

Akkumulationsbestimmung mit Hilfe eines flugzeuggetragenen KU-Band-Radaraltimetersystems

Rundtisch-Gespräch Georadar

RTG8 – 2009, Freiberg



Veit Helm

Glaziologie/ Alfred-Wegener Institut

Motivation: CryoSat2 und ASIRAS



Radaraltimeter – Was ist das?



SAR Prozessierung



Akkumulationsbestimmung

Trockenschneezone

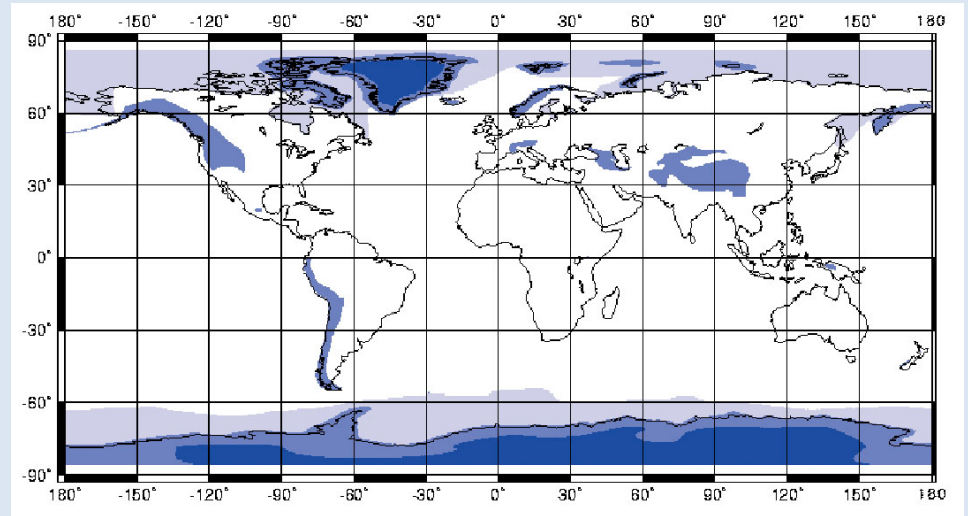
Perkolationszone



Auflösung (2 km x 250 m) durch SAR-Prozessierung (Wingham, 2006)



Bildquelle: <http://www.esa.int/SPECIALS/CryoSat>



Ziele:

- Erweiterung bestehender Höhenmodelle innerhalb der Zentralantarktis
- Verbesserung der Genauigkeit in Bereichen starker Topographie
- Erfassung jahreszeitlicher Unterschiede der Radarsignatur (z.B. Rückstreuung, Eindringtiefe, Firnverdichtung)
- Erhöhung der Genauigkeit der Massenänderungen (-raten)
- Meereisdickenbestimmung

Ziele von CryoVEx (CryoSat Validierungs-Experiment):

Kalibrierung und Validierung von CyoSAt durch den Vergleich von gleichzeitig erhobenen Boden und Flugzeugmessungen

Bodenmessungen:

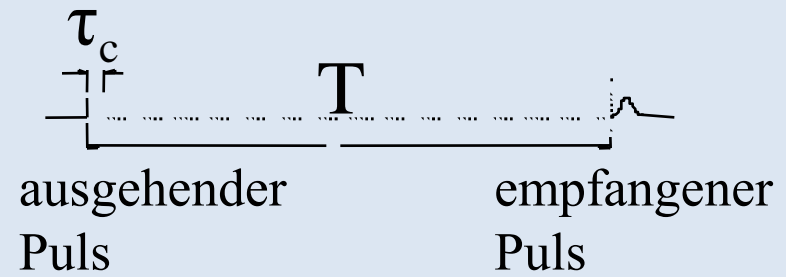
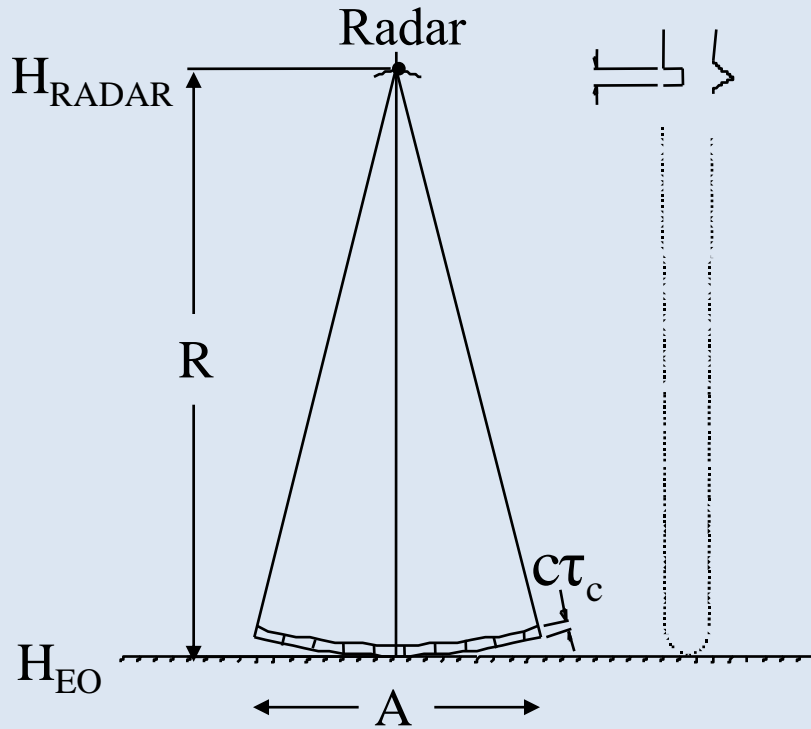
- Schneestratigraphie (oberen 2m)
- Dichteprofile
- Firnkerne (~10 m)
- Oberflächentopographie
- Bodenradar (Dunse, 2008)

Flugzeugmessungen:

- Radaraltimeter – ASIRAS
(Airborne Sar Interferometric Radar Altimeter System)



Altimeterprinzip



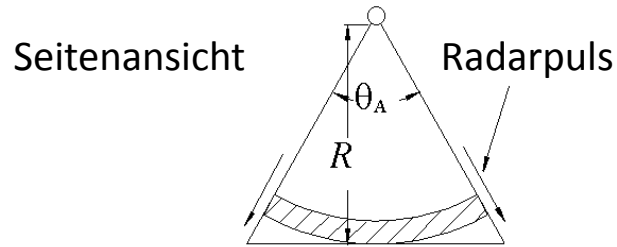
• Entfernung (R):

$$R = cT/2$$

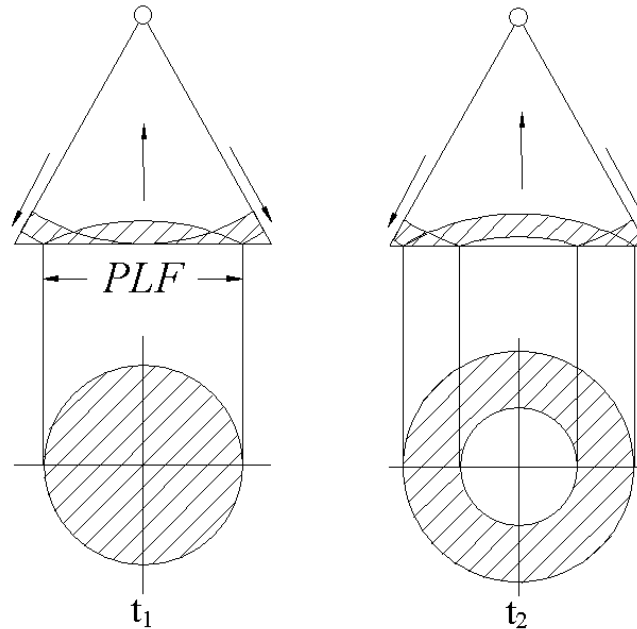
• Oberflächenhöhe (H_{EO}):

$$H_{\text{EO}} = H_{\text{Radar}} - R$$

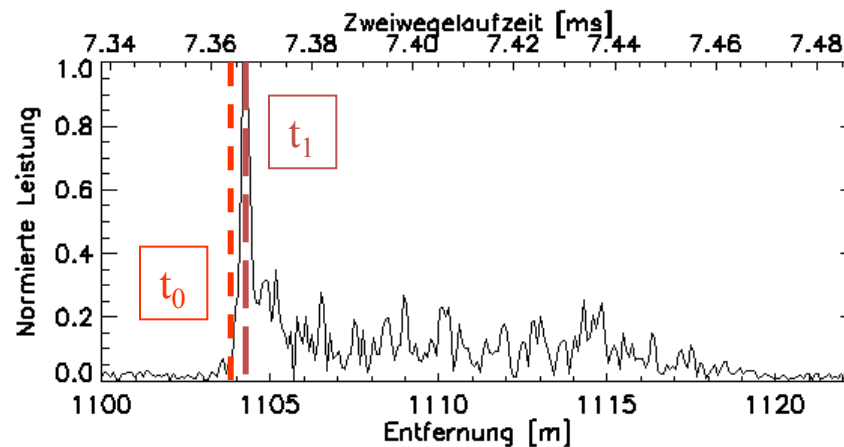
Altimeterprinzip



Beleuchtungsfläche
(Footprint)



empfangenes Radarecho



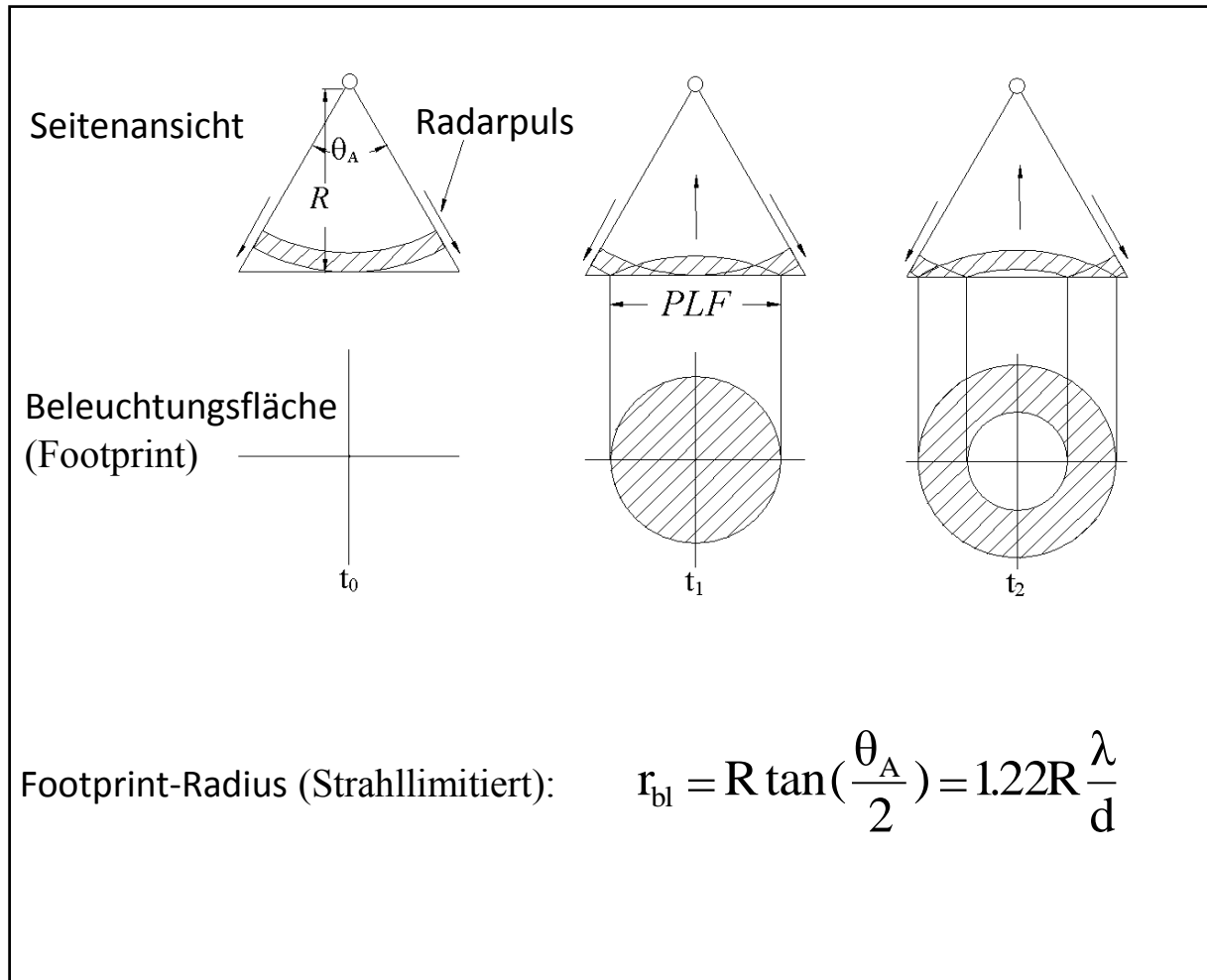
Ansteigende Flanke:

- Oberflächestreuung
- Rauigkeit

Abfallende Flanke:

- Volumenstreuung
- interne Schichtung

Altimeterprinzip



θ_a – Antennenöffnungswinkel
 λ – Wellenlänge
 d - Antennenlänge

Typischer Footprint für Satellitenaltimeter ($R = 717$ km, $\theta_a = 1.1^\circ$):

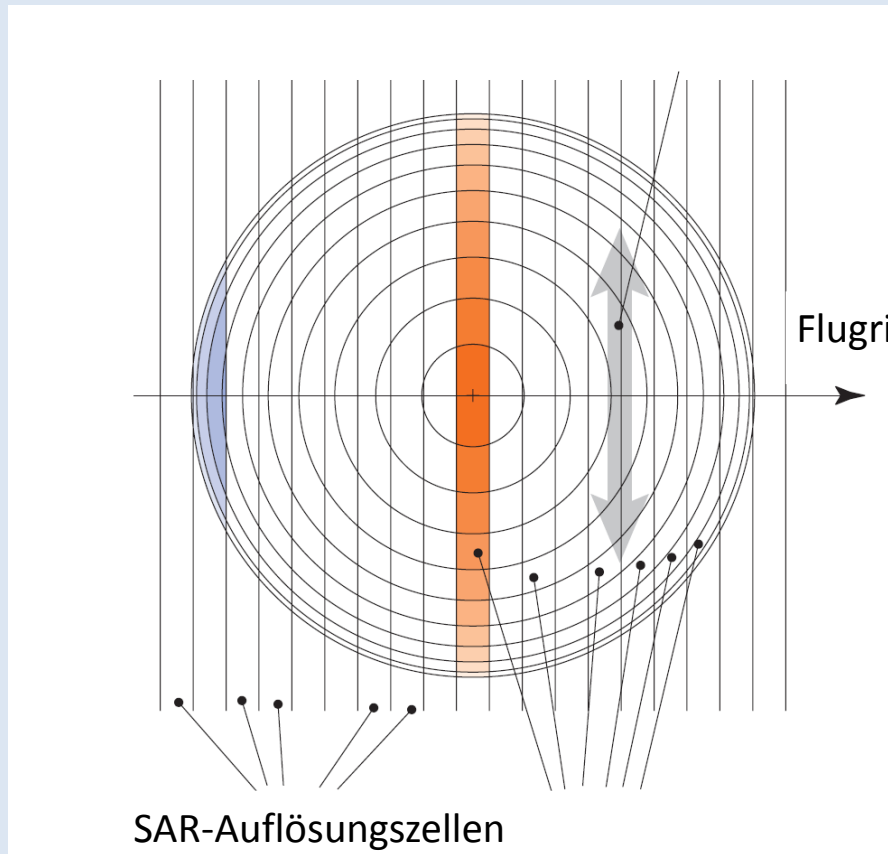
$r_{bl} = 6.9$ km

Wie kann die Beleuchtungsfläche verringert werden?

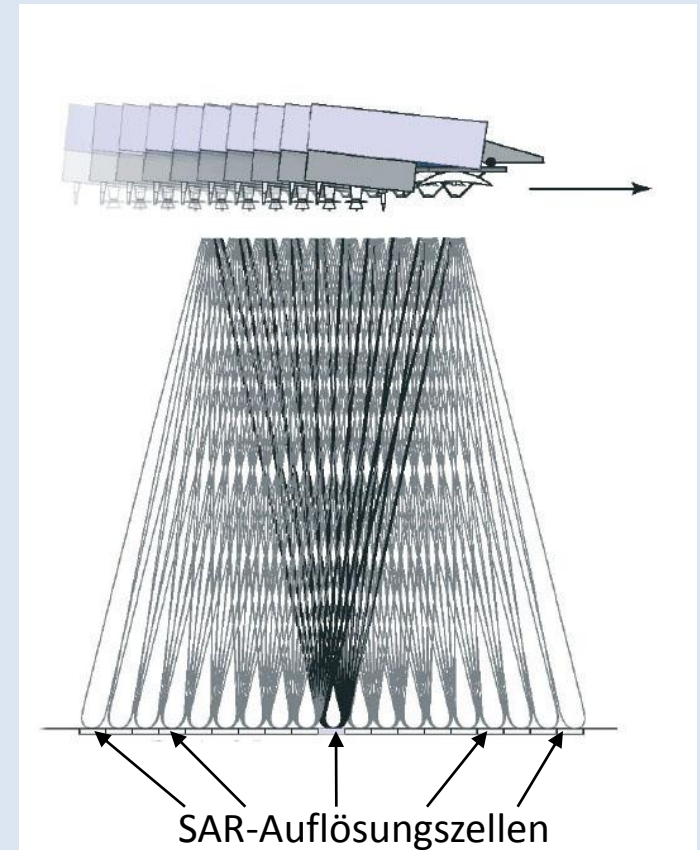
Durch eine sehr lange Antenne!

$$r_{bl} = 1.22R \frac{\lambda}{d}$$

in Flugrichtung: SAR – Prozessierung (Synthetic Aperture Radar)

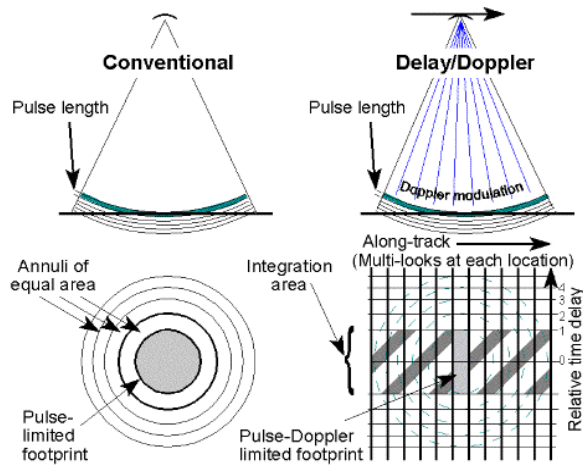


Bildquelle: R. Cullen (ESA)

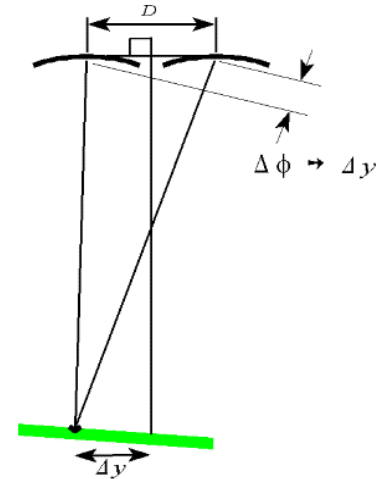


Bildquelle: R. Cullen (ESA)

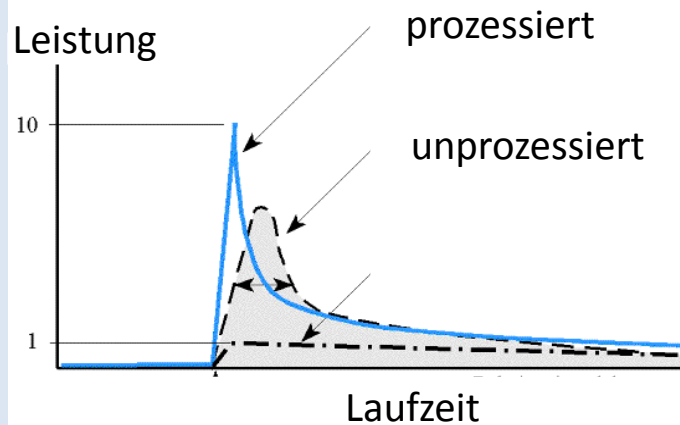
in Flugrichtung: SAR-Prozessierung



quer zur Flugrichtung: interferom. Prozessierung



Radarecho

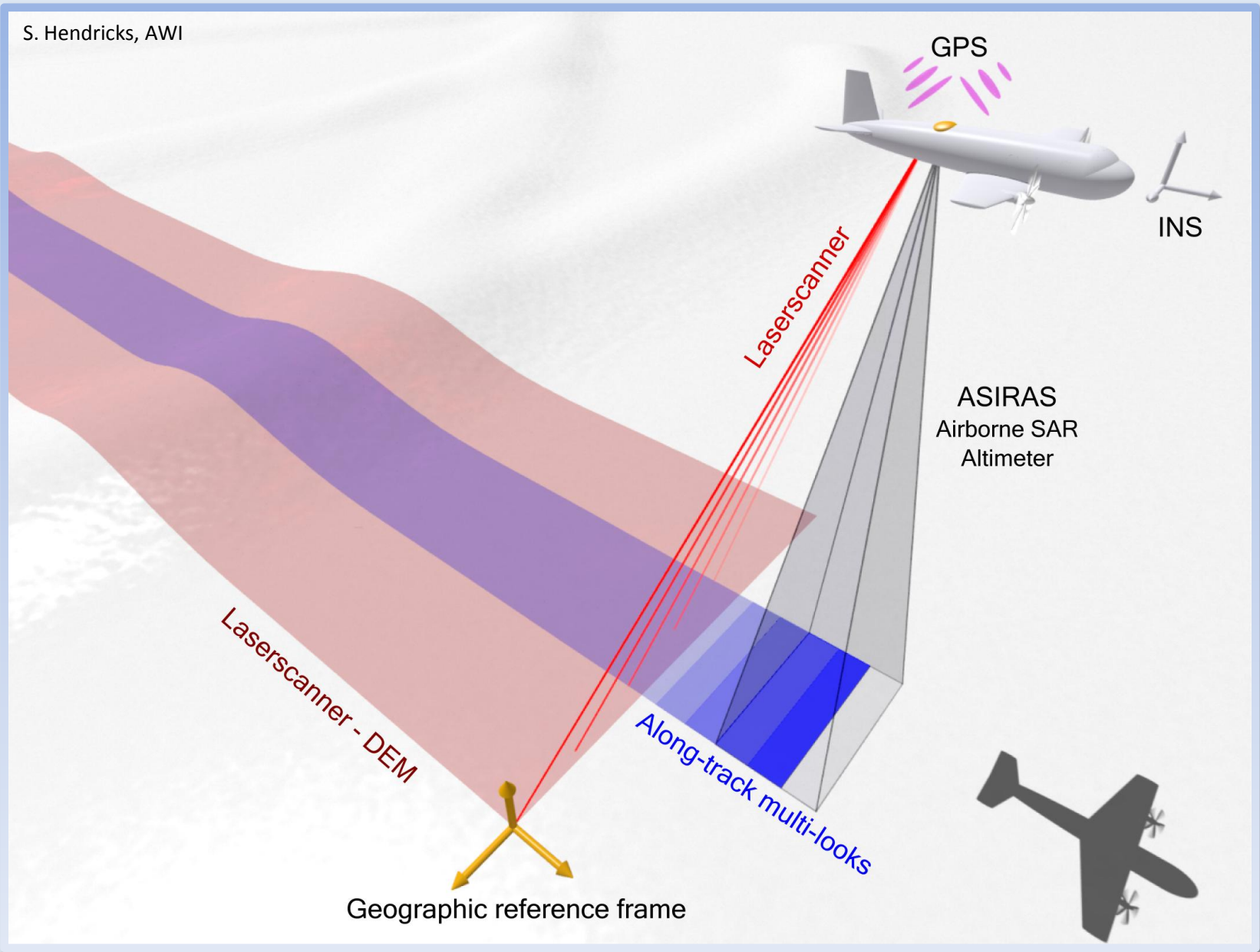


Vorteile der InSAR Prozessierung:

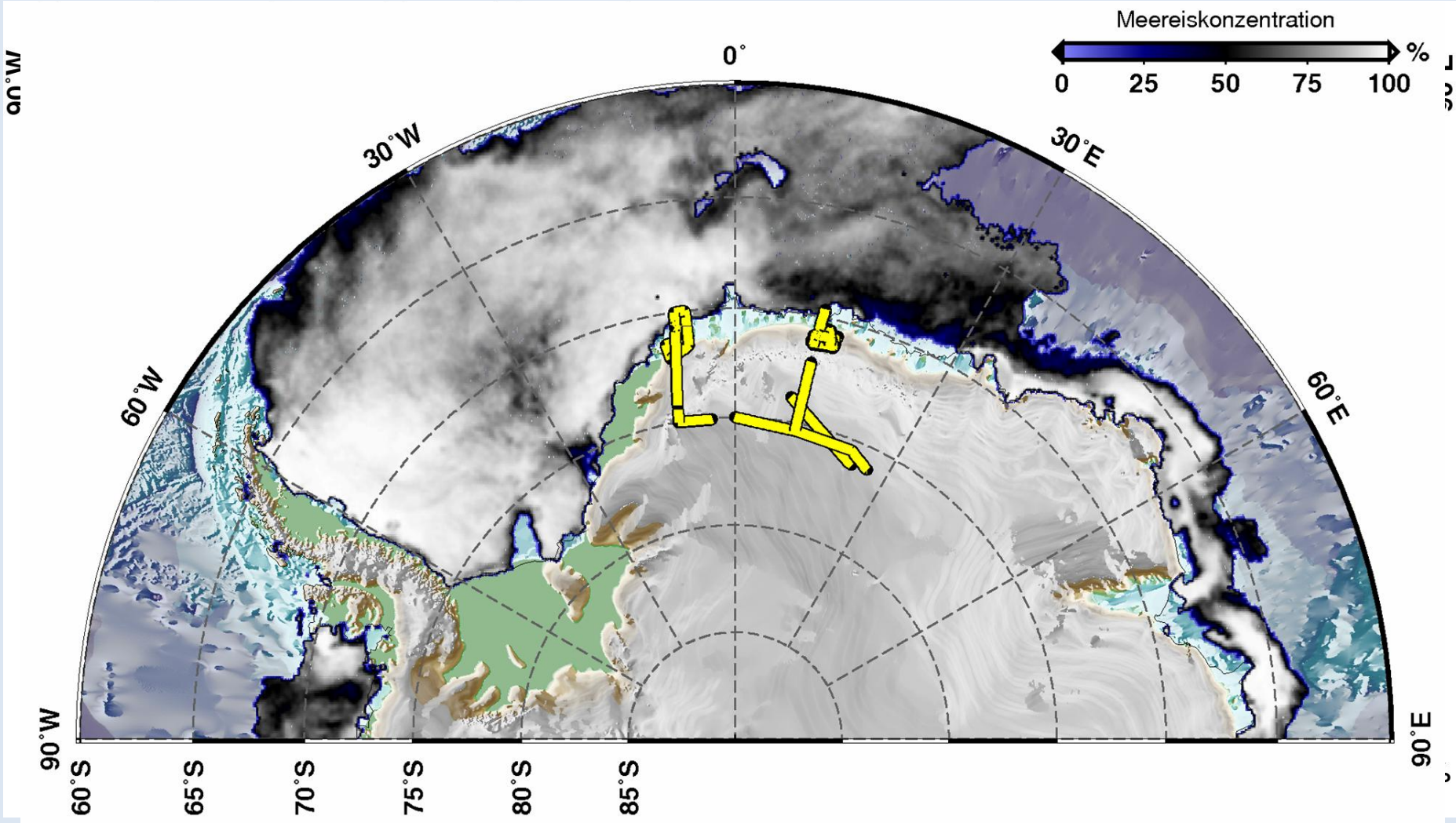
- hohe Auflösung in Flugrichtung
- besseres Signal-Rausch-Verhältnis durch Stapelung
- Mehrdeutigkeitsproblem geneigter Oberflächen durch interferometrische Bearbeitung gelöst

Instrumentierung

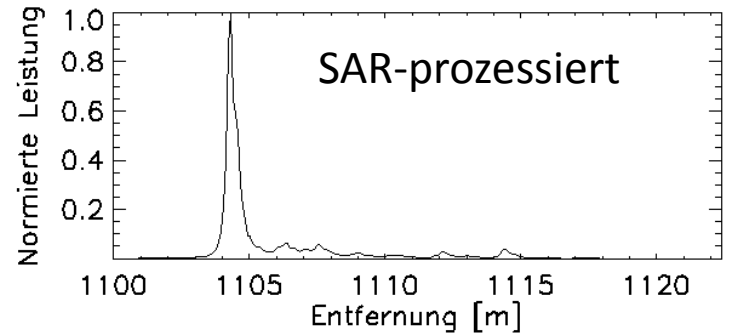
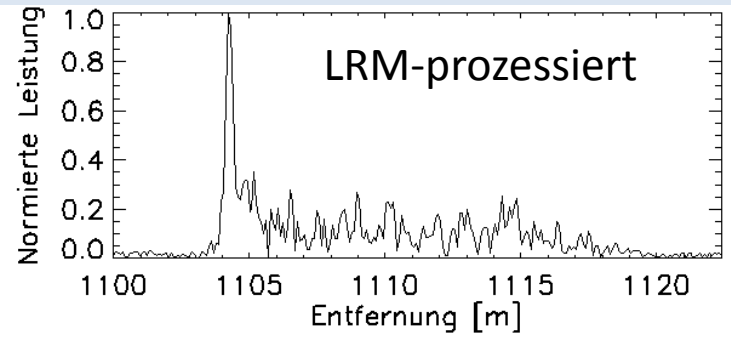
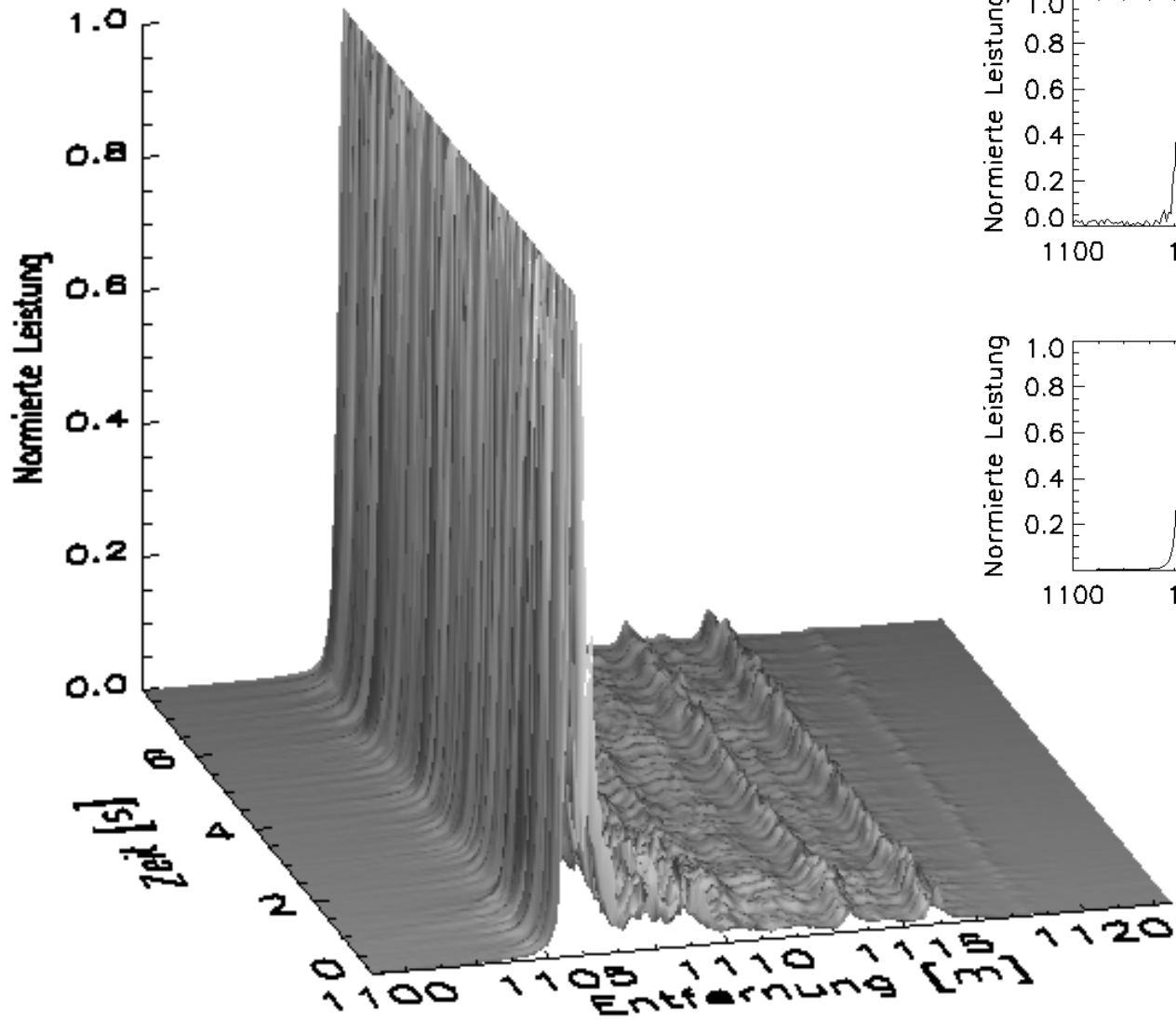
S. Hendricks, AWI



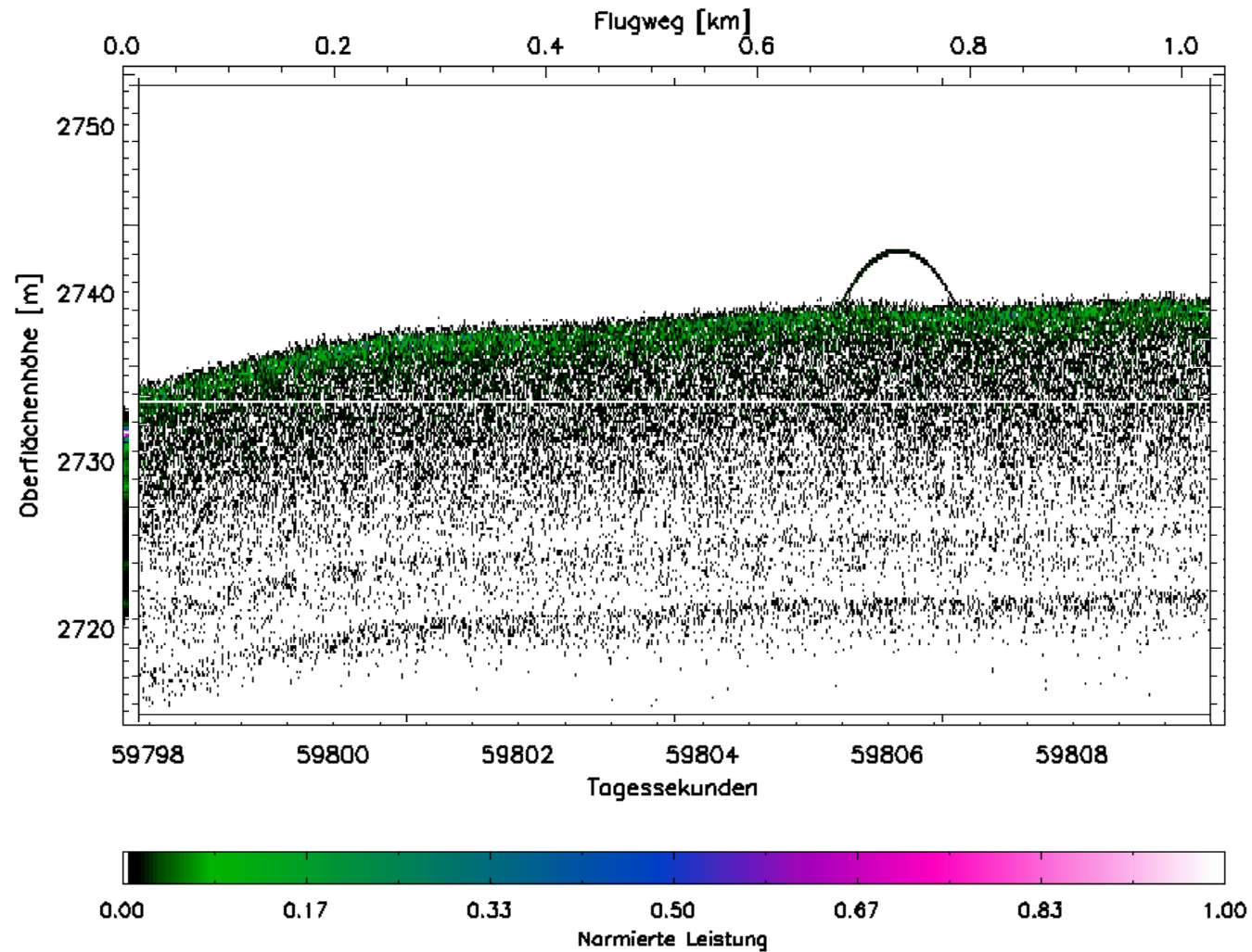
Flugkampagnen von 2004 bis 2009



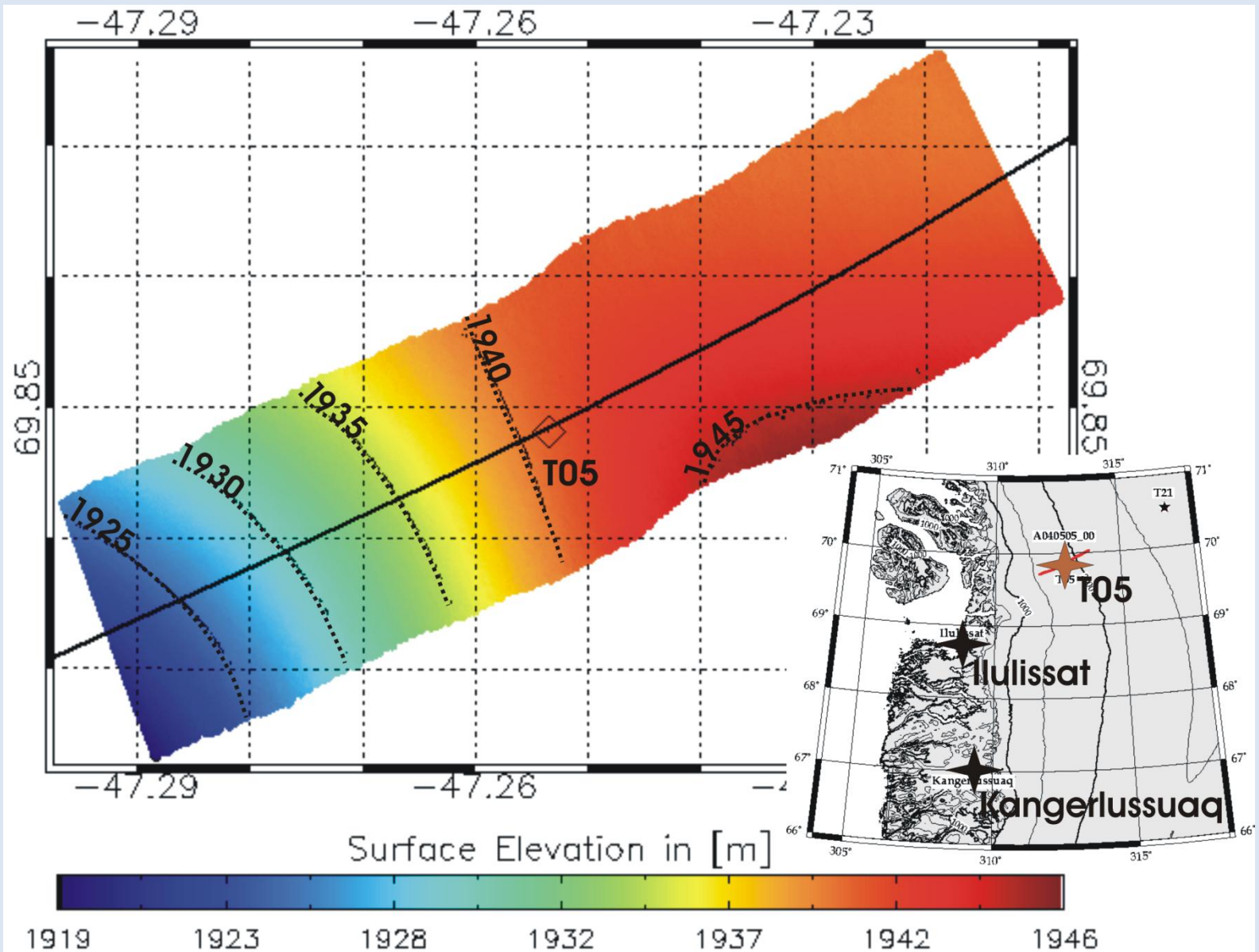
SAR vs. LRM prozessierte ASIRAS-Echos



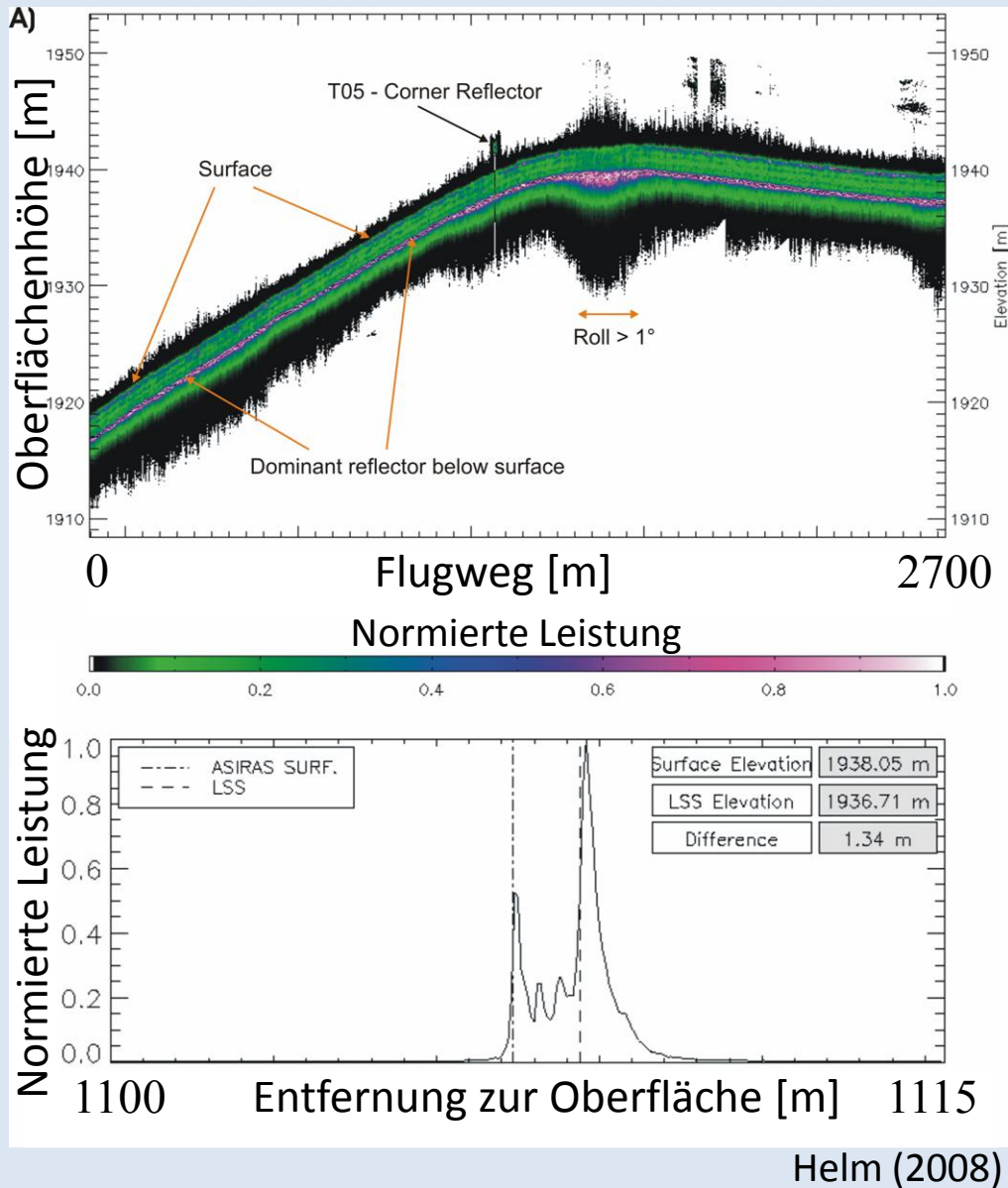
Interne Schichtung in der Trockenschneezone Grönlands



Winterakkumulationsrate in der Perkolationszone Grönlands

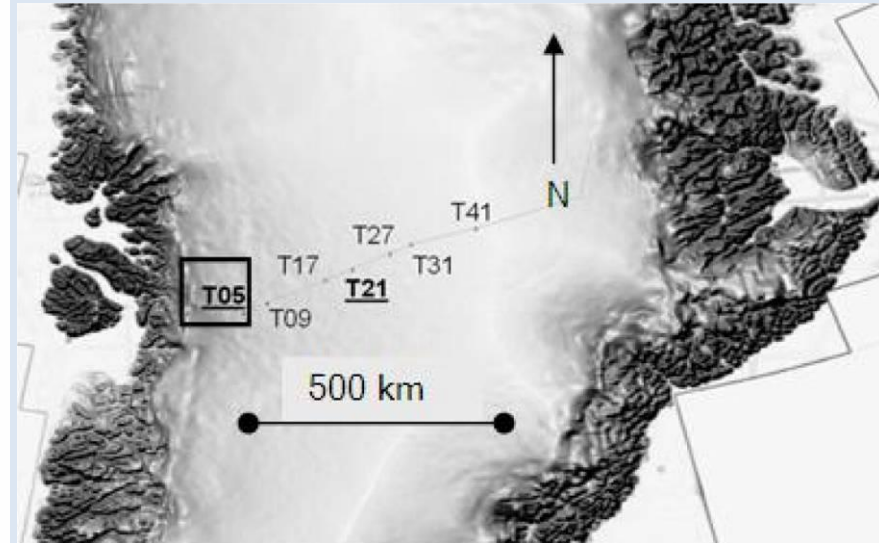


Winterakkumulationsrate in der Perkolationszone Grönlands



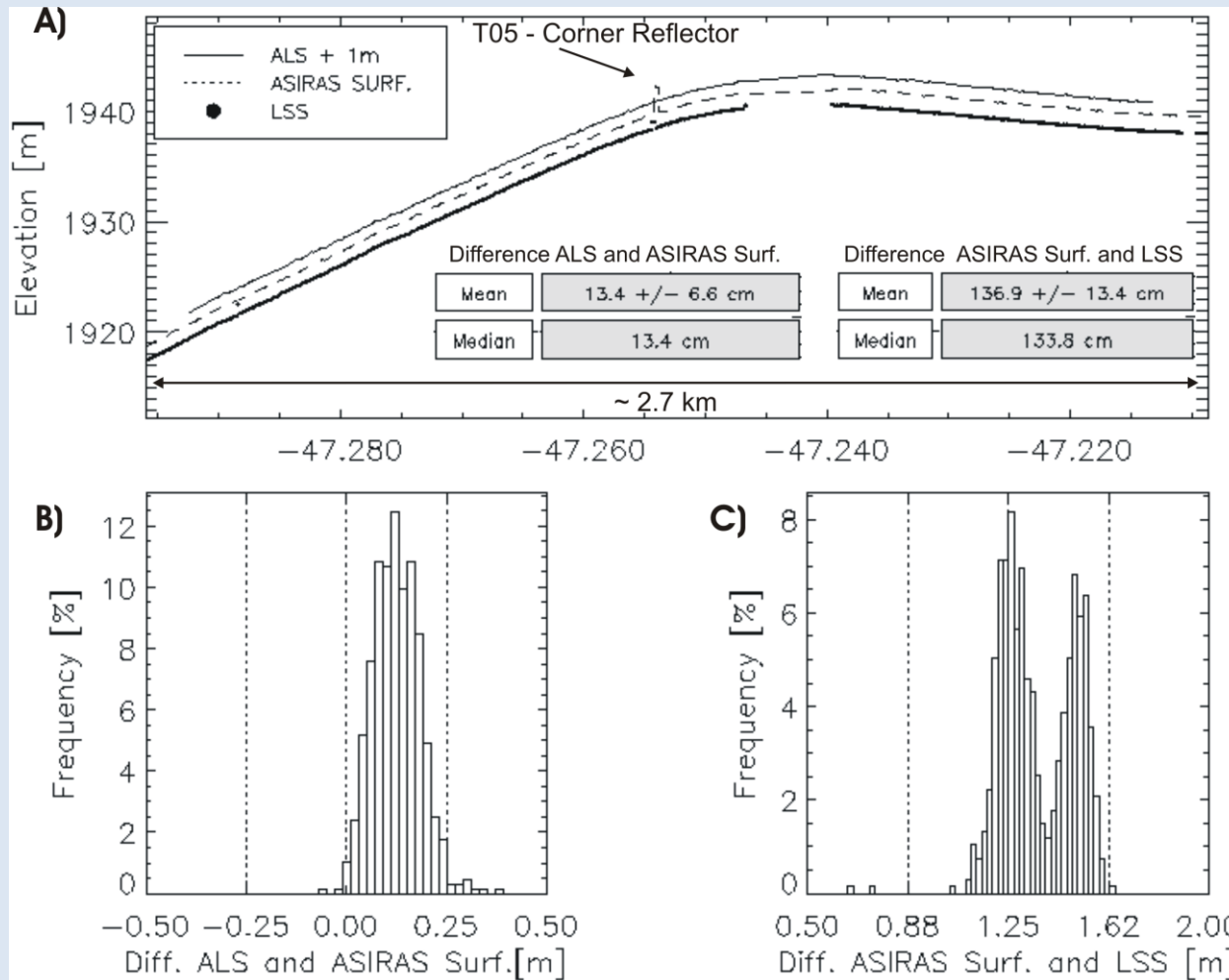
Neben der Oberfläche ist ein sehr starker interner Reflektor sichtbar

Dieser korrespondiert mit dem Sommerhorizont des vorangegangenen Jahres (Parry, 2006)



Die Differenz ergibt die Winterakkumulationsrate
(Dichte aus Schneeschachtbeprobung: 420 kg m^{-3})

Winterakkumulationsrate in der Perkolationszone Grönlands



Winterakkumulationsrate [cm w.e.] - (mittl. Dichte 420 kgm⁻³)

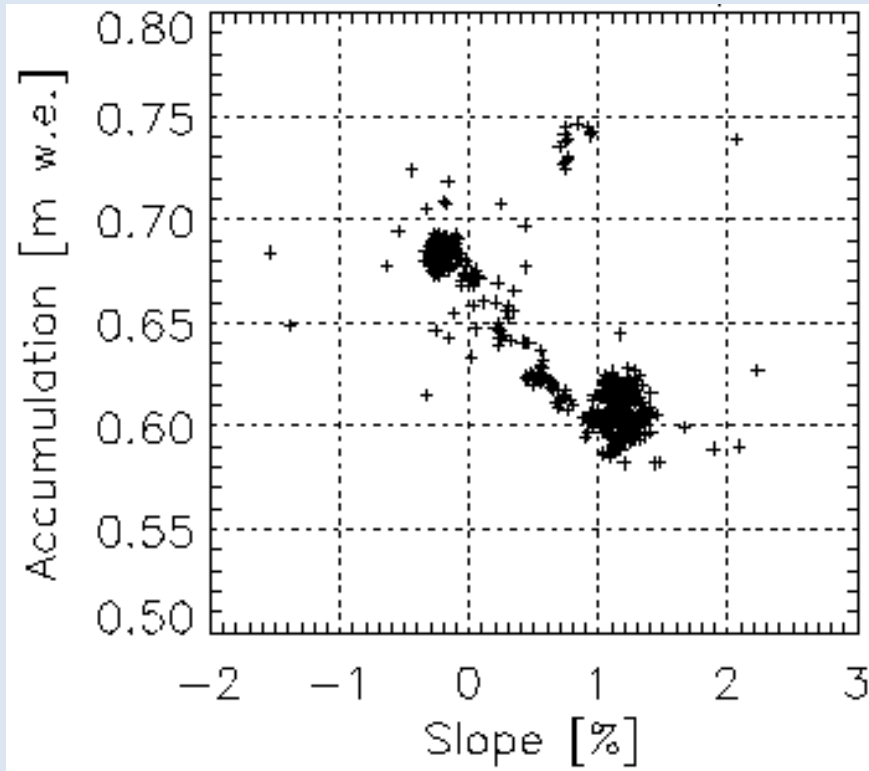
ASIRAS

63 ± 6 cm

Schneeschächte

61

Abhängigkeit der Akkumulationsrate von der Geländeneigung



- Hohe Akkumulationsrate in flachen Hangbereichen
- Niedrige Akkumulationsrate in steileren Hangbereichen
- lokale Variationen der Akkumulationsrate werden induziert durch lokale Topographie, da diese den durch katabatische Winde angetriebenen Schneedrift beeinflusst

