

# Die Entstehung von Galaxien, Sternen und Planeten

oder  
Warum wir Nah-Infrarot Surveys im Weltraum brauchen!



Ralf Bender

Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik Garching  
Universitäts-Sternwarte der Ludwig-Maximilians-Universität München

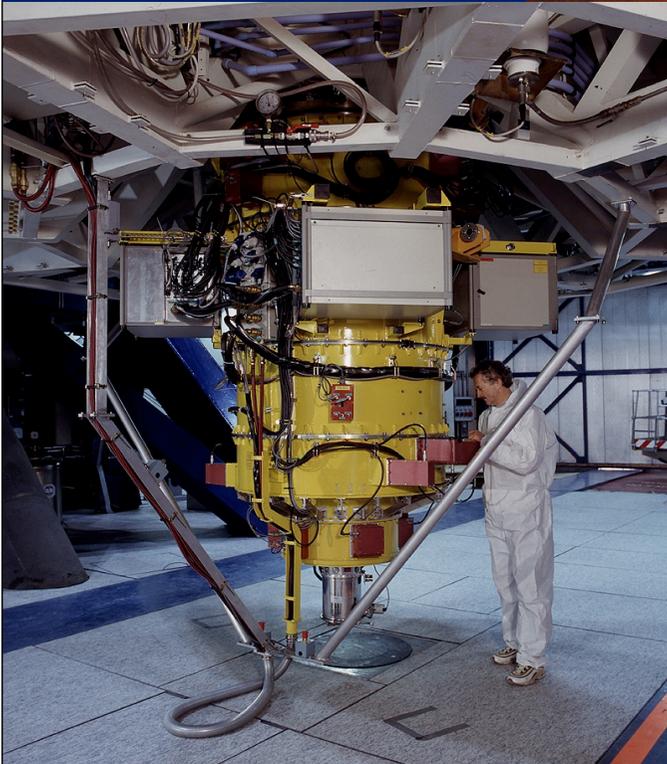
## Was wir wissen:

- Das Universum entstand von ca **13.7 Milliarden Jahren** im sog. Urknall. **Zeit und Raum** existierten erst nach  $10^{-43}$  s.
- Alle heutigen Strukturen entstanden aus winzigen **Quantenfluktuationen**, die in einer sog. **'inflationären' Phase** nach  $10^{-36}$  s aufgebläht wurden.
- Die heutige Zusammensetzung ist: **4.6% Baryonen, 0.01% Photonen, 0.1% Neutrinos, 23% Kalte Dunkle Materie, 72% Dunkle Energie.**
- Das Universum hat **flache Geometrie**, hat unterkritische Dichte und expandiert heute beschleunigt, d.h. es wird für immer expandieren.
- Strukturen entstanden **hierarchisch** und 'bottom up', d.h. kleinere Strukturen bilden sich zuerst (erste Mini-Galaxien etwa 400 Mio. Jahre nach dem Urknall), größere wie unsere Milchstraße durch sukzessive Verschmelzungs- und Akkretionsprozesse.
- Alle **Elemente** schwerer als Li wurden in Sternen **fusioniert**.
- **Planetensysteme** sind häufig, aber viel variantenreicher als erwartet und sie entstehen nur in Systemen mit ausreichend hohem Anteil an schweren Elementen ( $>1\%$ , wie Sonne).

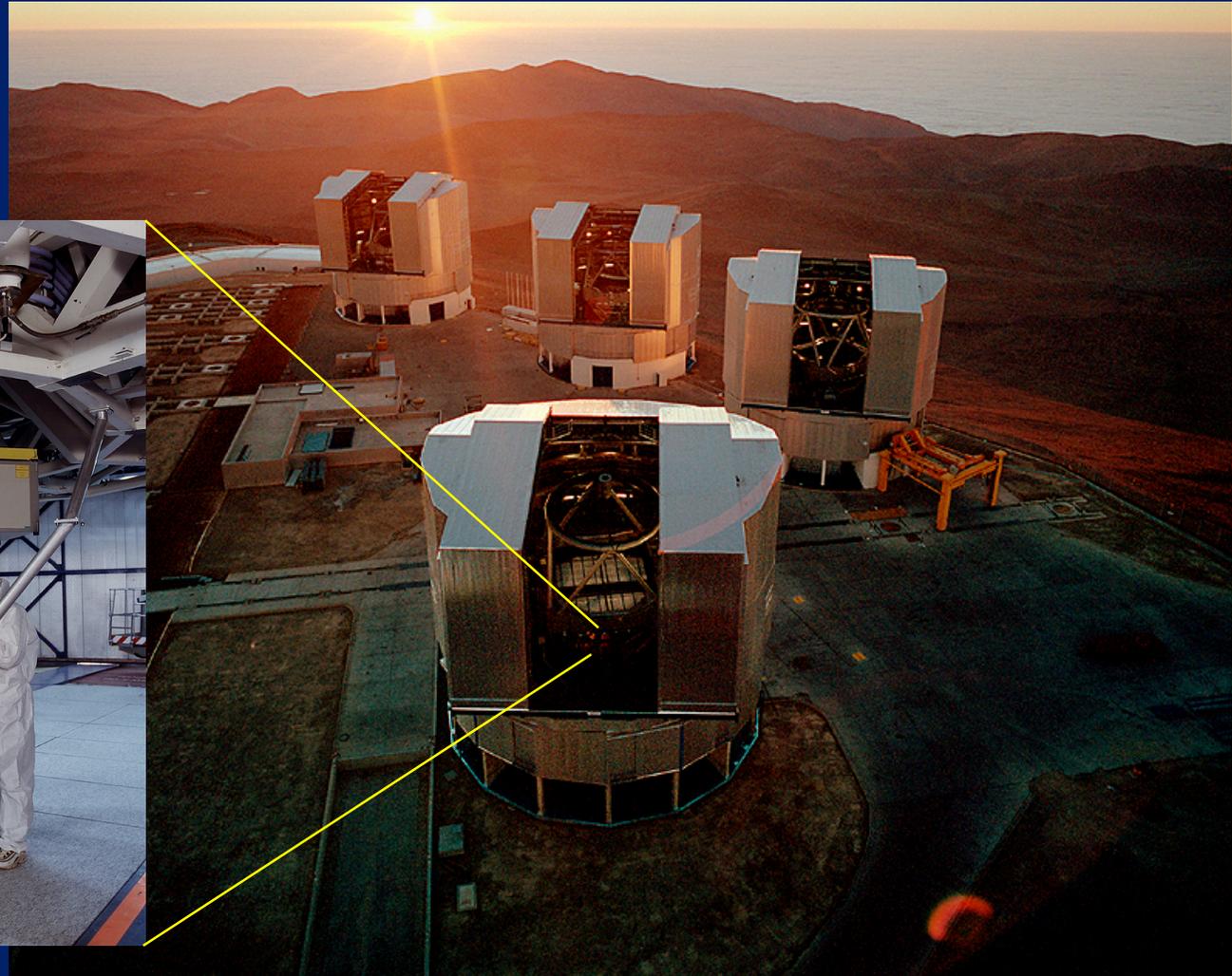
## Was wir nicht wissen: (eine sehr kleine Auswahl...)

- Was bestimmt die **Anfangsbedingungen des Urknalls**?
- Was ist die Ursache der 'inflationären' Phase?
- Woraus besteht die **Dunkle Materie**, was ist die **Dunkle Energie**?
- Wo verstecken sich die **Baryonen**, d.h. die 'normale' Materie, im lokalen Universum? (nur etwa 1/4 bis 1/2 wurde bisher gefunden!)
- Wann bildeten sich die **allerersten Galaxien und Sterne** und wie sahen sie aus?
- Wie funktioniert der **Galaxienbildungsprozess** und welche Transformationen erfahren Galaxien im Laufe ihrer Entwicklung?
- Welche Rolle spielen **massereiche schwarze Löcher** und die dunkle Materie in der Entwicklung von Galaxien?
- Wie genau entstehen **Sterne**, was bestimmt ihre Massenverteilung?
- Wie entstehen **Planetensysteme**, was bestimmt ihre Eigenschaften?
- ...

# Entstehung und Entwicklung von Galaxien



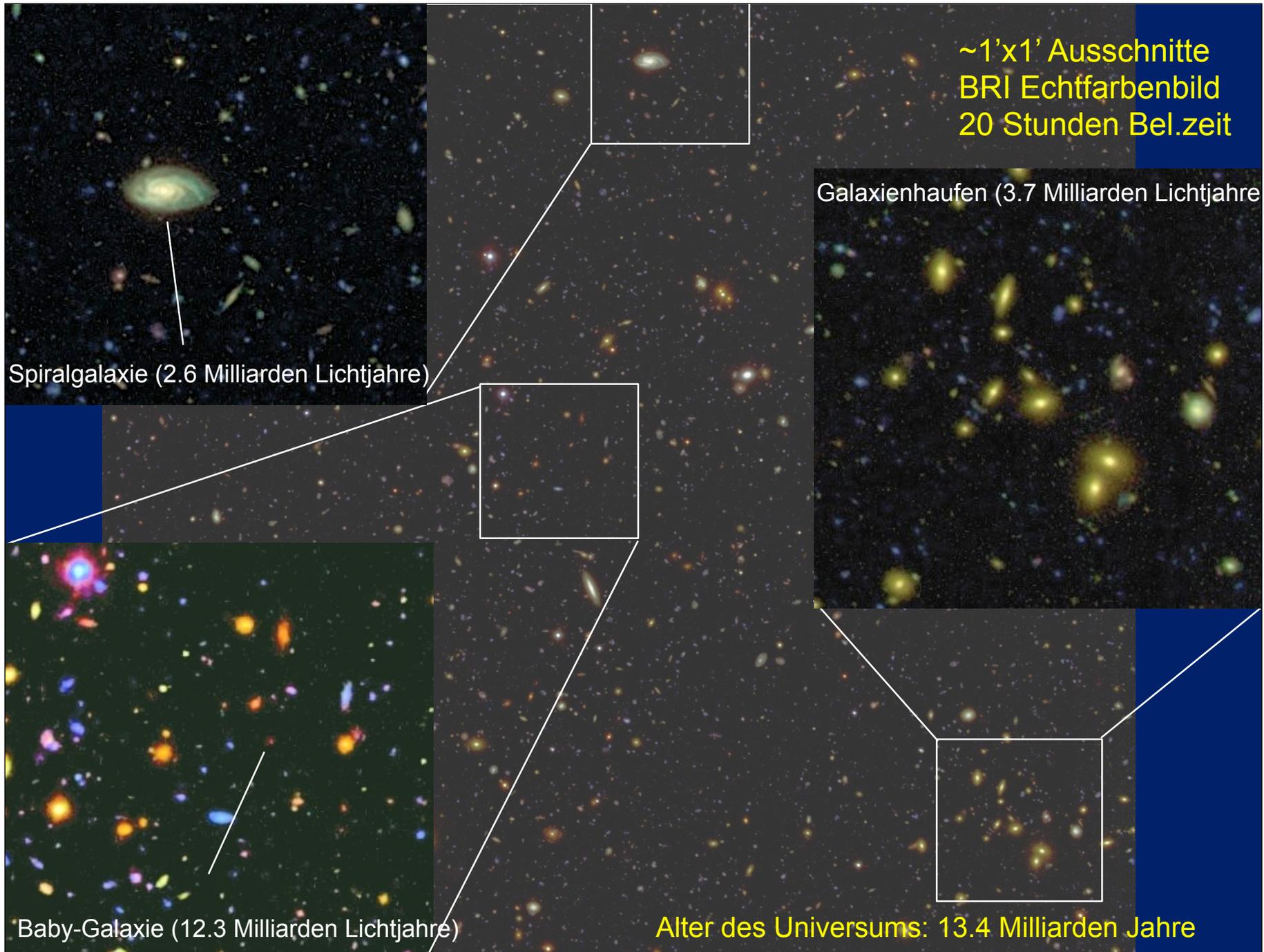
FORS Spektrograph am  
Very Large Telescope



Very Large Telescope, 4 x 8m (VLT), European  
Southern Observatory, Paranal, Chile

Galaxien-Entwicklung mit FORS @ VLT:  
FORS Deep Field: BRI Echtfarbenbild  
Durchmesser: 1/5 Vollmond; FWHM = 0.45"





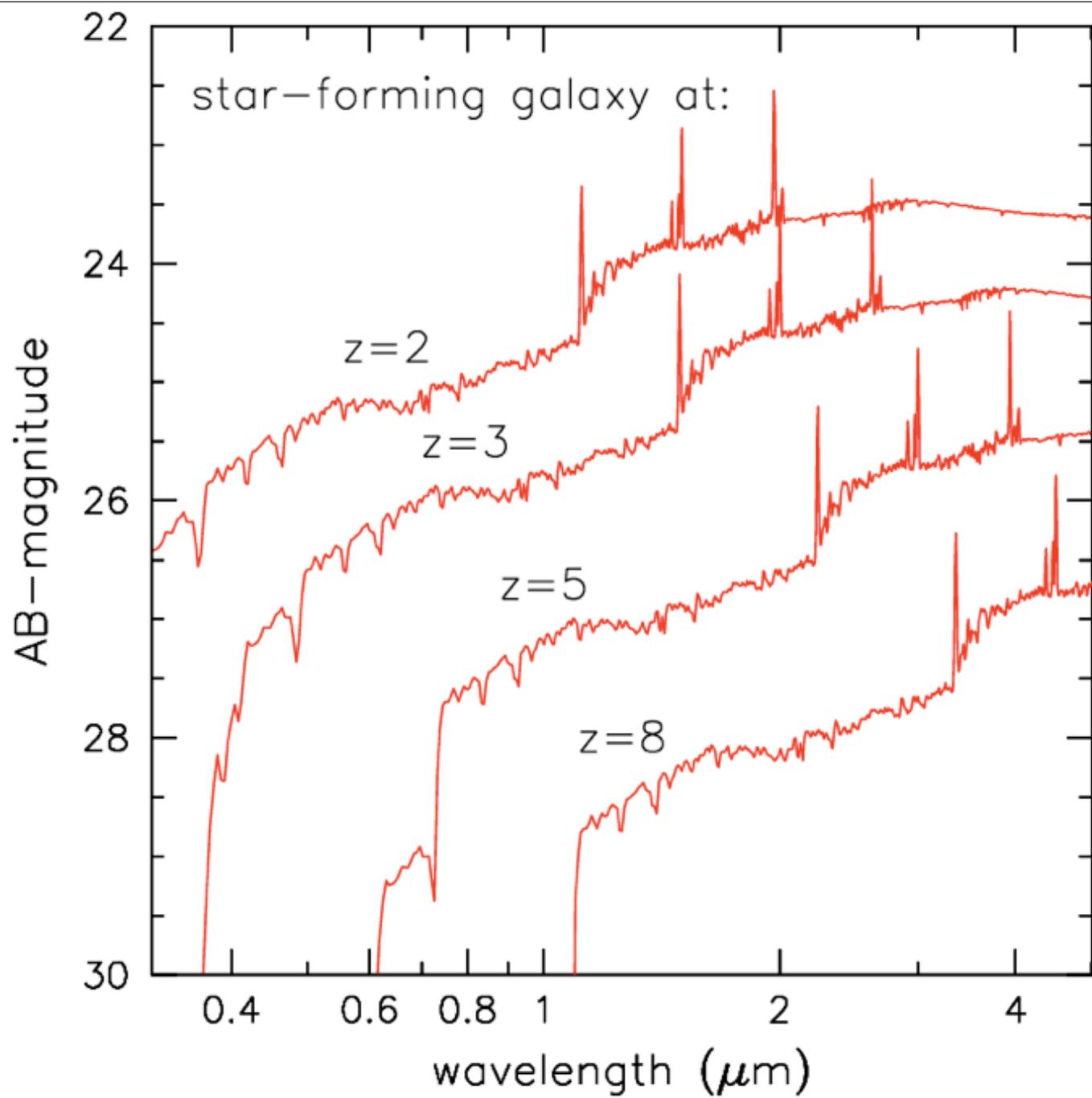
~1'x1' Ausschnitte  
BRI Echtfarbenbild  
20 Stunden Bel.zeit

Spiralgalaxie (2.6 Milliarden Lichtjahre)

Galaxienhaufen (3.7 Milliarden Lichtjahre)

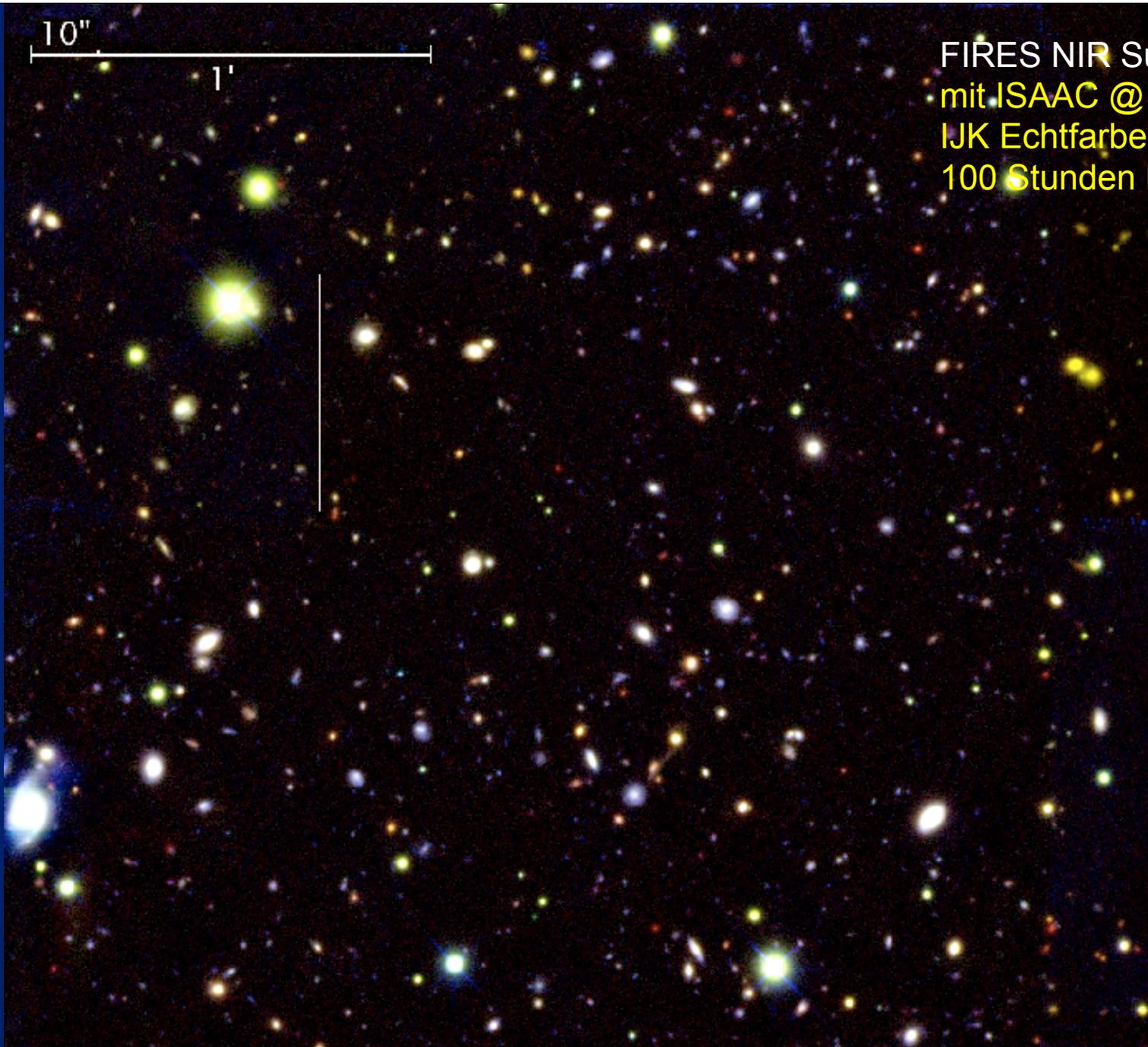
Baby-Galaxie (12.3 Milliarden Lichtjahre)

Alter des Universums: 13.4 Milliarden Jahre

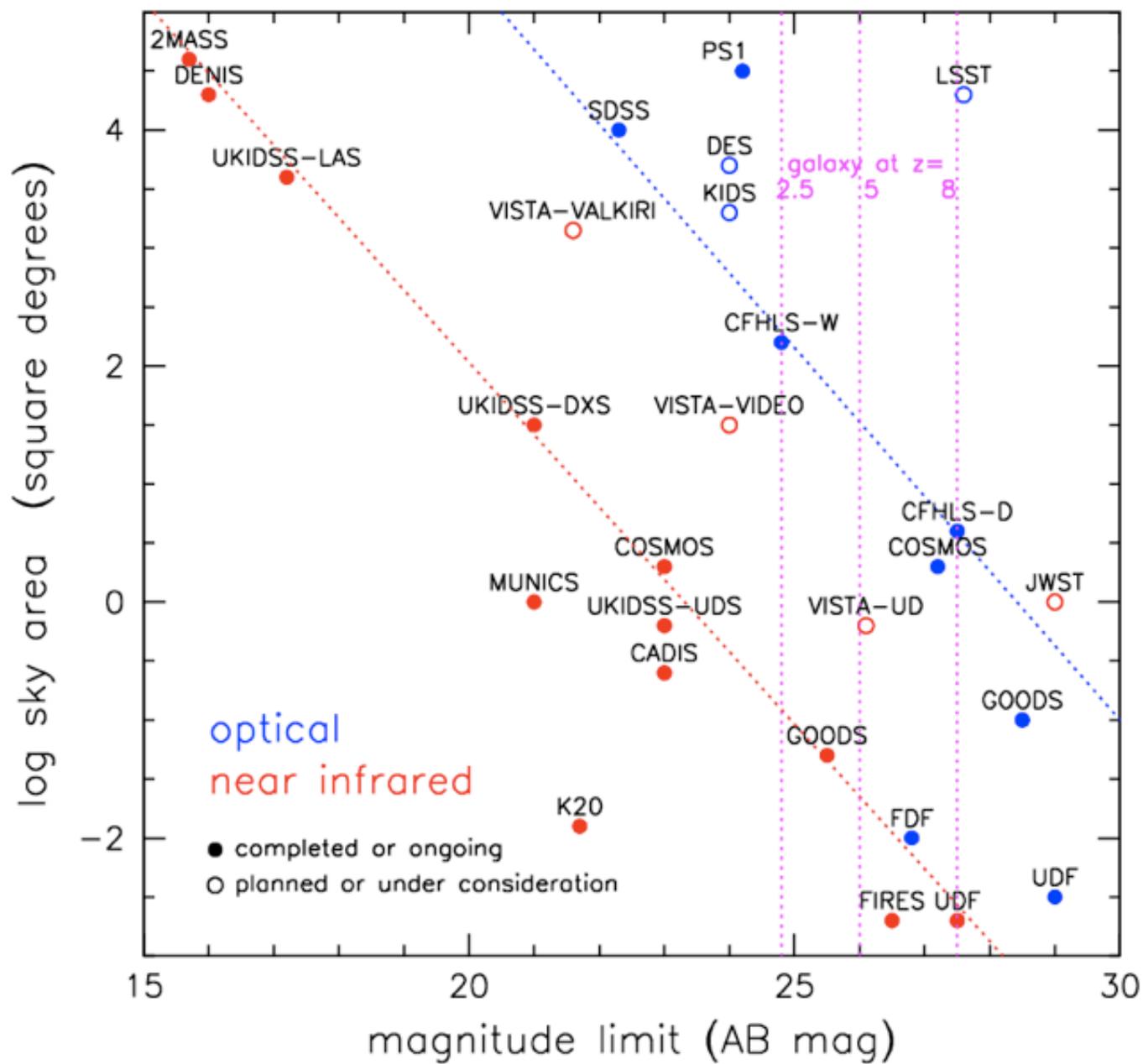


10"  
1'

FIRES NIR Survey  
mit ISAAC @ VLT  
JK Echtfarbenbild  
100 Stunden B.zeit

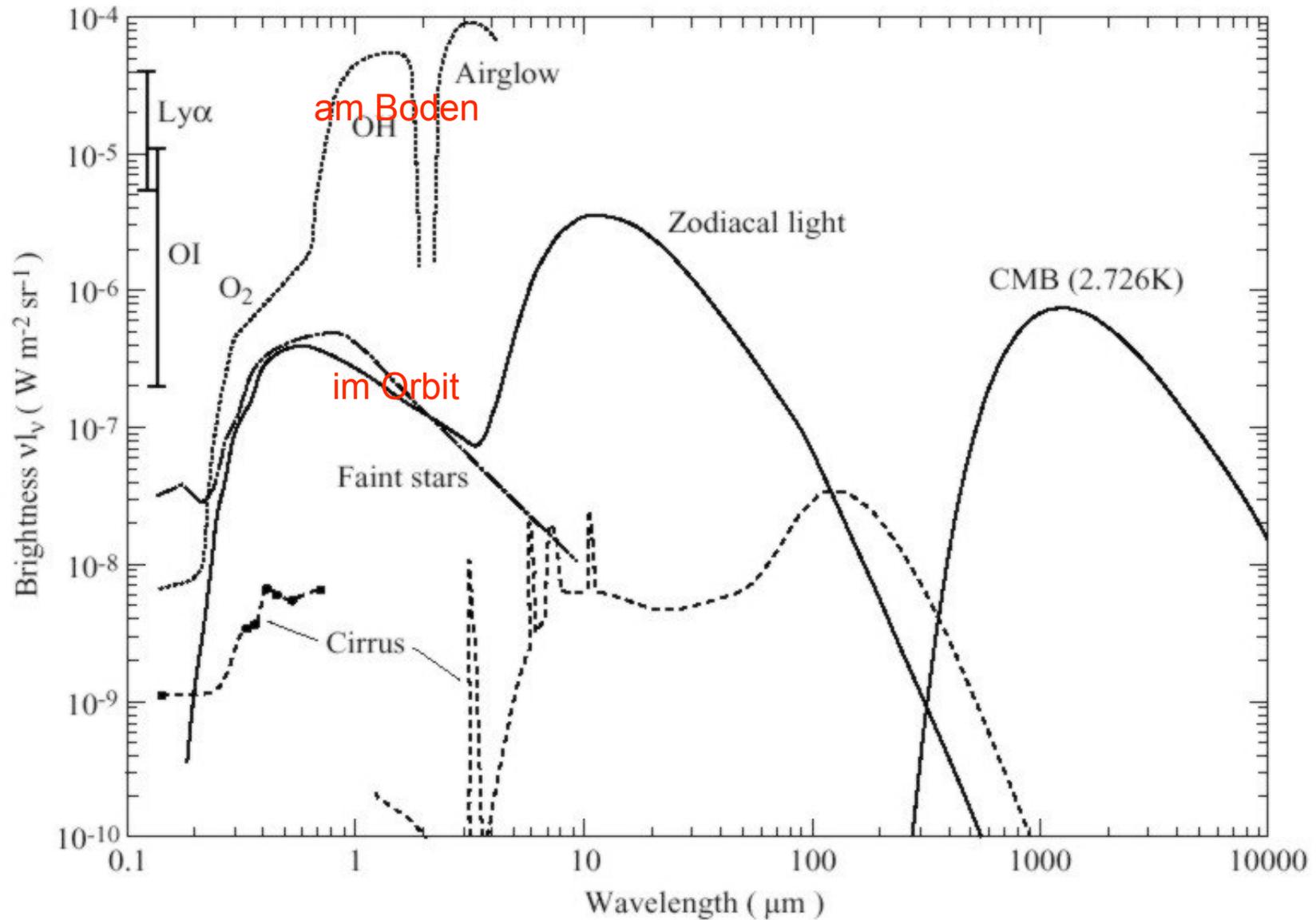


# IMAGING SKY SURVEYS

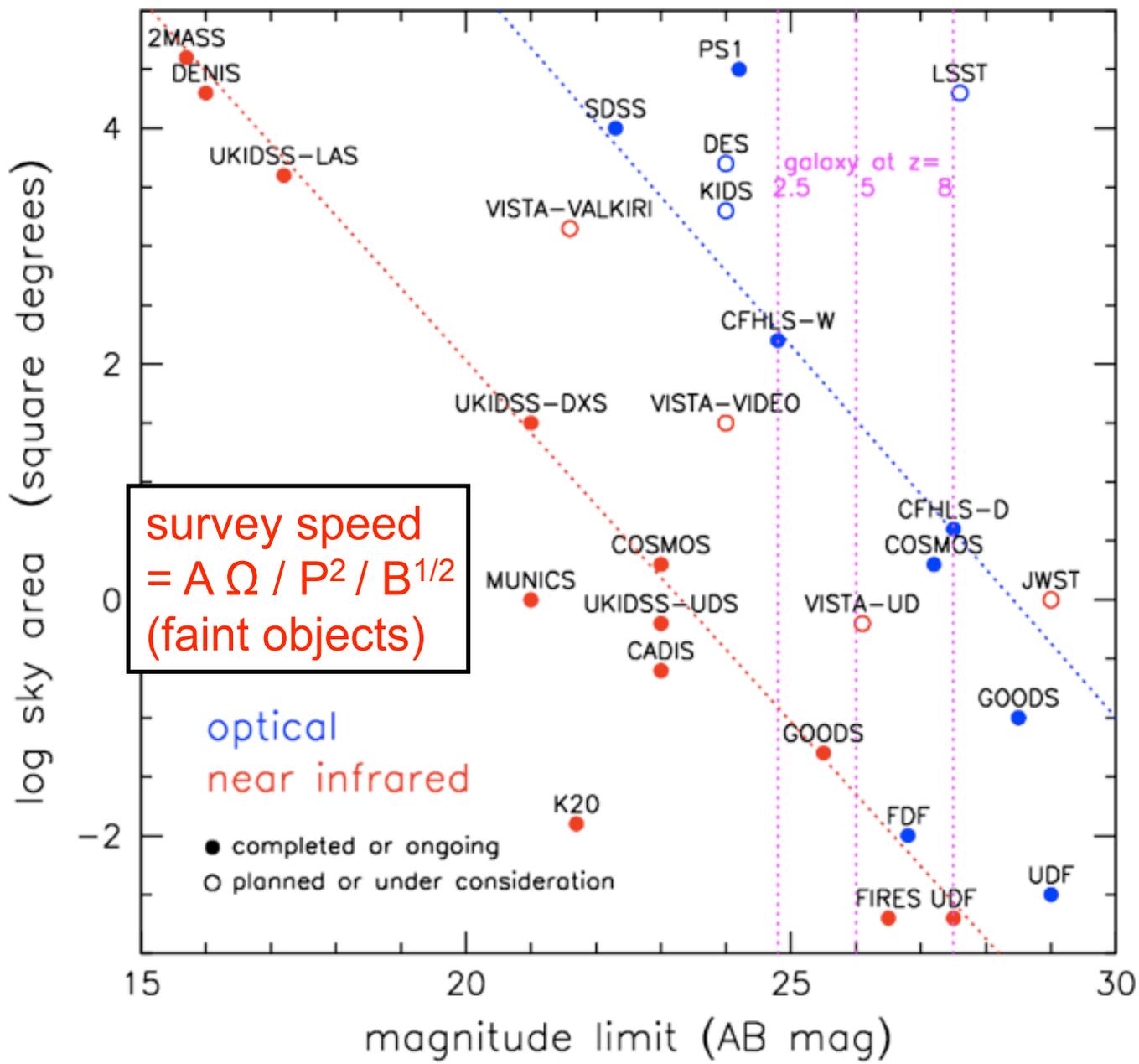


# Der kosmische Hintergrund

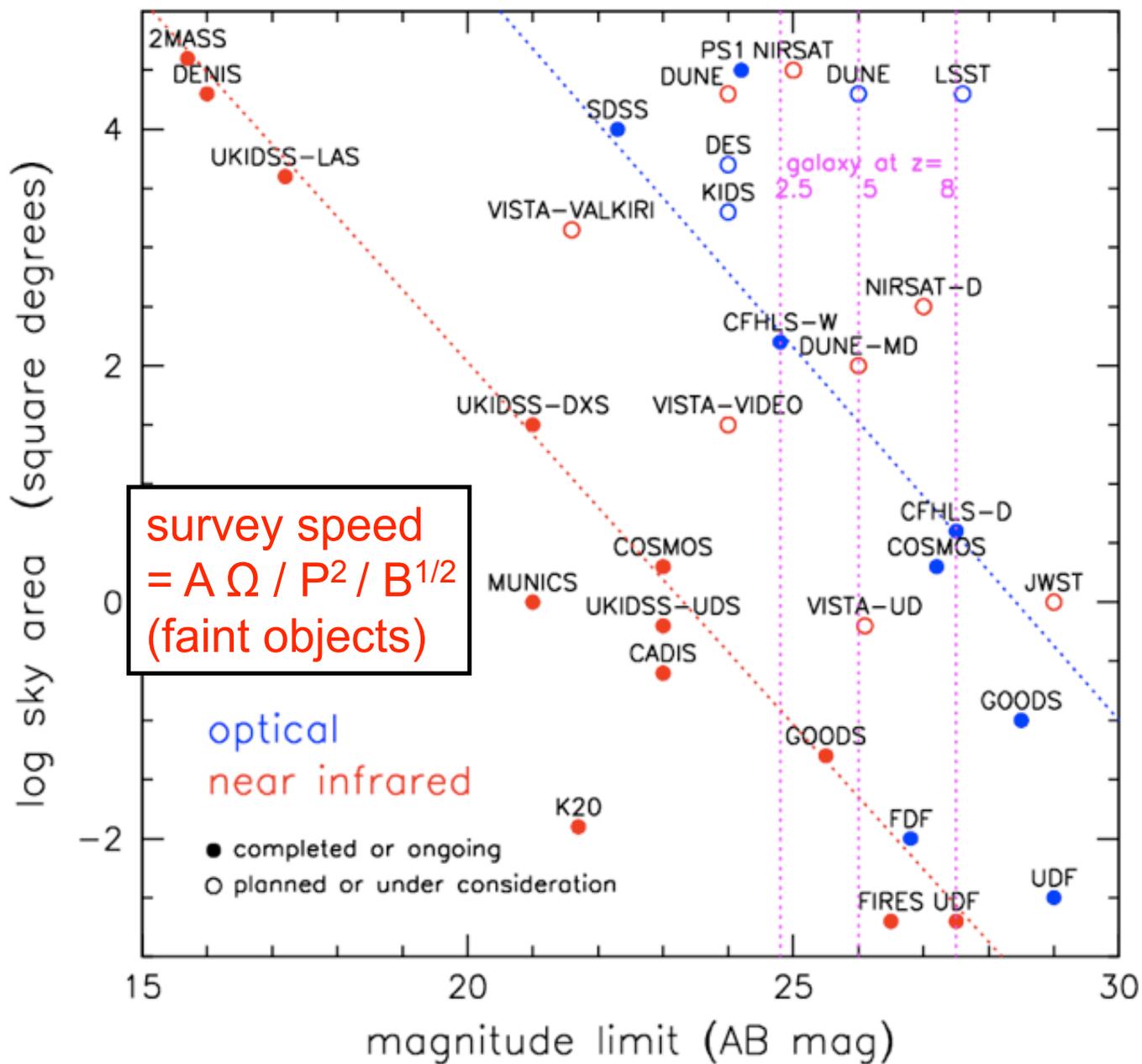
Ch. Leinert et al.: The 1997 reference of diffuse night sky brightness



# IMAGING SKY SURVEYS

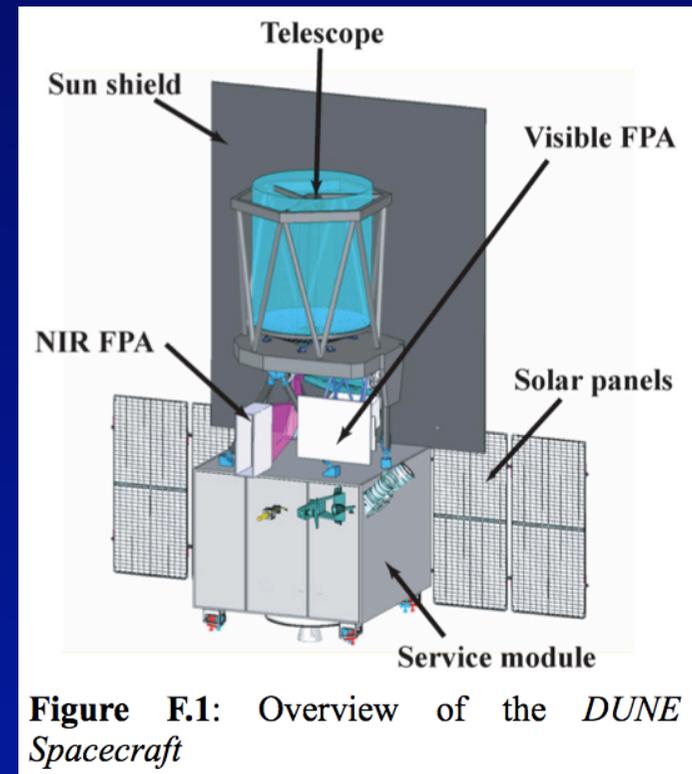


# IMAGING SKY SURVEYS



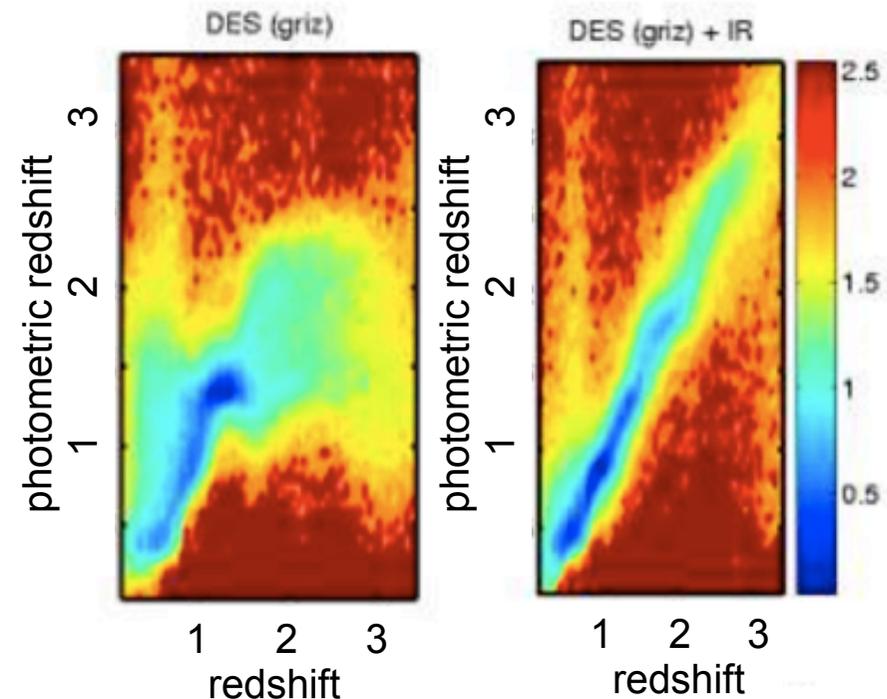
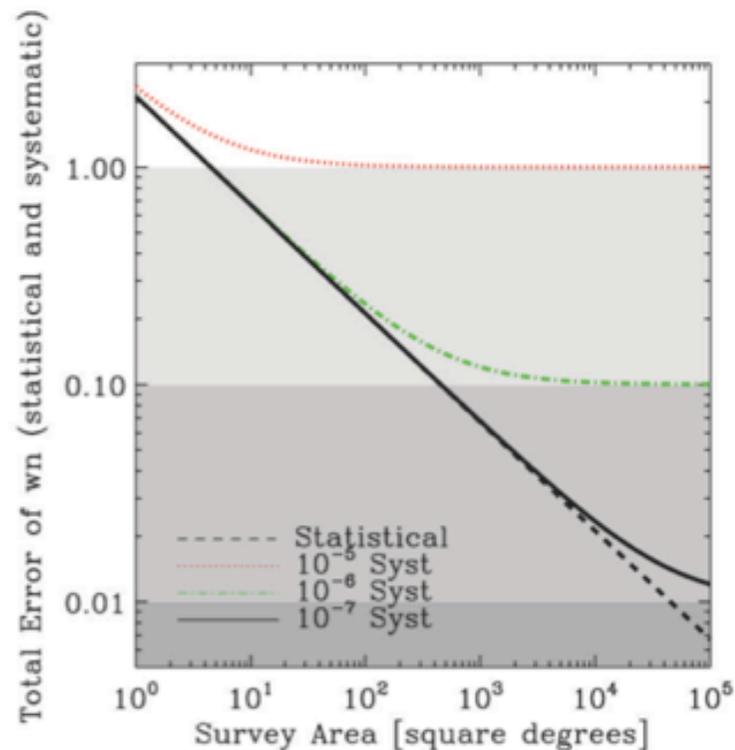
# EUCLID<sub>(=DUNE+SPACE)</sub>: wide-field optical/NIR imaging and spectroscopy in space

- proposal for **ESA Cosmic Vision** program
- 1.2m telescope with 0.5 square degree optical and NIR imaging cameras, and NIR spectrograph with DMD's
- **main goal: image all of the extragalactic sky to ~24 mag and spectroscopy to H=22** to investigate **dark matter and dark energy** with weak lensing and BAOs
- data of **large legacy value** for galaxy evolution, black hole formation ...
- **NIR imaging focal plane lead by MPE, with collaboration of MPIA, JPL**
- **launch ~2017**
- **ideal complement to surveys Pan-STARRS, eROSITA, KIDS ...**



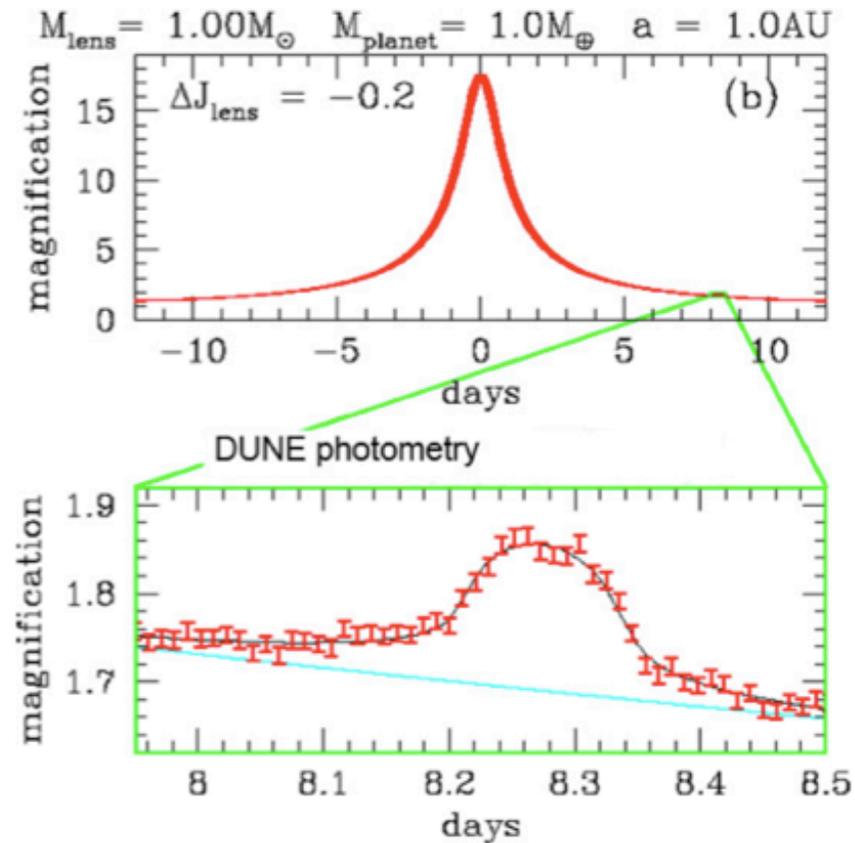
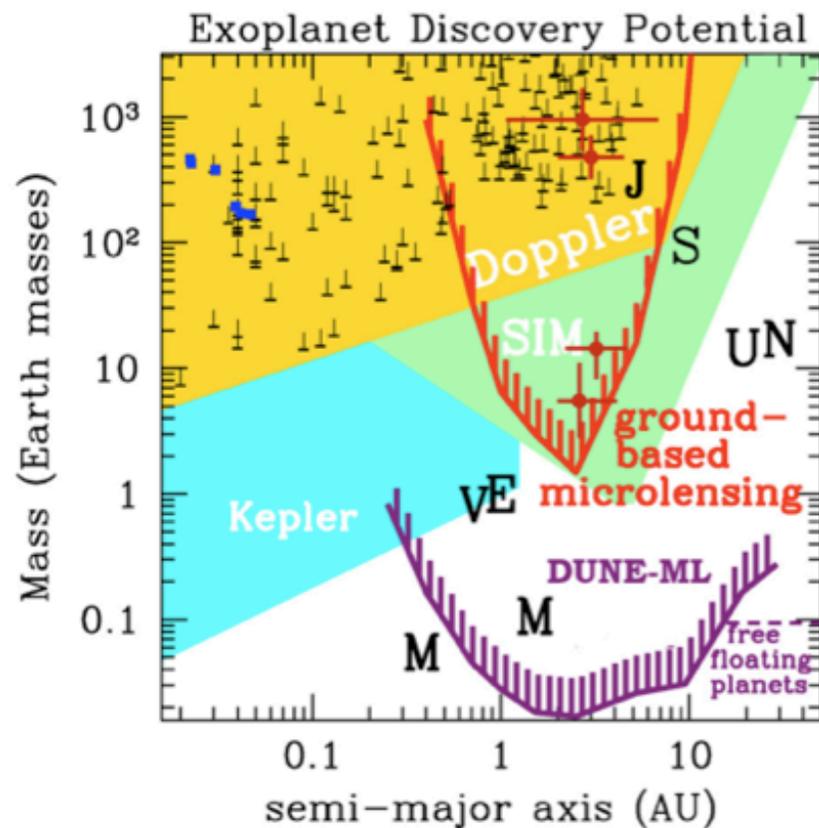
# Nah-Infrarot Photometrie und Dunkle Energie

- Alle Messungen der Dunklen Energie brauchen Rotverschiebungen von Galaxien. Es ist aber unmöglich, Spektren von allen benötigten schwachen Galaxien zu erhalten.
- Photometrische Rotverschiebungen sind eine gute Alternative.
- Diese sind aber nur genau genug, wenn man Nah-Infrarot Flüsse von ausreichender Tiefe zur Verfügung hat.



# Micro-Lensing Suche nach erdähnlichen Planeten

mit original DUNE Mission, aber wahrscheinlich nicht mit EUCLID

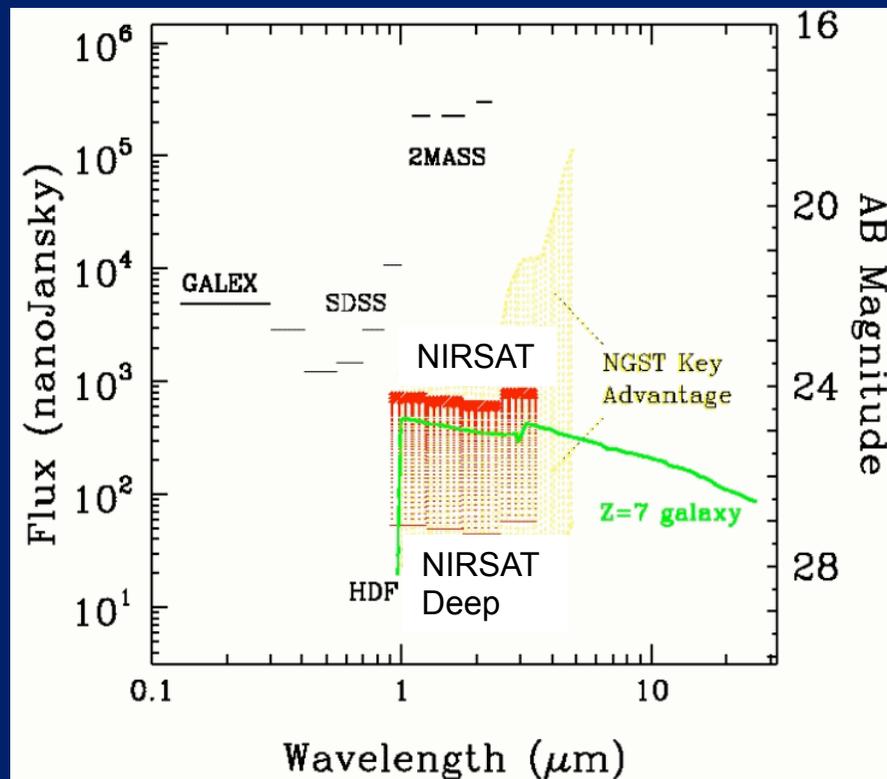


**Figure C.5:** *Left:* Exoplanet discovery space (planet mass vs orbit size) showing the 8 planets from our solar system (labeled as letters), those detected by Doppler wobble (T), transit (circle), and microlensing. We outline regions that can be probed by different methods. Note the uniqueness of the parameter space probed by DUNE compared to other techniques. *Right:* Typical microlensing event for an Earth mass planet orbiting a solar star, at 1 AU, detected by DUNE.

# NIRSAT: A Deep Near-Infrared All-Sky Survey Mission

(inspired by PRIME and in the spirit of ROSAT,  
... and a better version of NIR-imaging with DUNE/EUCLID)

- 1.2 m Teleskop, passively cooled in ~500km orbit
- 1 $\mu$ m to 4 $\mu$ m, 4 bands JHKL simultaneously
- 4 year lifetime
- provide an all-sky survey to  $m \sim 25$  i.e. 1000 times deeper than 2MASS
- provide ~ 200 square degrees to  $m \sim 27$



## Science Goals: Find...

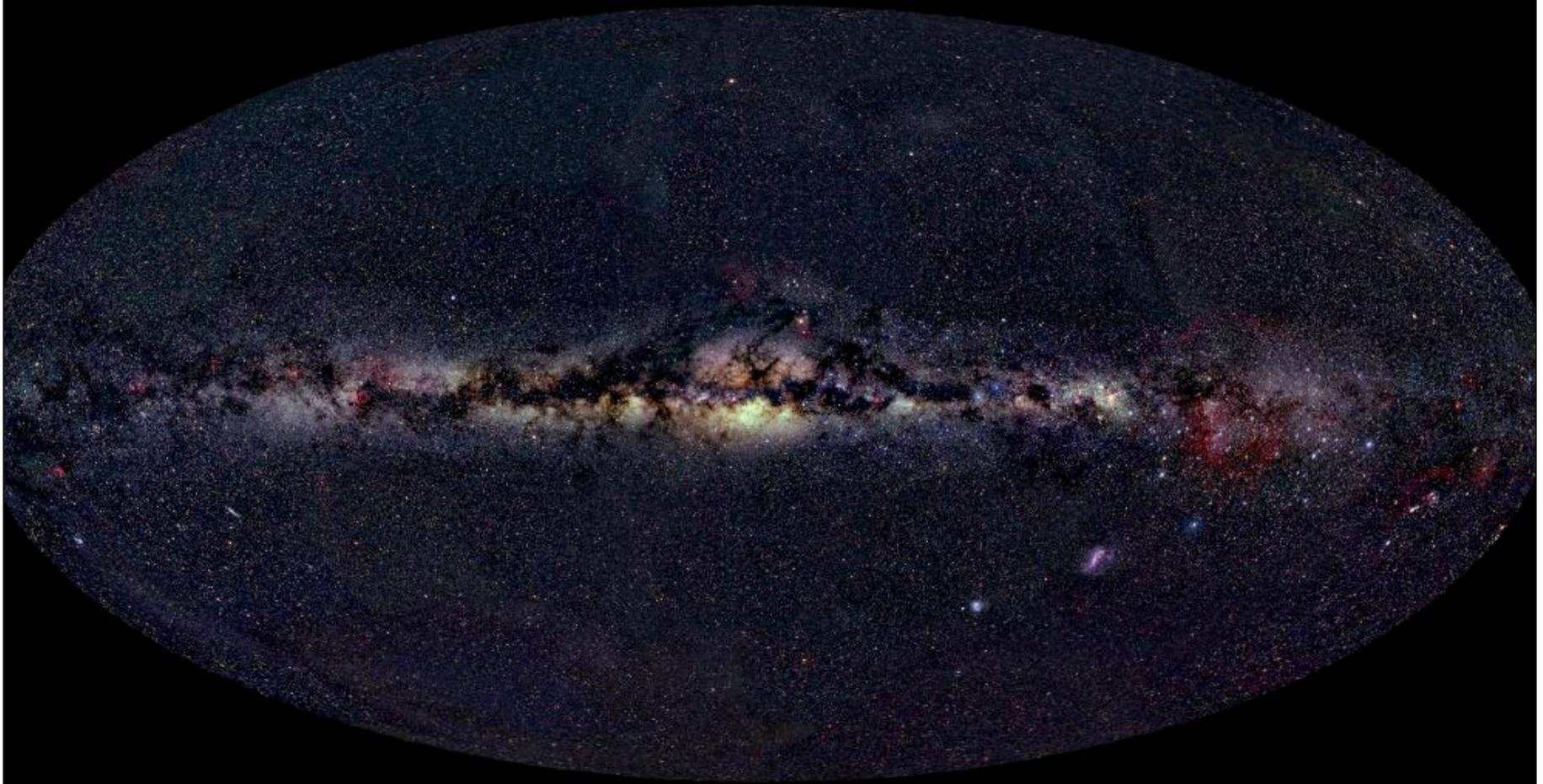
- ... all bright quasars to  $z \sim 15$
- ... all bright galaxies to  $z \sim 10$
- ... all massive galaxy clusters to  $z \sim 4$
- ... ~1000 of SNIa to  $z \sim 5$
- ... ~100s of brown dwarfs to  $D \sim 2\text{kpc}$
- ... find earth like planets via lensing
- ... dark energy from large-scale structure and lensing (photo  $z$ )
- ...

Complementary observations:

In Optical: PanSTARRS

In X-rays: eROSITA

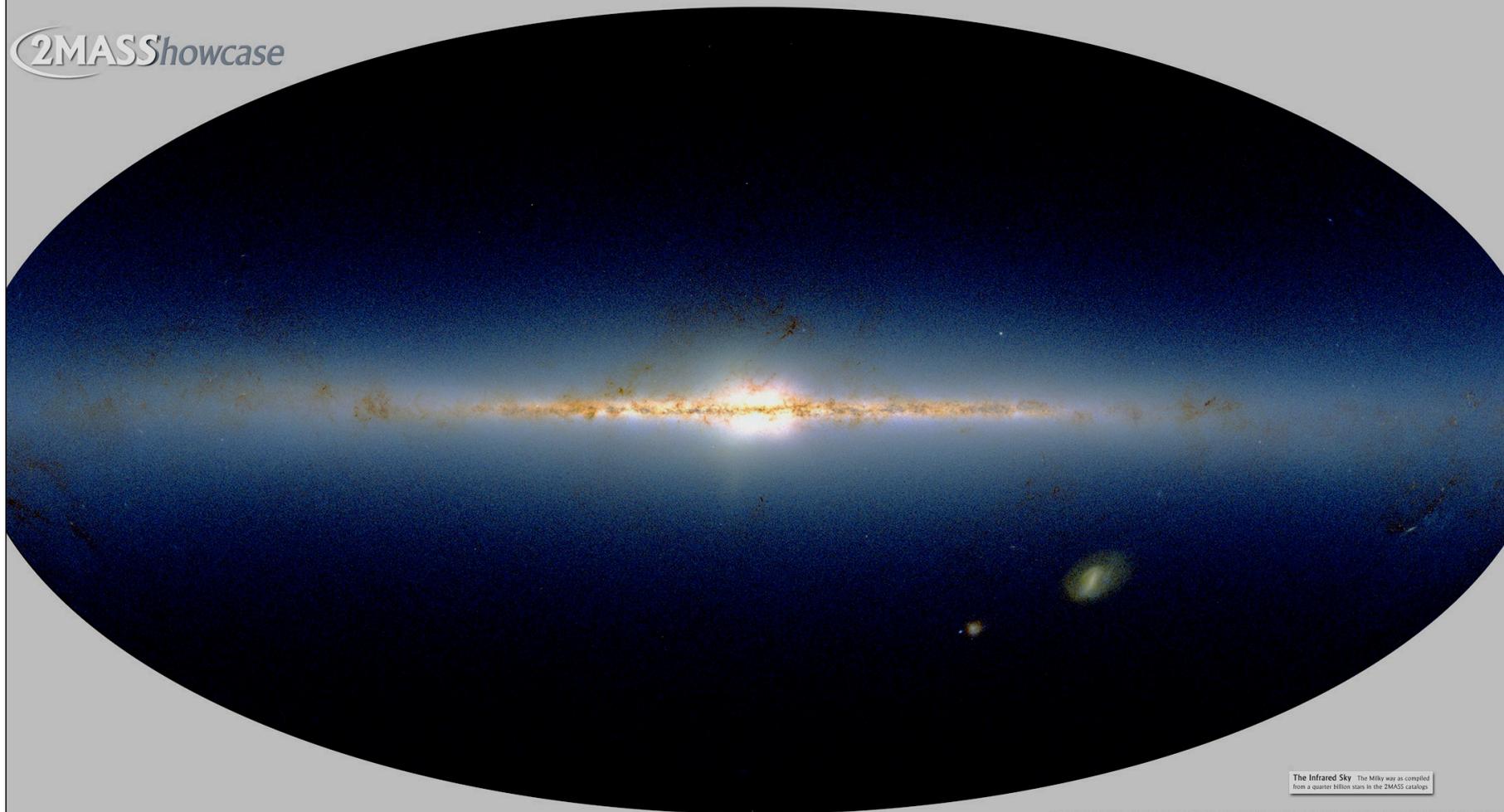
# *The Deep Sky*



© 2000, Axel Mellinger

# Die Milchstraße im 2MASS-Nah-Infrarot Survey

2MASS Showcase



The Infrared Sky The Milky way as compiled from a quarter billion stars in the 2MASS catalog

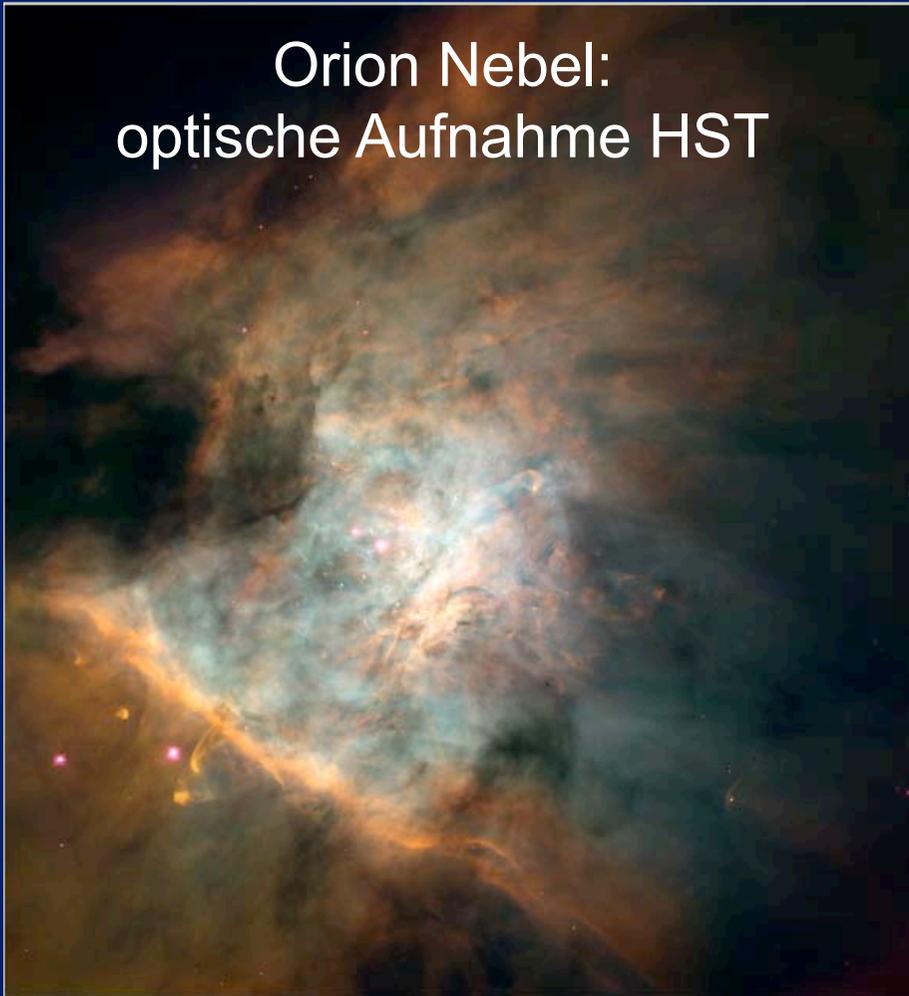
Two Micron All Sky Survey Image Mosaic: Infrared Processing and Analysis Center/Caltech & University of Massachusetts Lowell

Grenzhelligkeit  $m_{AB} \sim 15.5$

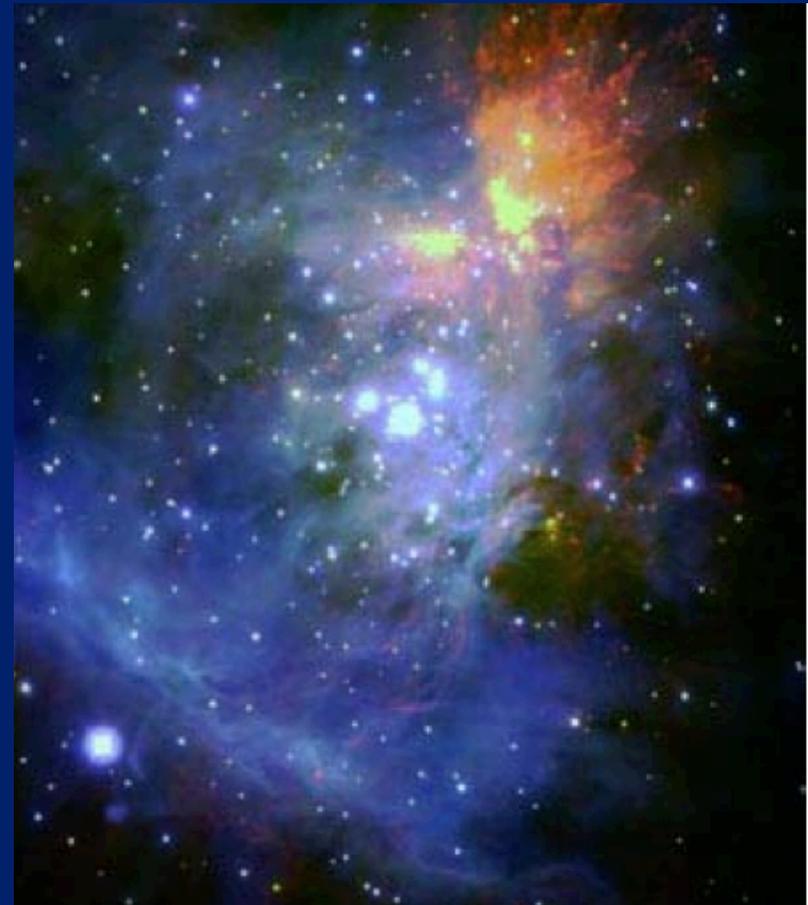
## Junge Sterne und Sternentstehung

findet in staubigen Gaswolken statt, die im optischen undurchdringlich sind, aber im Infrarotbereich durchsichtig werden

Orion Nebel:  
optische Aufnahme HST

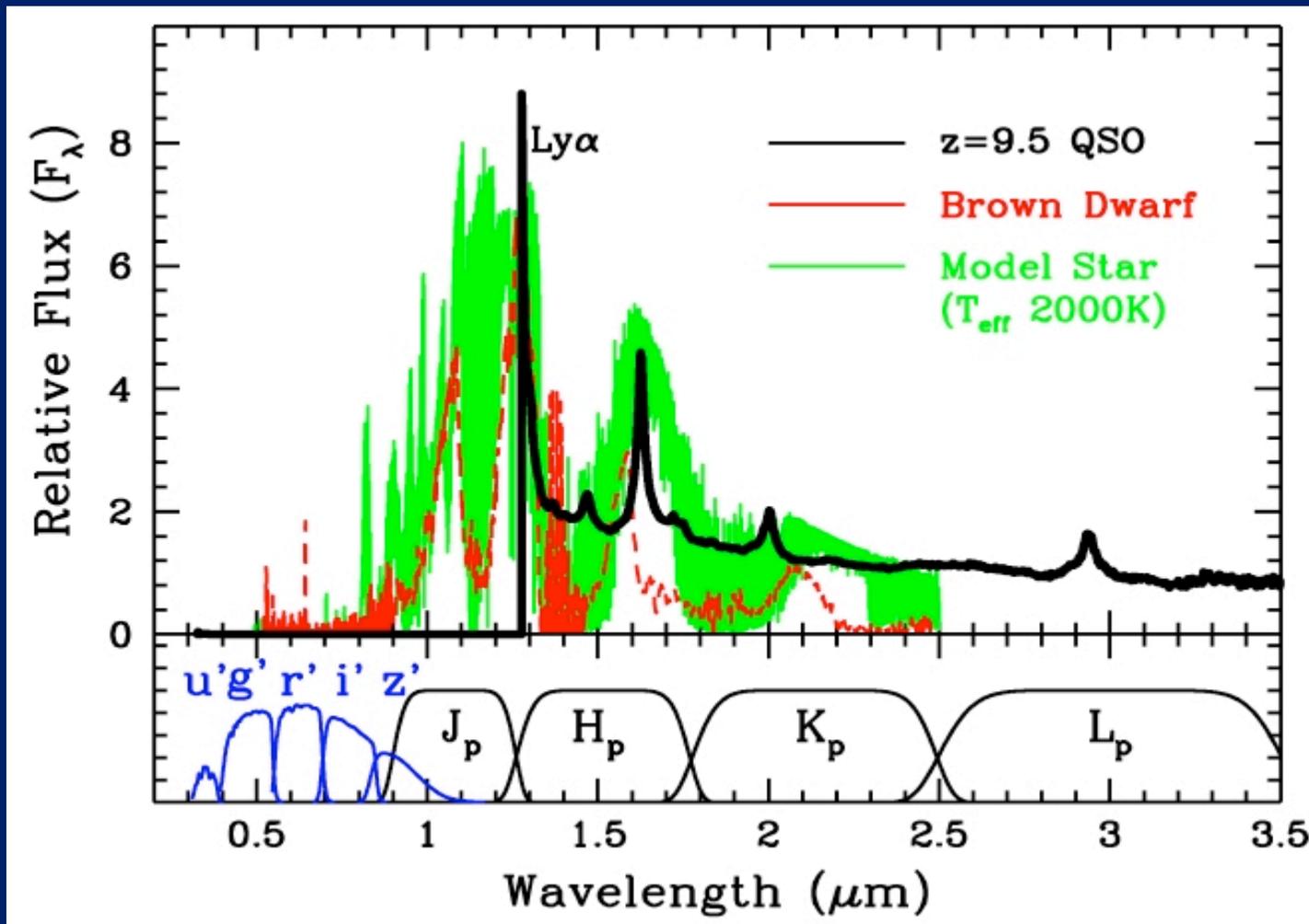


nah-infrarote Aufnahme



# Braune Zwerge und Struktur der Milchstraße

Bisher sind braune Zwerge nur in der Sonnenumgebung bekannt. Ein Nah-Infrarot-Survey im Weltraum würde zur Entdeckung von Hunderten von braunen Zwergen bis zu  $\sim 2$  kpc Abstand führen.



# Eine NIR-Mission a la NIRSAT ist die ideale 'rare-object search engine'

NIRSAT würde 1000-10000 leuchtkräftige Galaxien bei  $z=8$  und 100-1000 leuchtkräftige Galaxien bei  $z=10$  finden, ebenso 100e Quasare/Schwarze Löcher bei  $z=10$  und alle Galaxienhaufen bis  $z=4$

NIRSAT würde die Frage beantworten helfen, wie das Universum bei  $z\sim 10$  re-ionisiert wurde.

NIRSAT würde eine phantastische Inventur der Milchstrassen-Struktur sowie aller Sternentstehungsgebiete in der Milchstrasse und in nahen Galaxien liefern.

NIRSAT könnte viele erdähnliche und kleinere Planeten durch Microlensing entdecken.

# Strategien für die Zukunft

Andere Länder bieten bessere Möglichkeiten Missionen auf nationaler Ebene zu entwickeln. Manchmal werden diese national oder bi-national umgesetzt, häufig werden sie ESA-isiert. Dies sichert diesen Ländern eine Führungsrolle in den Missionen zu und macht die deutschen Wissenschaftler zu Trittbrettfahrern.

Das nationale Weltraum-Programm muss gestärkt werden, um die Initiativefähigkeit für Weltraummissionen wiederzugewinnen.

Idealerweise sollte alle paar Jahre die Möglichkeit bestehen, eine nationale Kleinmission zur Grundlagenforschung im Weltraum umzusetzen.