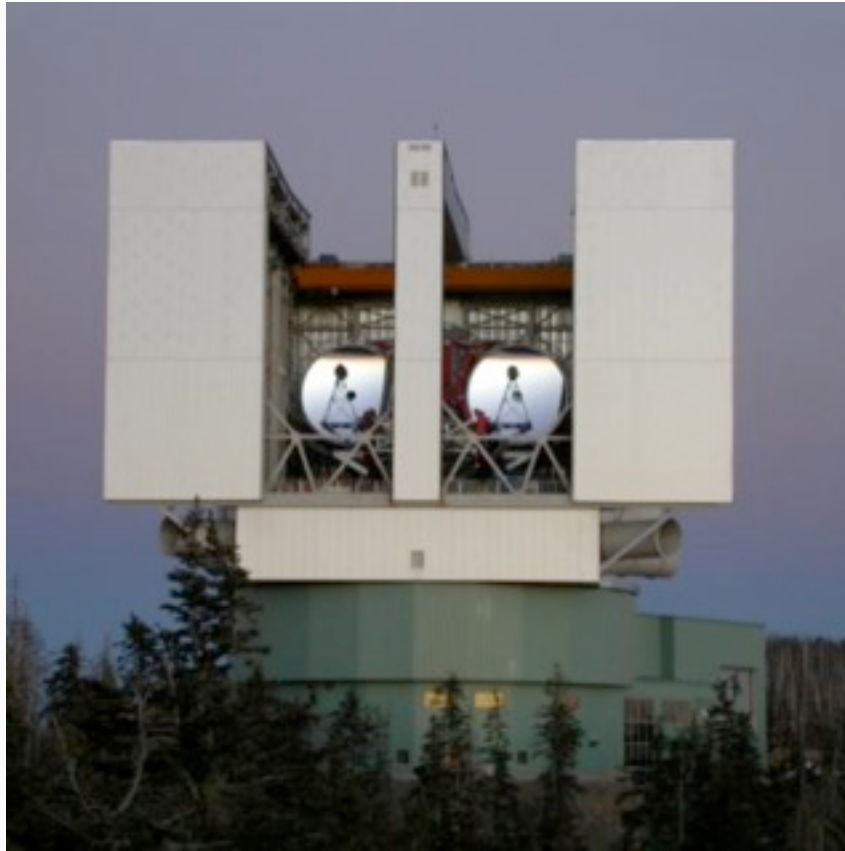
Konzeptstudie für die ESO

- Stand: Konzeptstudie, abgeschlossen bis Feb 13
- Auswahl: 4MOST/MOONS Entscheidung ~May 13
- Ziel: all-sky *public* surveys (Konsortium & Community); Beginn 2019
- Teleskop: VISTA
- Science: Weltraum follow-up: Gaia, eROSITA, Euclid
- Zielvorgaben:
 - sehr hohes Multiplex: ~2400 Fasern, davon 800 hochauflösend
 - Volle Abdeckung des optischen Spektralbereichs: 390-1000 nm
 - Großes Gesichtsfeld: $\varnothing=3^\circ$
- 4MOST erlaubt innerhalb von 5 Jahren, kompletten Survey einer Hemisphäre
 - $> 20 \times 10^6$ Spectren @ $R \sim 5000$ to $m_V \sim 20$ mag at $S/N=20$
 - $> 1 \times 10^6$ Spectren @ $R \sim 20,000$ to $m_V \sim 16$ mag at $S/N=50$



Next: Extremely Large Telescopes

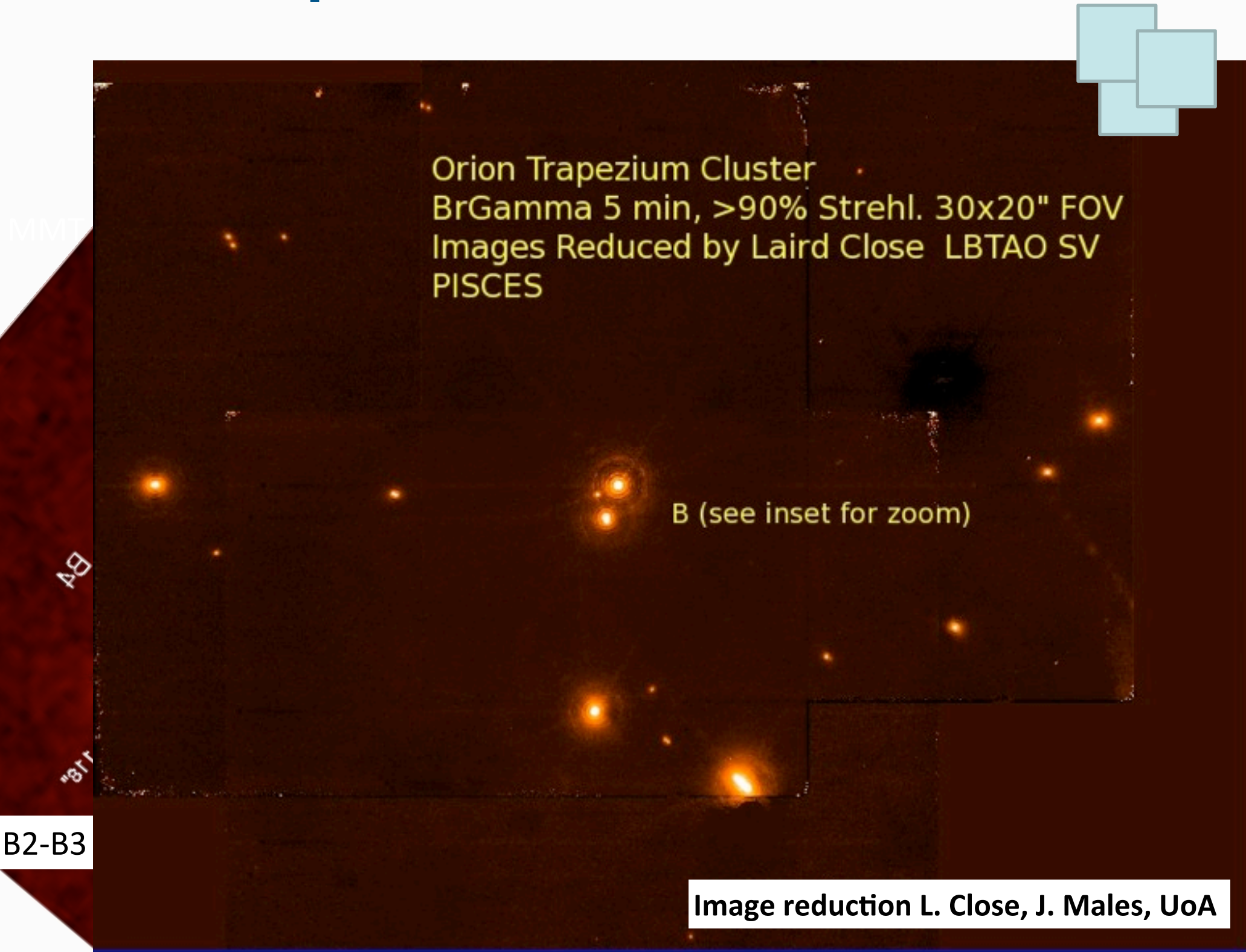




Das Large Binocular Telescope

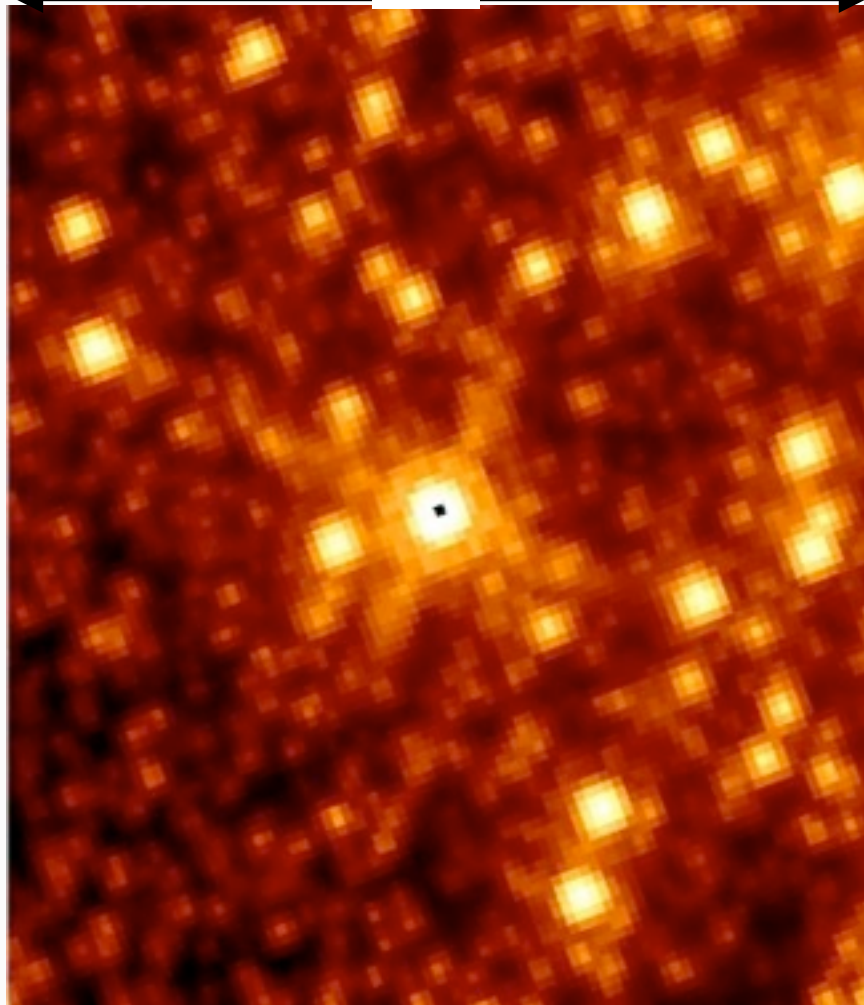
Weltweit leistungsfähigste adaptive Optik

Orion Trapezium Cluster

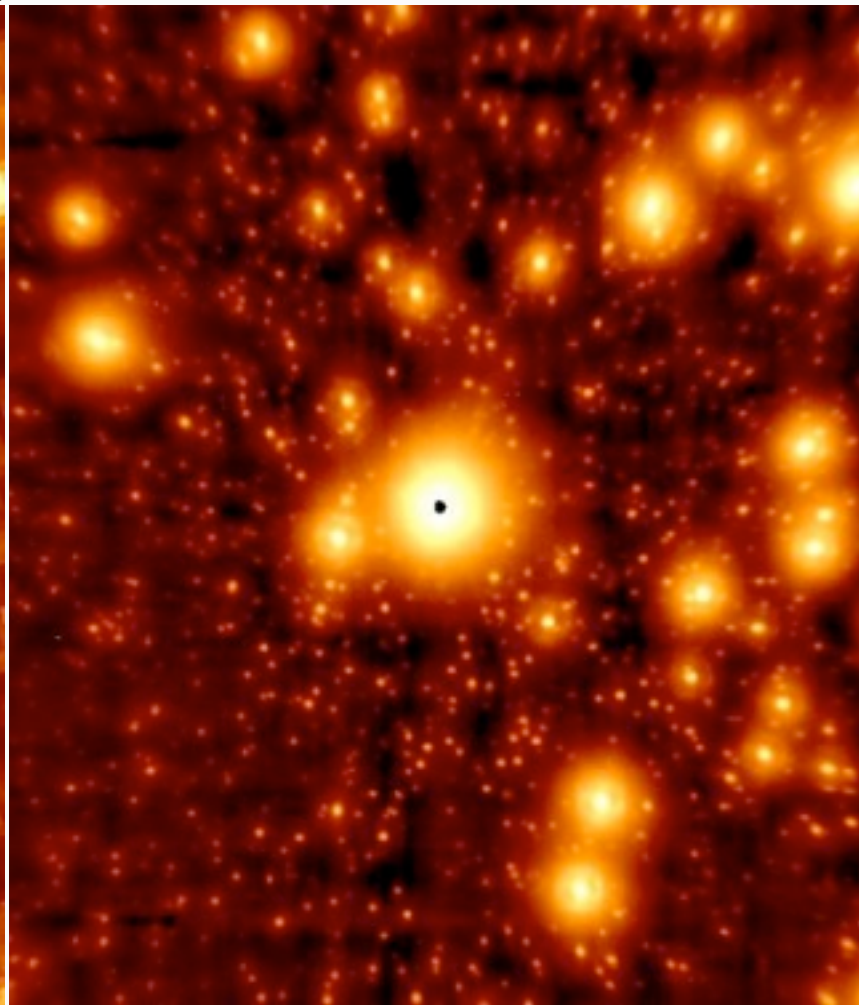


Der Kugelsternhaufen M92

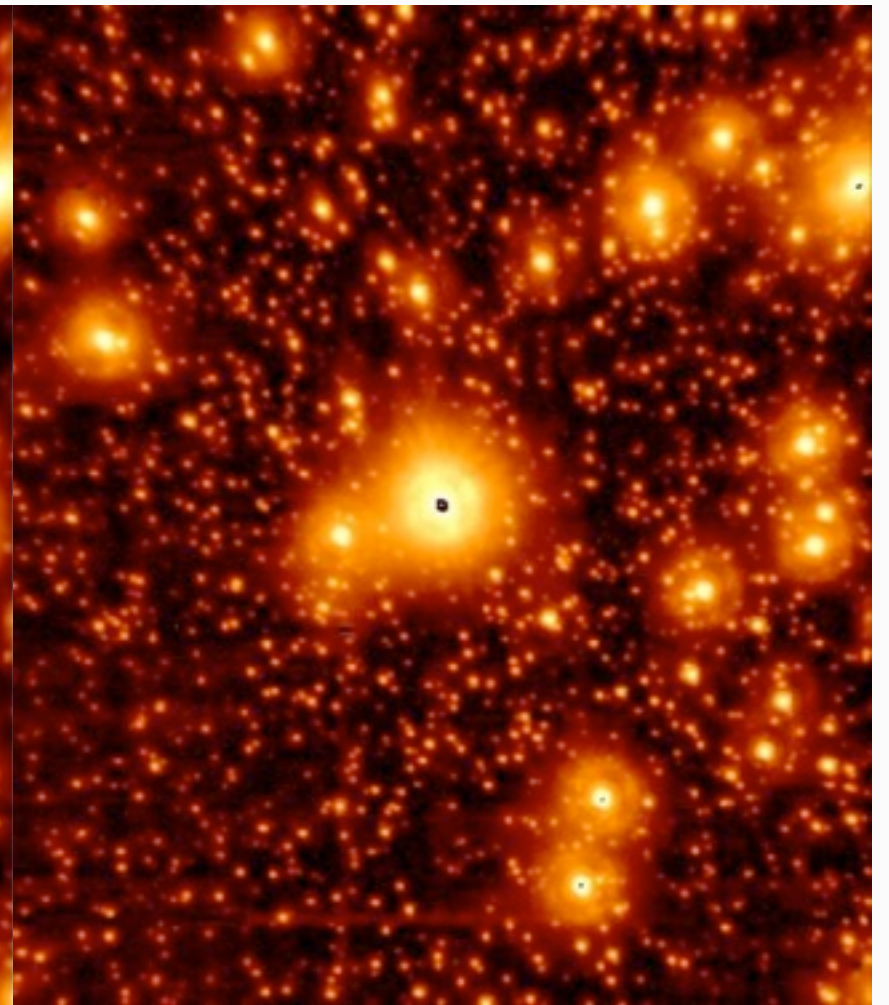
10''



HST/WFPC3, H band 21min



LBT J band, 6min



LBT K band, 3min

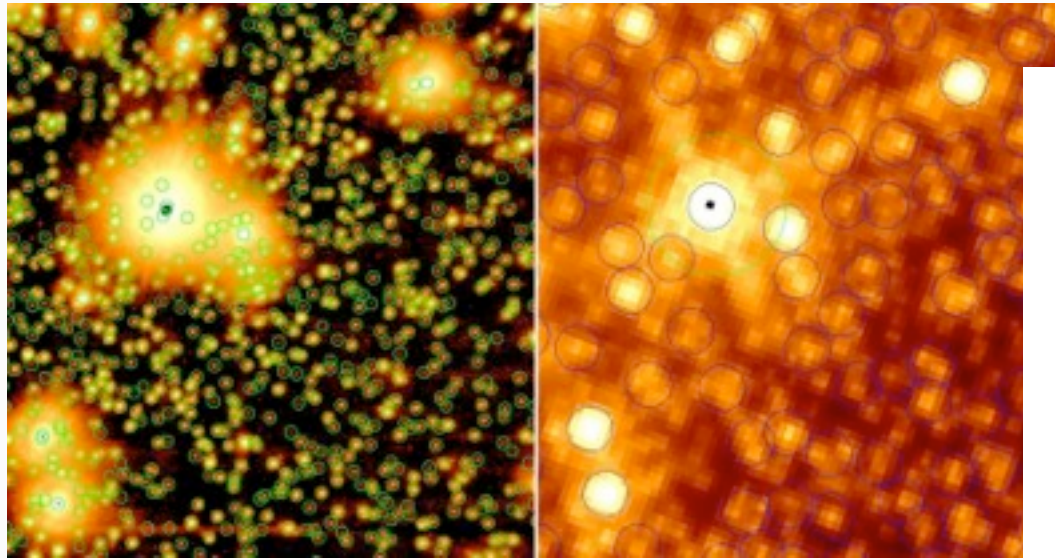
HST WFPC3, H band, 20min

Main data: Rmag 12.0, 0.9'' seeing

AO settings: 0.5KHz, 15x15 subaps, 153 corrected modes

Kugelsternhaufen M92

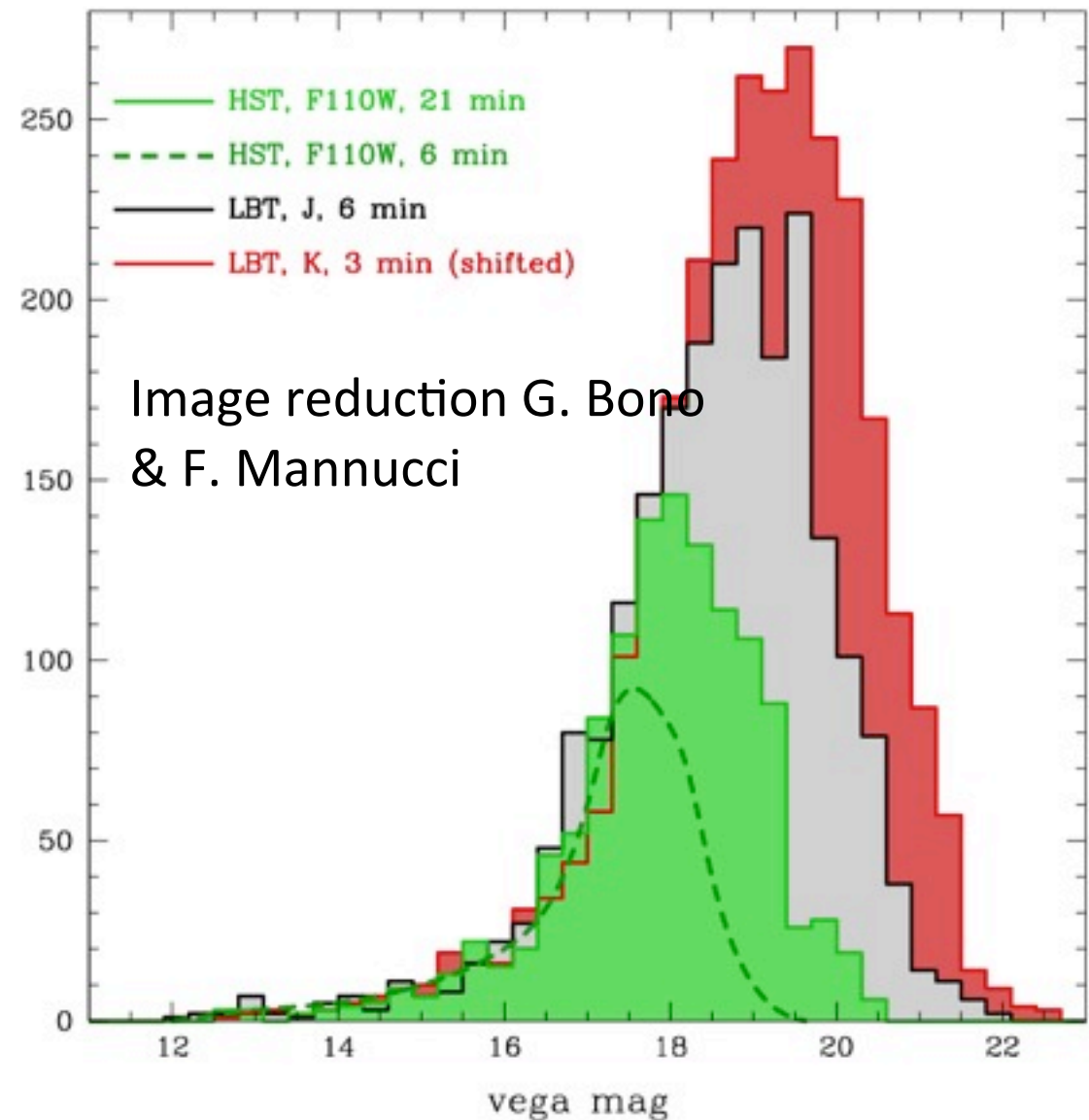
Farben-Helligkeits-Diagramm für
den Kugelsternhaufen M92



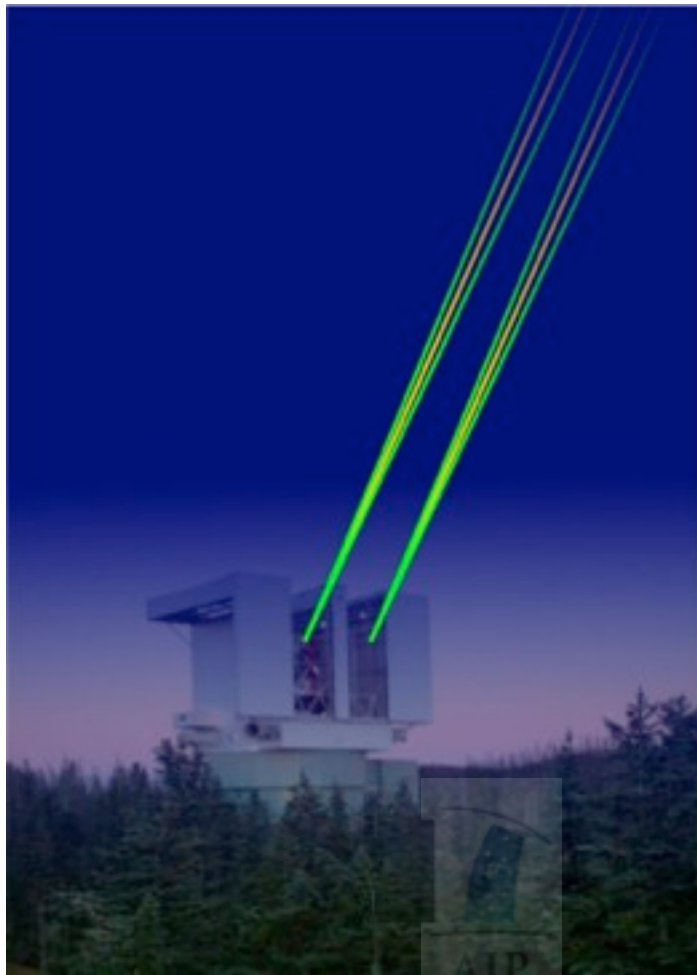
Anzahlstatistik in identischen 20x20
arcsec Bild im Zentrum des
Kugelsternhaufens.

- HST J counts 890, 21 Minuten
- LBT J counts 1969, 6 Minuten
- LBT K counts 3300, 3 Minuten

LBT J Bilder 2 mag tiefer als HST



ARGOS



- Großround layer adaptive Optik
- Korrigiert für große Gesichtsfelder
- Mehrfach Laser-System über 4 arcmin
- Leistungsstarke, gepulste grüne Laser
- ‚Rayleigh‘ Strahl erzeugt in 12km Höhe
- Korrektur des adaptive Secundärspiegel
- Installation 2013/14



LUCI 1+2

- IR Imager und Spektrograf
- seeing und beugungsbegrenzter Modus
- long slit und multi slit
- 0.9-2.5 μm
- cryogenic instrument



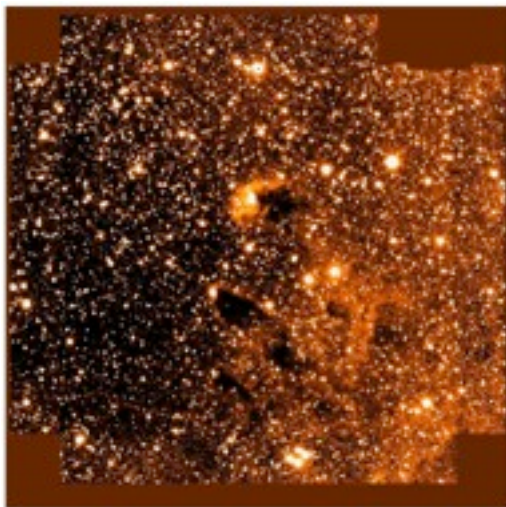
ZAH-Landessternwarte, Heidelberg

MaxPlanck Institut für Astronomie, Heidelberg

MaxPlanck Institut für Extraterrestrik, Garching

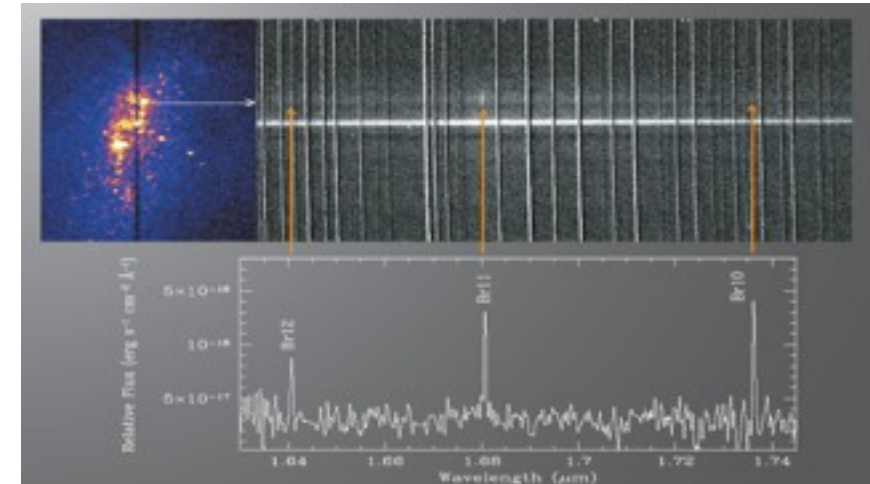
Astronomisches Institut Ruhr Universität, Bochum

Fachhochschule für Technik u. Gestaltung, Mannheim



LUCI1: in Betrieb @LBT
seit Dez 2009

LUCI2: überarbeitet mit neuem
Detektor & AO; Inbetriebnahme am
LBT in der ersten Jahreshälfte 2013





Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument for the Large Binocular Telescope



Hochauflösender Spektrograf

- R=30.000
- Polarimetrischer Mode mit R=120.000

Telescope	SALT	Keck I	VLT Kueyen	HET	Subaru	LBT
						
Diameter [m]	10	10	8.2	9.2	8.2	2 × 8.4
Spectrograph	HRS	HIRES	UVES	HRS	HDS	PEPSI
Maximum R ($=\lambda/\Delta\lambda$)	65,000	84,000	110,000	120,000	160,000	320,000
Wavelengths [μm]	0.37– 0.89	0.3 – 1.0	0.3 – 1.1	0.39 – 1.1	0.3 – 1.0	0.38 – 0.91

LINC-NIRVANA

Fizeau Imager mit MCAO

λ : JHK

Pixel: 5.11 mas

$\lambda/23m$: 10 mas (J) - 20 mas (K)

R: Broadband to R~200

Schedule: Pathfinder in 2012

Delivery in 2014

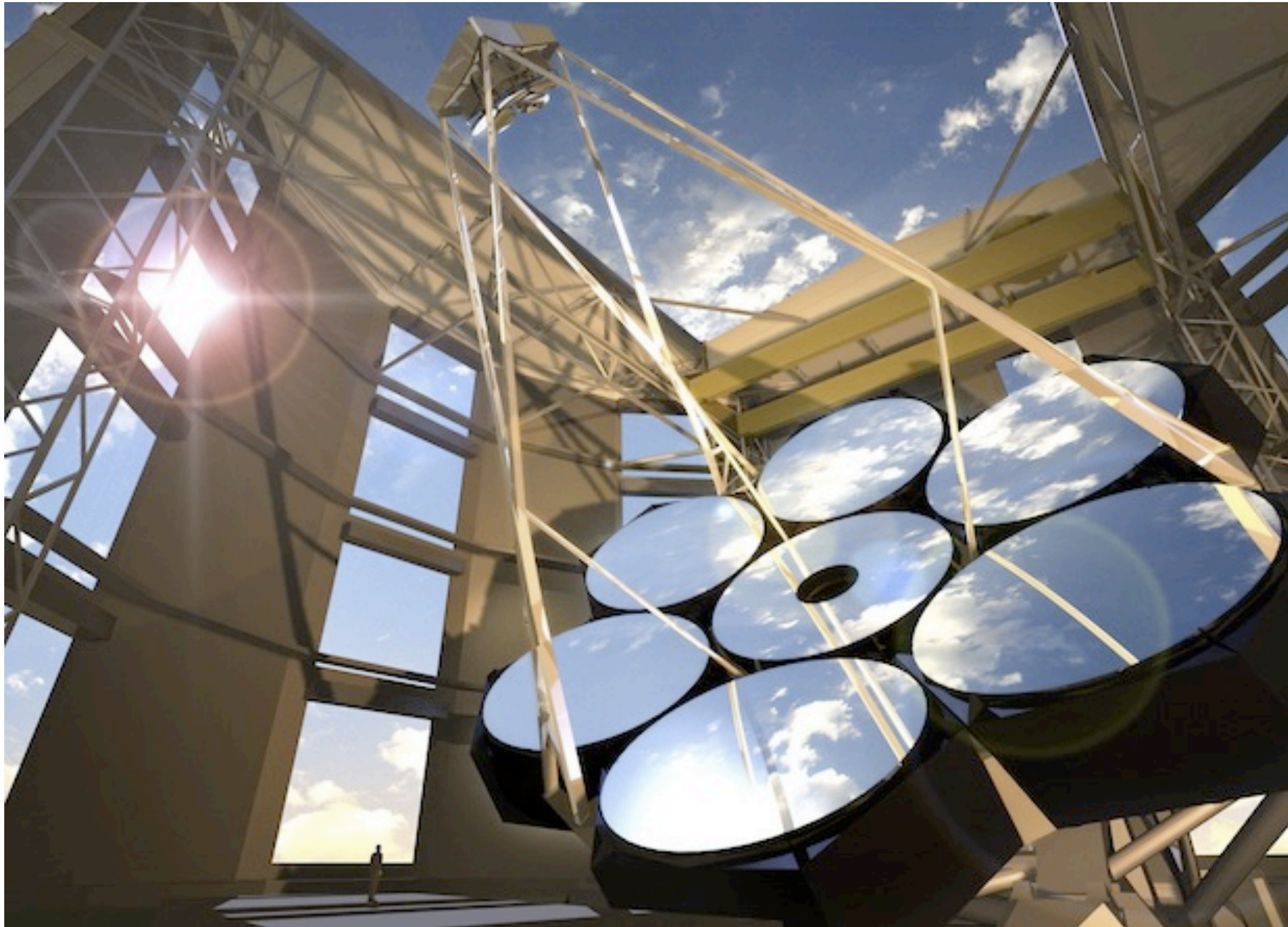
Wiss. Themen:

- Galaxien bei $z \sim 1-2$
- entstehende Sterne und ihre Umgebung
- Galaktisches Zentrum
- Astrometrische Planetensuche
- AGN und nahe Galaxienkerne
- Dichte stellare Systeme



MPIA Heidelberg • INAF • Universität Köln • MPIfR Bonn

Giant Magellan Telescope

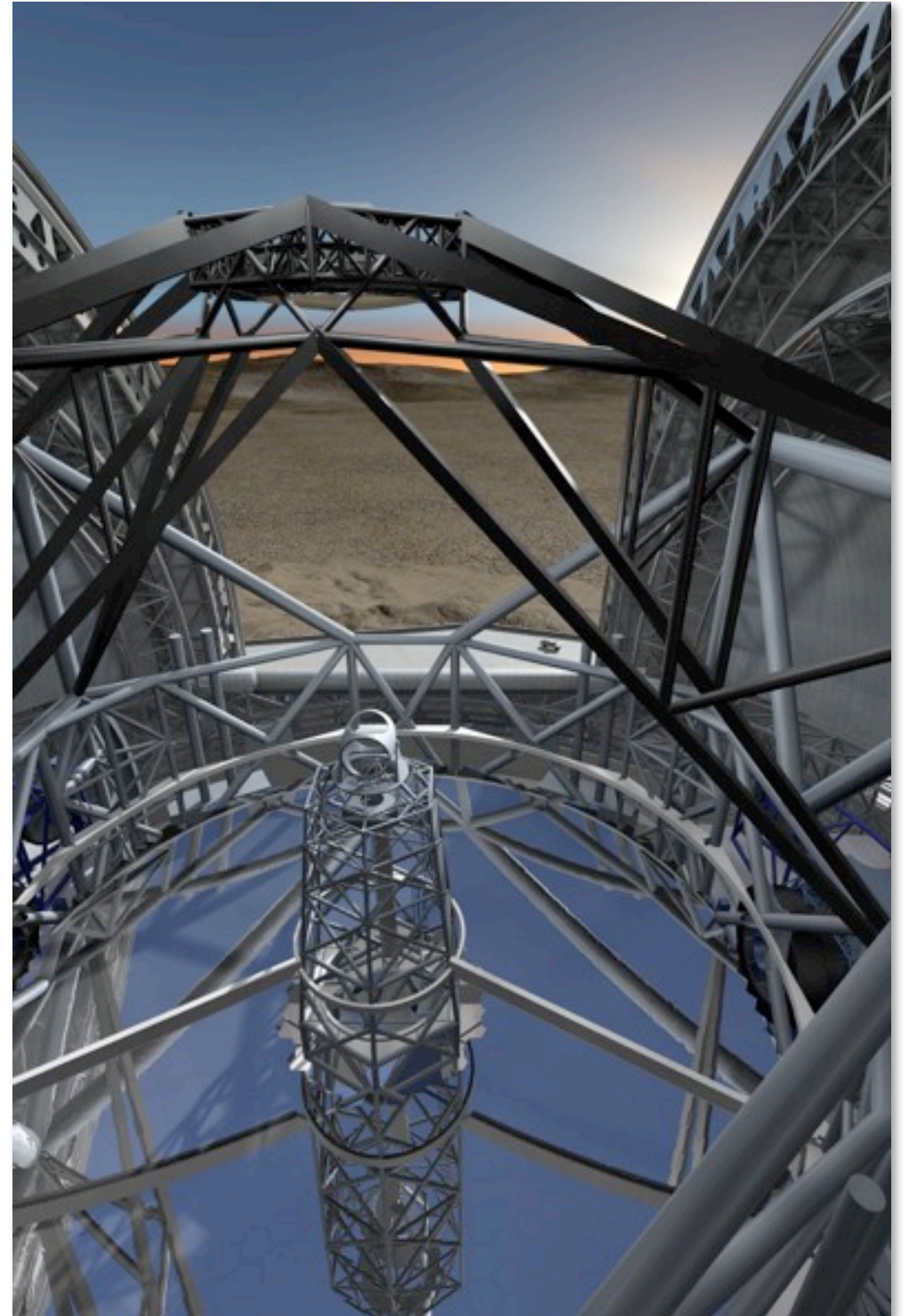


Thirty Meter Telescope



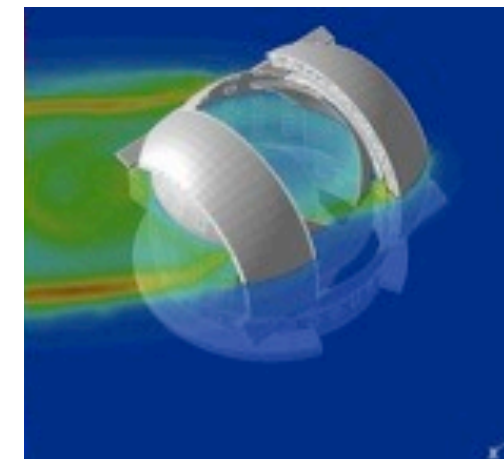
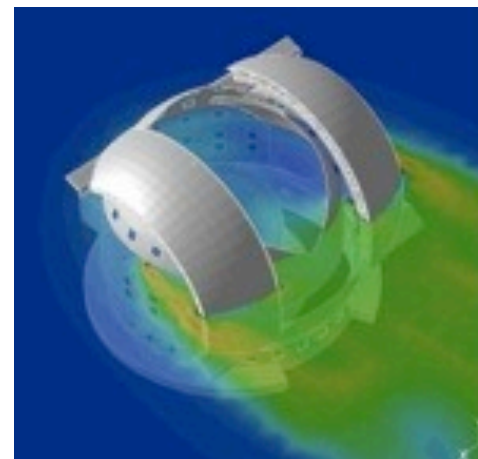
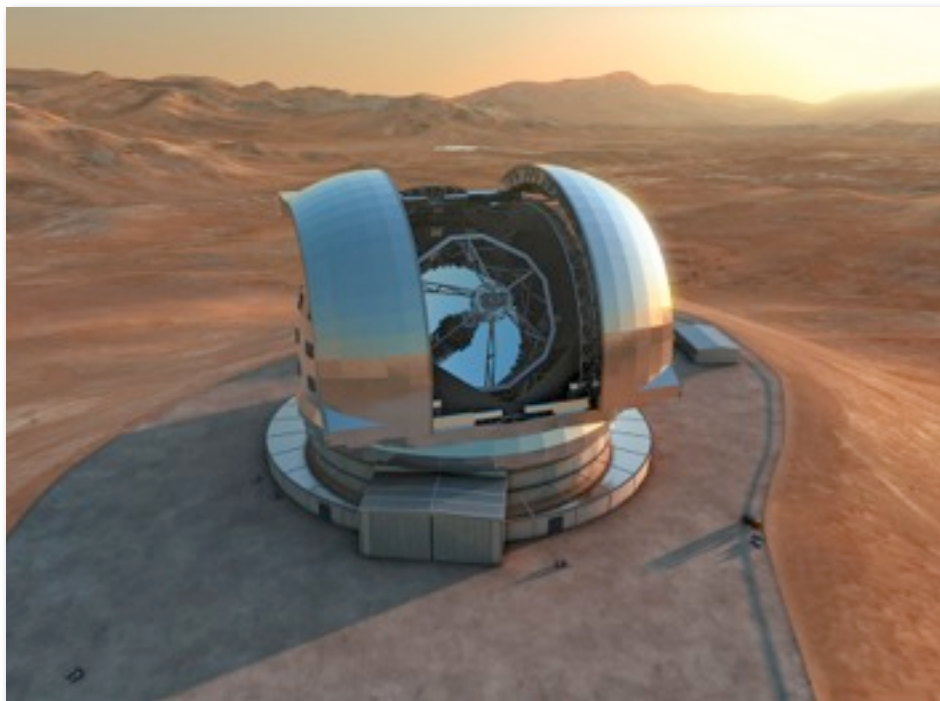
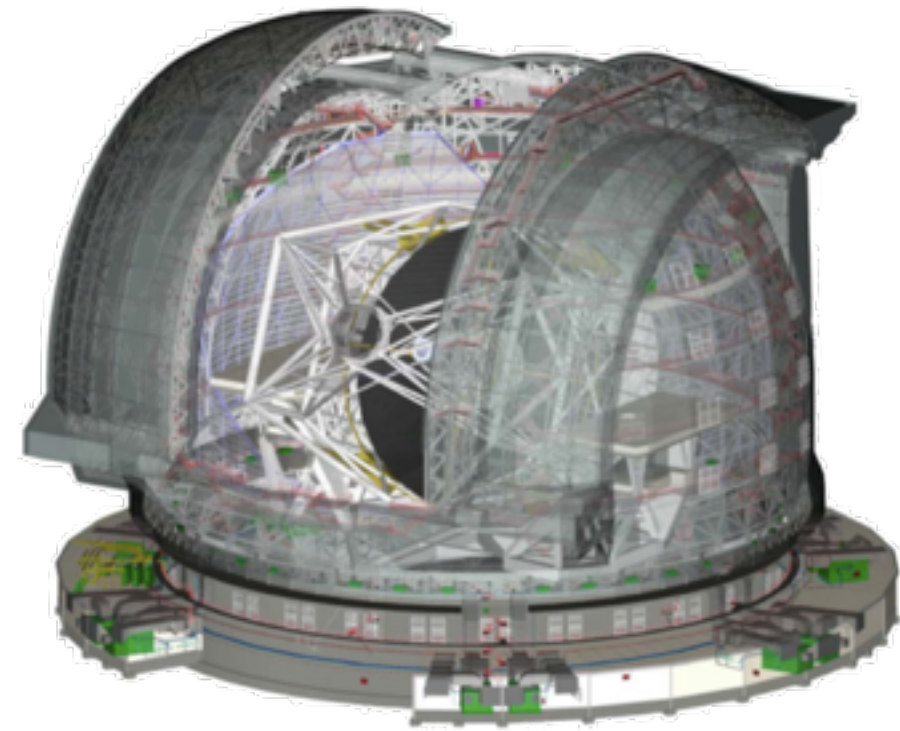
Das E-ELT

- 39-m Teleskop: größtes optisches/ Infrarot-Teleskop der Welt
- Segmentierter Hauptspiegel
- Aktive Optik
- Adaptive Optik im Regelbetrieb
- Beugungslimitierte Leistungsfähigkeit
- Großes Gesichtsfeld: 10 arcmin.
- Mittlere geographische Breite (Armazones in Chile).
- Schneller Instrumentenwechsel.
- VLT-artige Effizienz.



Die Kuppel

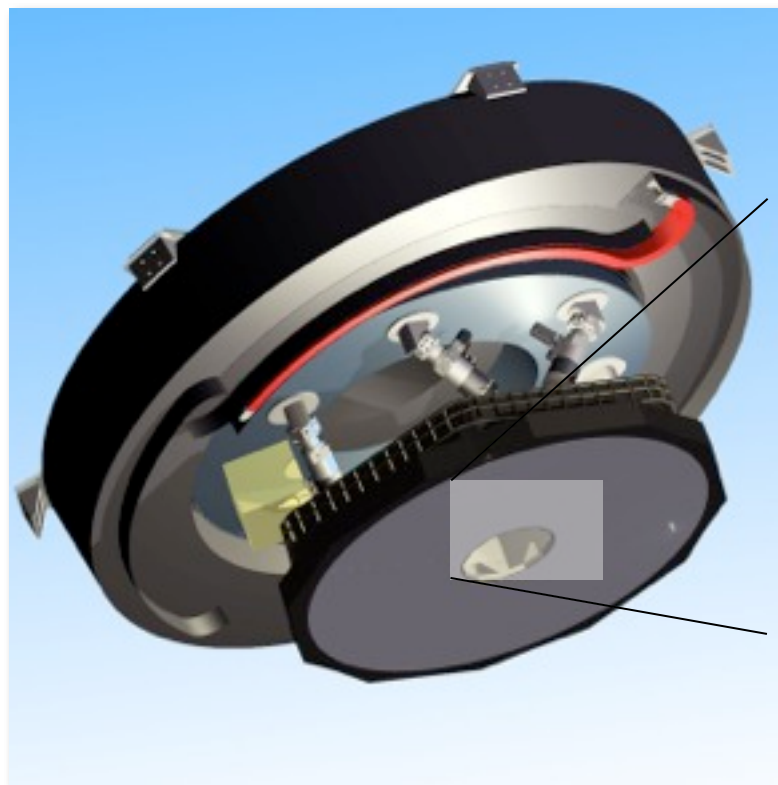
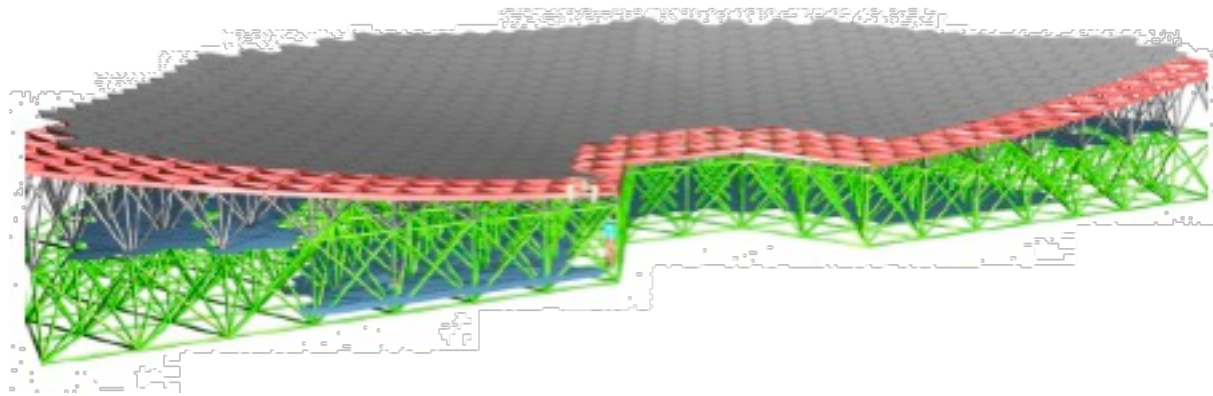
- klassisches Design.
- Durchmesser = 86 m
Höhe = 74 m.
- ~3000 Tonnen Stahl.
- Vollklimatisiert und windgeschützt



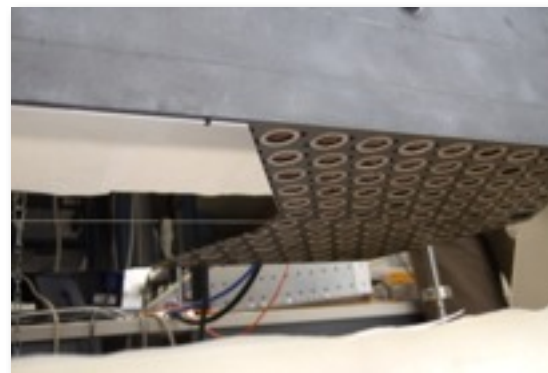


Die Spiegel

M1: 39.3 m, 798 hexagonale Segmente von 1.45 m tip-to-tip: 978 m² Sammelfläche



M4: 2.4 m, eben, adaptiv 6000 to 8000 Aktuatoren



M5: 2.6 x 2.1 m, eben, zur tip-tilt Korrektur



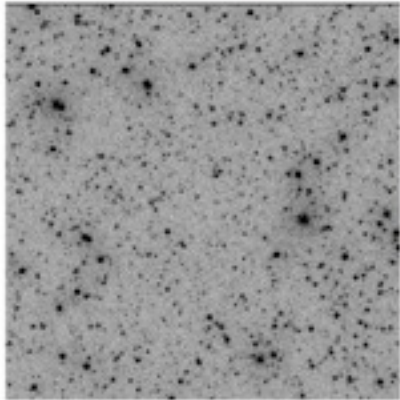
Instrument Roadmap

Year	ELT-IFU	ELT-CAM	ELT-MIR	ELT-4 (MOS or HIRES)	ELT-5 (MOS or HIRES)	ELT-6	ELT-PCS
2012	Decide science requirements, AO architecture.		VISIR start on-sky	Develop science requirements for MOS/HIRES			Call for proposals for ETD
2013			TRL Review	Call for proposals for MOS/HIRES			
2014							
2015				Selection ELT-MOS/HIRES		Call for proposals	
2016							
2017							TRL check
2018							TRL check
2019						Selection	TRL check
2020							TRL check
2021							TRL check
2022 Tel technical first light							
	Pre-studies taking the form of phase A or delta-phase A work and/or ESO-funded Enabling Technology Development (ETD)						
	Decision point						
	Development of Technical Specifications, Statement of Work, Agreement, Instrument Start.						

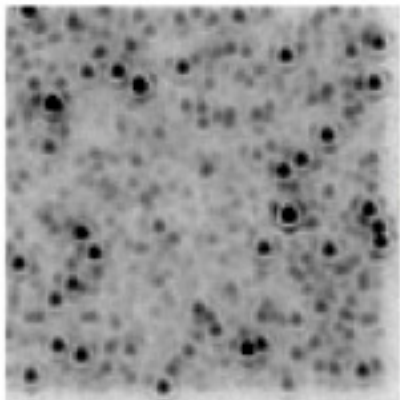
MICADO für das E-ELT

- **First-Light Instrument** für Imaging und Spektroskopie im NIR mit voller A.O.-Korrektur.
- Breites Anwendungsfeld: z.B. schwarze Löcher, Sterne, Planeten, Galaxien, Kosmologie
- λ -Bereich: $0.8\mu\text{m} \dots 2.5\mu\text{m}$, max. Feld: $53'' \times 53''$, Pixelgröße: $1.5 \dots 4$ Millibogensekunden
- Consortium: MPE, MPIA, Sternwarte München, Göttingen, NOVA (NL), Paris, Padova, ...
(PI-Institut: MPE, Koordinierung des BMBF-Verbundbeitrags: Sternwarte der LMU München)

5-hr K-band simulated exposure

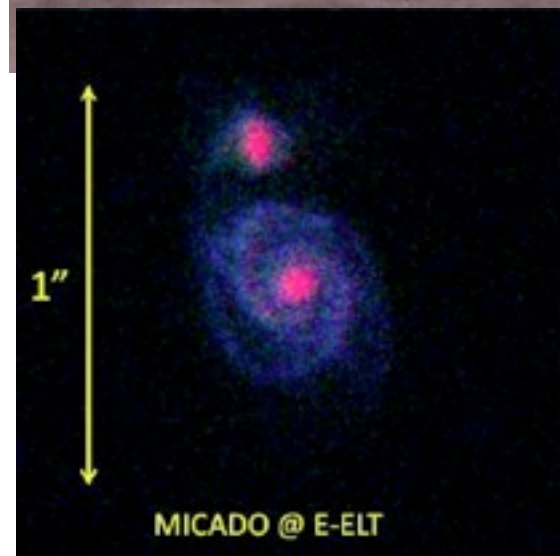


MICADO



Globular Cluster

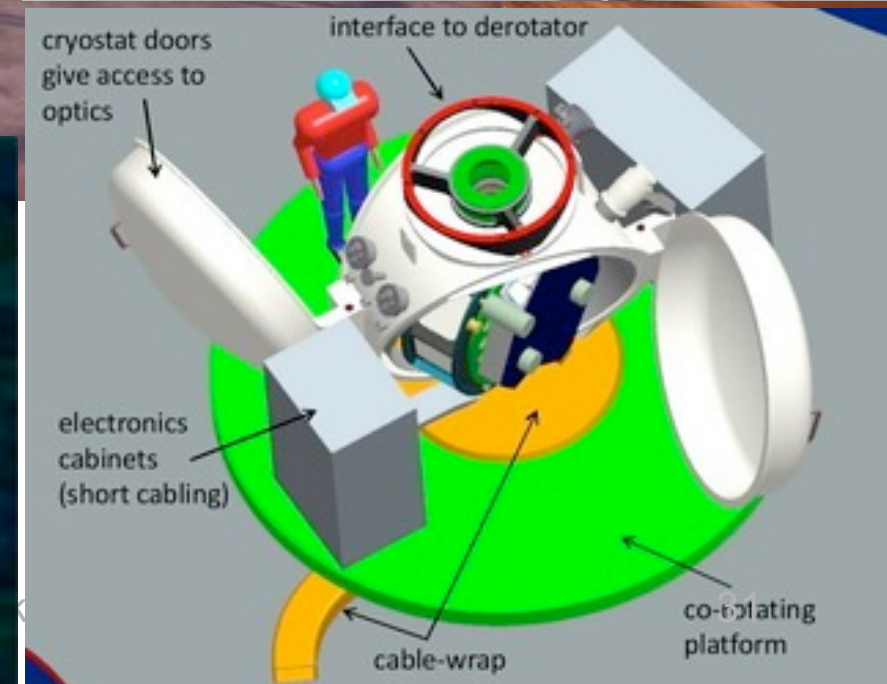
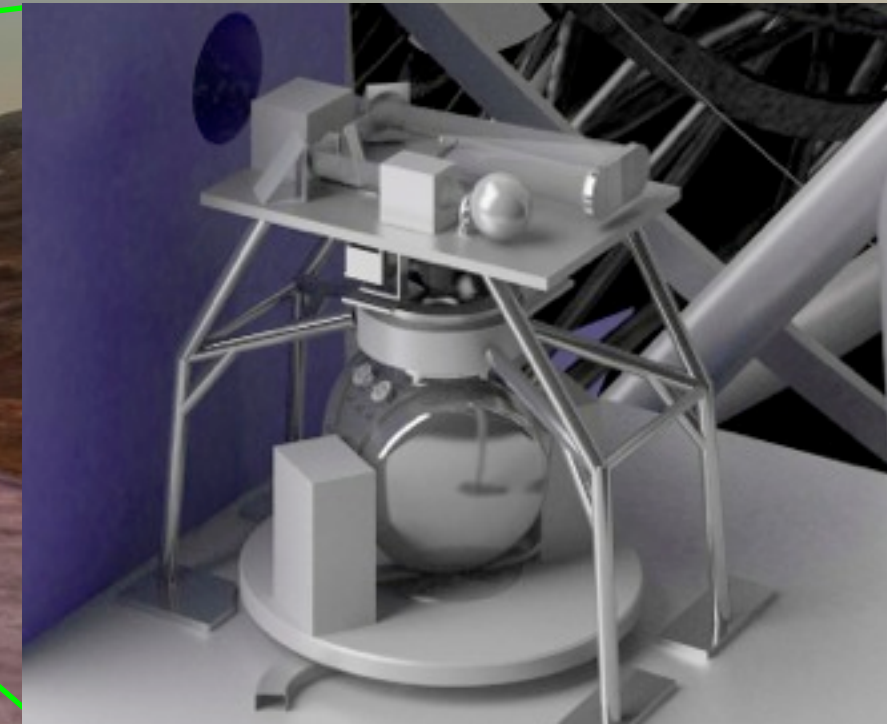
JWST



MICADO @ E-ELT



NIRC2 @ JWST



Der Standort

Basierend auf einer ausführlichen Standortanalyse und Testbeobachtungen an mehreren Standorten in Chile, Morokko, den kanarischen Inseln, Argentinien, Mexiko, etc., entschied sich das ESO Council für den Cerro Armazones als Standort für das E-ELT.

Auswahlkriterien: Auswirkungen auf die wissenschaftliche Nutzung, herausragende atmosphärische Bedingungen, aber auch Logistik bzgl Bau und Betrieb (Straßen, Wasser, Strom, Erreichbarkeit, ...).



Armazones



Paranal

E-ELT first light possible in 2021



ESO aus der Sicht des US Decadal Survey

- The 14-nation ESO consortium is on track to become the **undisputed leader** in ground-based OIR astronomy with its planned construction of the 42m European Extremely Large Telescope (E-ELT) ...
- By concentrating most of its resources into a single international partnership, Europe has minimized duplication of capability between facilities, created a major international research center, and established a funding line for construction that is intended to lead from ALMA, to E-ELT ...

