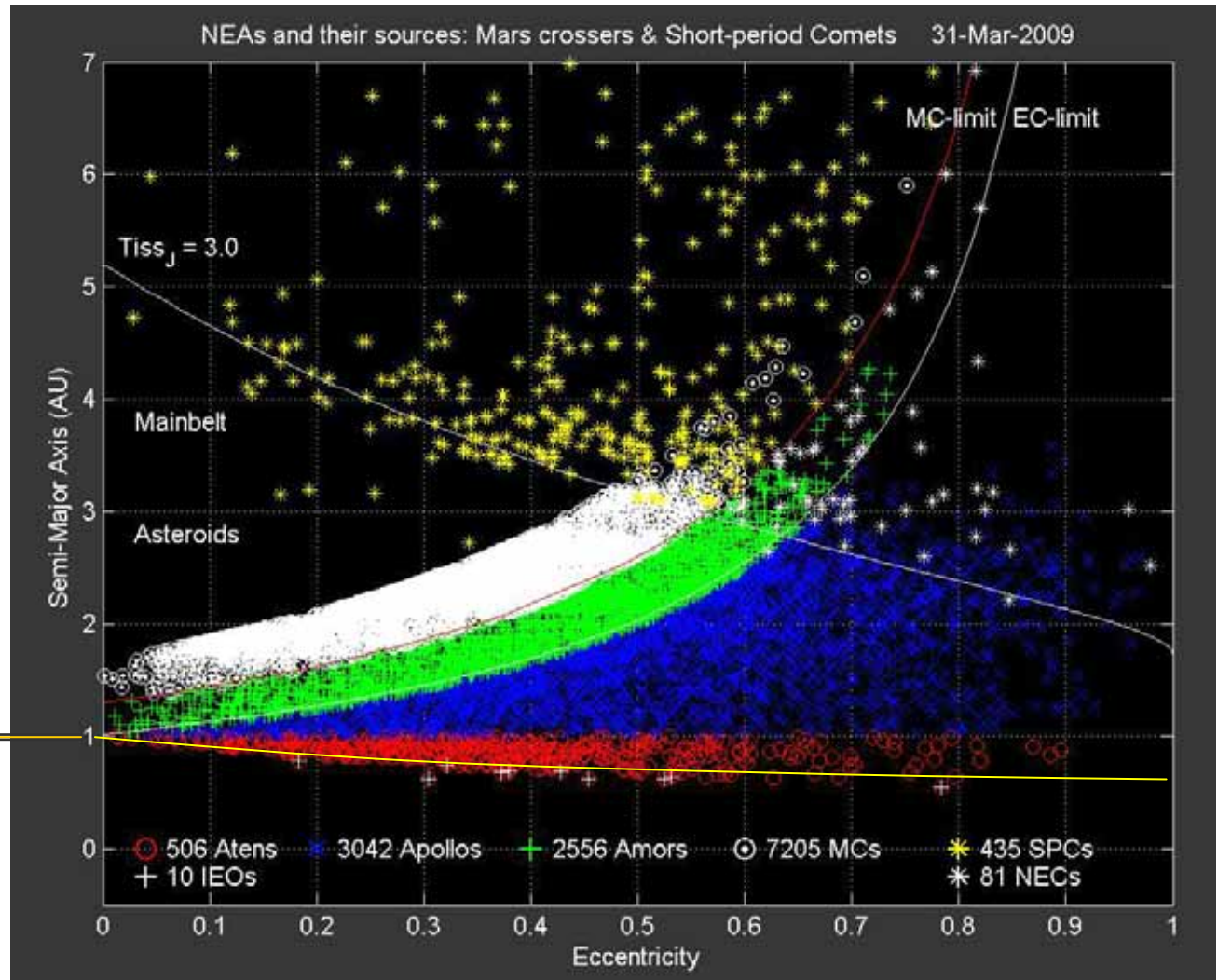




AsteroidFinder/SSB: Die Schwärze der Nacht ans Tageslicht bringen

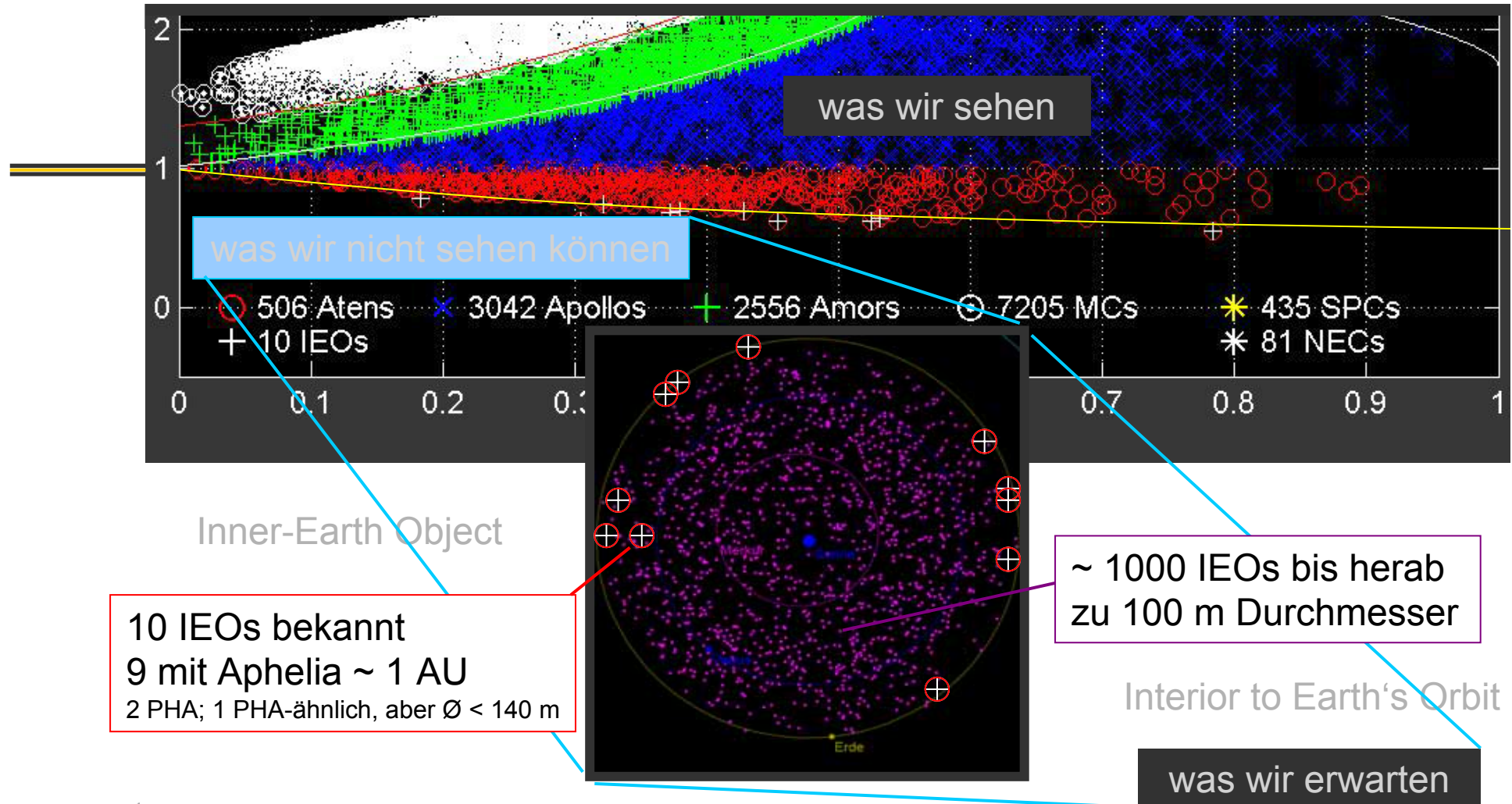
DLR Institut für Raumfahrtsysteme
Bremen

Asteroidenabwehr? - Später schießen, erst fragen.

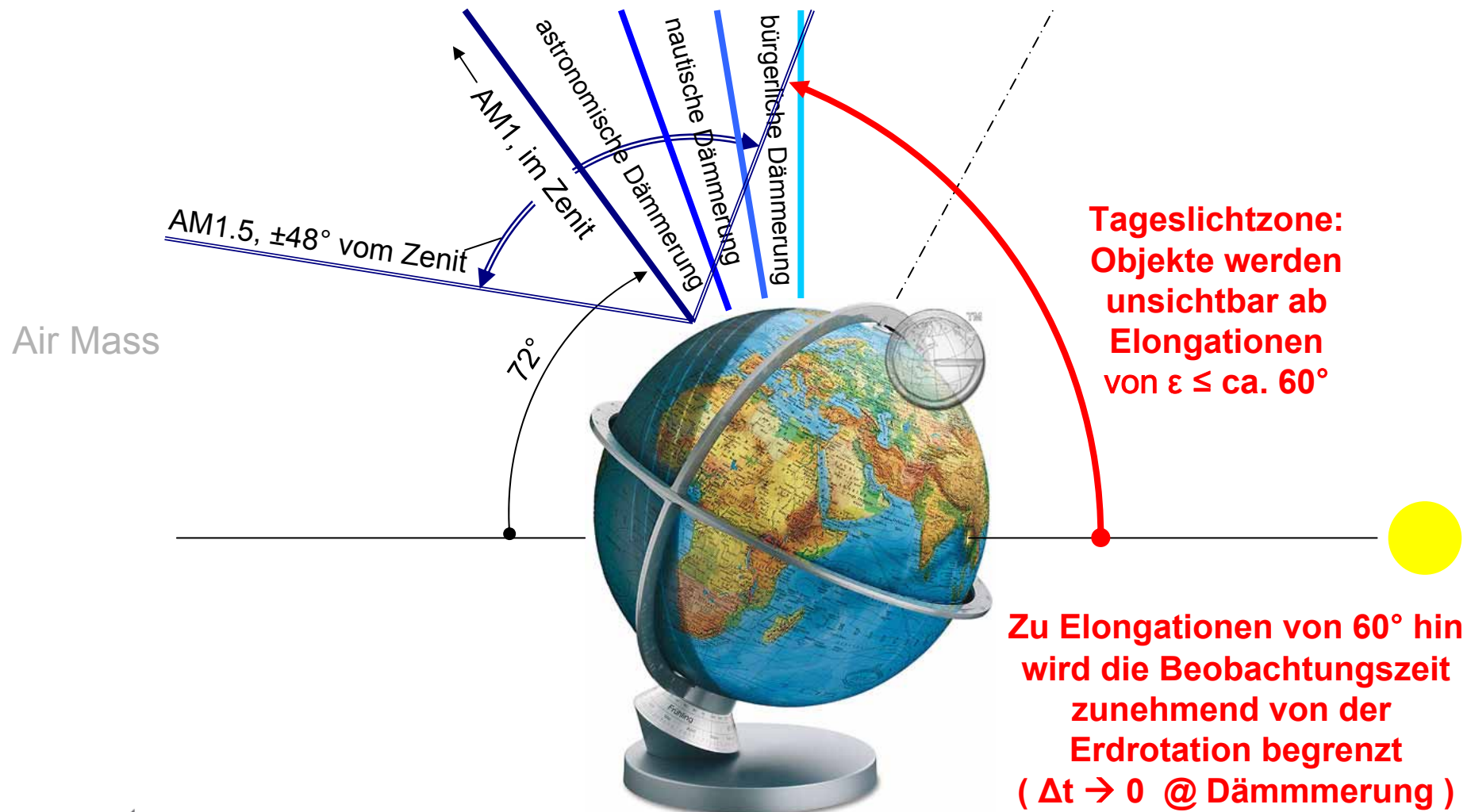




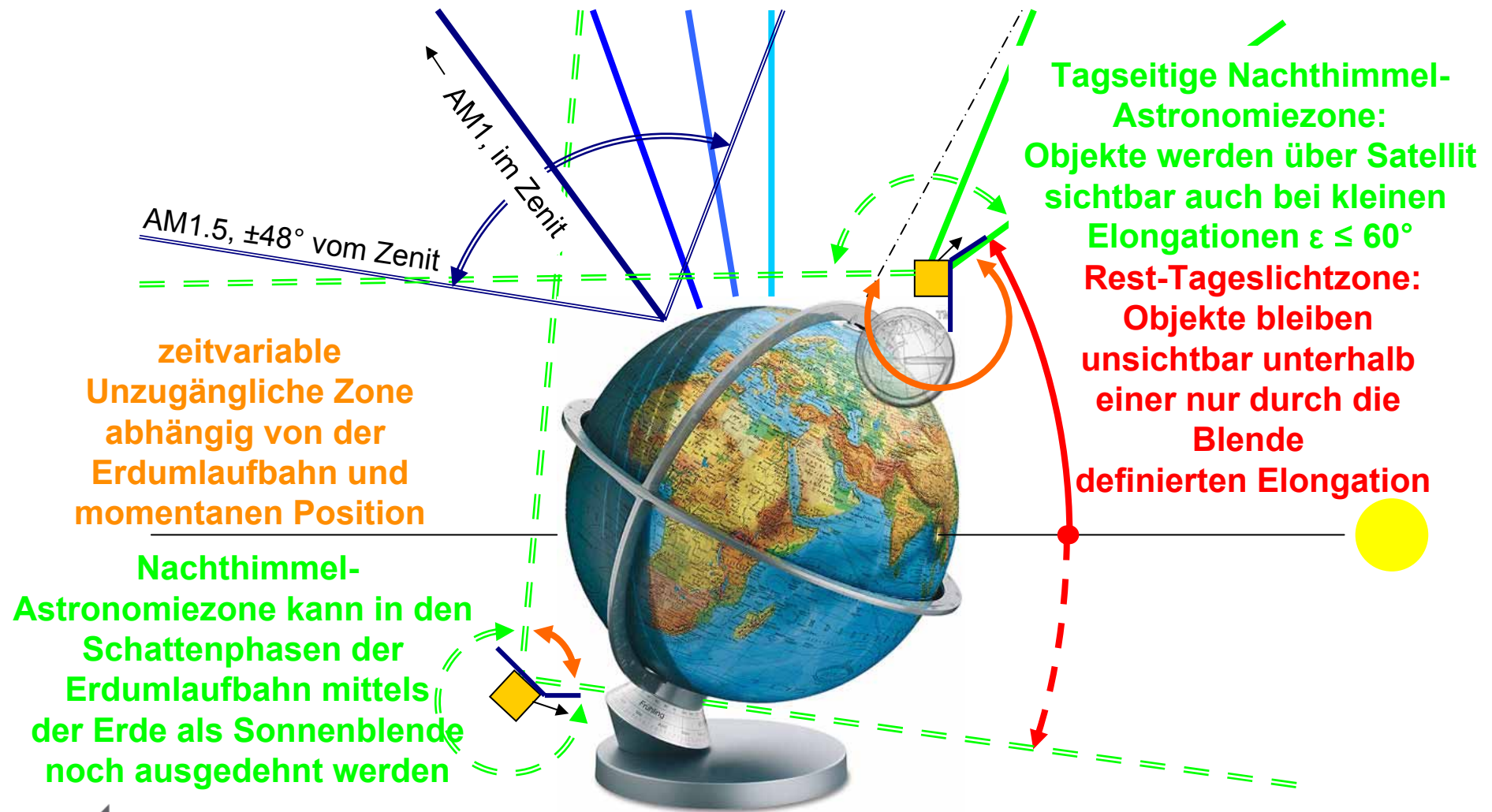
... und weiter: Sind sie überhaupt sichtbar?!



die Nacht: nur ein Schlüsseloch...



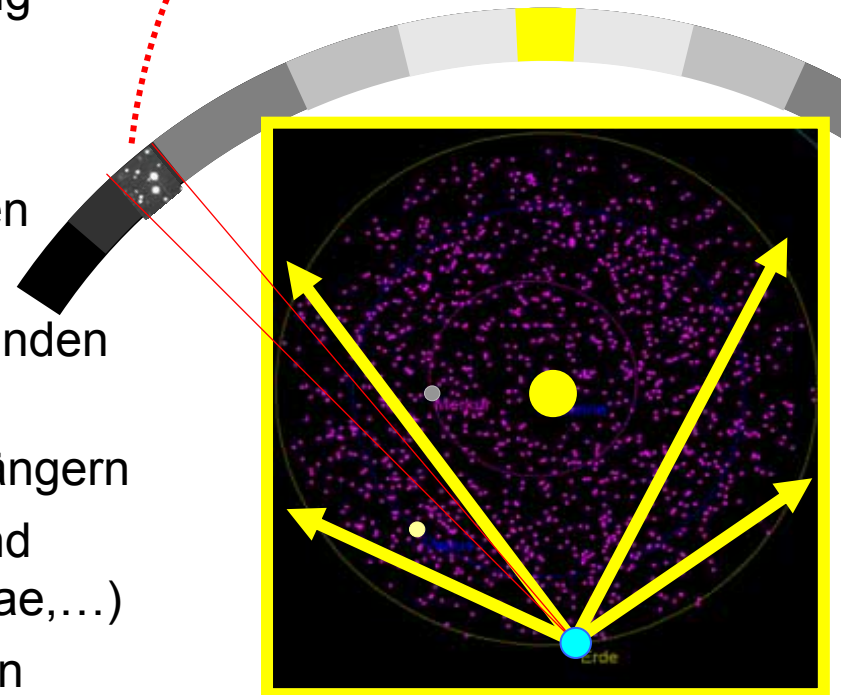
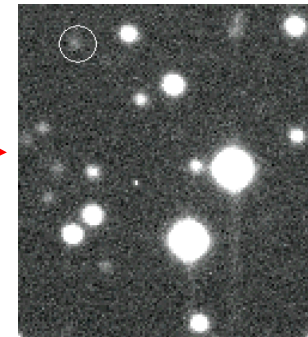
jenseits der Nacht: AM0 an einem sonnigen Tag





die Aufgabe: die Planeten am Tag zu bringen

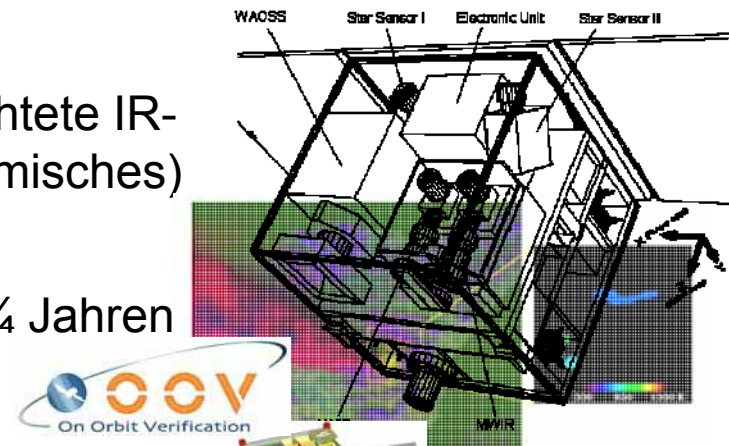
- Objekte innerhalb der Erdbahn (IEO) finden
- ihre Eigenschaften vermessen
 - Population
 - Bahneigenschaften
 - Helligkeits-Häufigkeits-Verteilung
 - Klassen, Gruppen, Familien
- den nicht-IEO-Hintergrund erschließen für nachtartige Tagseitenastronomie
 - Objekte in der Erdumlaufbahn finden
 - nicht-IEO-Asteroiden finden, verfolgen, ihre Bahnbögen verlängern
 - veränderliche Objekte finden und überwachen (Sterne, Supernovae,...)
 - diffusen Hintergrund beobachten



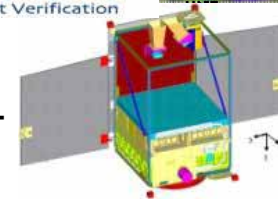
das Fundament: 7½ Jahre BIRD

der Rahmen: das Kompaktsatelliten-Programm

- *Bi-spectral InfraRed Detection*
- Optische Bank für pixelgenau ausgerichtete IR-Kameras (2* nahes, 1* mittleres & thermisches)
- Auslegungslbensdauer 1 Jahr
- Verwendbarkeit eingeschränkt nach 2¼ Jahren
- wiederherstellbar noch nach >7 Jahren

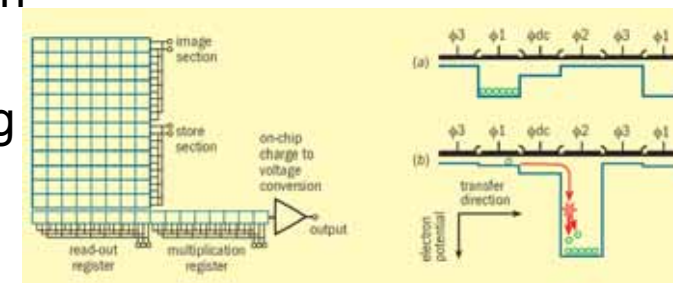
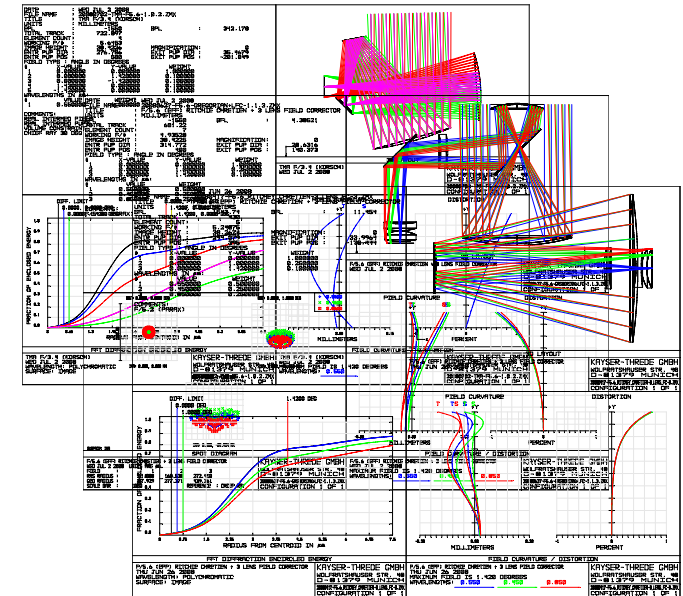


- Kompaktsatellit: das Beste aus Mikro- & Minisatelliten in einer neuen 100...150 kg-Klasse
- ausgelegt für wissenschaftliche Nutzlasten aus dem DLR auf maßgeschneiderter Plattform
- Evolution zu einem flugerprobten Bausatz aus Subsystemen und Konstruktionsvariationen, als „Standard Satellite Bus kit“, /SSB

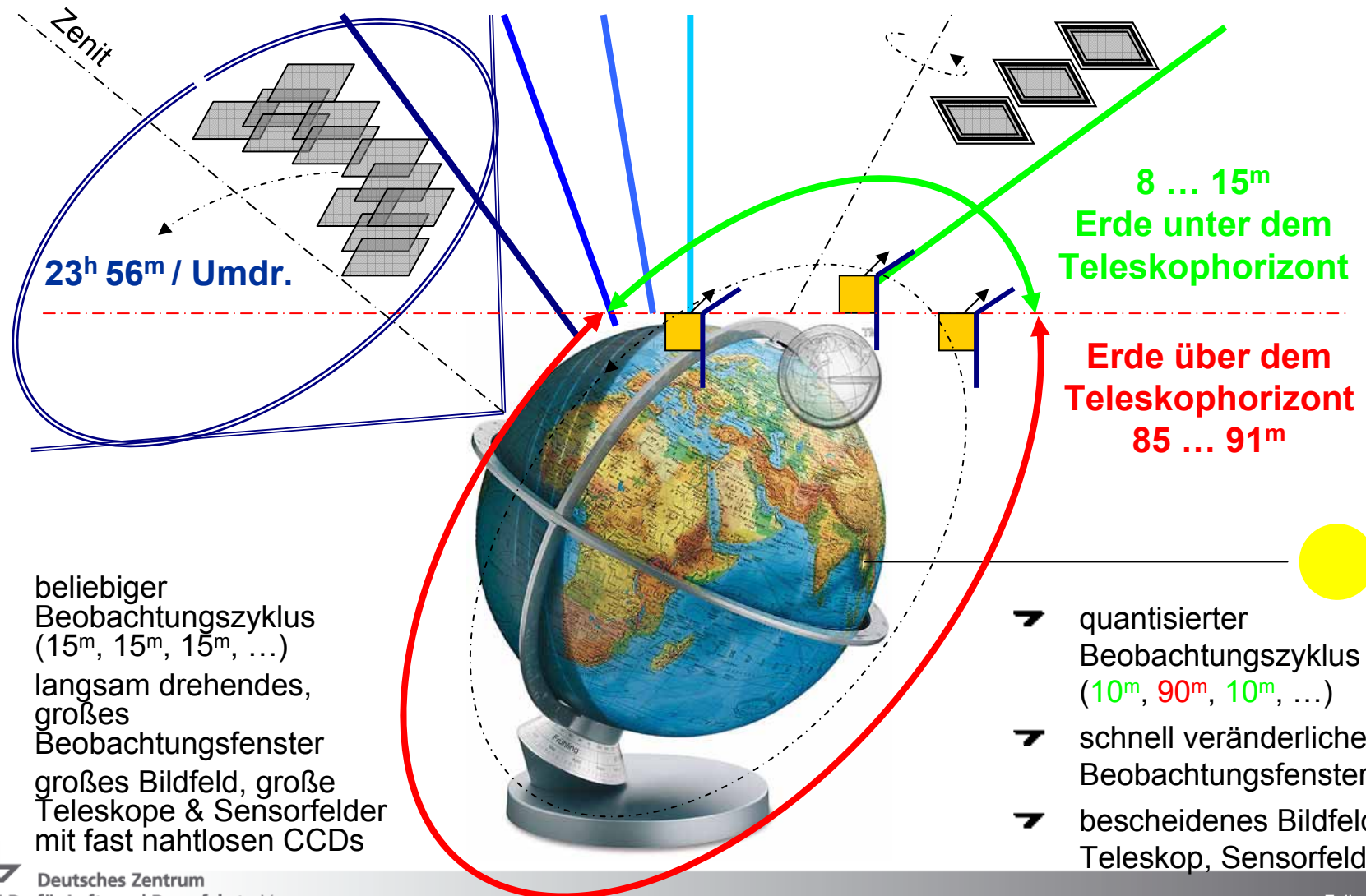


das Instrument: modernste Optik und Elektronik

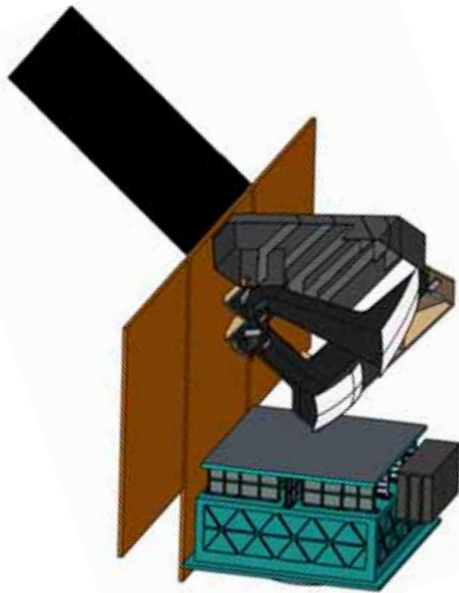
- Grenzgröße $V \geq 18.5 \text{ mag} @ 1 \text{ min}$
- Blickfeld = $2^\circ \cdot 2^\circ$, Astrometrie mit $\sim 1''$
- Schiefspiegler-Optik
 - hohe Streulichtunterdrückung
 - Sonne : Asteroid $\sim 10^{18} : 1$
 - Planet : Asteroid $\sim 10^8 : 1$
 - Asteroid : Hintergrund $\sim 4 : 1$
- direkt ladungsverstärkende CCD-Sensoren
 - schnell lesbar fast ohne Ausleserauschen
 - hohe Flexibilität bei Belichtungszeit, analoger und digitaler Signalverarbeitung
 - coregistrierte Addition von ~ 5 Bildern/s gegen Strahlen- und Bewegungseffekte
- große Fläche & hohe Auflösung
 - ➔ hohe Datenrate



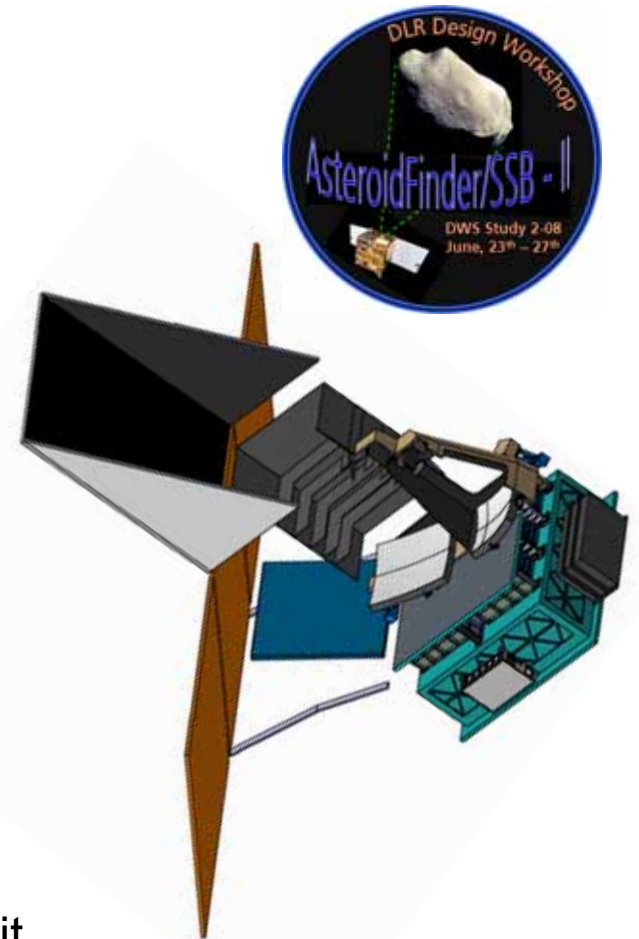
1-2-3: Bewegungsdetektion & Bahnbewegung



Form annehmen: tief ausbelichten im Licht des Tages



- Asteroiden unter km-Größe können bei niedriger Elongation gefunden werden
- kosteneffektive Lösung durch modernsten Instrumentenbau und flugerprobte Plattformelemente
- Satellitenorientierung relativ zu Sonne und Erde ist stark mit thermischen und optischen Eigenschaften verkoppelt
- gründliche Gesamtsimulationen sind früh in der Konstruktion nötig, um zu einer Gestaltung mit optimalem Ertrag zu gelangen





Fragen?



Who knows whether, when a comet shall approach this globe to destroy it, as it often has been and will be destroyed, men will not tear rocks from their foundations by means of steam, and hurl mountains, as the giants are said to have done, against the flaming mass? - And then we shall have traditions of Titans again, and of wars with Heaven.

Lord Byron, 1822



image credits: J.Hartmann M.Lieder DLR, G. Hahn DLR-EARN, ESA,NASA, astronautix.com, Sandia Labs, Kayser-Threde, geosmile.de; partially obtained via wikipedia



Supplementary Slides: Asteroid 101

- The Sky is the Limit – in Detail
- Space is not Unlimited
- Motion Detection
- Summed Up



Asteroid 101: The Sky is the Limit – in detail

➤ Weather	clouds, haze, water vapour	< 18 km
➤ Blue Sky	scattered sunlight and moonlight	< 80 km
➤ Sky Glow	emission lines of excited molecules	< 250 km *
➤ SatelLight	gas discharge around spacecraft	< 500 km
➤ Air Glow	faint equatorial aurora	< 700 km *
➤ Aurora	bright polar aurora oval	< 1000 km *

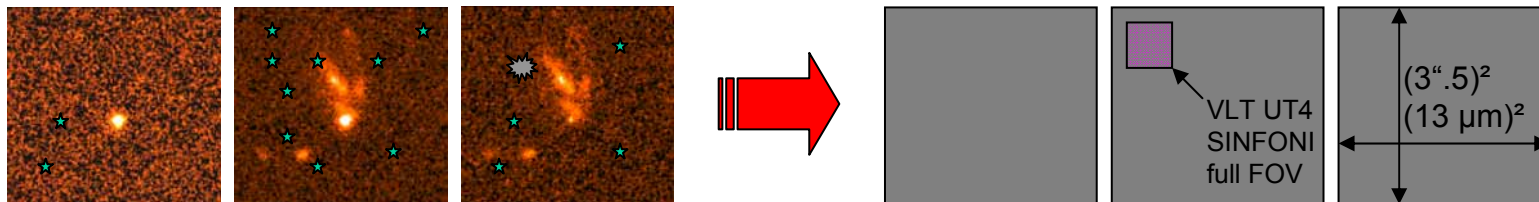
➤ *) upper limit dependent on solar activity – **2011/12 is solar maximum!**



Asteroid 101: Space is not Unlimited

- stars and nebulae form a distant diffuse background at any resolution (“Billions and Billions”)
- interplanetary dust forms a local background that moves around the Sun (Zodiacal light, Lunar L4/5 dust clouds)
- the corona forms a variable background centered on the Sun, even beyond the area out to 32 solar radii covered by SOHO LASCO C-3

On camera, at any given pixel scale,...



...diffuse background, stellar background, or a passing asteroid may...

...*READ EXACTLY THE SAME*

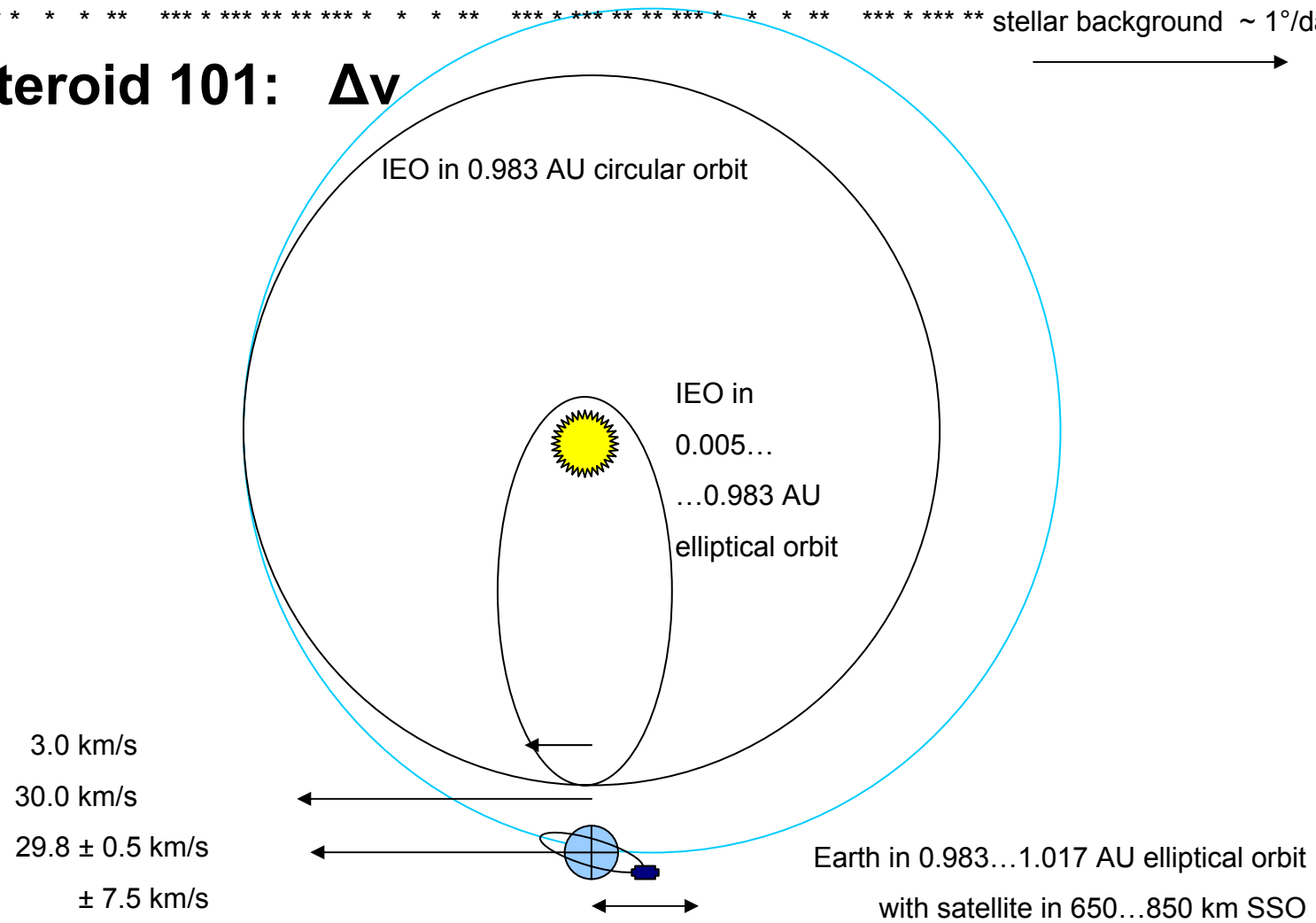
background image: GRB990123 by HST STIS, cropped to $(3''.2)^2$ FOV, $0''.05$ detector pixel, $0''.025$ drizzled — Difference Feb'99-Feb'00 – Feb'99 – Mar'99

HST FOC in hi-res mode: $(3''.6)^2$ full FOV – VLT UT4 SINFONI in hi-res mode: $(0''.8)^2$ full FOV

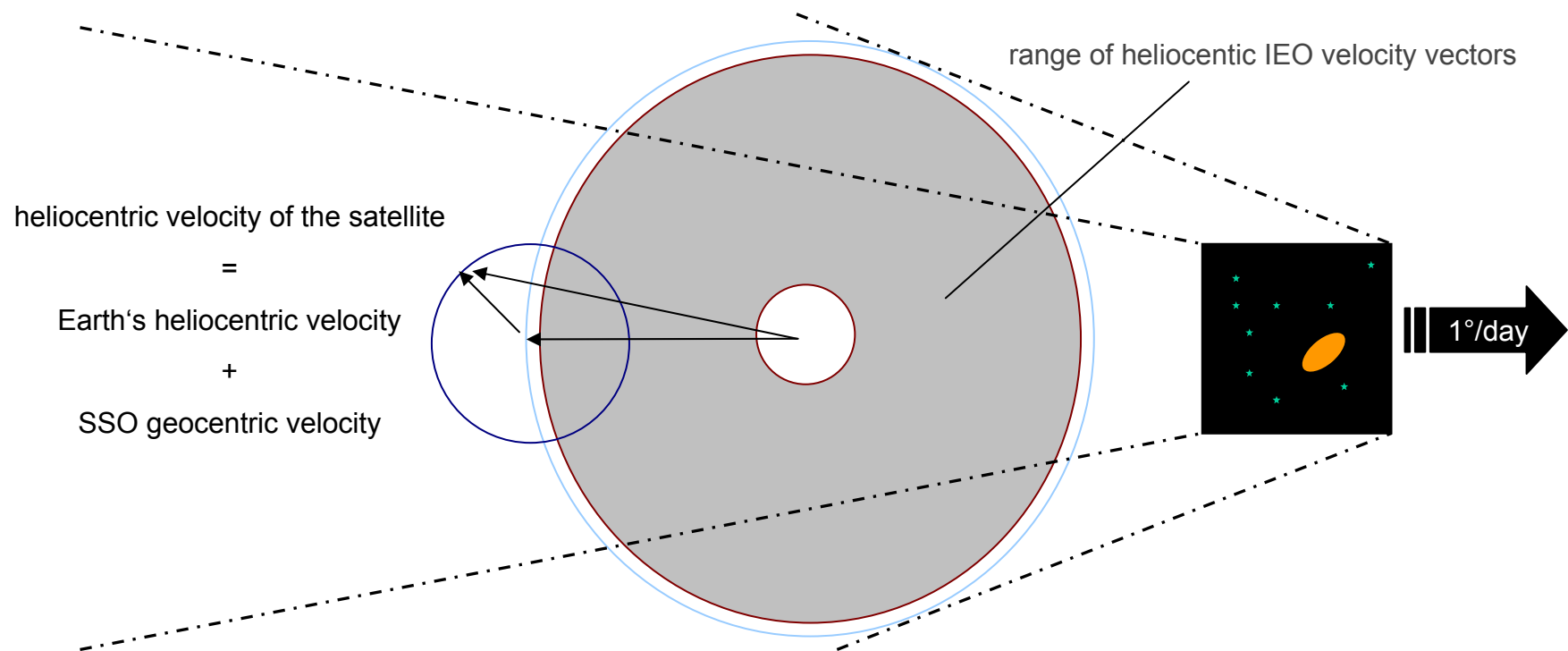


***** stellar background $\sim 1^\circ/\text{day}$

Asteroid 101: Δv



Asteroid 101: Δv projected



- Zero relative velocities and angular rates are possible, with a few to a few hundred arcseconds/minute being typical
- Impossible to catch all at any time



Asteroid 101: easily over-optimized

- SNR: Keep area covered by pixel tiny
- Yield: Keep area covered by telescope huge
- Catch all sizes: Keep the shutter open for a long time
- Catch all orbits: Watch again and again

➤ *Get yourself a huge data volume*



Asteroid 101: ...Finder/SSB summed up

- detector: $(1K)^2$, ≤ 16 bit/pixel, ≥ 58 ms exposure, EMCCD, no filters
- $(2^\circ)^2$ FOV, 4 independent channels, pixel scale $\sim 3''$ / pixel
- motion detection threshold 2..5 pixels
- $\sim 10''$ / >100 min $\leq$ angular motion detection limit $\leq \sim 2^\circ.4$ / 1 min
- expected yield: $\sim 10...50$ IEO's and ≥ 115000 Gbit raw data per year
- recently, a dust ring just outside the orbit of Venus was discovered in Helios solar probe single pixel photomultiplier sensor raw data from 1974
- *Raw data are and remain valuable!*
- such as... main belt asteroids, Kuiper belt objects, supernovae, GRB afterglows, interplanetary dust background, exo-planet occultations, variable stars, fast-moving stars, and stellar background in general...



Asteroid 101: IEOs, NEOs, Mitigation

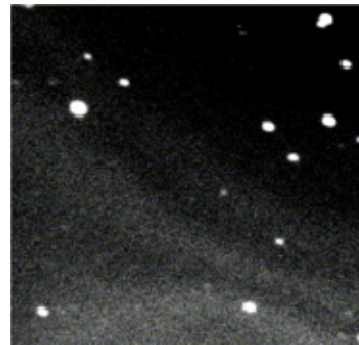
FAQ resources

- Gerhard Hahn, DLR EARN asteroid database: <http://earn.dlr.de/neal> (*provides population graph in slide #5,6*)
- IAU: Minor Planet Center – Lists and Plots: Minor Planets: <http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/MPLists.html>
- NEODyS Near Earth Objects Dynamic Site: <http://newton.dm.unipi.it/cgi-bin/neodys/neoibo>
- Don Yeomans, NASA NEO Program – Current Impact Risks: <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>
- David Vokrouhlický, Paolo Farinella and William F. Bottke, Jr.; The Depletion of the Putative Vulcanoid Population via the Yarkovsky Effect, Icarus Volume 148, Issue 1, Nov. 2000, p. 147-152 (*google by title*)
- Patrick Michel, Vincenzo Zappalà, Alberto Cellino, Paolo Tanga; Estimated Abundance of Atens and Asteroids Evolving on Orbits between Earth and Sun, Icarus Volume 143, Issue 2, Feb. 2000, p. 421-424 (*google b.t.*)
- William F. Bottke, Jr., Alessandro Morbidelli, Robert Jedicke, Jean-Marc Petit, Harold F. Levison, Patrick Michel and Travis S. Metcalfe; Debiased Orbital and Absolute Magnitude Distribution of the Near-Earth Objects, Icarus Volume 156, Issue 2, Apr. 2002, p. 399-433 (*provided population data - google by title*)
- Tunguska Home Page, University of Bologna: <http://www-th.bo.infn.it/tunguska/> → Publications
- Michael J.S. Belton, Thomas H. Morgan, Nalin H. Samarasinha, Donald K. Yeomans (ed.), Mitigation of Hazardous Comets and Asteroids, Cambridge University Press, 2004
- John S. Lewis, Rain of Iron and Ice, Addison-Wesley, 1997 (extended paperback ed.)
- Spaceguard Foundation: <http://spaceguard.rm.iasf.cnr.it/SGF/INDEX.html> <http://www.spaceguarduk.com/>
- Chrisian Gritzner, Kometen und Asteroiden – Bedrohung aus dem All, Aviatic Verlag (1999)
- Ralph Kahle, Modelle und Methoden zur Abwendung von Kollisionen von Asteroiden und Kometen mit der Erde, Doctoral Thesis, Technische Universität Berlin (2005):
http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2005/1127/pdf/kahle_ralph.pdf , this and more at
<http://www.weblab.dlr.de/rbrt/Publications/PubKahle.html>
- Jan Thimo Grundmann, Betrachtung des Missionsszenarios zur Verhinderung von Einschlägen von Asteroiden auf die Erde unter Berücksichtigung des Bedrohungspotentials und der technischen Möglichkeiten, diploma thesis, RWTH Aachen (2006): <http://www.kiwikommando.de/space4space/> (*provisional*)





Asteroid 101: The Devil is in the Details



(99942) Apophis

...named after the Ancient Egyptian Uncreator who dwells in the eternal darkness of the underworld. A close Earth flyby on Fri 13 Apr 2029 below geostationary altitude will gravity-assist Apophis for anything between a ~0.1 AU miss and a dead centre Earth impact on 13 Apr 2036, at 2.2×10^{-5} estimated probability.

Hint: (99942) + ✂ + ↻ → '666' + 42 :-)