

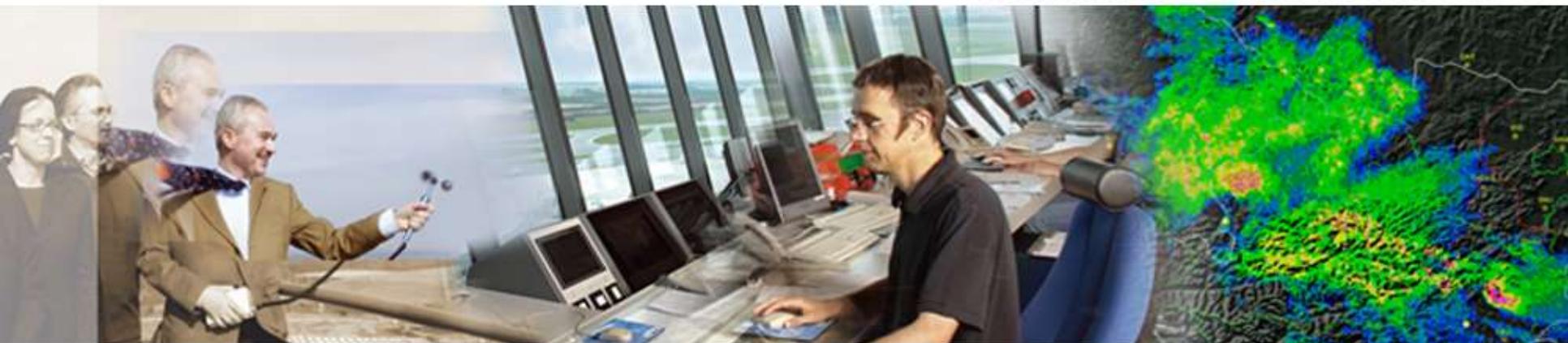
# Weterradar (WXR): Konvektion im Remote/AUTO-METAR

Herausforderungen für die radar-basierte automatische Erfassung von konvektiven Ereignissen im Alpenraum im Bereich der Luftfahrt.

ÖGM-DMG Fortbildungstag / Flugmeteorologie  
25.Nov.2016, Hall i.T

Rudolf Kaltenböck

SICHERHEIT LIEGT IN DER LUFT



# Inhalt

- ▶ Hochreichende Konvektion – Luftfahrt
- ▶ Gewitter im Alpenraum
- ▶ Remote/AUTOMETAR – Konvektion
- ▶ Zukünftige Entwicklungen



# Gewitter – Luftfahrt - Sicherheit

Vereisung



Blitzschlag



Turbulenz / Windscherung



Hagel



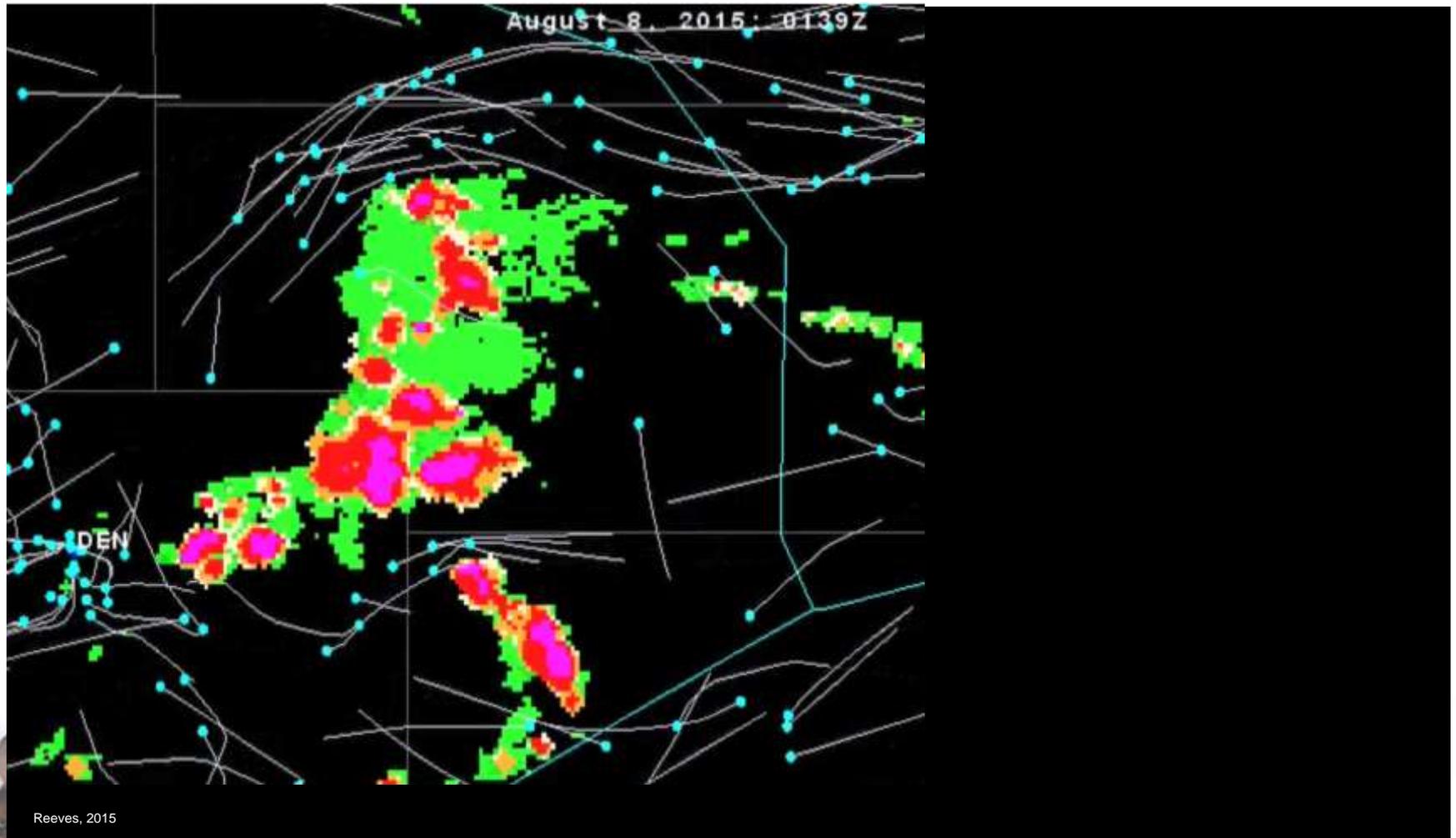
Starkniederschlag, Sicht



# Gewitter – Luftfahrt – Sicherheit

## Notlandung Denver – WXR - Hagel

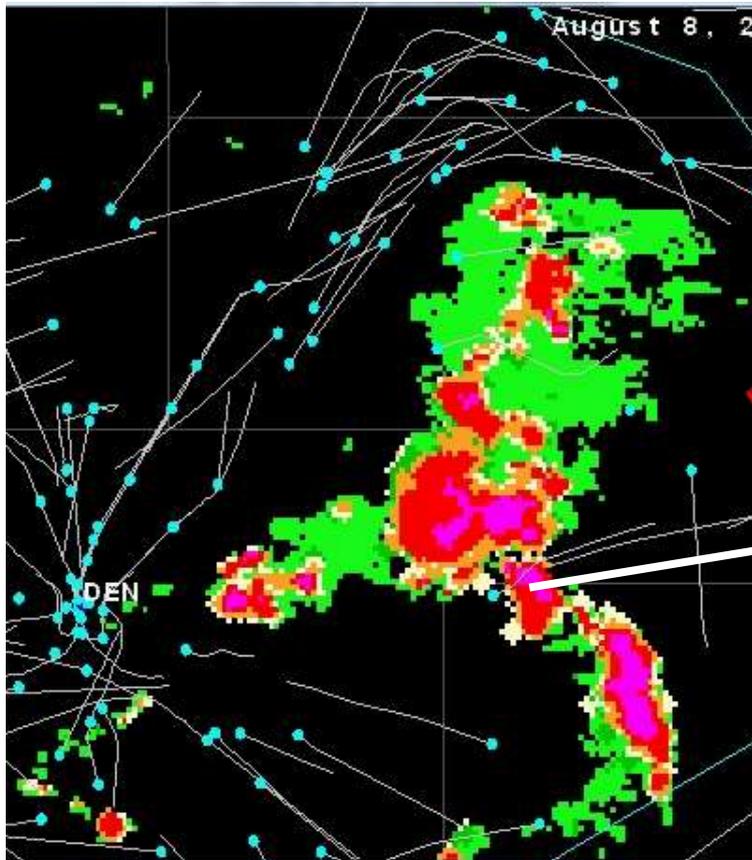
WXR Lücke schließt sich



# Gewitter – Luftfahrt – Sicherheit

## Notlandung Denver – WXR - Hagel

ATM Behinderungen – nicht in unmittelbarer Flughafenumgebung



Reeves, 2015



<http://www.cbsnews.com/news/delta-flight-hit-hail-lightning-storm-boston-salt-lake-city-lands-safely>

ATM...Air Traffic Management

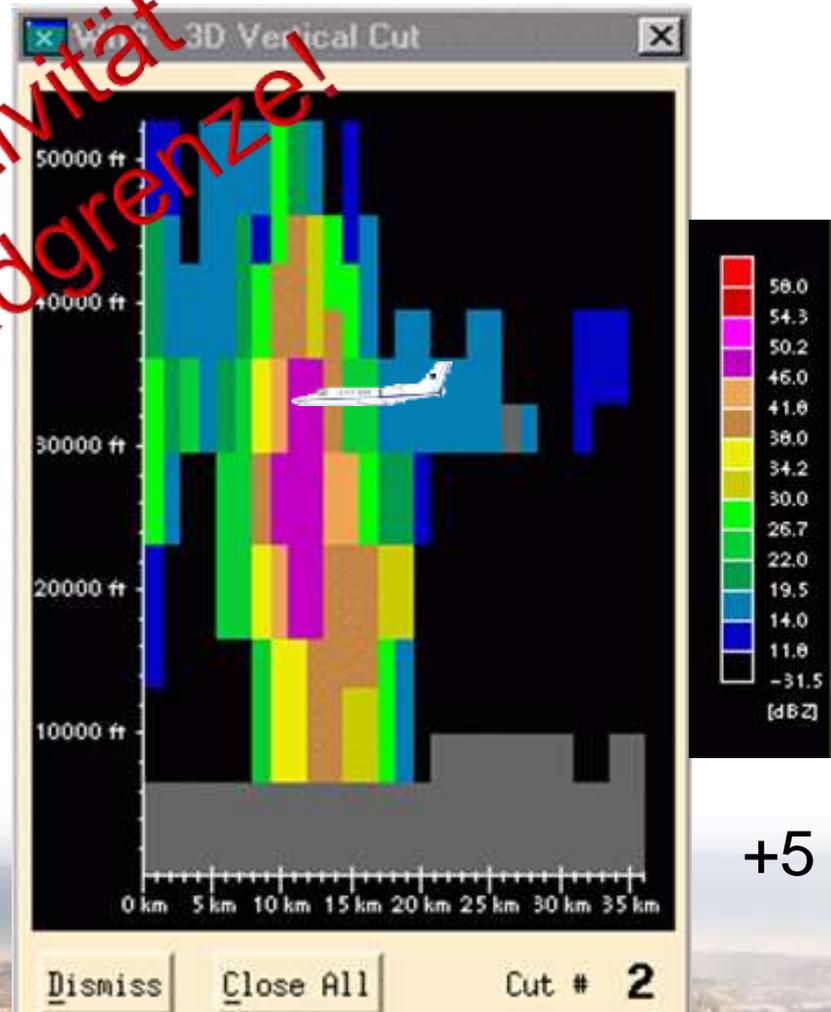


# Gewitter – Luftfahrt – Sicherheit

Hagelschaden – Reiseflughöhe FL340

rasche Gewitterintensivierung

hohe Reflektivität  
über Nullgradgrenze!

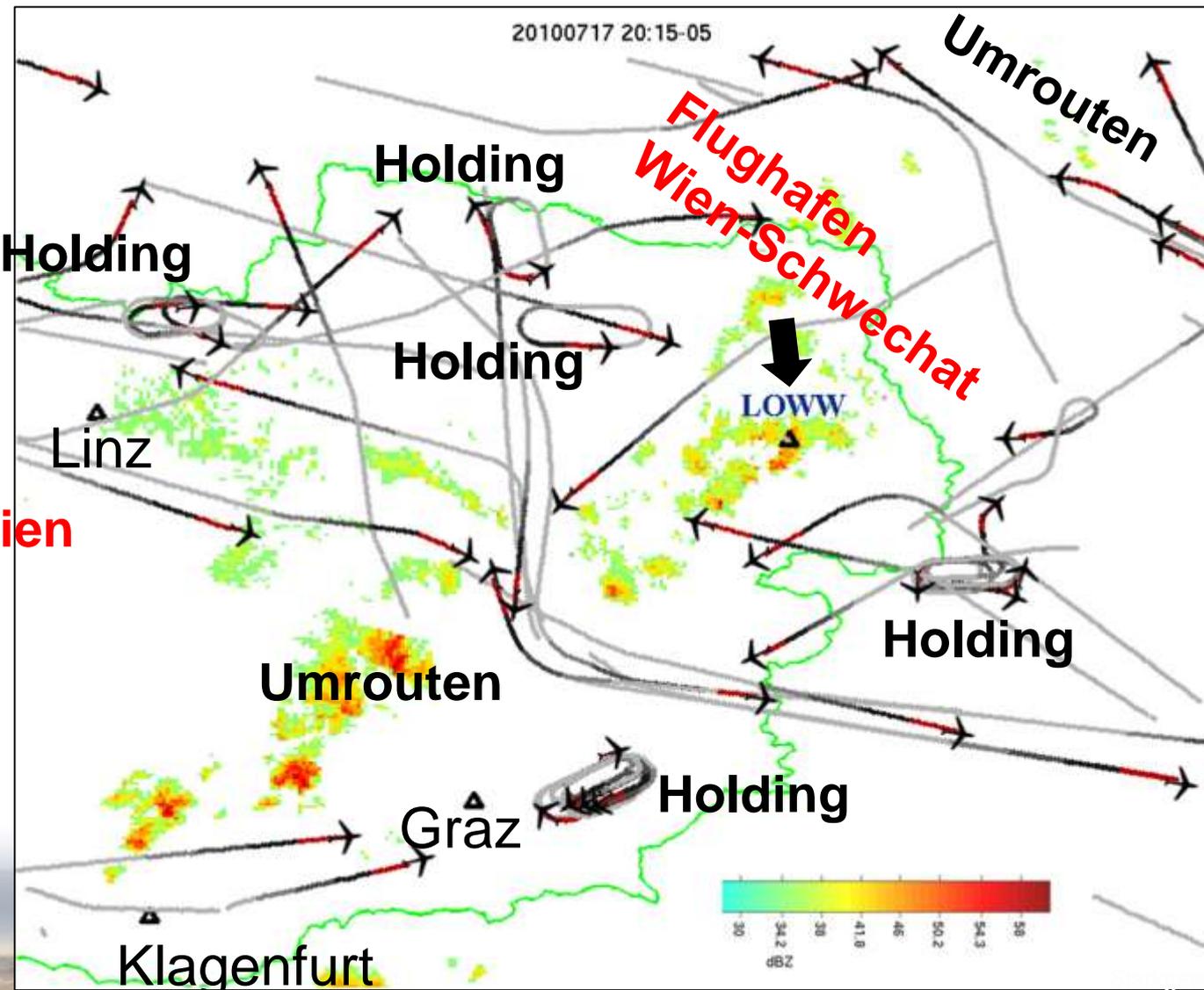


+5 min



# Gewitter – Luftfahrt - Wirtschaftlichkeit

Gewitter stören Anflug Wien-Schwechat sowie Überflug



Flugzeugtrajektorien  
10 min

Wetterradar  
5min

Reflektivität > 35 dBZ

Kaltenboeck, 2012

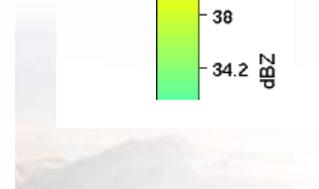
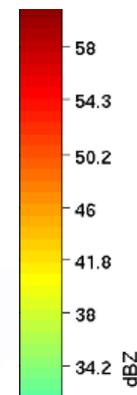


# Gewitter – Luftfahrt - Wirtschaftlichkeit

Gewitter stören Anflug Wien-Schwechat sowie Überflug  
(Holding, Umrouten)

Animation in eigener Datei

Vienna  
Airport  
(LOWW)

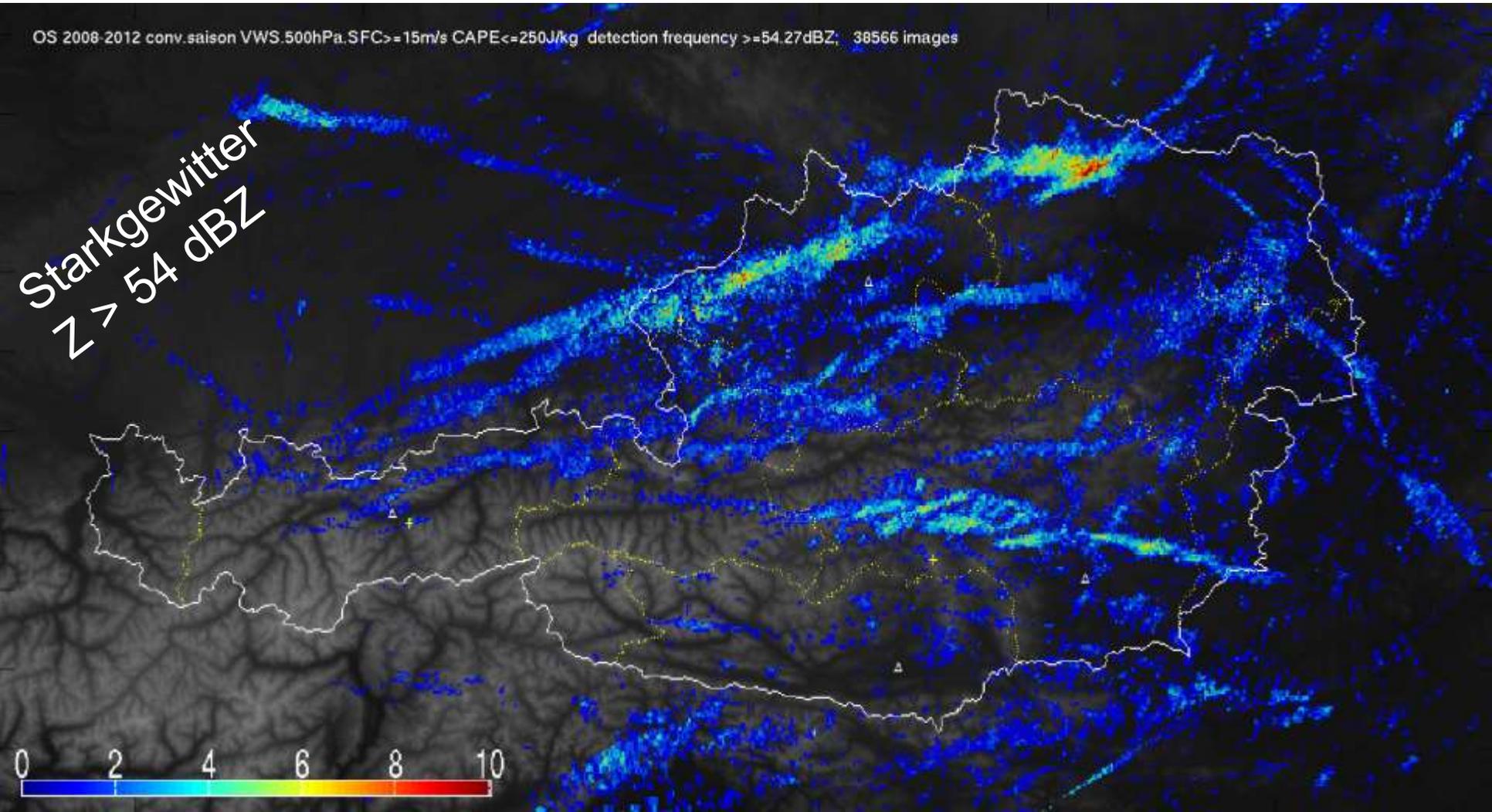


# Gewitter im Alpenraum

räumliche Verteilung Radarreflektivität >54dBZ

geringe Labilität – starke vertikale Windscherung

OS 2008-2012 conv.saison VWS.500hPa.SFC>=15m/s CAPE<=250J/kg detection frequency >=54.27dBZ; 38566 images

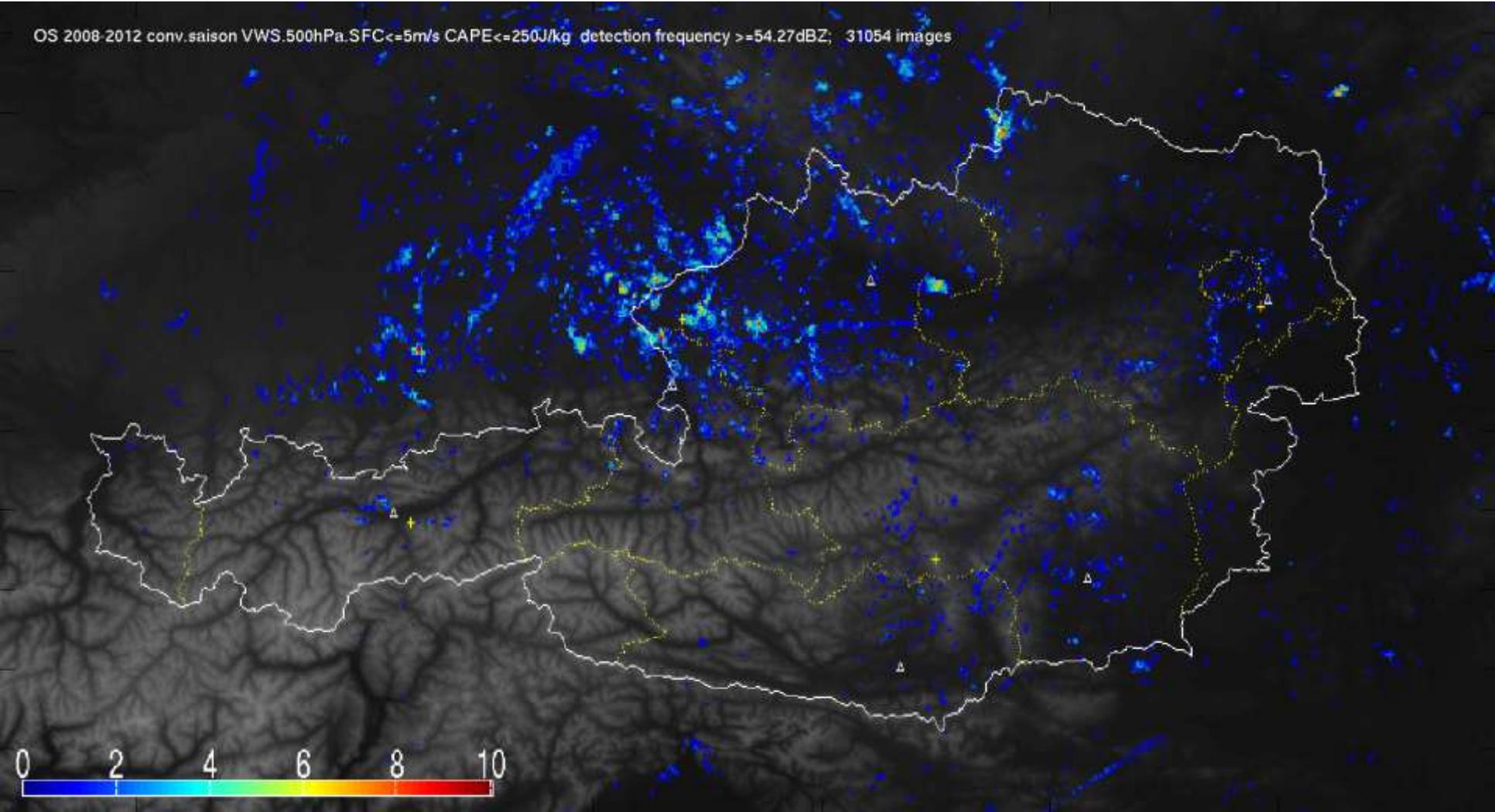


# Gewitter im Alpenraum

räumliche Verteilung Radarreflektivität >54dBZ

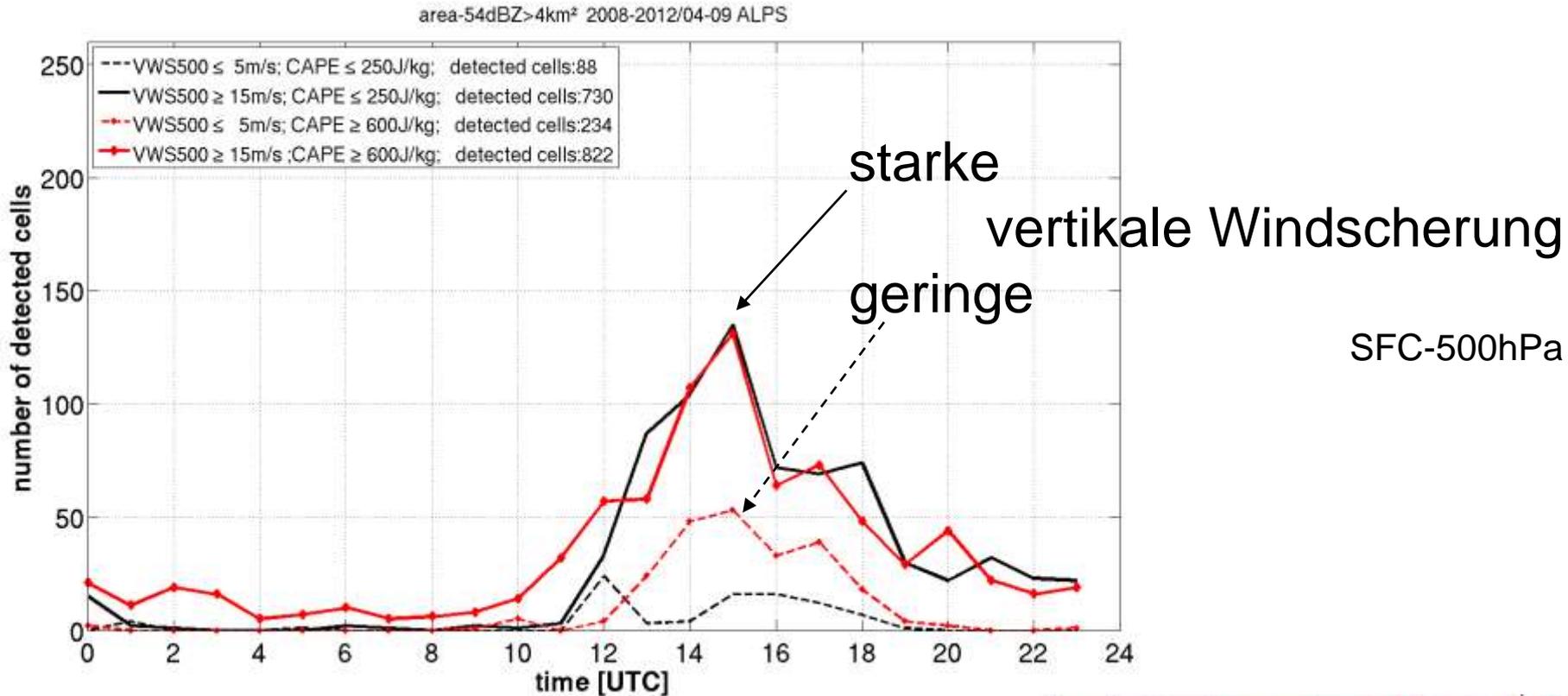
geringe Labilität – geringe vertikale Windscherung

OS 2008-2012 conv.saison VWS.500hPa.SFC<=5m/s CAPE<=250J/kg detection frequency >=54.27dBZ; 31054 images



# Gewitter im Alpenraum

## Tagesgang: Anzahl Gewitterzellen - Alpen



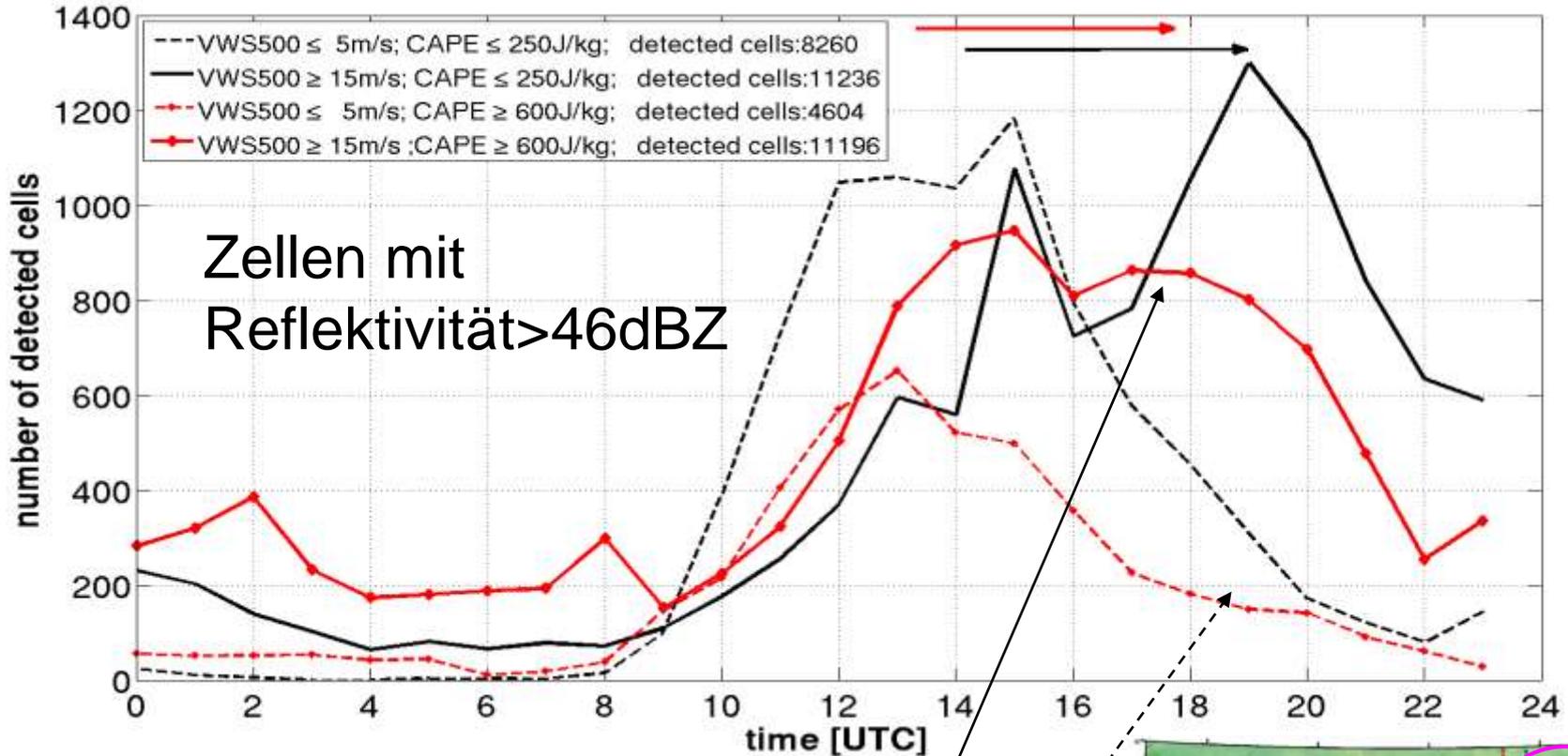
Zellen mit Reflektivität > 54dBZ



# Gewitter im Alpenraum

## Tagesgang: Anzahl Gewitterzellen -Flachland

area-46dBZ>4km<sup>2</sup> 2008-2012/04-09 EAST

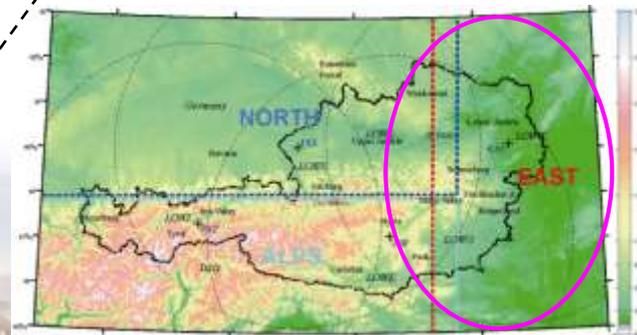


Zellen mit Reflektivität >46dBZ

starke

vertikale Windscherung

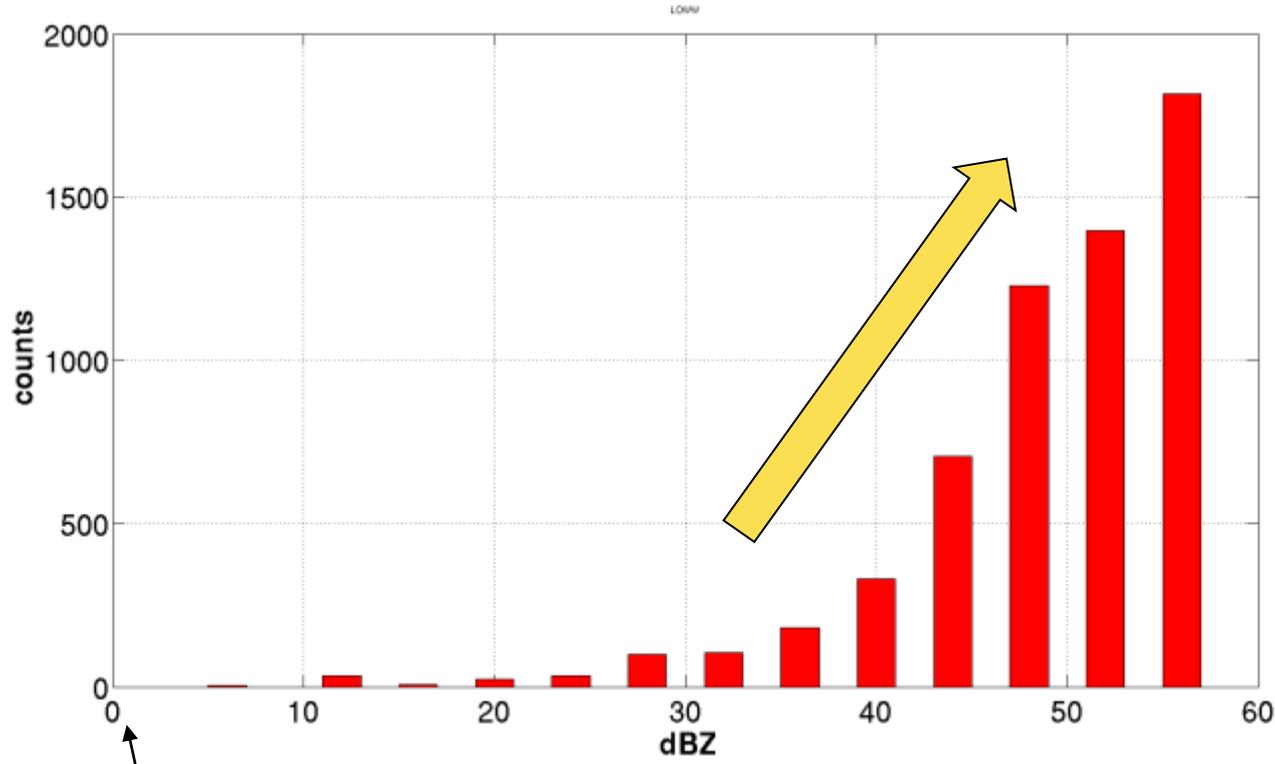
geringe



# Radarprodukte - Gewitter

## Reflektivität – Blitzaktivität

### LOWW-50km / 3km / 201305



Kaltenboeck+Steinheimer, 2015

Monitoring Blitzsensorqualität



# Blitzmonitoring mittels WXR-Reflektivität LOWW-50km / 3km

	LOWK			LOWW		
	Counts lightning ≤11.8dBZ	Counts lightning total	% Lightning without reflectivity	Counts lightning ≤11.8dBZ	Counts lightning total	% Lightning without reflectivity
Juni 2013	41	5200	0.8	16	2688	0.6
Juni 2014	2447	17553	13.9 * (	13	513	2.5
Juli 2014	38	10408	0.4	168	28717	0.6
Aug 2014	43	10331	0.4			
Sep 2014	15	4960	0.3			
Juni 2015	171	10716	1.6 ** (	34	1250	2.7 ** (
1-8. Juli 2015	131	43393	0.3	9	1256	0.7

\* ( Juni 2014 sensor upgrade North-Italy

\*\* ( Juni 2015; antenna fault sensor Fürstenfeld

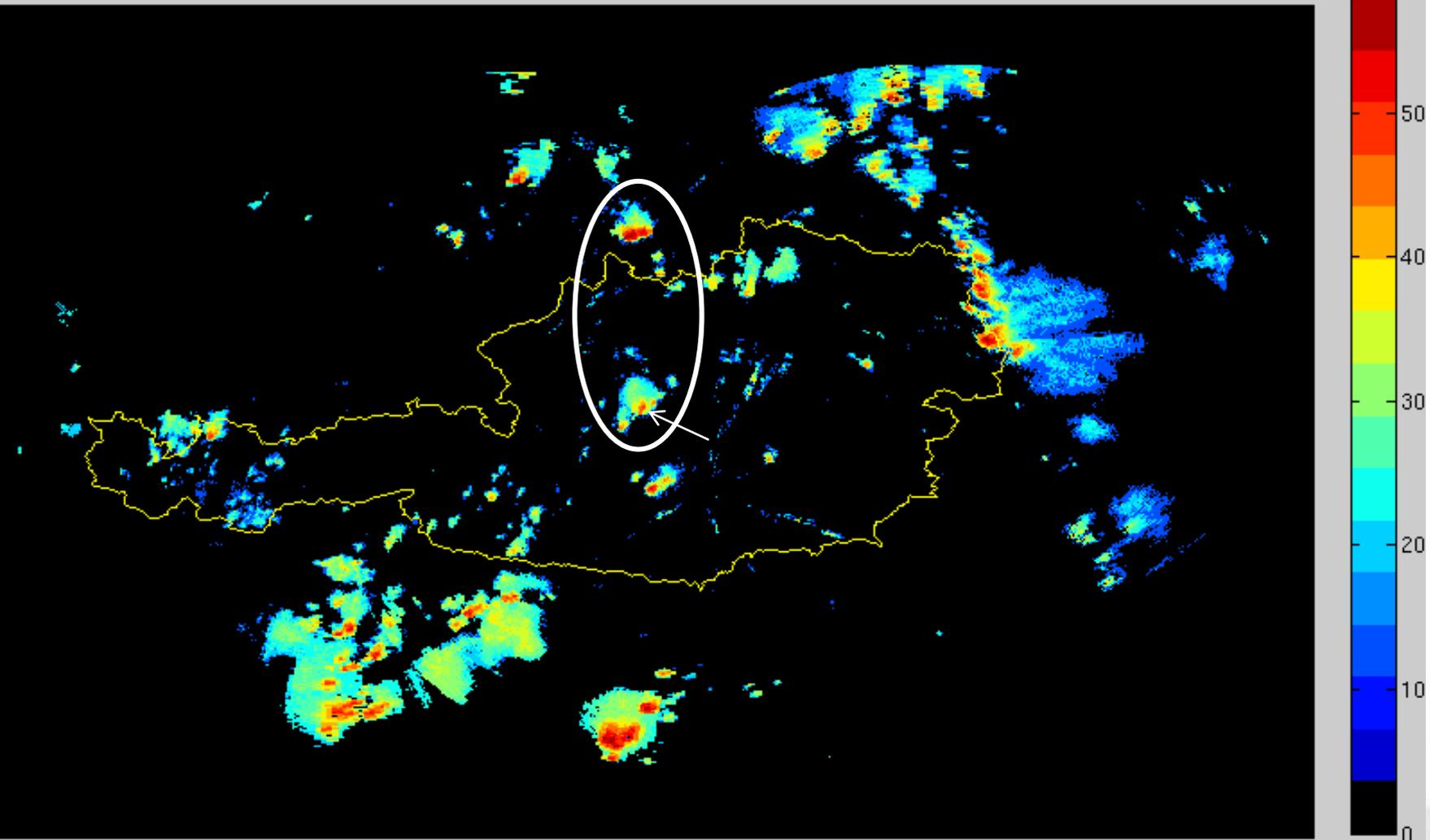
LOWW ... Flughafen Wien-Schwechat



# Radarprodukte

## Reflektivität [dBZ] – MaxProjektion-CAPPI

maxCAPPI 20140803:1200.

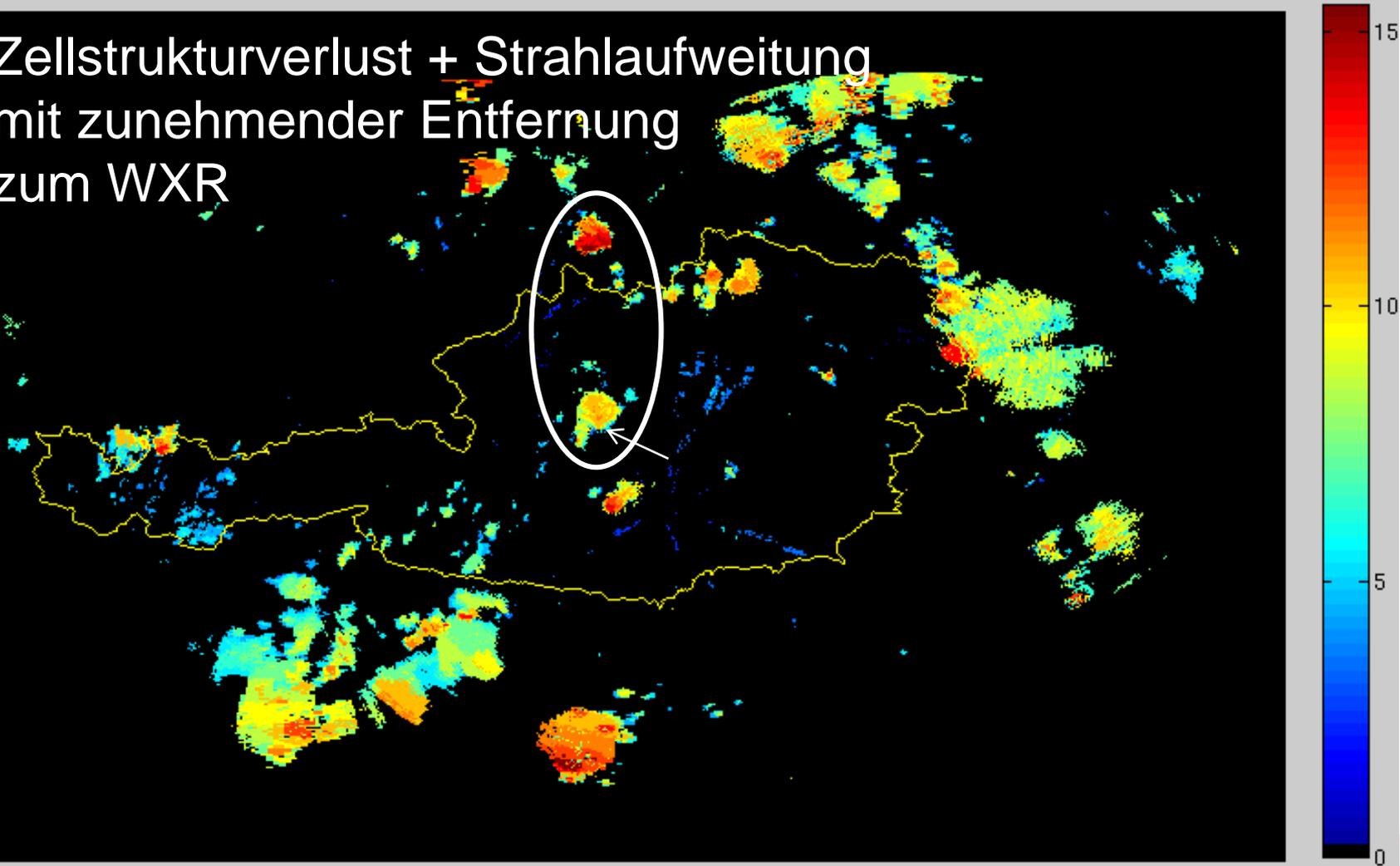


# Radarprodukte

## Echotop(14dBZ)-Höhe in km

ETOP (14dBZ) 20140803:1200.

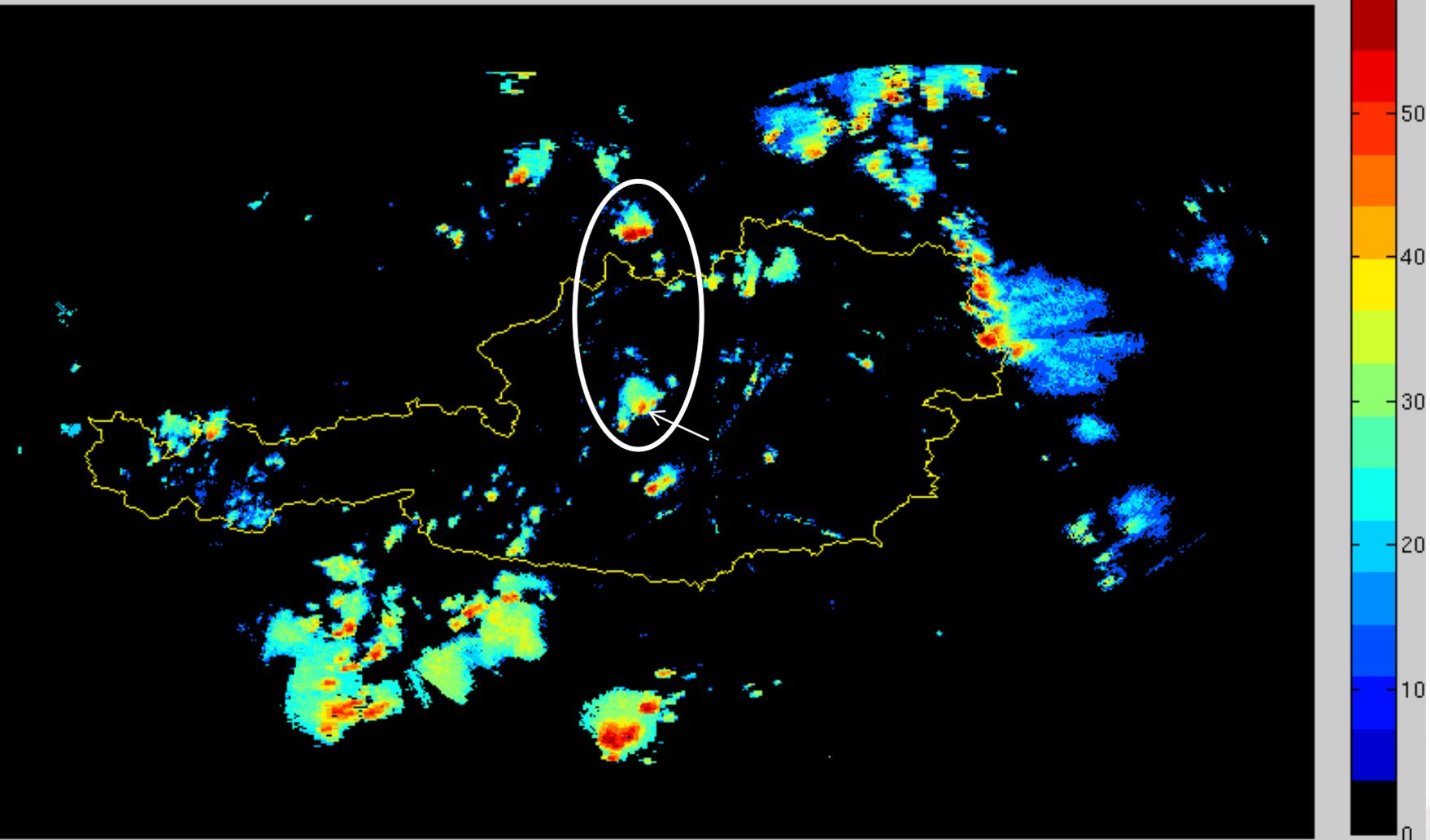
Zellstrukturverlust + Strahlaufweitung  
mit zunehmender Entfernung  
zum WXR



# Radarprodukte

## Reflektivität [dBZ] – MaxProjektion-CAPPI

maxCAPPI 20140803:1200.

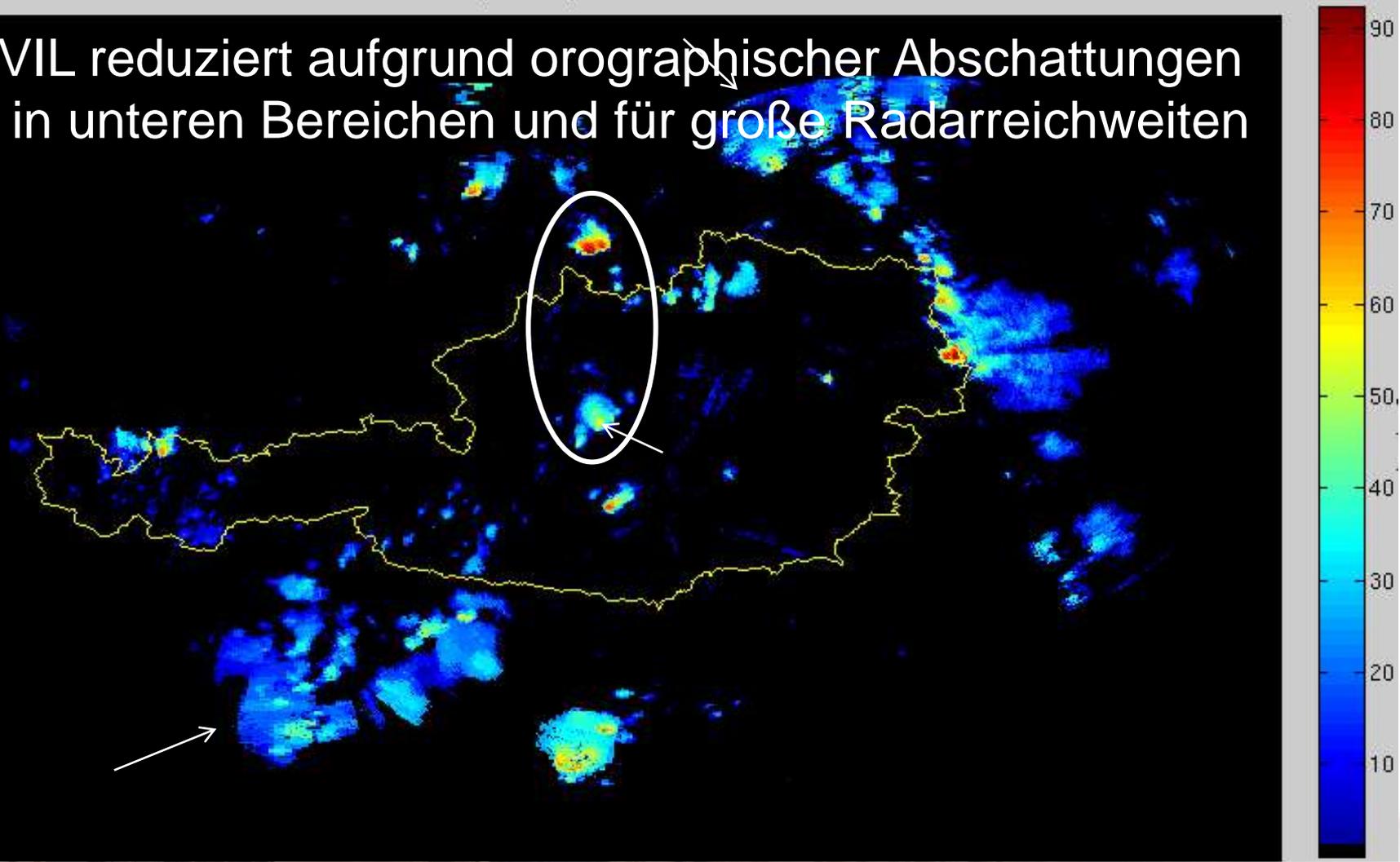


# Radarprodukte

## VIL (Vertical Integrated Liquid) $\text{kg/m}^2$

VIL (GC1972) 20140803:1200.

VIL reduziert aufgrund orographischer Abschattungen  
in unteren Bereichen und für große Radarreichweiten



- ▶ Verfügbarkeit - Ausfall
- ▶ Radarabdeckung
  - Orograph. Abschattung
  - Nichterfassung unterhalb/oberhalb WXR
- ▶ Kalibrierung und Netzwerk-Homogenisierung
  - Vergleichsstudien: Einzelradar Österreich/ Nachbarstaaten, Bodenniederschlagsmesser, Disdrometer, Sonne, Vertikalradar MRR, ...
- ▶ **Bright Band**
- ▶ Interferenzen – Störsignale:
  - **RLAN**, WXR, Sonne
- ▶ Nichtmeteorolog. Echos:
  - Groundclutter, **Windpark**, biolog. Echos, ....
- ▶ Ausbreitungsdämpfung
- ▶ sonstige Radarfehler für die Niederschlagsefassung:
  - Tropfengröße > 5mm, Tropfenverteilung, Aggregatzustand, Strahlfüllung, Strahlausbreitungseffekte, Strahlaufweitung, Z-R Beziehung, Second Trip, Wind, Verdunstung, Scan/Datenprozessierung, .....

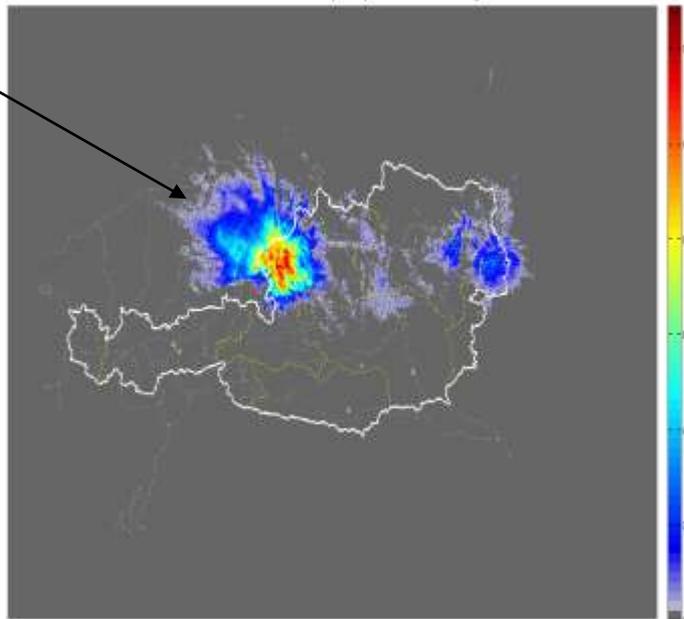


# Konvektion im Remote/Auto METAR

## Verwendung 2D Reflektivität (MaxCAPPI)

- ▶ Stratiforme Fronten – Winter
- ▶ Brightband mit hohen Reflektivitäten darf nicht als CB/TCU erfasst werden
- ▶ Brightband
  - nicht korrigiert zur Erfassung der Vereisungsgefahr
  - 50% aller Radarbilder an diesem Tag führen zu Reflektivitäten > 34dBZ im Bereich Salzburg/Oberösterreich

OS 20130129 detection frequency > 34dBZ 267 images



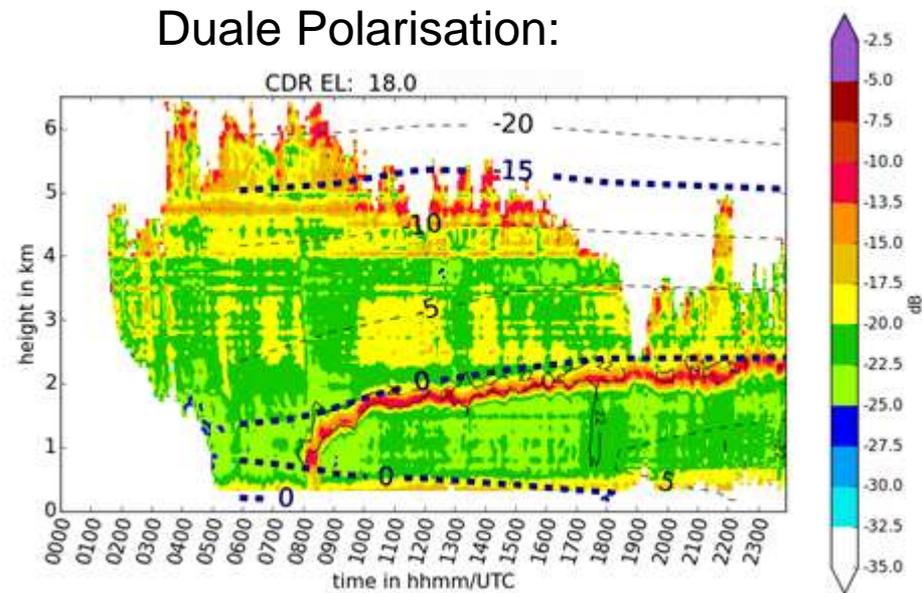
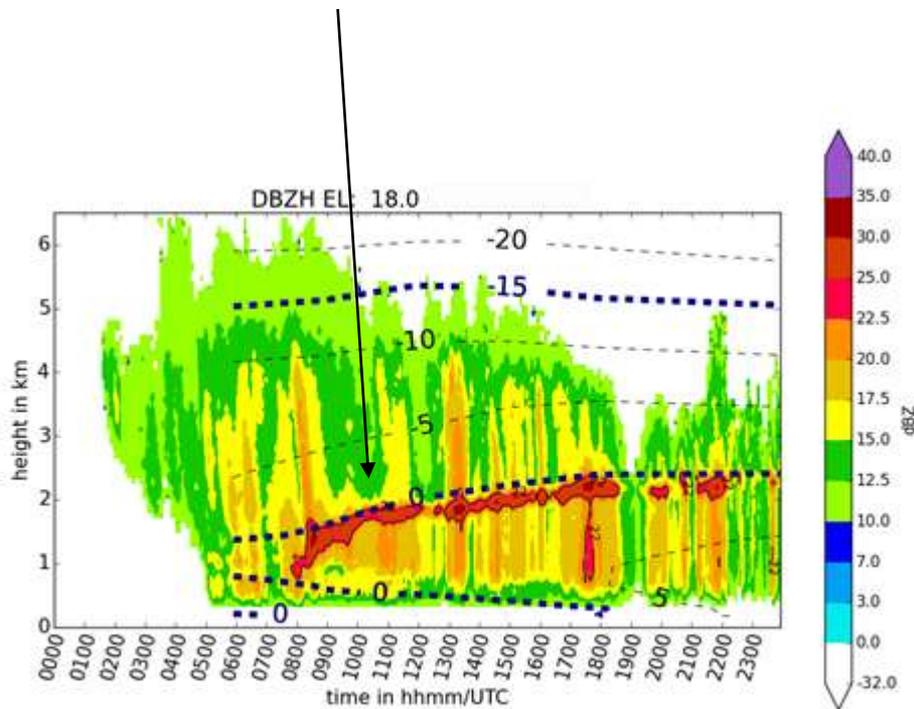
METAR...Meteorological Terminal Air Report



# Konvektion im Remote/Auto METAR

## Verwendung 2D Reflektivität (MaxCAPPI)

- ▶ Stratiforme Fronten – Winter
- ▶ Brightband



WXR Rauchenwarth, 2012-Dez

SN PL FZRA RA

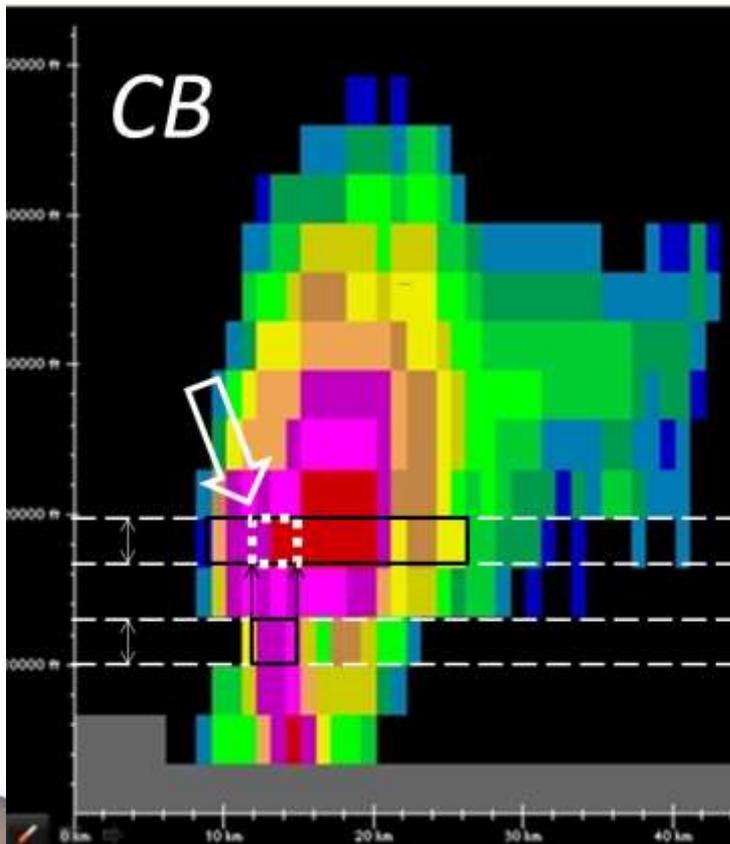


# Konvektion im Remote/Auto METAR Cumulonimbus

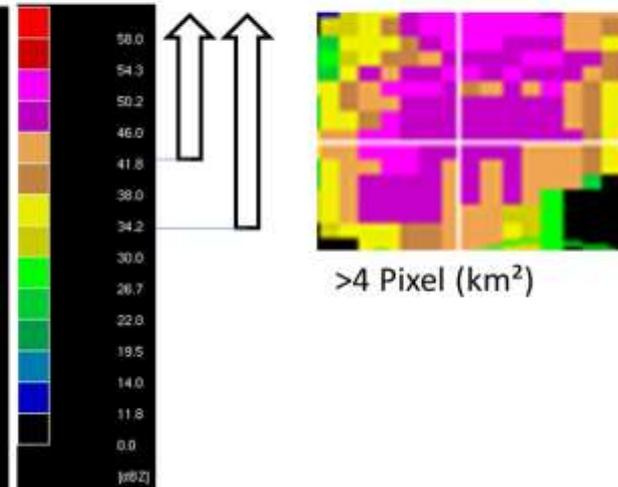
Konvektionserkennung robuster durch Verwendung von 3D Radardaten

## CB

vertikal:



horizontal:



CAPPI 5-6km....Z≥34.2dBZ

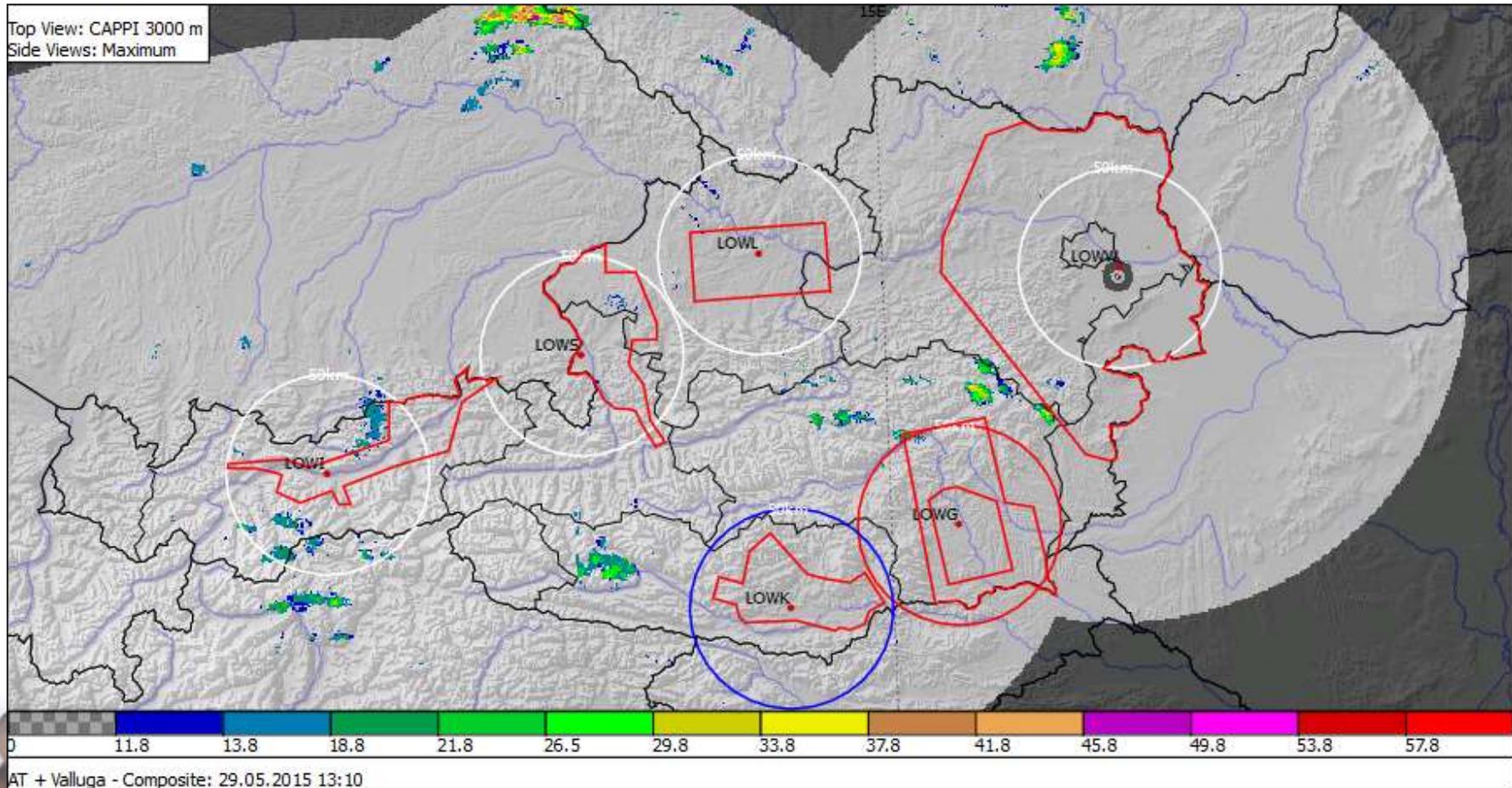
CAPPI 3-4km....Z≥41.8dBZ



# Konvektion im Remote/Auto METAR

## CAPPI Level 3-4km

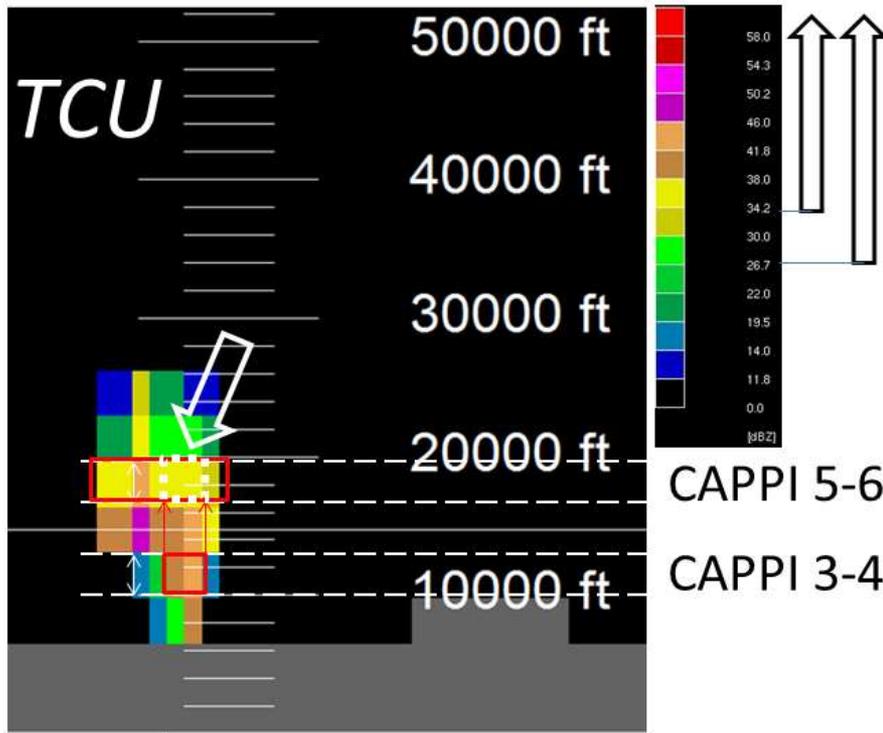
unterstes Niveau für vollständige Radarerfassung über den Alpen



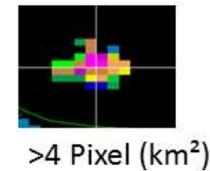
# Konvektion im Remote/Auto METAR Towering Cumulus

## TCU

vertikal:



horizontal:



CAPPI 5-6km...Z≥26.7dBZ

CAPPI 3-4km...Z≥34.2dBZ



# Konvektion im Remote/Auto METAR

**WXR: CB, TCU, Blitzcheck**

**Blitzdaten: TS, VCTS, CB**

AUTOMETAR: KVM algorithm and thresholds		Lightning impact (EUCLID checked by WXR2D > 11.8dBZ, > 4 Pixel within 15 km distance)					no lightning *	no data
		> 1 flash within 50 km AND ≥ 1 flash						
		≤ 3-5nm	≤ 10km	10km < ≤ 18km	18km < ≤ 50km			
WXR TMA/50km > 4 km <sup>2</sup>	CAPPI 3-4km: Reflectivity ≥ 41.8dBZ CAPPI 5-6km: Reflectivity ≥ 34.2dBZ	AD warning	TS CB	VCTS CB	// CB	// CB	// CB remark ERR=10	
	CAPPI 3-4km: 41.8 dBZ > Reflectivity ≥ 34.2 dBZ CAPPI 5-6km: 34.2 dBZ > Reflectivity ≥ 26.7dBZ	AD warning	TS CB	VCTS CB	// CB	// TCU	// TCU remark ERR=10	
	no CAPPI3-4km / CAPPI5-6km thresholds	AD warning	TS CB	VCTS CB	// CB	// //	// // remark ERR=10	
	missing WXR in composite (distance ≤ 225 km)	AD warning remark ERR=02	TS CB remark ERR=02	VCTS CB remark ERR=02	// CB remark ERR=02	remark ERR=02	remark ERR=12	
	no data or >50 % missing data at 1 CAPPI level	AD warning remark ERR=01	TS CB remark ERR=01	VCTS CB remark ERR=01	// CB remark ERR=01	// // remark ERR=01	remark ERR=11	

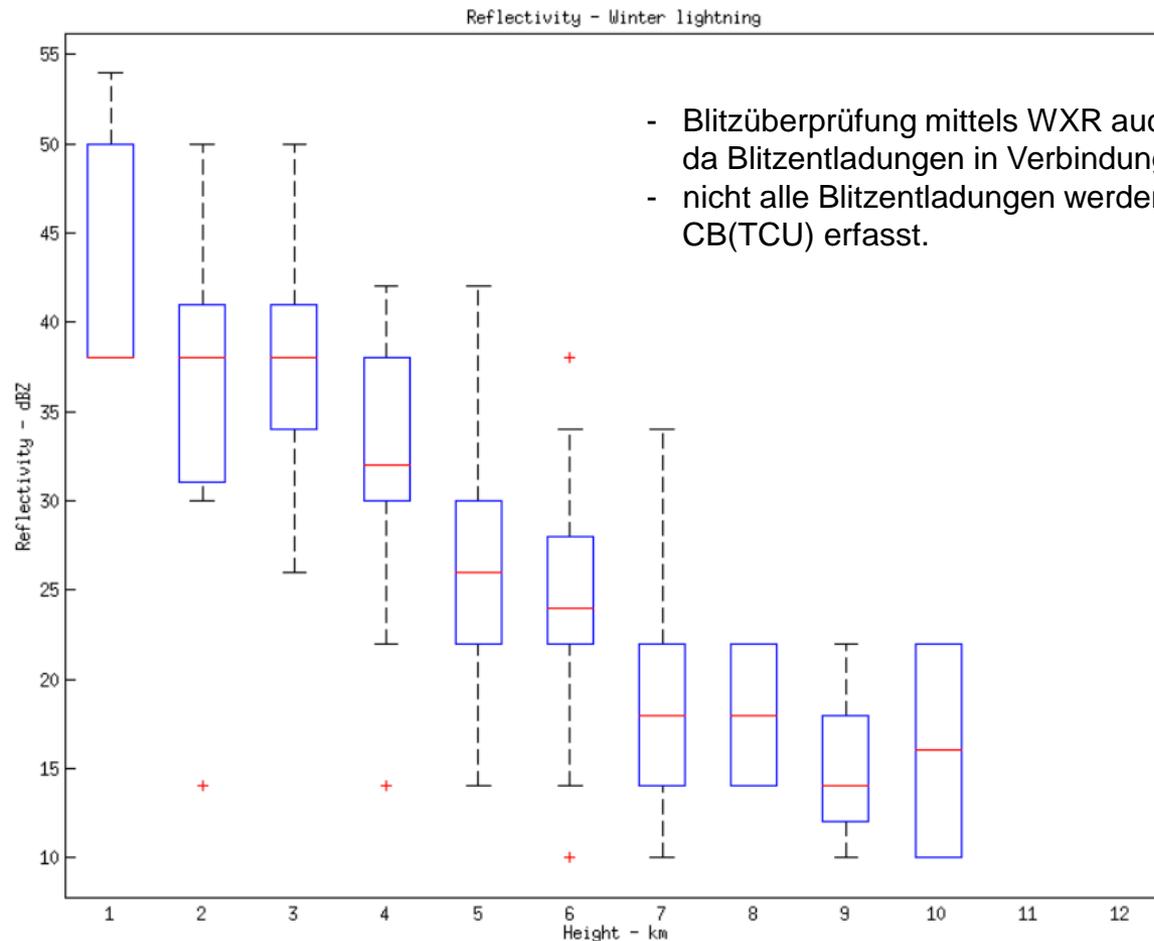
\* <2 flashes within 50 km and plausibility check using WXR

# Wintergewitter

## LOWx 2005-2016

### Blitzcheck/CB-TCU Erfassung mittels WXR

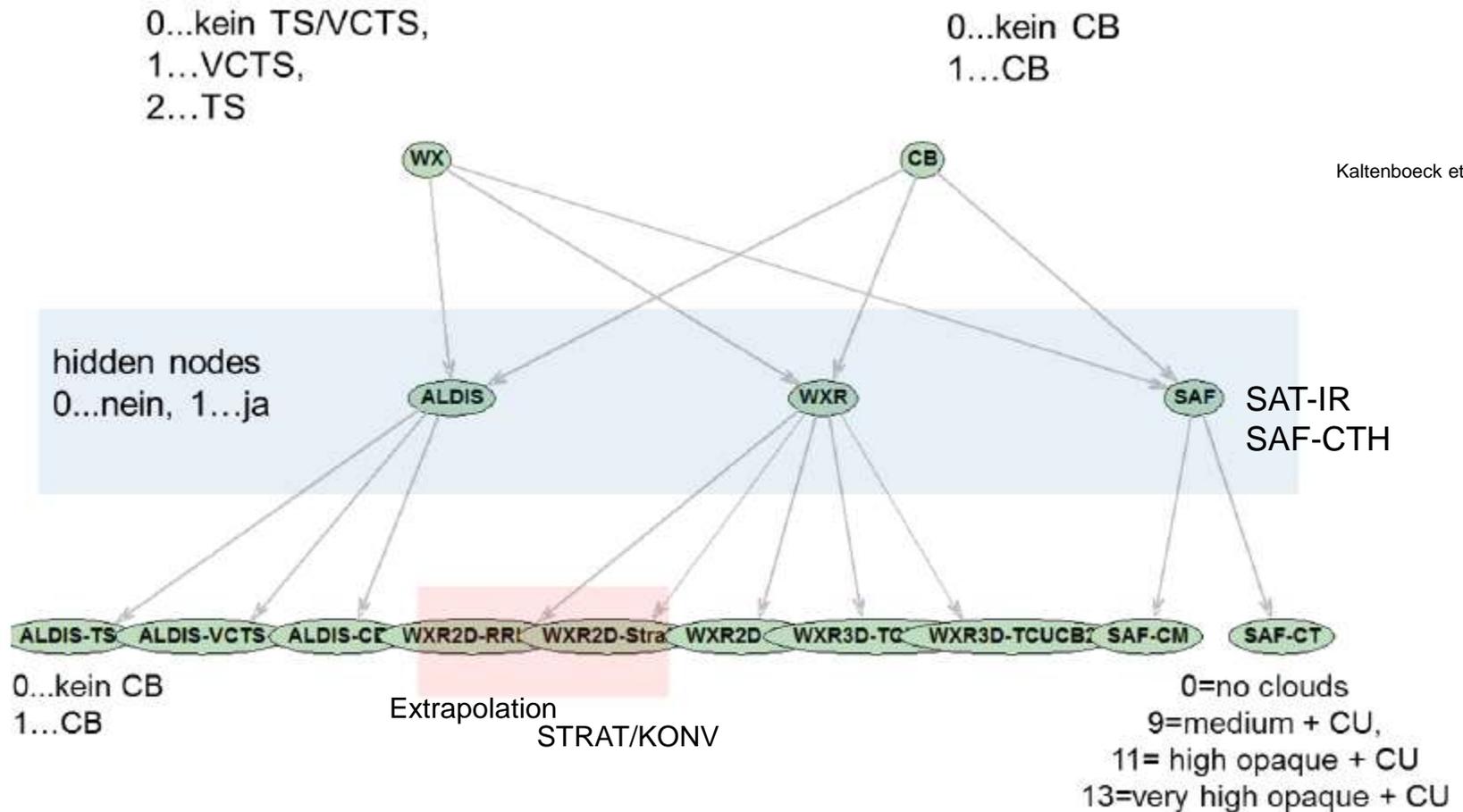
LOWx ... alle internat. Flughäfen in Österreich



- Blitzüberprüfung mittels WXR auch im Winter möglich da Blitzentladungen in Verbindung mit Reflektivitäten auftreten
- nicht alle Blitzentladungen werden zusätzlich mittels WXR als CB(TCU) erfasst.



# Konvektion im Remote/Auto-METAR Sensorfusion: Bayes Netzwerk

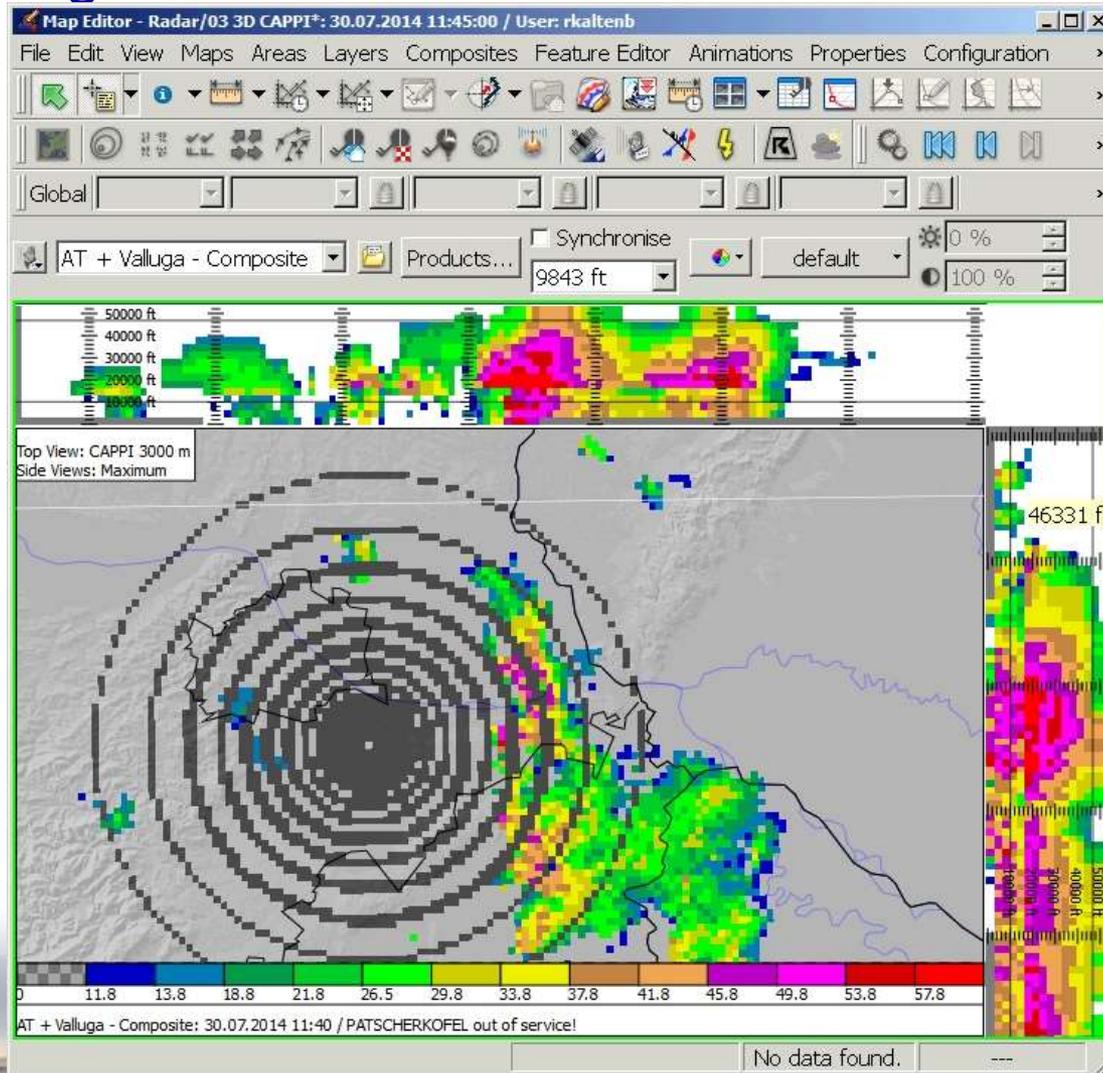


Kaltenboeck et al., 2013

Abbildung 1: Beispiel eines Bayes-Netzwerks zur Analyse konvektiver Ereignisse

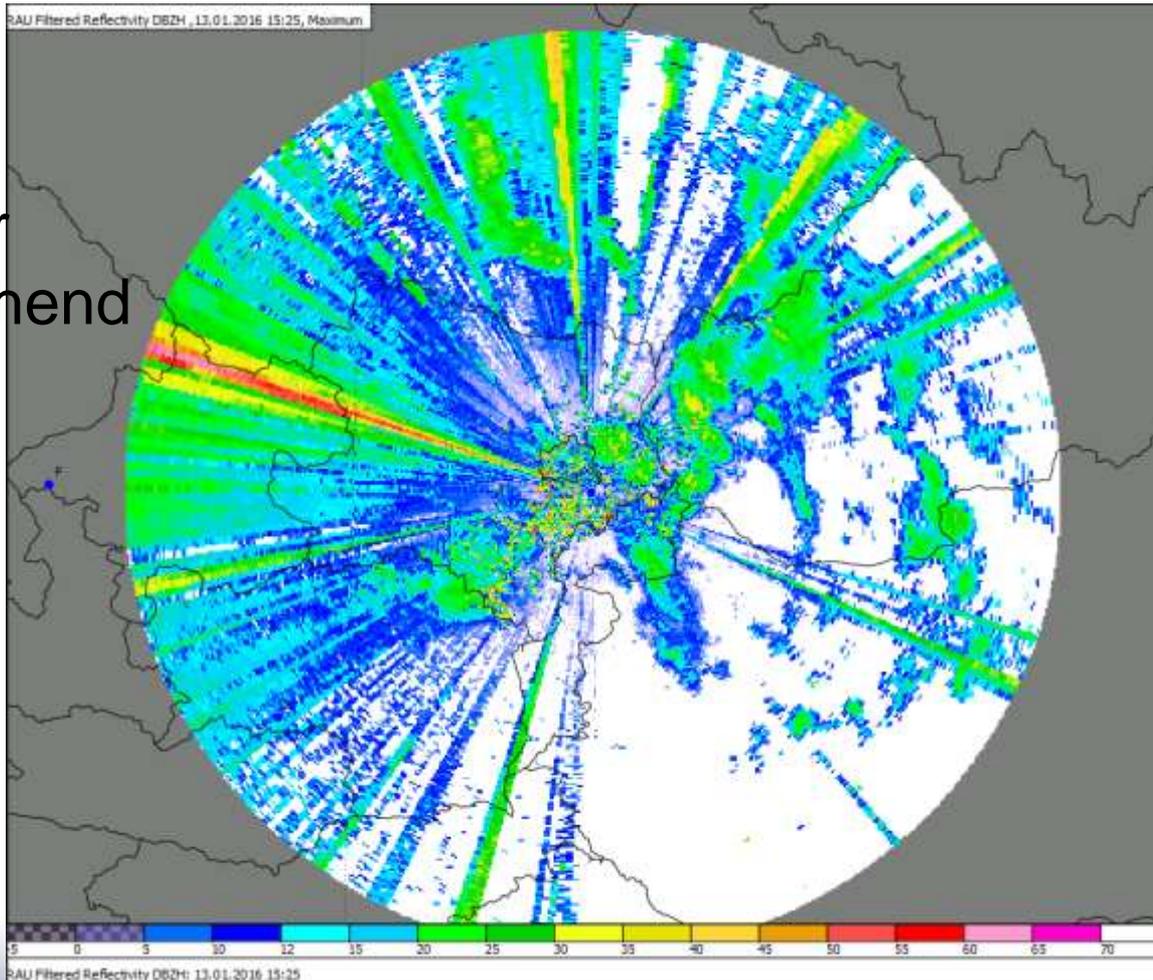
# Datenqualität

ohne Interpolation – CAPPI Lücken durch Scan Zellenobjekte getrennt



# Datenqualität RLAN – Störsender

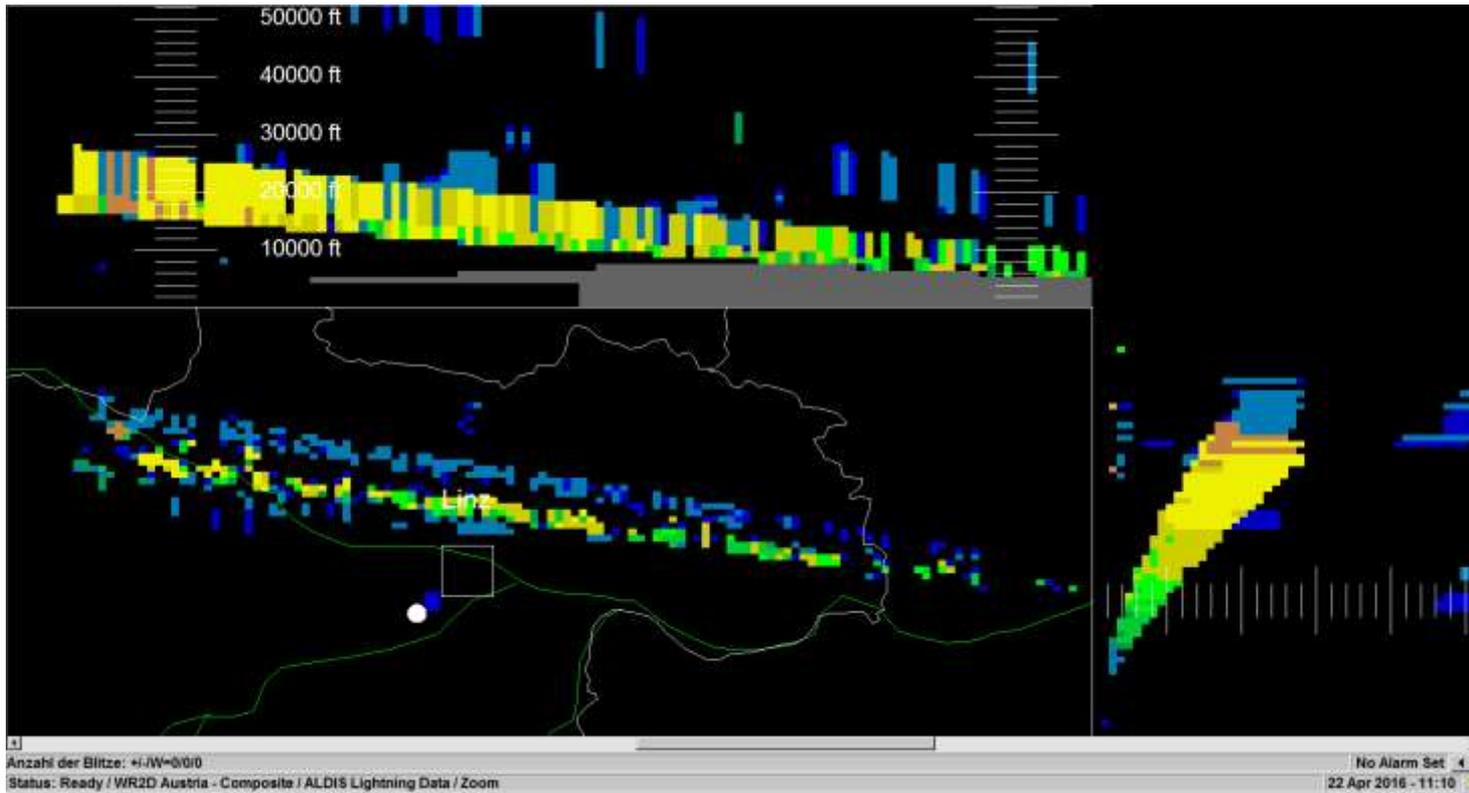
W Sektor  
hochreichend  
gestört



RLAN ... Radio Local Area Network (z.B. WLAN)

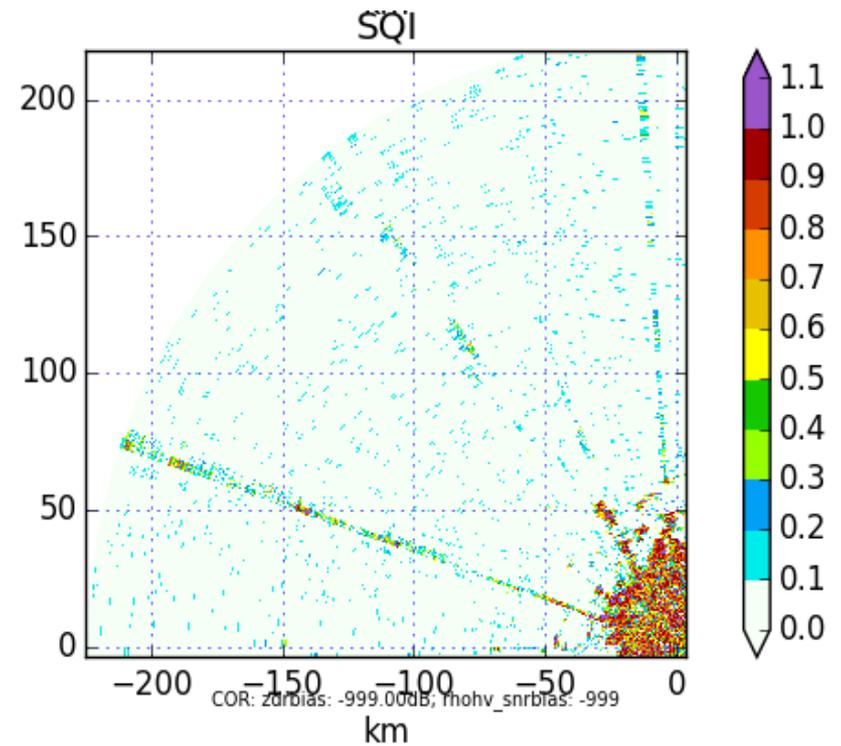
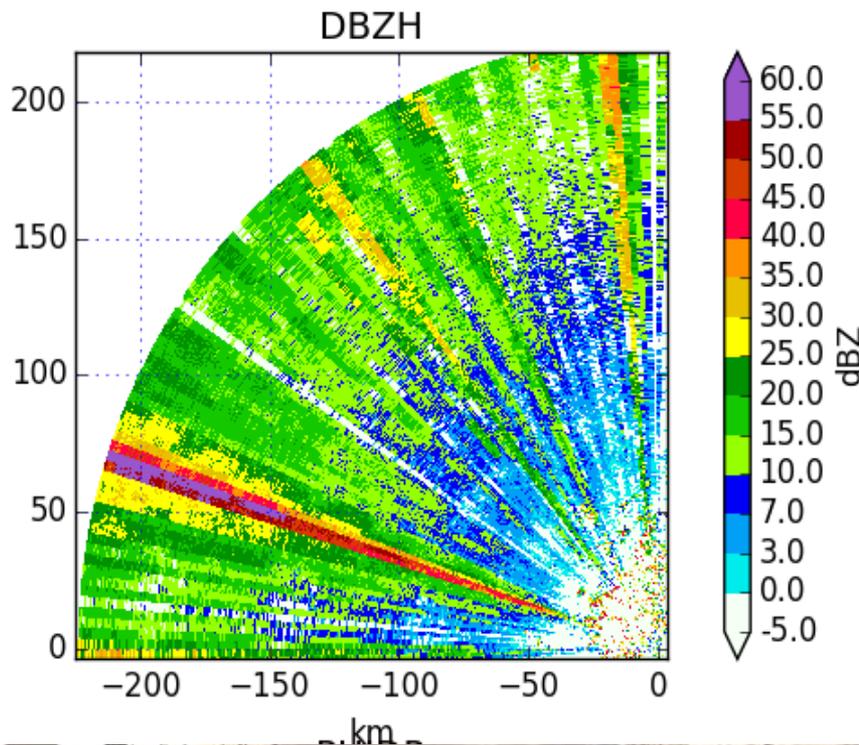
# Datenqualität

**RLAN** – erfasst mehrere Elevationen  
falsche CB Erkennung!



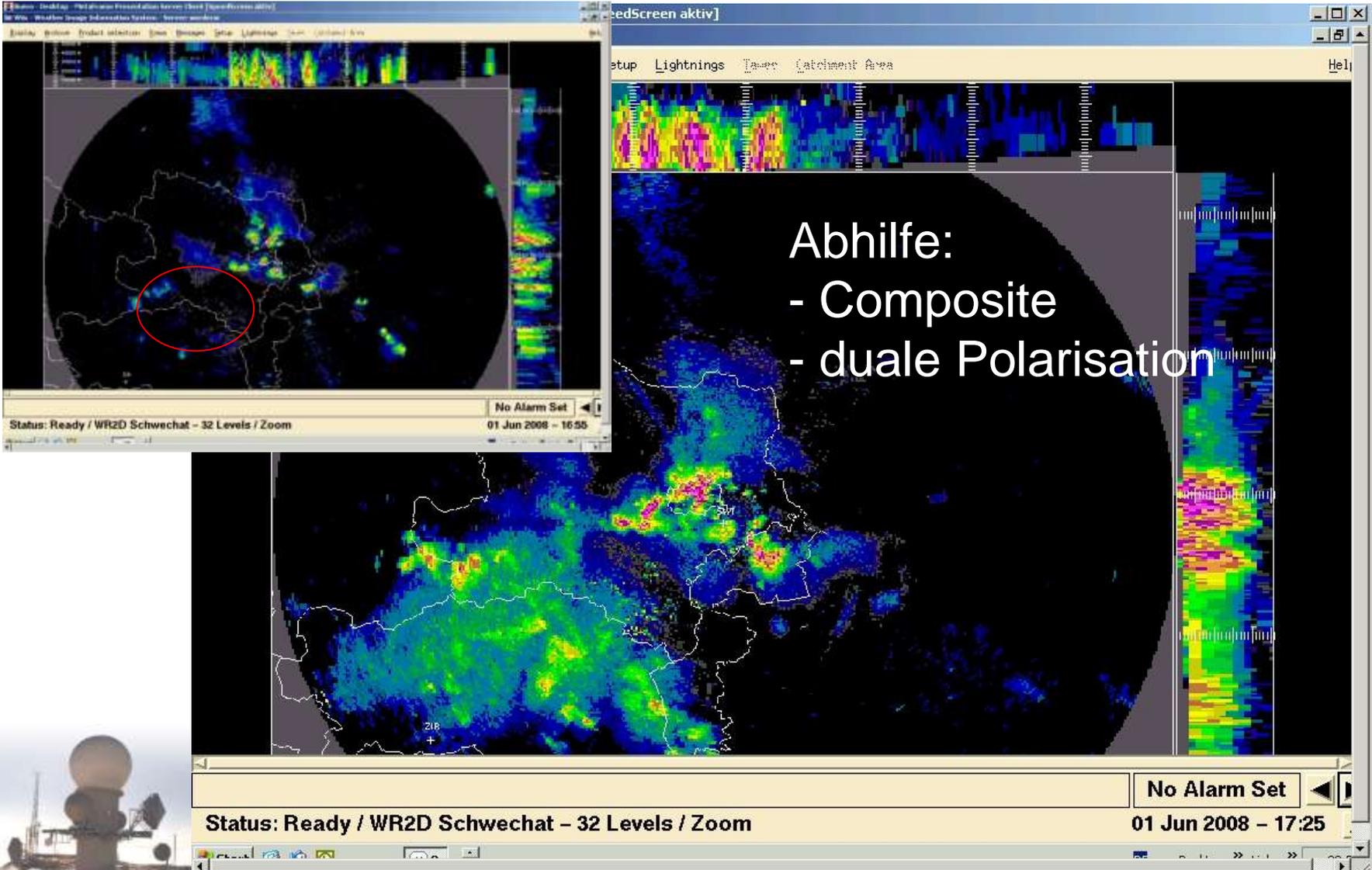
# Datenqualität RLAN Filter SQI

- Für geringe SQI (Signal Qualitäts Index aus der Dopplermessung) Werte wird die Reflektivität zensuriert



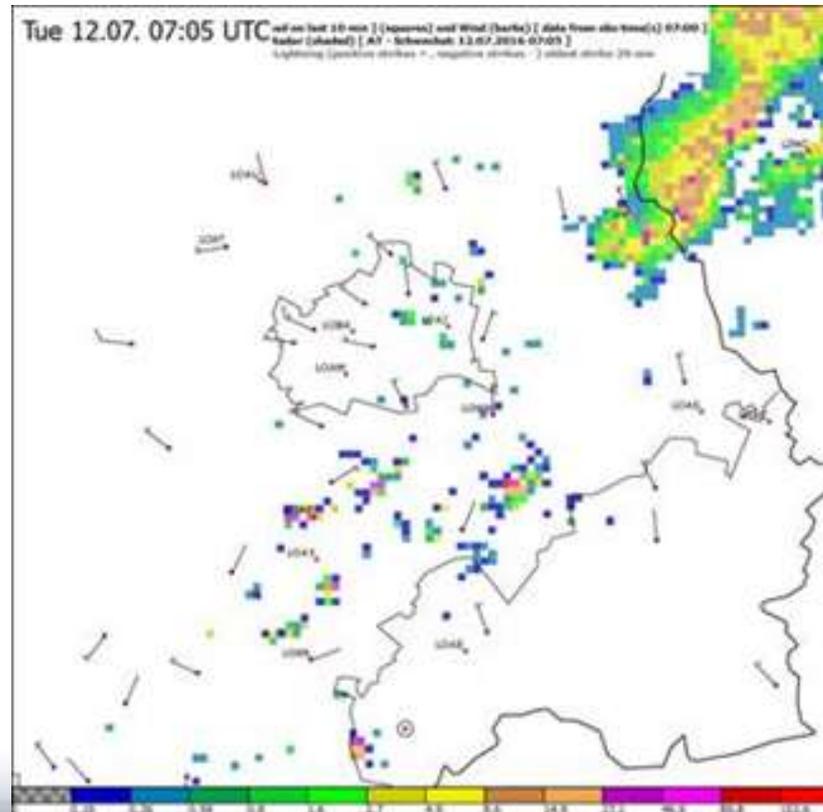
# Datenqualität

## Dämpfung: Regenschauer - Radome



# Datenqualität Restclutter + Windparks

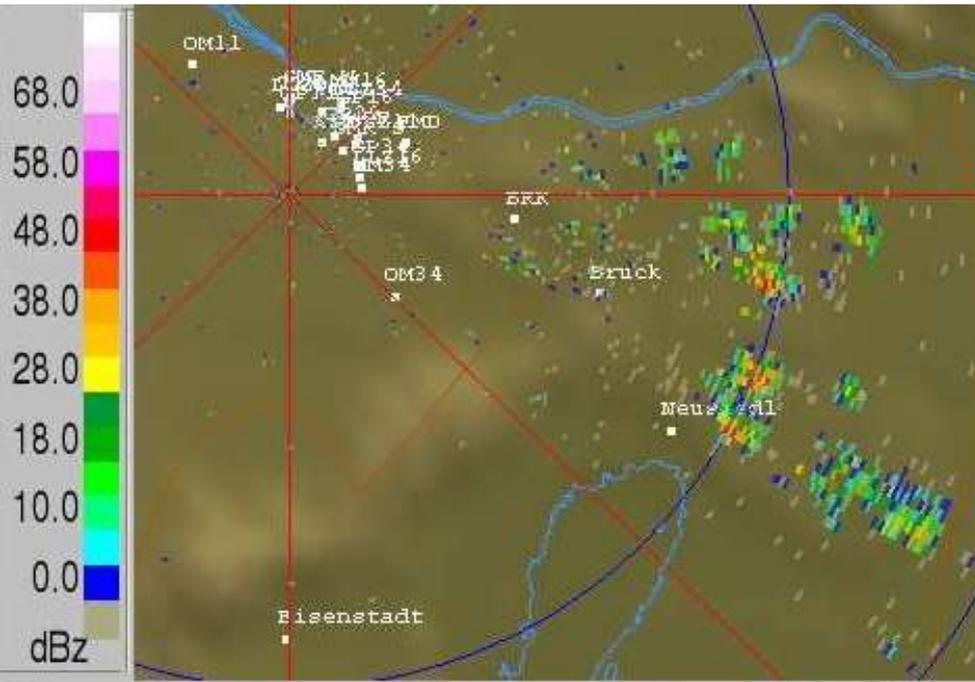
in der Umgebung Wien-Schwechat



# Datenqualität Windparks

Reflektivität: Zellstrukturen falsch/gestört

Dopplerwind: gestört für Windscherungsdetektion

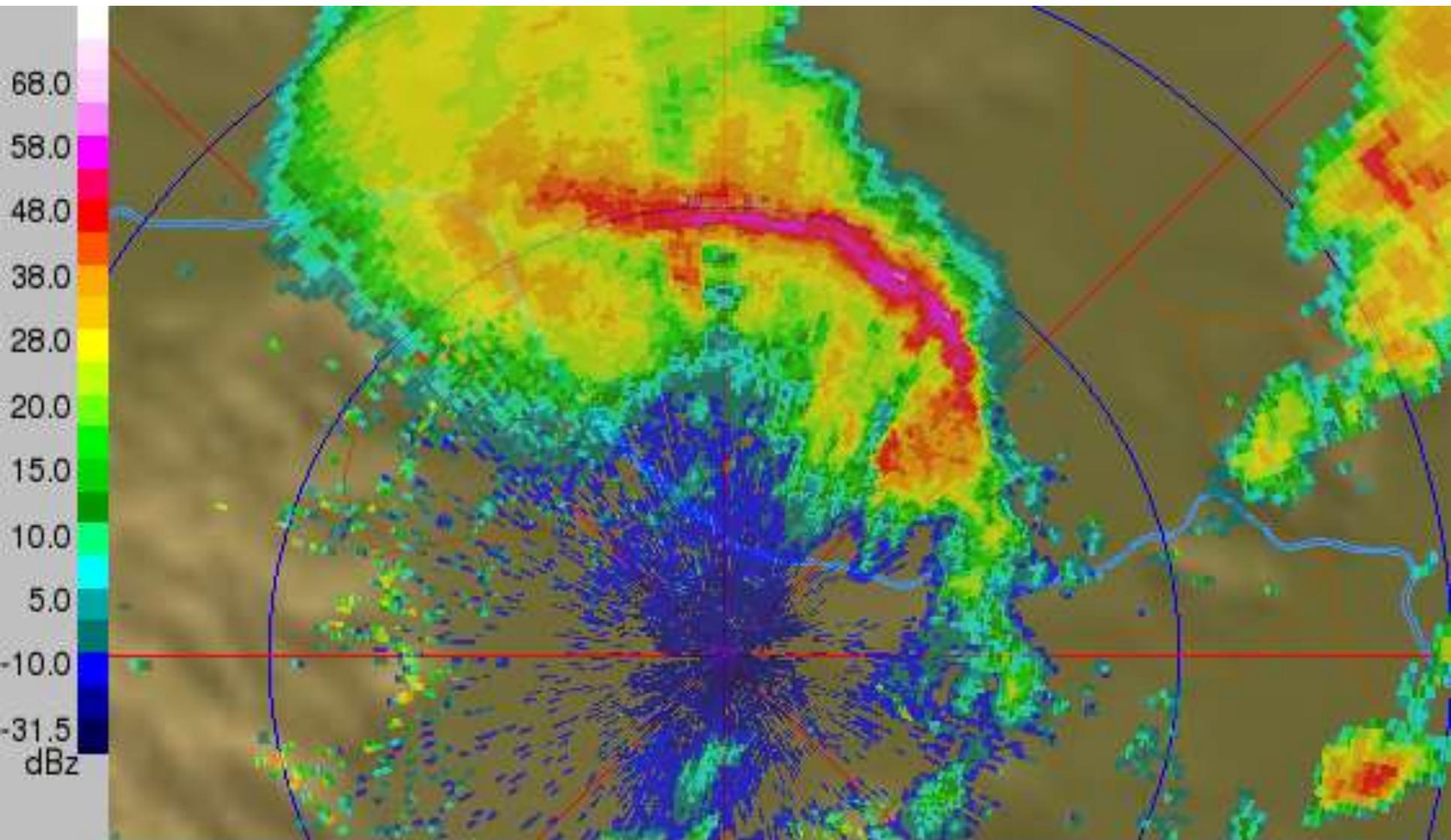


PPI Filtered Intensity(Horizontal) El: 0.51 ° Sweep: 8 Polar

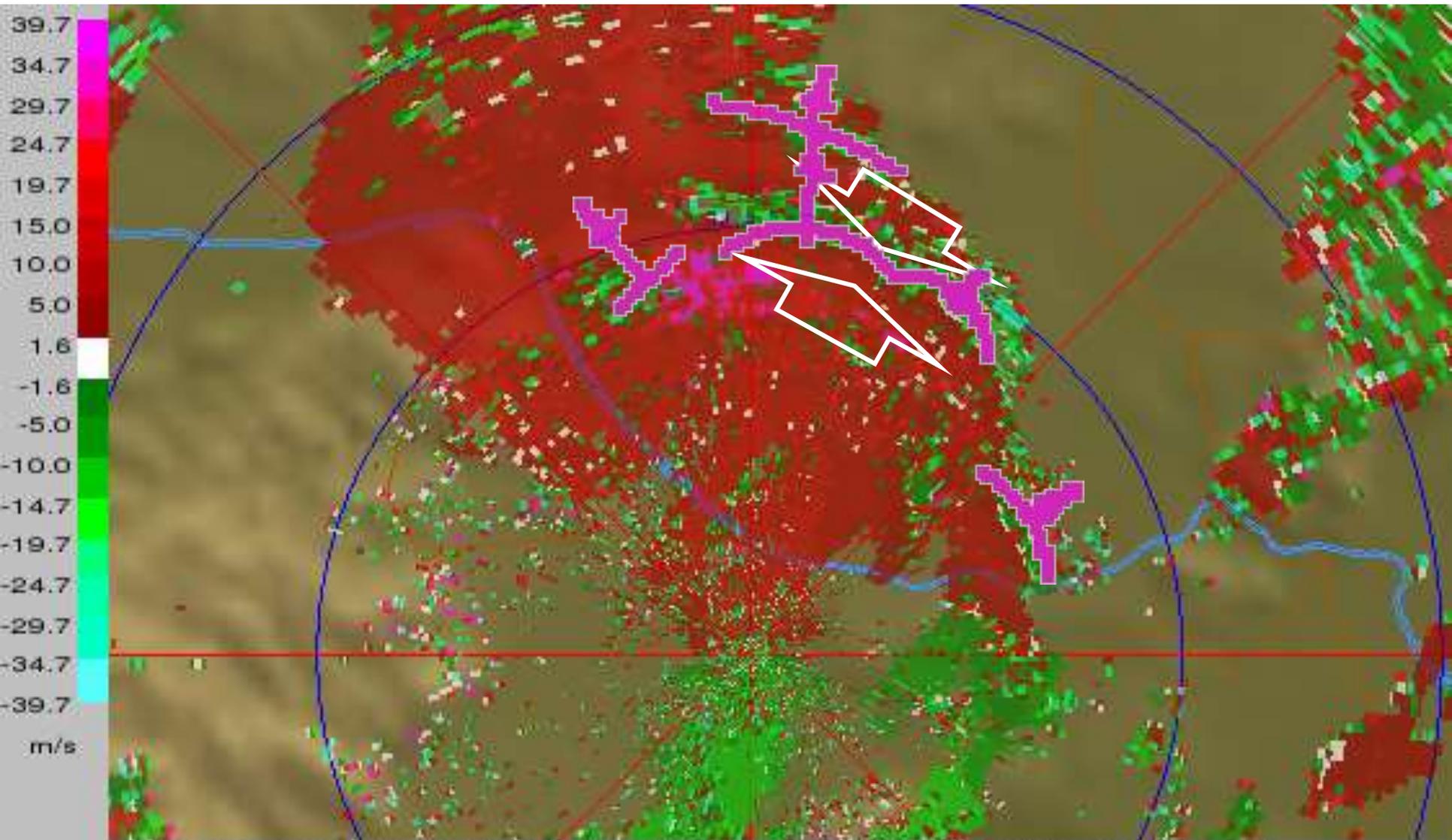
PPI Radial Velocity(Horizontal) El: 0.51 ° Sweep: 8 Polar



# Windscherungswarnung z.B.: Bow Echo



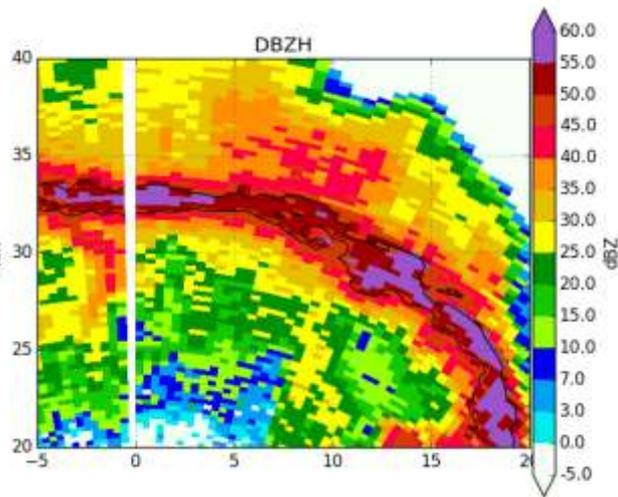
# Windscherungswarnung Bow Echo - Gustfrontdetektion



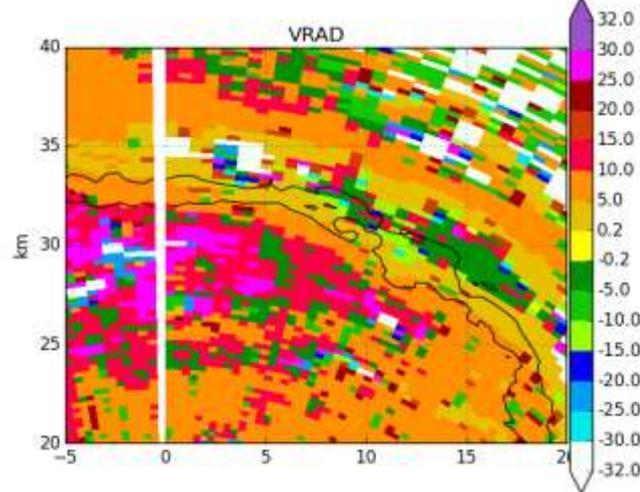
RAU 2011-05-27 12:47:35 PPI Radial Velocity (Horizontal) El: 0.99° Sweep: 8 Threshold: -31.5 Polar

# Windscherungswarnung

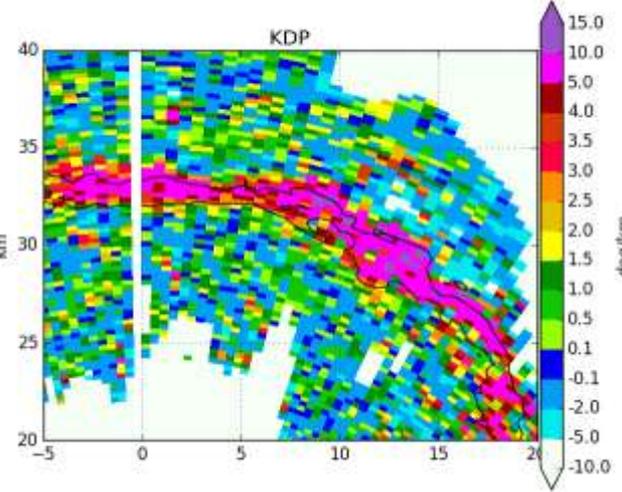
- ▶ Gustfront + Downbursterkennung
  - KDP zusätzlich



hohe Reflektivität



Konvergente/Divergente  
Dopplerwindstruktur

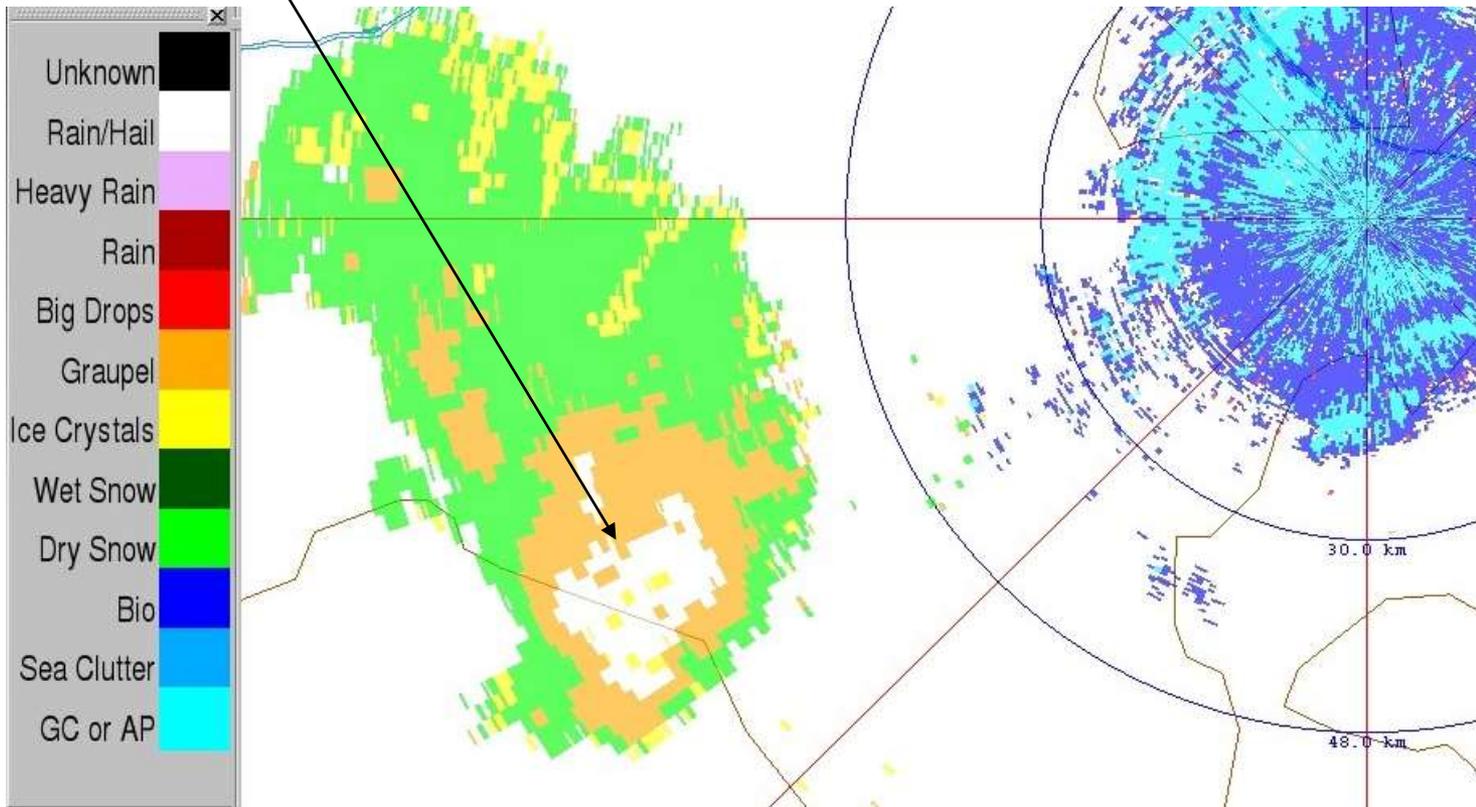


hohe differentielle Phase (KDP)  
als Indiz für starken Niederschlag



# Hagel – Hydroklassifikation

## Verwendung dual polarisierter Momente



WXR RAU PPI 4.5° 9<sup>th</sup> Aug. 2013. Reported hail size: 4 cm

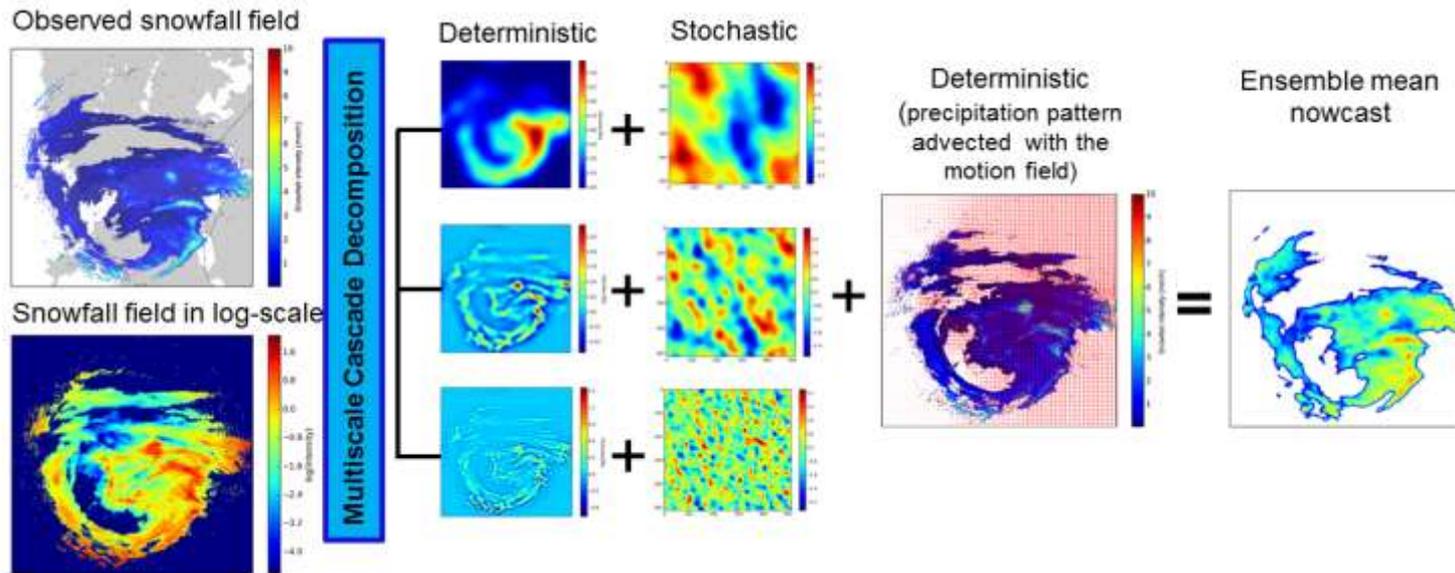


# Radarextrapolation

## Wahrscheinlichkeit - STEPS

### PNOWWA SESAR-H2020

STEPS ... Short Term Ensemble Prediction System

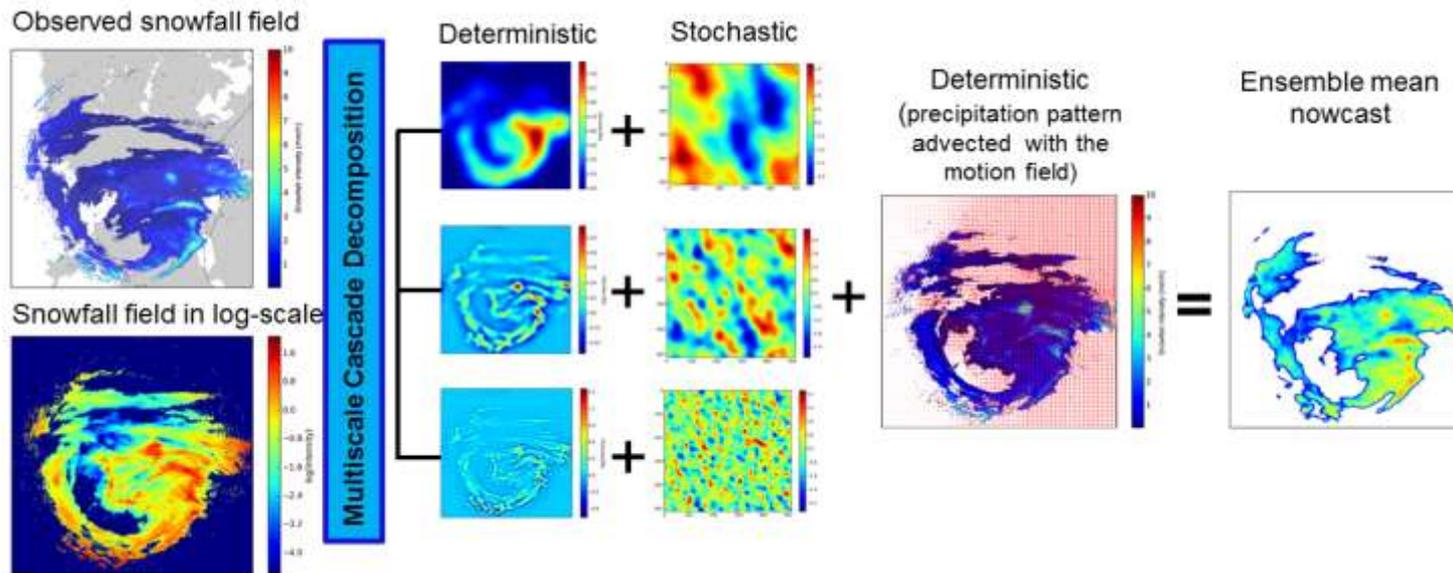


# Radarextrapolation

## Wahrscheinlichkeit - STEPS

### PNOWWA SESAR-H2020

STEPS ... Short Term Ensemble Prediction System

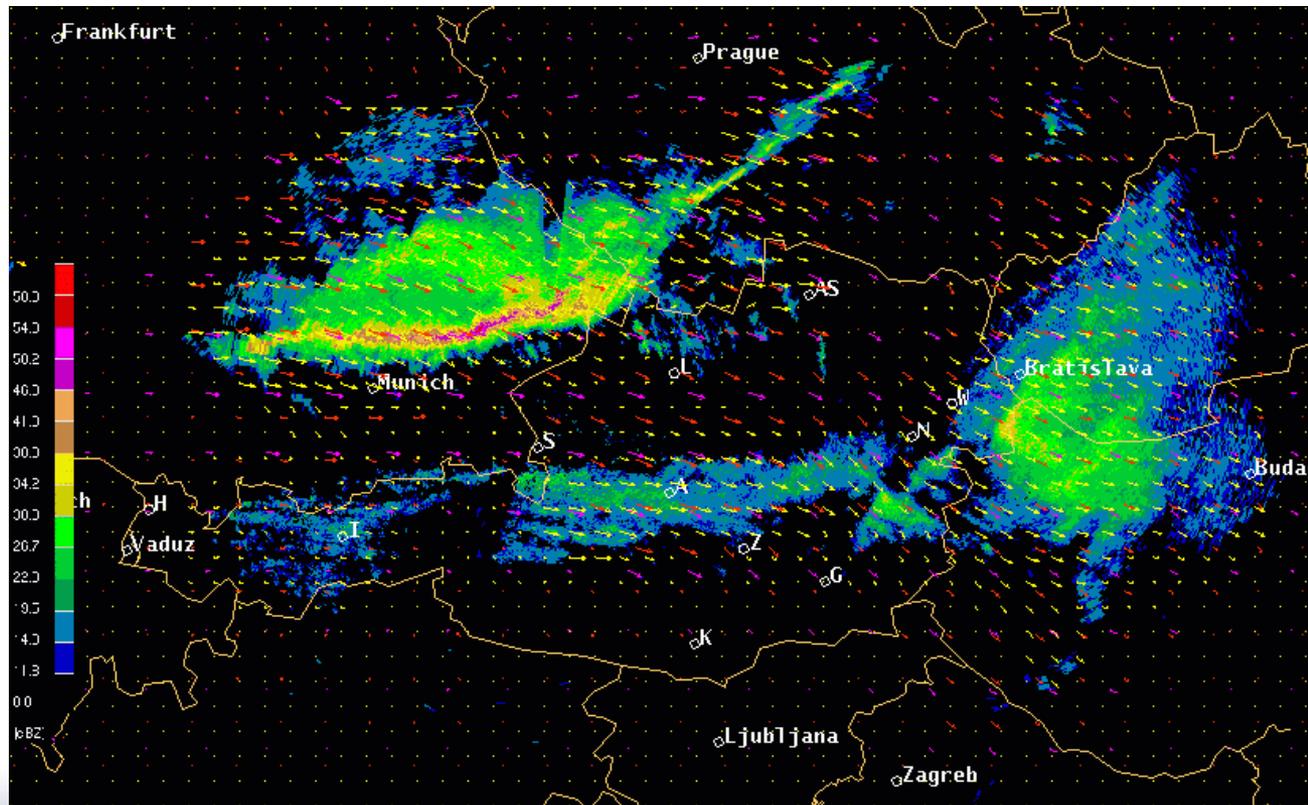


# Radarextrapolation

## Qualität/Wahrscheinlichkeit - TREC

TREC ... tracking radar echoes by correlation

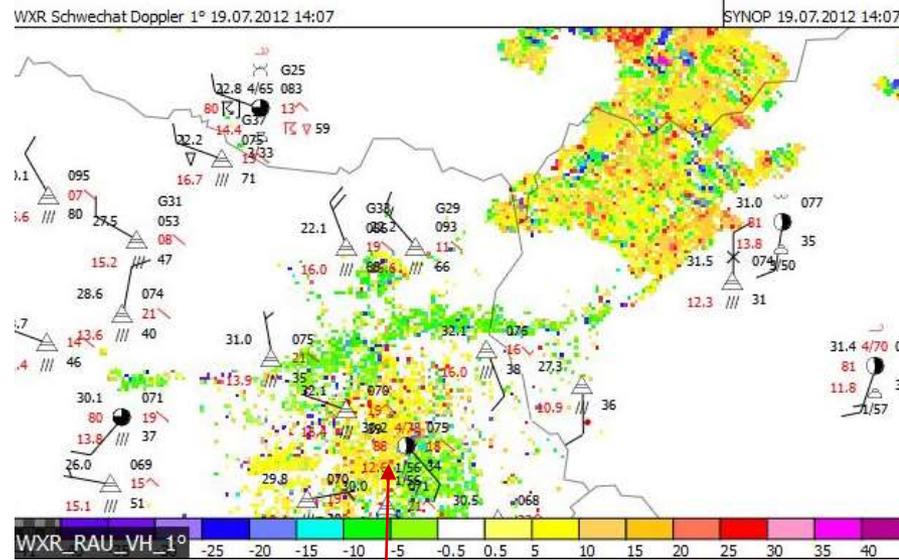
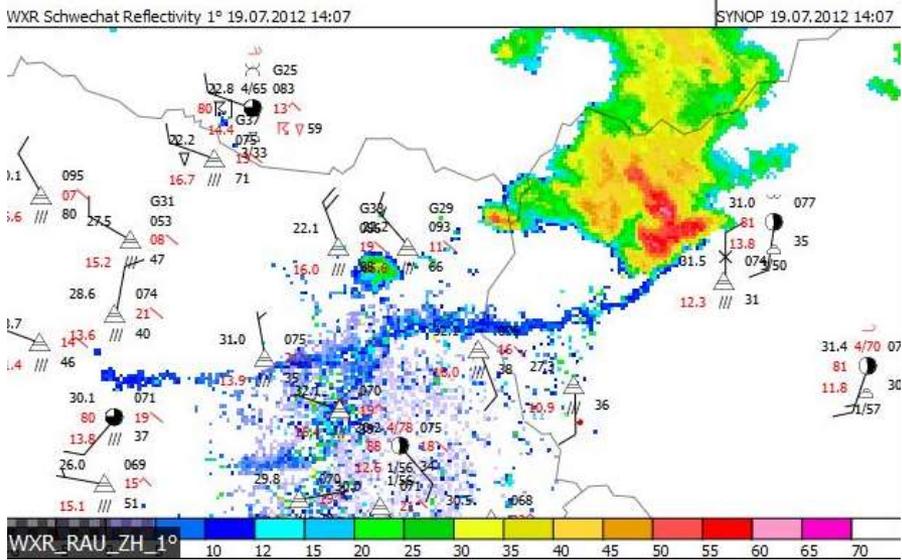
Unterschiedliche Verlagerungsvektoren für unterschiedliche Mustererkennungsbereiche



# Konvergenzlinien

schwierig automatisch zu erfassen/interpretierbar

Nördlich vorbeiziehendes Gewitter bewirkt durch Kaltluftausfluss  
Winddrehung (von Süd auf Nord) am Flughafen Wien-Schwechat

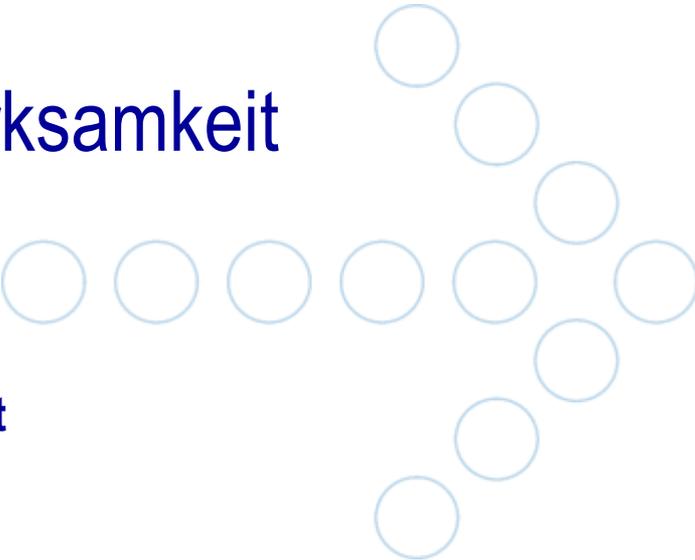


Reflektivität

radiale Dopplergeschwindigkeit



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit



[rudolf.kaltenboeck@austrocontrol.at](mailto:rudolf.kaltenboeck@austrocontrol.at)

SAFETY IS IN THE AIR

