

IPCC: Beobachtete Änderungen von Extremereignissen  
(IPCC AR4 Ch.3 und Bissoli et al., 2007)

Tornadoes in Germany 1950-2003 and  
their relation to particular weather conditions

(Bissolli P., Dotzek N., Grießer J., Welsch M., 2007)

Seminar in Allgemeiner Meteorologie (WS 2007/2008),  
am 21.11.2007

gehalten von Felix Welzenbach

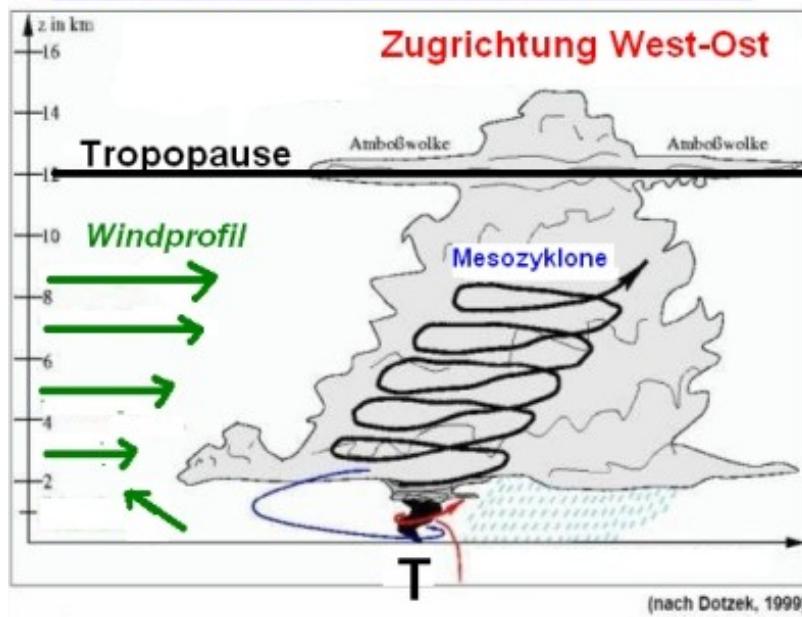
## Inhalt

- Tornados – Entstehung und Intensitätseinstufung
- IPCC 2007
- Motivation
- Datengrundlage
- Ergebnisse
- Schlussfolgerungen und Zusammenfassung
- Kommentare zur Methodik
- Literaturliste

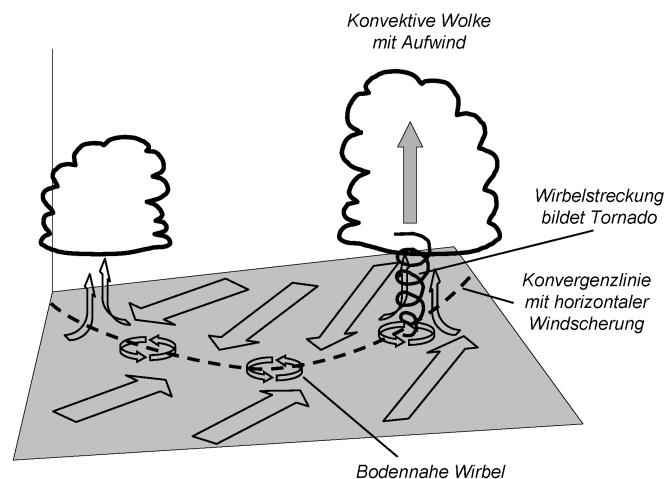
# Definition und Entstehung von Tornados

„Ein Tornado ist eine rotierende Luftsäule, die in Verbindung mit einer hochreichend konvektiven Wolke steht und heftig genug ist, um am Boden Schäden anzurichten.“ (nach Doswell)

## Aufbau einer Superzelle (schematisch)



## nichtsuperzellig



Quelle: Wikipedia

# Intensitätseinstufung

## Fujita-Torro-Skala

	UNTERKRITISCH				SCHWACH			
Fujita	F-2		F-1		F0		F1	
Torro	T-4	T-3	T-2	T-1	T0	T1	T2	T3
Beaufort	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15
v in km/h	-11	-25	-43	-65	-90	-119	-151	-184

### Signifikante Intensität:

	STARK				VERHEEREND			
Fujita	F2		F3		F4		F5	
Torro	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Beaufort	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31
v in km/h	-220	-256	-295	-335	-378	-421	-468	-515

# IPCC 2007

## USA:

- Abnahme von starken Tornados an neue EF-Skala gekoppelt
- Ca. 12 % aller Böenlinientornados nicht erfasst (Trapp et.al 2005)

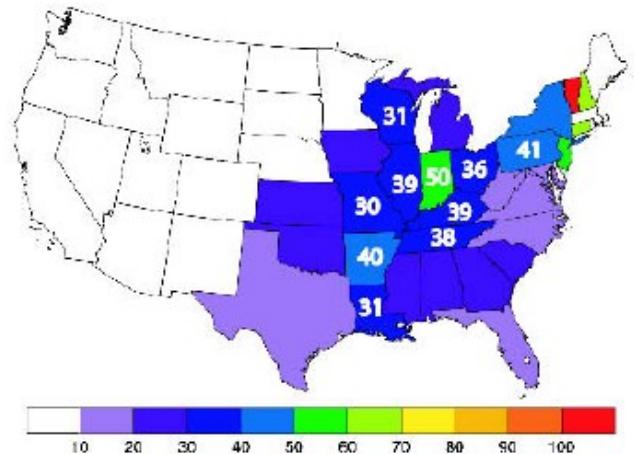


FIG. 2. Geographical distribution of (a) all tornado days, (b) all tornado days due to cells, and (c) the percentage of all tornado days due to QLCSSs, for 1998-2000.

## Europa:

- Deutliche Zunahme von Tornadomeldungen in den letzten Jahren
- Zunahme von schwächeren Tornados ab 1950 (parallel zu USA) in Deutschland (bessere Erfassung?), siehe Bissolli et.al 2007
- Schwergewitter zwar detektierbar, aber nicht zwingend Unwetter
- Beobachtungsnetz zu dünn, um alle von diesen kleinskaligen Ereignissen zu erfassen.

## Bissolli et.al 2007: Motivation

- Tornados sind kleinskalige, konvektive Phänomene mit hohem Schadenspotential
- Bisher nur im Nowcast vorhersagbar (Dopplerradar)
- Identifizierung der Zutaten von „Schwergewittern“:
  - i) Bodenfeuchte
  - ii) Labilität
  - iii) mesoskalige Hebung
- Identifizierung von bevorzugten Wetterlagen: Tornados
- Klimamodelle zu große räuml./zeitliche Auflösung, daher:
  - Annäherung über statistische Klimatologie
  - Klassifizierung von großskaligen Luftmassen und Zirkulationsparametern
- Wandel in der Intensitätsverteilung?

Ziel: Objektive Wetterlagenklassifikation in Verbindung mit Tornados unterschiedlicher Intensität

## Datengrundlage - Tornadomeldungen

- Datengrundlage TorDACH, Tornados über Wasser exkludiert
- objektive Information auch bei unklarer Intensität
- nur Beobachtungen/Nachweis anhand von Schäden
- jährliche Qualitätskontrolle (zuletzt bis 2003)
- Vergleichbarkeit mit US-Klimatologie (Beginn 1950)
- nur gemeldete Tornados in der Datenbank (Dunkelziffer!)
  - abhängig von **Bevölkerungsdichte** und **gestiegener Wachsamkeit** in den letzten Jahren

## Datengrundlage - Wetterlagenklassifikation

- Analyse der Wetterlagen mit GME (40km Auflösung), gültig für 12 UTC des jeweiligen Tages, erst ab 1980 verfügbar
- Advektion der Luftmassen in 700hPa (Wind)
- Zyklonalität in 950hPa und 500hPa
- Feuchte durch niederschlagbares Wasser
- 5 Klassen von Advektion: NE, SE, SW, NW, XX
- 2 Klassen von Zyklonalität: C und A
- 2 Klassen von Feuchte: nass (W) und trocken (D)

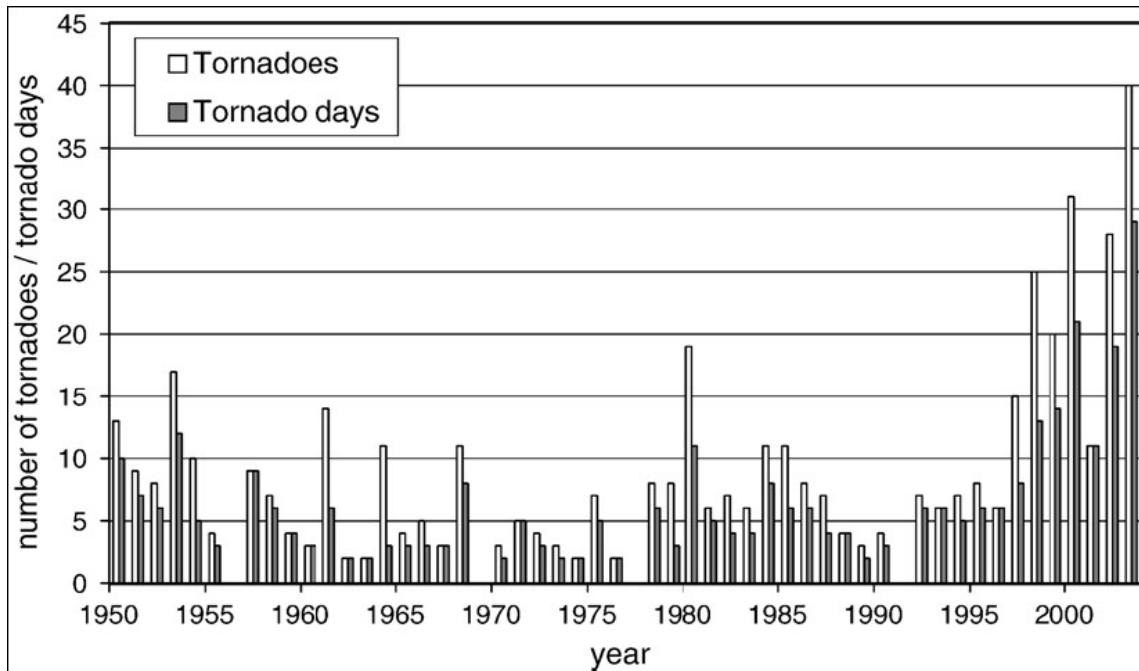
Beispiel:

SW AC W

## Datengrundlage - Gewittertage und Radiosonden

- Gewittertag: Tag mit hörbarem Donner an Beobachterstation
- Zahl der Gewittertage normalisiert als durchschnittliche Gewitterzahl pro Jahr
- 49 Stationen mit kompletten Zeitreihen ab 1950, 110 ab 1980
- Sondenaufstieg Essen repräsentativ für viele Tornadofälle in NW-Deutschland (beschränkt auf 1980-2003)

# Tornadoklimatologie

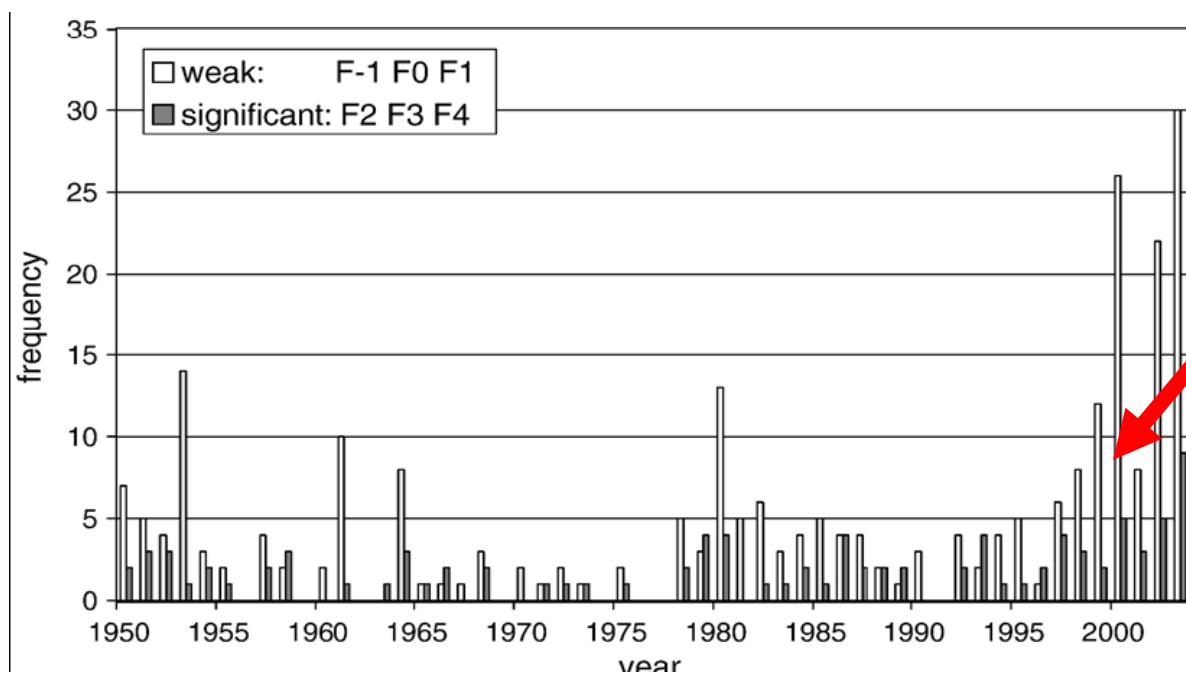


- nach 1990 wärmste Jahre seit Beginn des 20. Jahrhunderts
- Dunkelziffer vor 1990 in Ostdeutschland (wg. Wiedervereinigung)

2000/2003 mit 31/40 Tornados, 2003: May-Juli viele feuchtwarme SW-Lagen (= 15% aller Tornados)

Geschätzt (Dotzek, 2003): 169 Tornados pro Jahr in Europa

## Tornadointensität (1950-2003)

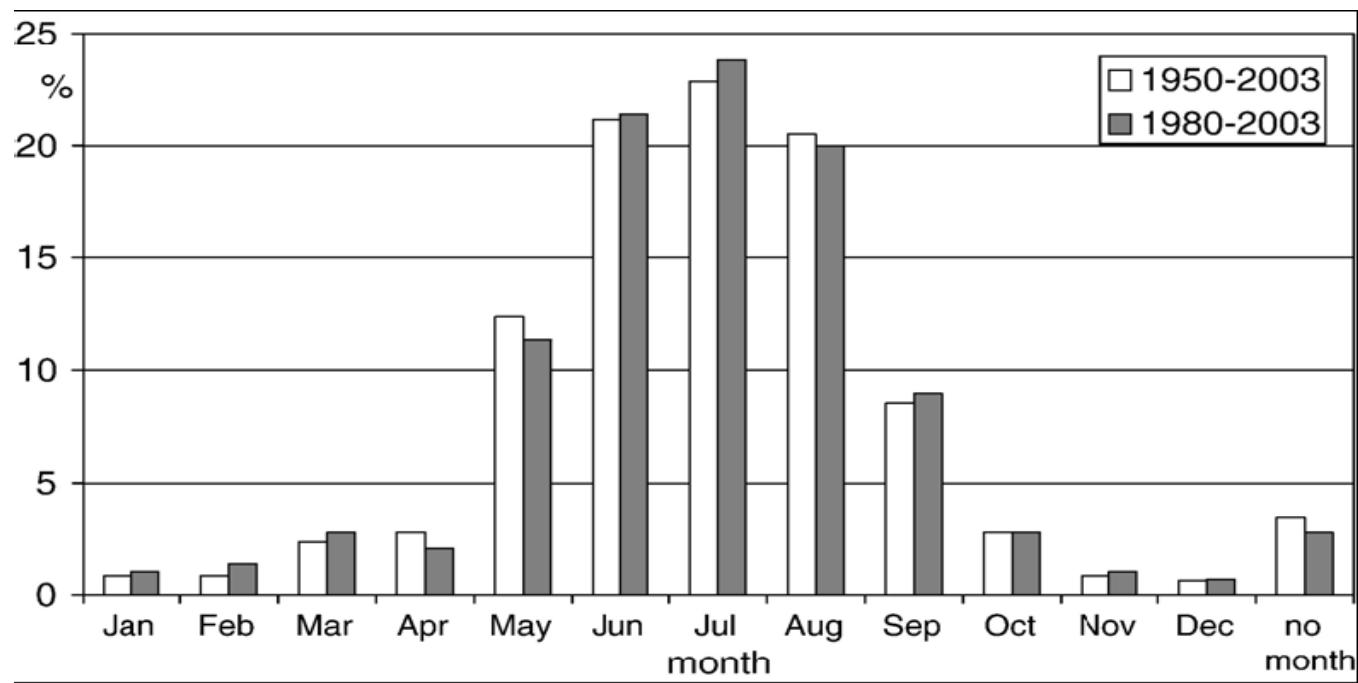


Zunahme an schwachen Tornados

\* 110 Fälle ohne Intensitätseinstufung (23,5%)

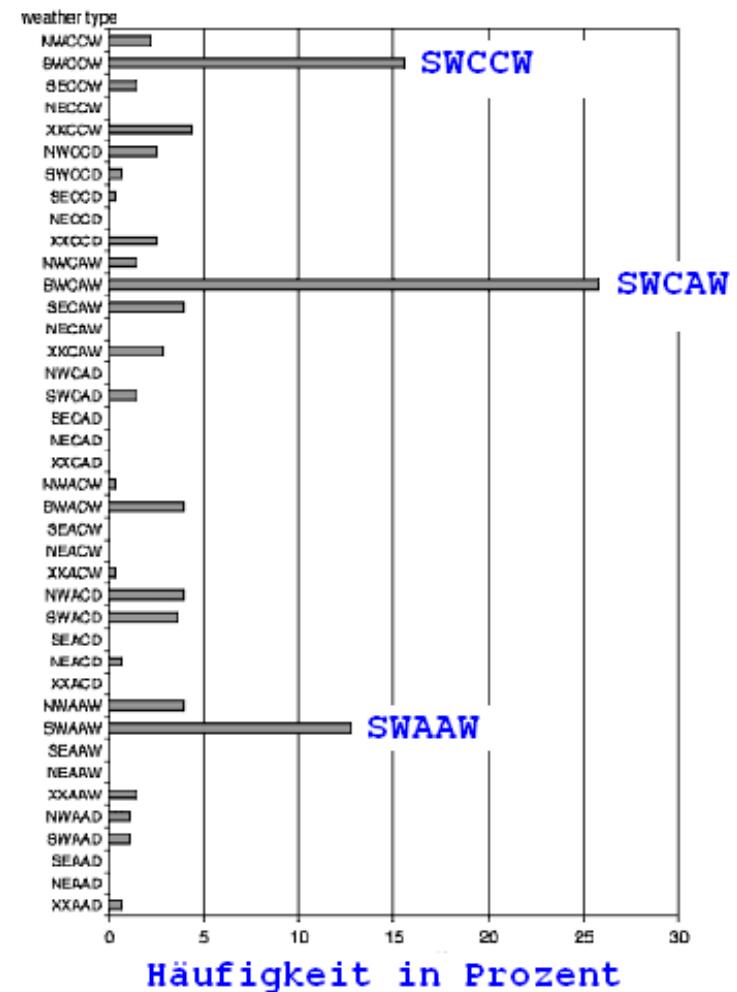
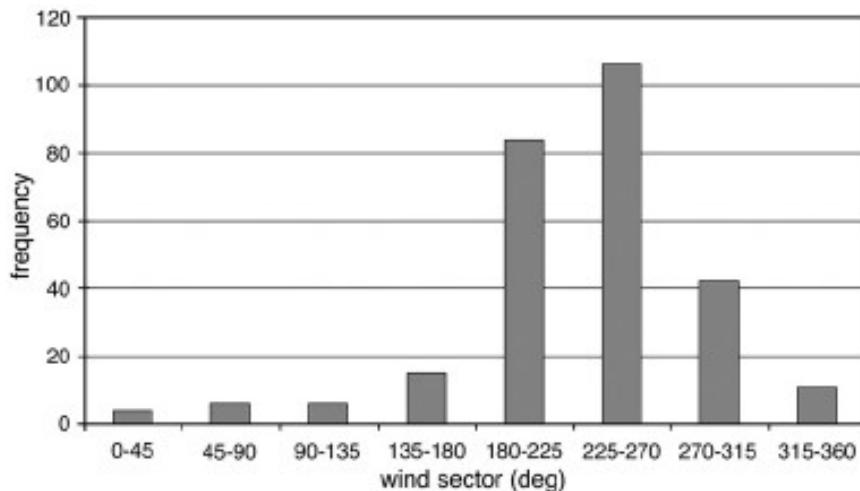
\* 55% F1 (= „schwach“), 18% F2, 5% F3; 1 F4 (1968)

# Saisonale Verteilung



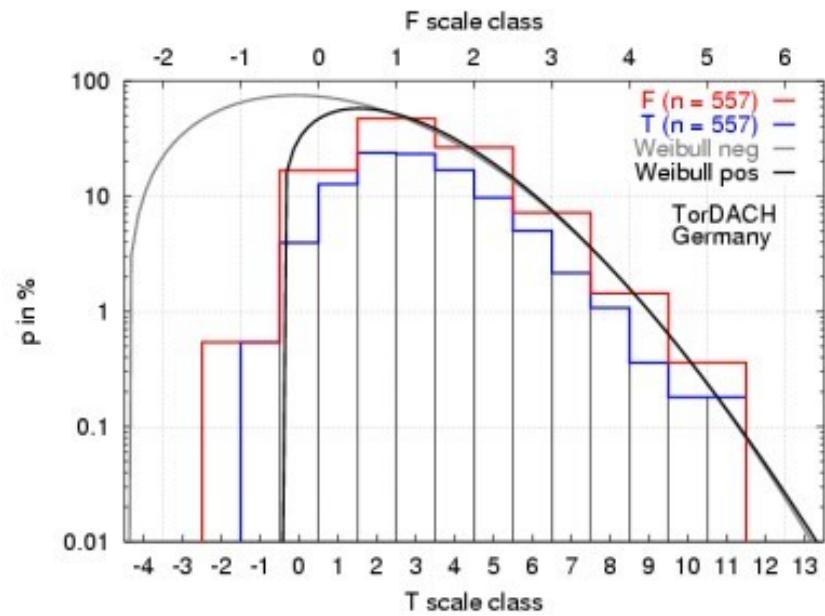
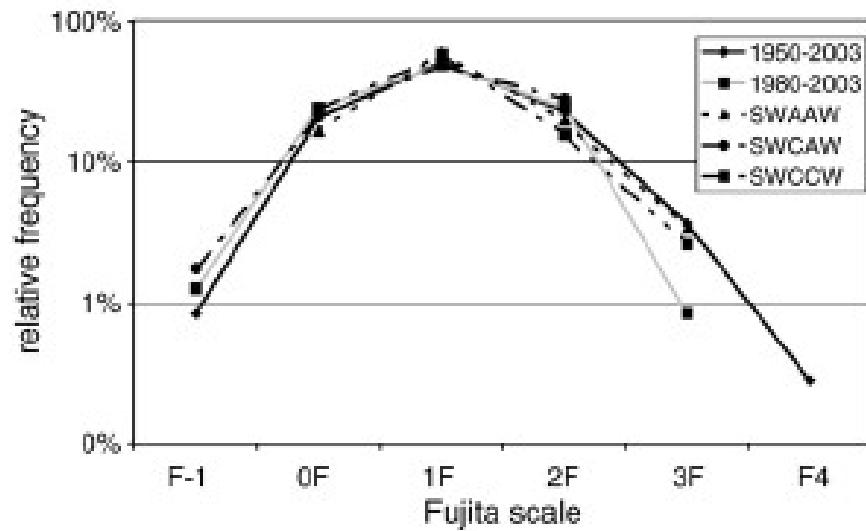
- keine saisonale Änderungen
- Maximum in Sommermonaten

# Tornados und Wetterlagen



- 275 Tornados an 193 Tagen
- Mehrheit (55%) bei SWAAW; SWCAW; SWCCW, davon 26% SWCAW
- Von allen 40 Typen nur 25 mit Tornados

# Intensitätsverteilung bezogen auf die Wetterlage



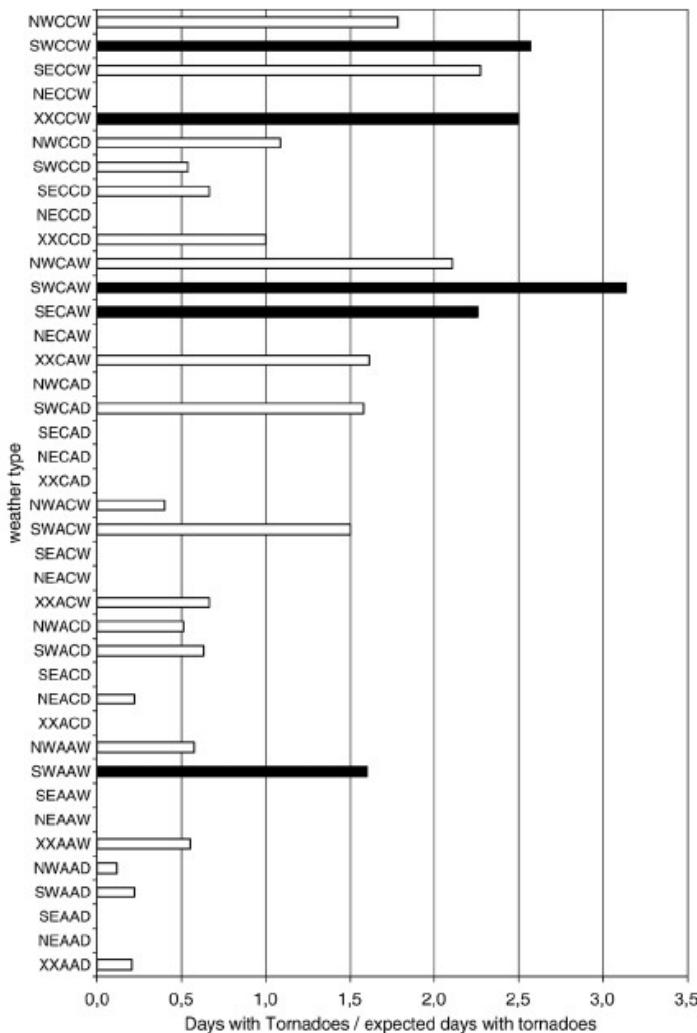
- Keine Unterschiede in der Intensitätenverteilung
- F1-Tornados am Häufigsten
- Subkritische Tornados vermutlich schlechter erfasst.
  
- Bessere Annäherung durch Weibull-Funktion (Feuerstein et al. 2005)

# Verteilung vs. Wetterlagen

Nullhypothese lautet:

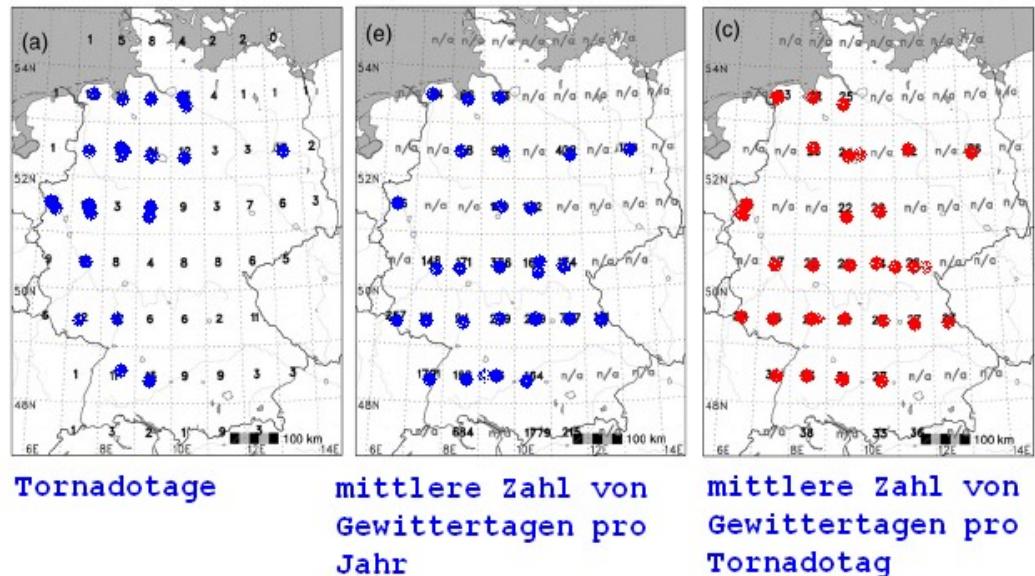
Eintreffwahrscheinlichkeit p unabhängig von Wetterlage

- Tatsächlich: **gehäuftes Auftreten** bei bestimmten Wetterlagen
- SWAAW, SECAW, SWCAW, XXCCW, SWCCW
- Bei SWCAW **3x höher** als erwartet (jeder 15. Tag ein Tornadotag)
- **Nördliche Typen signifikant niedrigere** Tornadohaufigkeit
- **Antizyklonalität in 950hPa erniedrigt um Faktor 2, Zyklonalität erhöht um denselben Faktor**
- Feuchttypen erhöht um 169%; SW-wet-Typen: um **Faktor 2,2** erhöht.



# Gewittertage und Tornadotage

1950-2003



Blau: signifikant hohe Zahl von Tornado/Gewittertagen pro Gitterpunkt

Rot: signifikant hohe Zahl von Gewittertagen pro Tornadotag

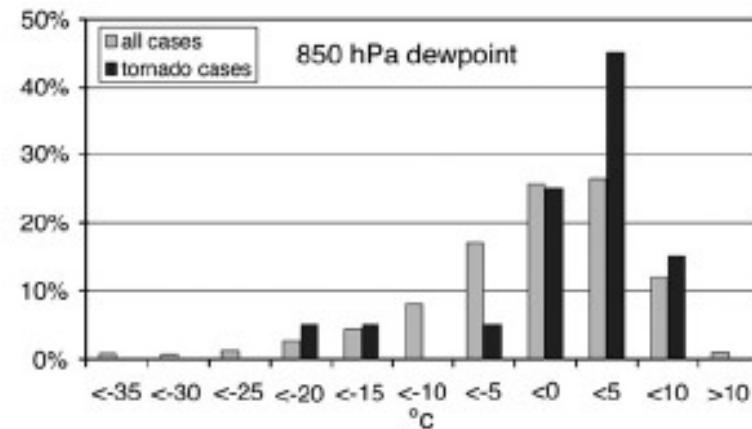
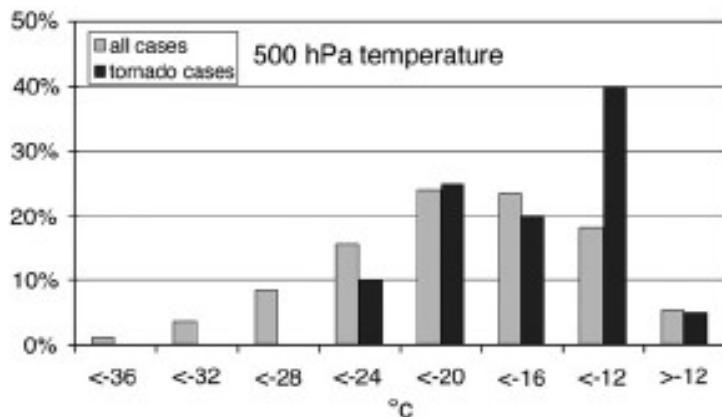
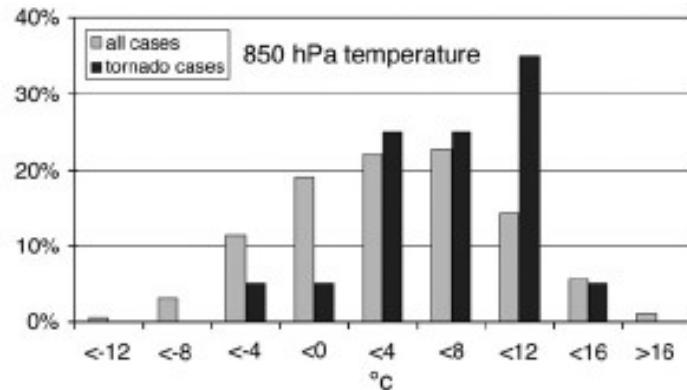
⇒ Präsenz von Gewittern nicht ausreichend für Tornadoentstehung

- Tornados bevorzugt im Westen und Südwesten
- Gewittertage bevorzugt im Südwesten
- Gewittertage nicht zwingend Tornadotage

# Thermodynamische Parameter

- ✓ 850hPa-Temperaturen um 12°C
- ✓ 850hPa-Taupunkte um +5°C
- ✓ 500hPa-Temperaturen um -12°C
- ✓ PWAT meist zwischen 15 und 25mm

=> keine extremen Werte



## Schlussfolgerungen

- Zunahme an Beobachtungen im Trend der Klimaerwärmung
- Saisonale Zyklen und Intensitätsverteilung unverändert
- feuchte Südwestlagen bevorzugt
- Häufigkeit im Südwesten/Westen nicht populationsabhängig?  
(Feuchte dort bei Südwestlagen signifikant höher)
- geographische Verteilung von Gewittern und Tornados unterschiedlich (nicht jeder Gewittertag ein Tornadotag)

## Zusammenfassung

- Objektive Wetterlagenklassifikation hilfreich
- Häufigkeit von Tornados ist abhängig von bestimmten Wetterlagen
- Feuchte Südwestlagen sind bevorzugt
- Gewittertage, PWAT, T/Td in 850hPa/500hPa keine hilfreichen Vorhersageparameter
- Dynamische Parameter zielführender ?

### Stellenwert von Bissolli et al. (2007) in IPCC 2007:

Relativ groß, da zuvor keine derartige Arbeiten zu Tornados und Intensitätsverteilung in Deutschland

## Kommentare zur Methodik

- Schwergewitter (severe convective storm) **keine Voraussetzung** für Tornados („nichtsuperzellige Tornados“, Wakimoto & Wilson 1989)
- wichtige Zutat fehlt: **Windscherung** (siehe Dahl 2006, Markowski 2007)
- Tornados in **Wintermonaten** vernachlässigbar?
- andere Parameter zur Charakterisierung von Tornado „Environments“ besser geeignet?
  - **Rasmussen & Blanchard 1998:** EHI, VGP (CAPE, SRH, mittlere Scherung 0-4km)
  - **Brooks et al. 2005:** CAPE und Scherung
- Zunahme an Südwestlagen und Zunahme des konvektiven Anteils ausreichend?  
(„spanish plume“ und Eigenschaften im Hinblick auf Superzellen)

## Literatur

- Bissolli P. (DWD), persönliche Mitteilung
- Bissolli et.al., 2007: Tornadoes in Germany 1950-2003 and their relation to particular weather conditions, *Global and Planetary Change*, **57**, 124-138
- Brooks et al., 2005: Climatological aspects of convective parameters from the NCAR/NCEP reanalysis, *Atmos. Res.*, **83**, 294-305
- Feuerstein B. (TorDACH, ESSL), persönliche Mitteilung
- Rasmussen E.N., Blanchard D.O, 1998: A Baseline Climatology of Sounding-Derived Supercell and Tornado Forecast Parameters, *Weather and Forecasting*, **13**, 1148-1164
- Trapp R.J. et.al., 2005: Tornadoes from Squall Lines and Bow Echoes. Part I: Climatological Distribution, *Weather and Forecasting*, **20**, 23-34
- Trenberth et.al, 2007: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment of IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA
- **Tordach.org, Unwetterstatistik.at, Tornadoliste.de, Estofex.org**

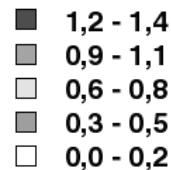
The background of the image is a dramatic sky filled with large, billowing clouds. A bright, almost white beam of light or a beam of light from a searchlight cuts through the clouds, pointing downwards. In the lower foreground, the tops of several green trees are visible against the sky.

*Vielen Dank für  
Eure Aufmerksamkeit!*

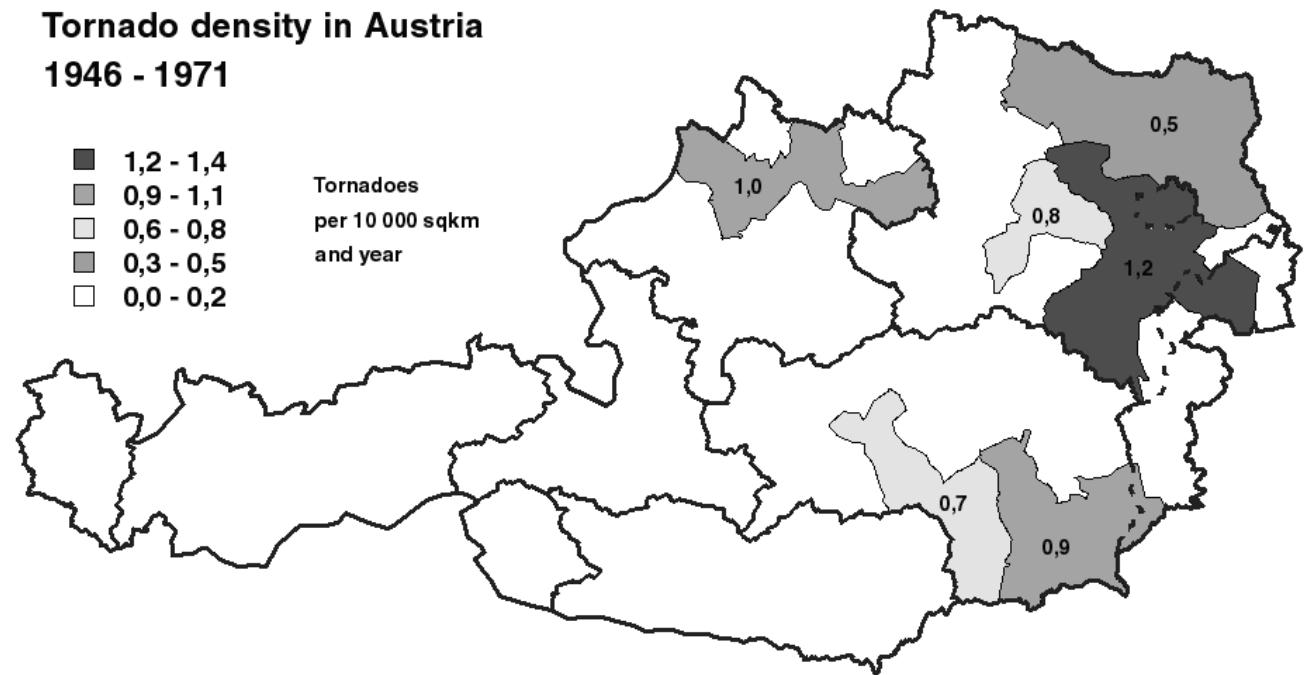
# Österreich

## Tornado density in Austria

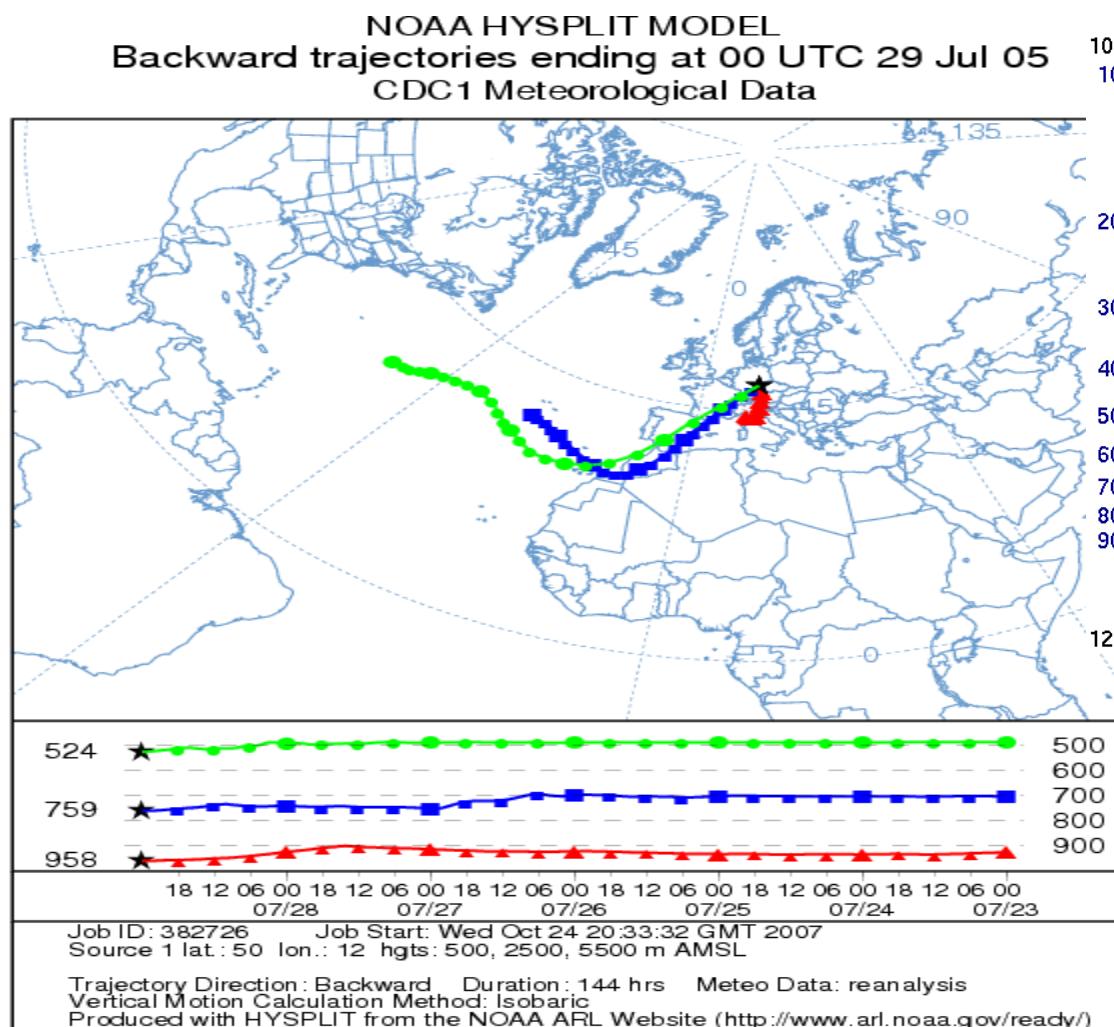
1946 - 1971



Tornadoes  
per 10 000 sqkm  
and year



- 0,3 Tornados pro 10000km<sup>2</sup> a
  - **Innsbruck:** 01.02.2005 und 27.06.2006 je ein **F0/T0-Tornado**
- (Quelle: [www.unwetterstatistik.at](http://www.unwetterstatistik.at))
- Holzer A.M., 2000: Tornado climatology of Austria, *Atmos. Res.*, **56**, 203-211 (Special Issue – Eurotornado 2000)



dump meteorological data along trajectory:  
potential temperature (K), in 500m, 2500m and  
5500m ASL

