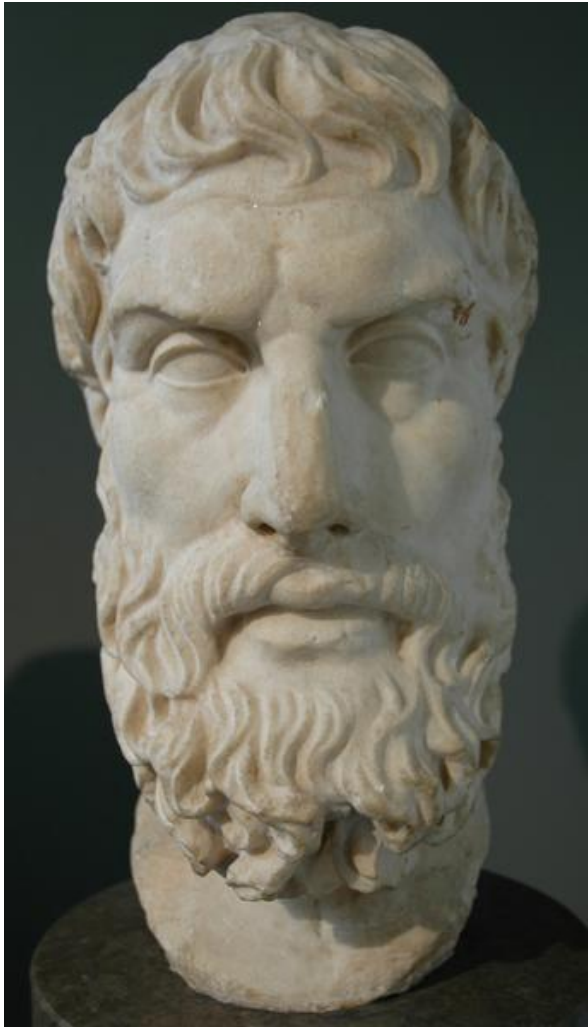




Rote Sterne mit blauen Planeten

Andreas Quirrenbach
(LSW Heidelberg)

Extrasolare Planeten: Von philosophischer Spekulation ...

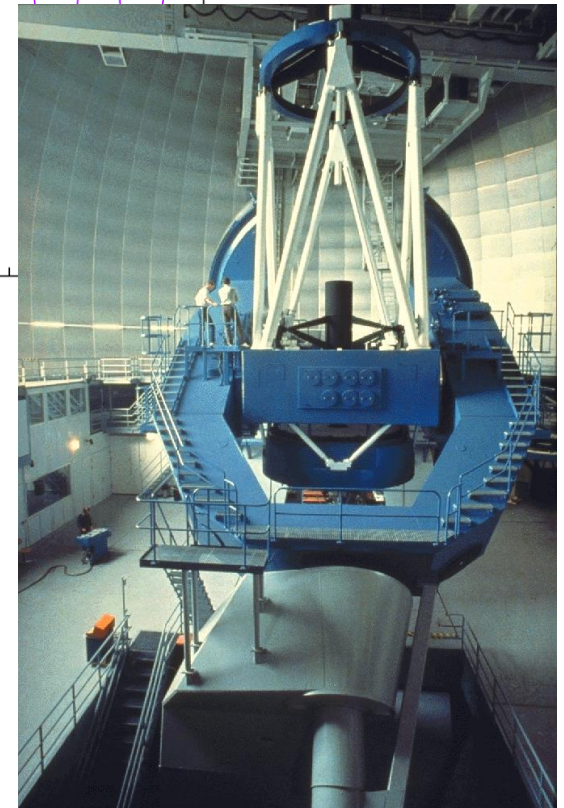
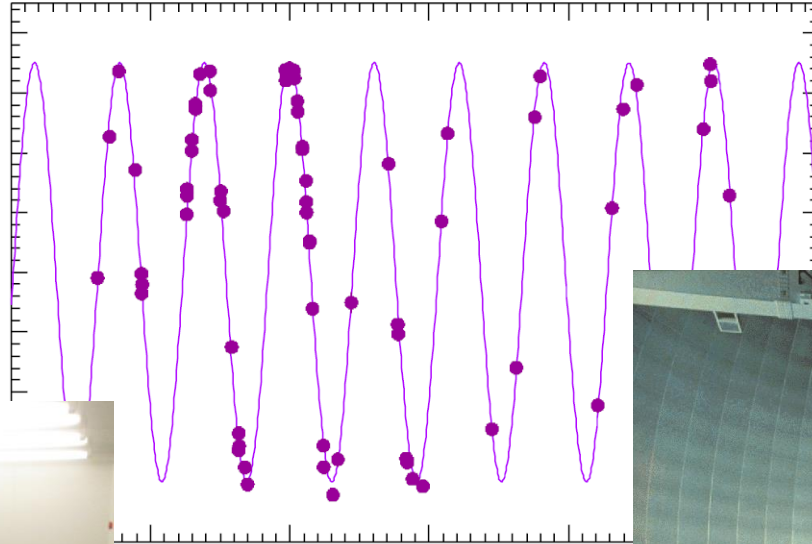


Ἄλλὰ μὴν καὶ κόσμοι ἄπειροί
εἰσιν, οἳ θ' ὅμοιοι τούτῳ καὶ
ἀνόμοιοι.

Es gibt unendlich viele Welten,
einige ähnlich der unseren, andere
davon verschieden.

Epikur, ca. 300 v.Chr.

... zur Untersuchung mit naturwissenschaftlichen Methoden



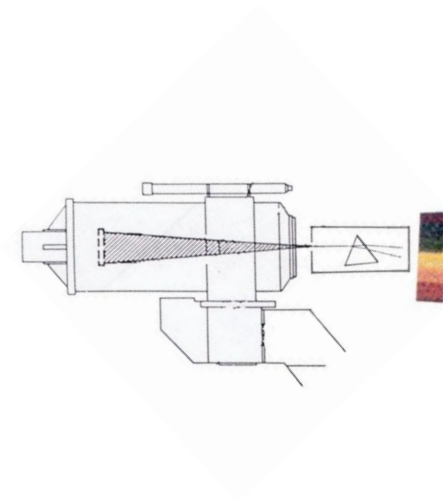
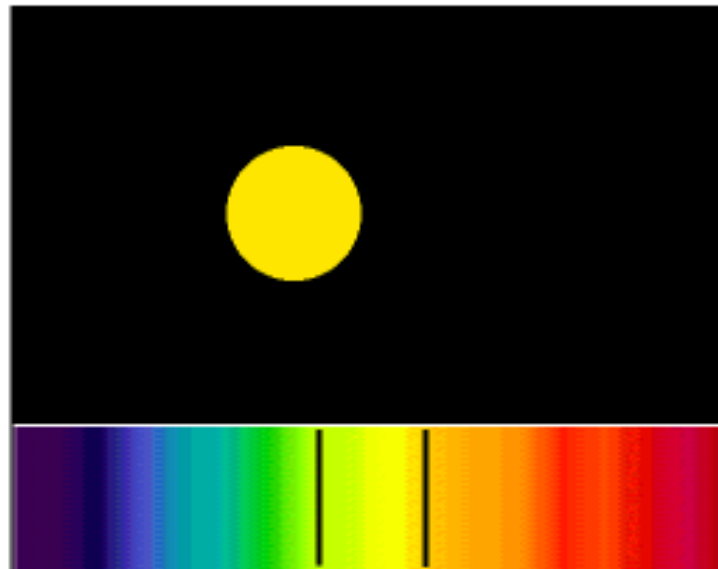
Calar Alto Observatorium, 2016 n.Chr.

Das CARMENES-Konsortium

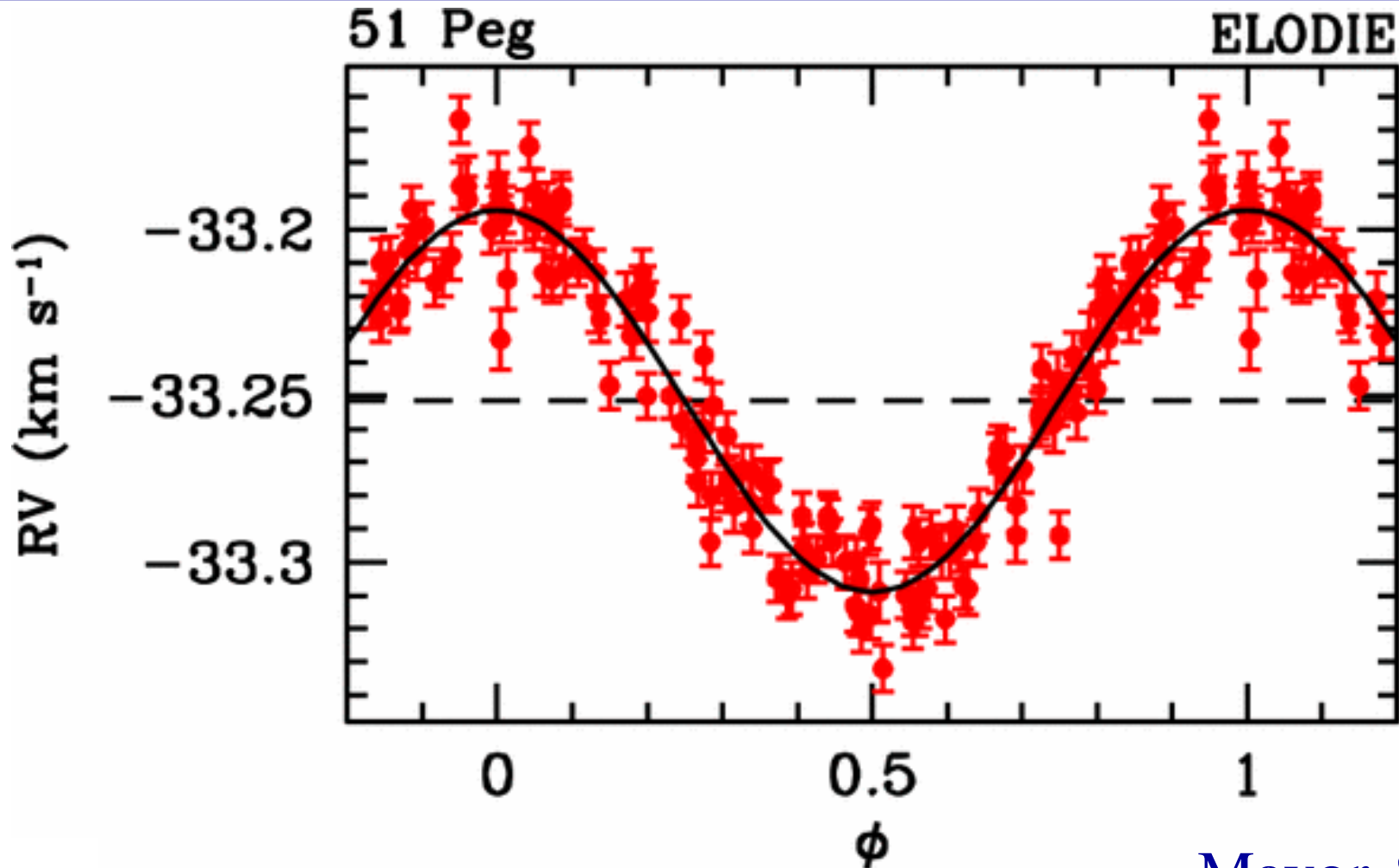


- Landessternwarte Königstuhl, U Heidelberg, Germany
- Insitut für Astrophysik, U Göttingen, Germany
- MPI für Astronomie, Heidelberg, Germany
- Thüringer Landessternwarte, Tautenburg, Germany
- Hamburger Sternwarte, U Hamburg, Germany
- Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada, Spain
- Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain
- Institut de Ciències de l'Espai, Barcelona, Spain
- Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife, Spain
- Centro de Astrobiología, Madrid, Spain

Die Radialgeschwindigkeits- Methode



51 Peg B: Der erste Planet um einen sonnenähnlichen Stern



Mayor &
Queloz (1995)

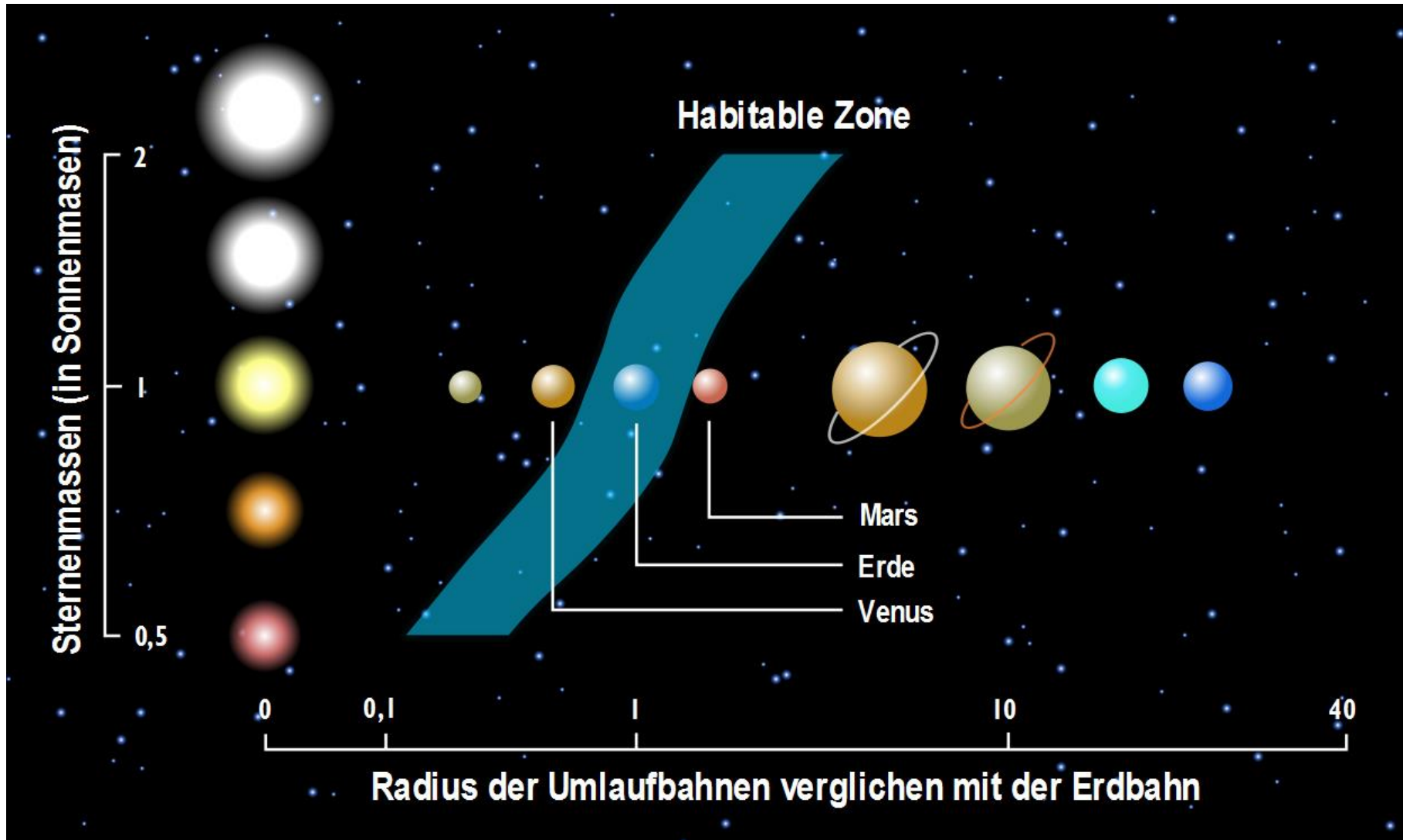
„Bewohnbare“ Planeten

- Zu schwer \Rightarrow Gas-Riese
- Zu leicht \Rightarrow Verlust der Atmosphäre
- Zu nah am Mutterstern \Rightarrow Wasser verdampft
- Zu weit vom Mutterstern \Rightarrow Wasser gefriert



- Planeten bieten eine Grundlage für Leben, wenn sie etwa die Größe der Erde haben und sich im richtigen Abstand vom Mutterstern befinden

Die „bewohnbare Zone“ um einen Stern



Die Bedeutung von M-Sternen

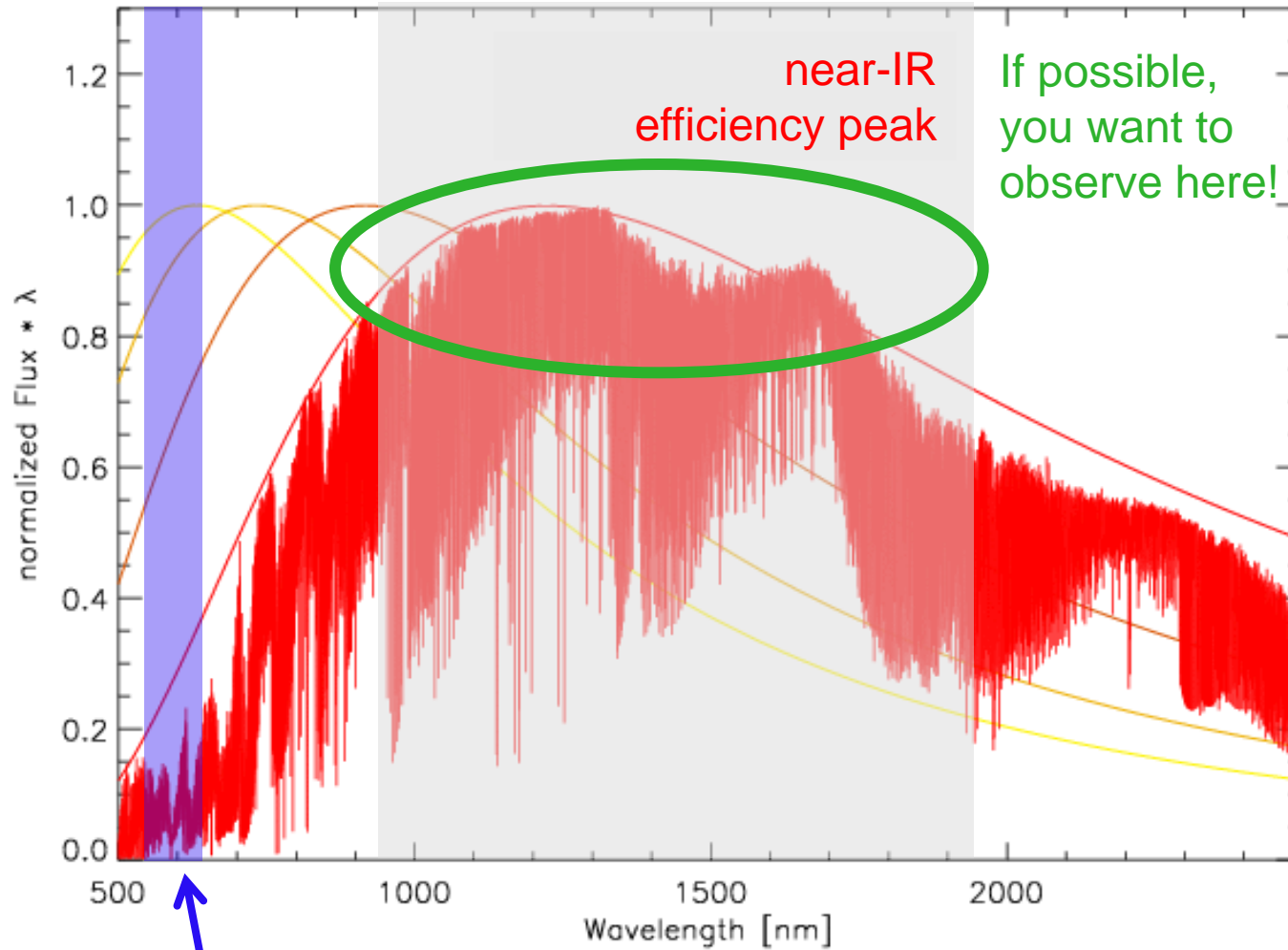
- M-Sterne kommen sehr häufig vor (fast 2/3 aller Sterne)
- M-Sterne sind klein ($< 0.5 M_{\odot}$) und leuchtschwach \Rightarrow „bewohnbare Zone“ ist nah am Stern \Rightarrow relativ großes Signal \Rightarrow gute Chance, erdähnliche Planeten zu finden
- Bisher existiert kein für M-Sterne optimiertes Instrument

Ziel und Plan für CARMENES



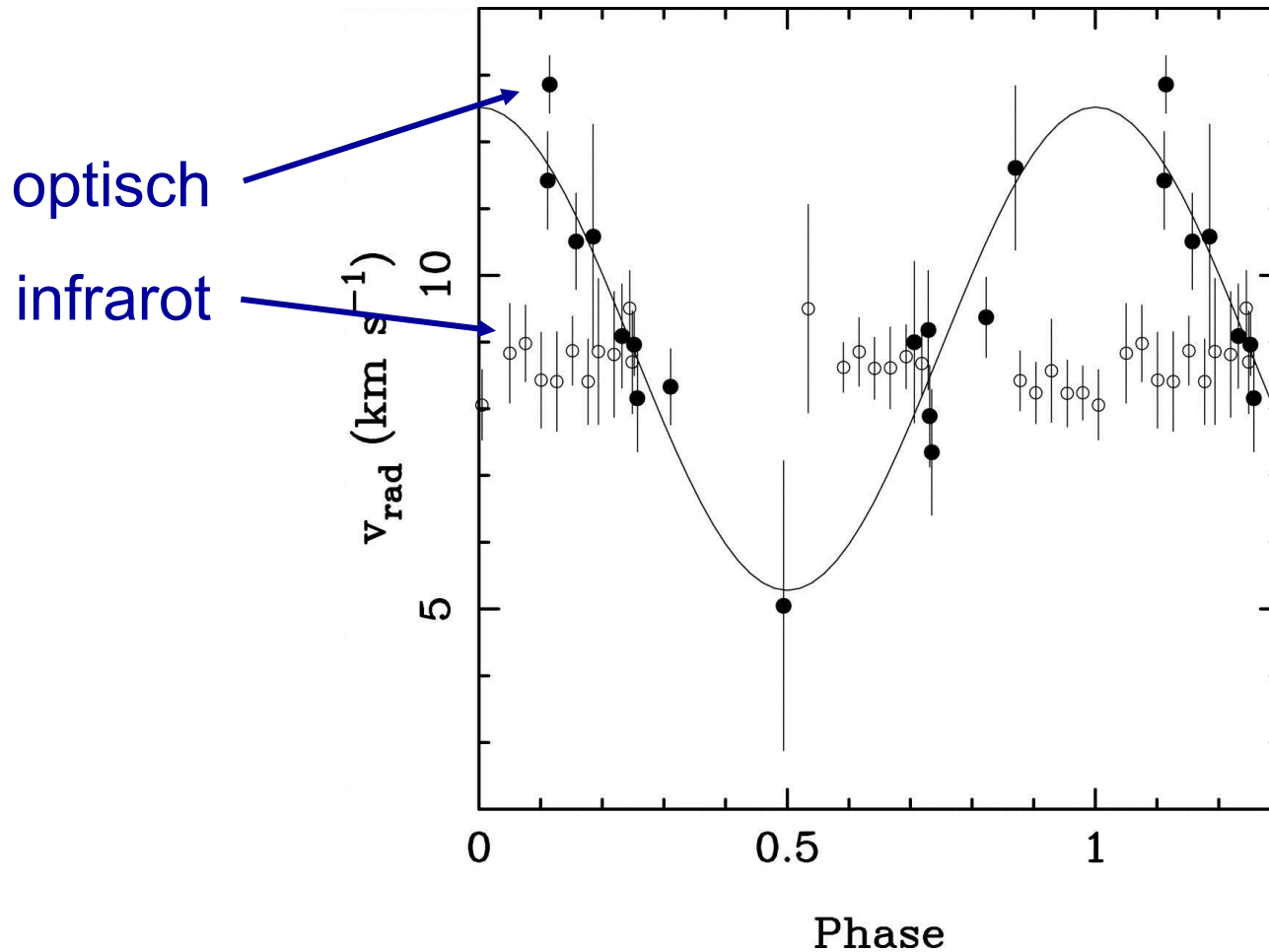
- Suche nach erdähnlichen „bewohnbaren“ Planeten um Sterne geringer Masse (M-Sterne)
 - Anzahl und Entstehungsmechanismen
 - Eigenschaften und „Bewohnbarkeit“
- Überwachung von 300 M-Sternen
 - Zeitgleich im Sichtbaren und Nah-Infraroten
- Mindestens 50 Datenpunkte pro Stern
 - Mindestens 600 klare Nächte erforderlich
- Garantiert durch Vertrag mit Observatorium

Spektrum eines M-Sterns



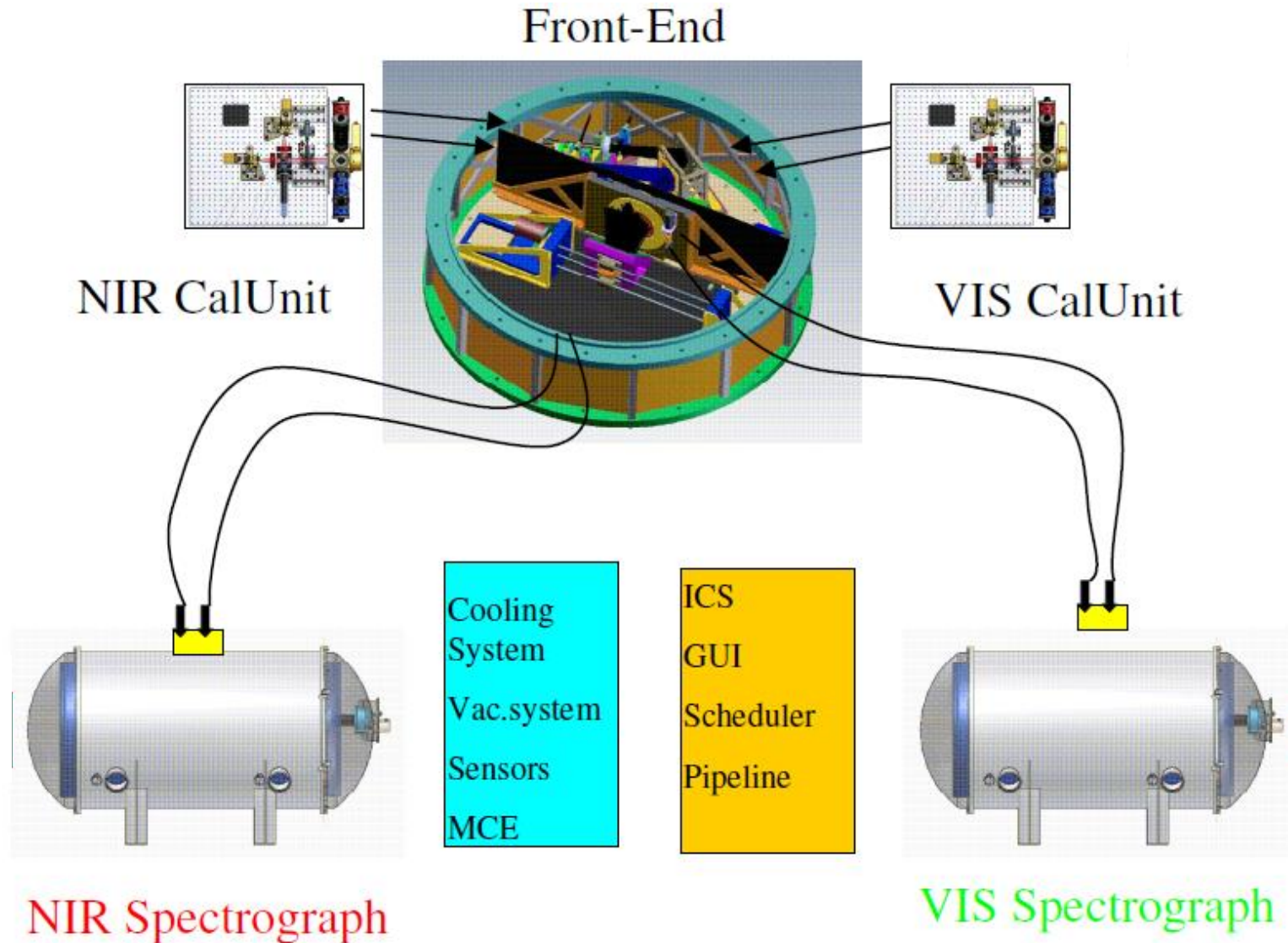
“classical” *visible light* RV instruments

Radialgeschwindigkeiten: Optisch und Infrarot



Aktivität!

Instrumentenkonzzept



Charakteristika der Spektrographen



- Optischer Spektrograph

0.53 ... 1.05 μm , $R = 82,000$

Präzision ~ 1 m/s

Vakuumtank, temperaturstabilisiert

4k x 4k “deep depletion” CCD-Detector

- Nah-Infrarot Spektrograph

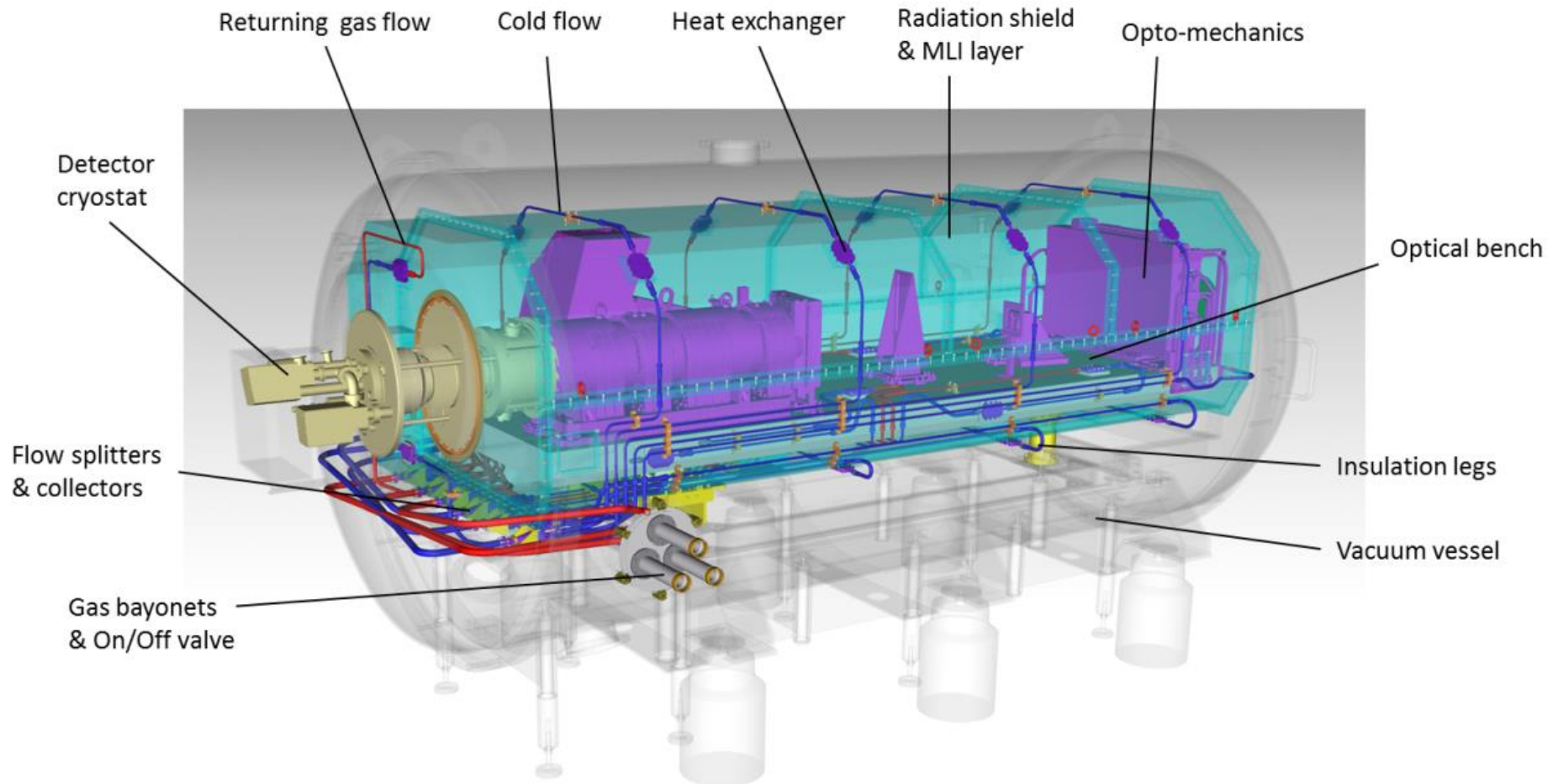
0.95 ... 1.7 μm , $R = 82,000$

Vakuumtank, gekühlt auf 140K, stabilisiert

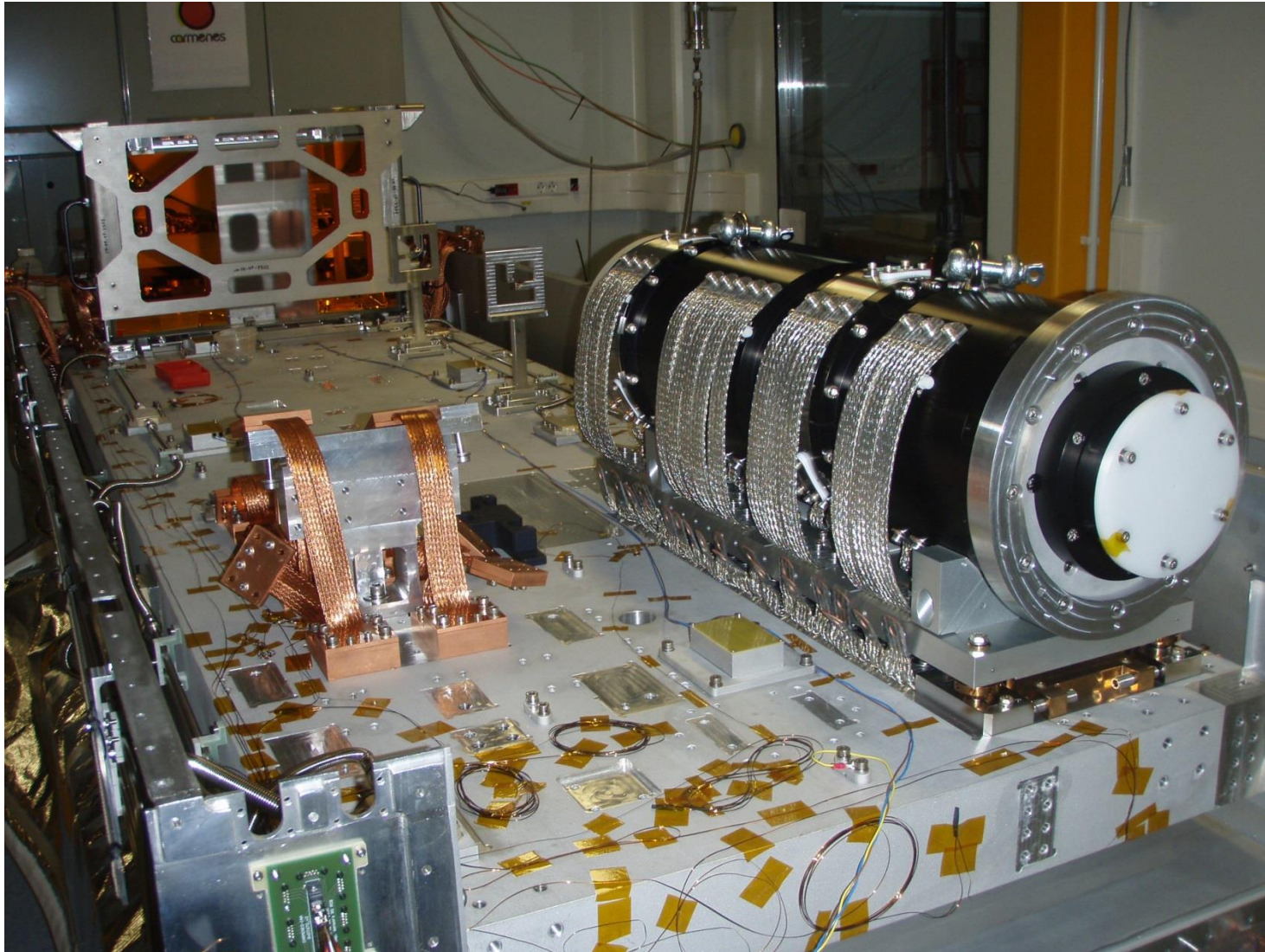
Präzisionsziel 1 m/s

Zwei 2k x 2k Hawaii 2.5 μm Detektoren

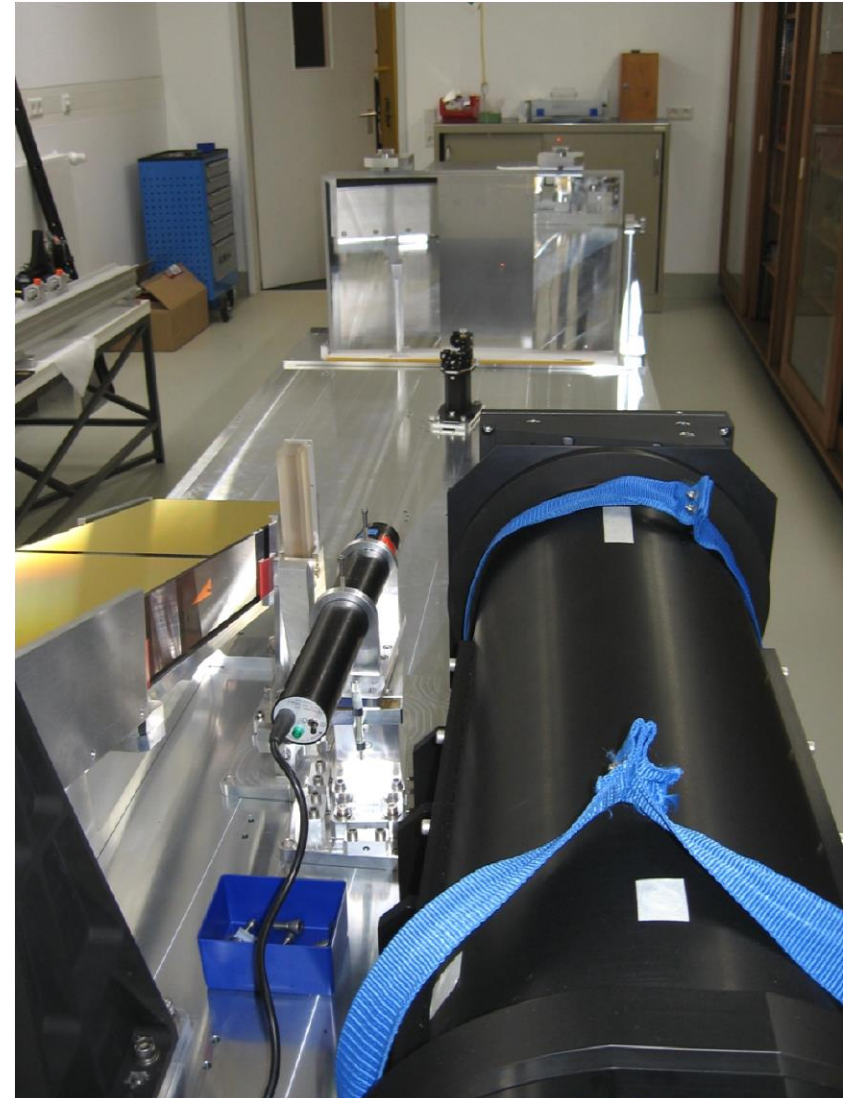
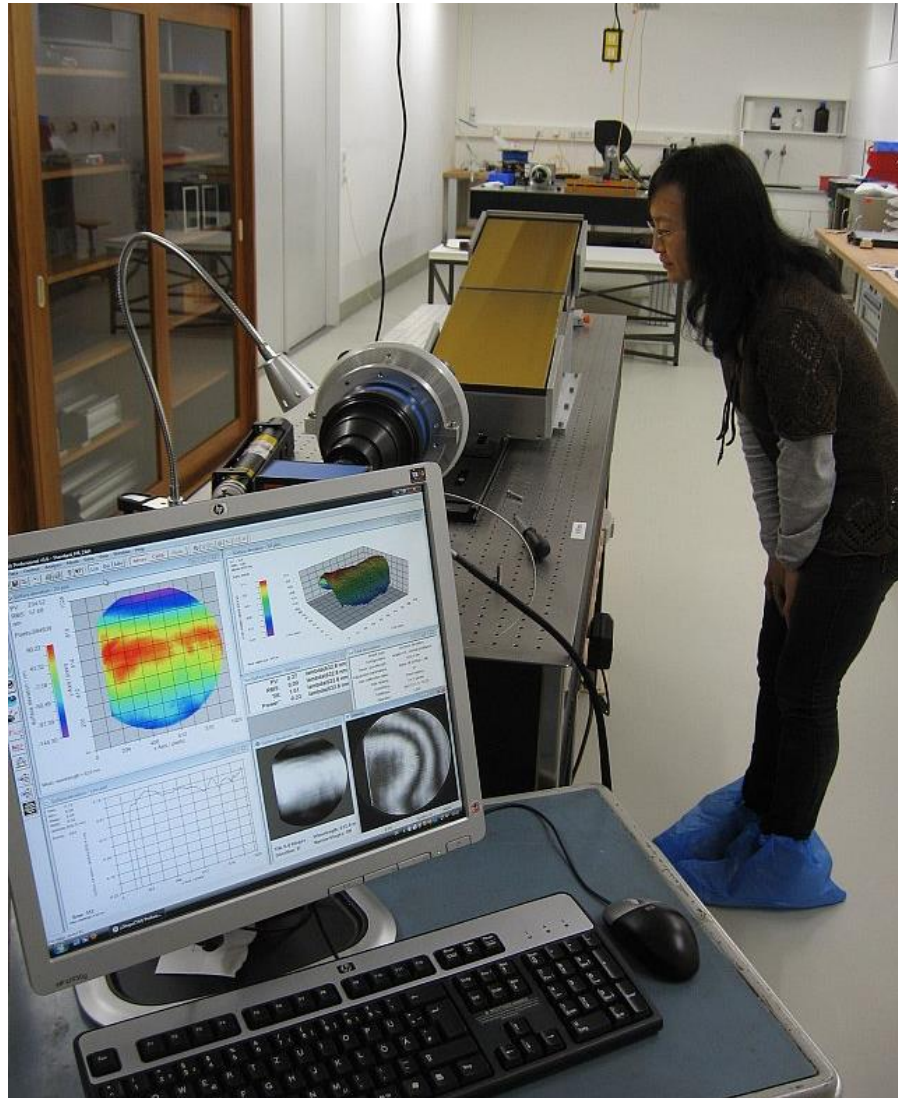
Spektrograph im Vakuumtank



NIR Optik-Integration (IAA Granada)



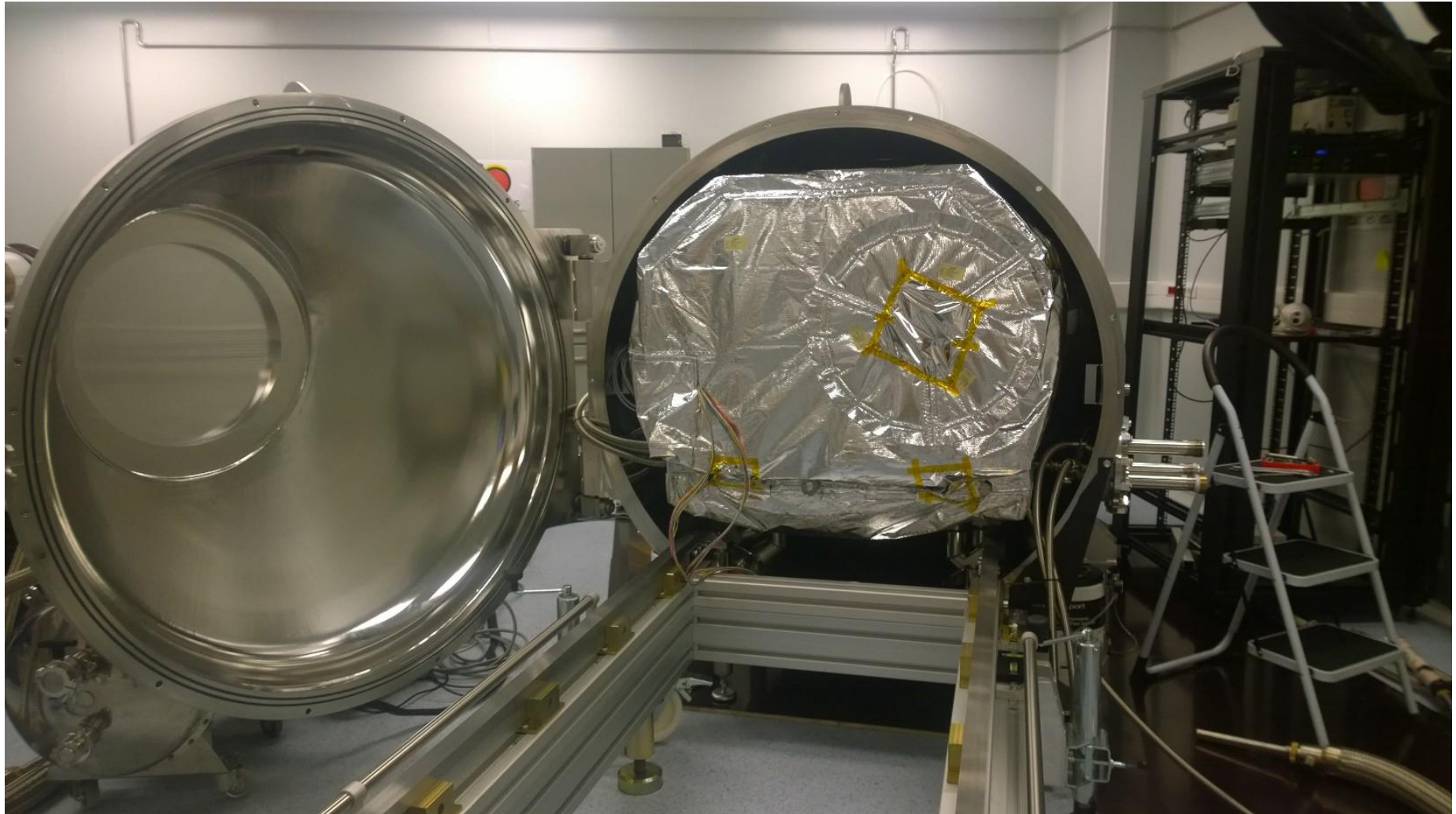
Inspektion des Echelle-Gitters und Optik-Aufbau (LSW)



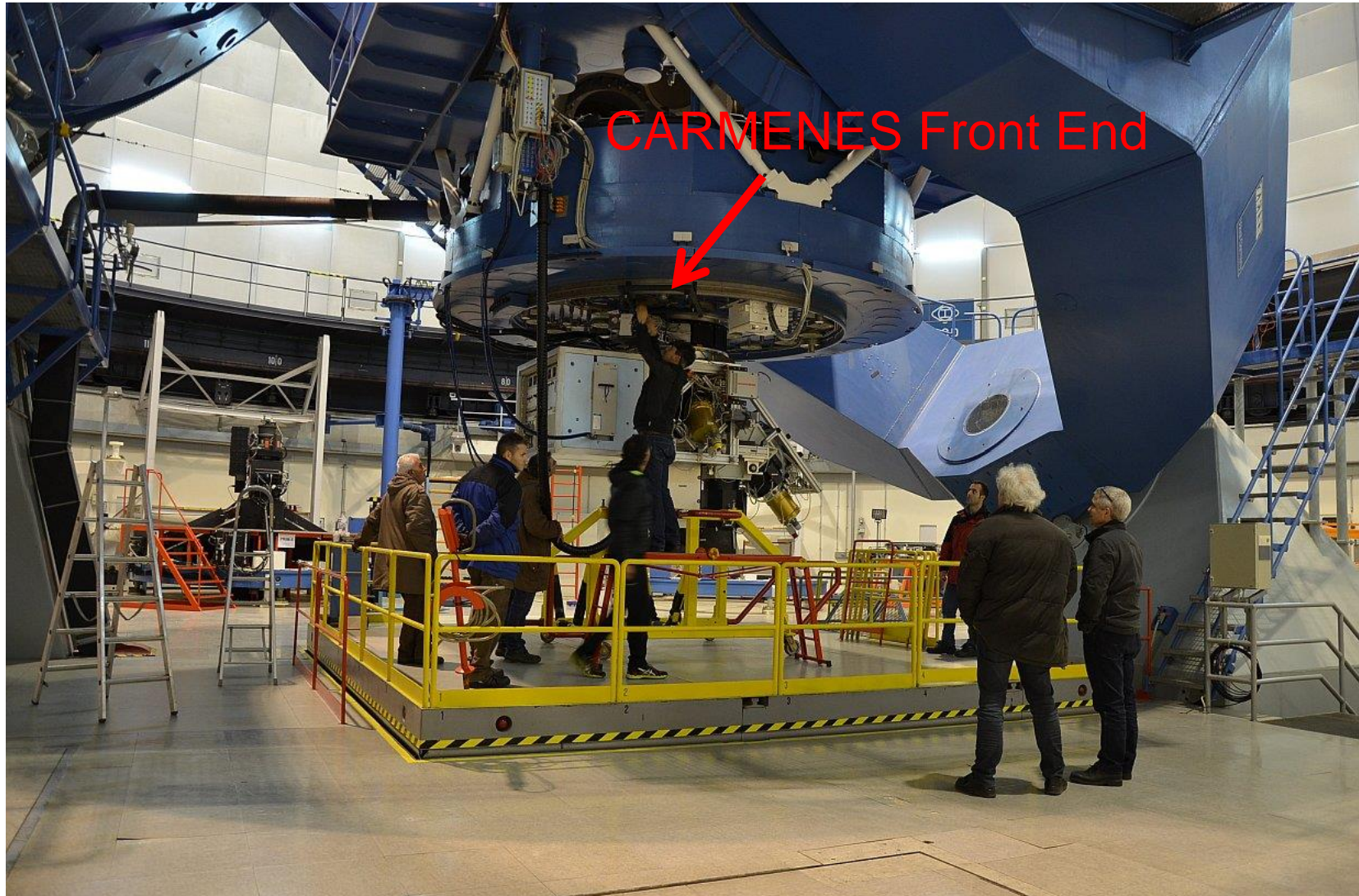
Integration des Vakuum- Systems (MPIA)



NIR-Spektrograph vor dem ersten Cryo-Test



CARMENES Front End am Calar Alto 3.5m (April 2015)



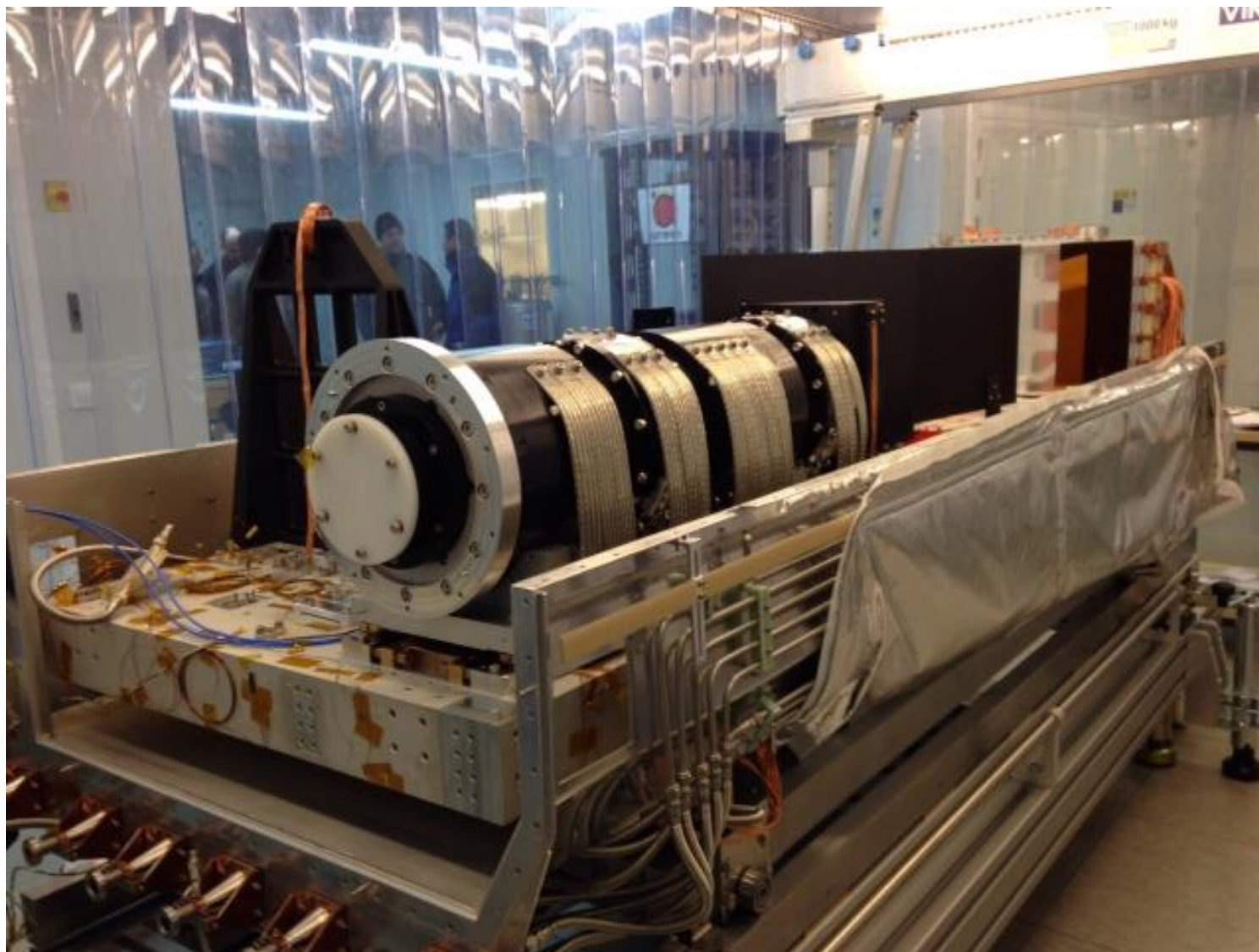
Installation des VIS Vakuum-Tanks bei CAHA



NIR Spektrograph am Haken des Krans in der Kuppel



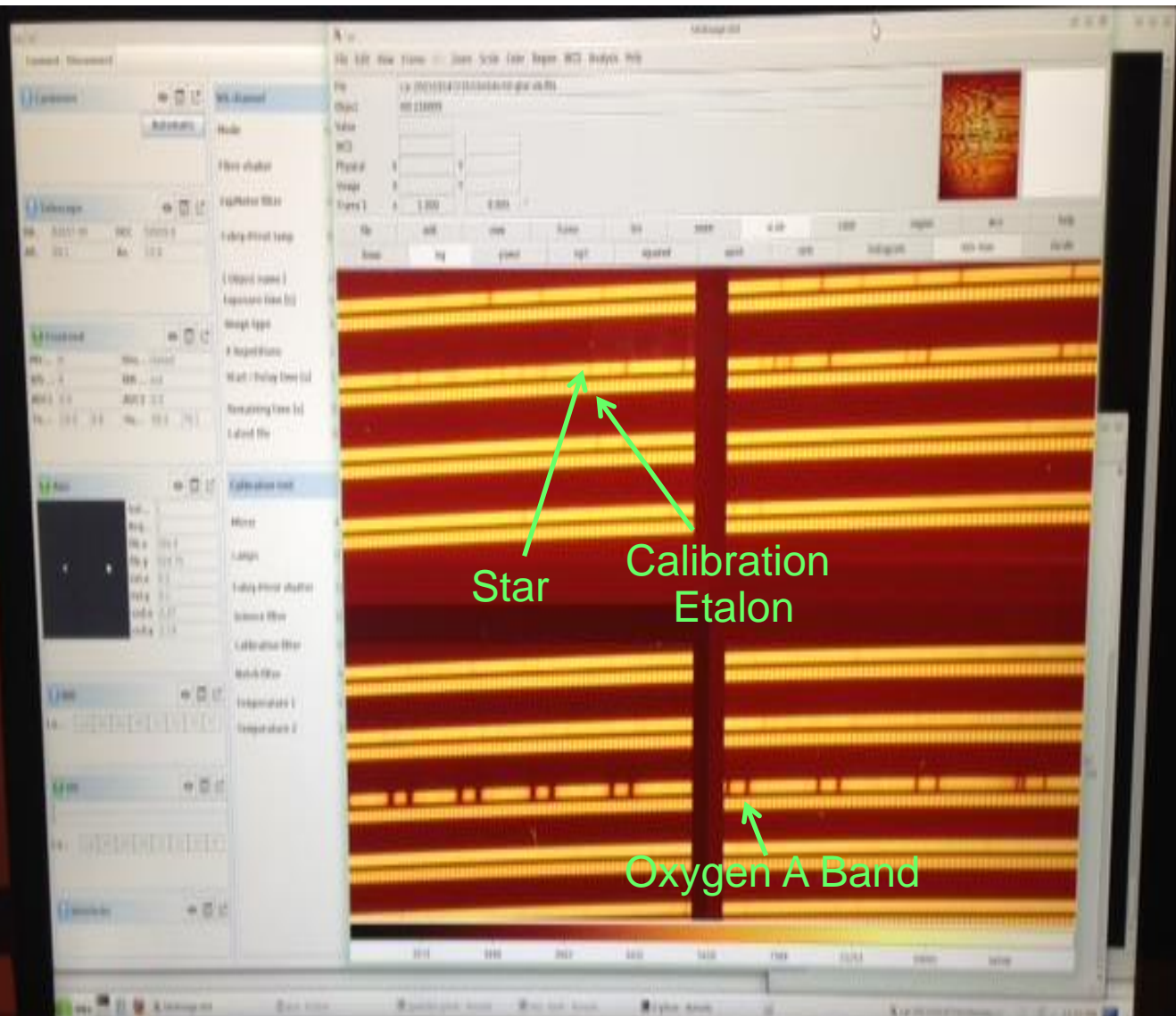
Letzte Tests vor dem Schließen des NIR-Tanks



NIR-Spektrograph am endgültigen Standort

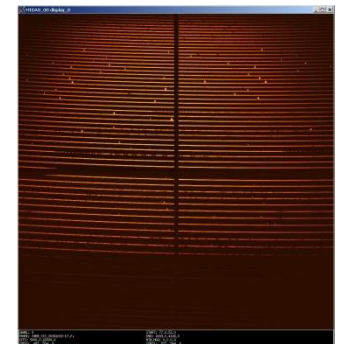
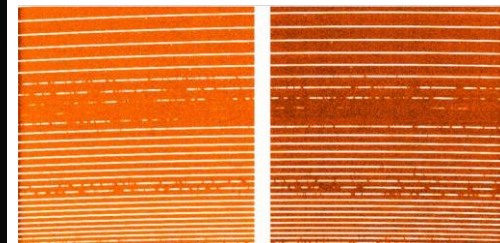


Spektren!

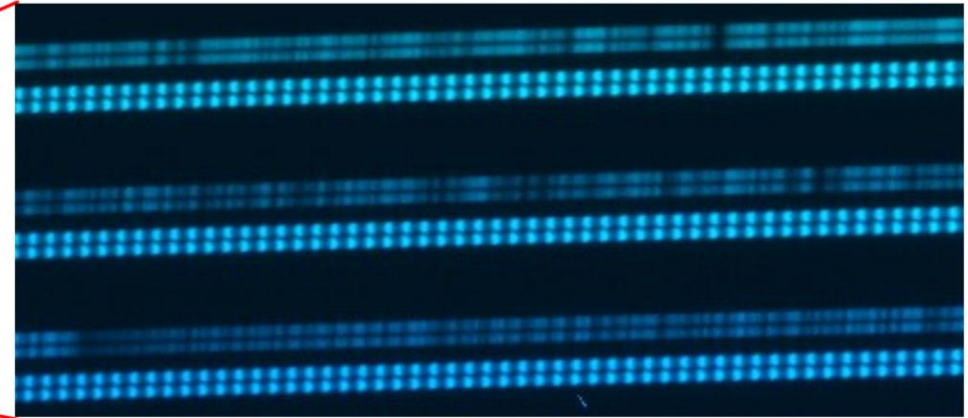
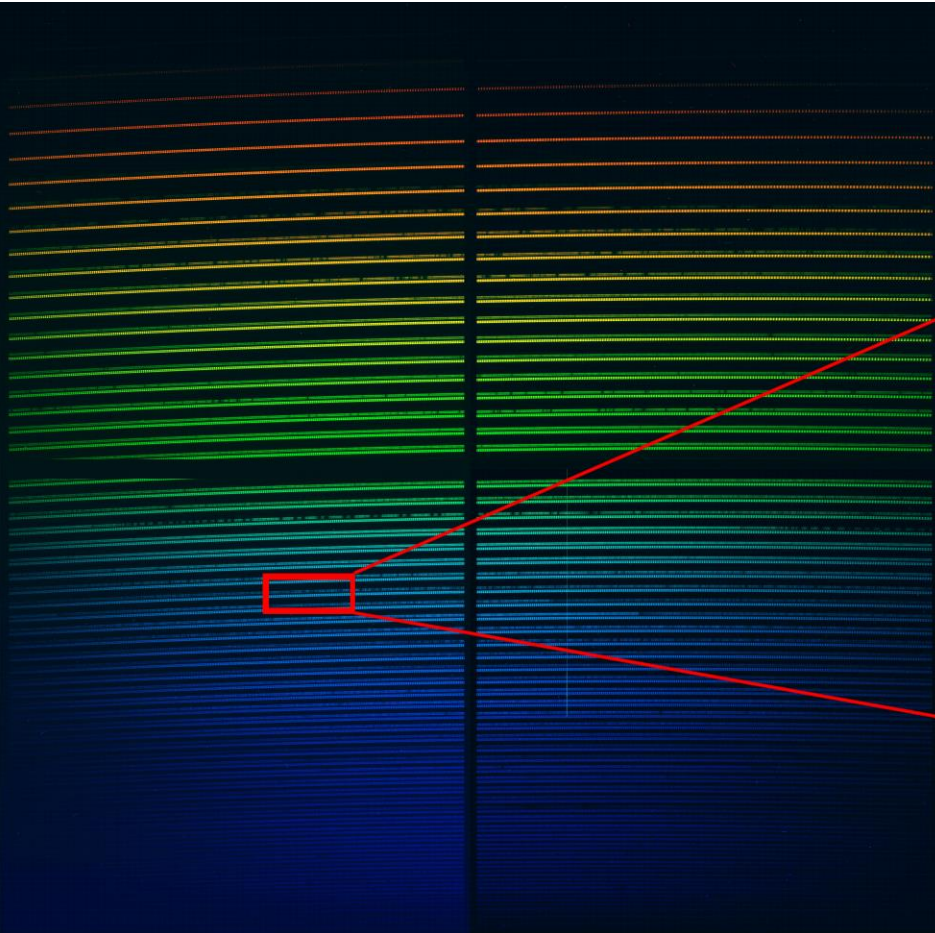


“First Light”
für beide
Spektrographen
gleichzeitig
Nov 09, 2015

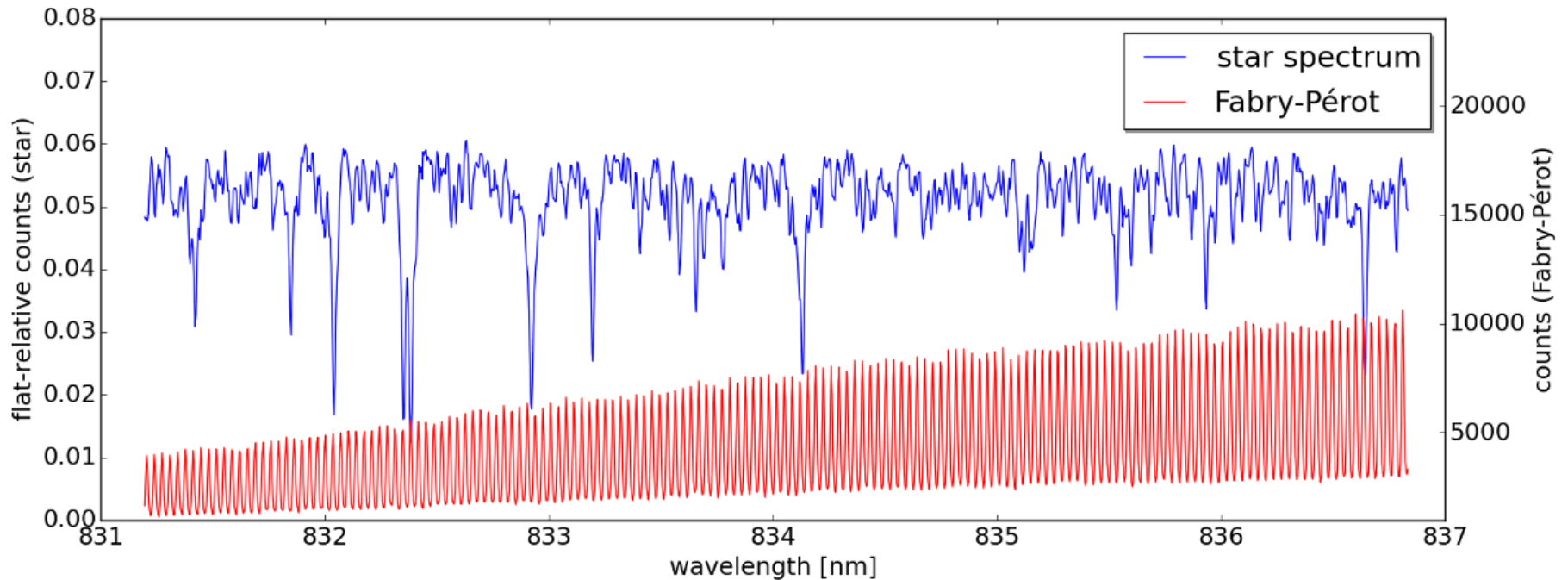
NIR: $2 \times 2k \times 2k$
VIS: $4k \times 4k$

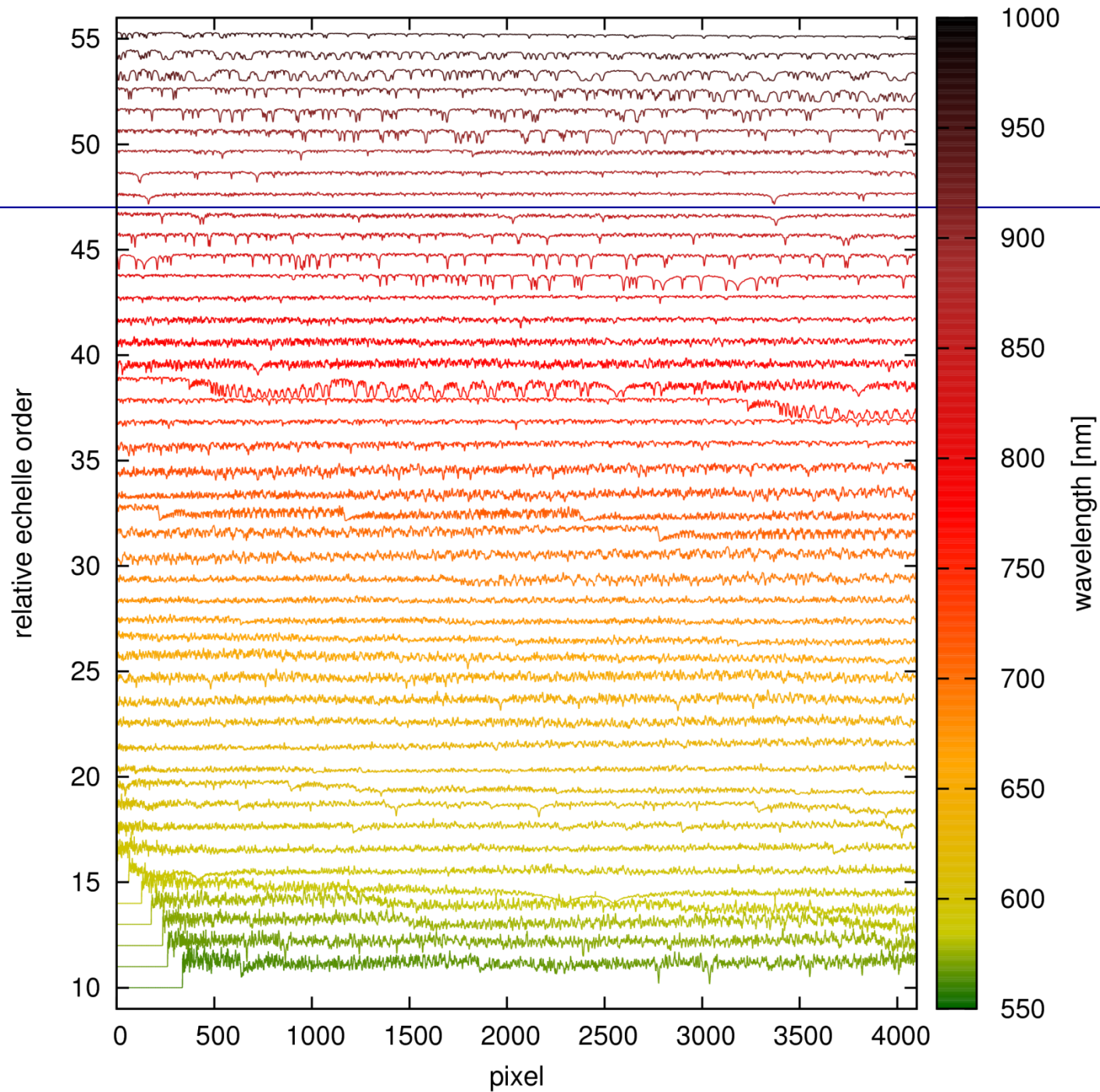


Falschfarben-Echellogramm (VIS)

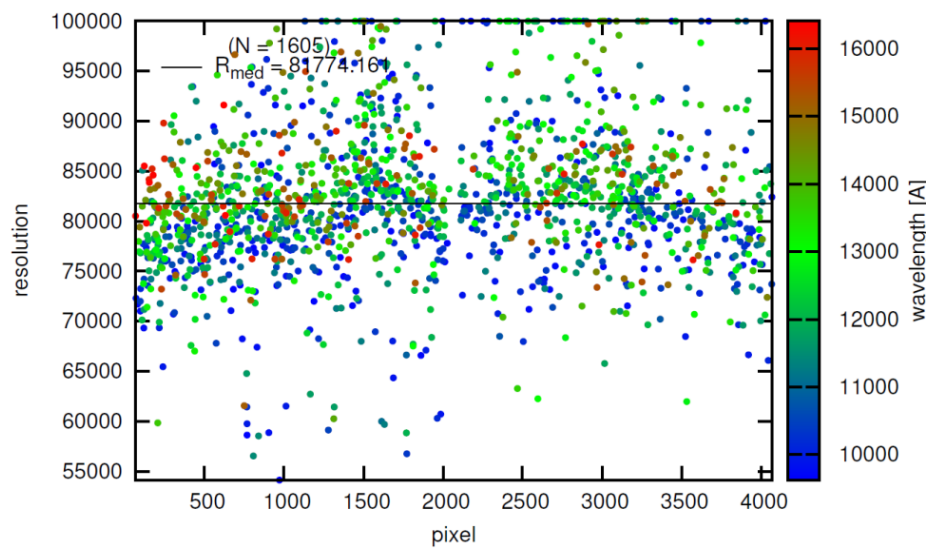
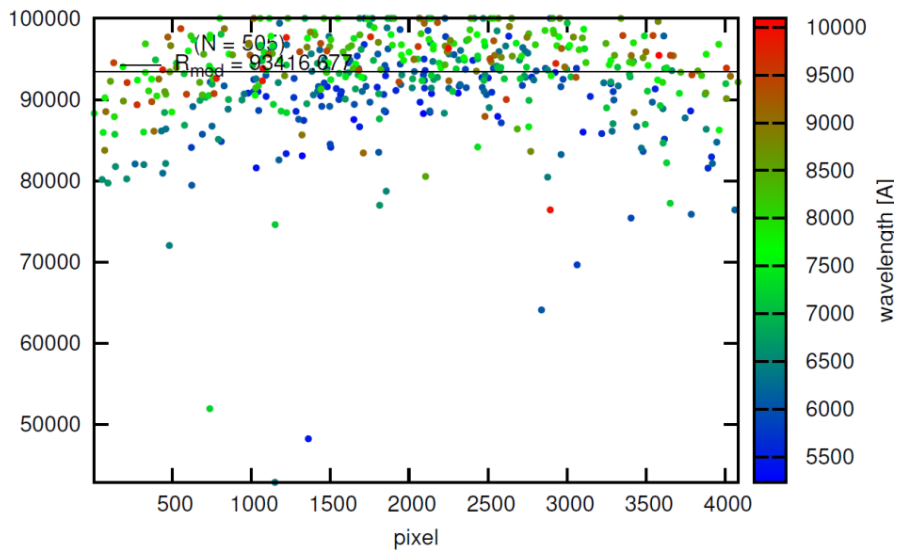


Ein kleiner Ausschnitt des Spektrums (Stern + Etalon)





Spektrale Auflösung



Zeitplan



Offizieller Start	11/2010
Vorläufiges Design	to 07/2011
Endgültiges Design	07/2011 – 12/2012
Konstruktion	01/2013 – 08/2015
Inbetriebnahme	09/2015 – 12/2015
Datenaufnahme	01/2016 – 12/2018

Alleinstellungsmerkmale von CARMENES



- Herausragendes wissenschaftliches Ziel
 - Bewohnbare Planeten in unserer „Nachbarschaft“
- Innovatives, weltweit einmaliges Instrumentenkonzept
- Kohärentes Beobachtungsprogramm mit mindestens 1000 Nächten am 3.5m-Teleskop
- Beteiligung von fünf deutschen und fünf spanischen Forschungsinstituten
- Vorläufer für Instrument am 39m E-ELT