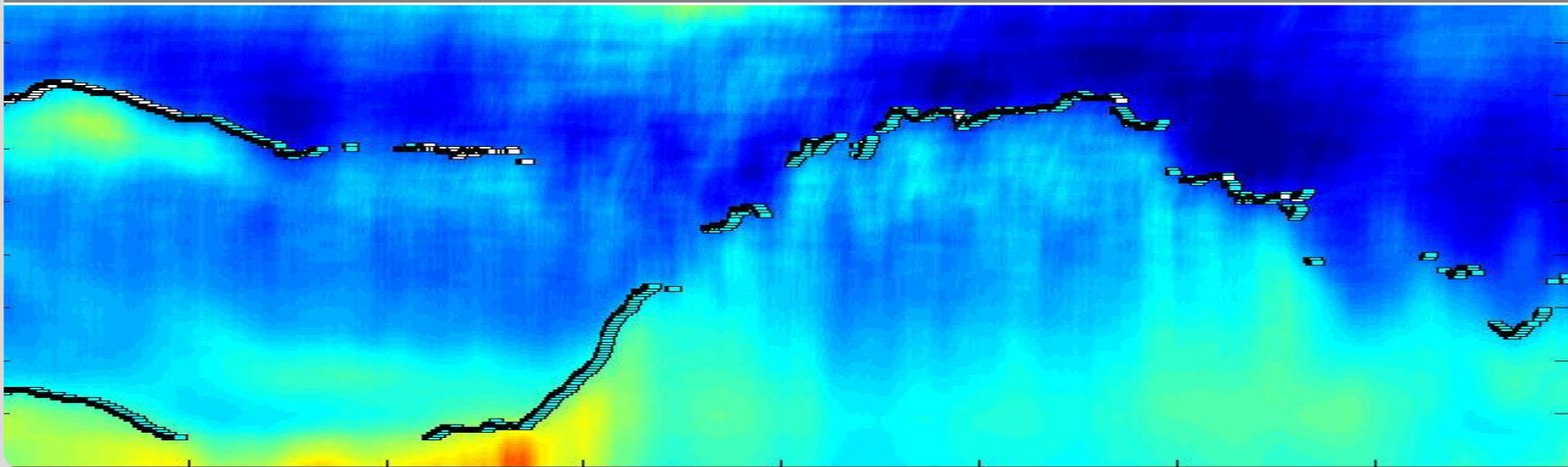


Fernerkundung zur Messung des Niederschlags

Stefan Emeis
Karlsruhe Institute of Technology
stefan.emeis@kit.edu

INSTITUTE OF METEOROLOGY AND CLIMATE RESEARCH, Atmospheric Environmental Research





In-situ Niederschlagsmessung



Wetterradar



In-situ-Messung:

- nicht für größere Gebiete repräsentativ
- große Fehler durch Windeinfluss
- Messnetze werden ausgedünnt, da personalaufwändig

Weterradar:

- für größere Gebiete geeignet
- schwer kalibrierbar (Tropfenspektrum notwendig)
- Im Gebirge schwierig (Abschattungen)

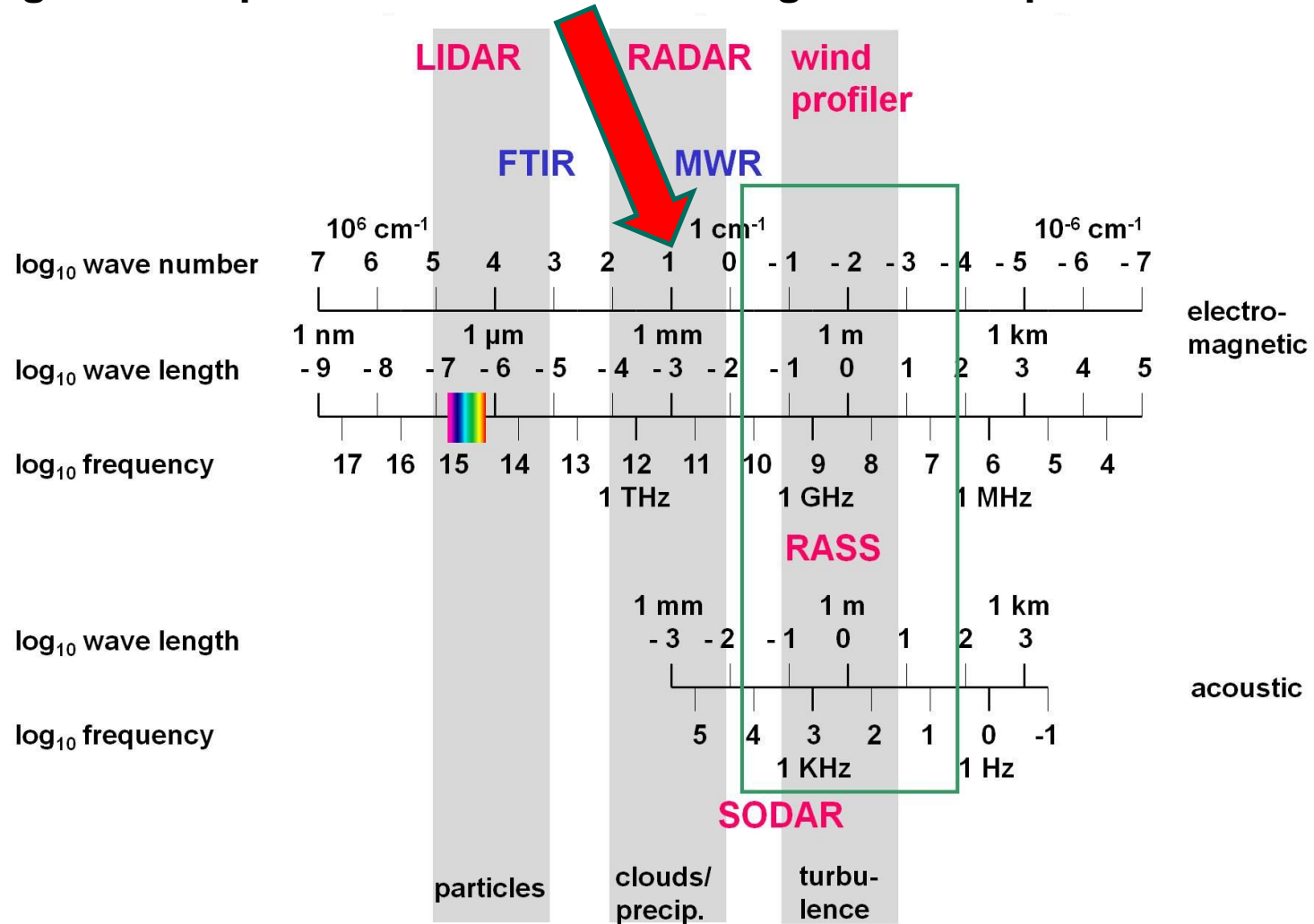
daher Suche nach weiteren Messtechniken

hier werden drei Fernmessverfahren vorgestellt:

zwei aktive, ein nahezu passives

- Mikro-Regen-Radar
- Satellitenmessungen
- Mikrowellenabschwächung

Mögliche Frequenzen zur Fernerkundung der Atmosphäre



Emeis, S., 2010: Measurement Methods in Atmospheric Sciences - In situ and remote. Borntraeger, Stuttgart, 272 pp., 103 figs, 28 tables, ISBN 978-3-443-01066-9.

1 Mikro-Regen-Radar



Ein **MRR** ist:

ein FMCW (frequency modulated continuous wave)-Radar

arbeitet im K-Band bei 24 GHz (1,25 cm)

Höhenreichweite einige Kilometer

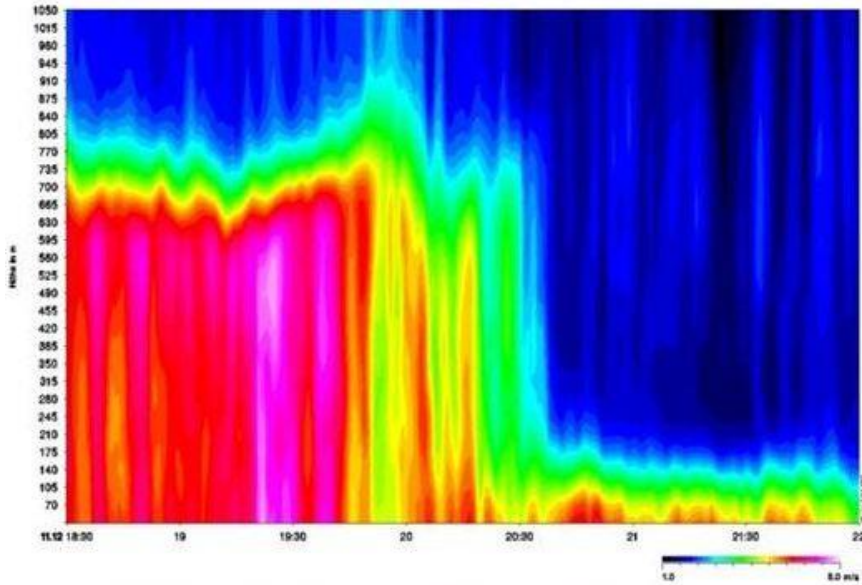
vertikale Auflösung hängt von der Zahl der gewählten Auswertintervalle ab
(einige 10 bis 100 m)

zeitliche Auflösung im Minutenbereich

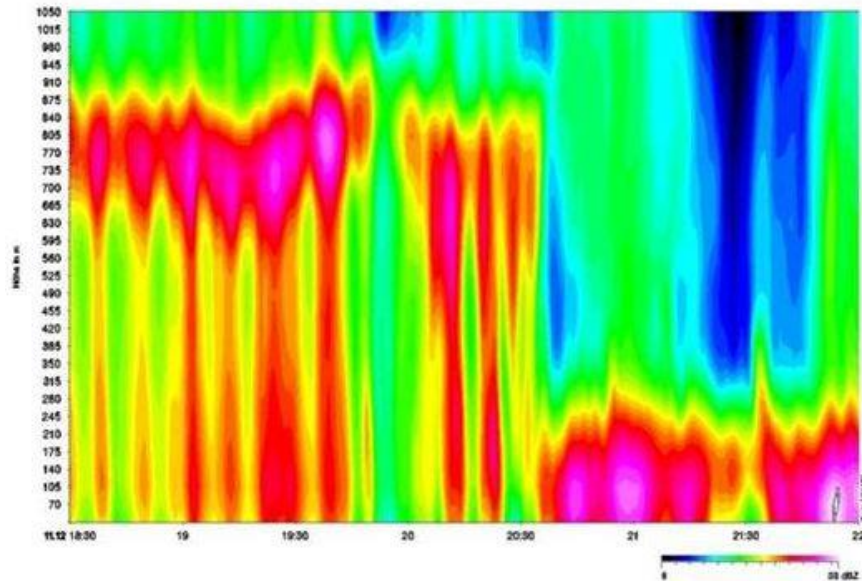
Gerät registriert höhenabhängig

- Intensität (→ Niederschlagsintensität und → Null-Grad-Grenze)
- Doppler-Verschiebung des an Niederschlagsteilchen rückgestreuten Signals
(→ Tropfengröße und → Unterscheidung Regen – Schnee)

Beispiel für eine Mikro-Regen-Radar-Messung



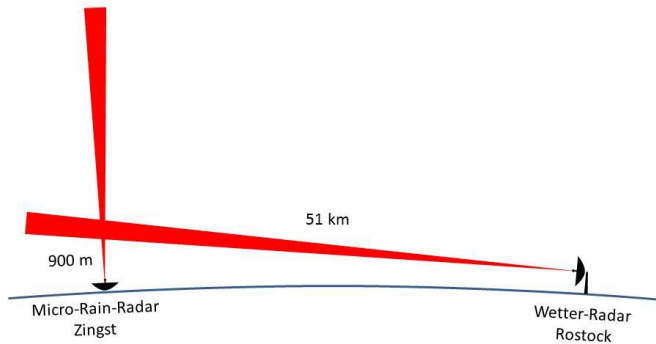
Zeit-Höhen-Diagramm (3,5 Stunden, 50-1050 m) der Fallgeschwindigkeit der Niederschlagsteilchen (blau: langsam, Schnee, grün: mittel, Schmelzzone, rot: schnell, Regen).



Zeit-Höhen-Diagramm der Rückstreuintensität für denselben Fall

(Bilder: METEK GmbH)

Vergleich Mikro-Regen-Radar mit Wetterradar



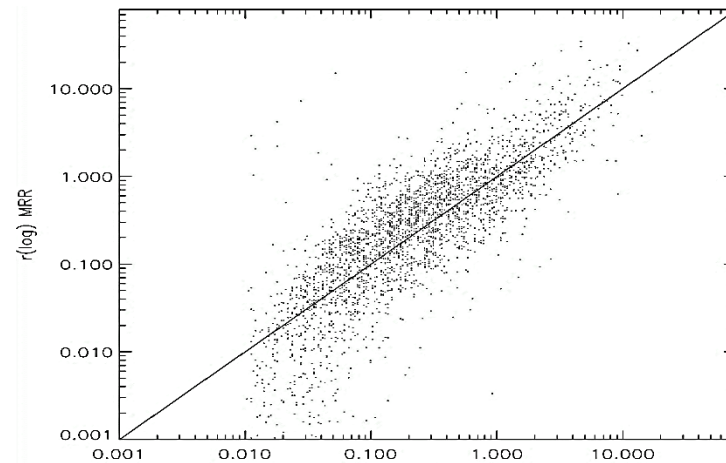
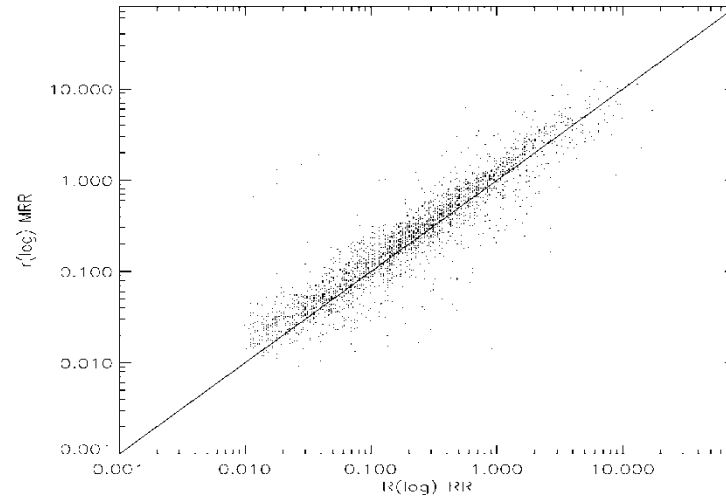
Potential des MRR: Verringerung des Fehlers, den man beim Wetterradar aufgrund der unbekanntenen Form des Tropfenspektrums macht.

Quelle: Diplomarbeit Uni Bonn, Malte Diederich 2004:
Measuring small scale inhomogeneity of rain with combined vertically pointing radars.

Regenrate MRR
aus Z-R-Beziehung

Regenrate MRR
aus Tropfenspektren

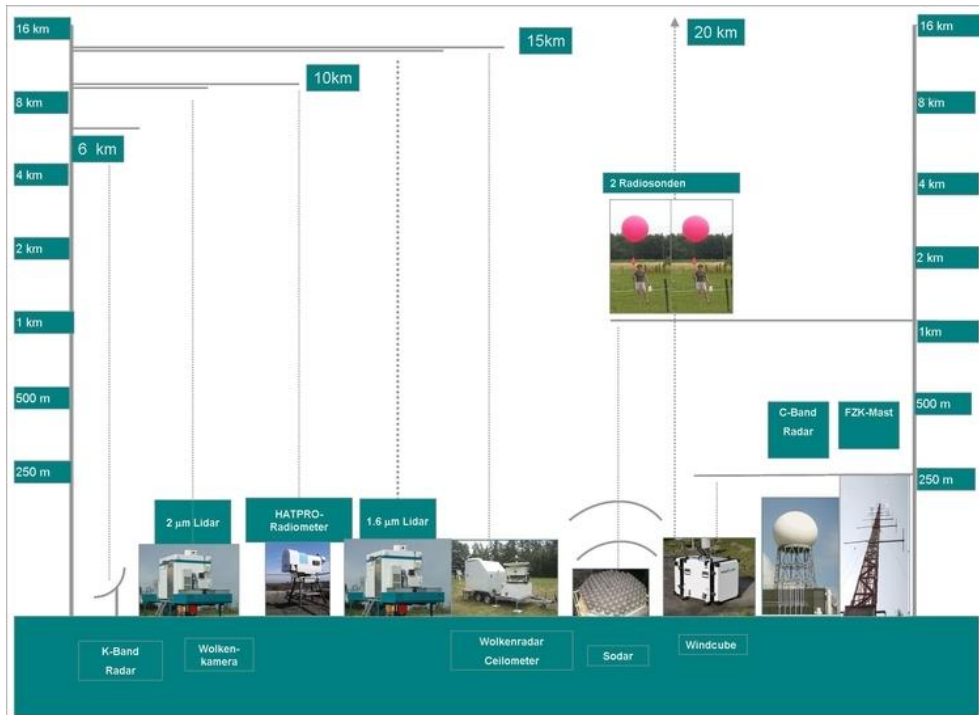
Vergleich der Regenraten Juni-September 2000



Regenrate Wetter-Radar aus Z-R-Beziehung

MRR ist auch Bestandteil des KITcubes

eines Messsystems des IMK-TRO
für ein atmosphärisches Volumen
von ca. 10 mal 10 mal 10 km³



<http://www.imk-tro.kit.edu/4635.php>

Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 633–647 (February 2014)
© by Gebrüder Borntraeger 2013

Open Access Article

KITcube – a mobile observation platform for convection studies deployed during HyMeX

NORBERT KALTHOFF^{1,*}, BIANCA ADLER¹, ANDREAS WIESER¹, MARTIN KOHLER¹, KATJA TRÄUMNER¹, JAN HANDWERKER¹, ULRICH CORSMEIER¹, SAMIRO KHODAYAR¹, DOMINIQUE LAMBERT², ANDREAS KOPMANN³, NORBERT KUNKA³, GALINA DICK⁴, MARRUS RAMATSCHI⁴, JENS WICKERT⁴ and CHRISTOPH KOTTMIEIER¹

¹Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-TRO), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Germany

²Laboratoire d'Aérodynamique, Université de Toulouse, Toulouse, France

³Institut für Prozessverarbeitung und Elektronik (IPE), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Germany

⁴Department of Geodesy and Remote Sensing, German Research Centre for Geosciences (GFZ), Potsdam, Germany

(Manuscript received August 9, 2013; in revised form October 2, 2013; accepted October 3, 2013)

Abstract

With the increase of spatial resolution of weather forecast models to order O(1 km), the need for adequate observations for model validation becomes evident. Therefore, we designed and constructed the “KITcube”, a mobile observation platform for convection studies of processes on the meso- γ scale. The KITcube consists of in-situ and remote sensing systems which allow measuring the energy balance components of the Earth's surface at different sites; the mean atmospheric conditions by radiosondes, GPS station, and a microwave radiometer; the turbulent characteristics by a sodar and wind lidars; and cloud and precipitation properties by use of a cloud radar, a micro rain radar, disdrometers, rain gauges, and an X-band rain radar. The KITcube was deployed fully for the first time on the French island of Corsica during the HyMeX (Hydrological cycle in the Mediterranean eXperiment) field campaign in 2012. In this article, the components of KITcube and its implementation on the island are described. Moreover, results from one of the HyMeX intensive observation periods are presented to show the capabilities of KITcube.

Keywords: HyMeX, convection, observation platform.

1 Introduction

During the last years, spatial resolution of weather forecast models increased to order O(1 km) allowing to resolve larger convective systems like thunderstorms. Convection, however, encompasses multiple scales from micro- to mesoscale. Therefore, the transition from convection initiation via shallow to deep convection is not simulated properly (BRYAN et al., 2003). Besides, understanding of processes and mechanisms governing the convection development has been limited up to now.

To improve the knowledge about convection, scaled-adapted measurements were performed (WECKWERTH et al., 2004; WILSON and ROBERTS, 2006; BROWNING et al., 2007; KOTTMIEIER et al., 2008; WULFMEYER et al., 2011). So-called superites were installed, where coordinated measurements of different in-situ and remote systems were exploited synergistically so that convective processes could be analysed (e.g. MILLER and SLINGO, 2007; BEHRENDT et al., 2011; CORSMEIER et al., 2011;

KALTHOFF et al., 2013). Often, smaller-scale meteorological networks were embedded in larger-scale investigation domains to capture spatial inhomogeneities. Aircraft missions, including dropsonde releases, were performed to flexibly respond to convection evolution.

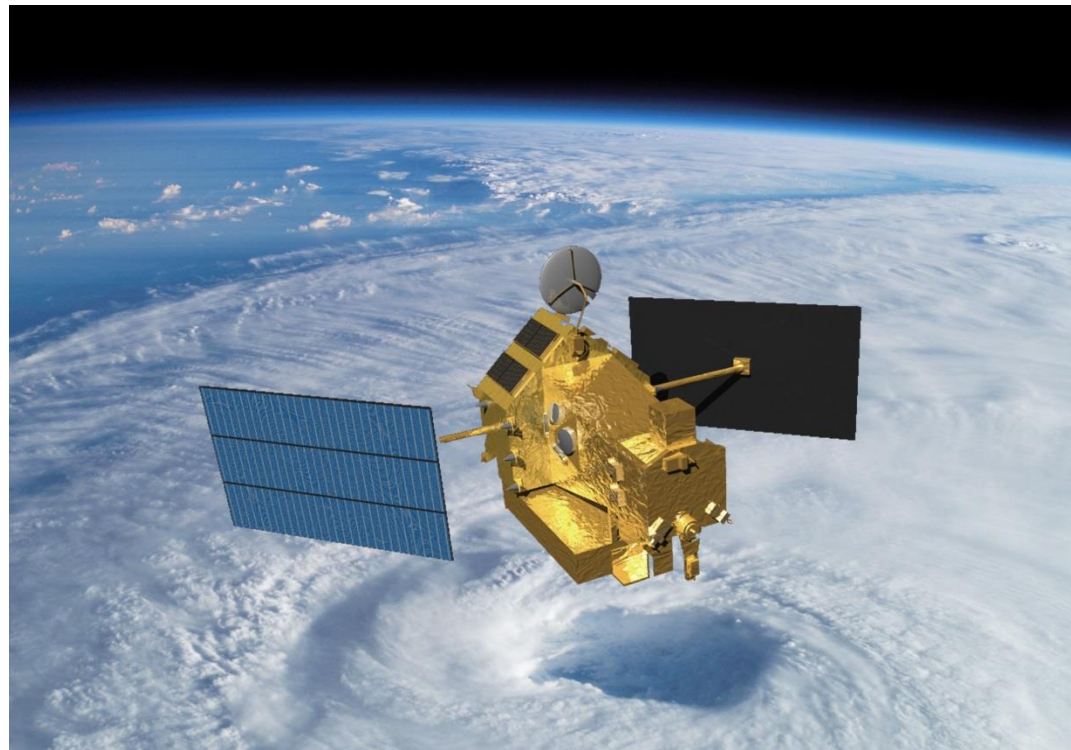
From these and previous observations, it was found that convection in many cases was initiated by low-level convergence zones (KHODAYAR et al., 2010; 2013) and favoured by small-scale moisture variability (WECKWERTH, 2000). Convergence zones are often generated by mesoscale surface heterogeneities, e.g. given soil moisture (TAYLOR et al., 2011) and land-sea contrast or orography (KALTHOFF et al., 2009). Besides triggering, convergence zones also support continued growth of convection because of the permanent upward motion and moisture transport there. For mountainous terrain, additional types of thunderstorm initiation mechanisms were distinguished (e.g. BANTA, 1990): direct orographic lifting and obstacle or aerodynamic effects (blocking, flow deflection, gravity wave effects). The influence of islands on the triggering of thunderstorms was also documented well (e.g. WILSON et al., 2001; QIAN, 2007). Mountainous islands turned out to be most effective, because sea breezes and valley winds that are roughly

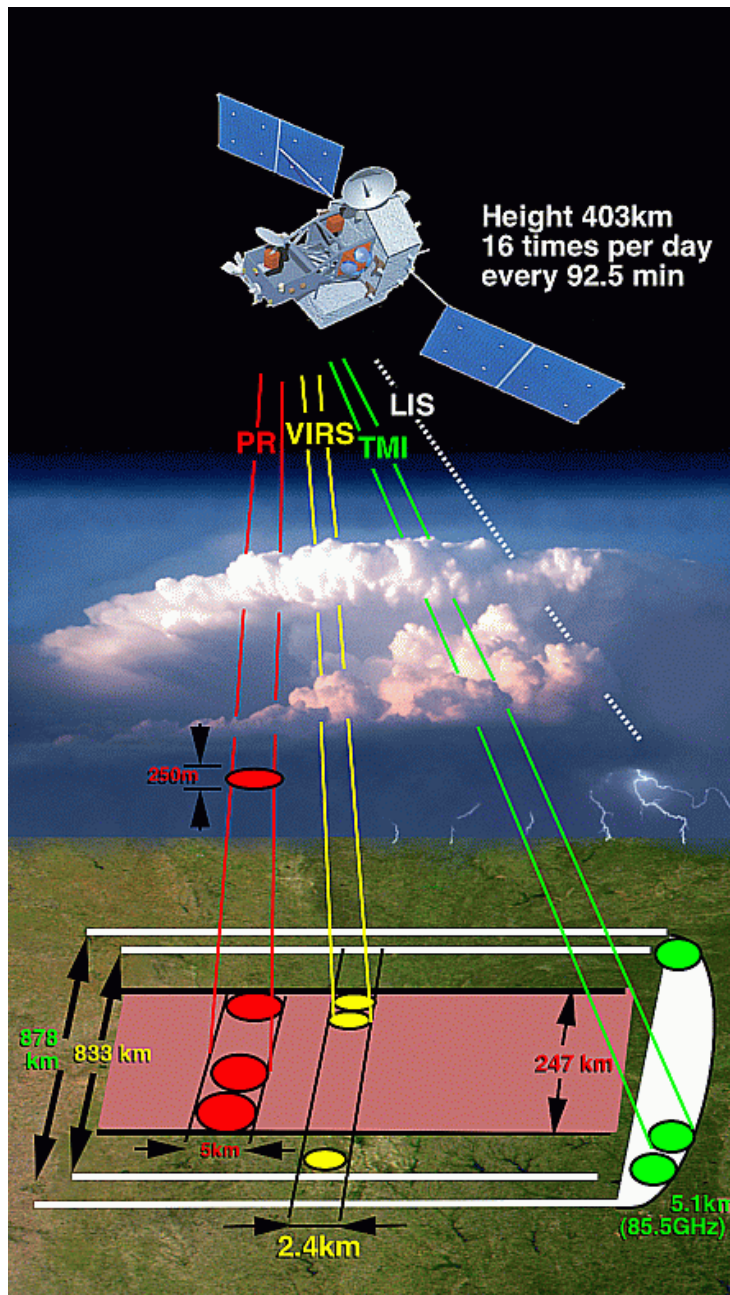
*Corresponding author: Norbert Kalthoff, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-TRO), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), POB 3640, 76021 Karlsruhe, Germany, e-mail: norbert.kalthoff@kit.edu

DOI 10.1127/0941-2948/2013/0542

0941-2948/2013/0542 \$ 6.75
© Gebrüder Borntraeger, Stuttgart 2013

2 Niederschlagsmessung vom Satelliten aus





TRMM

Tropical Rainfall Measurement Mission

1997 gestartet

Flughöhe: 403 km

Ku-Band Radar: 13,8 GHz, 2,17 cm

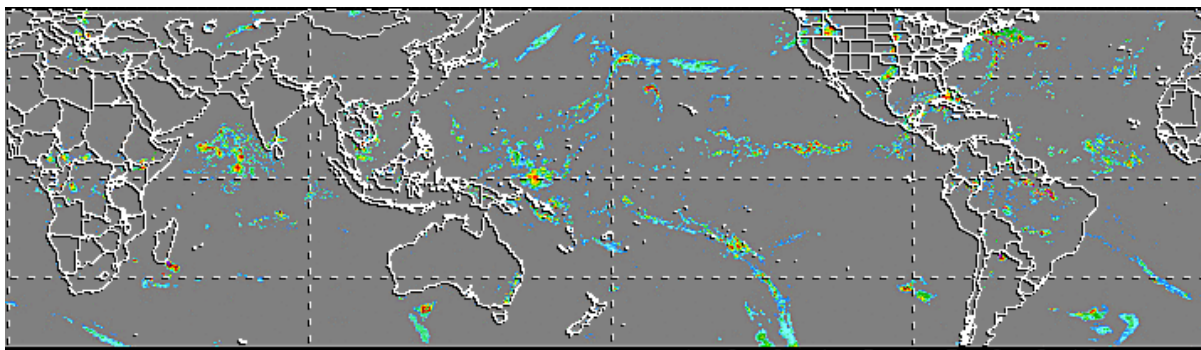
Energie: 224 Watt

horizontale Auflösung: 5 km

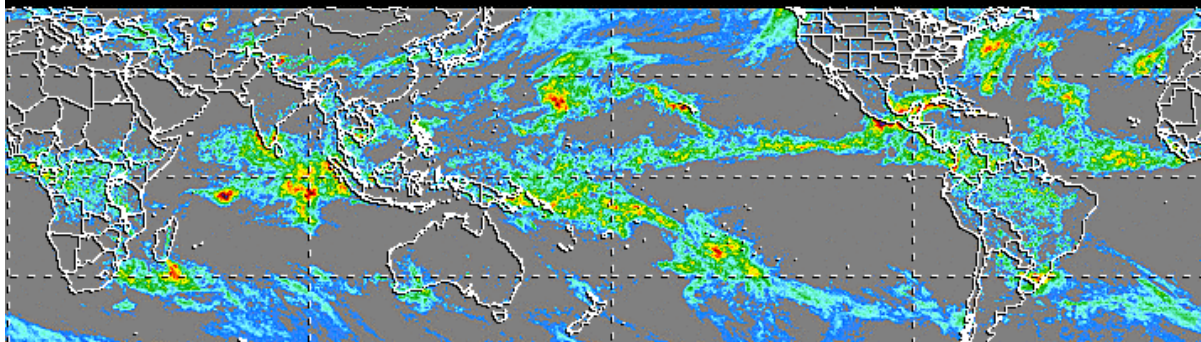
vertikale Auflösung: 250 m

min. Intensität: 0,7 mm/hr

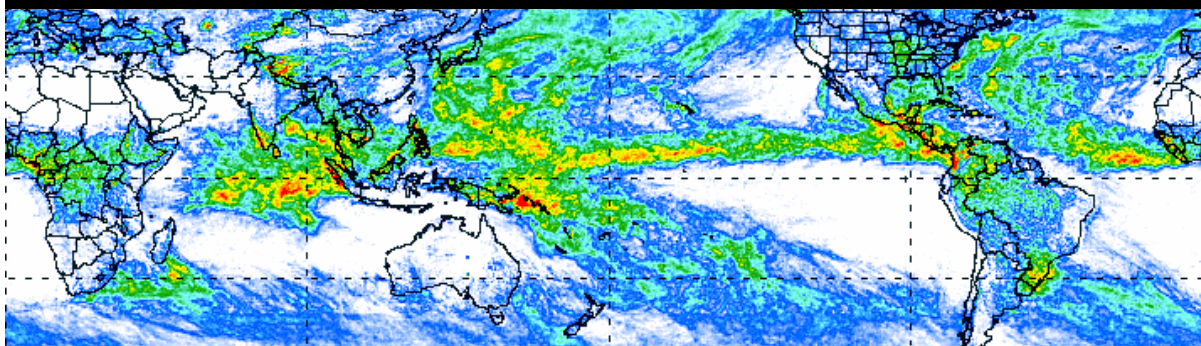
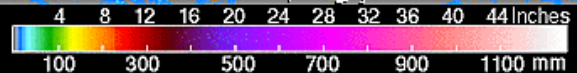
http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/background.html



23 OCT 2014 0600 UTC



23 OCT 2014 0600 UTC



23 OCT 2014

Average Rainfall
For Last 30 Days (mm/d)



TRMM-Produkte

Niederschlagssummen

oben: 3 Stunden

http://trmm.gsfc.nasa.gov/affinity/affinity_3hrly_rain.html

Mitte: eine Woche

http://trmm.gsfc.nasa.gov/affinity/affinity_3hrly_rain.html

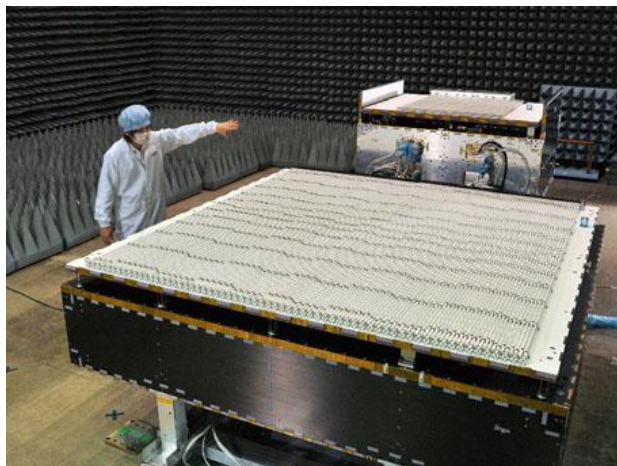
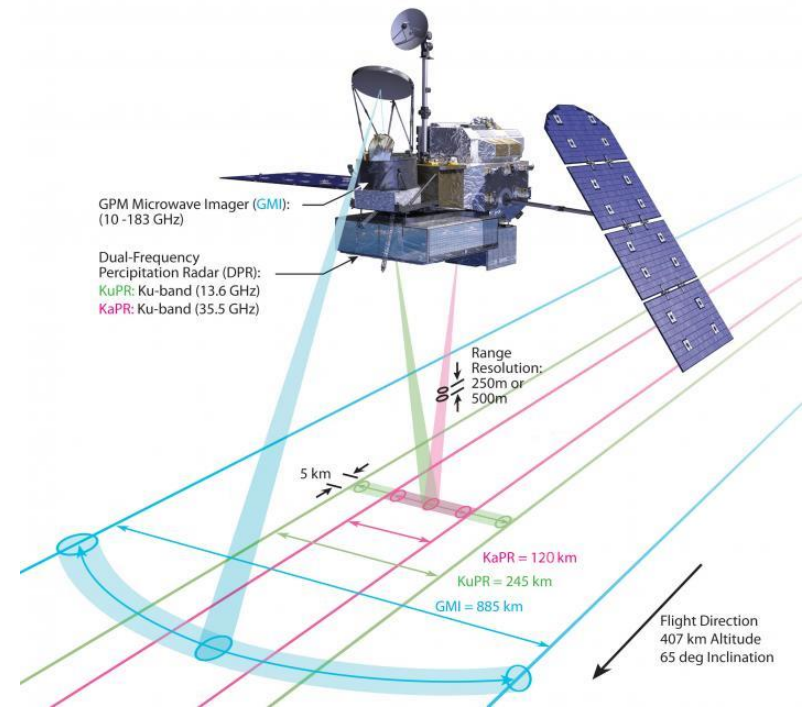
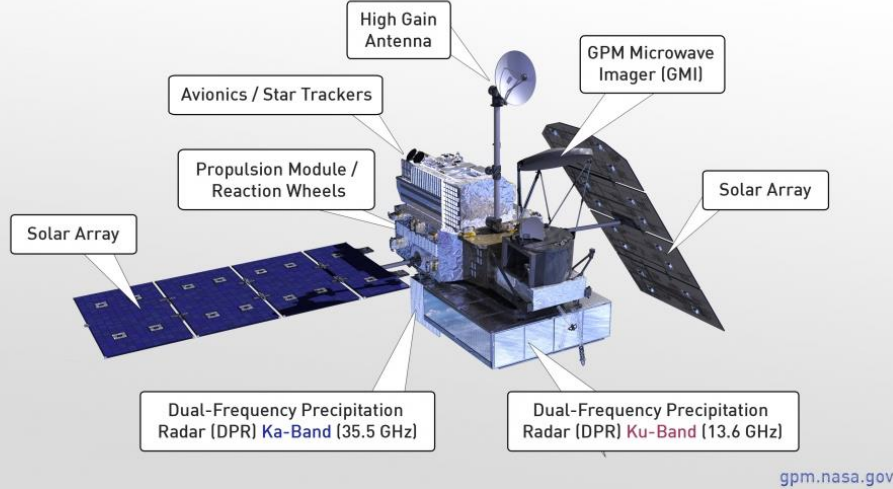
unten: ein Monat

http://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/thirty_day.html

Nachfolge mission GPM



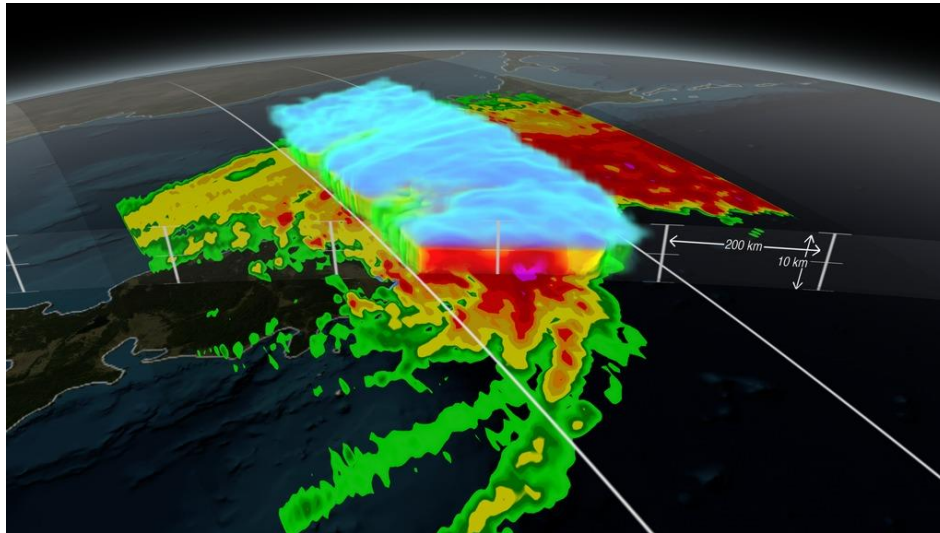
Global Precipitation Measurement
Core Observatory



DPR

http://www.nasa.gov/mission_pages/GPM/overview/index.html

Nachfolgemission GPM



Typhoon Phanfone, 15. Oktober 2014
Scan nördlich Tokio

gestartet: 27. Februar 2014

Zwei-Frequenz-Radar

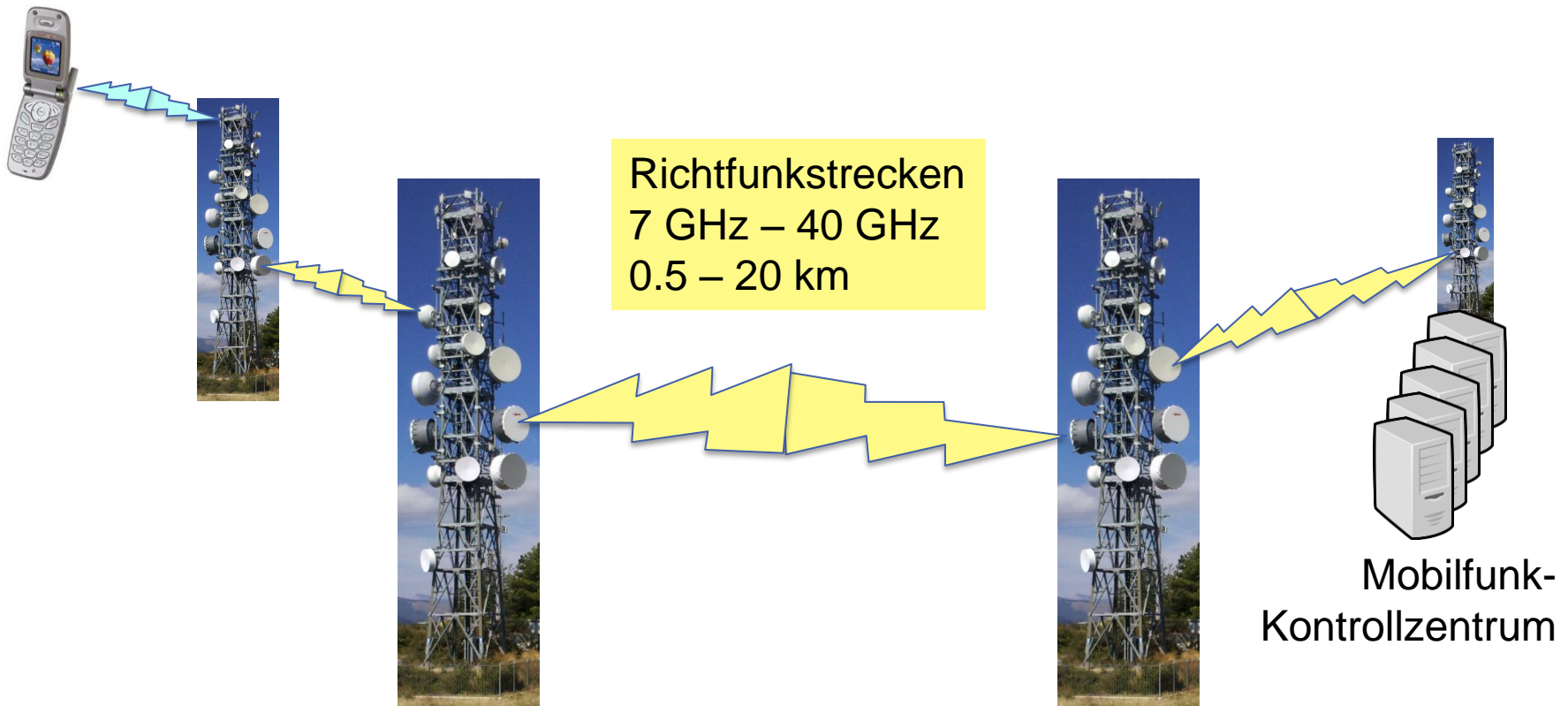
35,5 und 13,6 GHz

gibt Information über Tropfengröße

fliegt bis 65° nördlicher und südlicher
Breite

<http://pmm.nasa.gov/image-gallery/gpm-scans-typhoon-phanfone>

3 Richtfunk-Signalabschwächung



Niederschlag streut und dämpft die Ausbreitung von Mikrowellen zwischen 1 und 100 GHz (30 cm bis 3 mm)

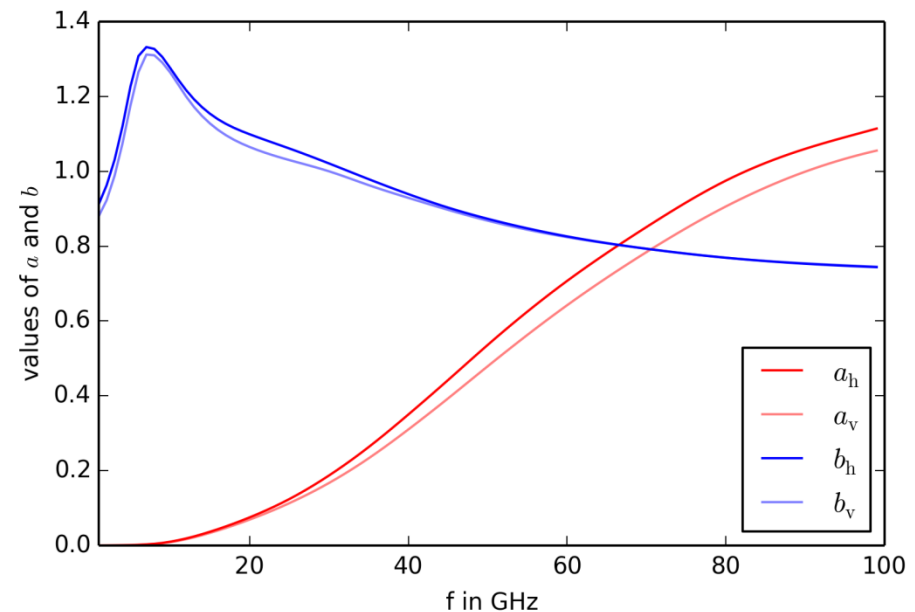
Mobilfunk-Netze verwenden Frequenzen von 7 bis 40 GHz

in Europa 0,3 Mobilfunkstrecken pro km²

Abschwächung

$$A = aR^b$$

Regenrate



Literatur:

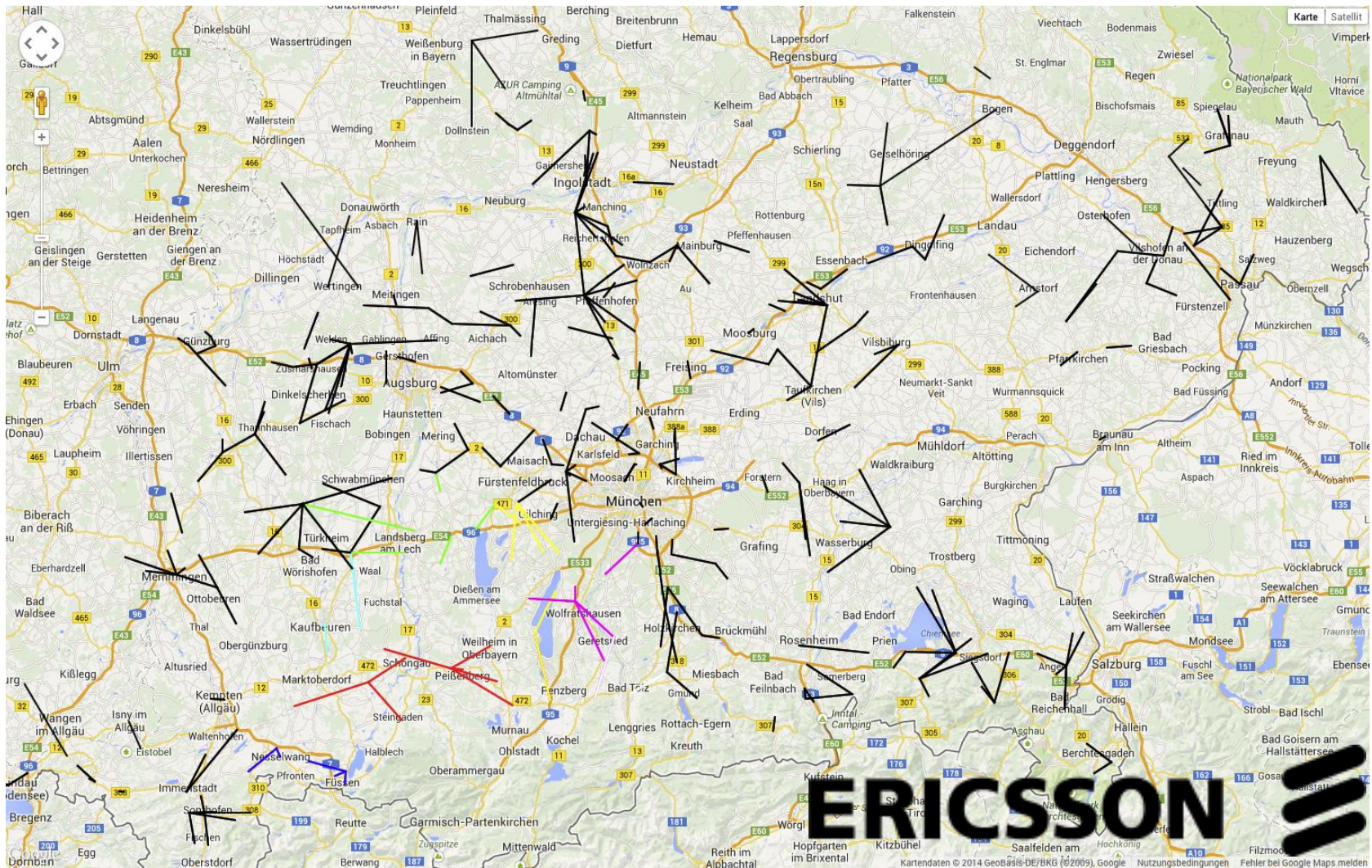
Messer, H., Zinevich, A., and Alpert, P., 2006: Environmental monitoring by wireless communication networks. *Science*, **312**, 5774.

Chwala, C., A. Gmeiner, W. Qiu, S. Hipp, D. Nienaber, U. Siart, T. Eibert, M. Pohl, J. Seltmann, J. Fritz, H. Kunstmann, 2012: Precipitation observation using microwave backhaul links in the alpine and pre-alpine region of Southern Germany. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **16**, 2647–2661.

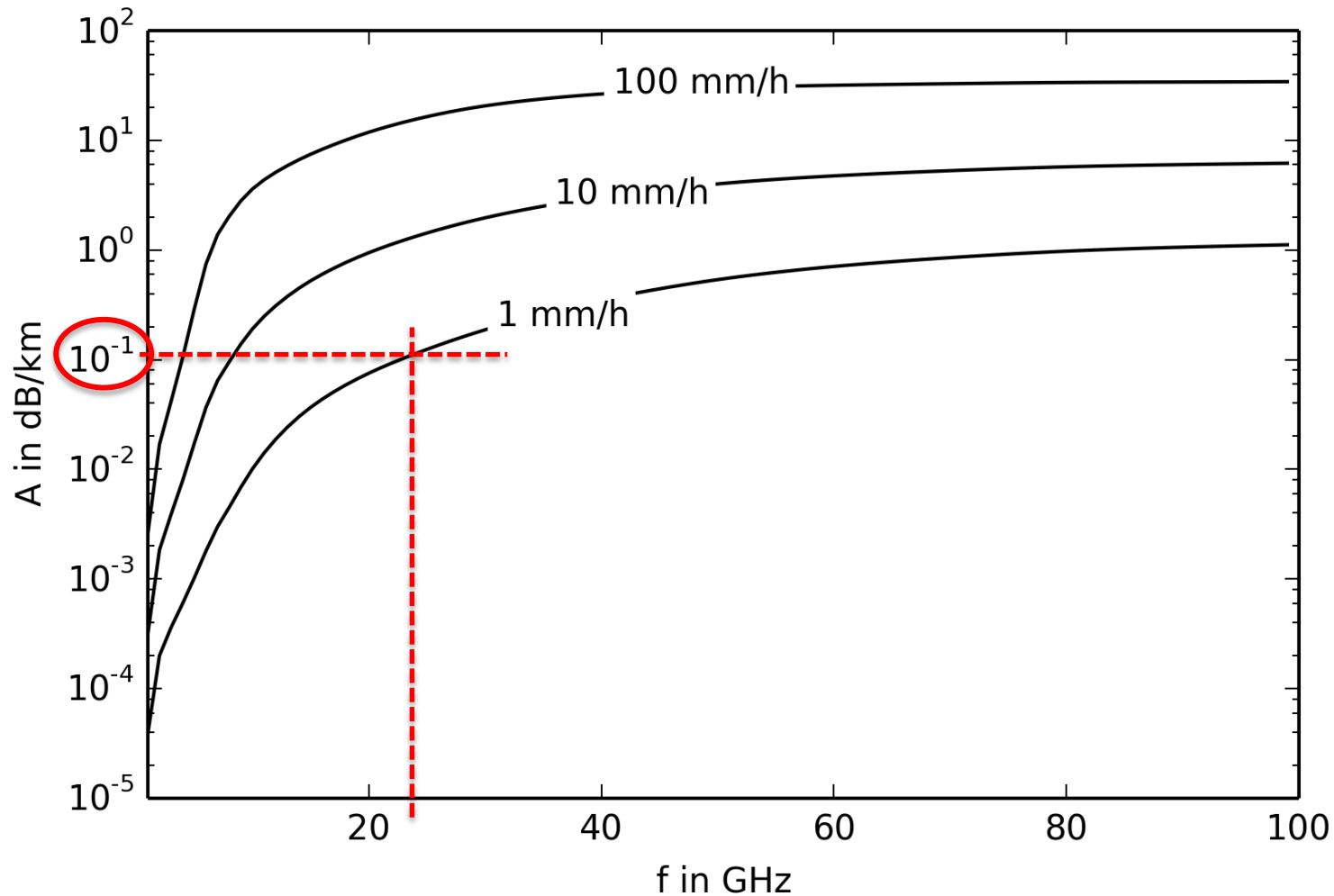
Overeem, A., Hidde Leijnse, Remko Uijlenhoet, 2013: Country-wide rainfall maps from cellular communication networks. *PNAS*, **110**, 2741-2745.

Chwala, C., H. Kunstmann, S. Hipp, U. Siart, 2014: A monostatic microwave transmission experiment for line integrated precipitation and humidity remote sensing. *Atm. Res.*, **144**, 57–72.

Teil des Ericson Netzwerks



Nahezu lineare Beziehung zwischen Abschwächung und Regenrate



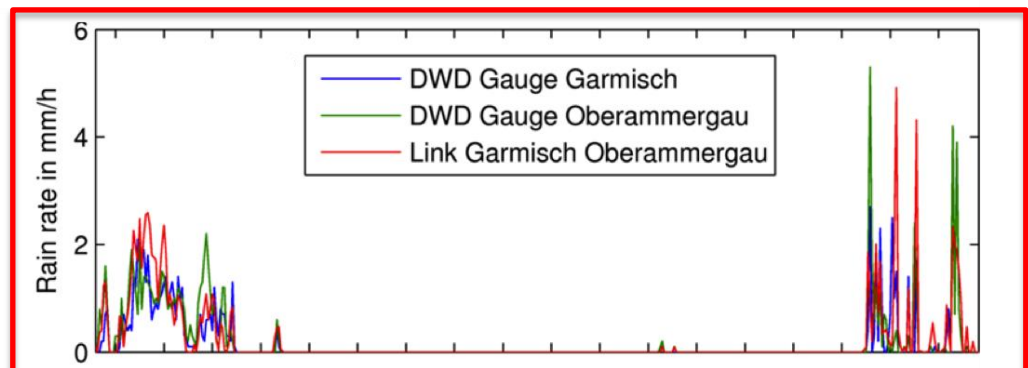
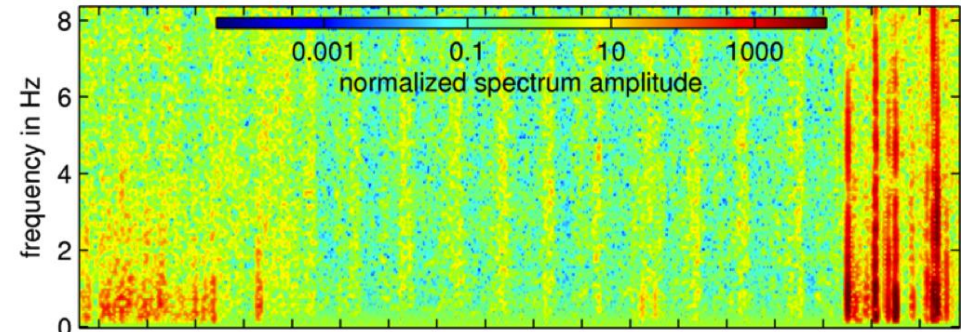
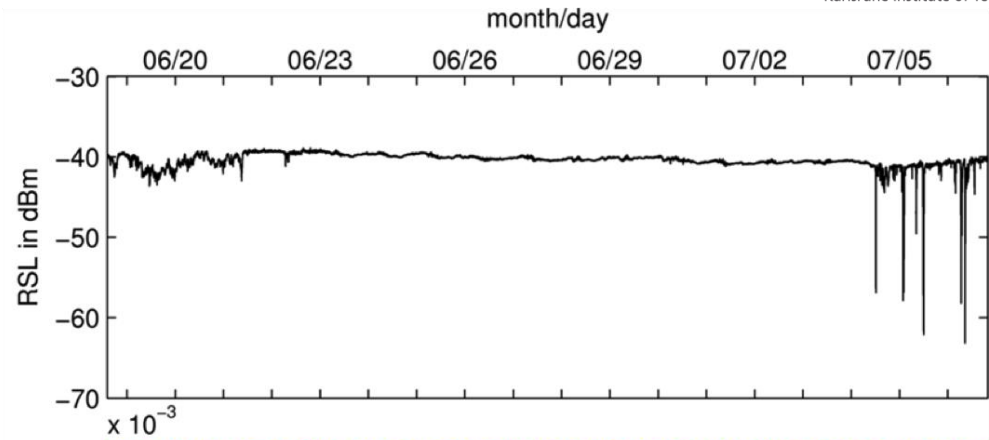
empfangenes
Signal (RSL)



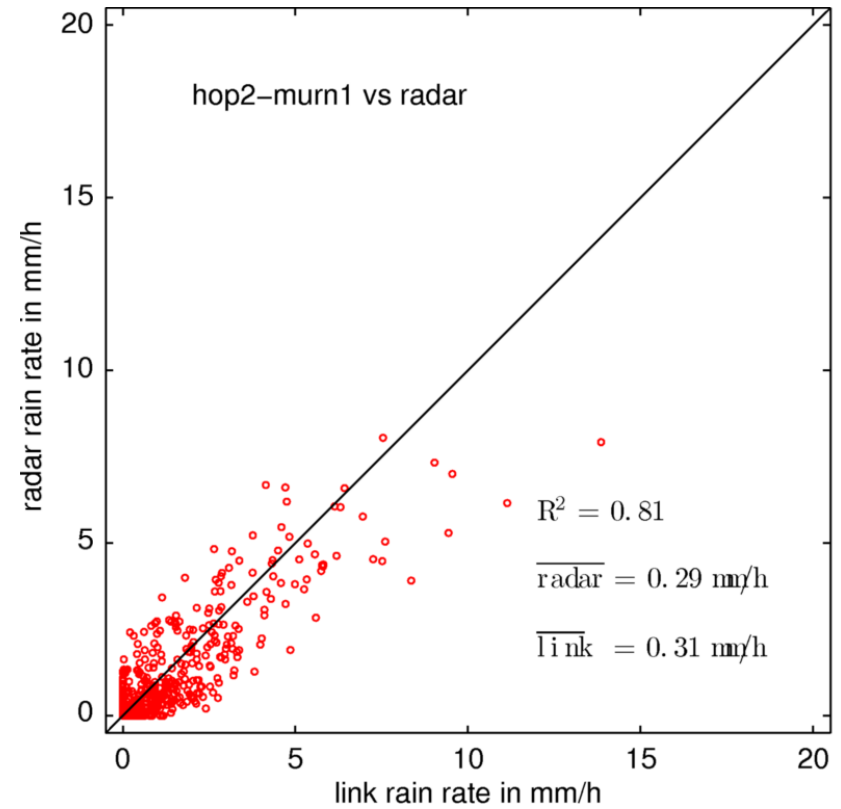
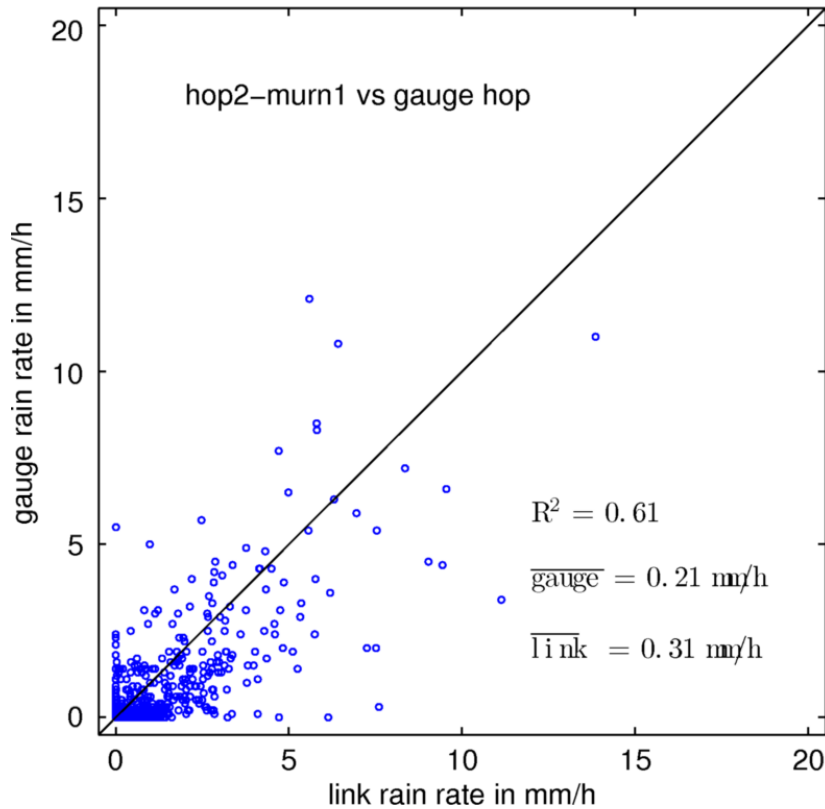
Aufspüren von
Regenepisoden mit
Spektralanalyse



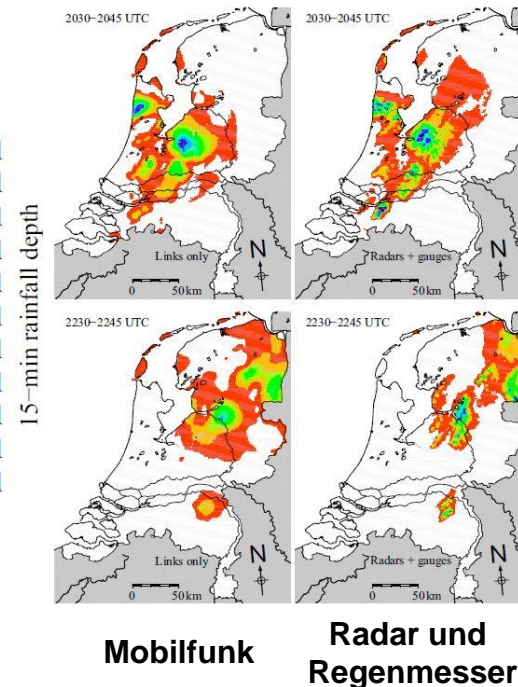
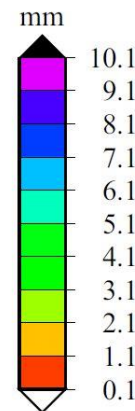
Regenrate berechnen



Stündliche Regenraten Juli 2010 – Oktober 2010



flächenhafte Erfassung des Niederschlags mit Mobilfunk-Abschwächung möglich



räumliche Auflösung beim Radar etwas besser

Quelle: Overeem, A., Hidde Leijnse, Remko Uijlenhoet, 2013: Country-wide rainfall maps from cellular communication networks. PNAS, **110**, 2741-2745.

aber: Mobilfunk-Strecken sind eine gute Ergänzung



■ Regenmesser

- **Punktmessung**
- Am Boden
- Direkte Messung
- **Positionierung und Verteilung problematisch**

■ Mobilfunk

- Linienintegral
- geländefolgend
- Indirekte Messung
- Existierendes weltweites Netzwerk

■ Radar

- Volumenmessung
- **in der Höhe**
- **Indirekte Messung**
- **teuer**

Zusammenfassung:

Es gibt heute eine Vielzahl von Möglichkeiten der Fernerkundung. Die Entwicklung ist sicher noch nicht beendet.

Teilweise lassen sich vorhandene Techniken wie Mobilfunk „zweckentfremden“

Mikro-Regen-Radar: lokal: Vertikalprofil des Tropfenspektrums

Satelliten: flächendeckend, aber nur zu bestimmten Zeitpunkten, begrenzte Auflösung

Mobilfunkabschwächung: bodennah, geländefolgend, nahezu flächendeckend
zusätzlich möglich: Informationen über Luftfeuchte

Meteorologische Zeitschrift: jetzt vollständig „OPEN ACCESS“

5Jahres-Impaktfaktor (ISI): 1,986

www.metzet.de

The screenshot shows the website for the Meteorologische Zeitschrift. At the top, there is a navigation bar with links for 'Home', 'Publikationen', 'Zeitschriften & Reihen', and 'Shop'. The main header features the journal title 'Meteorologische Zeitschrift' in large green letters. Below the header, a navigation menu on the left lists various options such as 'Über', 'FastTrack papers (Preprints)', 'Aktuelles Heft', 'Alle erschienenen Bände', 'Meistzitierte Arbeiten', 'Classic paper series', 'Redaktion', 'Online Zugriff', 'Autorenhinweise', 'Hinweise für Reviewer', 'Sonderhefte', 'Manuskript online einreichen', and 'Abonnement Informationen'. The main content area displays '11 vorveröffentlichte Arbeiten verfügbar (klicken Sie hier um diese zu sehen)' and 'Meteorologische Zeitschrift - Band 23'. Below this, there is a section for 'Alle erschienenen Bände' with links for 'Heft 3', 'Heft 2', and 'Heft 1'. The 'Heft 3' section highlights a 'Special Issue: The DACH Conference 2013' held in Innsbruck, Austria, from September 2-6, 2013. It provides details about the issue: 145 pages, 21x30cm, 650 g, in English, with article number E5025012303, paperback format, and an internal article link. A thumbnail of the journal cover for Volume 23, 2014, no. 3 is also shown, featuring the journal title and 'Open Access' logo.



**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit**

