

## Programm für heute, erste Stunde

- Dopplergeschwindigkeit
- Faltung
- Windherleitung
  
- Quantitative Niederschlagschätzung durch Kombination von Radar – Bodenmessungen - Statistik

Atmosphären-  
Physik III

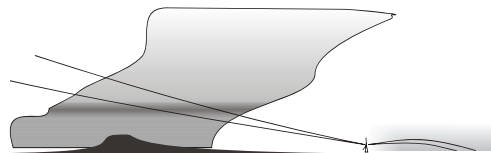
Marc Wüest  
IACETH

## Allgemeine Probleme mit Wetterradar

- **Niederschlagsbilder in hoher räumlicher und zeitlicher Abdeckung und Auflösung**

*aber*

- **Clutter** (main/side lobe)
- **Anaprop** (anomalous propagation)
- **Second-trip echoes**
- **Abschwächung**
- **Repräsentativität** durch Grösse und Position des Pulsvolumens
- **Faltung**
- **Echostärke-Niederschlagsrate-Beziehung**  $z = 300 R^{1.5}$  generalisiert



Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Faltung

Maximale eindeutige Distanz für Radarmessung

$$r_a = \frac{c}{2 \cdot PRF}$$

Nyquist Geschwindigkeit

$$v_a = \frac{\lambda \cdot PRF}{4}$$

In Kombination

$$r_a v_a = \frac{c \lambda}{8}$$

Entfalten heisst:  $v_{\text{radial}} = v_{\text{gemessen}} + 2n v_{\text{Nyquist}}$

$n$  ist die Nyquist Nummer.

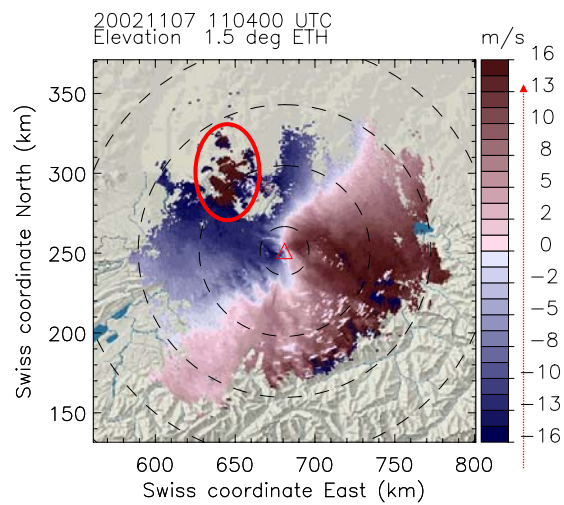
Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Dopplergeschwindigkeit - Faltung

### Entfaltung (Dealiasing)

- wird regionenweise durchgeführt -> Identifikation von Regionen
- Bridging kann zum Problem werden



Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Variationsanalyse

- Wir passen ein Modell an die Beobachtungen an (Datenassimilation)
- Das Modell (y-Werte) ist dann gut angepasst, wenn die Differenz zu den Beobachtungen (x-Werte) klein ist. Dazu minimieren wir die sog. Kostenfunktion

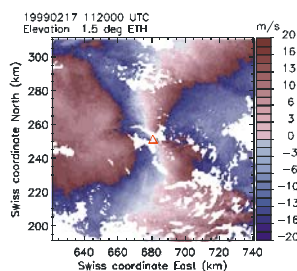
$$J = \sum (y_i - x_i)^2$$

- Die Minimierung kann gelingen, wenn iterativ wir der stärksten Neigung der Kostenfunktion folgen (Gradientenmethode).
- Wir können in der Kostenfunktion weitere Bedingungen (Constraints) formulieren (addieren).
- Unsere x-Werte sind die Dopplergeschwindigkeiten, unsere y-Werte die mit der Nyquist Number  $n$  korrigierten Radial-Geschwindigkeiten.  $n$  sind damit unsere sog. Kontrollvariablen.

Atmosphären-  
Physik III

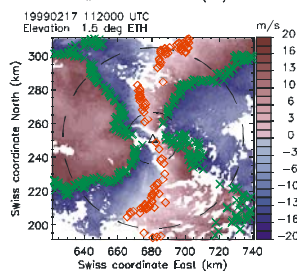
Marc Wüest  
IACETH

## Entfaltung



Variationelle Entfaltung von  
Doppler-Geschwindigkeiten (1/2)

Filterung von für Windfeld irrelevanten  
Messungen



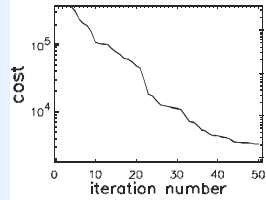
Imitation des menschlichen Auges durch  
Segmentation des Doppler-Geschwindigkeit-  
Bildes

Forderung von Kontinuität über  
Regionengrenzen hinweg

Atmosphären-  
Physik III

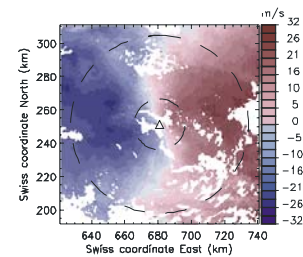
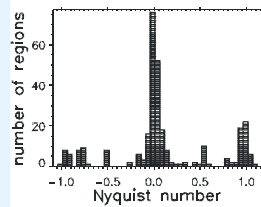
Marc Wüest  
IACETH

## Entfaltung



Variationsanalyse für

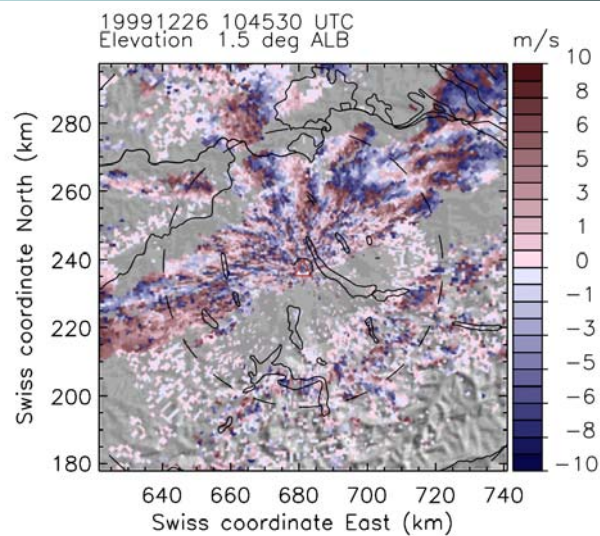
- Forderung der Kontinuität an der Regionengrenzen
- ‚Harmonie‘ mit einer groben Windfeldschätzung (Radiosondierung, VAD, Reflectivity Tracking)
- evtl. weitere für isolierte Regionen (Extrapolation)



Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Lothar mit dem Albis Radar auf 1.5° gesehen



Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Entfaltungsfehler

- Entfaltungsfehler sind immer mindestens

$$2 V_{\text{Nyquist}}$$

gross!

- weil

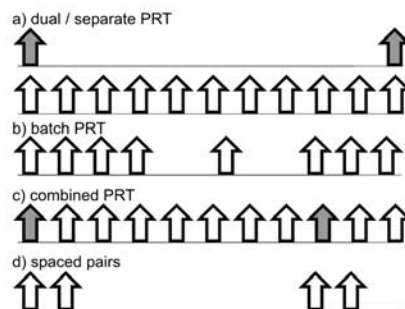
$$V_{\text{radial}} = V_{\text{gemessen}} + 2nV_{\text{Nyquist}}$$

Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Die Faltung umgehen?

Range-Velocity Ambiguity Mitigation (Keeler et al. 1999)

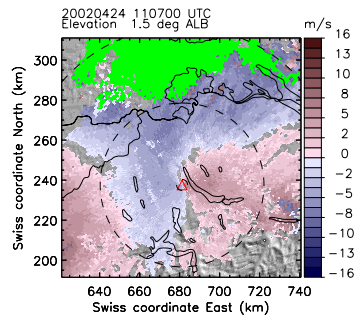
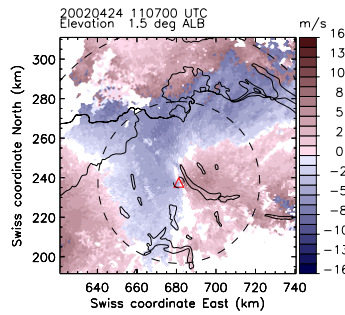
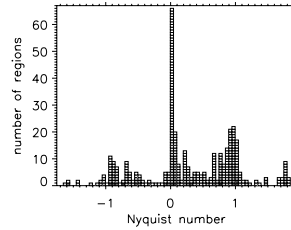


Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Qualitätskontrolle nach dem Entfalten

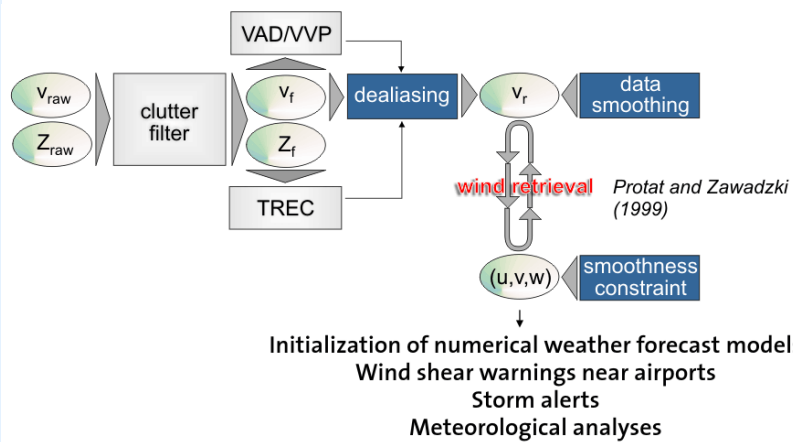
Nyquist Nummer als Indikator für die Qualität der entfalteten Regionen



Atmosphären-Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Windherleitung am IAC



Atmosphären-Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Assimilation in ein Wettervorhersage Modell (aLMO)

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = M(\dots) + G_{\Psi} B(x) \frac{\sum W(\dots) (\Psi^{obs} - \Psi(x_{i,t}))}{\sum W(\dots)}$$

Modell + Nudging Term

Die Modellwinde werden kontinuierlich an die Beobachtungen angepasst.

Dadurch behält das Modell einen balancierten Zustand ohne Generation von hochfrequenten Moden.

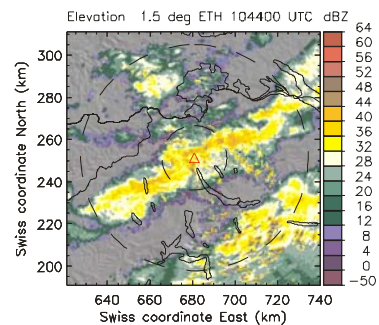
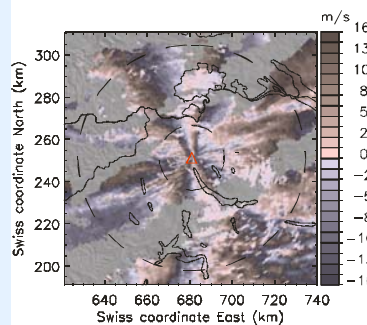
Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Lothar



Lothar  
26. Dezember 1999



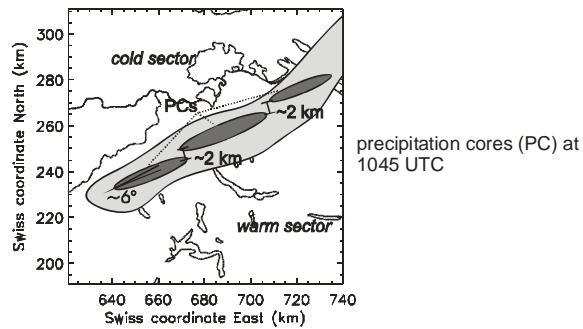
Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Lothar NCFR

Identifikation eines *narrow cold-frontal rainband* (NCFR, Houze et al. 1976) in Verbindung mit den maximalen Windgeschwindigkeiten

Erfolgreiche Anwendung der variationellen Entfaltungstechnik auf die ETH Radar Beobachtungen



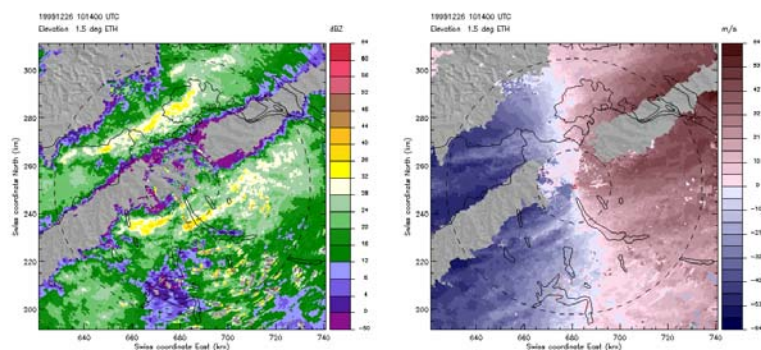
Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Lothar

Lothar, 26 Dezember 1999

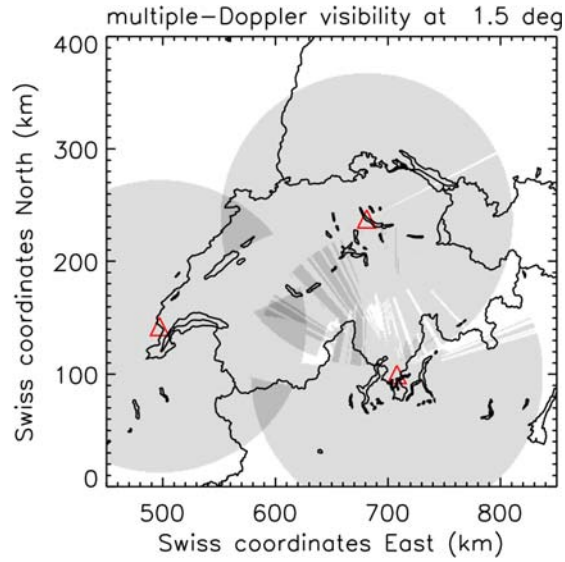
Animation der Reflektivität (links) und Doppler-Geschwindigkeit (rechts) von 1014 UTC bis 1214 UTC mit dem Durchzug des NCFR (*narrow cold-frontal rainband*)



Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

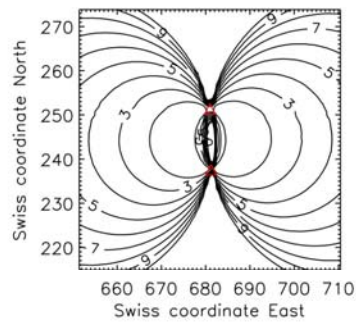
## Sichtbarkeit mit Schweizer Doppler Radars



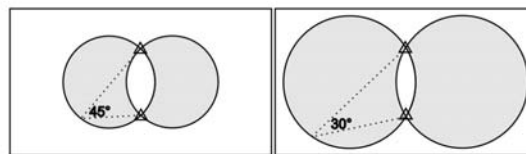
Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Dual Doppler Region



Dual-Doppler Fehler der horizontalen  
Geschwindigkeit, normalisiert für 1 m/s  
Fehler in den Radialgeschwindigkeiten

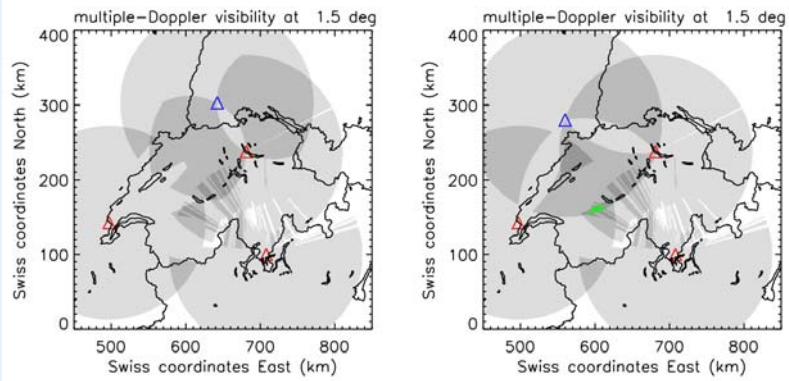


Praktische Vereinfachung

Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Sichtbarkeit in Kombination mit ausländischen Radars

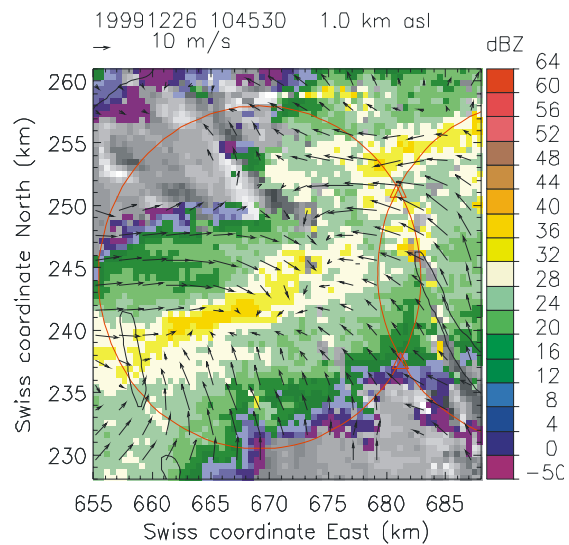


Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

## Lothar, 26. Dezember 1999

**Dopplerwinde relativ  
zu 36 m/s  
Westwind**



Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

- DualDoppler vom  
Albis und ETH  
Radar
- 1 km a.s.l.
- Auflösung 250 m  
horizontal

# Flughafen Zürich

Atmosphären-  
Physik III

Marc Wüest  
IACETH

