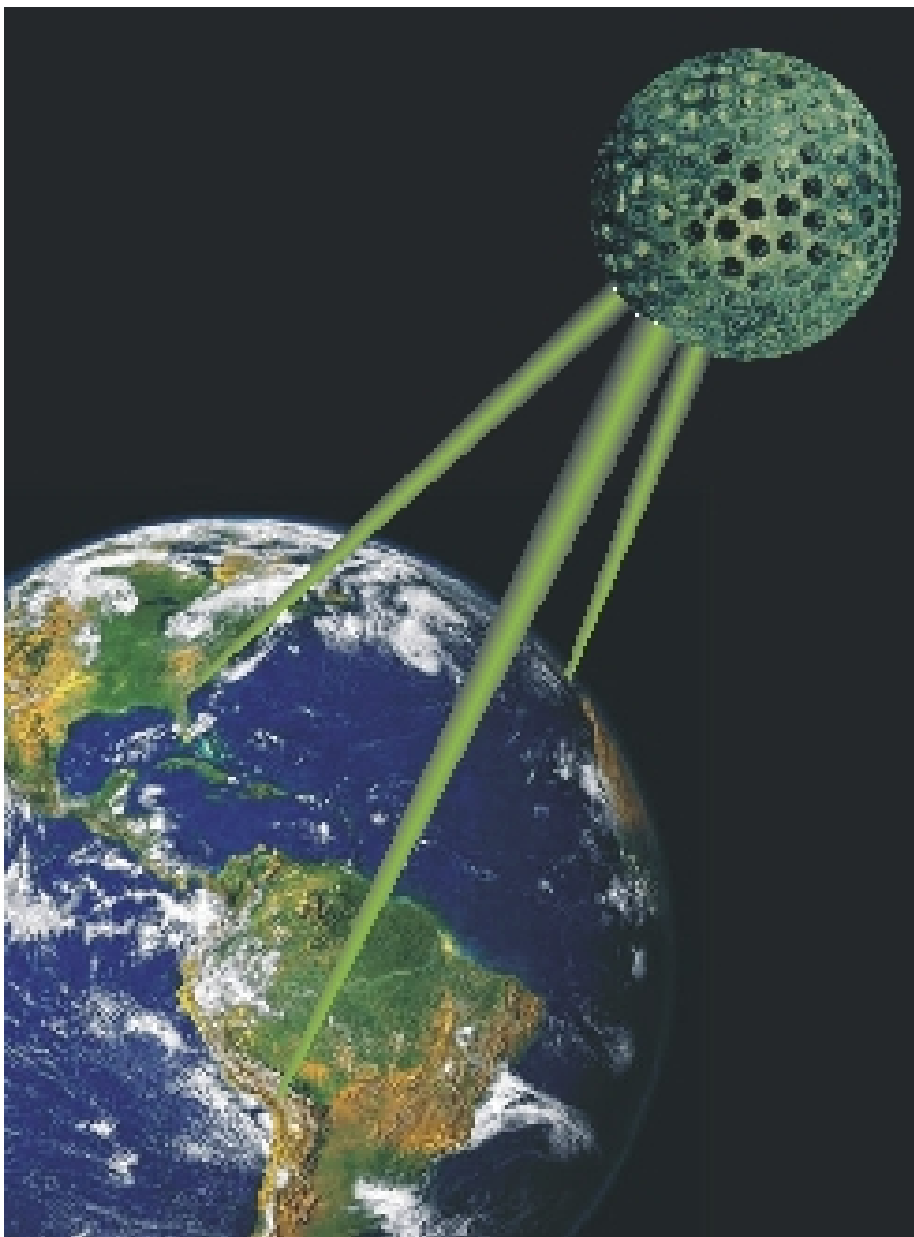


kHz Satellite Laser Ranging – Innovative Applikationen

Georg Kirchner, Franz Koidl, Daniel Kucharski

Institut für Weltraumforschung

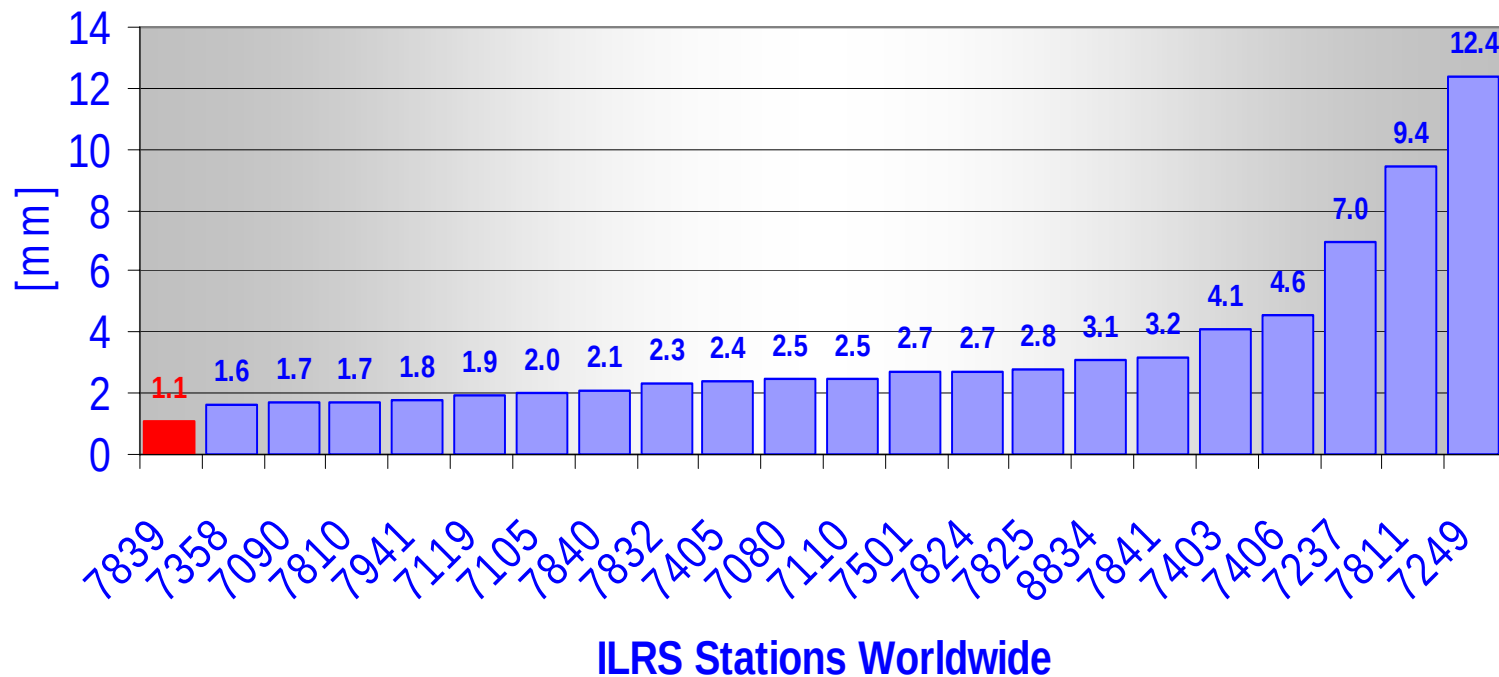
Österreichische Akademie der Wissenschaften



- 10^{14} Photonen (0.4 mJ@532 nm) pro Puls
- Pulsdauer: 10 ps (etwa 3 mm ...)
- Am Satellit reflektiert (wenn wir treffen ☺)
- Einzelne Photonen am Boden detektiert;
- Laufzeit wird exakt gemessen:
- Auflösung 1.2 Picosekunden
- Ergibt Entfernung: 2-3 mm genau;
- Vorteile solcher [kHz] Messungen:
 - Absolut und sehr genau;
 - In Graz: 2000 Messungen/s (kHz SLR);
d.h. Bis zu > 1 Million Messungen / Pass
 - Viele Zusatzergebnisse ...
- Nachteile:
 - Aufwändig;
 - Nur bei Schönwetter möglich



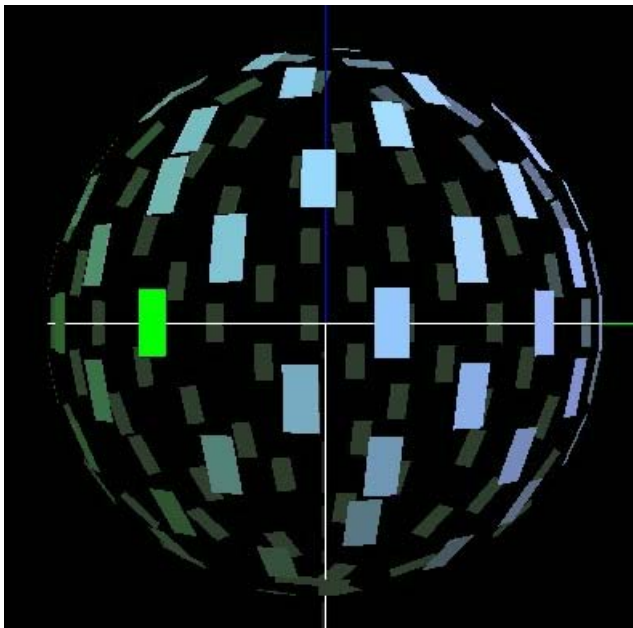
ILRS 2007-07-01 to 2008-06-30: LAGEOS NP RMS Hitotsubashi Univ. Orbital Analysis

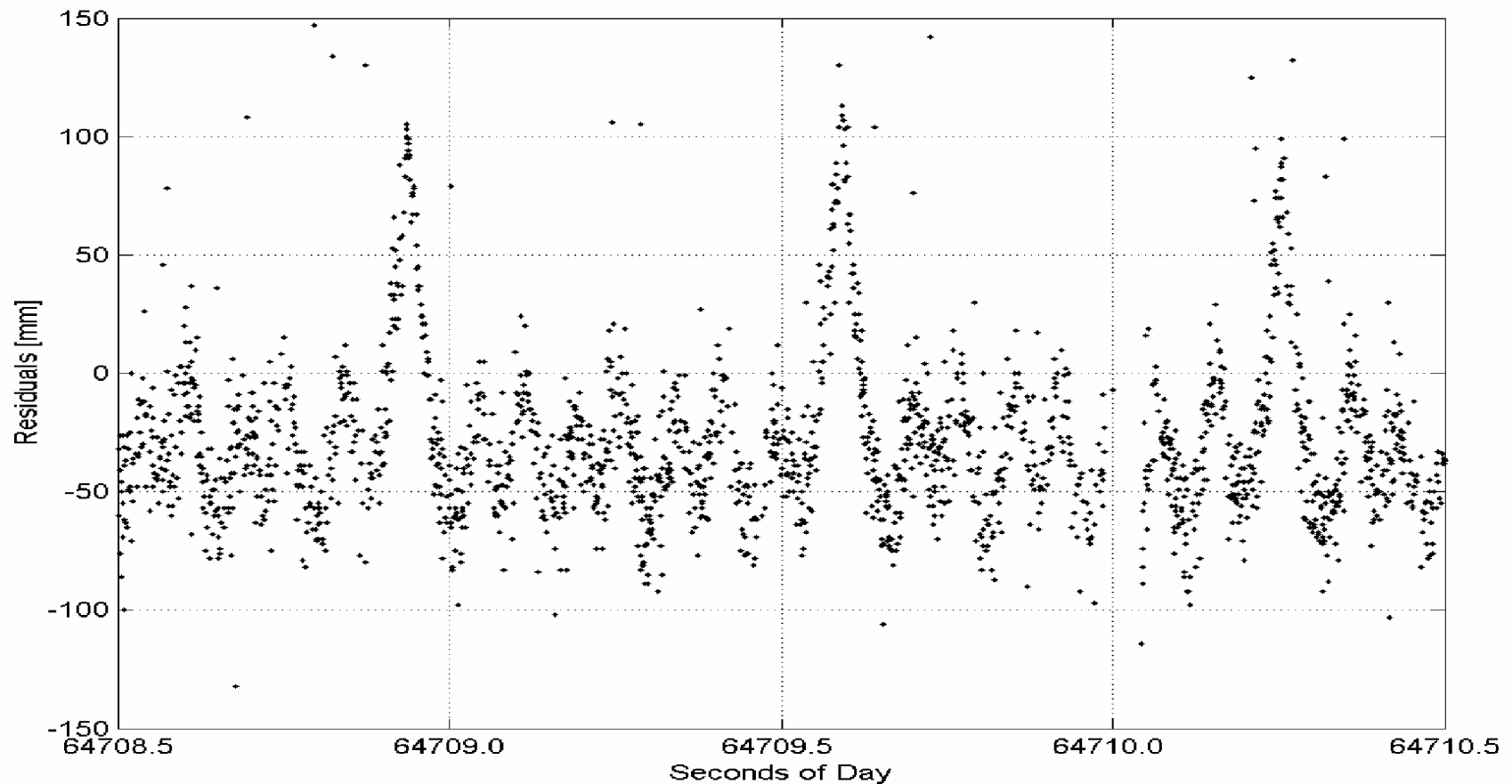


Graz kHz SLR: Führend bei Genauigkeit, Stabilität, Zuverlässigkeit

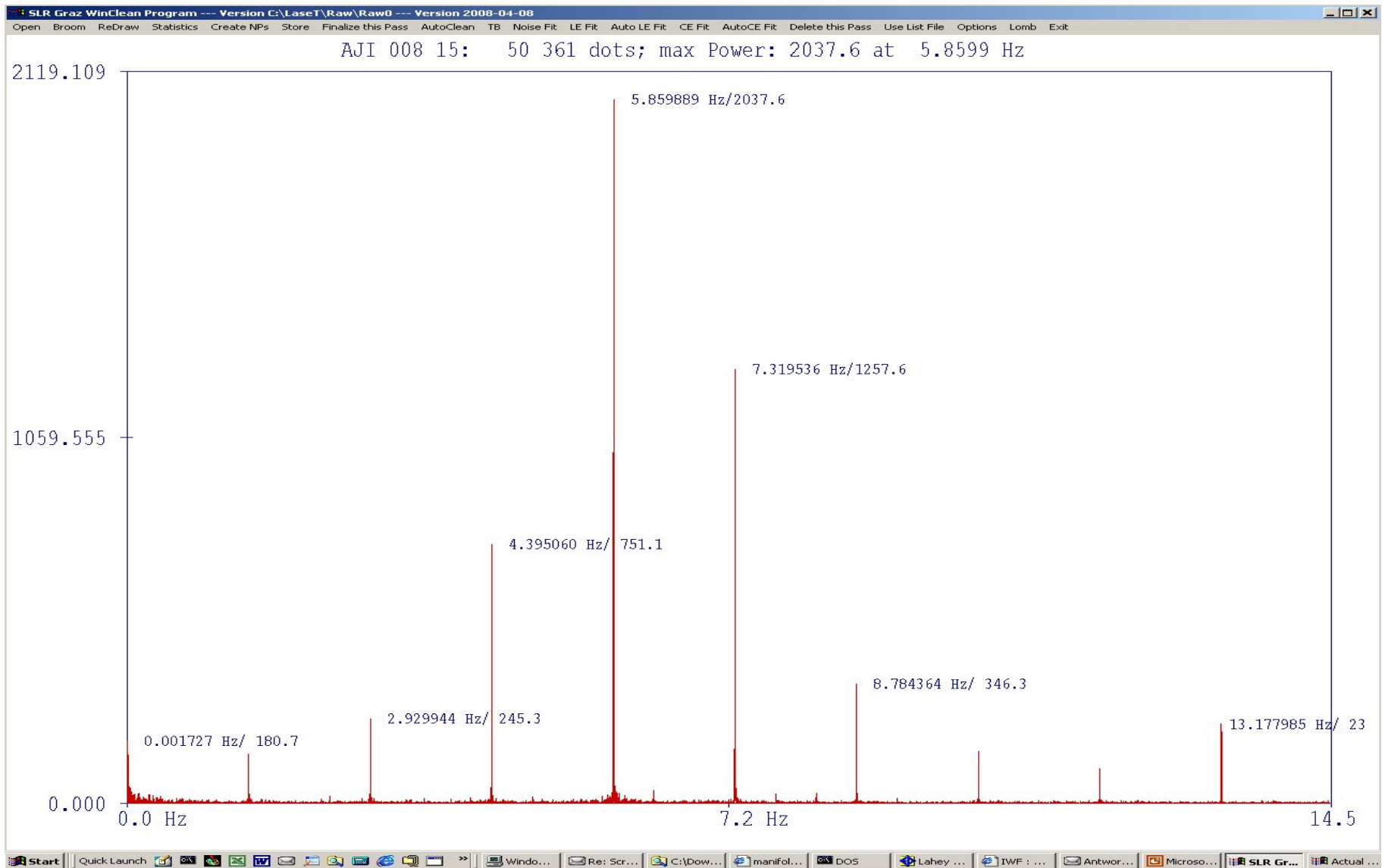
Schladming, 7.10.2009

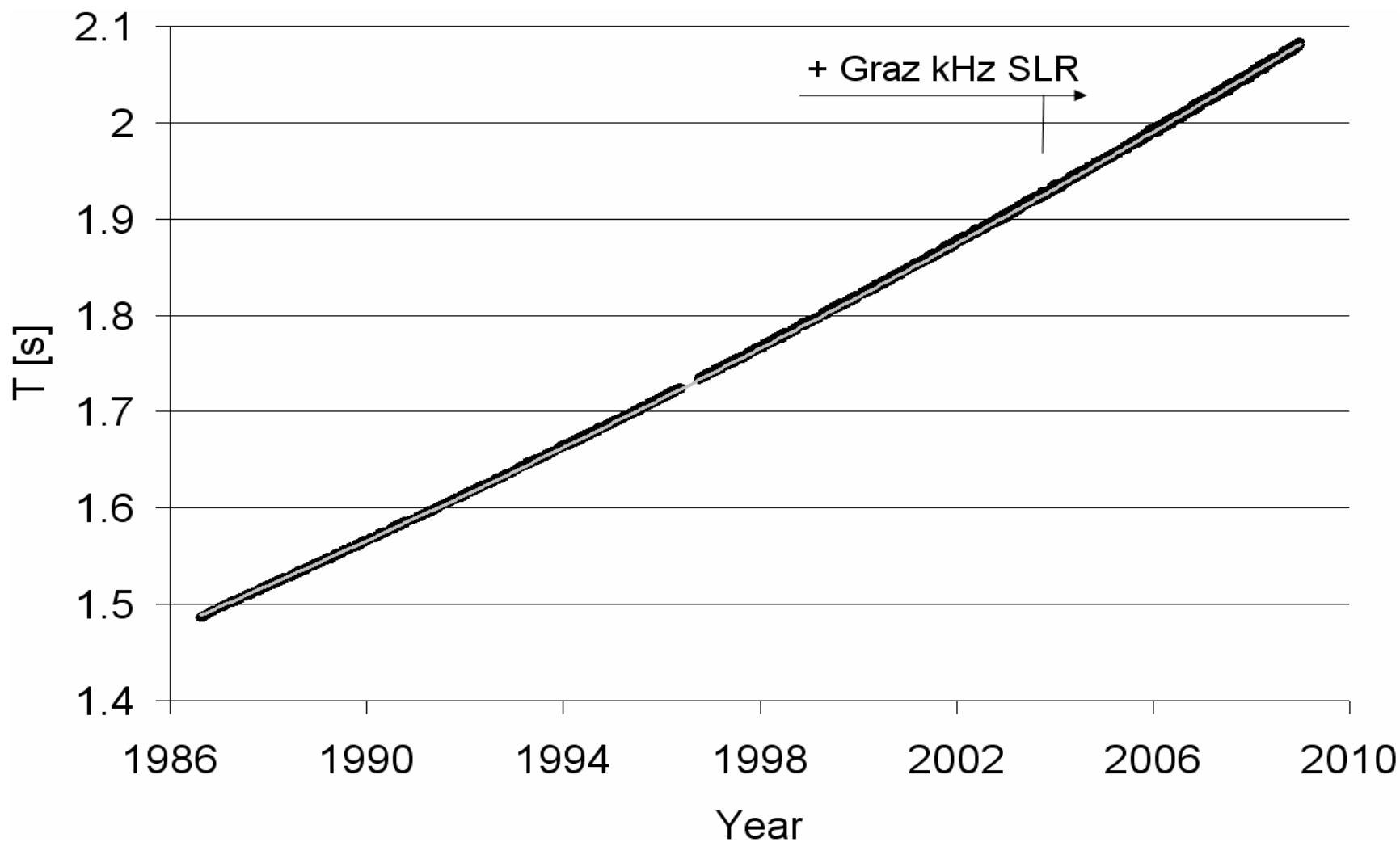
- AJISAI rotiert mit 0.48 Hz (2009)
- Retro-Entfernung variiert !
- @ 10 Hz: Nur größere Streuung
- @ kHz: Retro-Bewegung wird sichtbar





🌍 Periodische Schwingungen ==> Spektralanalyse (Lomb)

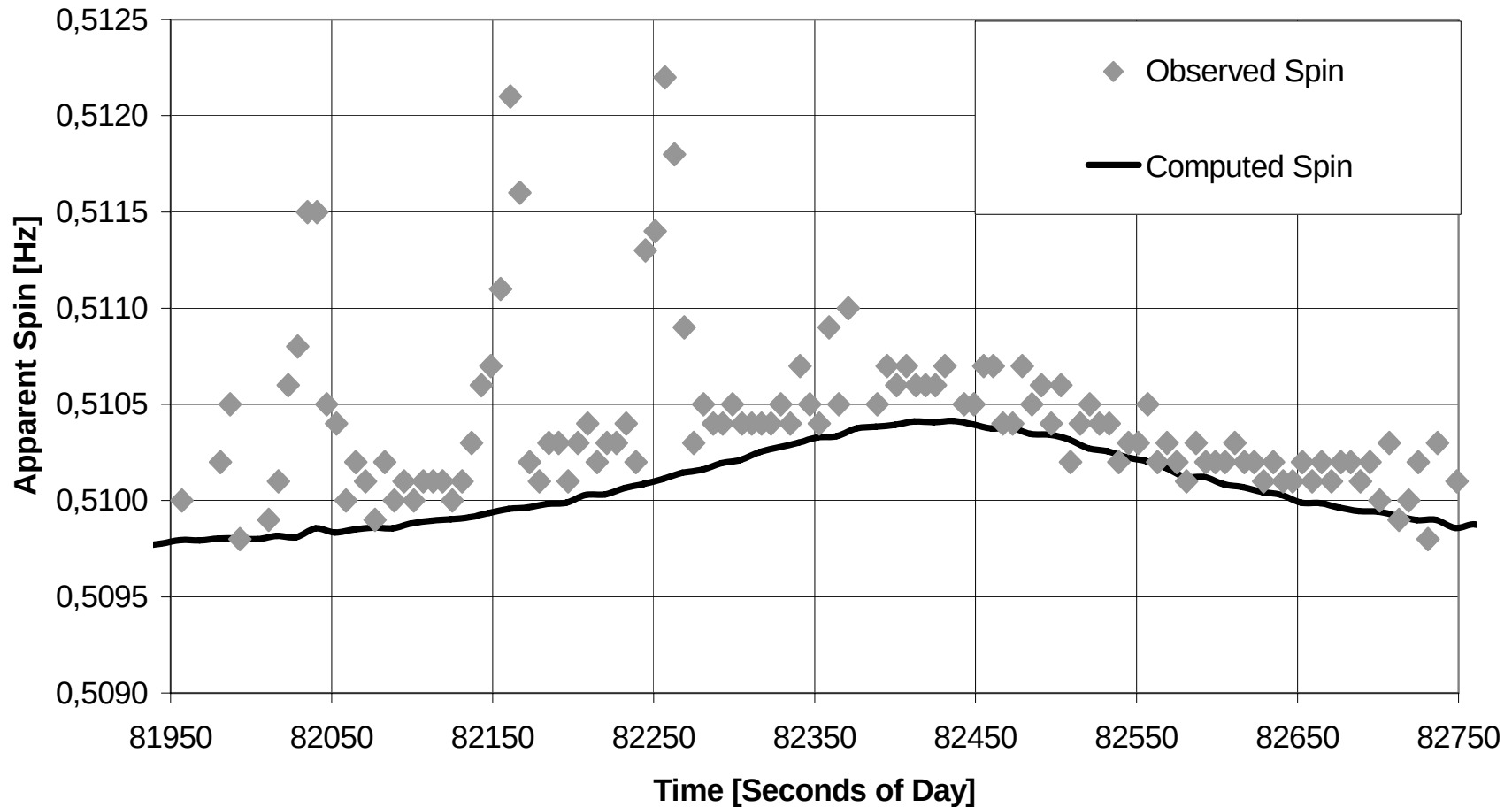




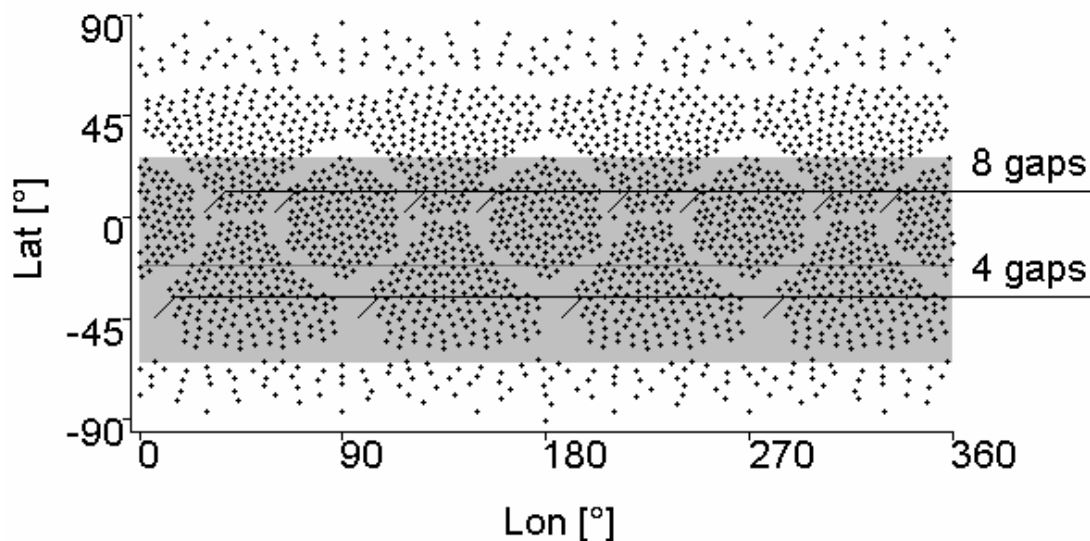
Erreichbare Genauigkeit: $<0.1\%$ (alle SLR Stationen);

$<0.01\%$: Graz kHz SLR Daten

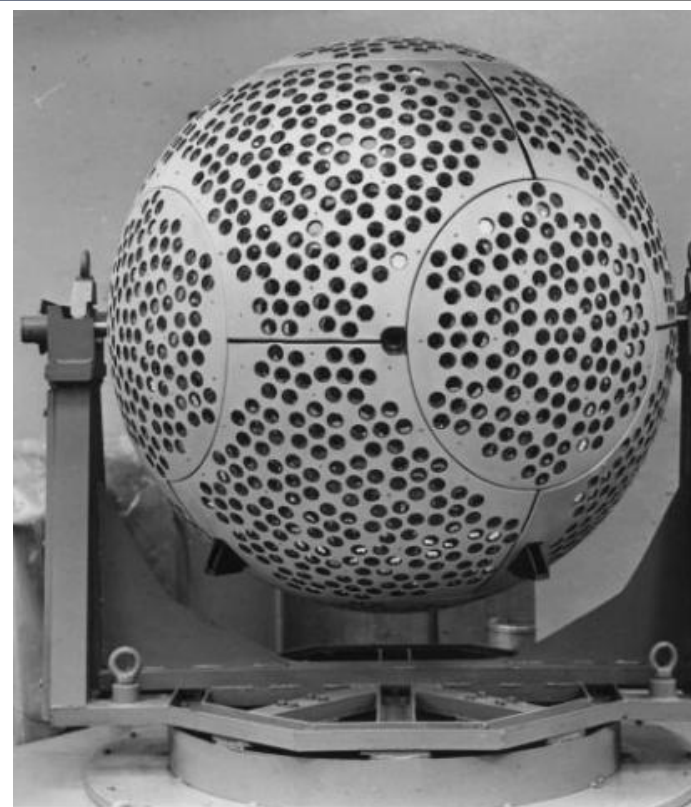
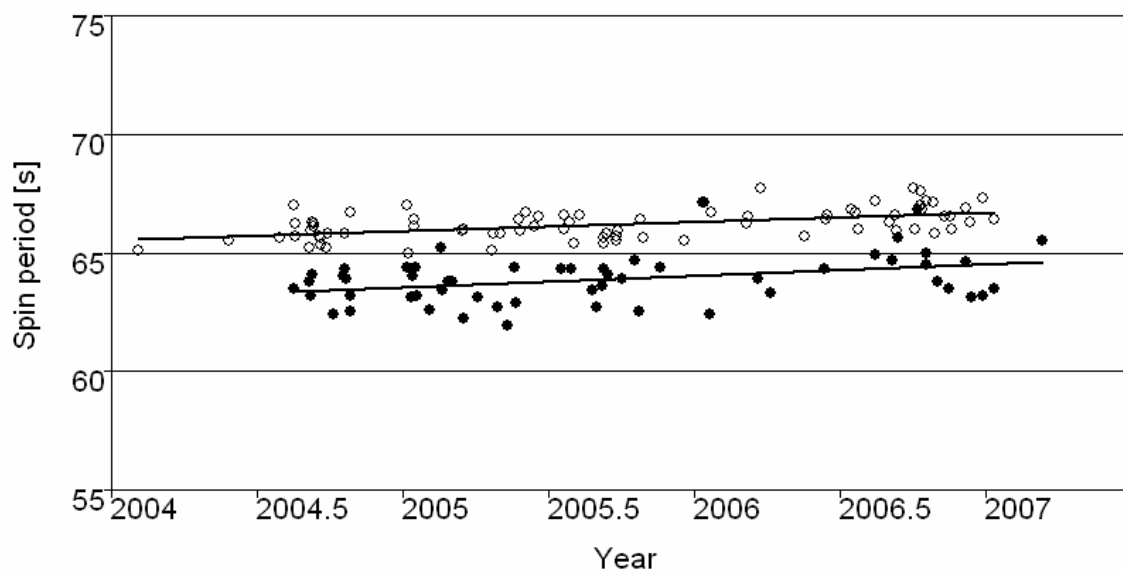
Schladming, 7.10.2009



- ➔ Scheinbarer Spin erhöht bei CA; kHz SLR „sieht“ diese leichte Erhöhung ...
- ➔ Damit Bestimmung der Spin-Richtung => Ajisai Spin: CW (Erde: CCW)



Spin period Etalon 1,2

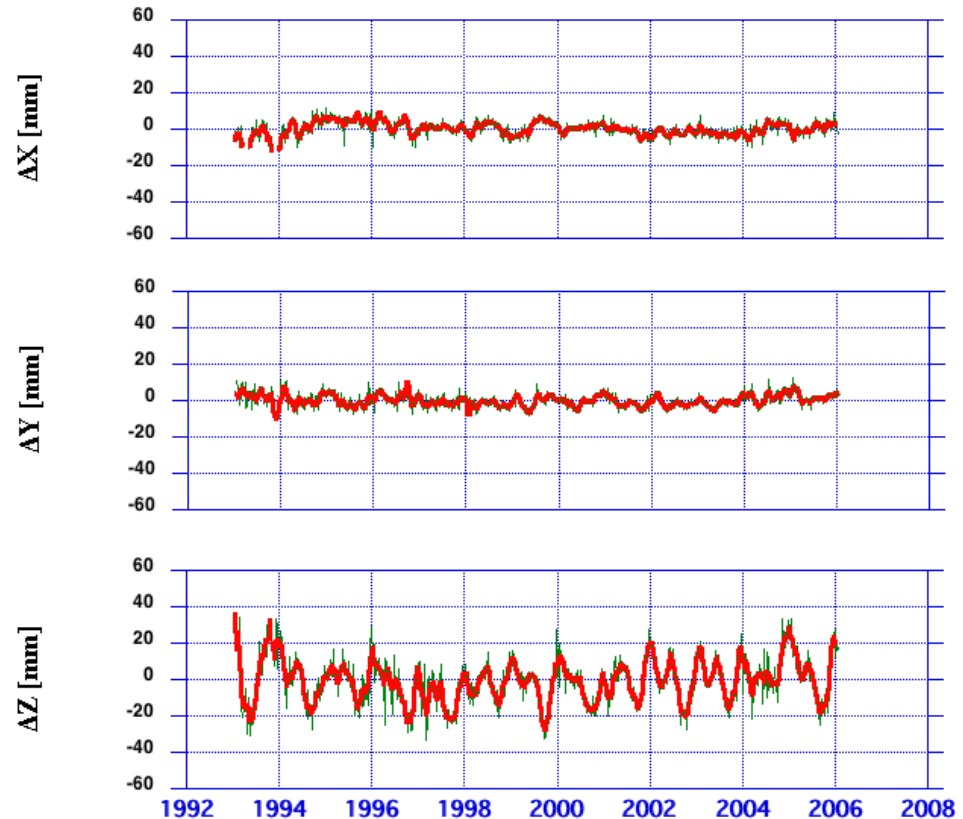


- 1415 kg / 1.3 m
- 2146 Retro-Reflektoren
- GAPS erzeugen Spektrum !

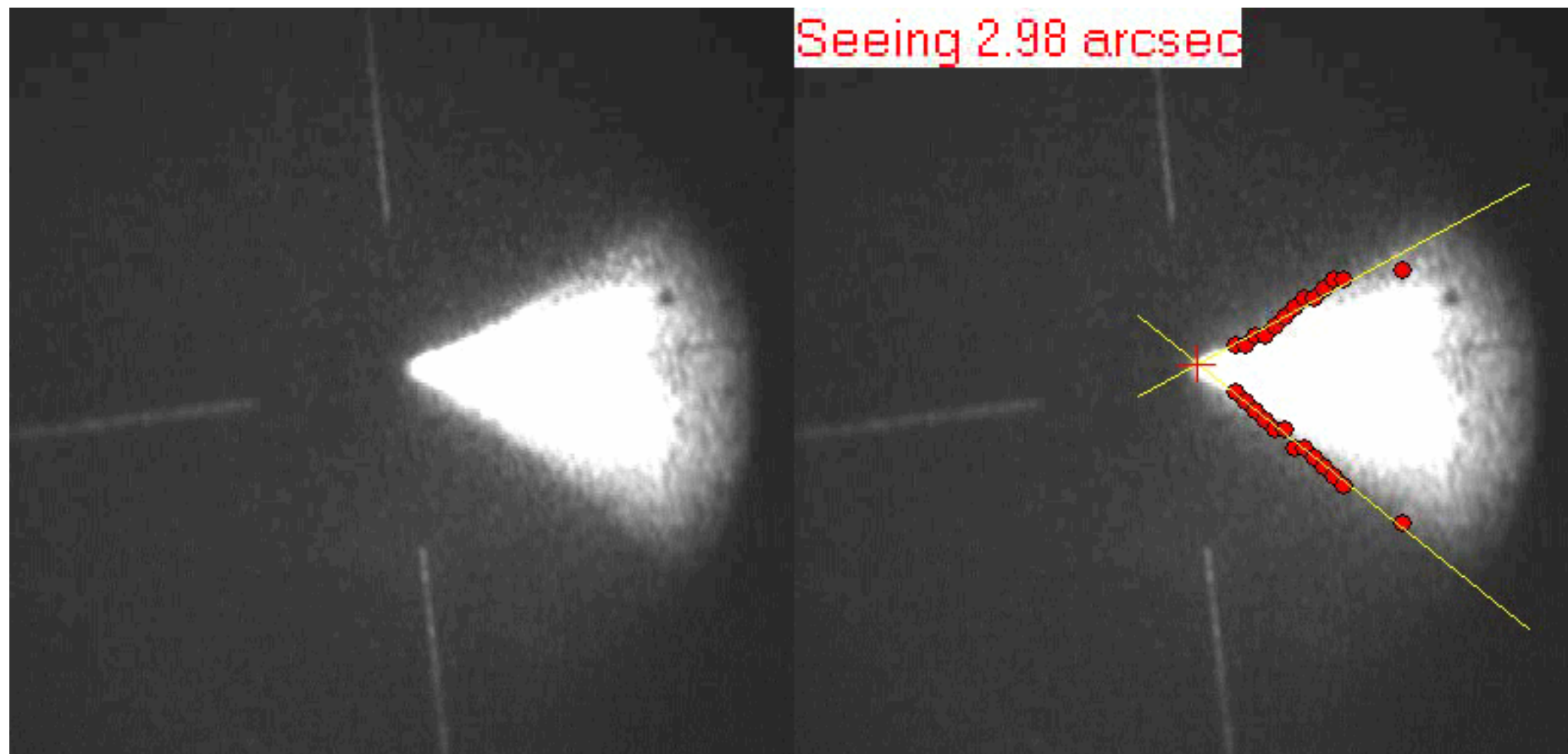
mm-level Geodesy requires understanding of the reference frame and its distortions to acute levels of precision



Earth's center of mass relative to the origin of ITRF2000, projected in the equatorial plane. Large excursions have been correlated with recent El Niño events (1996-97 and 2002-03)

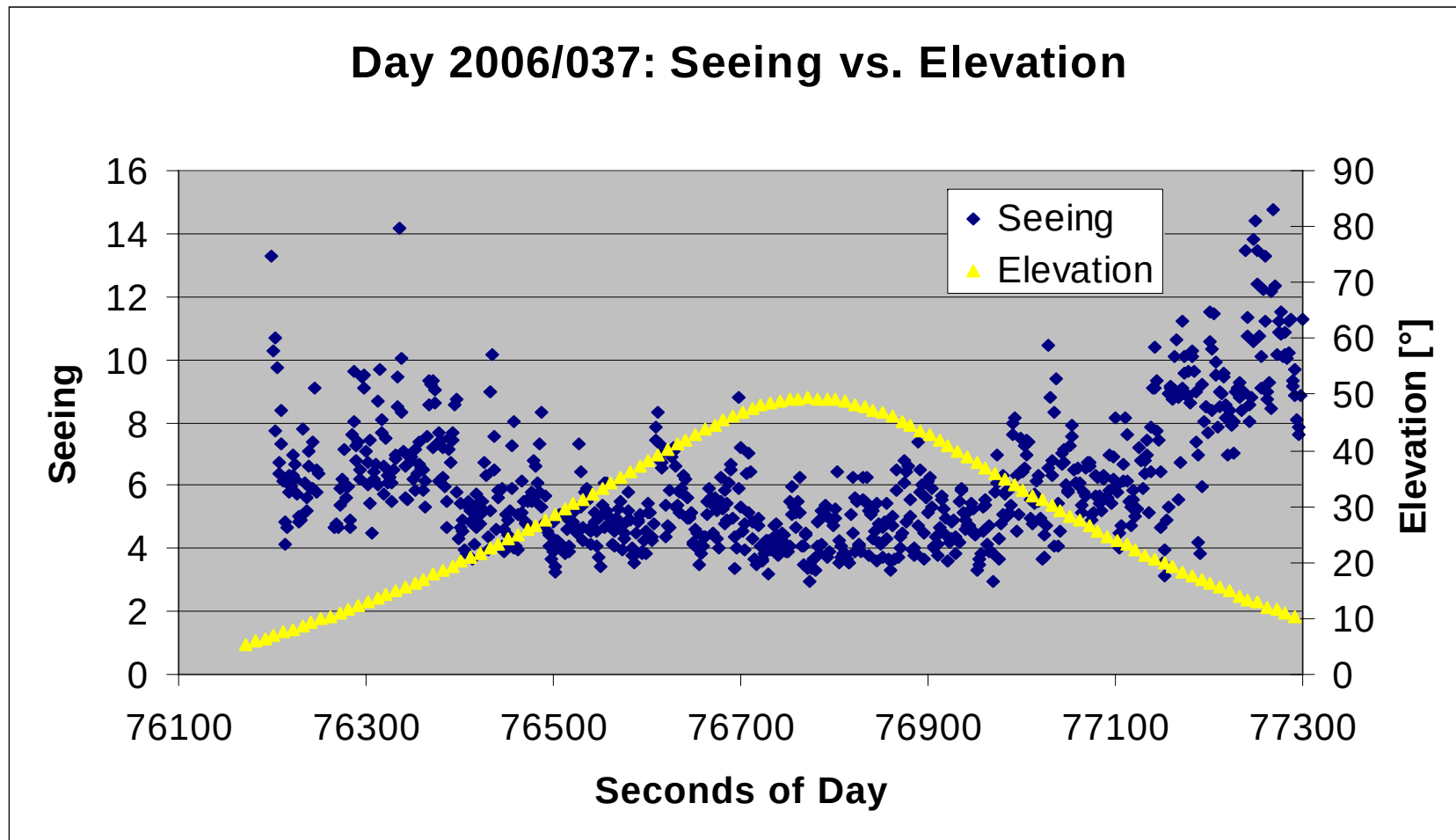


Cartesian coordinate offsets of Earth's center of mass from the origin of ITRF2000 estimated from weekly SLR solutions based on LAGEOS-1 and -2 tracking from the ILRS network

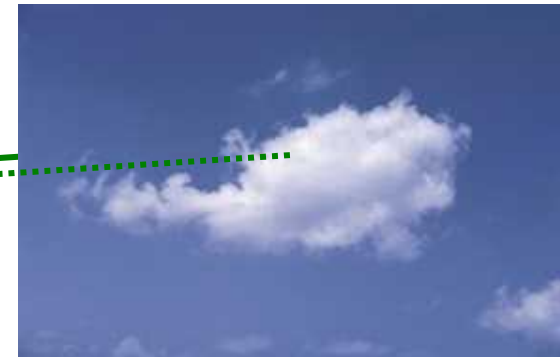
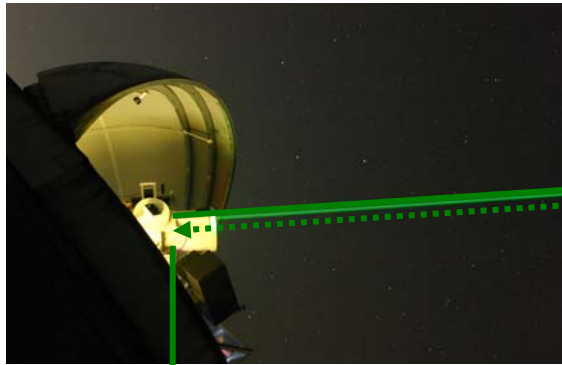


- Blick durch das Empfangsteleskop / Nacht / kHz Laser; Peak wird bestimmt;
- Veränderungen (0.1 - > 50 Hz) durch atmosphärisches Seeing

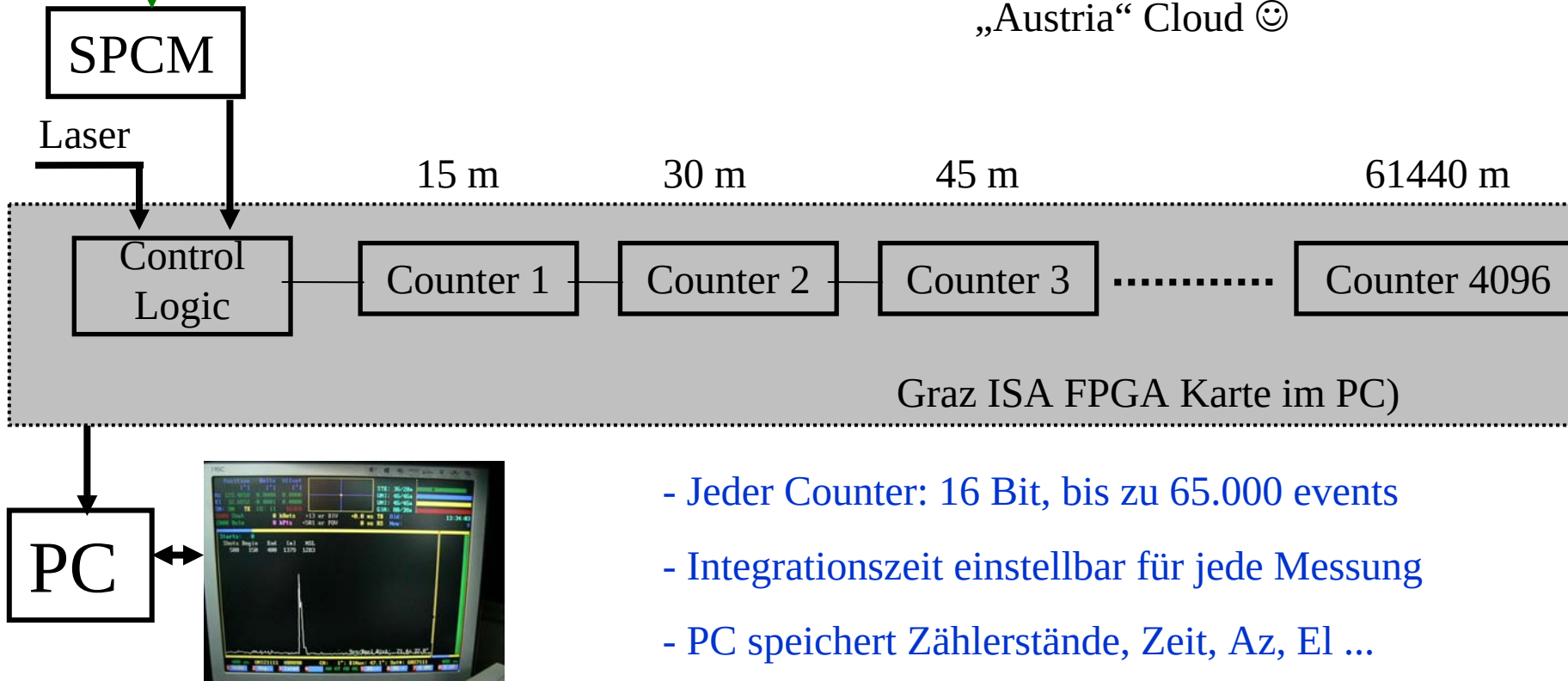
- Laserstrahl wird durch atmosphärische Turbulenzen abgelenkt;
- Backscatter mit CCD-Kamera erfasst; im PC aufgezeichnet:
 - Im PC wird Position der Spitze des Laserstrahls bestimmt
 - Diese bewegt sich im „Seeing“ - Bereich
 - Daraus lassen sich die Seeing – Werte berechnen
- „Seeing“ wird beeinflusst durch:
 - Atmosphäre: Besser wenn ruhig; schlechter z.B. bei Föhn ...
 - Bewegung des Teleskops: Besser wenn geringe Geschwindigkeit
 - Elevation: Schlechteres Seeing bei niedrigeren Elevationen
 - Wärmeabstrahlung des Observatoriums, Parkplatz etc.



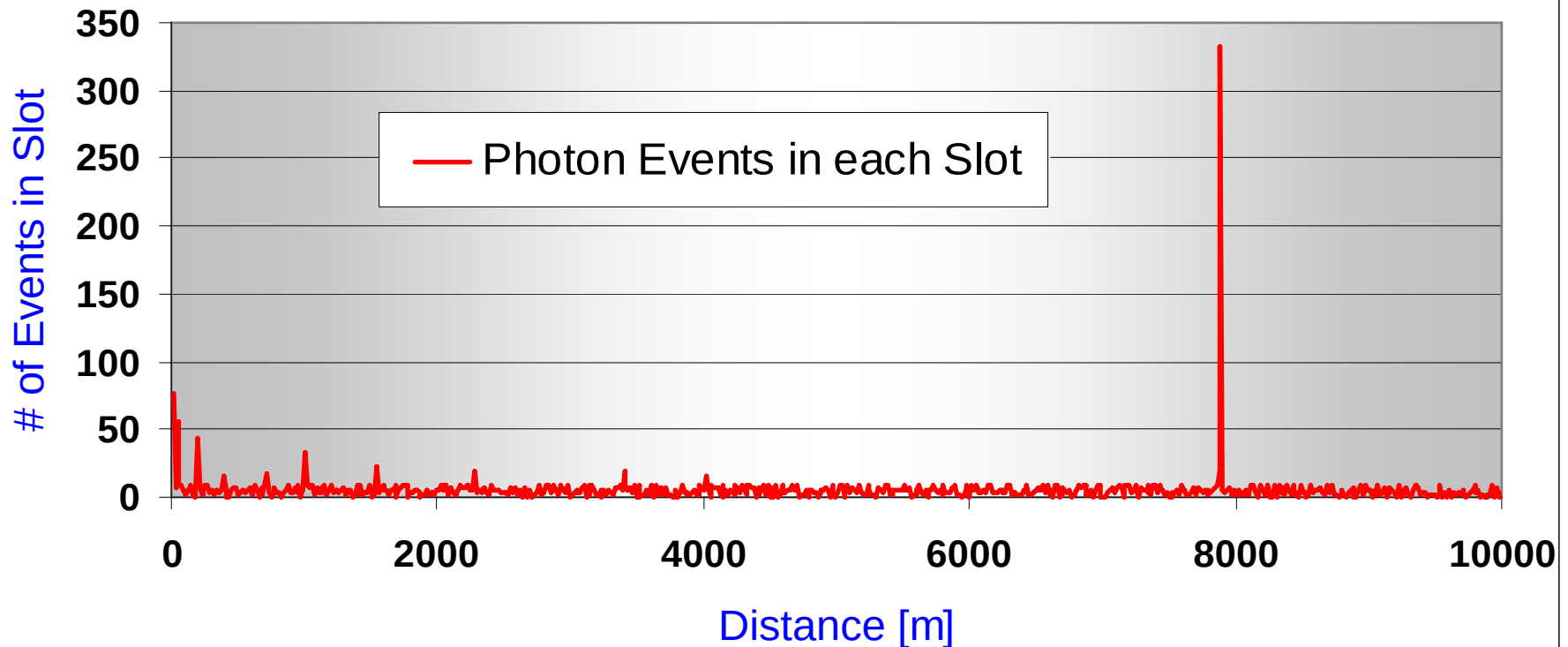
🌍 Selbst bei 50° Elevation: Seeing ≈ 5 arcsec (leider schlecht durch Stadtnähe)



„Austria“ Cloud ☺

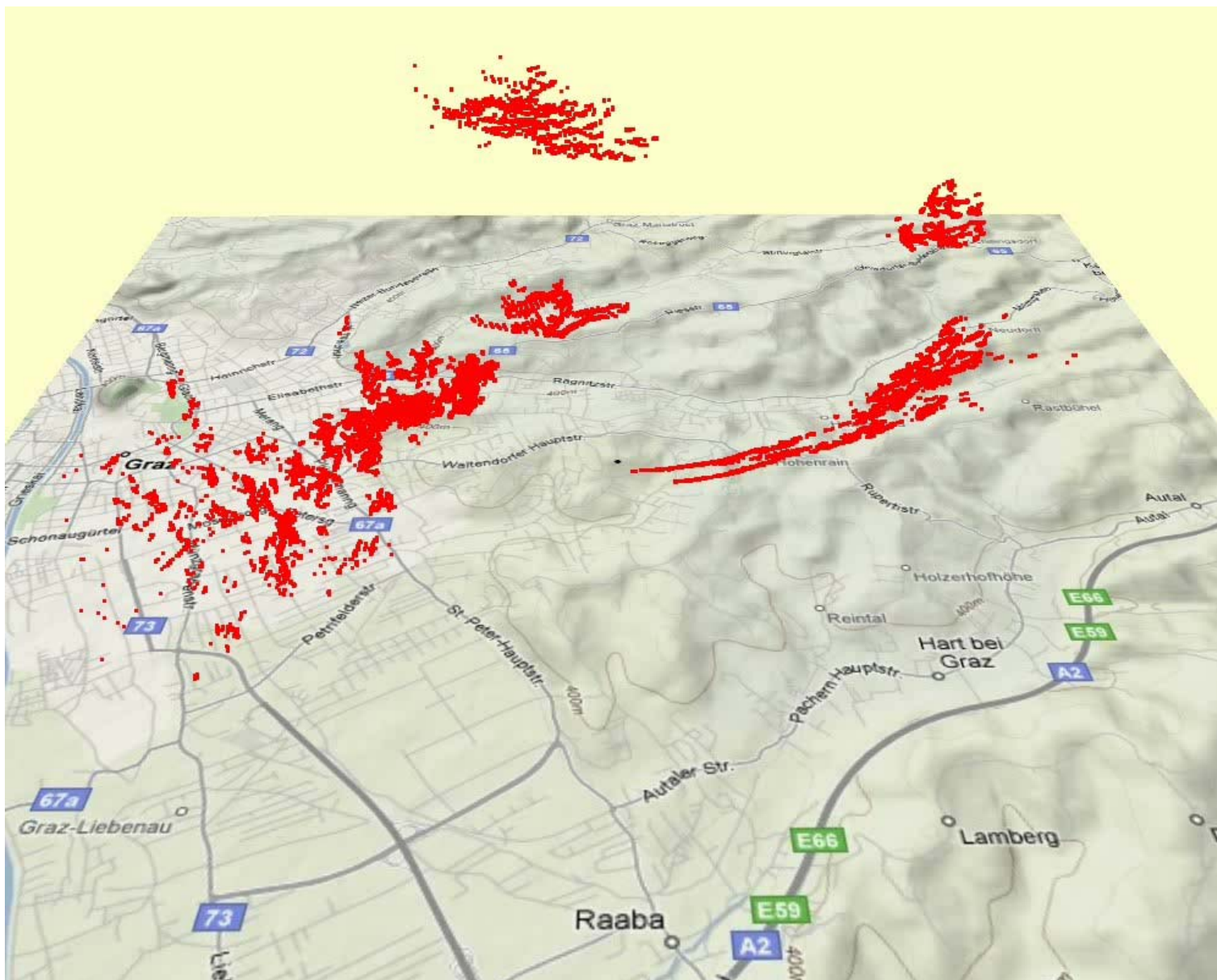


kHz LIDAR: 400 Shots; Cloud in < 8 km



Im SPCM / FPGA: Reflektionen sichtbar; hier in einem Abstand von 7890 m:
In diesem 15-m slot „sehen“ 335 von 400 shots die Wolke in vollem Tageslicht

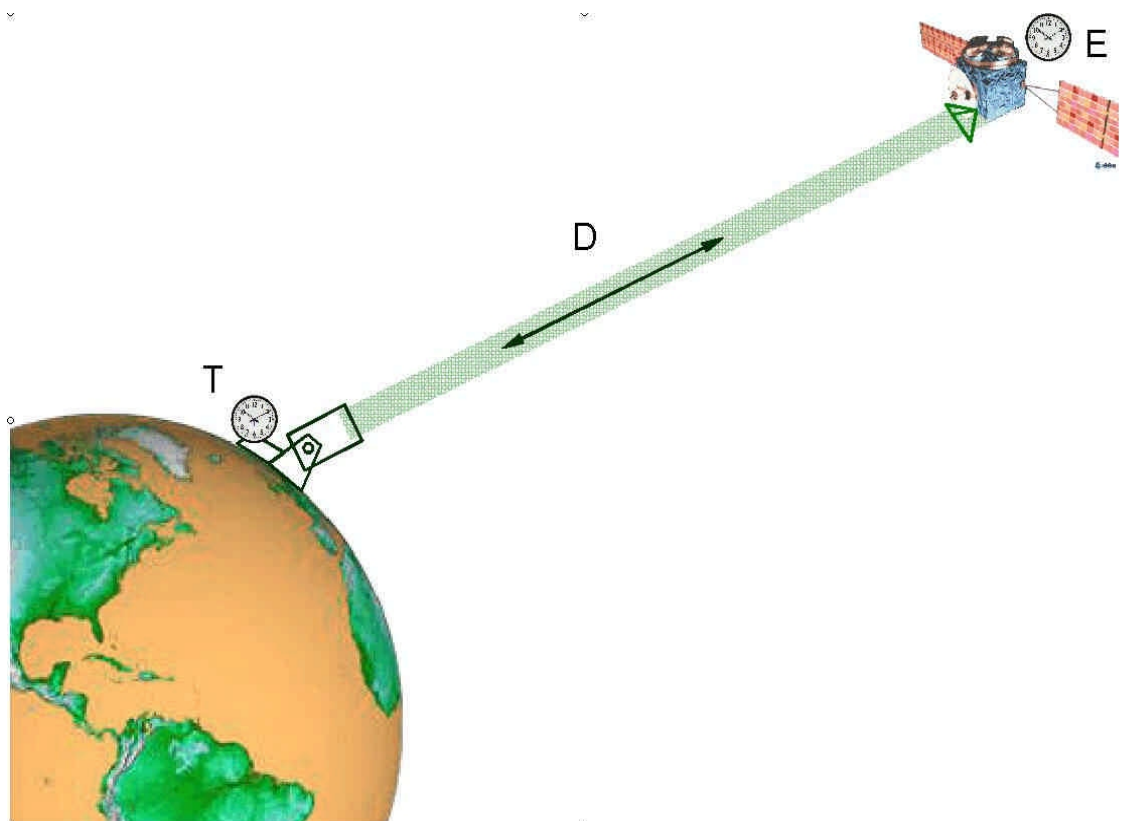
2 kHz Lidar Scan: Wolkig rund um Graz SLR ...



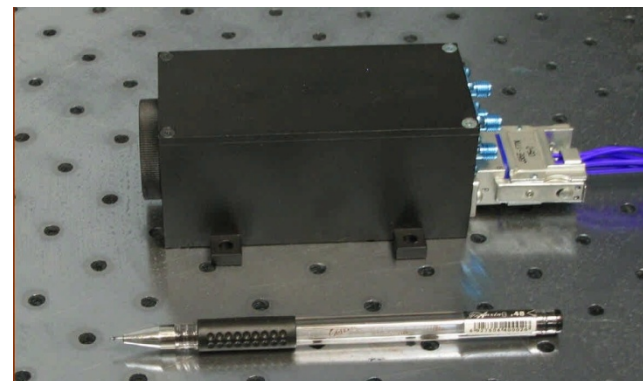
Beiträge zur Atmosphären-Überwachung im Grazer Becken:

- kHz SLR LIDAR: Tag und Nacht – automatisch und parallel zu SLR
- Ergebnis: Datensätze: 3-D-Koordinaten, mit 15 m Auflösung) von:
 - Wolken, Schichten, Inversionen, Cirrus Wolken etc.
 - Flugzeug-Kondensstreifen; evtl. Bestimmung von Höhenwinden
 - Korrelation zwischen SLR Return Rate und atmosphär. Backscatter
 - ???
- Durch zusätzliche Scans (außerhalb SLR) messbar:
 - Ausmaße und Entwicklung von Cumulo-Nimbus Wolken
 - Wolkenhöhen, Top Levels von CBs etc. etc.

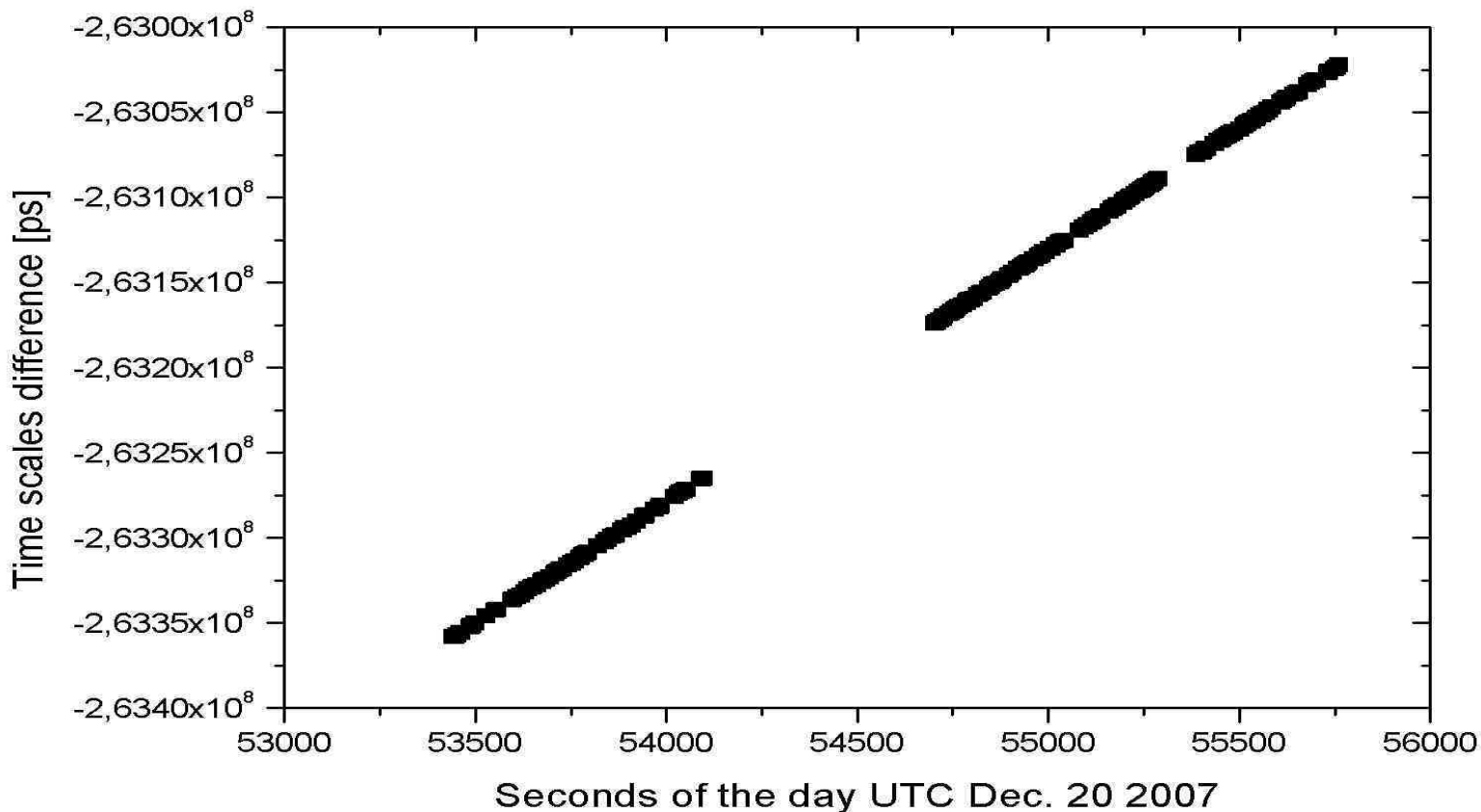
- SLR Station: Zeichnet Sendezeit des Laserpulses auf (in STATIONSZEIT: Rubidium-Uhr)
- Satellit: Detektiert Laserpuls, zeichnet Empfangszeit auf (in SAT-Zeit: Hydrogen Maser)
- Daten werden zur Bodenstation übertragen; in der SLR-Station werden Zeiten verglichen

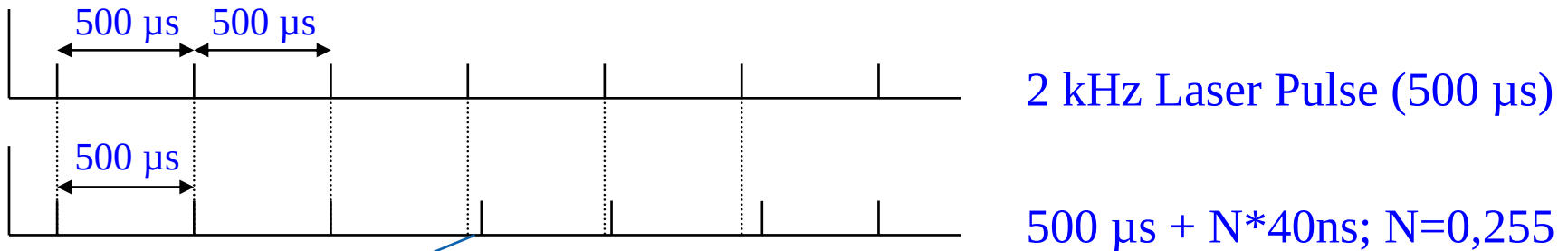


- Satellit: Compass - M1
- SLR Station: Changchun
- Detektor: SPAD (unten)



- 🌍 Ergebnis: Changchun SLR zu Compass-M1: > 100 Messungen innerhalb 2300 secs
- 🌍 Zeitskalen Satellit - SLR Station: Driften mit ≈ 560 ps / Stunde





500 μ s + N*40ns; N=148 $\Rightarrow$ „Ö“ Beispiel: ASCII Coding ...

500 μ s + N*40ns; N=071 $\Rightarrow$ „G“

500 μ s + N*40ns; N=084 $\Rightarrow$ „T“

Vorteile, am Beispiel CHAMP:

$\Rightarrow$ Derzeit: 119 bytes/s für Software Upload (Micro Wave Channel)

$\Rightarrow$ Mit SLR / PPM: Theoretisch bis 2000 bytes/s (Graz); erweiterbar (30 kHz SLR ?)

$\Rightarrow$ Weltweites SLR-Netz vorhanden / verwendbar;

$\Rightarrow$ Simultan mit SLR durchführbar; in Graz derzeit in Erprobung ...

