

Fallstudie Gewitterböenfront am 28.06.06 in Graz

Verfasser (Mitarbeiter der ZAMG-Regionalstelle für die Steiermark)

Alexander Giordano
Marlies Kriegler
Alexander Podesser
Hannes Rieder
Friedrich Wölfelmaier
Albert Sudy
Herbert Lammer

Inhalt

- Motivation
- Synoptische Analyse
- Beschreibung des Ereignisses
 - Superzelle
 - Radar
 - Gewitterfallböen (Downbursts)
 - Wall cloud
- Einstufung in die Fujita- Skala
 - Dokumentation der Schäden
- Zusammenfassung
- Literatur

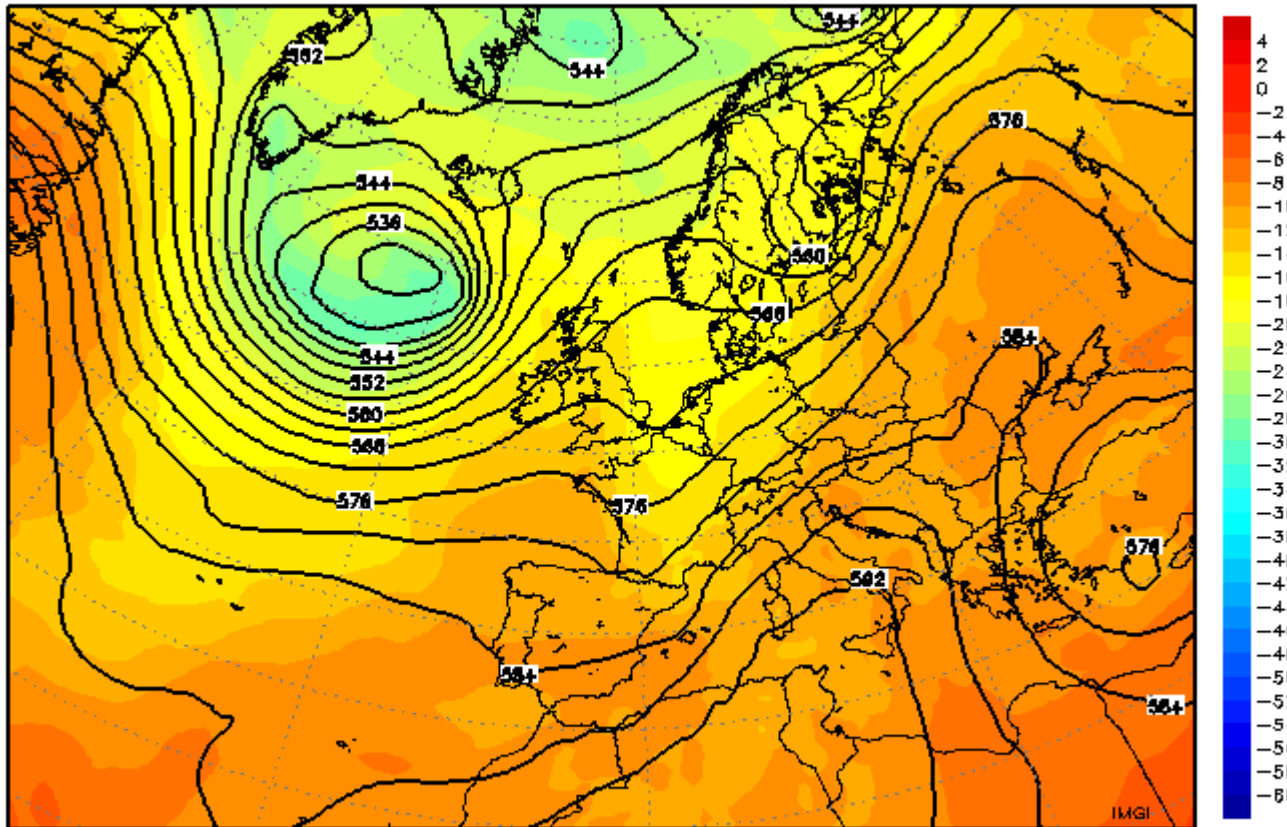
Motivation

Am 28.06.2006 ereignete sich gegen 19:00UTC (21:00 MESZ) im Süden der Stadt Graz ein schweres Unwetter. Beträchtliche Sach- und Flurschäden waren die Folge. Dank glücklicher Umstände und der relativ späten Stunde gab es keine Verletzten. Zeitungen berichteten von Mini- Tornados bis Hurrikans, die Verwirrung in der Meteorologenlandschaft und in der Bevölkerung hatte neue Ausmaße erreicht.

Im Sinne der Initiative von Otto Svabik und Alois Holzer „Kleinräumige, konvektiv verursachte Stürme und Wirbelstürme (Tornados) in Österreich“, sowie des TorDACH- Projekts (www.tordach.org) soll anhand einer Fallstudie dieses Unwetter analysiert und klassifiziert werden, um endgültige Klarheit über die Bandbreite der Folgen eines solchen Ereignisses zu schaffen.

Geopotential in 500hPa um 18UTC laut ECMWF- Analyse

ECMWF ANALYSIS: geopotential height [10m], temperature [C] at 500 hPa, Wed 28JUN2006 18 UTC

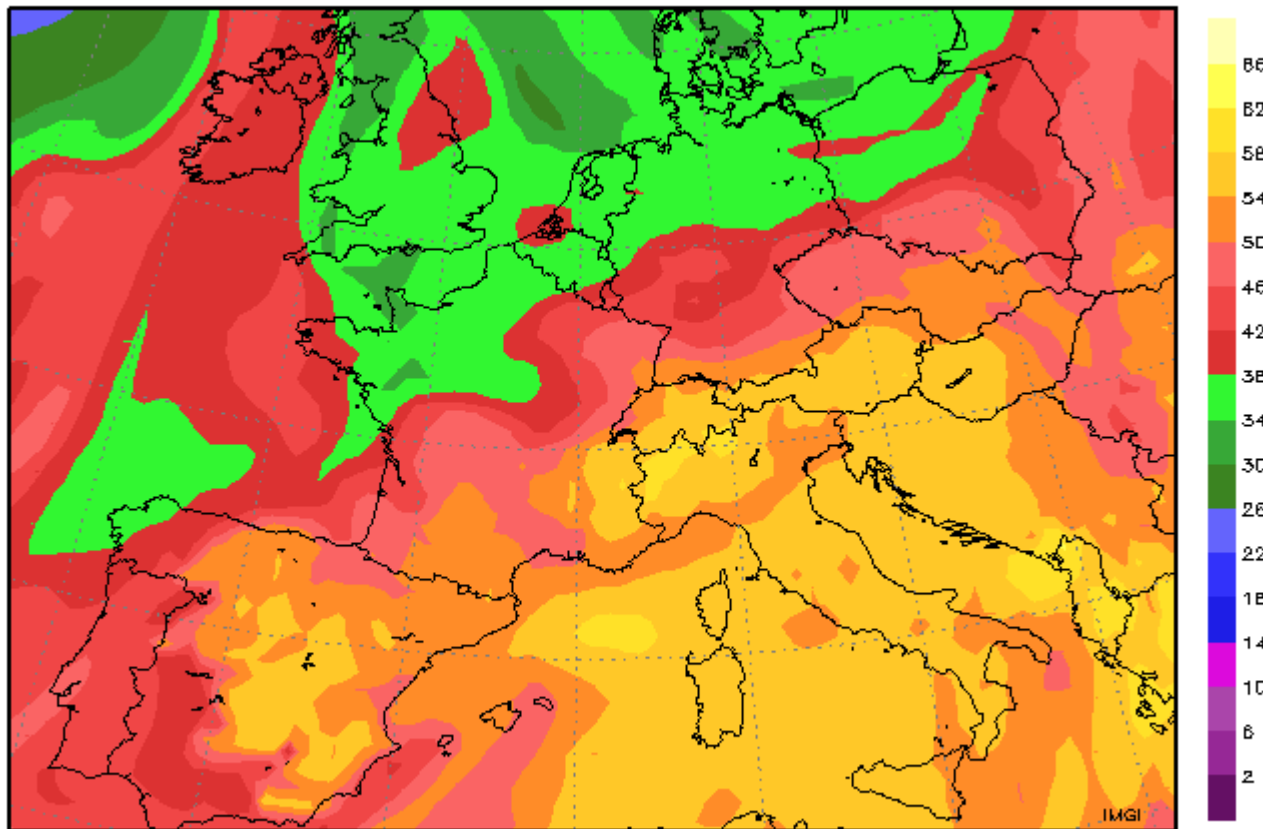


iso spacing: temperature 2 [C], shaded
geopotential height 4 [10m]

- Ausgangslage:
Trog-
vorderseitige
Hebung,
feuchtwarme
Südwest- bis
West-
anströmung

Äquivalentpotentielle Temperatur um 18UTC laut ECMWF- Analyse

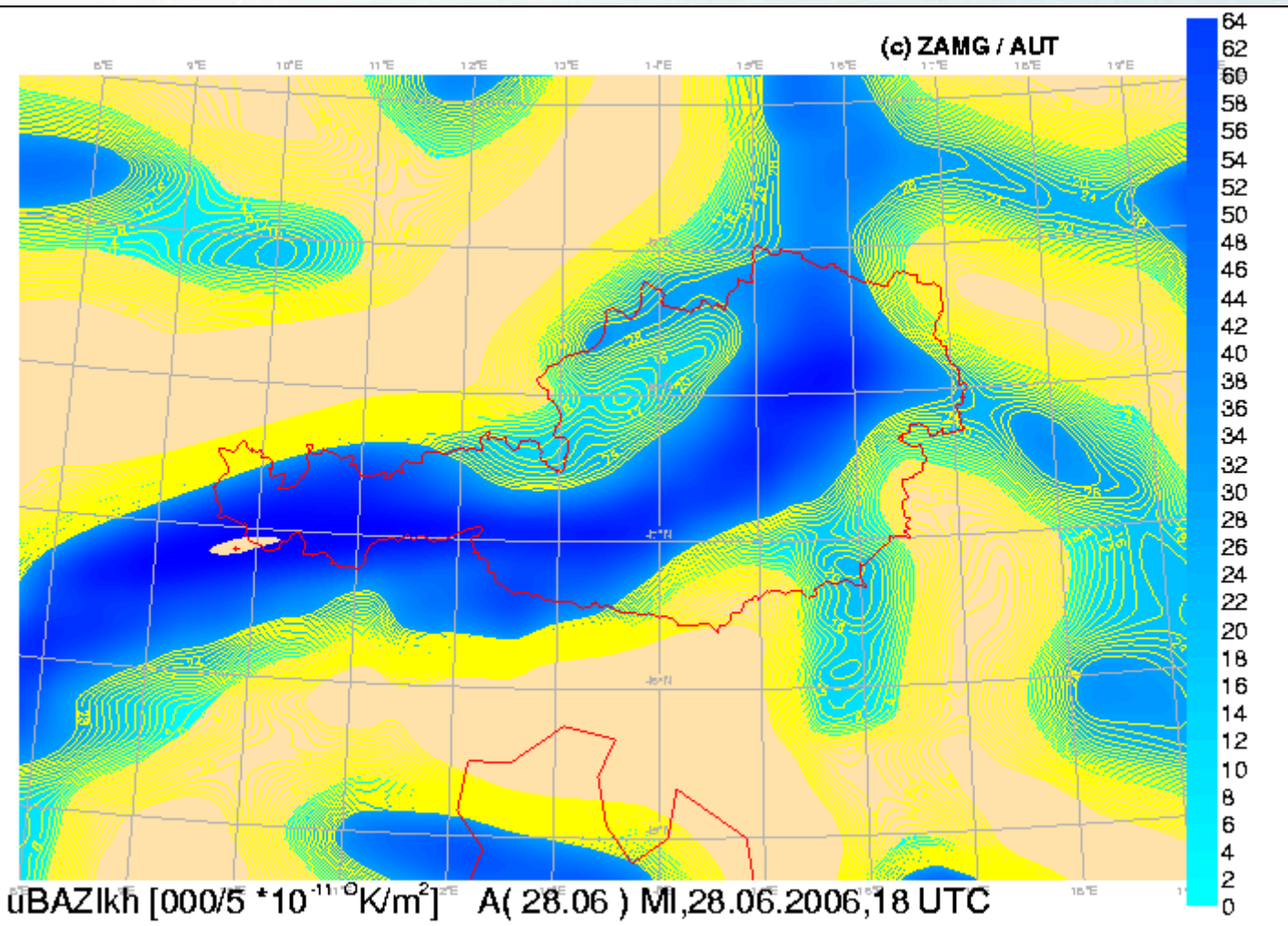
ECMWF ANALYSIS: equivalent potential temperature [C] at 700 hPa, Wed 28JUN2006 18 UTC



iso spacing: 2 [C]

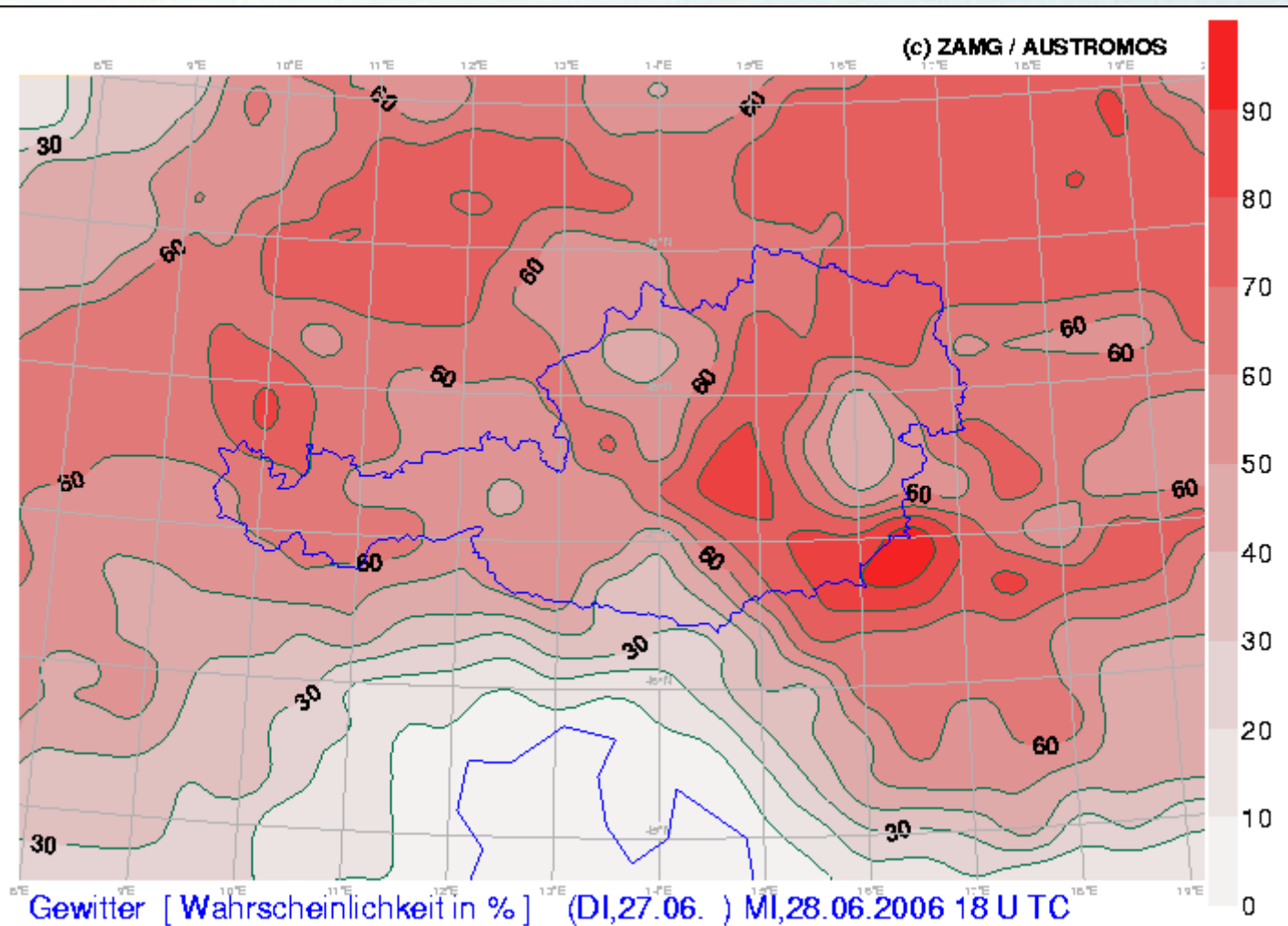
- Verweilte Luftmassengrenze quer über Mitteleuropa
- maritime subpolare Luft im Norden und tropische Festlandluft im Süden (Berliner Wetterkarte)
- Kaltfrontanteil näherte sich von Nordwesten dem östlichen Alpenraum

Barokline Zonen Index um 18UTC laut ECMWF- Prognose



- Prognose für 18UTC, Init.: 12UTC
- deutlich verwellte Luftmassengrenze in Österreich
- Kaltfrontanteil über der Steiermark

Gewitterwahrscheinlichkeit um 18UTC laut MOS- Prognose



- Gewitterwahrscheinlichkeit lag bei über 80%

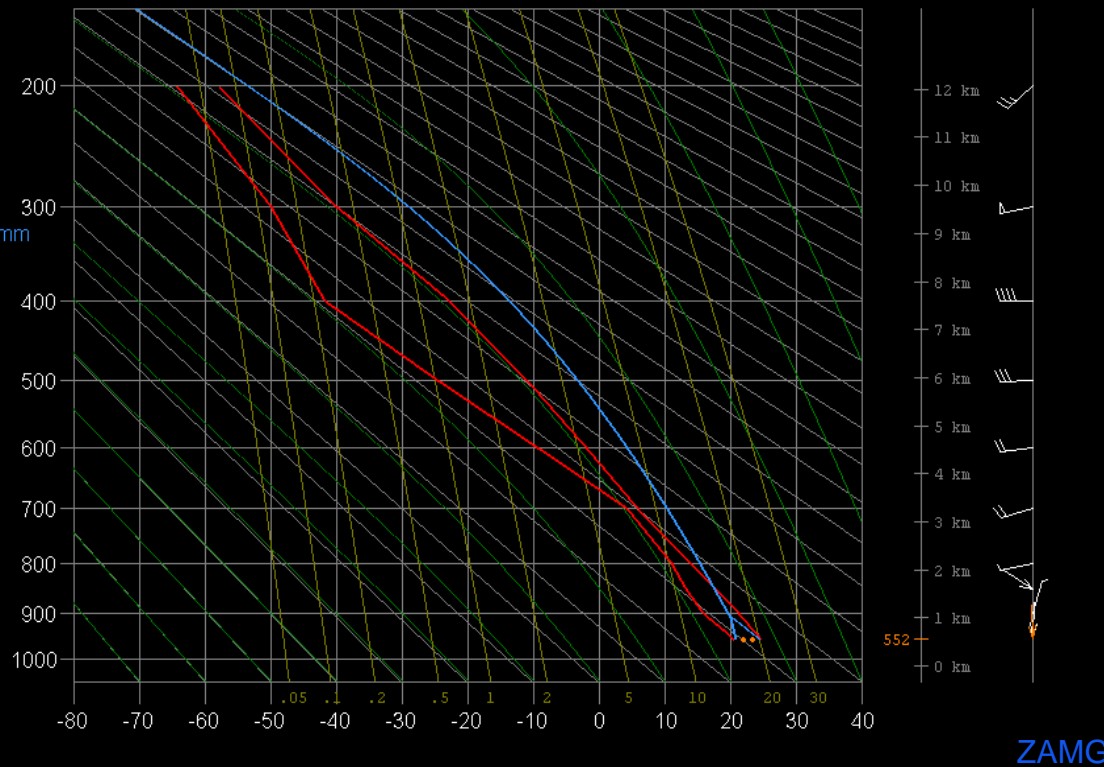
Pseudo- Radiosondenaufstieg um 18UTC laut Aladin Austria Prognose

15.41°E 47.09°N

28-06-2006

18 UTC

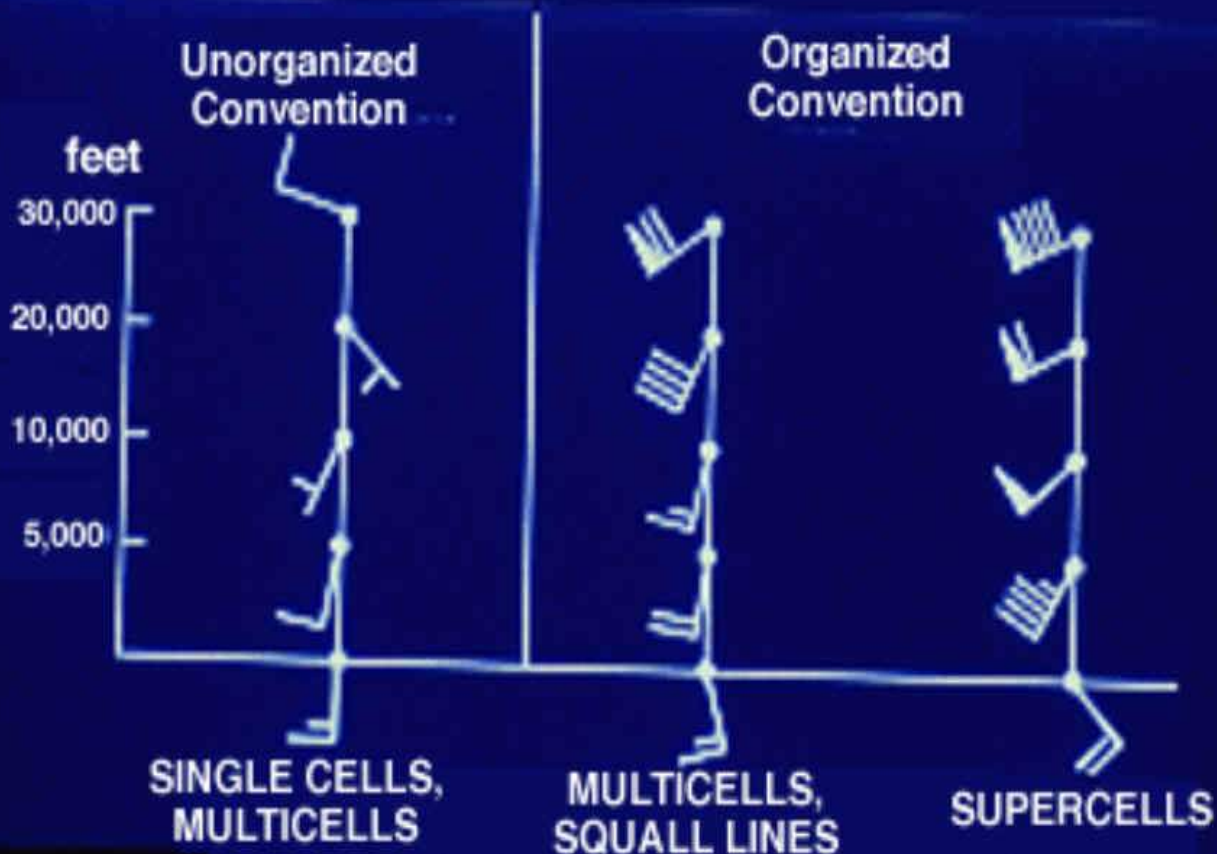
LCL = 1052 m
LFC = 1669 m
LNB = 12538 m
CAPE = 3199.3 J/kg
CIN = 29.6 J/kg
Precip. Water = 43.8 mm
SHOW = -3.6



- Gitterpunkt
Graz- Thalerhof:
- Prognose für 18
UTC, Init.: 12UTC
- Ebenfalls hohe Tops
(12,5 km) und sehr
hohes CAPE (knapp
3200 J/kg)
- Showalter Index:
-3.6
- Wind am Boden war
in Wirklichkeit
Südost \Rightarrow starke
Windscherung mit
der Höhe

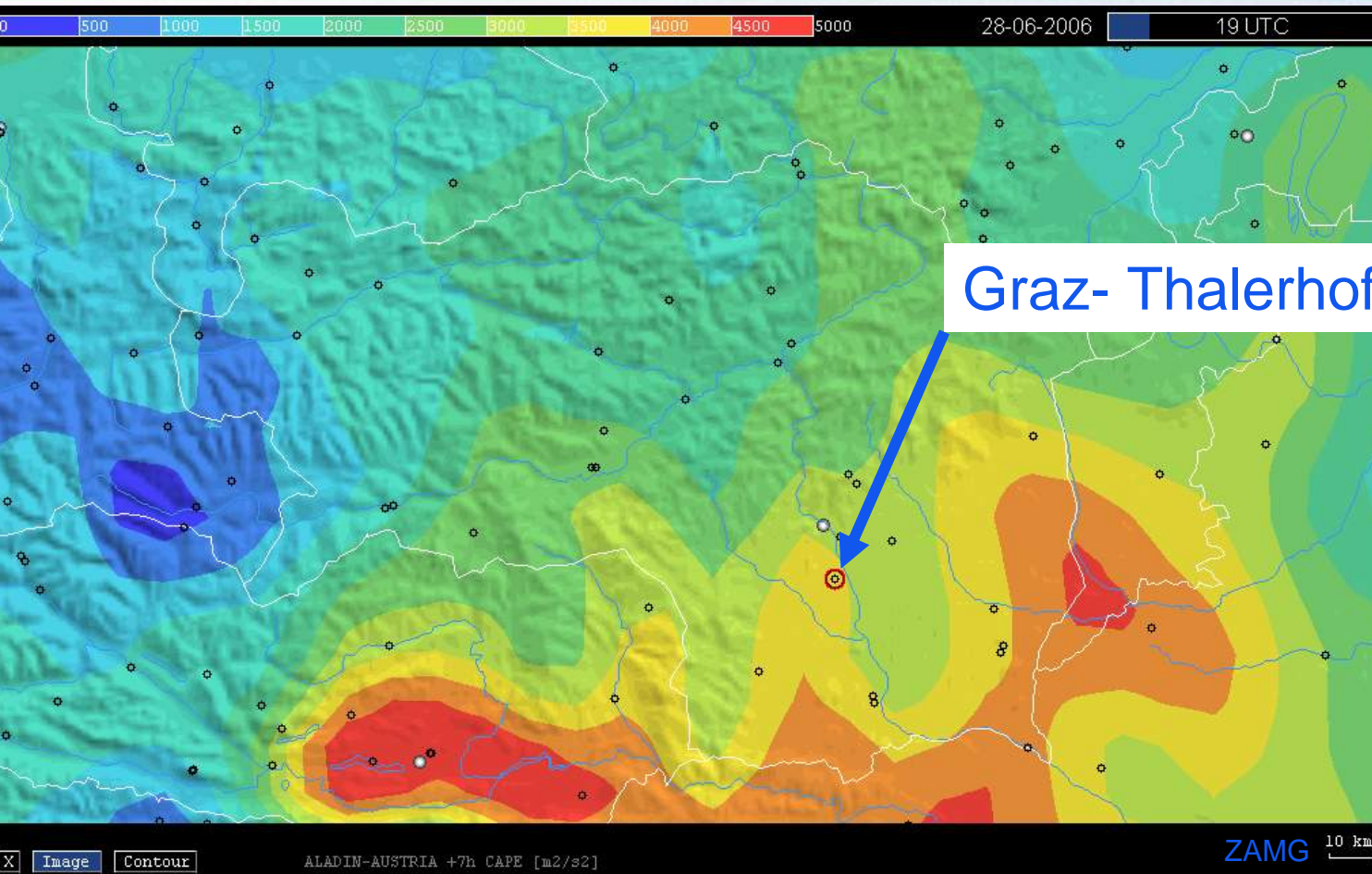
Zur Bedeutung vertikaler Windscherung bei einer Superzelle

VERTICAL WIND PROFILES



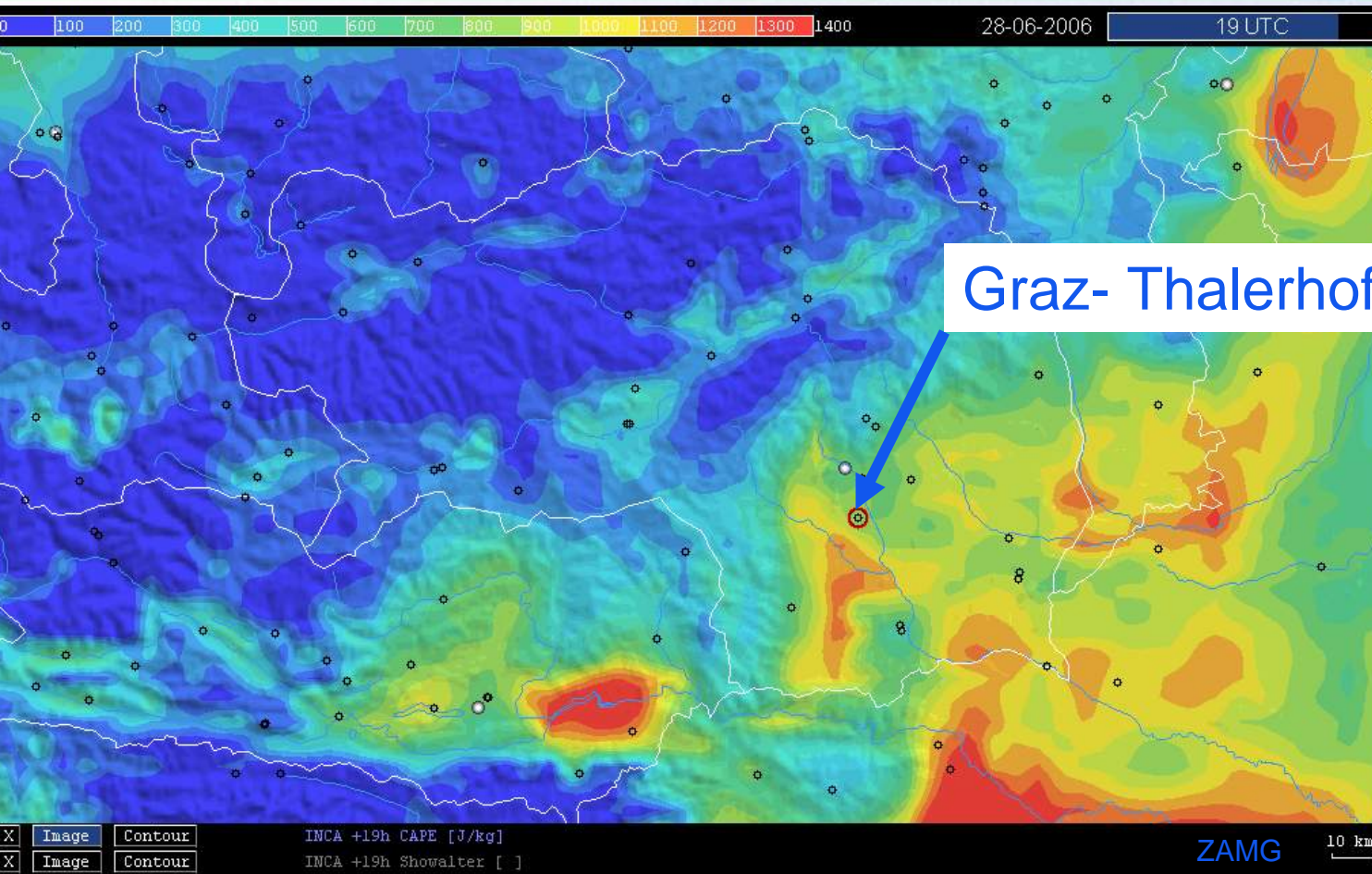
- Bei schwacher Windscherung (links) fällt eine Gewitterzelle wieder in sich zusammen, weil Aufwindkanal und Gewitterfallböen übereinander liegen und einander kompensieren
- Starke Windscherung (rechts) in Richtung und Intensität führt zu einer Trennung von Aufwindbereich und Gewitterfallböen ⇒ das Gewitter kann ‚ungebremst‘ wachsen

CAPE um 19 UTC laut Aladin Austria



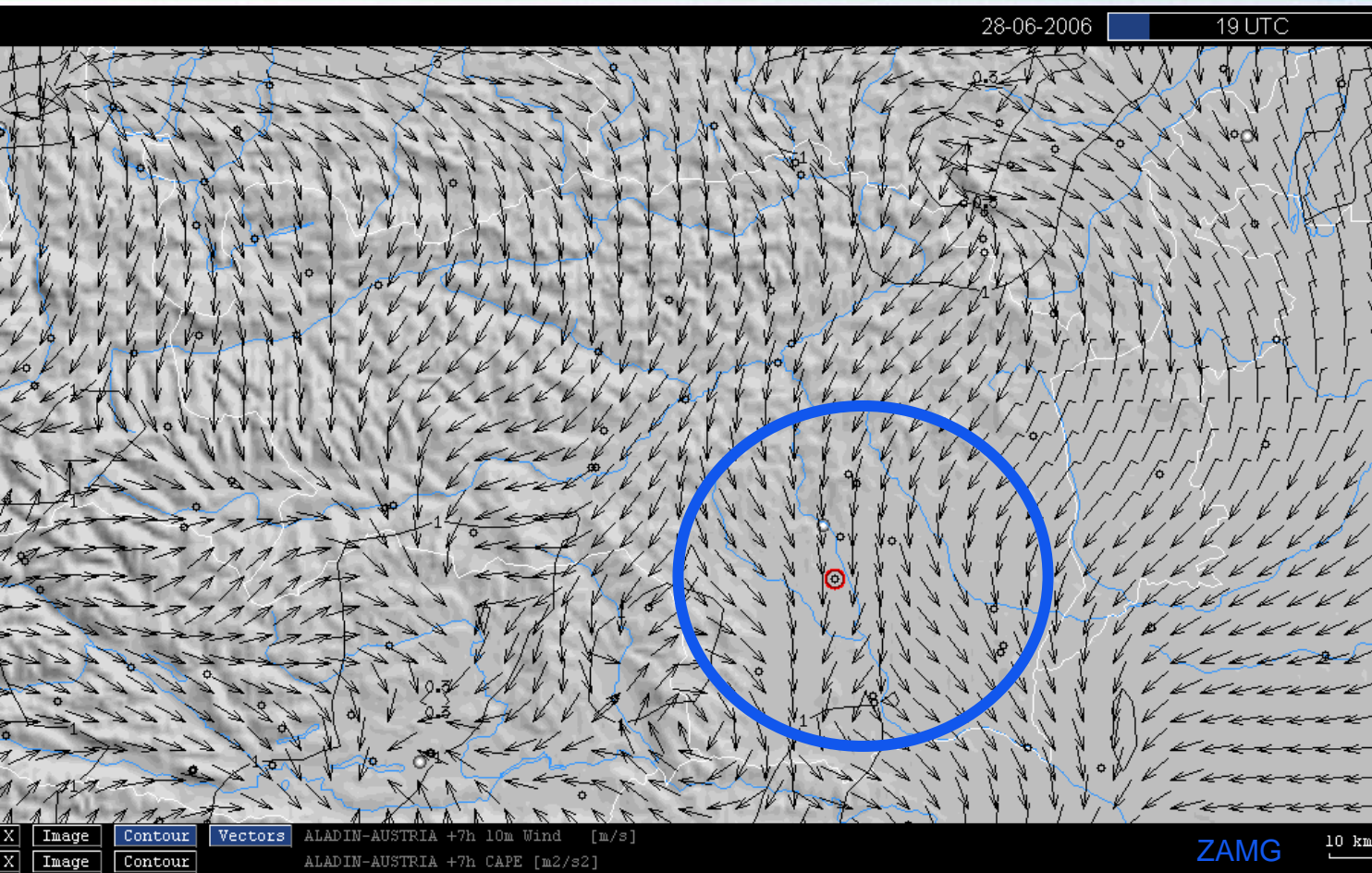
- Prognose für 19UTC, Init.: 12UTC
- CAPE-Spitzen von über 4000 J/kg

CAPE um 19UTC laut INCA- Analyse



- CAPE-Spitzen von 1200 J/kg im südlichen Grazer Becken
- vom Muster her zutreffend, reale Werte bei weitem über-schätzt

10m Wind um 19UTC laut Aladin Austria

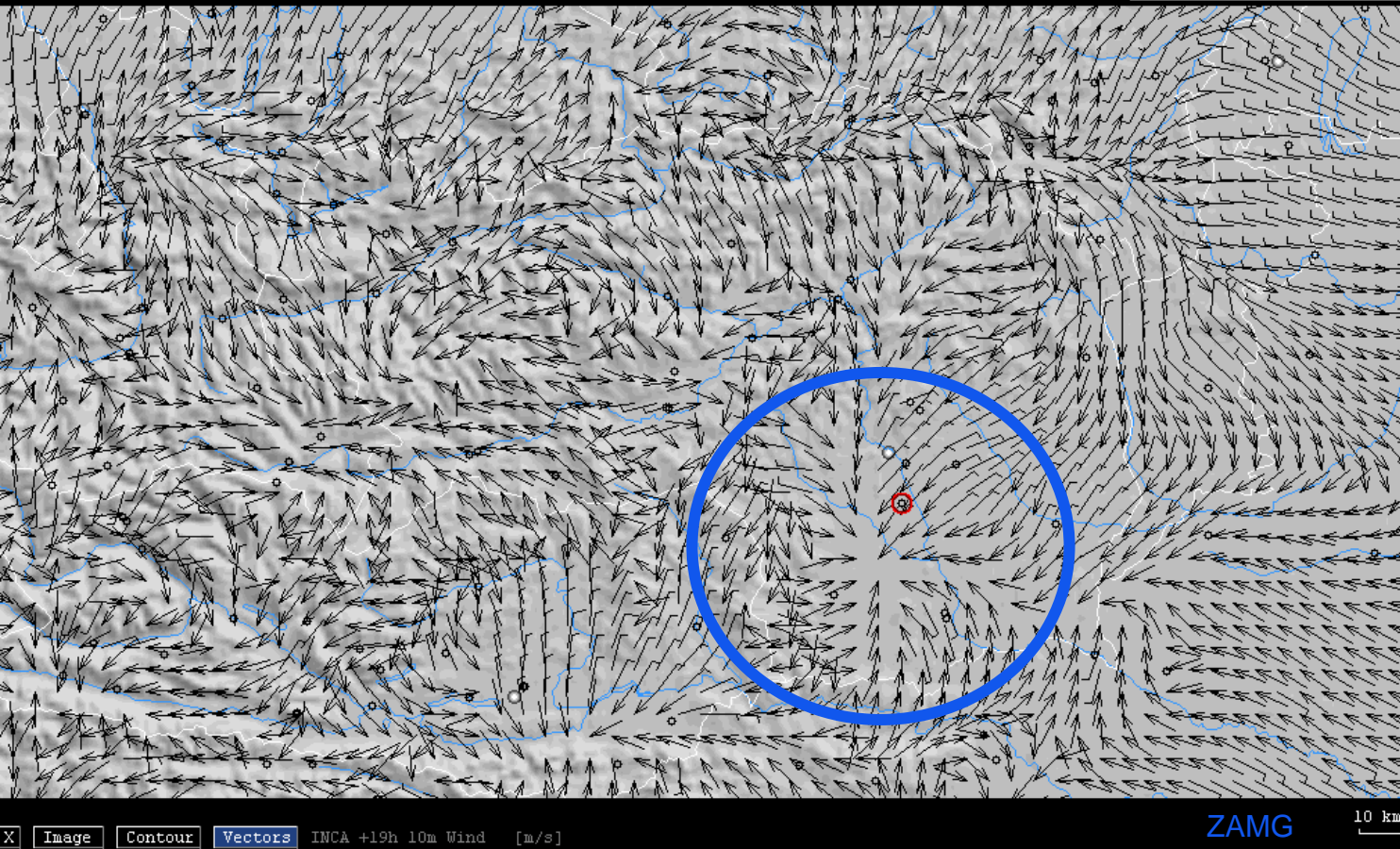


- Prognose für 18UTC, Init.: 12UTC
- keine Konvergenz

10m Wind um 19UTC laut INCA- Analyse

28-06-2006

19 UTC



- Starke Konvergenz im Klagenfurter und Grazer Becken

2006062818 Gesamter Alpenraum

Reduzierter Bodendruck (Isolinien), Einheit: hPa, Obs: 316, Min: 1011.04, Max: 1019.37, Stationen: Kreuze

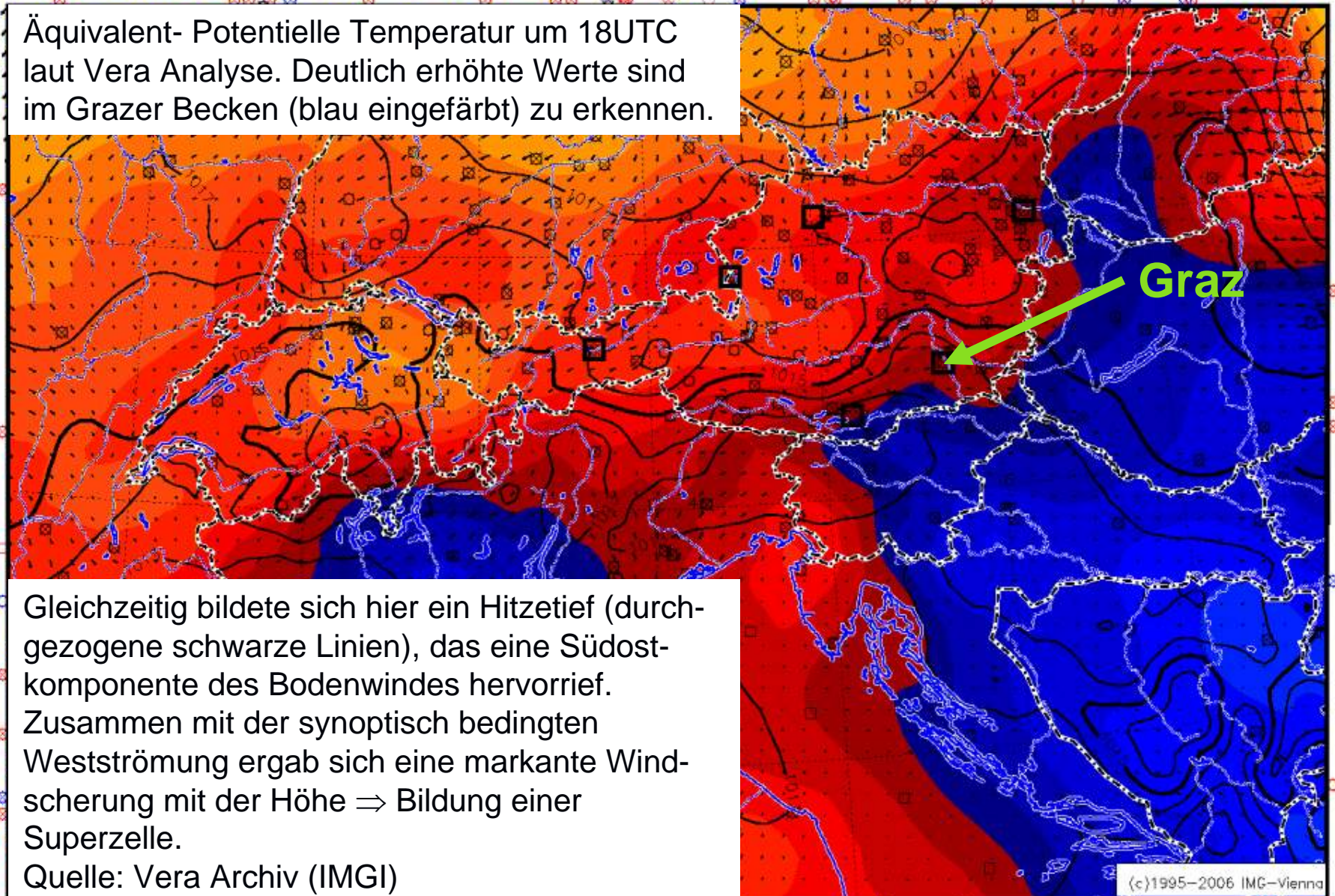
Äquivalent-Potentielle Temperatur (Farbfäechen), Einheit: Grad Celcius, Obs: 351, Min: 50.56, Max: 77.15, Stationen: Diamanten

10m-Wind (Pfeile), Einheit: m/s, Obs: 347, Min: 0.01, Max: 6.00, Stationen: Quadrate

10m/s



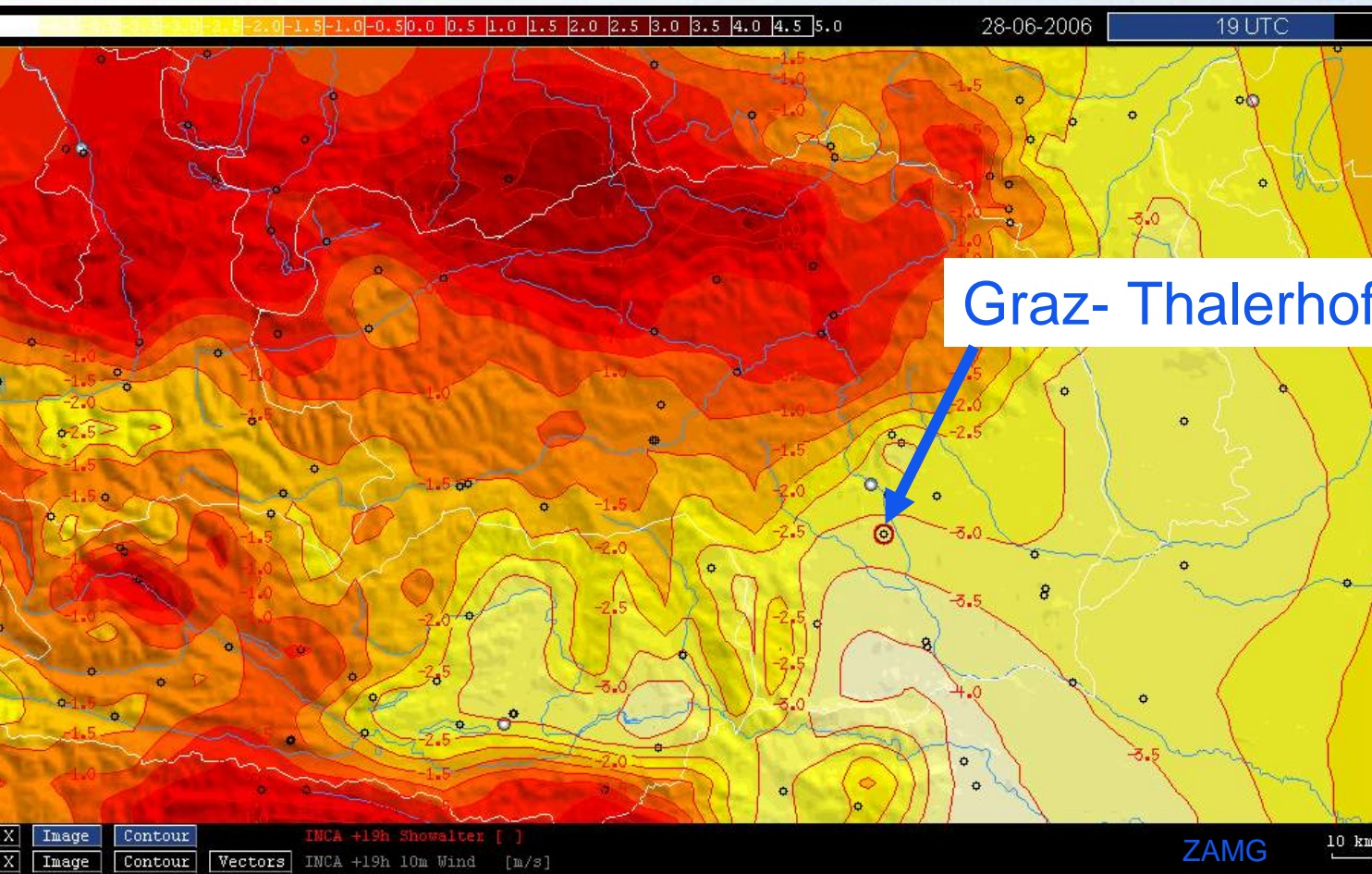
Äquivalent- Potentielle Temperatur um 18UTC laut Vera Analyse. Deutlich erhöhte Werte sind im Grazer Becken (blau eingefärbt) zu erkennen.



Gleichzeitig bildete sich hier ein Hitzetief (durchgezogene schwarze Linien), das eine Südostkomponente des Bodenwindes hervorrief. Zusammen mit der synoptisch bedingten Westströmung ergab sich eine markante Windscherung mit der Höhe \Rightarrow Bildung einer Superzelle.

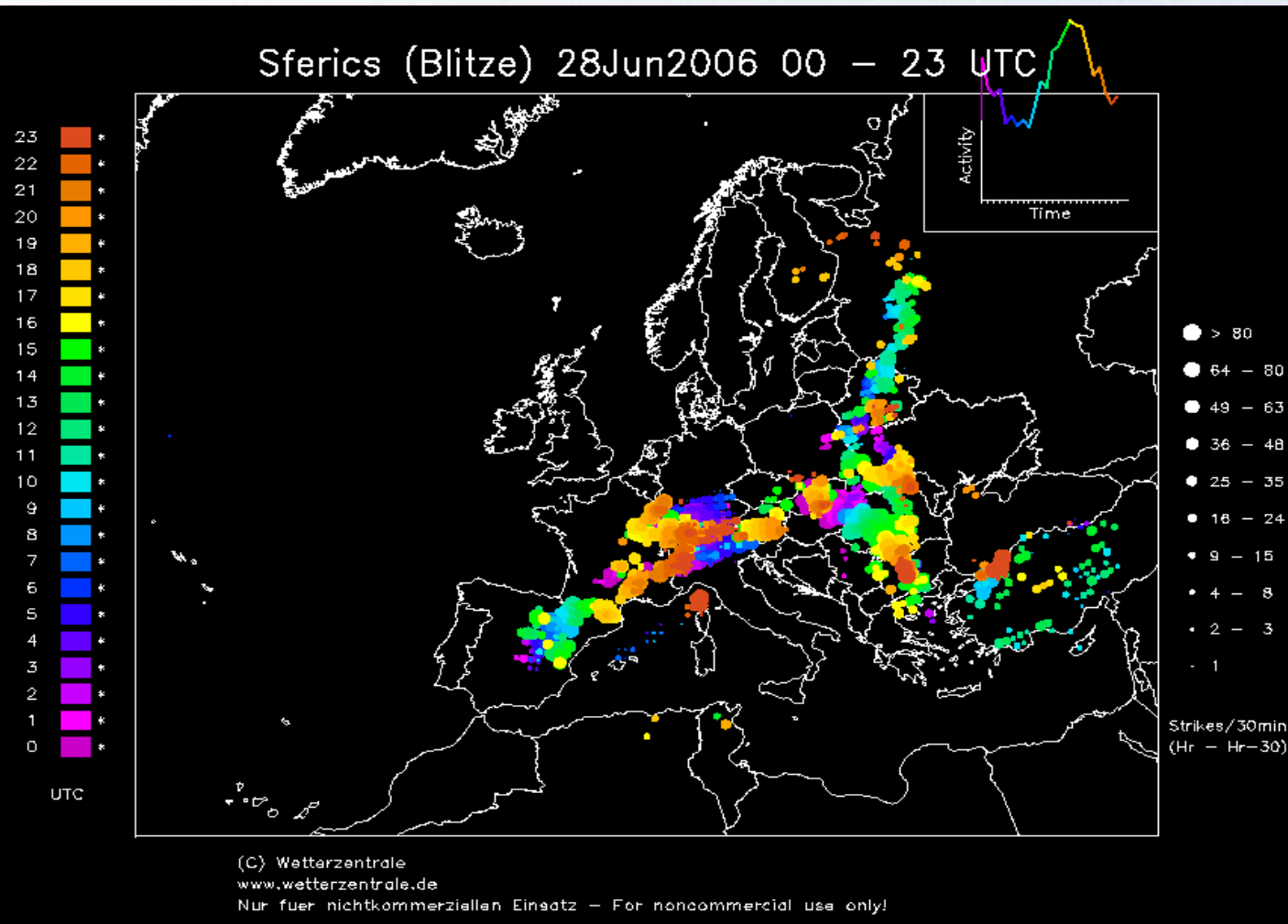
Quelle: Vera Archiv (IMGI)

Showalter Index um 19 UTC laut INCA- Analyse



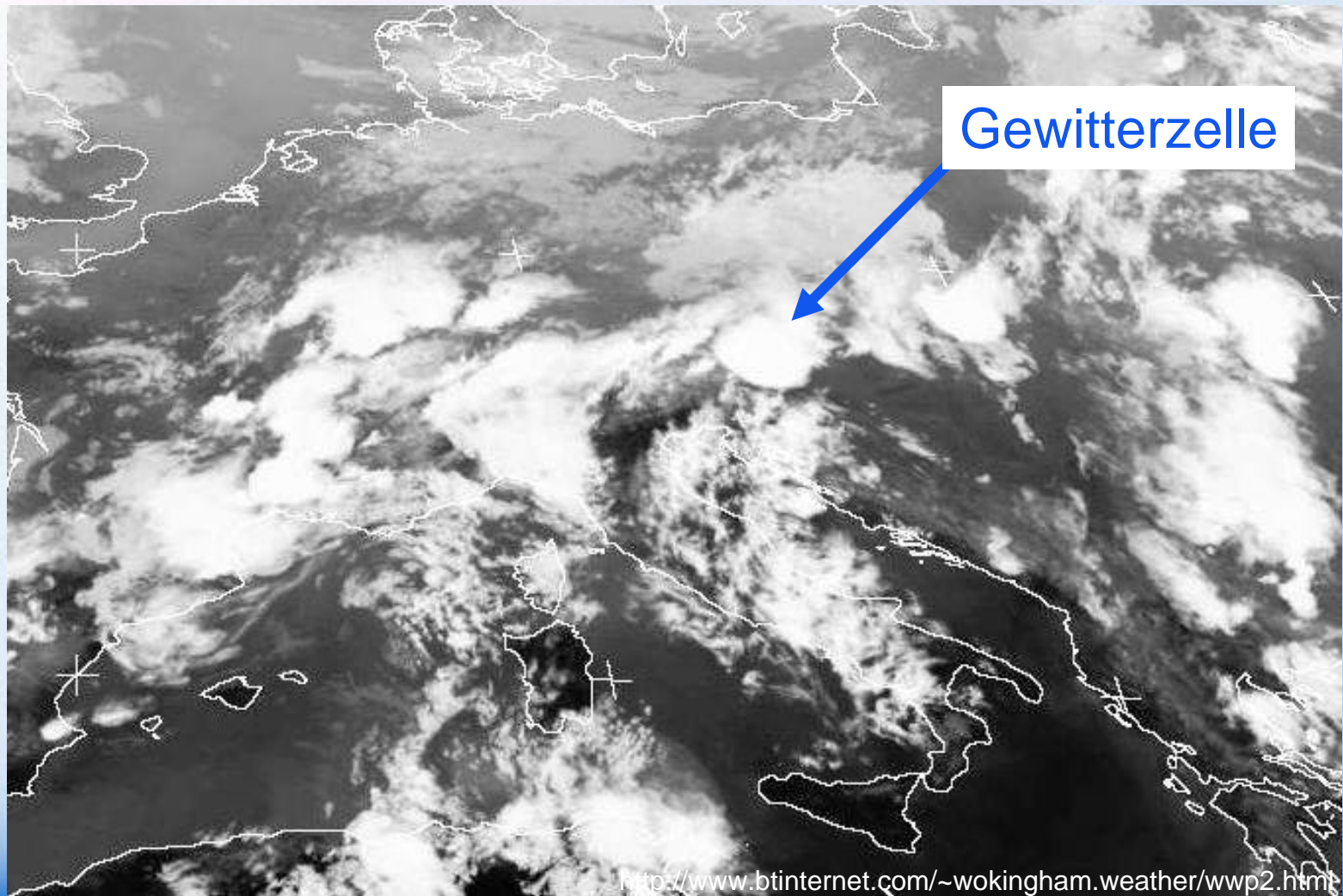
- Werte des SHOWI von teilweise unter -4.0

Blitzaktivität am 28. Juni 2006 zwischen 00 und 23UTC



- An und vor der Luftmassengrenze sind zahlreiche Gewitter entstanden

Satellitenbild MSG von Mitteleuropa um 18UTC



Synoptische Analyse: Zusammenfassung

- Die Wetterlage wurde korrekterweise als gewitterträchtig eingestuft:
 - Trogvorderseitige feuchtwarme Südwest- bis Westströmung mit eingebetteter Kaltfront
 - CAPE und Showalter Index sind angesprungen, hohe Tops waren sowohl aus dem Pseudo- Temp, als auch aus dem realen Temp zu erwarten
 - Hohe Gewitterwahrscheinlichkeit laut MOS
- Unzulänglichkeiten in der Prognose:
 - Windscherung mit der Höhe vom Modell her nicht kreierbar
 - Exakte Laufbahn- und Intensitätsbestimmung der Superzelle nur mit NowCast- Methoden möglich

Inhalt

- Motivation
- Synoptische Analyse
- ■ Beschreibung des Ereignisses
 - Superzelle
 - Radar
 - Gewitterfallböen (Downbursts)
 - Wall cloud
- Einstufung in die Fujita- Skala
 - Dokumentation der Schäden
- Zusammenfassung
- Literatur

Definition: Superzelle

- *Gewitter mit einem dauerhaften, rotierenden Aufwind, die deshalb oft eine von anderen Gewittern abweichende Zugrichtung aufweisen (tordach.org)*
- *ein Gewitter, das eine hochreichende und beständige (bezogen auf Cumulus- Scale) Mesozyklone (rotierendes Luftpaket im Cumulus- Scale) besitzt. (Doswell 1993)*

Superzelle

- Was dafür spricht:
 - Radar: Rechtsläufer (right mover)
 - Organisiertes, rotierendes System (Beobachtungen und Fotos)
- Was dagegen spricht:
 - ein endgültiger Beweis für die Rotation könnte nur ein Dopplerradar liefern. Leider steht ein solches derzeit noch nicht zur Verfügung

Superzelle



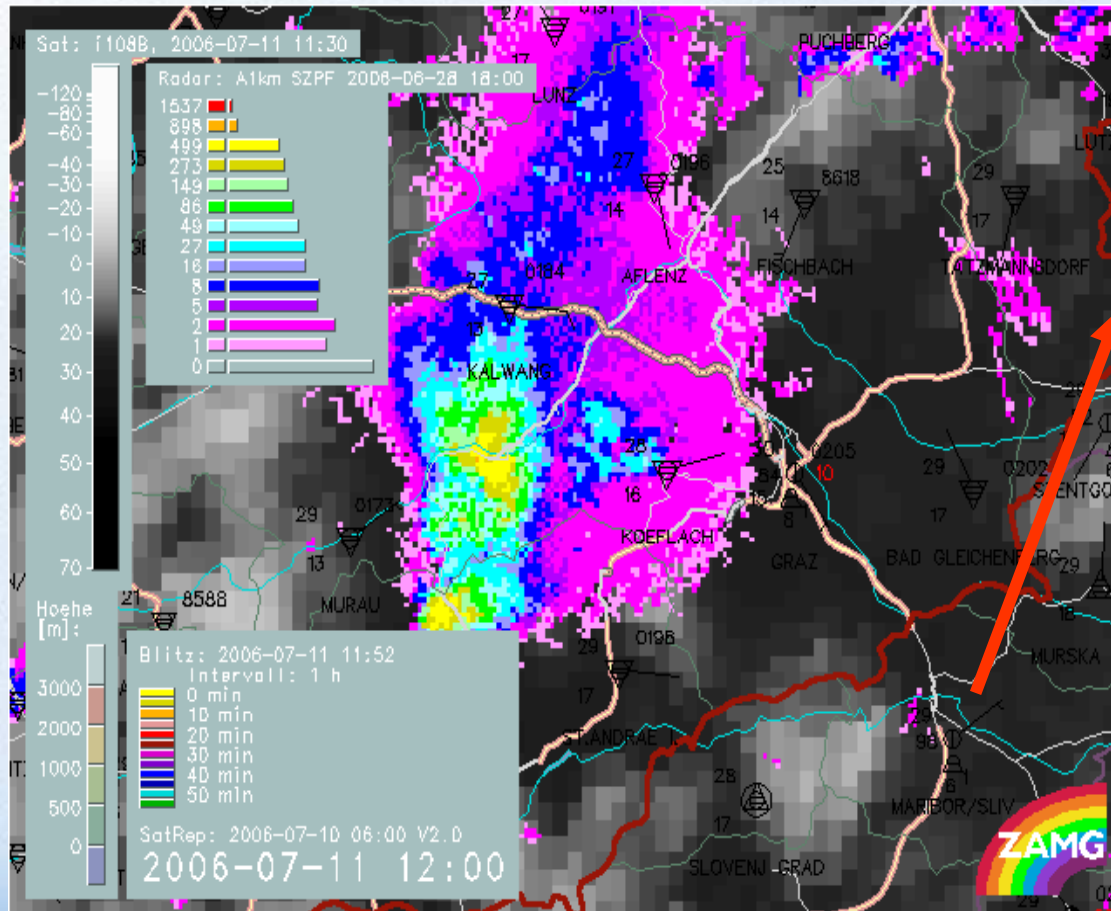
Graz, 28.06.06



Figure 18: Striations are evident as the corkscrew-type markings on the side of this supercell updraft tower. View is to the west.
Photo - Alan Moller.

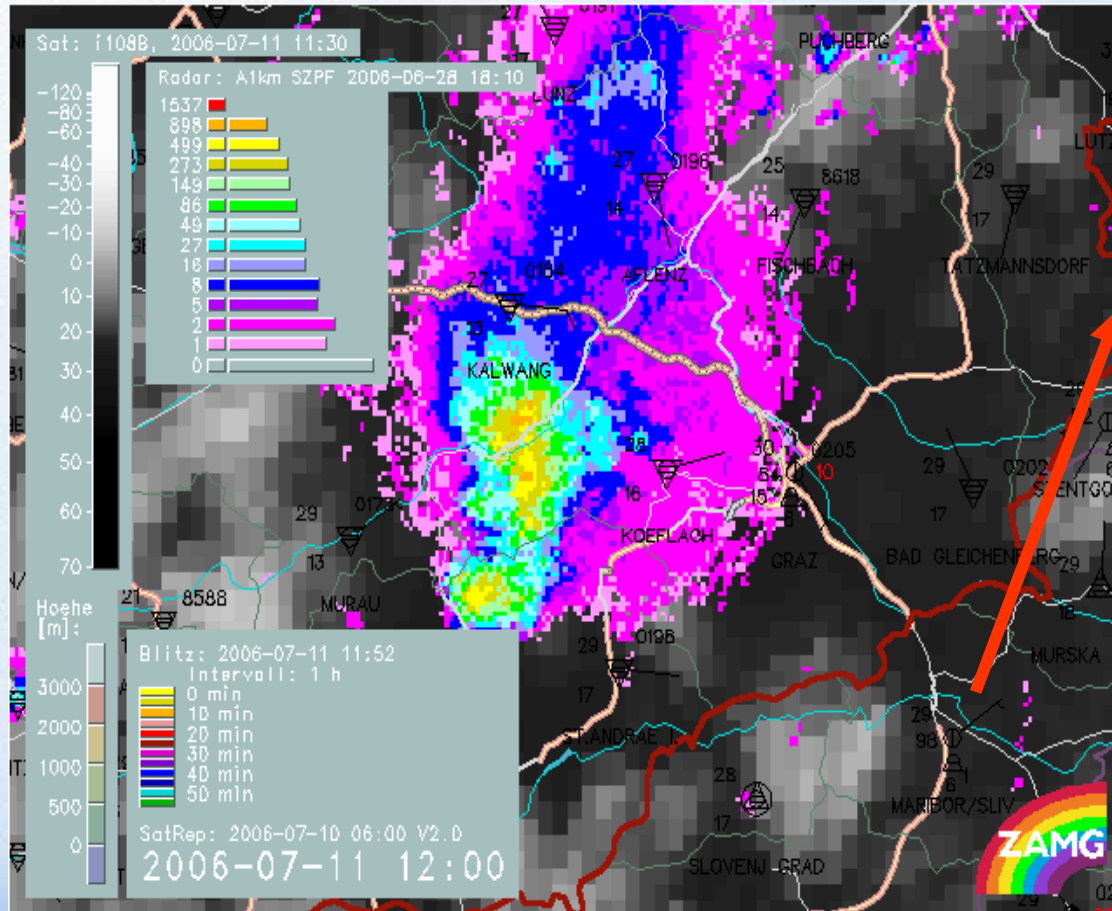
Musterbeispiel für
Superzelle aus Literatur

Radar am 28.06.06 um 18:00 UTC

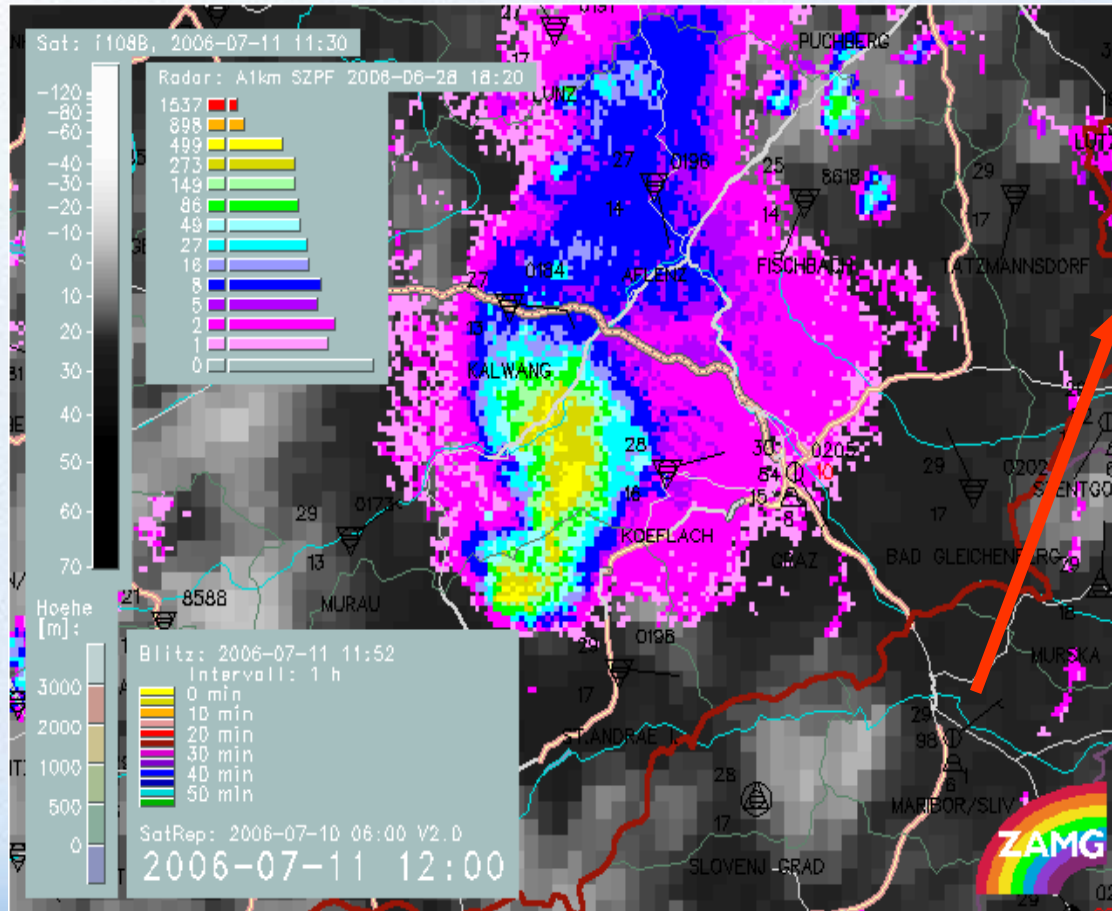


roter Pfeil:
Zugbahnen
anderer
Gewitter-
zellen an
diesem
Tag

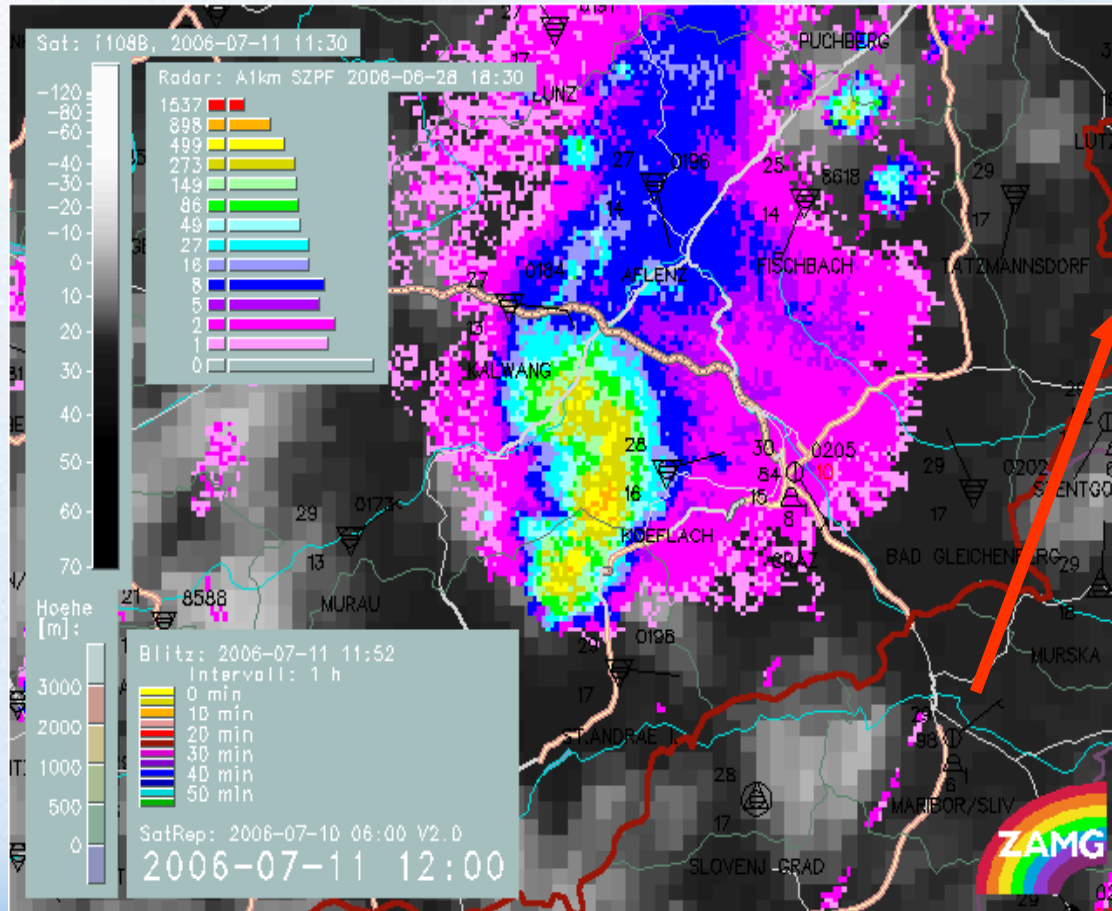
Radar am 28.06.06 um 18:10 UTC



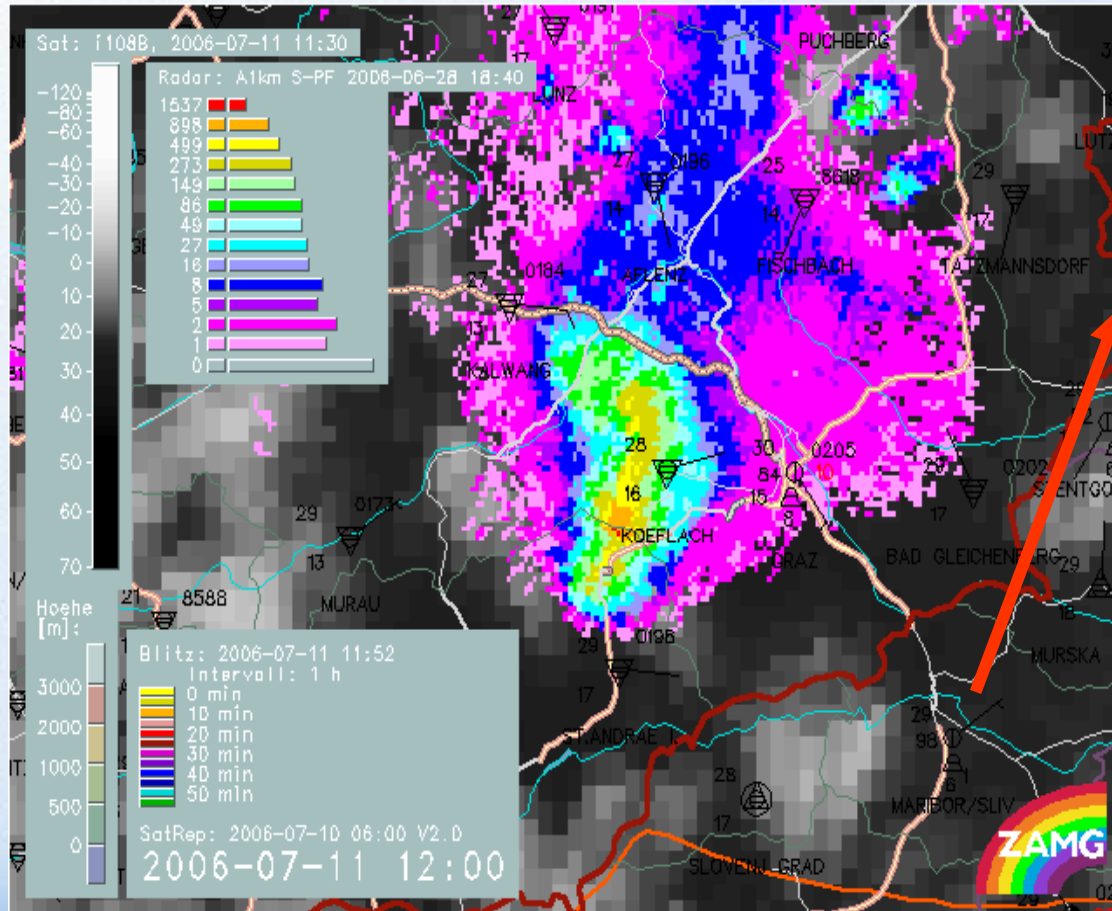
Radar am 28.06.06 um 18:20 UTC



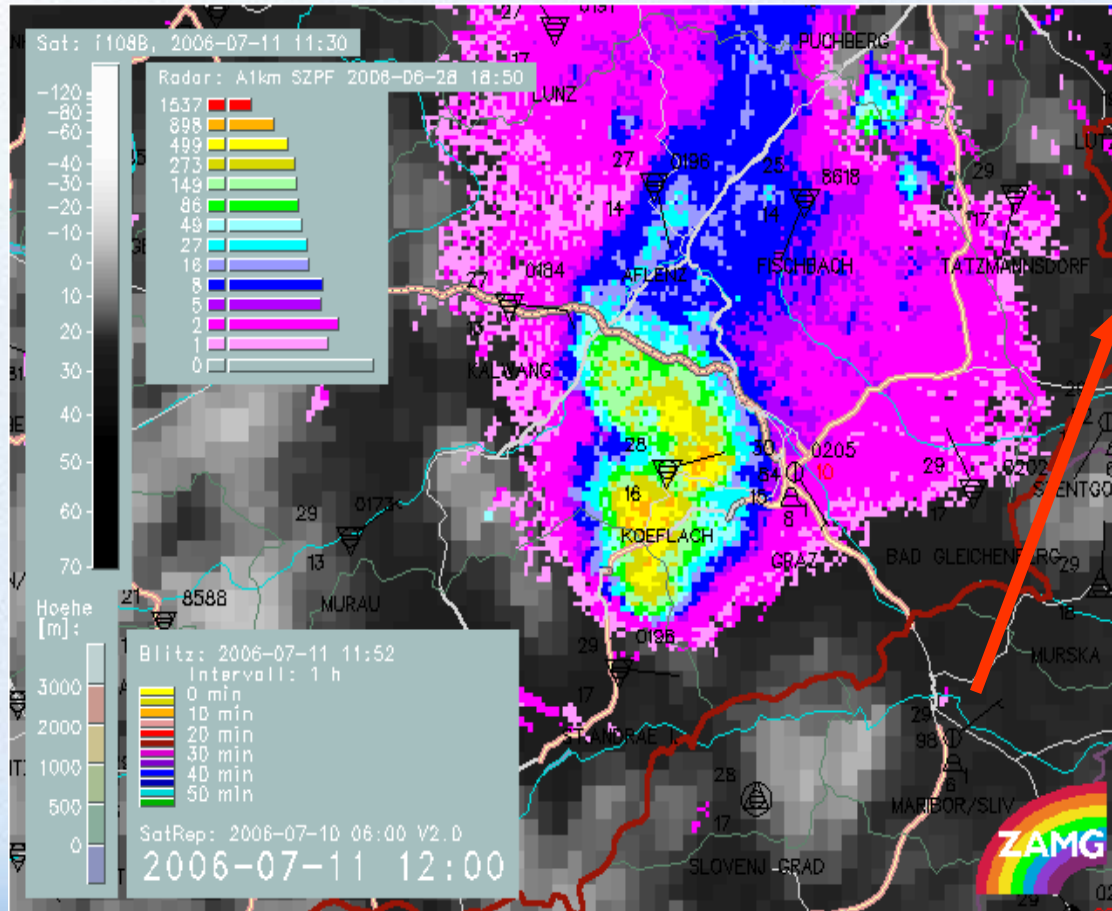
Radar am 28.06.06 um 18:30 UTC



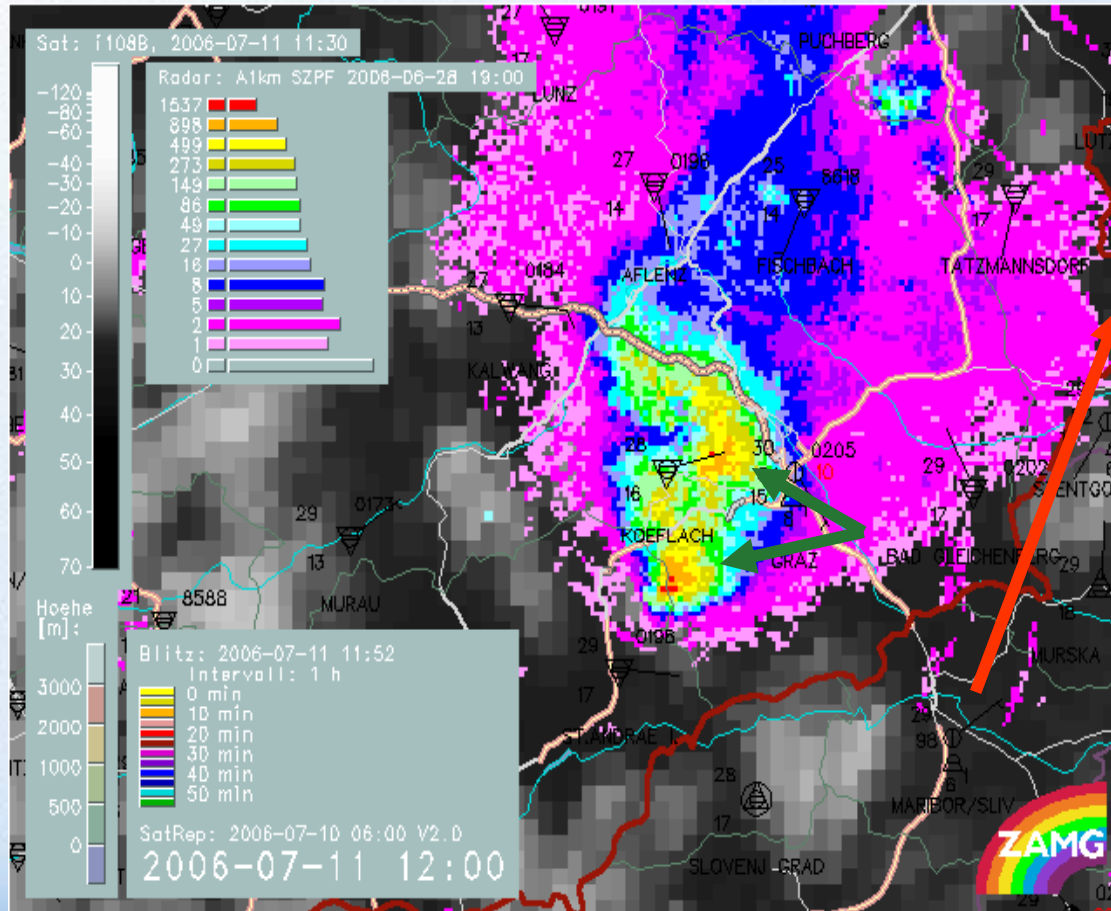
Radar am 28.06.06 um 18:40 UTC



Radar am 28.06.06 um 18:50 UTC

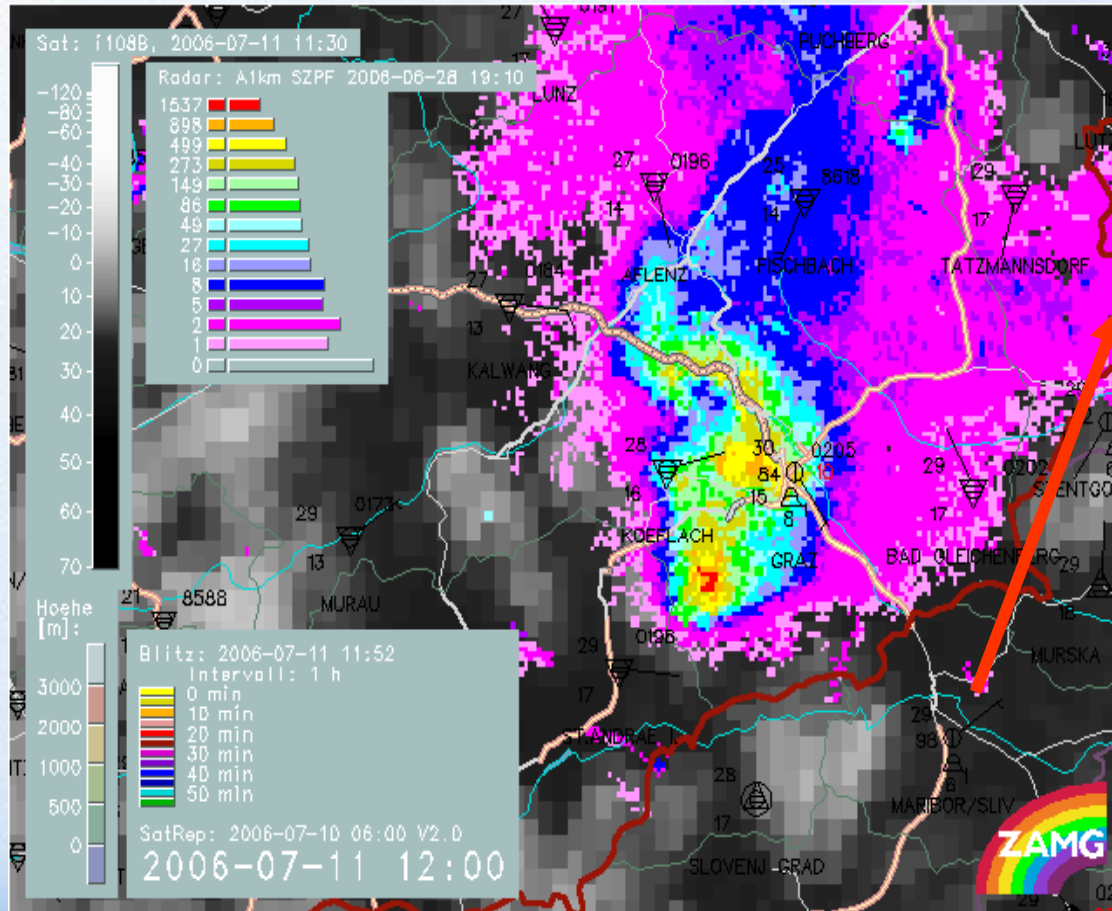


Radar am 28.06.06 um 19:00 UTC

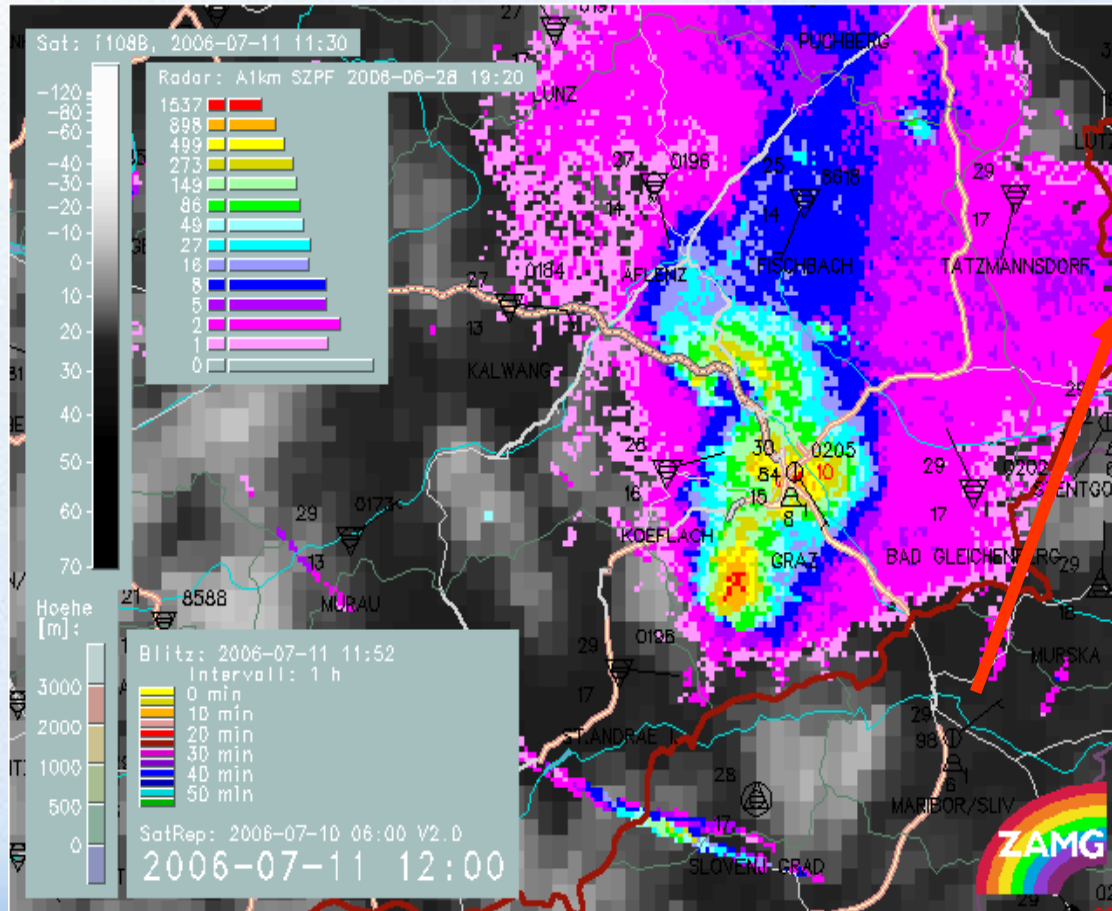


deutliche Aufspaltung in 2 Zellen

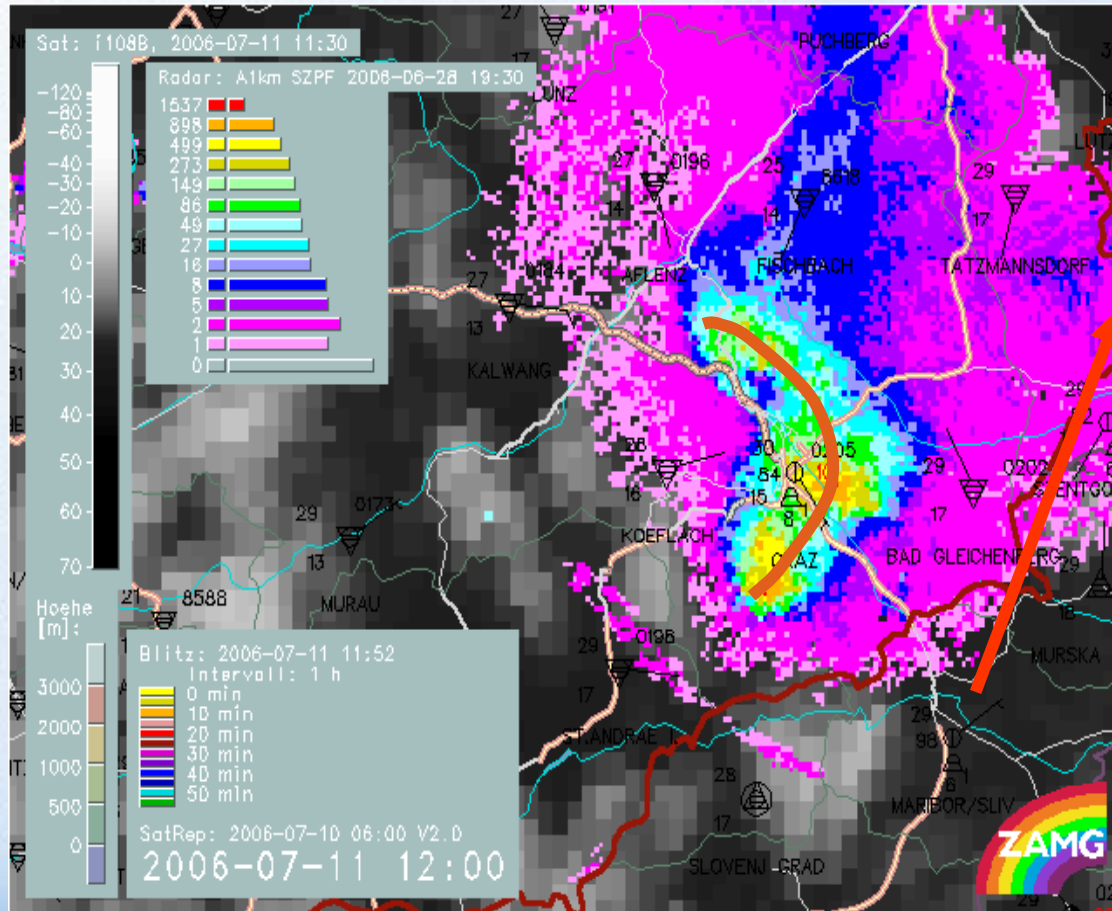
Radar am 28.06.06 um 19:10 UTC



Radar am 28.06.06 um 19:20 UTC

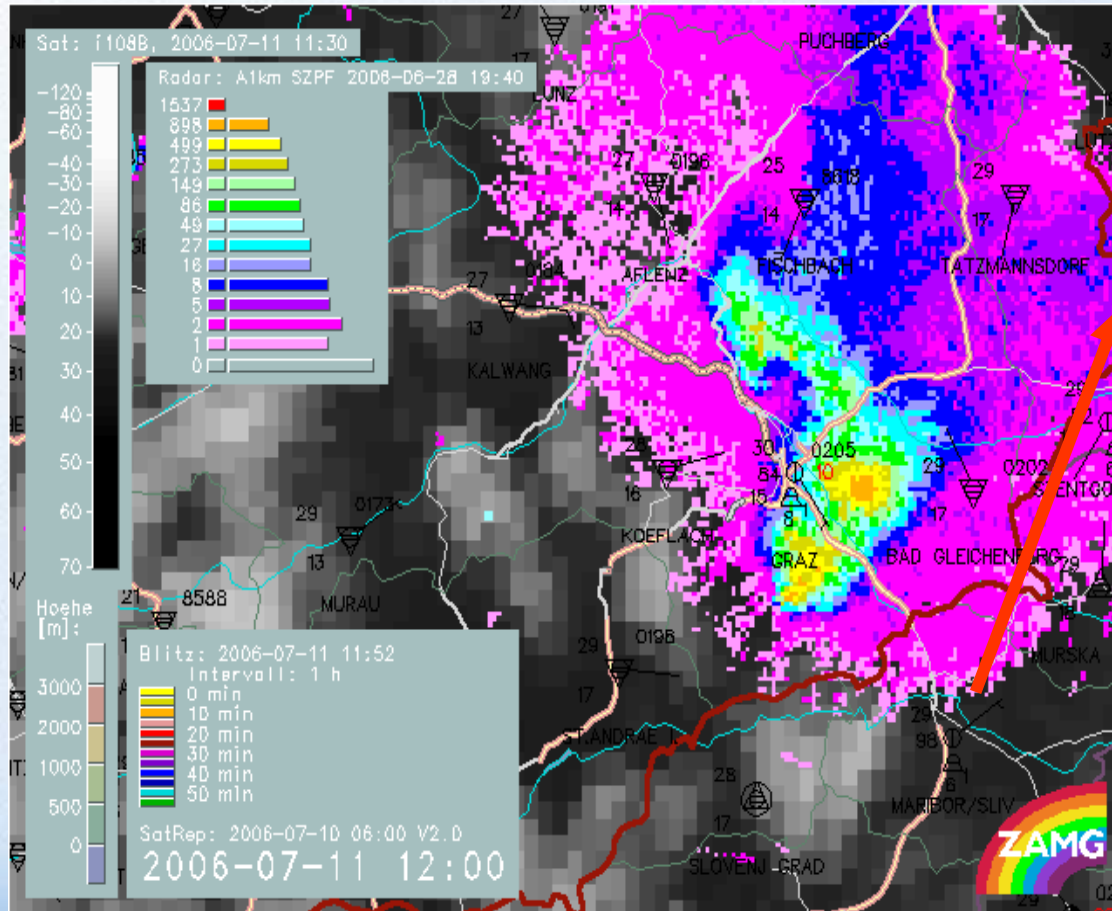


Radar am 28.06.06 um 19:30 UTC

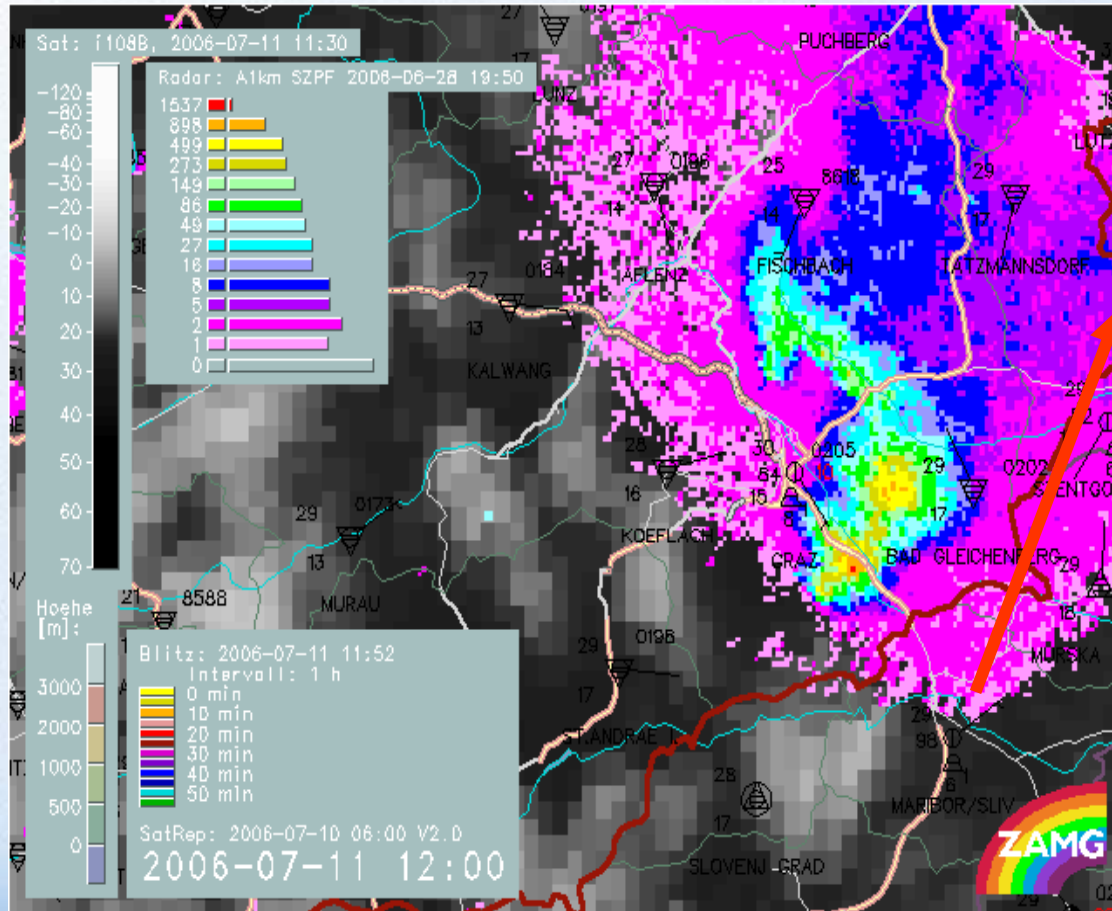


**Bogenecho
(bow-echo)**

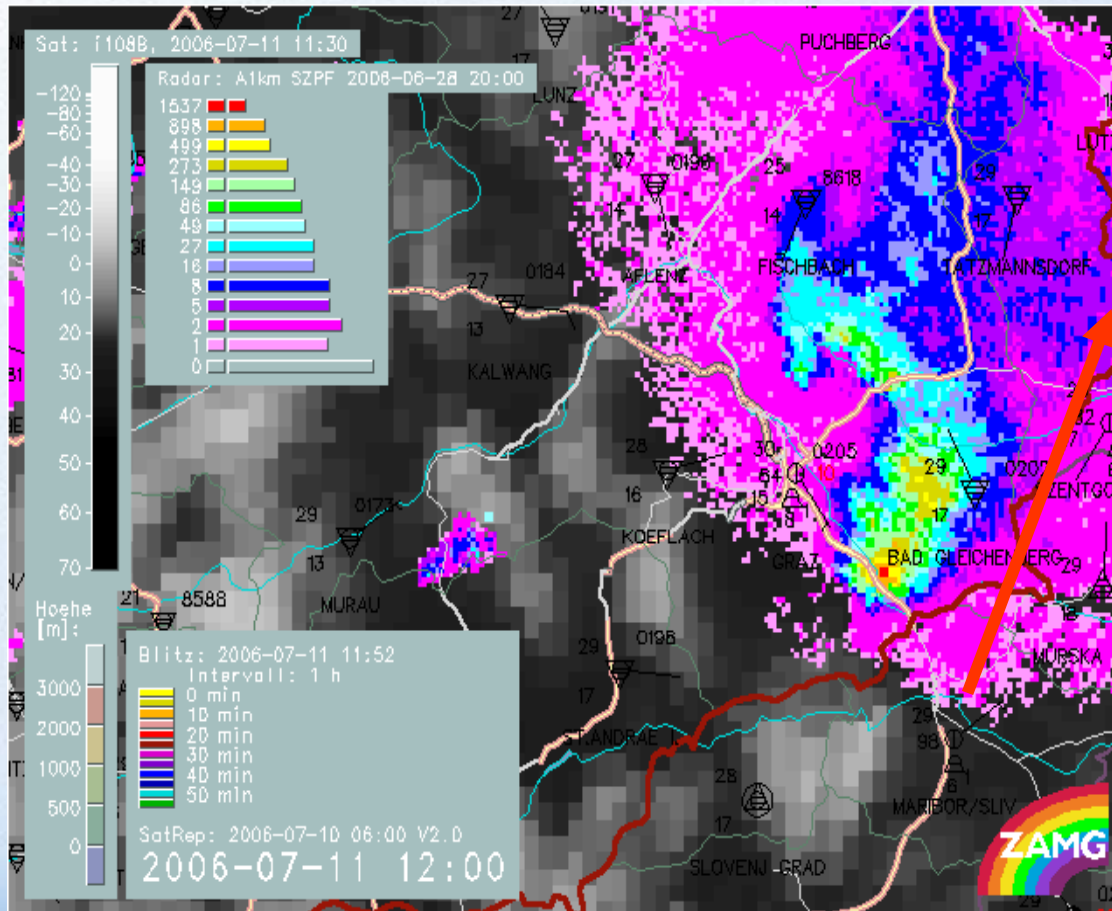
Radar am 28.06.06 um 19:40 UTC



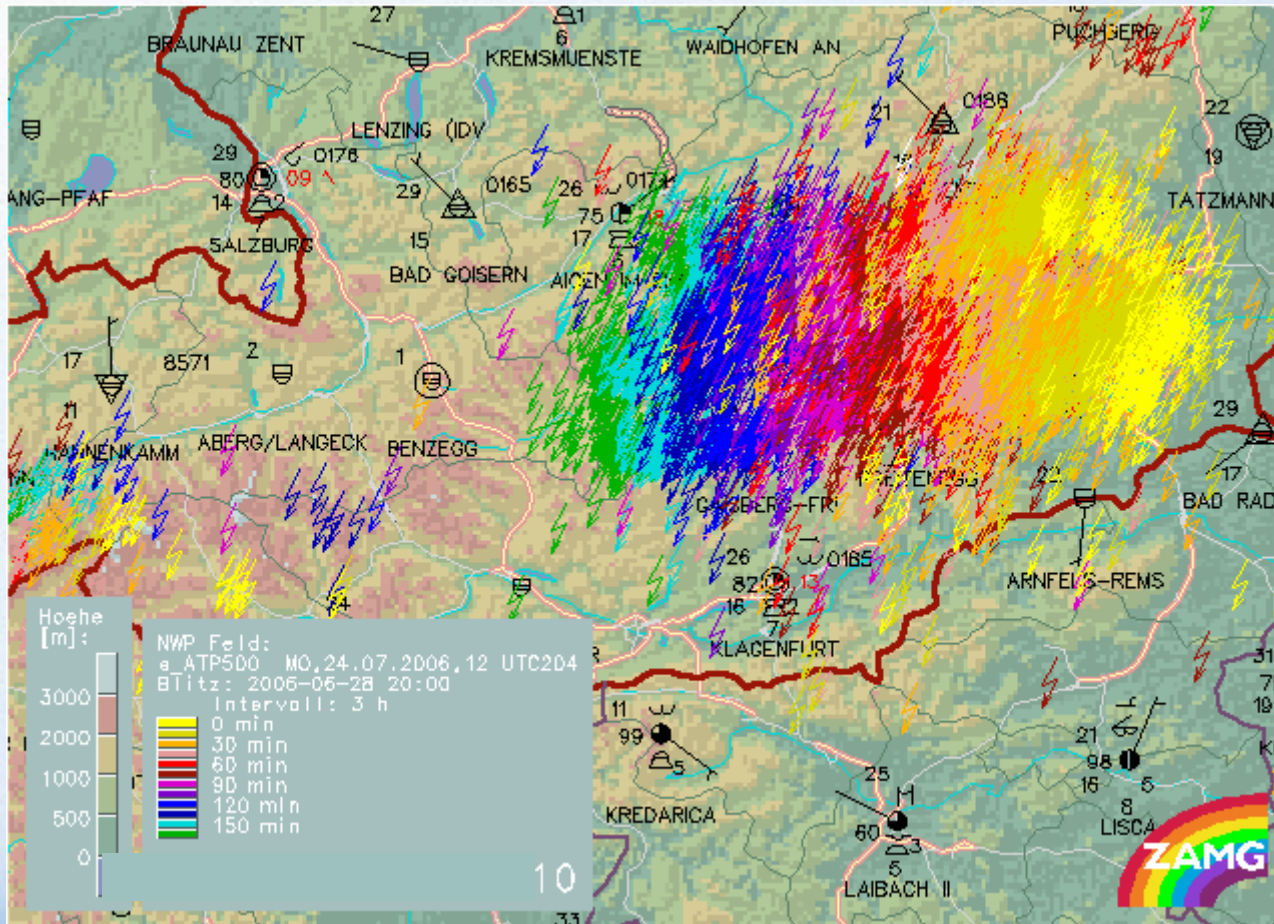
Radar am 28.06.06 um 19:50 UTC



Radar am 28.06.06 um 20:00 UTC



Blitzaktivität am 28.06.2006 zwischen 17UTC und 20UTC laut Mavis



- Verlagerung mit der Zeit, Farbskala unten links beachten

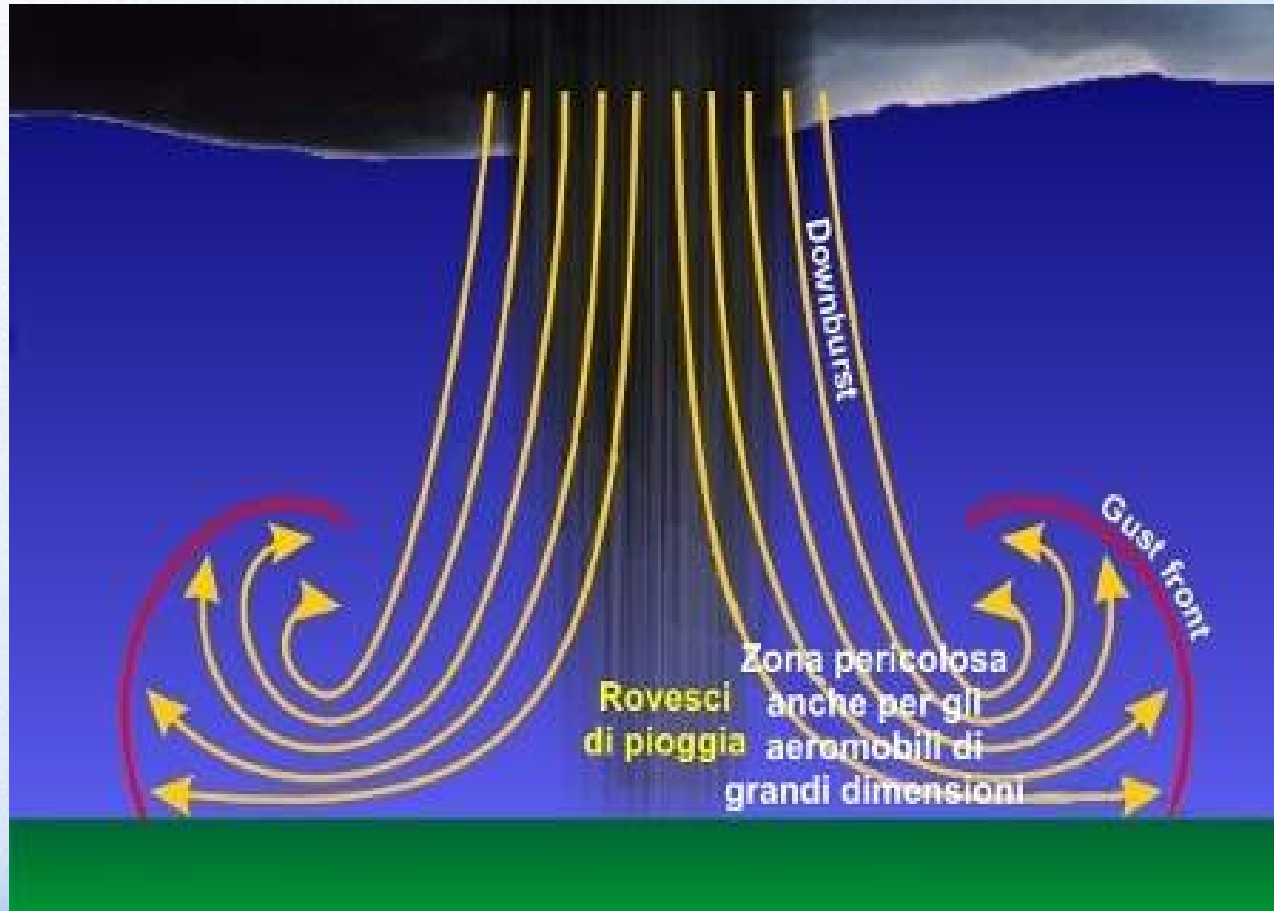
Böenfront (gust front)

- je nach Größenspektrum der Regentropfen bzw. der relativen Feuchte der Luft, durch die der Regen (oder auch der Hagel) fällt, wird diese Luft durch Verdunstungs- oder Schmelzprozesse mehr oder weniger stark abgekühlt. Zusammen mit der Reibungskraft, die die fallenden Hydrometeore (Regen, Hagel, ...) auf die Luft ausüben, entstehen so ein kaltes Abwindgebiet und ein Kaltluftpool unterhalb der Wolke.
- Diese Kaltluft breitet sich am Boden aus, hauptsächlich in der Zugrichtung des Gewitters und seitlich davon. **Dabei bewegt sich der turbulente Vorderrand der Kaltluft (die Böenfront) im Laufe der Zeit oft immer weiter von der auslösenden Gewitterzelle weg - meist gekennzeichnet durch eine charakteristische bogenförmige, stratiforme Wolke.** Sind die atmosphärischen Bedingungen sehr günstig, können sich solche Böenfronten über Stunden hinweg ausbreiten und in Gebieten ohne Gewitter plötzlich zu scheinbar unerklärlichem, starkem Wind führen. (tordach.org)
- wenn sich einzelne heftige konvektive Zellen linien- oder **bogenartig (bow-echo)** organisieren, deren Downbursts sich vereinigen und in Form einer Böenfront die Gewitterlinie begleiten, entsteht eine sog. squall line (Svabik/Holzer)

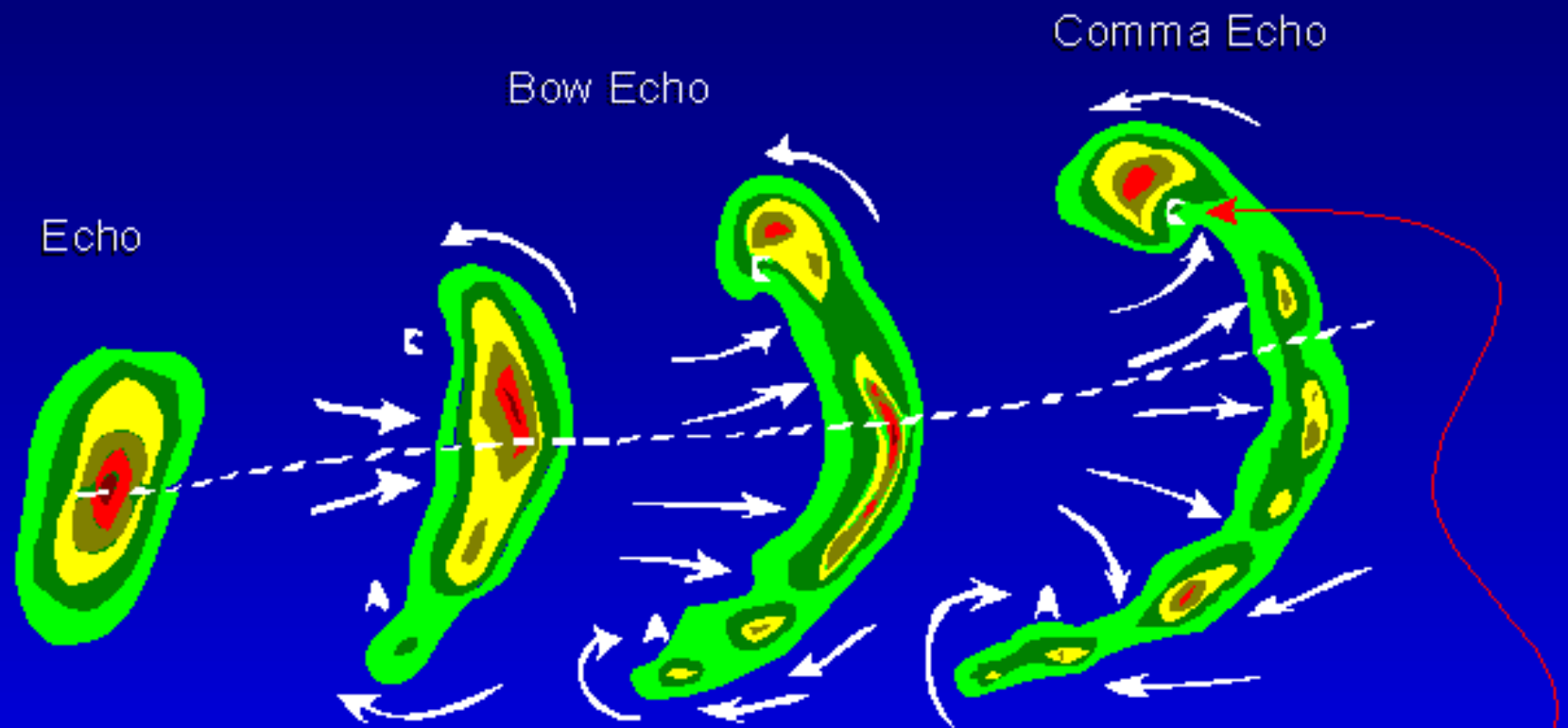
Gewitterfallböen (downbursts)

- **entstehen prinzipiell auf ganz ähnliche Weise wie die normalen Böenfronten - nur sind sie meist auf einen kleineren Raum begrenzt, dafür aber wesentlich intensiver.** Wenn große Niederschlagsmassen aus großer Höhe herabstürzen und schon in mehreren Kilometern über dem Erdboden auf relativ trockene Luft treffen, kann der entstehende Abwind in eine Größenordnung von 20 bis 30 m/s kommen. Gleichzeitig transportiert dieser hochreichende Abwind noch den horizontalen Impuls der Höhenströmung mit nach unten, so dass bei der Umlenkung des Fallwindes am Boden **Windgeschwindigkeiten von weit über 100**, im Extremfall weit über 200 **km/h** entstehen können. Man kann sich diesen Vorgang bildlich vorstellen wie das schwingvolle Auskippen eines Wassereimers - ähnlich, wie sich das Wasser am Boden ausbreitet, verläuft auch die Strömung in einem Downburst.
- **Aus den USA sind einige wenige Downbursts mit F3-Intensität bekannt, im allgemeinen ist aber bei F2 auf der Fujita-Skala in den USA wie auch in Europa eine Obergrenze zu ziehen.**
- Downbursts werden leider oft mit Tornados verwechselt, und viele Meldungen von "Windhosen" waren eben **nicht** Tornados, sondern diese Gewitterfallböen. **Mitunter kommt es am Rande von Downbursts zu Verwirbelungen, so dass Schäden lokal auf einen Tornado hindeuten können.** Andererseits kann es aber auch bei manchen Tornados zu fast geradlinigen Schadenverläufen kommen. Daher ist eine nachträgliche Entscheidung, ob ein Tornado oder Downburst den beobachteten Schaden verursacht hat, nicht immer leicht. (tordach.org)

Downburst



Downburst Evolution



Watch the head of the comma for quick tornado development. The tornadoes in these cases are generally weak and short-lived.

Wall cloud am 28.06.2006, Graz von Südwesten



- entsteht im Bereich des Aufwindkanals
- kleinräumiges Aufsteigen besonders feuchter bodennaher Luft und anschließende Kondensation

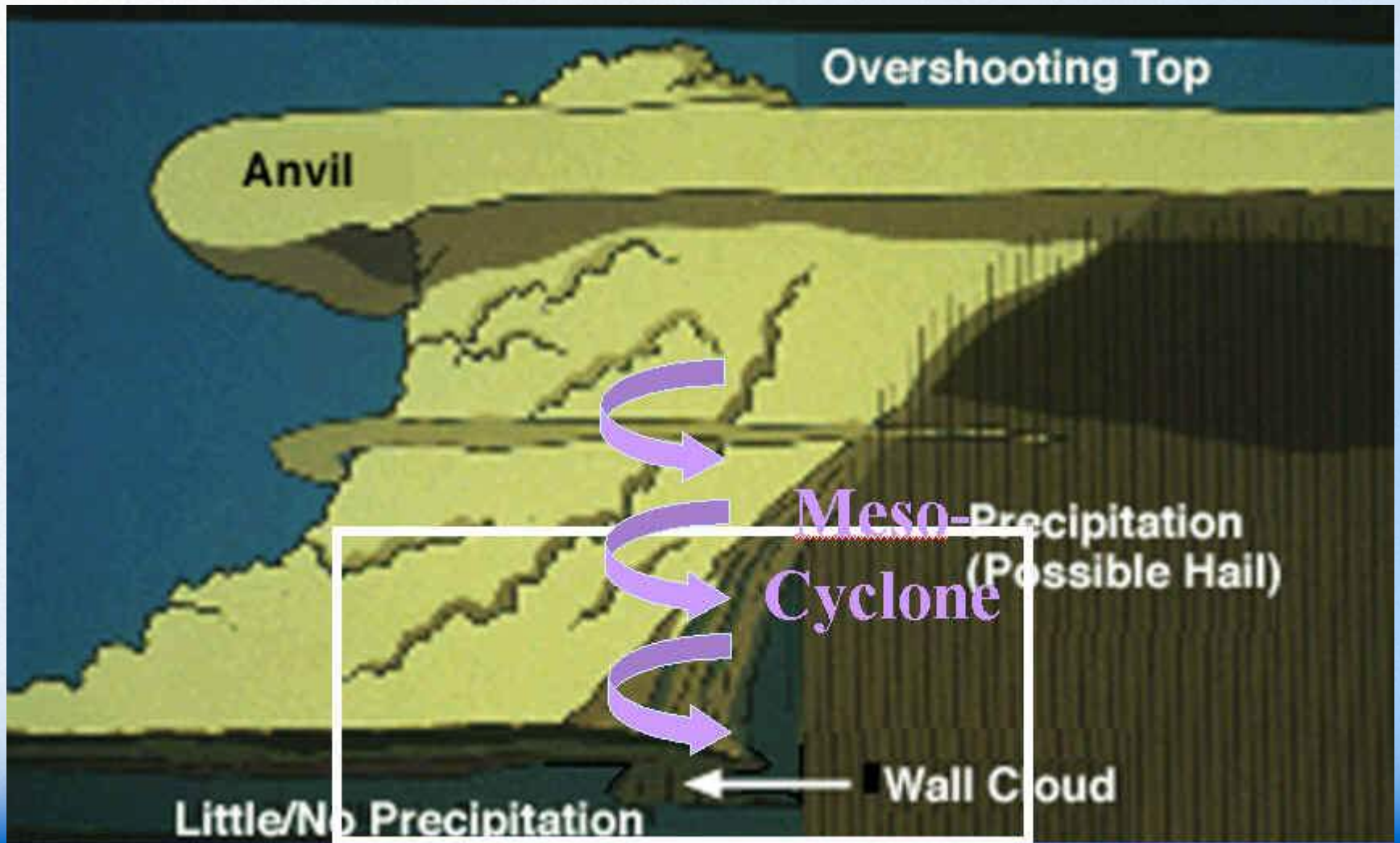
© Schauer

Wall cloud am 28.06.2006, Graz von Südwesten



- oft entstehen Tornados in Zusammenhang oder im Bereich einer wall cloud
- in dem in Betracht gezogenen Fall jedoch kein Beleg hierfür!

Wall cloud



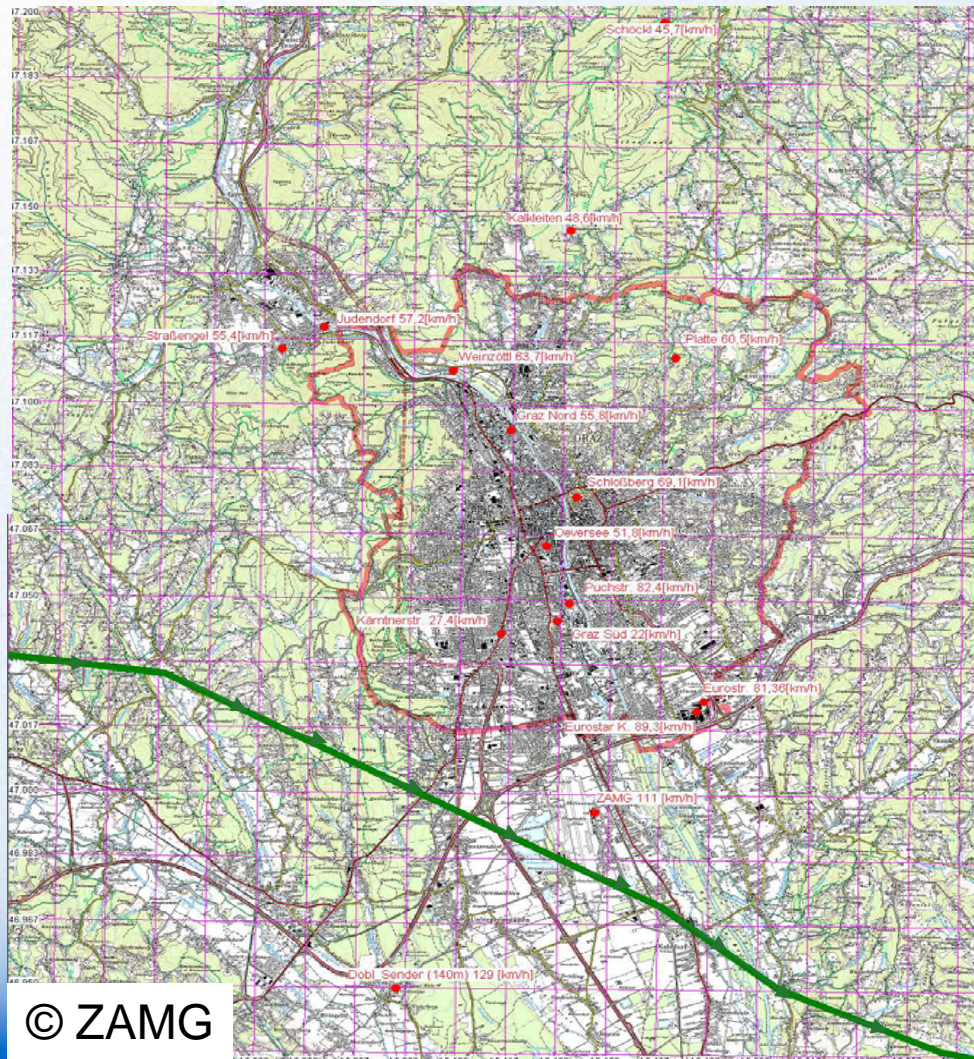
Inhalt

- Motivation
- Synoptische Analyse
- Beschreibung des Ereignisses
 - Superzelle
 - Radar
 - Gewitterfallböen (Downbursts)
 - Wall cloud
- ■ Einstufung in die Fujita- Skala
 - Dokumentation der Schäden
- Zusammenfassung
- Literatur

Einstufung in die Fujita Skala

- **Die Gewitterböenfront vom 28.06.06 wird in Anbetracht der Schäden auf die Stufe F1 (von F0 bis F5) der Fujita Skala eingeordnet:**
 - Sachschäden: auch schwerere Gegenstände werden vom Boden gehoben und können zu gefährlichen Geschossen werden. (...) Ziegel- und ungesicherte Flachdächer werden teilweise abgedeckt. Geringe bis mittelschwere Schäden in Leichtbauten; erste Schäden an strukturellen Elementen von Massivbauten. (Svabik/Holzer) ⇒ zutreffend
 - Flurschäden: Zahlreiche auch starke und gesunde Äste brechen (...). Labile Bäume oder Bäume auf labile Böden werden nahezu immer gebrochen oder entwurzelt. Auch gesunde Bäume können (...) bereits gebrochen oder geworfen werden. (Svabik/Holzer) ⇒ zutreffend
 - Windgeschwindigkeiten: 119 bis 184 km/h ⇒ lokal sicher zutreffend, gemessen wurden eher niedrigere Geschwindigkeiten, für ein Stadtgebiet sind sie allerdings trotzdem beachtlich, z.B.:
 - Puchstr. (Graz) 82 km/h
 - Flughafen Graz- Thalerhof: 111 km/h
 - Dobl 129 km/h (diese Messung allerdings in 140m Höhe)
 - sonstige Schäden: bis zu 4cm großer Hagel, landwirtschaftliche Kulturen betroffen

Gemessene Windspitzen vom 28.06.06



Rote Punkte: Windmessgeräte

Grüne Linie: Zugbahn des Gewitters, an Hand der stärksten Radarreflektivität ermittelt

Quellen:

- Landesregierung Steiermark, FA 17c
- ZAMG
- Austrocontrol
- Firma Pilz

Winddaten der ACG am Flughafen Graz- Thalerhof



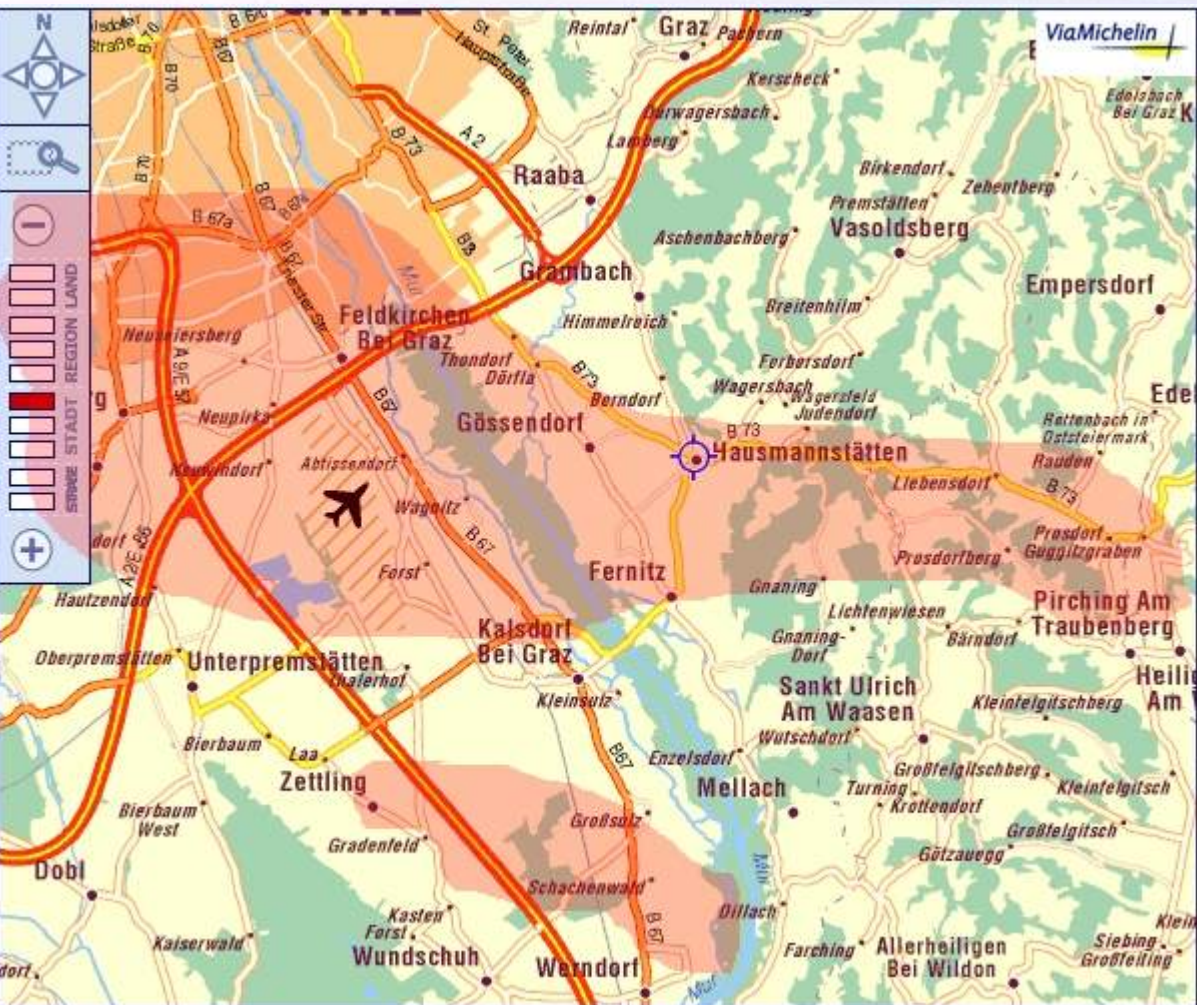
- 2 Stationen (rosa und gelb)
- jeweils oberste Kurve: halbminütlich gespeicherter Wert der 10 Minuten Windspitze
- mind. 60 bzw. 65 Knoten (111 bzw. 120 km/h) an diesem Tag erreichte Windspitzen
- Windrichtungssprung kurz nach 19UTC von Südost auf Nordwest in Zusammenhang mit der Böenfront
- fließende Skala (keine Obergrenze)
- Datenquelle: ACG- Graz

Dokumentation der Schäden


erfolgte über Beobachtungen von:

- ZAMG-Mitarbeitern
 - direkt am Ort
 - mit Hilfe eines Hubschraubers (am 5.Juli 2006)
- Skywarn Chasingberichte
- APA- Meldungen
- Schüler der Österreichischen Luftfahrtschule

Übersicht des Gebiets mit den stärksten Schäden



- Quelle: Gerald Reczek, aktives Mitglied von Skywarn- Austria
- Darstellung stimmt gut mit Ermittlungen der ZAMG- Mitarbeiter überein

A photograph showing a modern building with a glass facade and red accents, likely an airport terminal. In the foreground, a tall, yellow and white metal structure, possibly a lighting or maintenance tower, has collapsed onto the grass. A red car is parked on the asphalt to the left. The sky is overcast and grey.

Zamg- Regionalstelle, Flughafen Graz- Thalerhof
© Podesser

29.06.2006



Flughafen Graz- Thalerhof
© ÖLS



Florianiberg
© Podesser / Strassgang

02.07.2006



Katzelbach
© Podesser / Strassgang

02.07.2006



Gasthof zum Flughafen

ALDRIAN
TOP-PLANET
WER BESTEN WEINEN

Gasthof zum Flughafen
im Prater

3,8m

ORIENTS

Triesterstr.- Flughafen
© Lammer / Rieder



Neuseiersbergerstr.
© Lammer / Rieder



Luftfahrtmuseum Flughafen Graz
© Lammer / Rieder



Hausmannstätten
© Lammer / Rieder



Hafnerstr. (Graz)
© Lammer / Rieder



Hafnerstr. (Graz)
© Apa



Autobahn, Höhe Seiersberg
© Apa



Mantscha- Attendorf
© Podesser



Kaiserwald
© Podesser



Attendorf
© Podesser



Flughafen Graz- Thalerhof
© Podesser



Hühnerberg
© Podesser



Hagelschäden, Nähe Flughafen Graz- Thalerhof

© Rezcek

Inhalt

- Motivation
- Synoptische Analyse
- Beschreibung des Ereignisses
 - Superzelle
 - Radar
 - Gewitterfallböen (Downbursts)
 - Wall cloud
- Einstufung in die Fujita- Skala
 - Dokumentation der Schäden
- ■ Zusammenfassung
- Literatur

Zusammenfassung

- Am 28.06.2006 ereignete sich im Süden der Stadt Graz ein Unwetter mit zahlreichen Sach- und Flurschäden
- das Gewitter entwickelte sich Dank der starken vertikalen Windscherung zu einer Superzelle
- Mehrere Downbursts organisierten sich zu einer Böenfront mit gemessenen Windspitzen von etwa 120 km/h am Flughafen Graz- Thalerhof
- Ein Tornado wurde nicht festgestellt
- An Hand der Schäden ist die Böenfront auf die Stufe F1 der Fujita Skala eingeordnet worden
- Von der Prognose her waren schwere Gewitter zu erwarten, allein die Windscherung wich deutlich von der Realität ab

Literatur und sonstige Quellenangaben

O. Svabik, A. Holzer: Kleinräumig, konvektiv verursachte Stürme und Wirbelstürme (Tornados) in Österreich, Österreichische Beiträge zur Meteorologie und Geophysik, Heft 36, Wien 2005

A. Holzer: Tornado Climatology of Austria, Atmospheric Research, 56, Wien 2001

A. Wegener: Wind- und Wasserhosen in Europa, Vieweg, Braunschweig 1917

www.tordach.org: Kompetenzzentrum für lokale Unwetter in Deutschland, Österreich und der Schweiz

www.skywarn.at: SKYWARN Austria - Organisation für mobile Unwetterwarnungen und Wetterbeobachtung in Österreich