

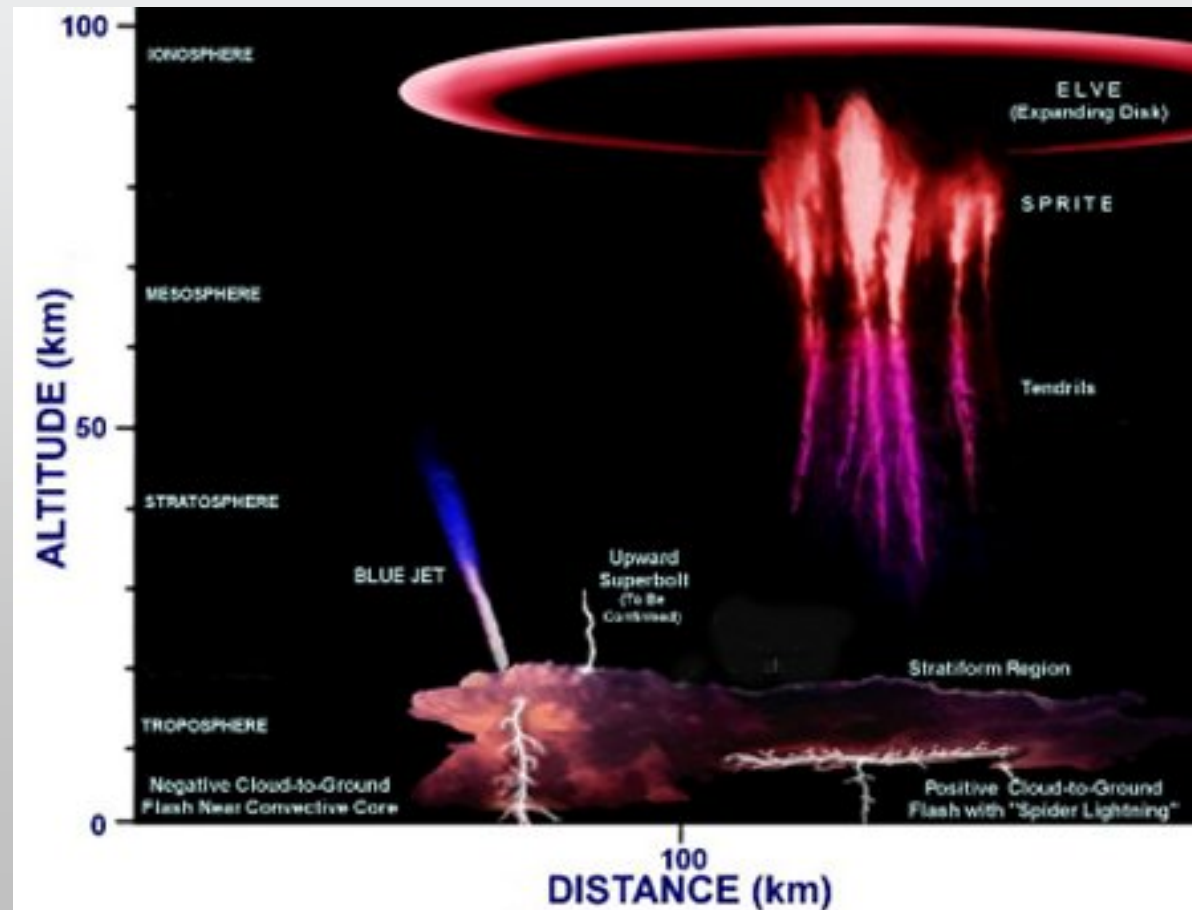
nowcast  
high precision lightning detection



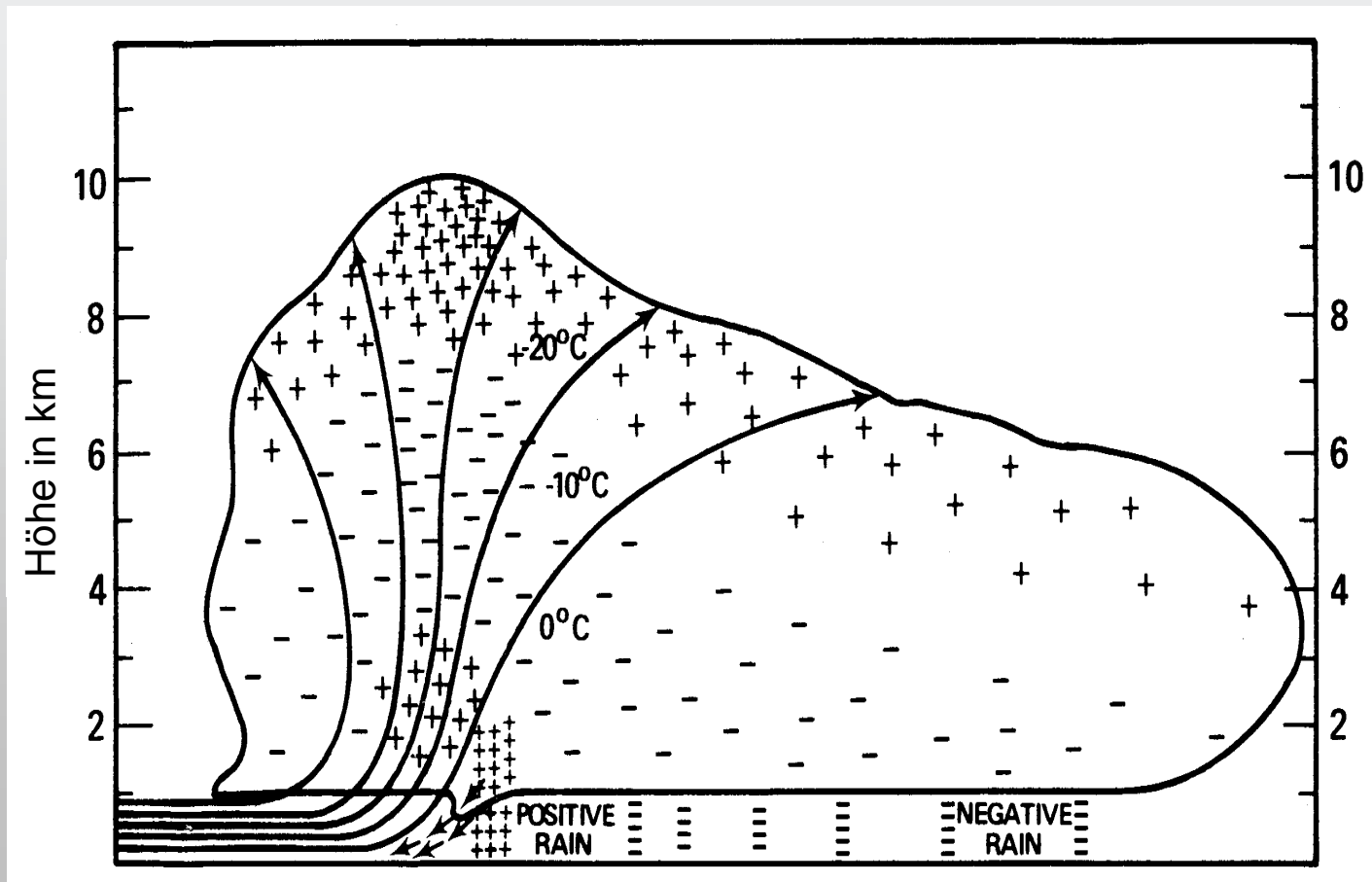
## Inhalt

1. Blitzentstehung
2. Blitzmessung
3. LINET – Blitzortungssystem
4. Vergleiche und Anwendungen

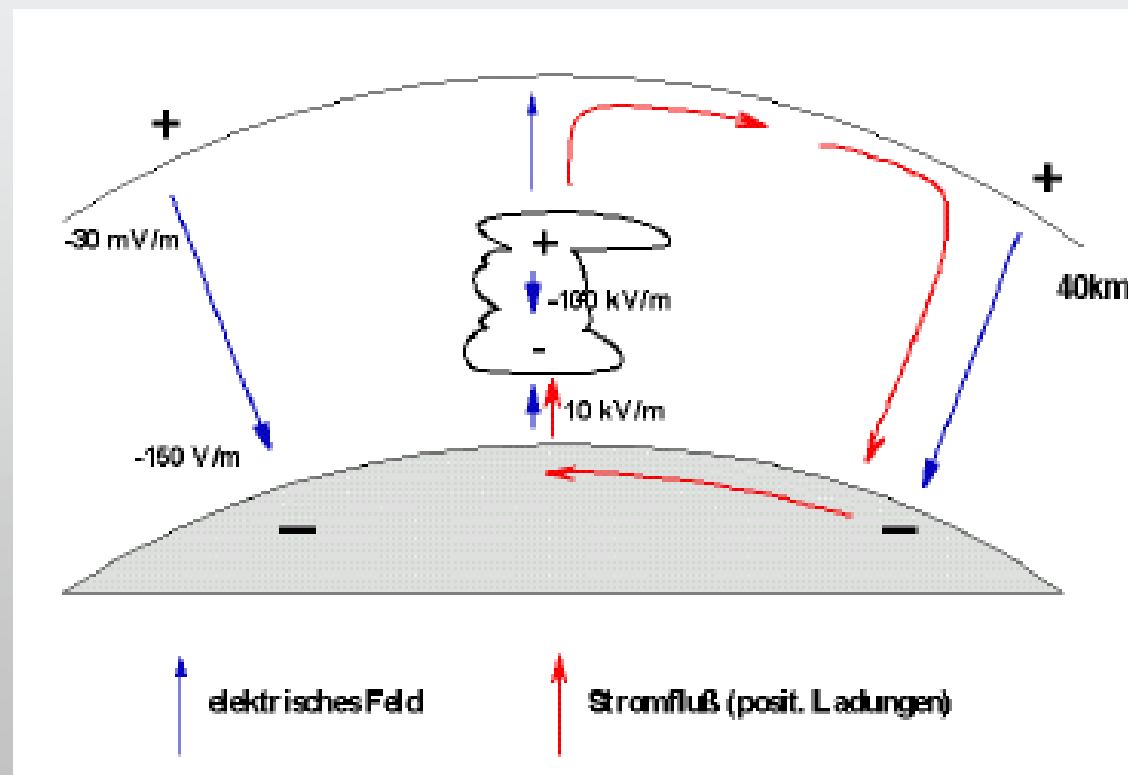
# Atmosphärische Aktivität



### “Klassische” Tripol-Struktur

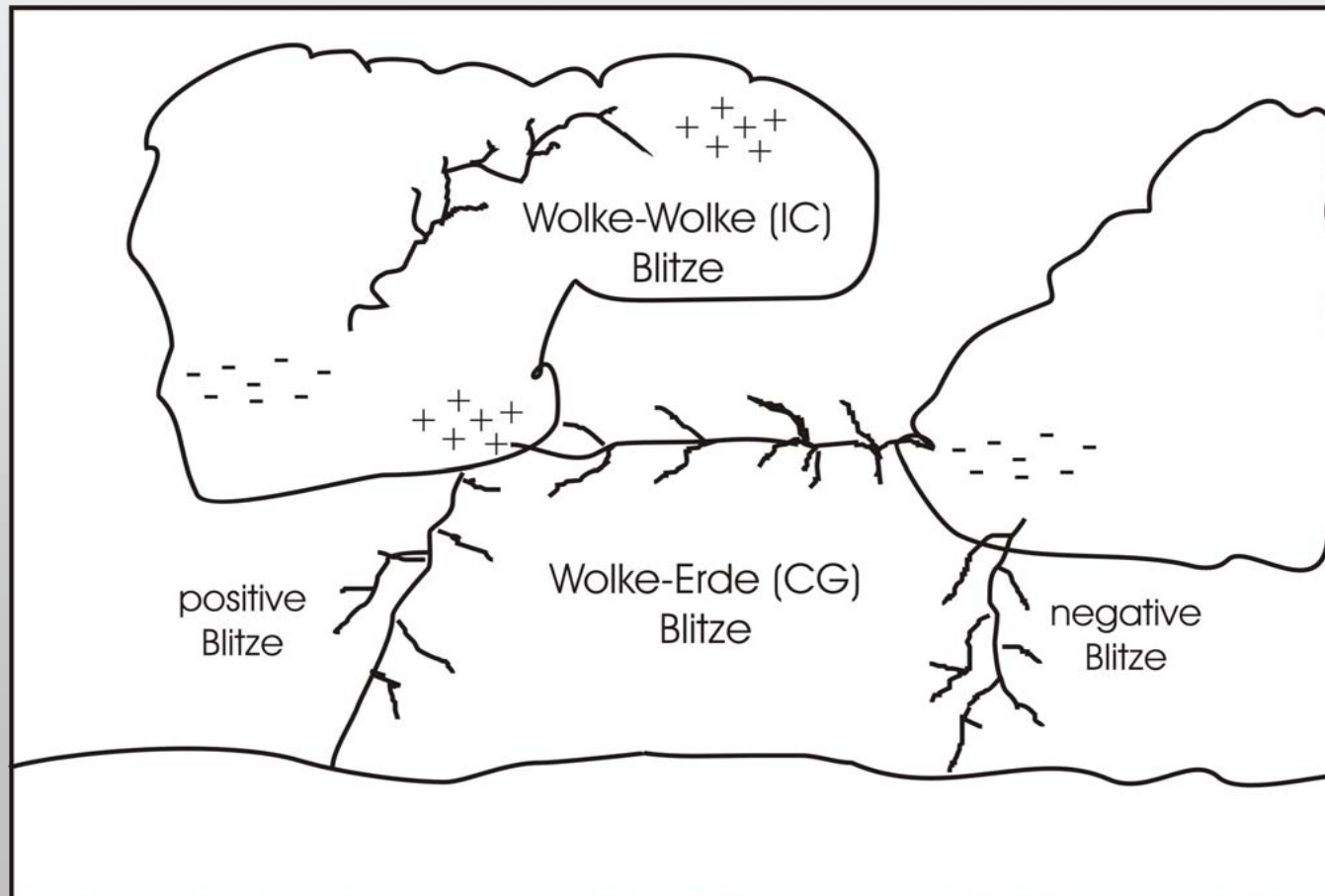


## Globaler elektrischer Kreislauf

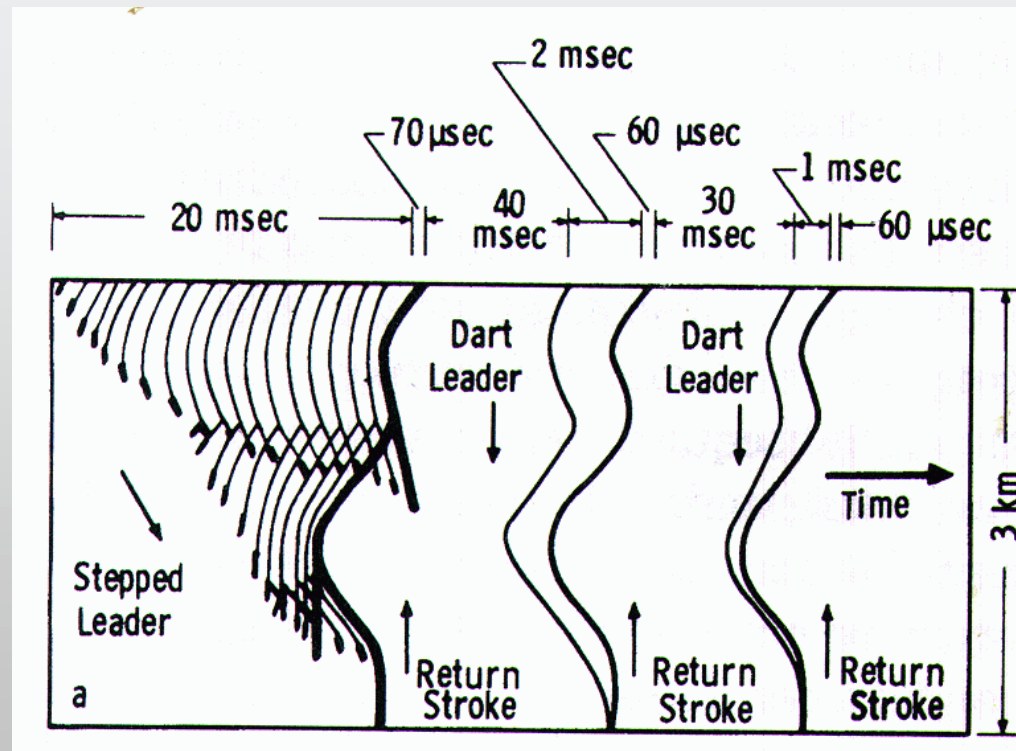


Beachte: Kosmische Strahlung, Aerosole, Sonnenstrahlung

## Blitztypen



# Blitzvorgang (CG)



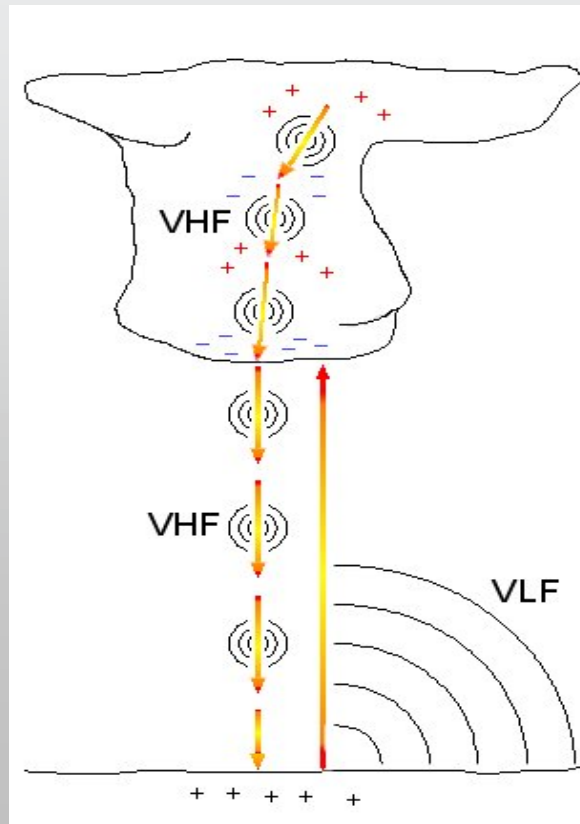
Stufenförmiger Leitblitz  
Verzweigung in Ausbreitungsrichtung

Fangentladung

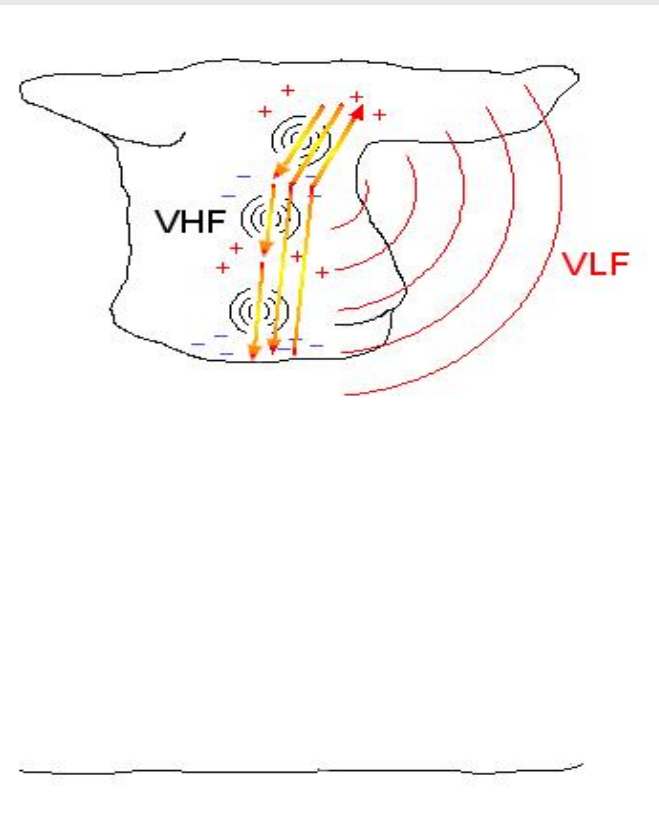
Mehrfache Nutzung des ionisierten Blitzkanals

# VHF und VLF bei der Blitzentstehung

Bodenblitz



Wolkeblitz





## Techniken der Blitzmessung

- Optisch:** LIS, von Satelliten, 90-s Überflug-Intervalle, sieht auch schwache Wolkeblitze
- VHF:** 100 MHz, 2D, 3D, Auflösung bis 50 m, kurze Reichweite hohe Datenrate, kurze Sensor-Basislinie (10 – 100 km), geringe Flächenabdeckung
- VLF:** 1-300 kHz, Maximum **10 kHz**, 1 Signal / Blitz, Sensor-Basislinie <~300 km, Abdeckung von Ländern
- global:** 10 kHz, wenig Sensoren, globale Abdeckung WWLLN, weltweit ca. 15 Sensoren ZEUS, in Europe und Afrika je 5 Sensoren
- ELF:** 10 Hz, Schumann-Resonanzen

## Methoden zur Blitzmessung

Ortspeilung: Signalzeiten, Einfallsrichtung

### **TOA - Time Of Arrival**

- Triggerzeitpunkt bei Überschreitung einer Signalschwelle
- Zeitpunkt des Maximums im analogen / digitalisierten Signal
- Numerische Ermittlung der Lage des Signal-Maximums
- Vergleich von Signalmustern verschiedener Sensoren
- Kreuzkorrelation der Signale verschiedener Sensoren
- TOGA (Time Of Group Arrival),  $df/dw$ , Phase aus FFT-Analyse

## Methoden zur Blitzmessung

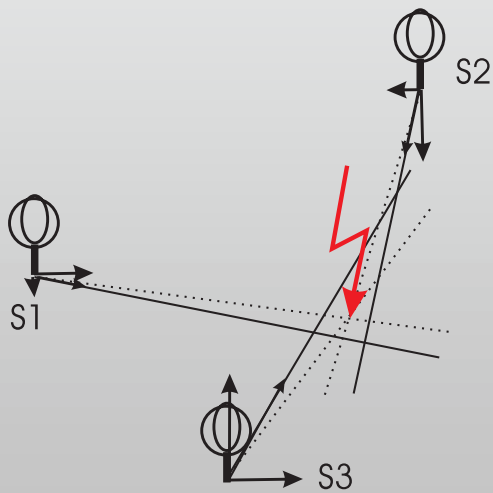
Ortspeilung: Signalzeiten, Einfallsrichtung

### **DF – Direction Finding**

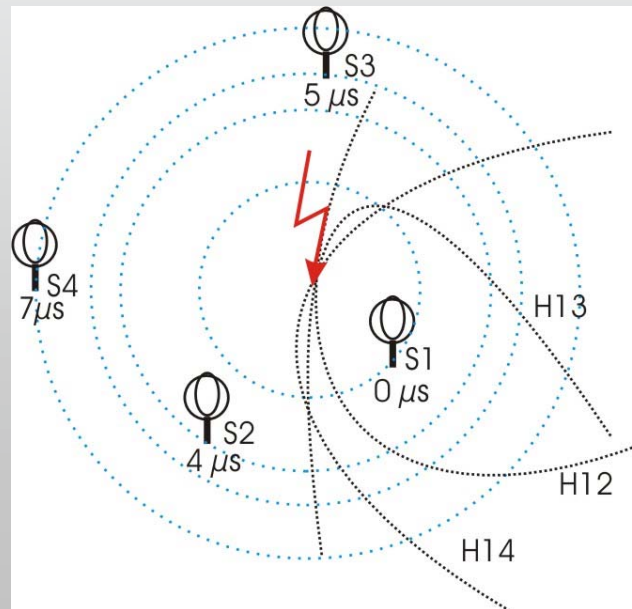
- Winkelmessung,  $B_x$ ,  $B_y$  mit gekreuzten Spulen, Triangulation
- site error (große Fehler)

# Methoden zur Blitzortbestimmung

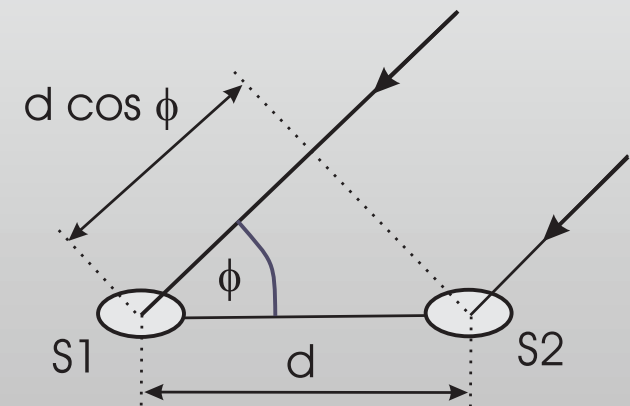
Winkelpeilung



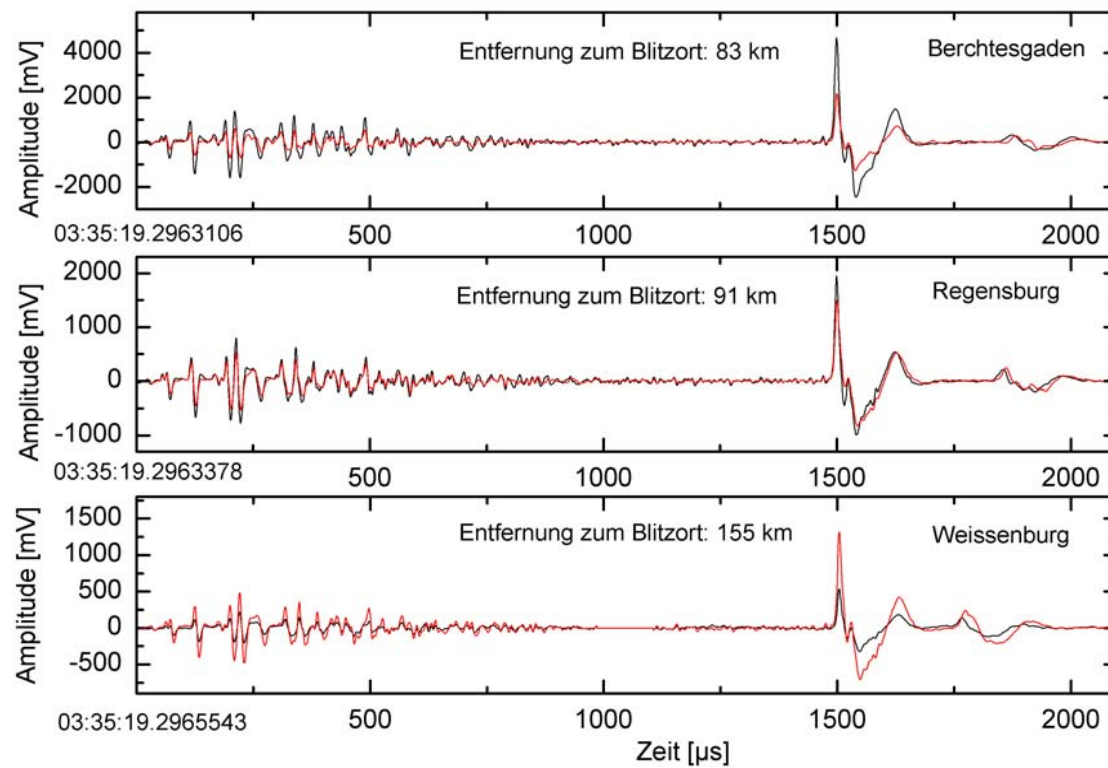
Laufzeitverfahren



Interferometrie



## Blitztypen/Impulsformen – PBL (IC) + CG



## Antennensystem



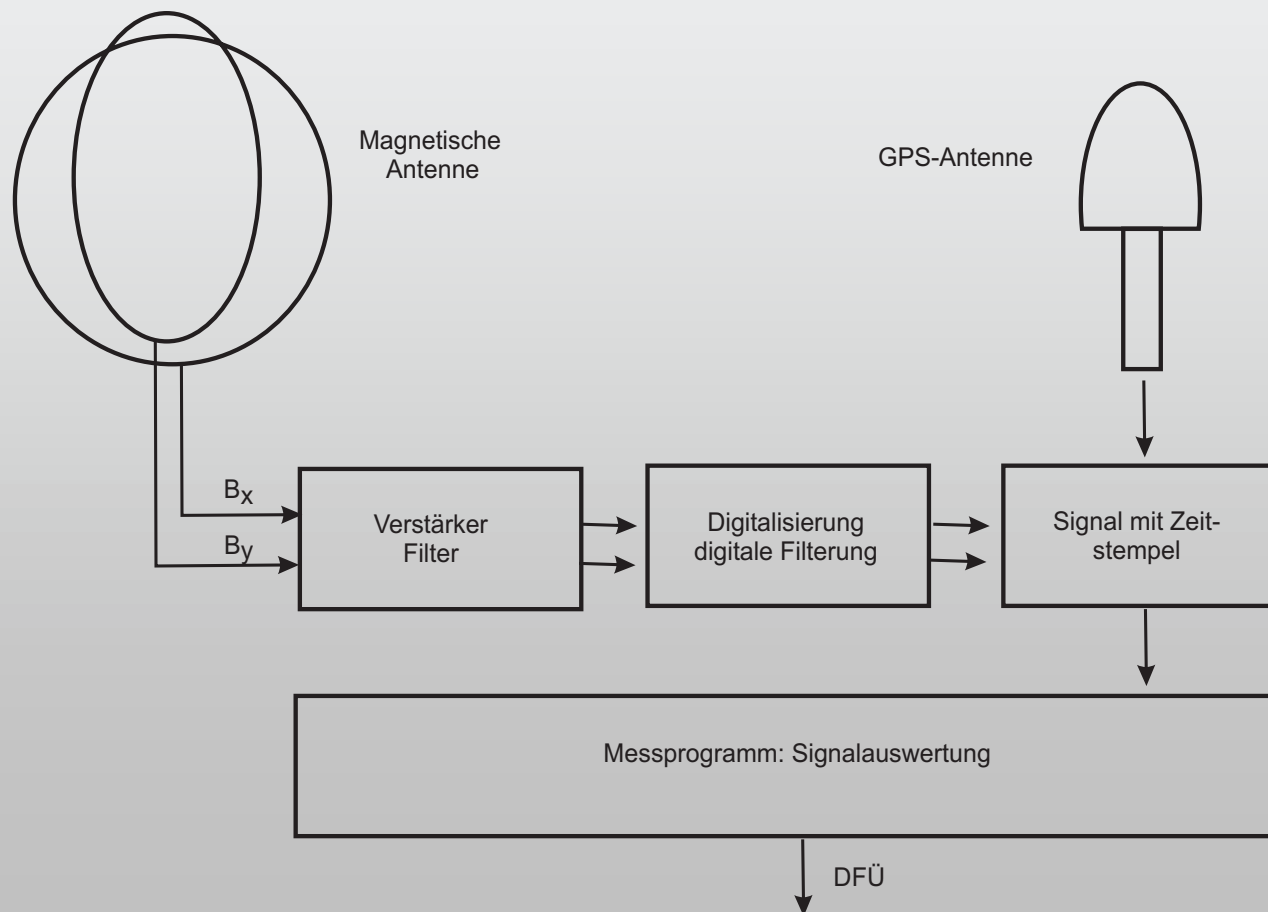
### B-Feld Antennenpaar:

- 2 Ringe 30 x 30 cm
- unter Winkel 90°
- richtungsempfindlich

### GPS-Antenne:

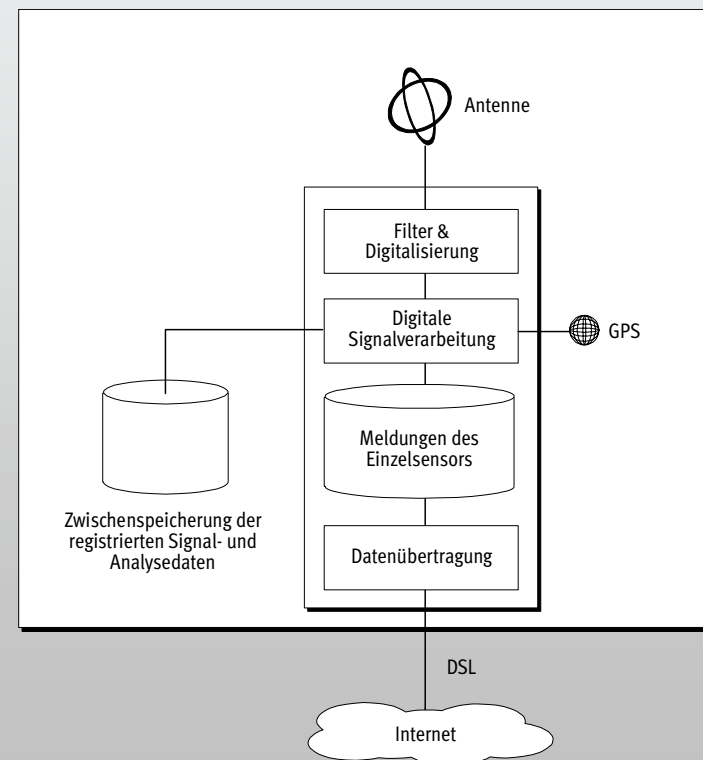
- Stab mit Antennenkopf
- Ø 20 cm, Höhe 30 cm

# Antennentechnik



## Basistechnik, Messtechnik

- Kontinuierliche Digitalisierung
- Zeitzuordnung
- Signalverarbeitung (digital)
- Zwischenspeicherung
- Datenübertragung





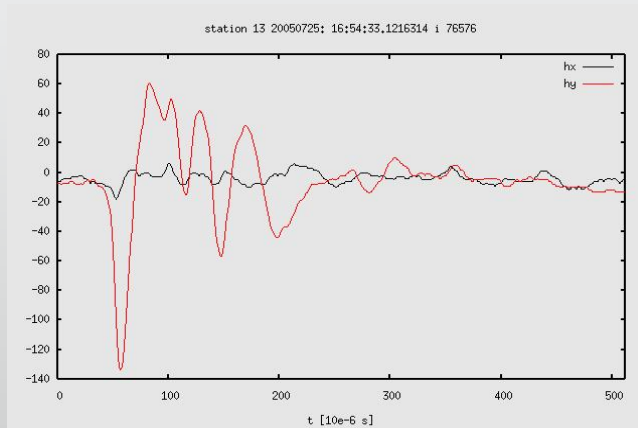
## Signalverarbeitung

Kontinuierliche Beobachtung der Atmosphäre:

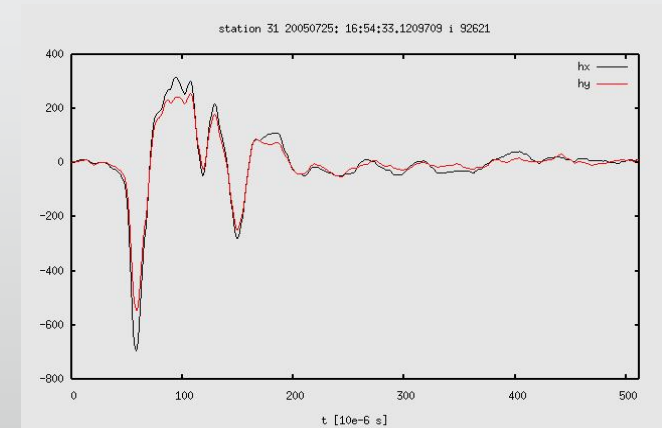
- Erkennung von Einzelimpulsen
- Ermittlung charakteristischer Daten der Impulse
  - Zeitlicher Signalverlauf
  - Hochpräzise „Ankunftszeit“ (für TOA Peilung)
  - Signalamplitude
  - Vorbereitung für die Datenübertragung
  - Paketkonfektionierung

# Beispiel für Messdaten

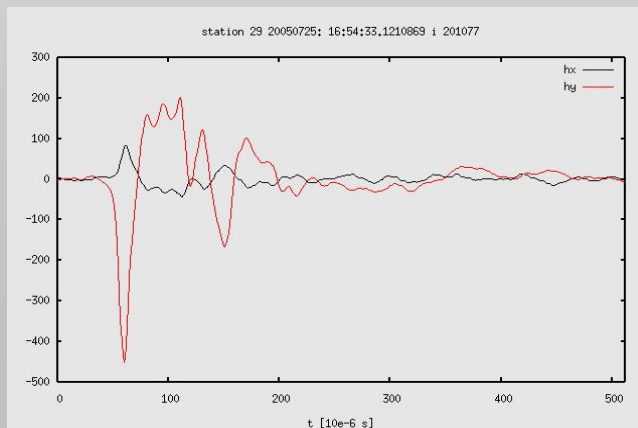
Registrierter Impulsverlauf eines Blitzes an mehreren Stationen



Standort  
Basel



Standort  
Hohen-  
peißenberg



Standort

## Blitzortung – besondere Eigenschaften (1)

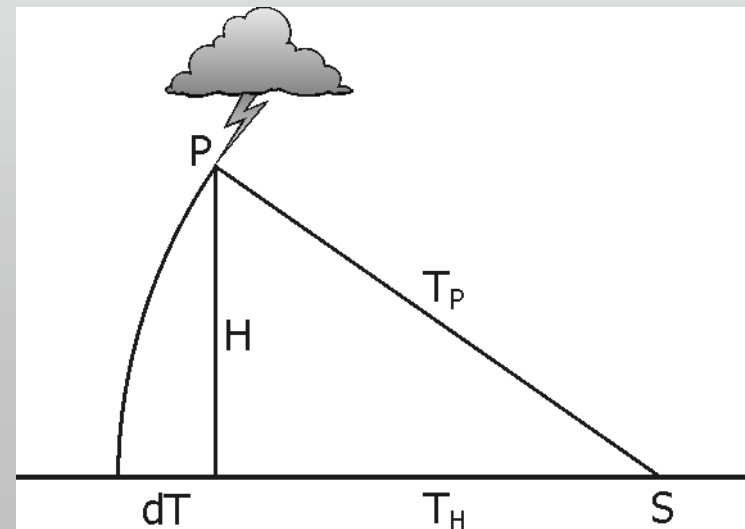
1. Kombination von Hardware-Konzeption und Software-Verfahren  
→ hohe Nachweiswahrscheinlichkeit für alle Blitzstrahlungen im VLF/LF Bereich
2. direkte Messung der magnetischen Feldimpulse in Abhängigkeit der Zeit  
→ Vorteile bei der Identifizierung von kleinen Signalen
3. Akzeptanz aller Signale am Sensor, ohne Verwendung von „waveform discrimination“  
→ gleich hohe Nachweiswahrscheinlichkeit für Erde- und Wolkeblitz
4. Typisierung nach Erd- und Wolkeblitzen am Einzelsensor und als System-leistung in der Zentrale

## Blitzortung – besondere Eigenschaften (2)

5. Präzises GPS-Zeitmodul (Fehler  $< 100$  ns) ermöglicht genaue Ermittlung von Ankunftszeiten
  - Ortungsgenauigkeiten von typischerweise 100 m für Bodenblitze und etwa 1 km für die Höhe (Emissionsschwerpunkt) von Wolkeblitzen
6. Zur Ortspeilung werden nur hochgenaue TOA-Zeiten verwendet
  - Fehlpeilungen können innerhalb des Netzes ausgeschlossen werden
7. Signalanalyse für hohen Datendurchsatz geeignet
  - Die Systemeffizienz ist von der Gewitterstärke unabhängig

## Merkmale von LINET

- Messung der magnetischen Induktion
  - hohe Effizienz für kleine Amplituden
  - gleiche Nachweiswahrscheinlichkeit für CG und IC bei gleicher Blitzstärke
- Lokalisierung über Laufzeiten (TOA)
  - Unterscheidung von CG und IC (3D-Messung)
- Höhenbestimmung für IC



## Exakte IC-Diskriminierung mit LINET

### IC-Erkennung:

Sensor innerhalb 100 km Distanz vom Blitzort

typische Emissionshöhe 8 km

→ TOA-Differenz  $> 1 \mu\text{s}$

Systemzeit-Auflösung  $< 1 \mu\text{s}$  (rms TOA-Fehler  $0,2 \mu\text{s}$ )

### Nowendige Bedingung:

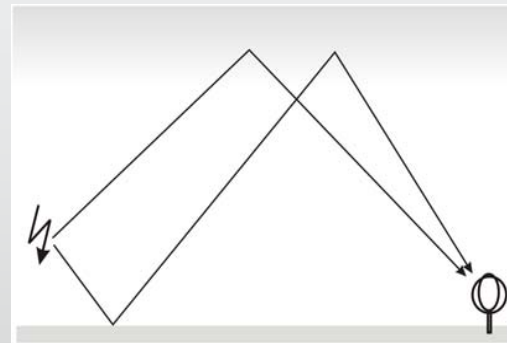
- Sensor Basislänge 200 – 250 km (in BRD erfüllt)
- gleiche Zeitauflösung bei allen Sensorstationen

### Folge:

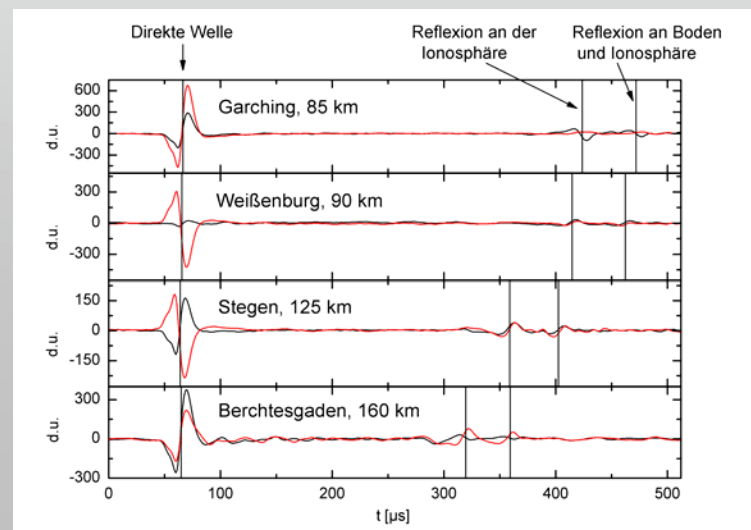
Höhenermittlung bedeutet ausgezeichnete 2D-Ortungsgenauigkeit

## Alternative IC-Bestimmung

Reflexionsmessung



Vergleich der ermittelten Peilung durch Laufzeitverfahren mit Reflexionsmessungen



## Messaufbau einer Station



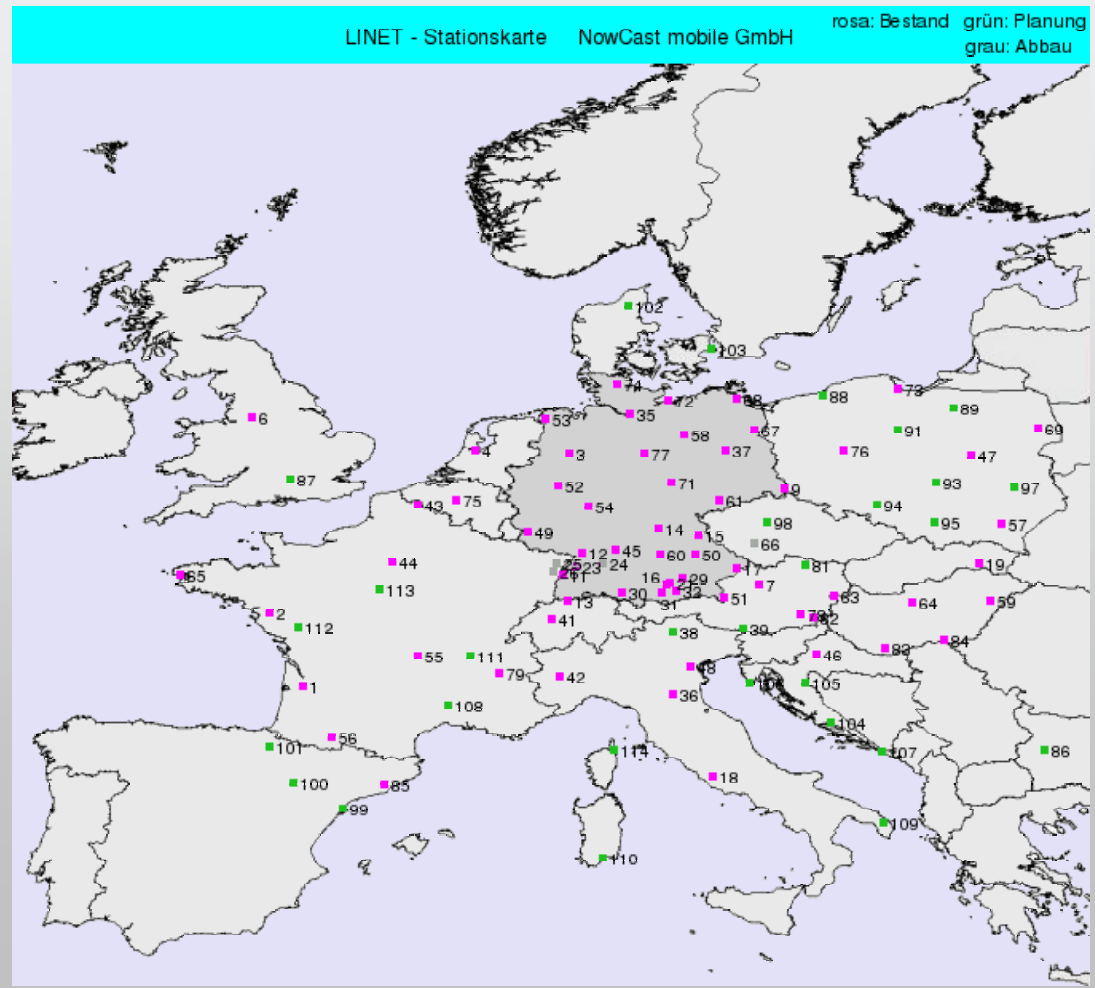
Feldantenne:  
zeitlicher Verlauf der  
magnetischen Induktion



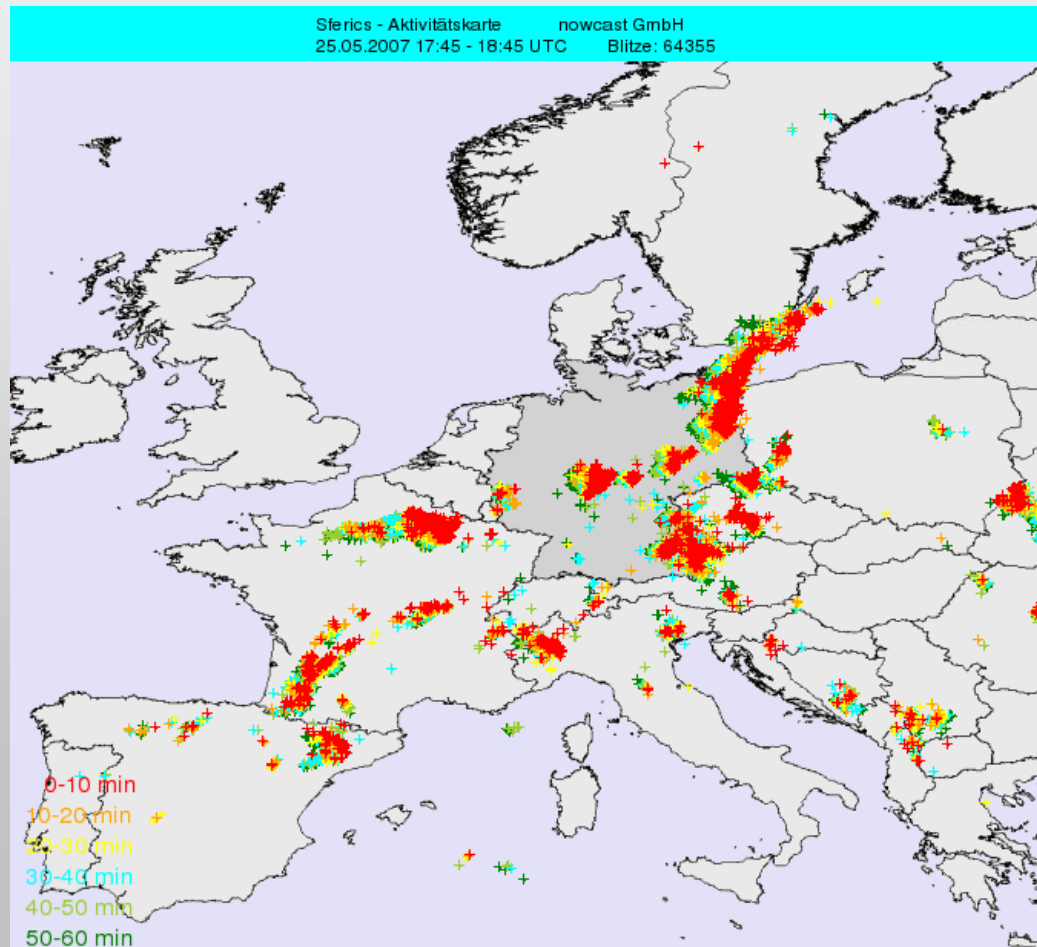
GPS-Antenne:  
absoluten Zeitbasis  
mit 100 ns Präzision



# Sensorstandorte Europa



# LINET – Blitzkarte Europa



## Warum LINET?

### **Automatische Blitzortungssysteme**

- sind seit über 20 Jahren in Betrieb
- leisten teilweise hervorragende Dienste
- werden regelmäßig modernisiert

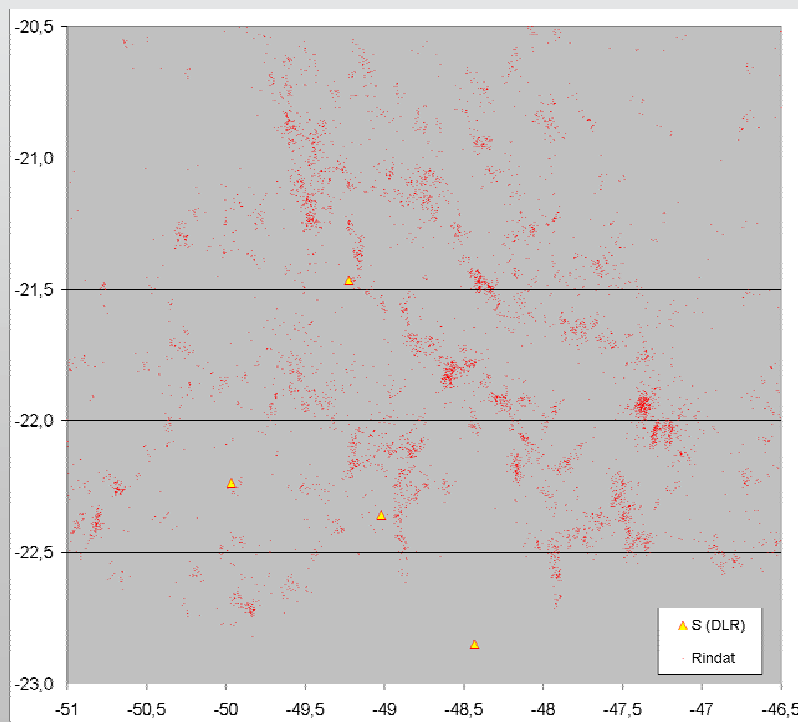
### **Warum ist LINET vorteilhaft für Meteorologie und andere Anwendungen**

- hervorragende Datenqualität
- Boden- und Wolkeblitze (total lightning) mit einer Technologie (VLF/LF)
- hohe Effizienz bei Sensorabständen von ~200 km
- hohe Lokalisierungsgenauigkeit

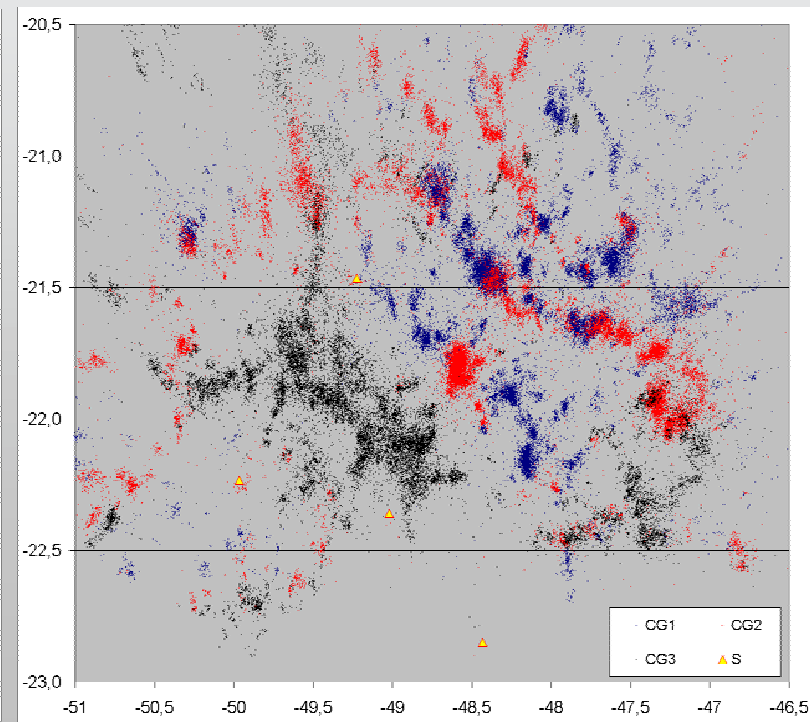
# Blitzvergleich mit örtlichem Messnetz

## Blitzkarte Brasilien

RINDAT



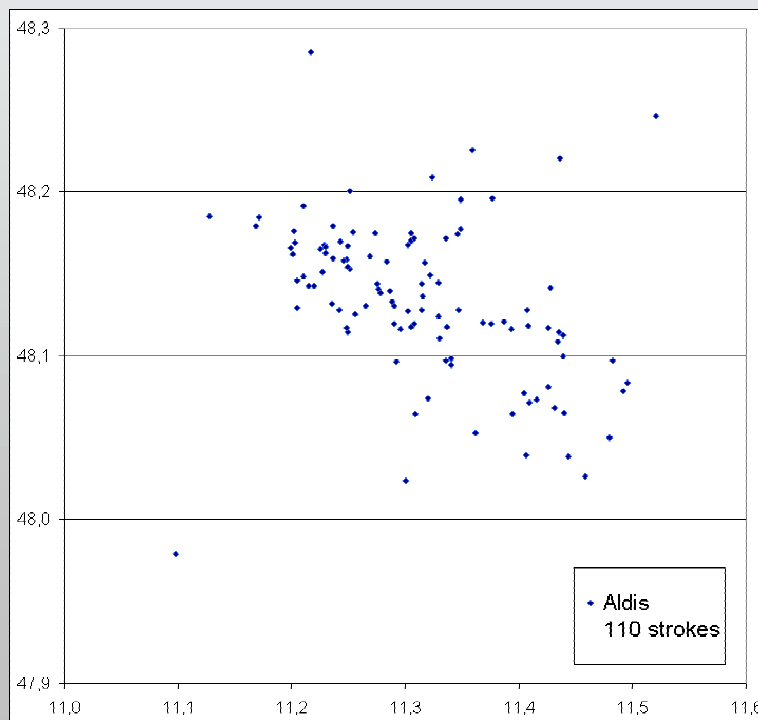
LMU



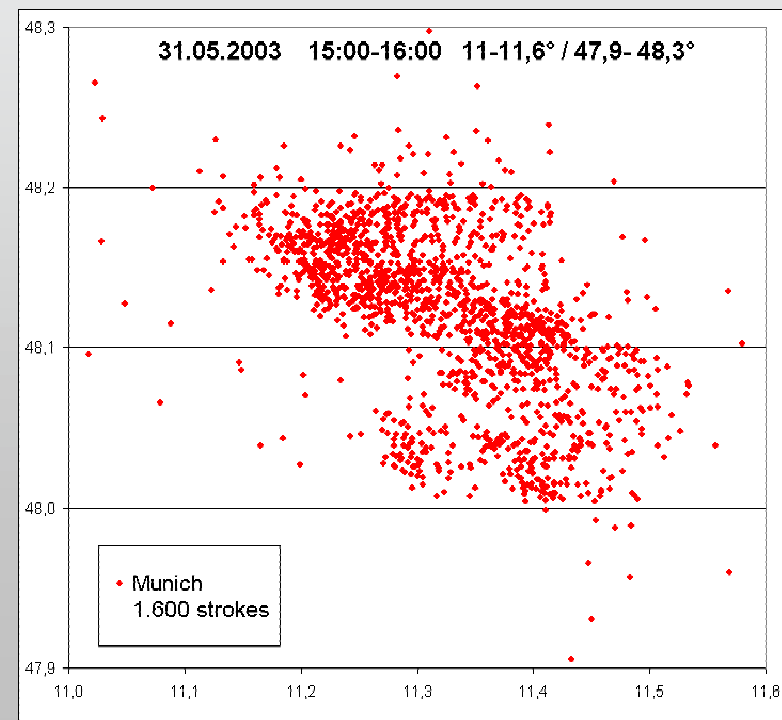
# Vergleich Blitzdatenberichte

31. Mai 2003, 15:00 - 16:00 UTC

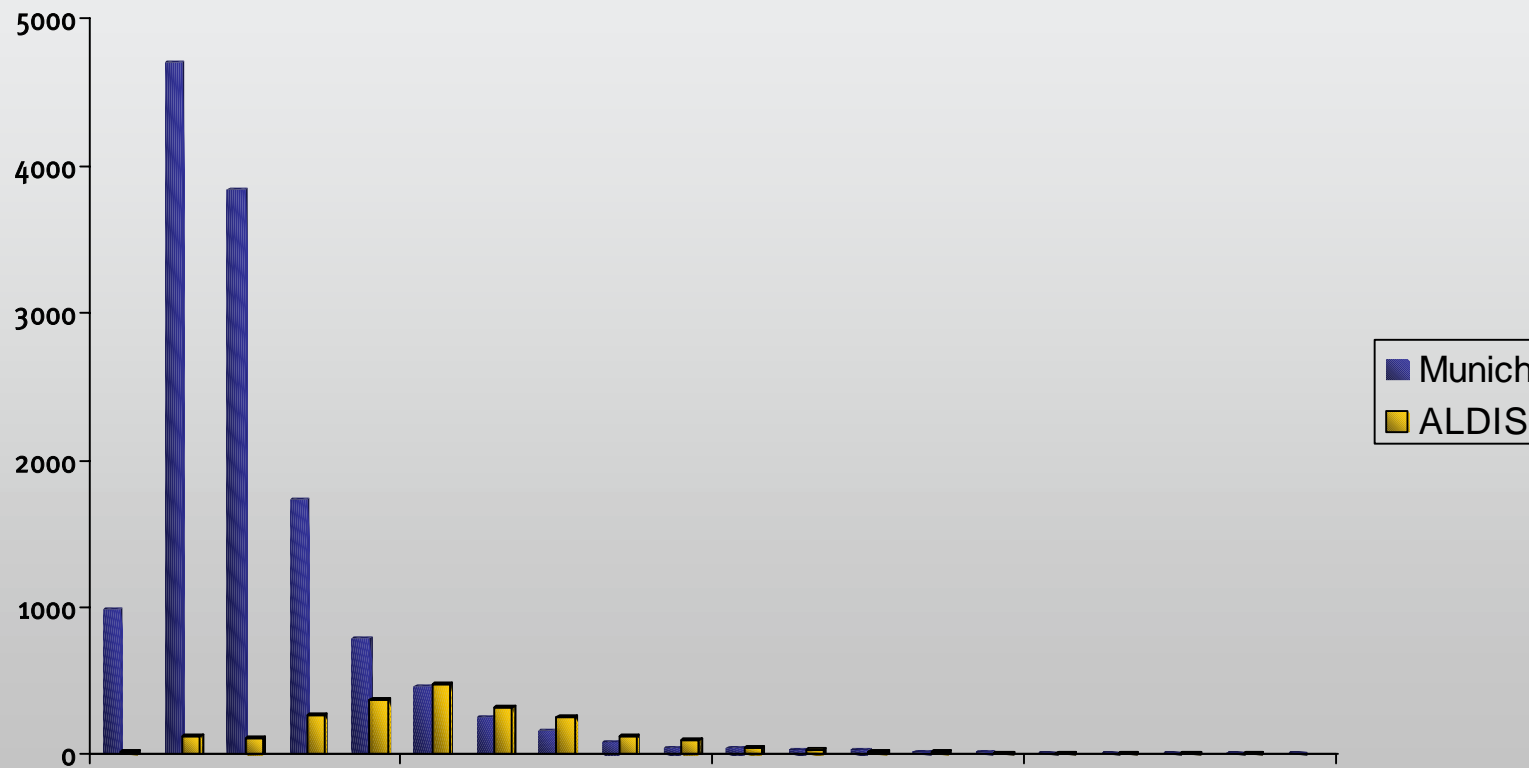
ALDIS



LMU München

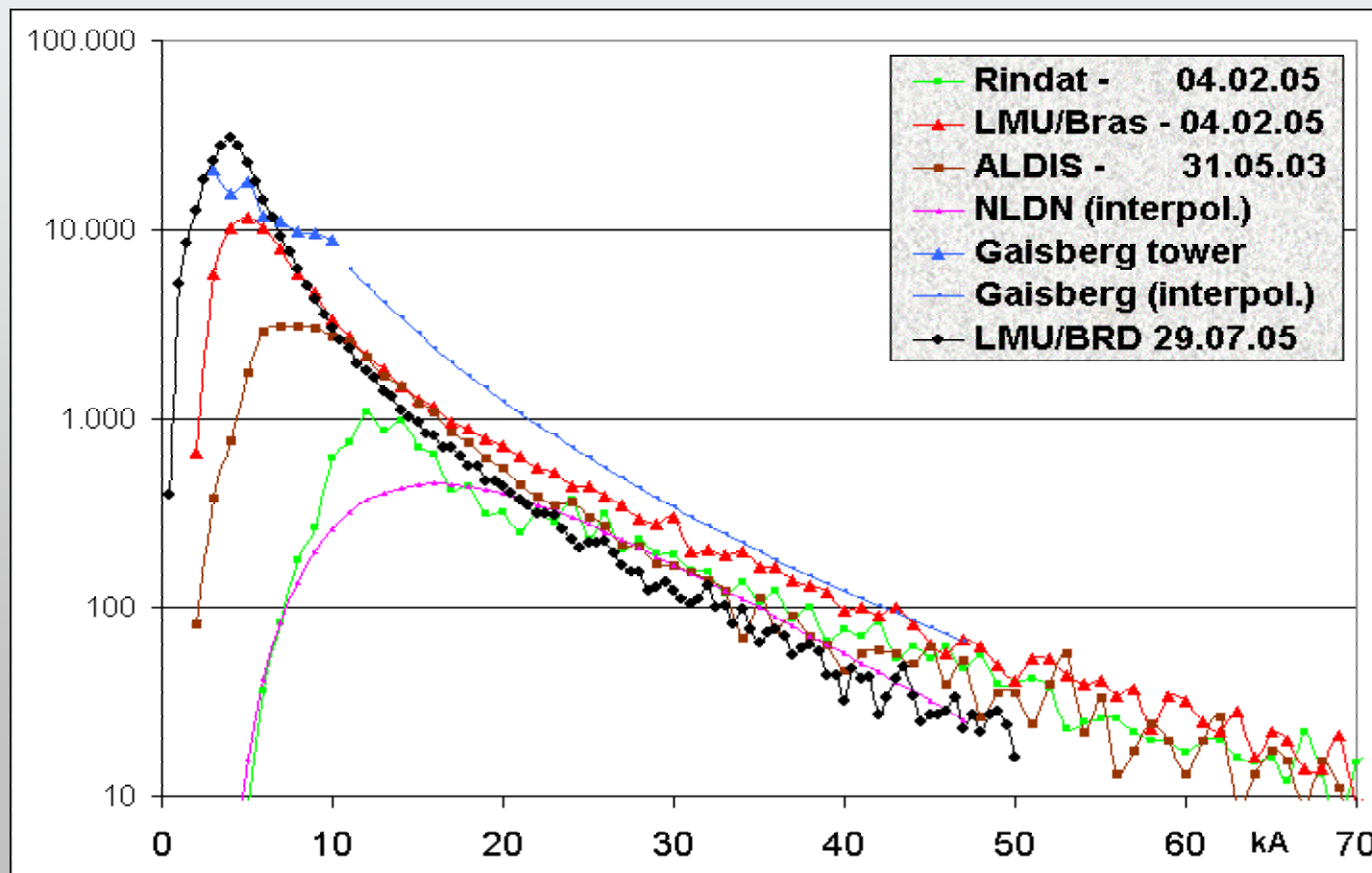


### Amplituden-Verteilungen

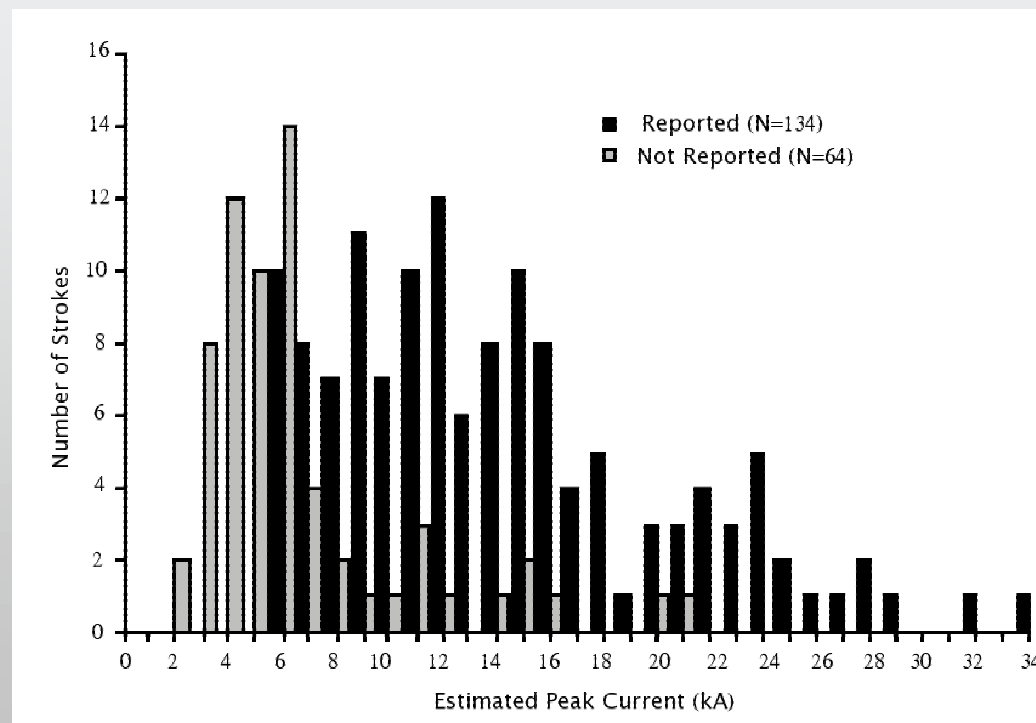


→ LINET misst geringe Amplituden

## Amplituden-Verteilungen (internationaler Vergleich)



## NLDN: aktuelle Verteilung 2006



- in hervorragender Übereinstimmung mit LINET !
- schwache strokes wurden kürzlich bei der Analyse von Video Aufnahmen entdeckt



## Amplituden-Effizienz mit LINET

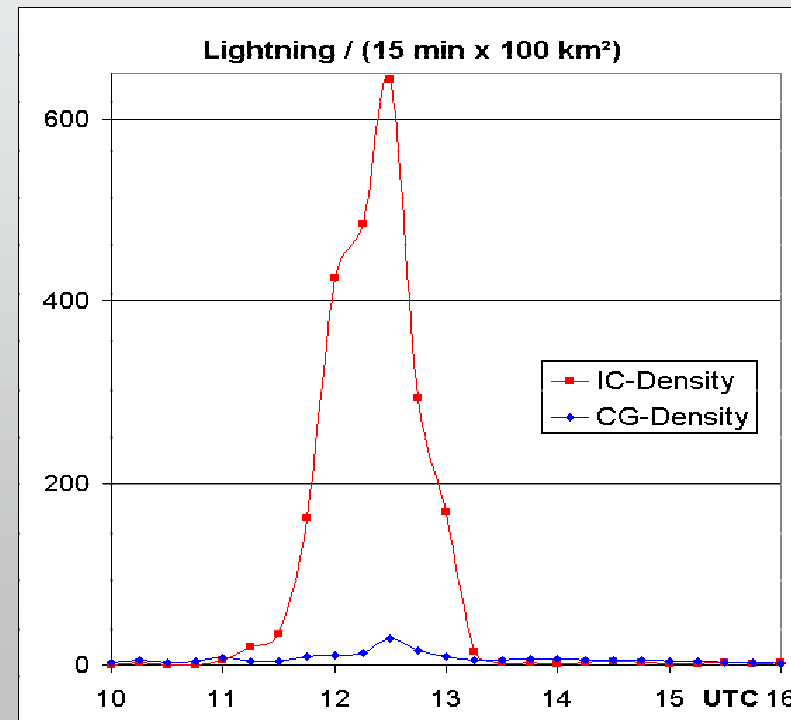
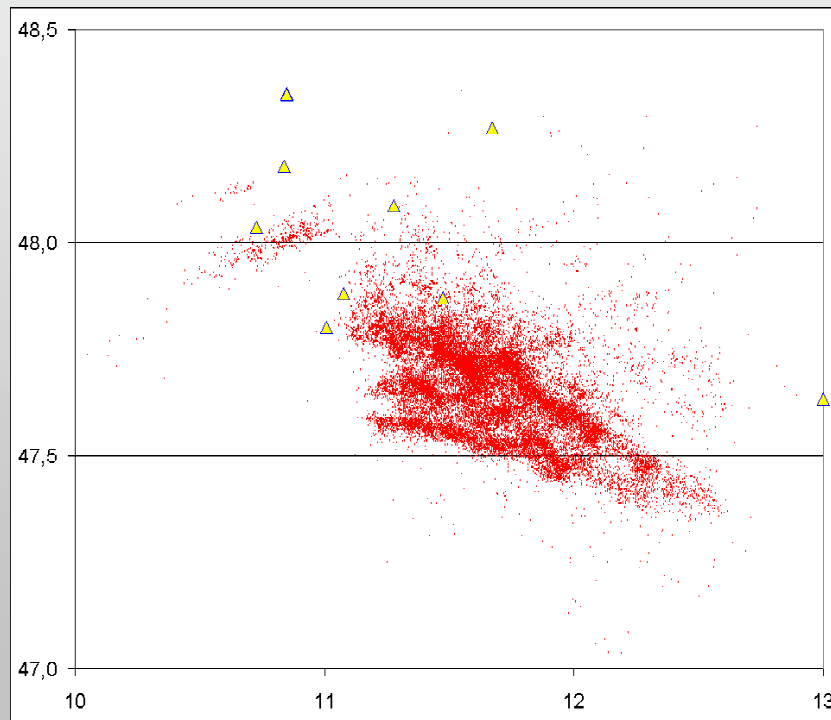
### **Effiziente Messung schwacher Signale:**

- direkte Feldmessung, kein Integrator
- keine Totzeit, kontinuierliche Registrierung
- Analyse aller Signale
- unabhängig von Signalform
- Gruppierung gemäß Signalstruktur, ( keine Begrenzung auf ersten oder größten Peak )

### **Konsequenz:**

- erhöhte Effizienz für den Nachweis kleiner Blitzströme

# Superzelle (Gebiet München)

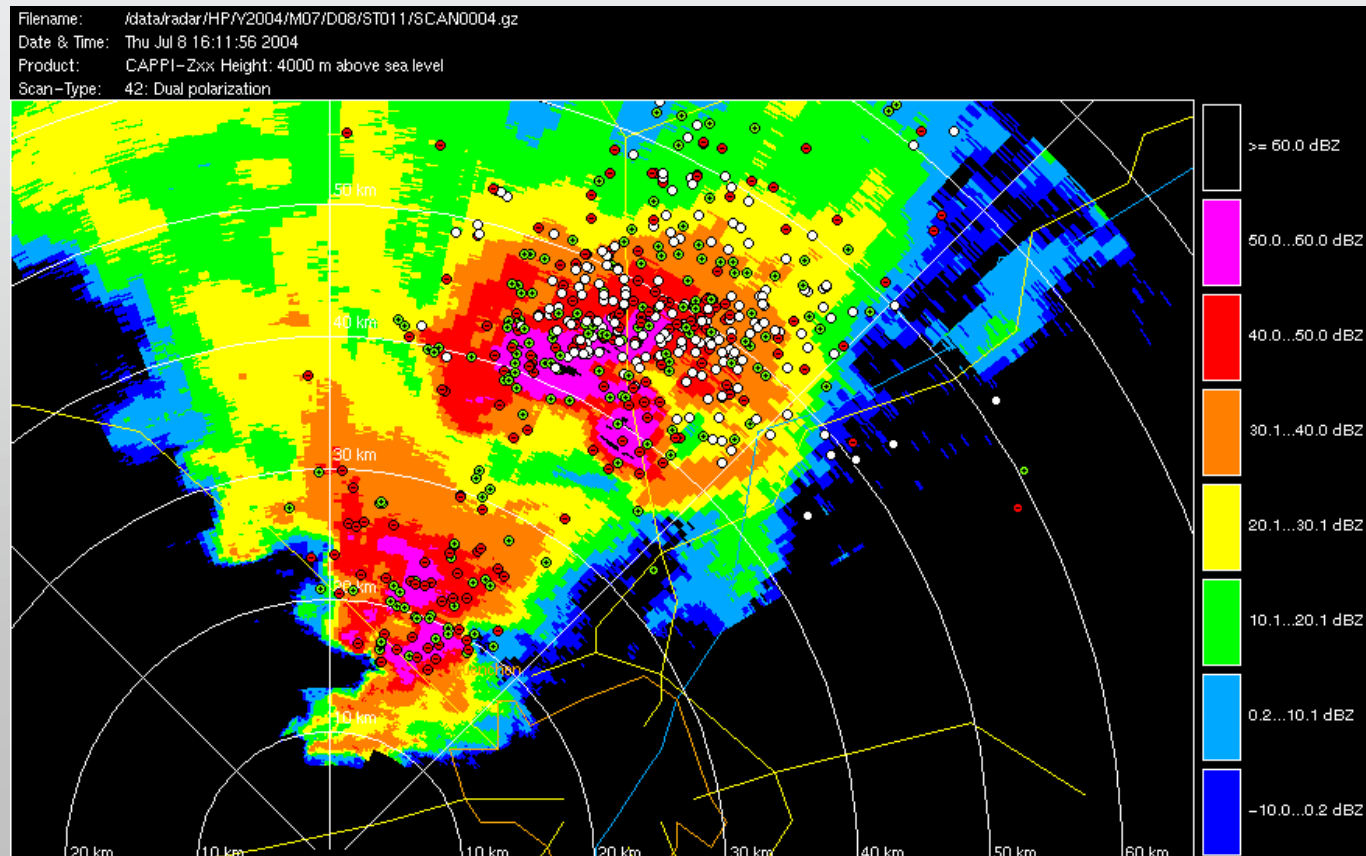


(25. Juli 2005)

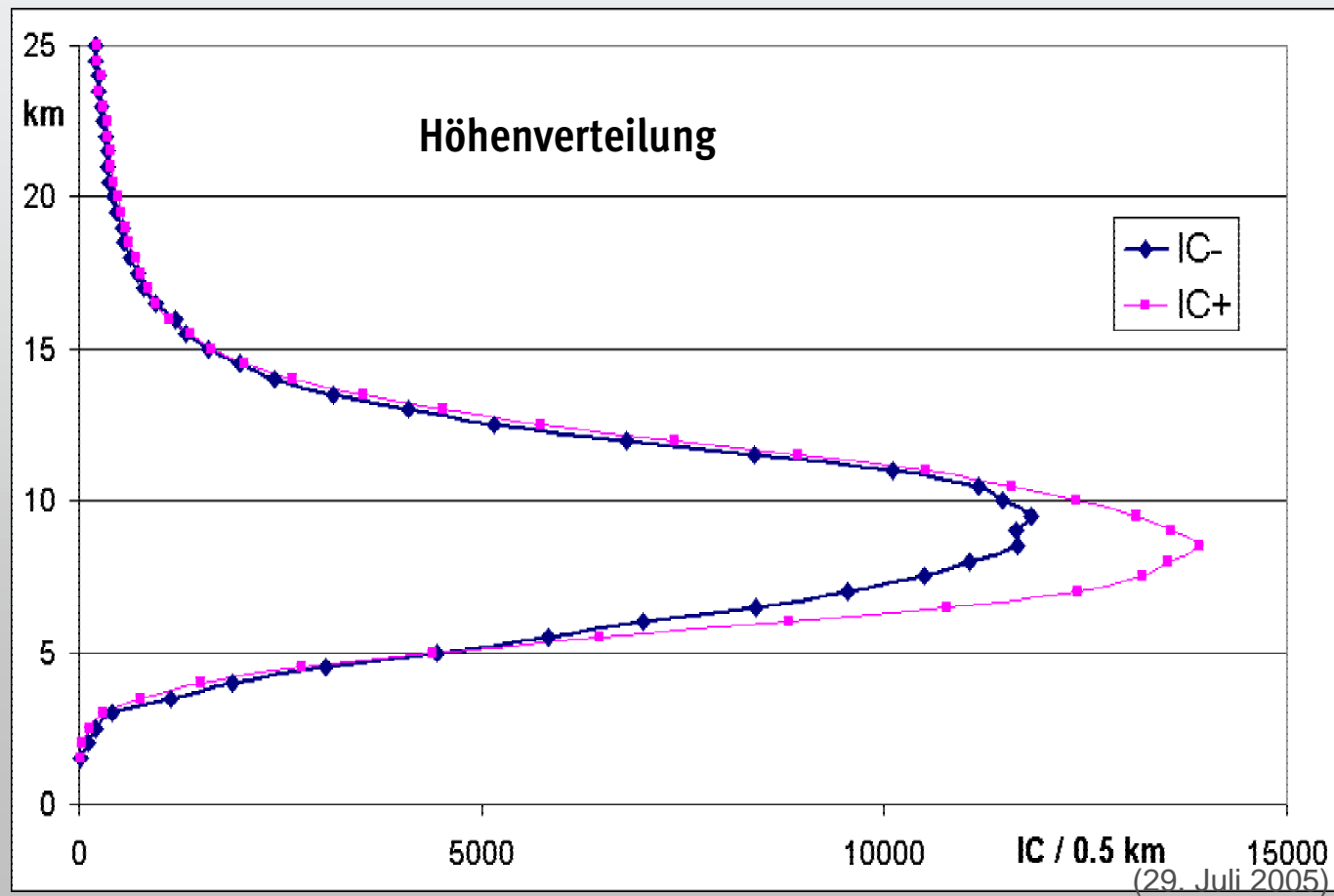
# Vergleich Blitz – Radar (DLR)

Superzelle:  
überwiegend  
IC

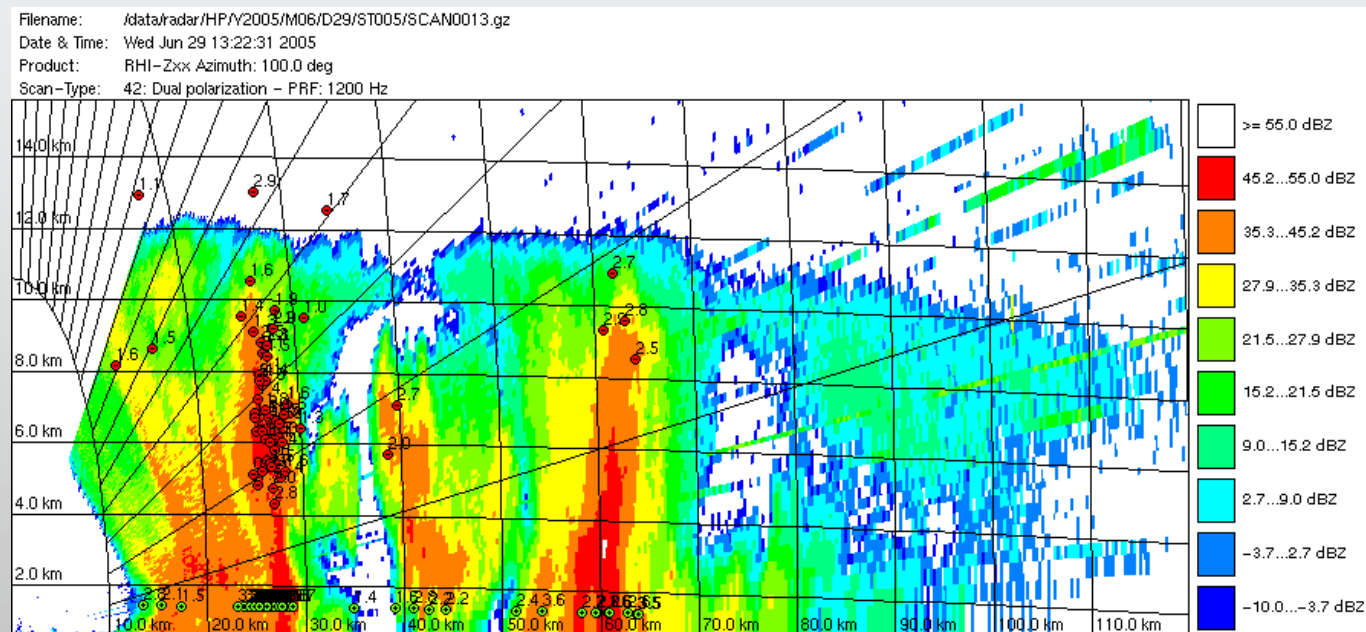
nur  
CG



### IC-Quellen (Gebiet München)

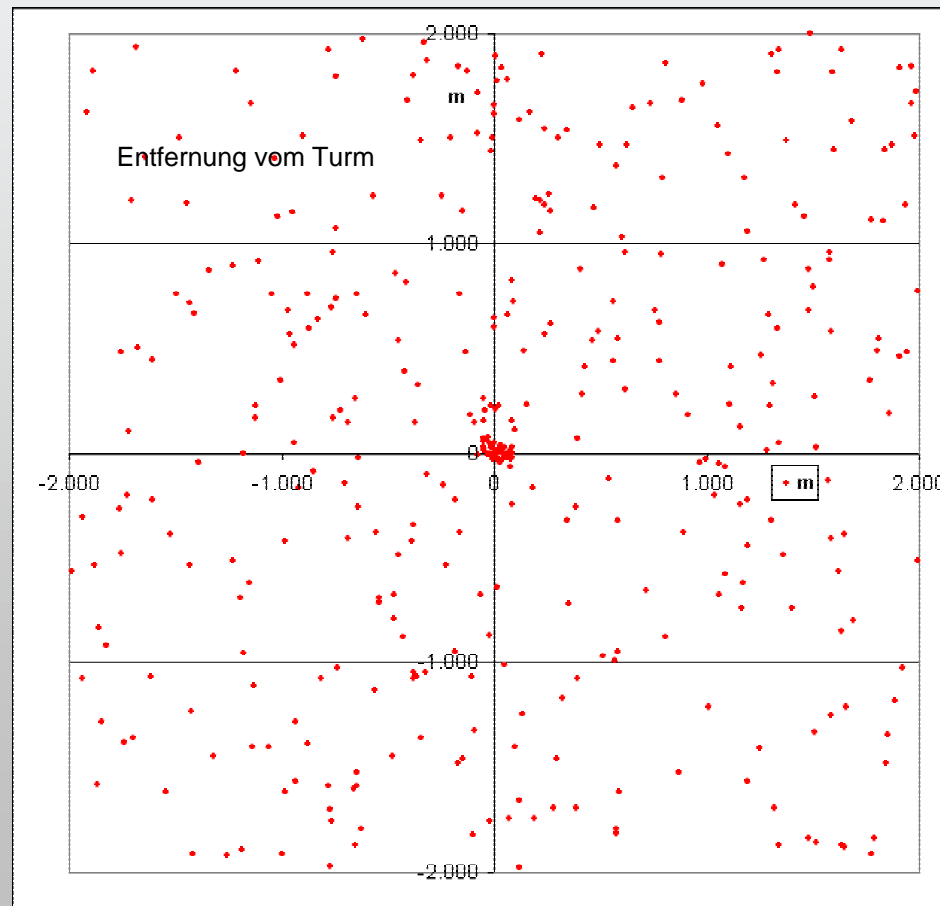


## Radar und IC Höhen

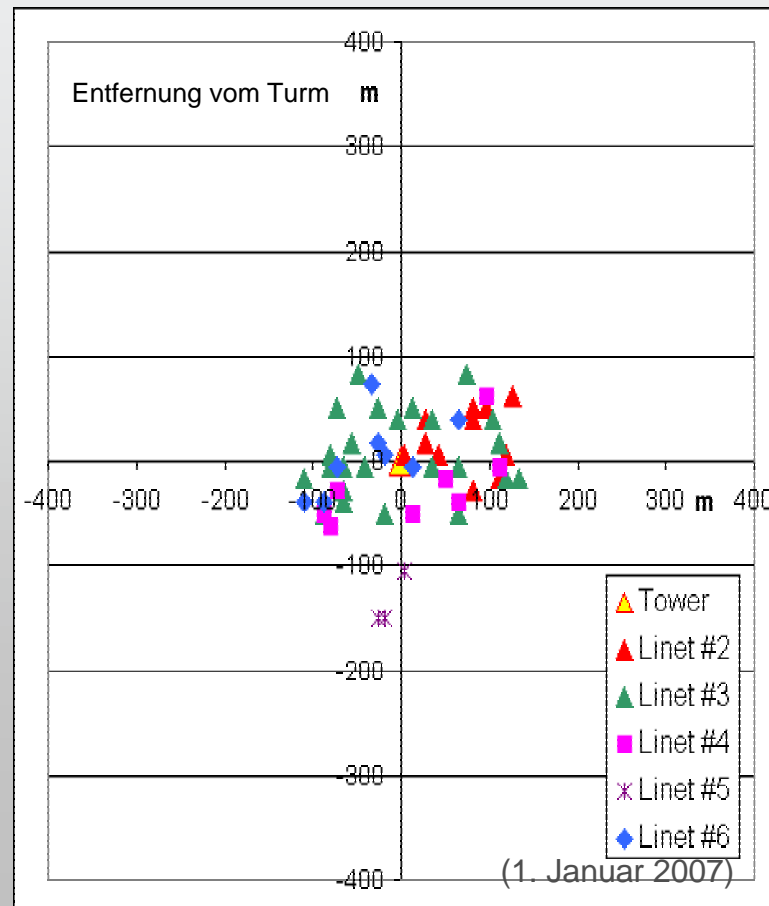


→ starke Konvektion in der Nähe von München DLR-POLDIRAD und LINET

## Blitzeinschläge in und bei einem Turm

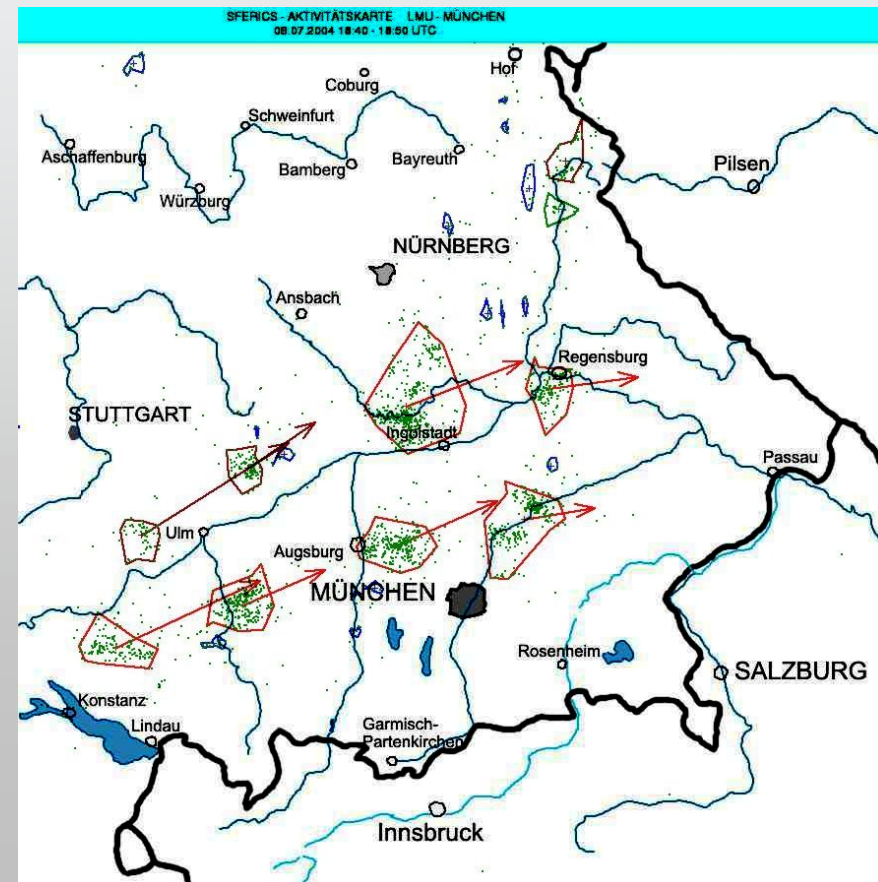


# Turmeinschlag in Slowenien



## Zellen-Verfolgung

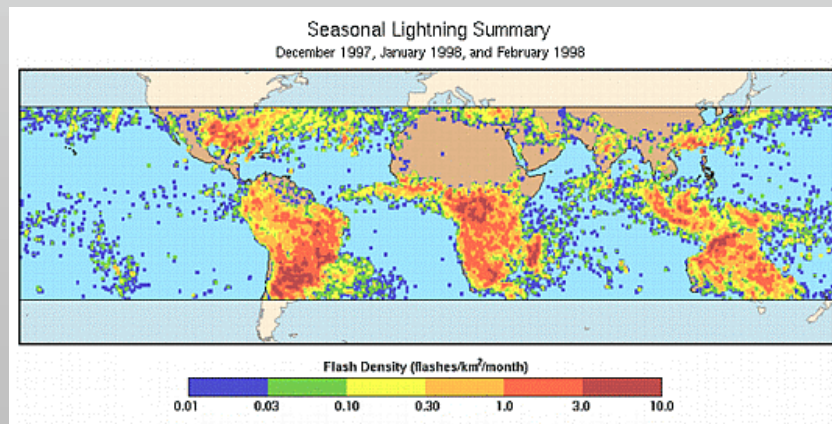
- Gruppierung von Einzelblitzen zu Clustern
- zeitliche Verfolgung jedes Clusters
- Voraussagen durch Extrapolation





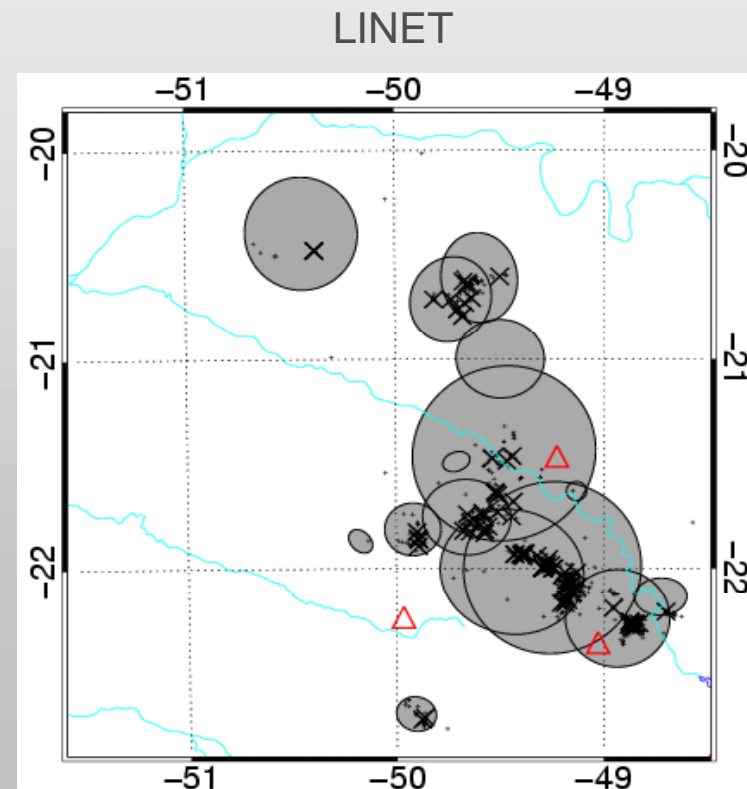
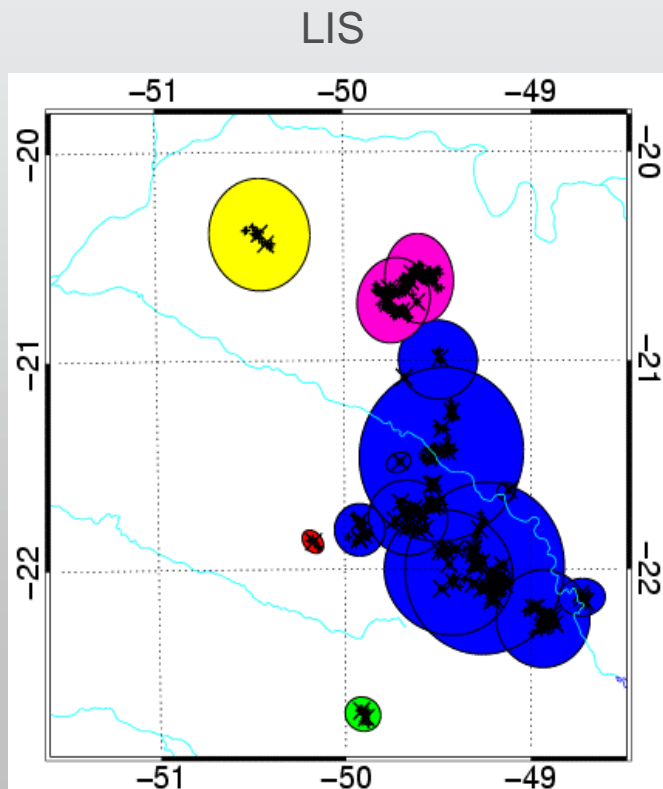
## Lightning Imagine Sensor (LIS)

- TRMM-Satellit (Tropical Rainfall Measuring Mission, Start: 28.11.1997)
- Neigung: 35 °, Beobachtung der Tropen: 35° s.B. – 35° n.B.
- Beobachtbare Fläche zu einem Zeitpunkt: 600 x 600 km<sup>2</sup>,  
Umlaufgeschwindigkeit: 7 km/s  
→ Eine Zelle kann 90 sec lang beobachtet werden



# Vergleich LMU – LIS

## Gebiet Bauru (Brasilien)



nowcast GmbH

Landsberger Straße 57  
82266 Stegen am Ammersee  
Telefon 08143 999-380  
Telefax 08143 999-389  
[www.nowcast.de](http://www.nowcast.de)  
[info@nowcast.de](mailto:info@nowcast.de)



Ansprechpartner: Peter Oettinger ([peter.oettinger@nowcast.de](mailto:peter.oettinger@nowcast.de))