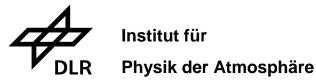
Der Tornado über Pforzheim

Wirbelstürme im Oberrheingraben

Dr. Nikolai Dotzek

DLR - Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen ESSL - European Severe Storms Laboratory e. V., Wessling

Matinee zur Stadtgeschichte, Pforzheim, 1. Juni 2008















Überblick

- Atmosphärische Wirbel: Phänomene
- Die Fujita Skala (F-Skala, F0 bis F5)
- Klimatologie
- Tornados im Oberrheingraben
- Überblick: Unwetter-Initiativen
- Ein Rätsel ...
- Ein Tondokument ...

Starnberger See, DE, 17 Sep 2005









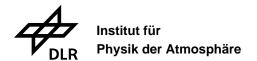








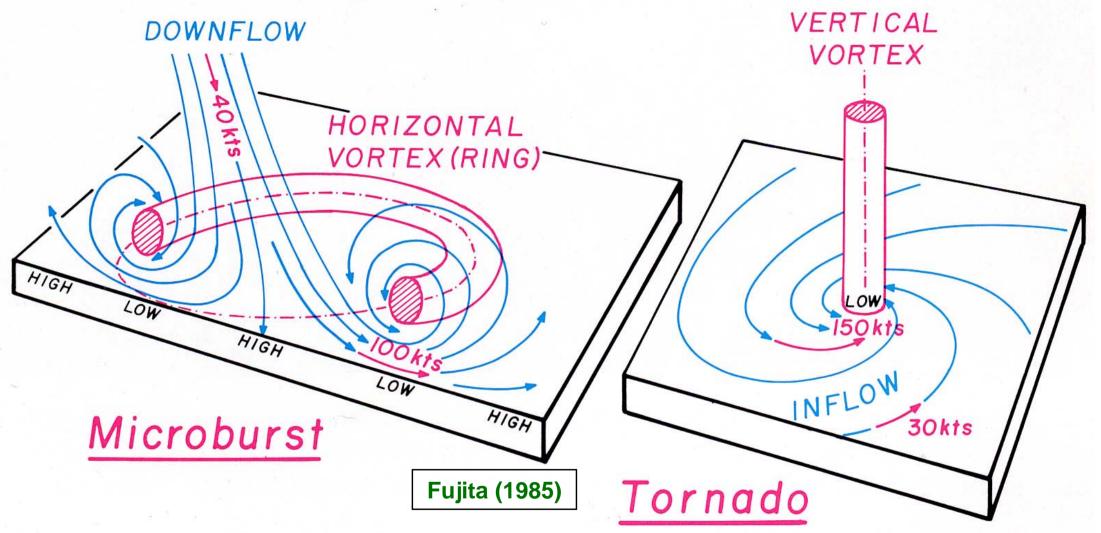
Atmosphärische Wirbelphänomene



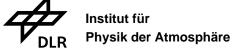




Prinzipielle Abgrenzung von Gewitterböen und Tornados



Downbursts und Tornados können aus demselben Gewittertyp entstehen. Ein Antrieb für kalte Abwinde ist aber in allen Gewittern vorhanden. Daher sind Gewitterböen die wahrscheinlicheren Phänomene.

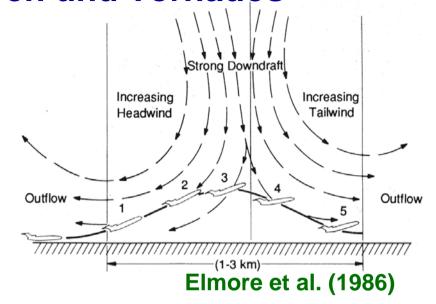




Luftfahrtrisiko durch Gewitterböen und Tornados

Downbursts: Gewitterfallböen, damit verwandt auch Windscherung / Turbulenz an Böenfronten.

Seit den 1980er Jahren als ein für Luftfahrzeuge gefährliches Phänomen bekannt und erforscht, aber (v.a. wegen Schwerpunkt der US-Forschung auf "trockenen" Downbursts) in Europa oftmals vernachlässigt, da in Mitteleuropa "nasse" Downbursts dominieren.



Tornados: Extremstes Schwergewitter-Phänomen => Seltener als Downbursts.

Trotz etwa 10-mal geringerer Tornado-Häufigkeit als in USA droht in Europa Gefahr aus Unkenntnis und damit fehlender Berücksichtigung des Phänomens an Schwergewittertagen. Risiko ist Funktion von Eintrittswahrscheinlichkeit und Information / angepasstem Verhalten:

Fotoserie des F-28 PH-CHI Absturzes, Moerdijk bei Rotterdam, am 6. Oktober 1981, Bilanz 17 Tote













Roach & Findlater (1983), http://aviation-safety.net/database/1981/811006-0.htm



Institut für Physik der Atmosphäre











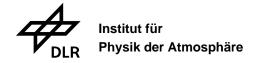
Definition der Phänomene

<u>Luftwirbel mit senkrechter Achse:</u> konvergentes Windfeld am Erdboden

- Kleintromben, thermisch (Staubteufel) bzw. dynamisch erzeugt ("gustnado")
- Blindtromben ("funnel clouds")
- Großtromben (Tornados) -> Wind- und Wasserhosen

Geradlinige Windböenphänomene: divergentes Windfeld am Erdboden

• Böenfronten, Downbursts (Gewitterfallböen), Bow Echos, Derechos







Beispiele von Kleintromben

Kleintromben entstehen bodennah bei "Schönwetter": Über Land meist durch Überhitzung der Bodenschicht - instabile Luft steigt unter Wirbelbildung rasch auf. Analog über Wasser auch in kalter Luftmasse wenn das Wasser deutlich wärmer ist.



Staubteufel im Park Sanssouci 7. August 2003 Foto: Martin Ziemann



Seltenes Bild eines Nebelteufels Blaibacher See (Bayerwald) 2. Oktober 2003 Lufttemperatur ca. –2°C Foto: Stefan Engl











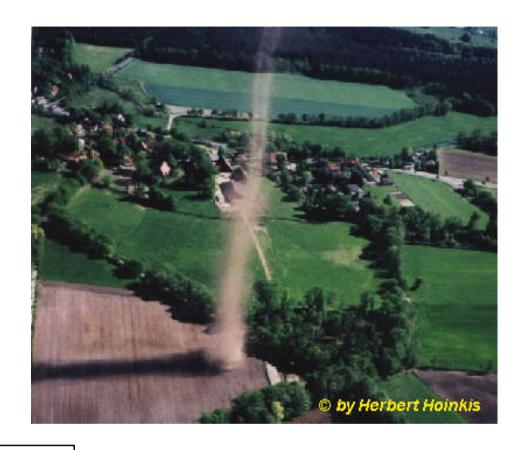






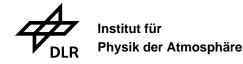
Beispiele von Kleintromben





13. Mai 2001

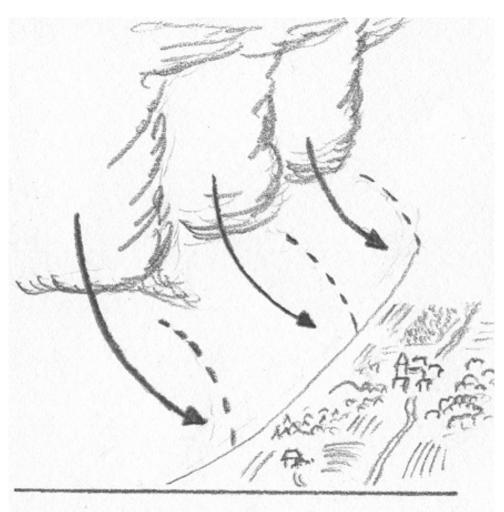
Bei stark konvektiver Grenzschicht können auch Kleintromben in Mitteleuropa bis in beträchtliche Höhen heraufwachsen. Dies kann zu fälschlichen Tornadomeldungen führen.

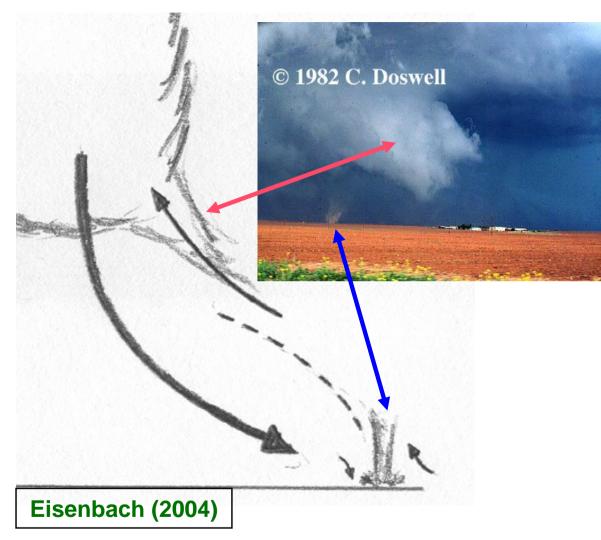






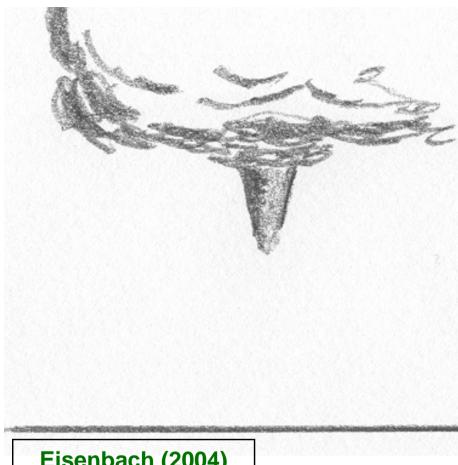
Böenfrontwirbel ("Gustnado")





Bisher liegen in D nur sehr wenige Meldungen vor. Kommt der Gustnado in den Aufwindbereich einer konvektiven Wolke, kann er sich zum Tornado entwickeln ("landspout", wie z.B. am 19. Mai 2003 in der Nähe von Starnberg).

Blindtromben



Eisenbach (2004)

Institut für

Evtl. Vor-, Zwischen- oder Endstadium eines Tornados, daher hohe Verwechslungsgefahr. Entscheidend ist der nicht vorhandene Bodenkontakt des Wirbels!

















Tornado-Definition von Alfred Wegener (1917)

"Wind- und Wasserhosen (= Großtromben = Tornados) sind große Luftwirbel mit vertikaler Achse, die vom Rande einer Cumulo-Nimbus-Wolke meist bis zum Erdboden herabreichen, in ihrem Inneren durch Kondensation in Form eines herabhängenden Zapfens, Trichters, Schlauches oder Säule, im unteren Teil auch durch Staub, ganz oder teilweise sichtbar sind und in einer meist nach Hektometern zählenden Spurbreite durch stürmisches Hinzuströmen der Luft zu dem stark luftverdünnten Raum um die Wirbelachse gewöhnlich derartige Verwüstungen verursachen, wie sie auch bei den schwersten Stürmen größerer Ausdehnung nicht beobachtet werden."

Tornado-Kenngrößen sind sehr variabel:

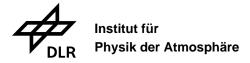
Windgeschwindigkeit: bis über 500 km/h

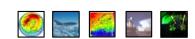
Durchmesser: 10 m bis über 1 km

Lebensdauer: 1 min bis über 1 h

Zugstrecke: 50 m bis über 100 km

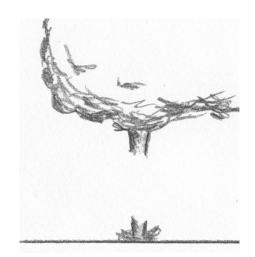
Zuggeschwindigkeit: ca. 60 km/h





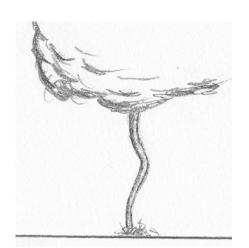


Tornado-Formen (schematisch)









Eisenbach (2004)

Die Erscheinungsformen von Tornados sind sehr vielfältig.

Das Entscheidungskriterium für einen Tornado ist stets der Kontakt des Luftwirbels mit dem Erdboden und der cumuliformen Mutterwolke.

In welchem Umfang im Wirbel Kondensation statt findet, ist unerheblich.

Aus der Breite des Wirbels kann nicht direkt auf die Intensität geschlossen werden (Brooks, 2004).







Wasserhosen

Diese Tornados entstehen meist über **größeren** warmen Wasserflächen (vorzugsweise im Spätsommer) bei recht ruhigem Wetter im Bereich von zusammenströmender Luft (Schauer- und Konvergenzlinien) unter Quellbewölkung – dabei oft keine Gewitter und nur leichte Schauer. Allgemein schwächer als Tornados über Land (Windhosen), aber signifikante Einzelfälle möglich.



Linie von Wasserhosen über der Adria, August 1999









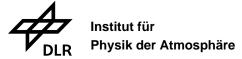






F1 Tornado Kreinitz am 5. 5. 2004







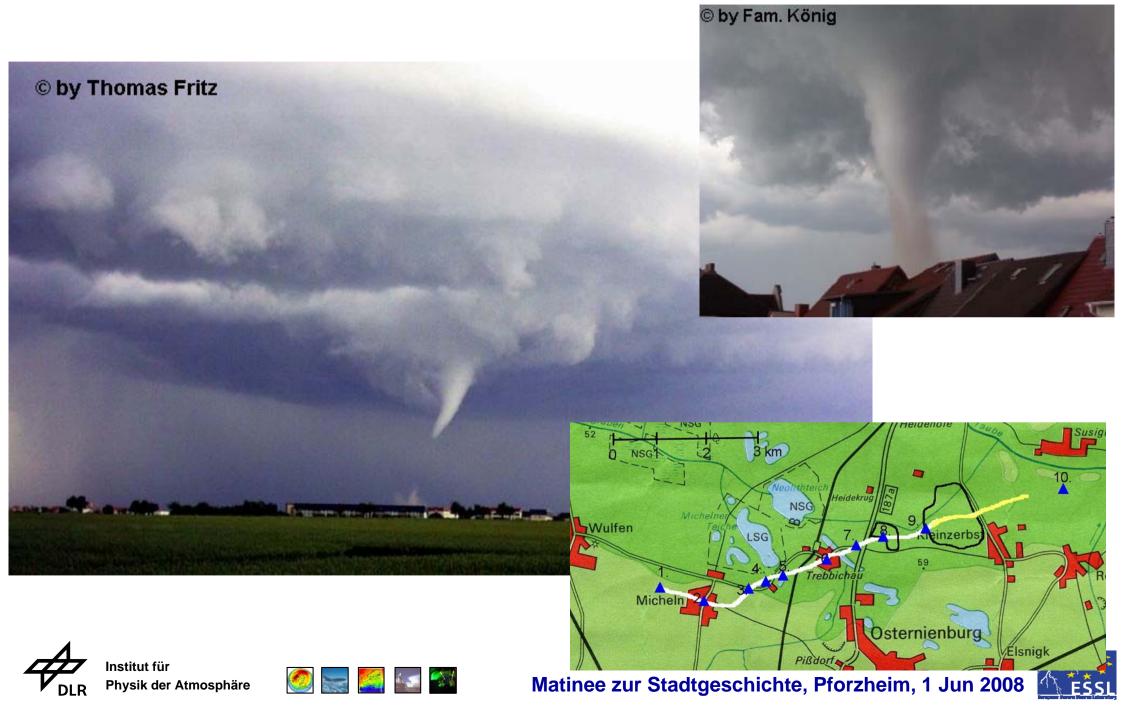






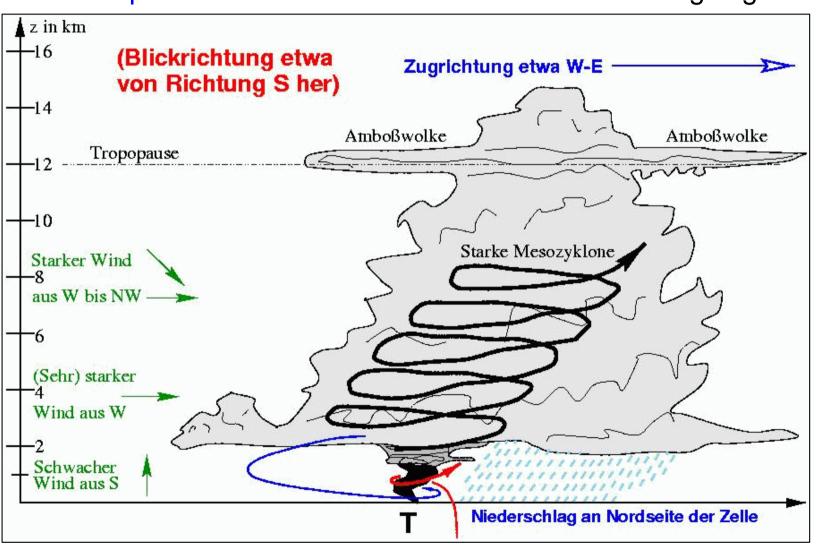


F3 Tornado Micheln am 23. 6. 2004



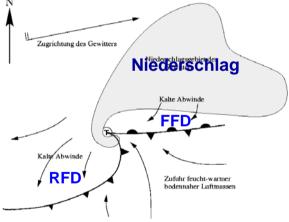
Aufbau einer Superzelle (schematisch)

Perspektivische Seitenansicht senkrecht zum Zugweg



Draufsicht





(nach Lemon & Doswell, 1975)

(nach Dotzek, 1999)







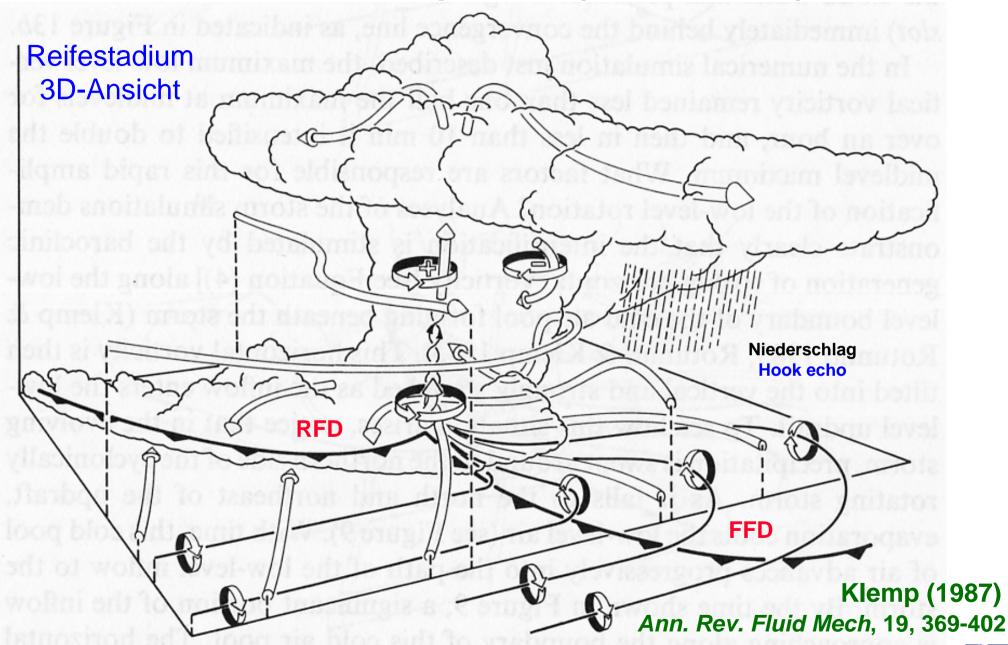








Aufbau einer Superzelle (schematisch)





Institut für





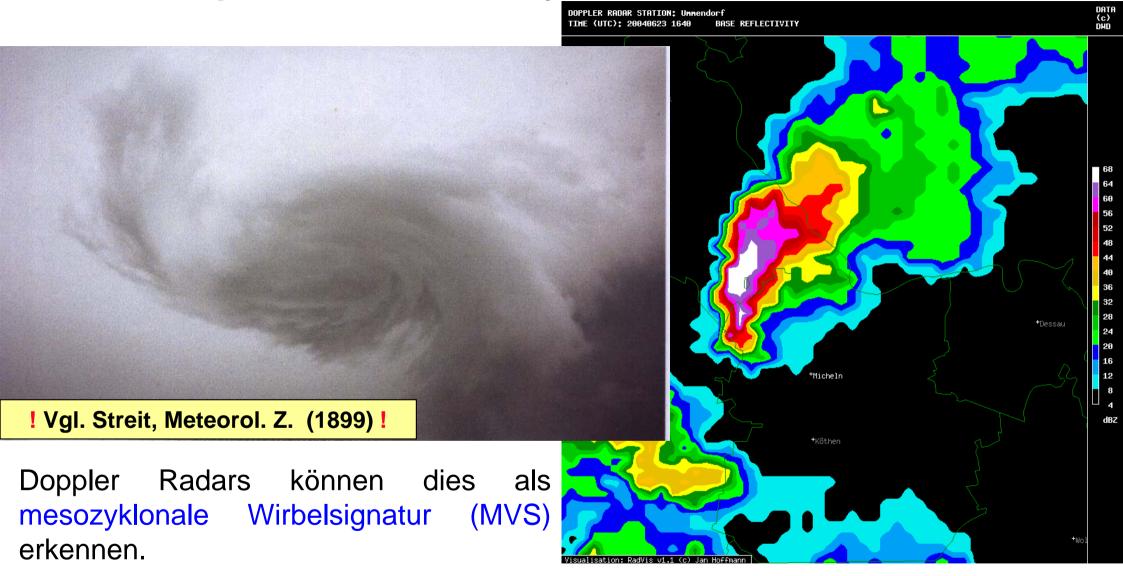




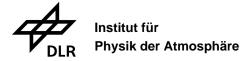




Beispiele für eine Mesozyklone und ein Hakenecho



Vgl. Hannesen et al., Meteorol. Z. (1998)





Superzellengewitter treten am häufigsten im mittleren Westen der USA auf ...

... aber sie sind auch in Europa keine Seltenheit!



Hochrhein D-CH, 2.5.2003

Foto: Thies Stillahn



Colorado, USA

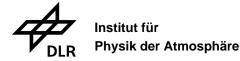
Hauptgefahren (neben Tornados) vor allem:

Fallböen bis über 200 km/h

Sturzfluten

Großer Hagel

Blitzschlag







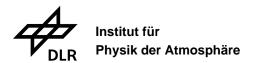








Intensitäten Die Fujita-Skala







Die Fujita Skala

Vom **Design** im Jahre 1971 her: **Geschwindigkeits-Skala** F-2 = Windstille, **F0 = Bft 8**, **F1 = Orkan (Bft 12)**, **F6 = 515 km/h**

$$v(F) = 6.3(F+2)^{3/2}, v(T) = 2.36(T+4)^{3/2}, v(B) = .84(B+0)^{3/2}$$



Ted Fujita (1920 -1998)

In der **Praxis** (mangels direkter Messwerte): Abschätzung über **Schäden** in 6 Stufen (F0 – F5)

Drei Intensitätsklassen: Schwach (F0, F1)

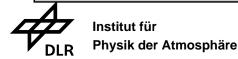
Stark (F2, F3)

Verheerend (F4, F5)

Fujita, T. T., 1981: Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1511-1534.

http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-toc&issn=1520-0469&volume=38&issue=8

Die englische TORRO Skala ist vom Design her identisch, hat aber doppelt so viele Intensitätsabstufungen (in der Praxis T0 bis T11).















Kurze Veranschaulichung der F-Skala

F0: Leichte Schäden an Dächern, Holzzäune werden umgeworfen.

F1: Dächer stärker beschädigt, einzelne Bäume entwurzelt.

F2: Einsturz einzelner Gebäude, Autos werden angehoben.

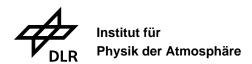
F3: Schwere Schäden an Massivbauten, Einsturz zahlreicher Gebäude.

F4: KFZ weite Strecken geschleudert, Totalschäden an Massivbauten.

F5: Totalschäden an Massivbauten, Baumstümpfe total entrindet

F6 (?): Unvorstellbare Schäden, aber kaum von F5 zu unterscheiden

Eine detaillierte, in Zusammenarbeit mit der Münchener Rückversicherung an Mitteleuropa angepasste Beschreibung von Sach- und Flurschäden als Funktion der F- und T-Skala ist bei TorDACH als pdf- und htm-Datei verfügbar, im Menüpunkt "Education". Die Beschreibung der Waldschäden darin basiert hauptsächlich auf der Analyse von Hubrig (2004).







F-. T- und Beaufort Skala im Vergleich

1-, 1- und Deadlort Skala ini Vergleich								
	Unterkritisch				Schwach			
	(Subcritical)			(Weak)				
Fujita	F-2		F-1		F0		F1	
TORRO	T-4	T-3	T-2	T-1	Т0	T1	T2	Т3
Beaufort	0 - 2	2 - 4	4 – 6	6 – 8	8 – 10	10 – 12	12 – 14	14 – 16
$v~{ m in}~{ m m}{ m s}^{-1}$	0 - 3	3 - 7	7 – 12	12 - 18	18 - 25	25 - 33	33 – 42	42 - 51
$v~{ m in}~{ m km}{ m h}^{-1}$	0 - 11	11 - 25	25 - 43	43 - 65	65 – 90	90 – 119	119 – 151	151 - 184
	Signifikant							
	(Significant)							
	Stark				Verheerend			
	(Strong)				(Violent)			

T7

22 - 24

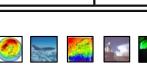
82 - 93

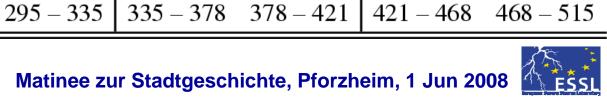
F3

TORRO	T4	T5
Beaufort	16 – 18	18 - 20
$v~{ m in}~{ m m}{ m s}^{-1}$	51 – 61	61 - 71
v in ${ m km}{ m h}^{-1}$	184 - 220	220 - 256

Institut für

Fujita





F5

T11

30 - 32

130 - 143

T10

28 - 30

117 - 130

F2



T6

20 - 22

71 - 82

256 - 295

F4

Т9

26 - 28

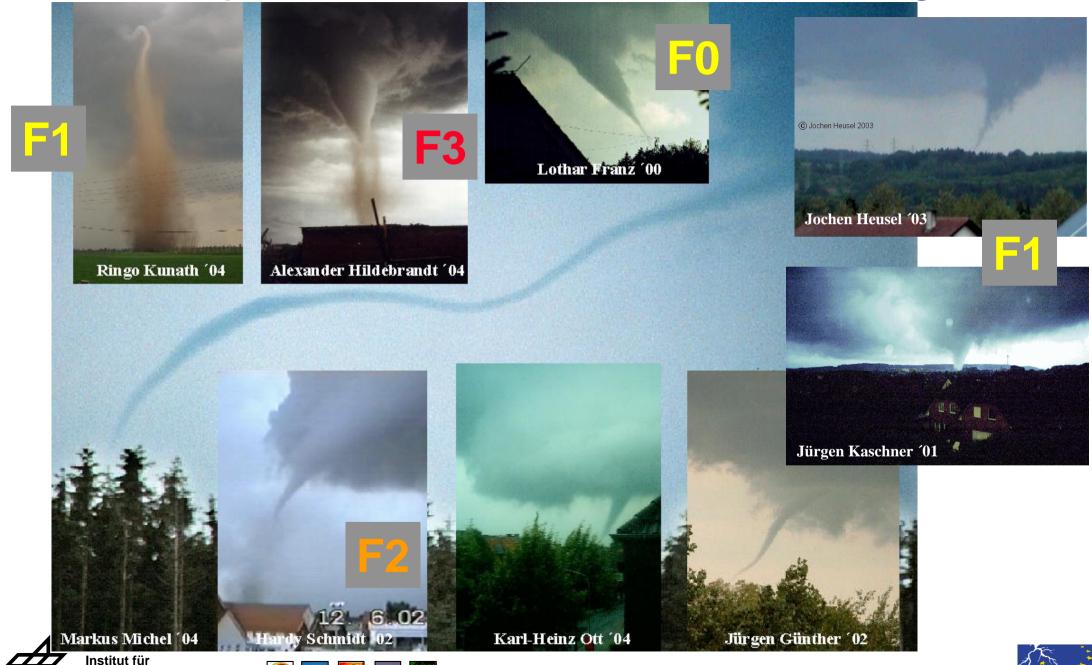
105 - 117

T8

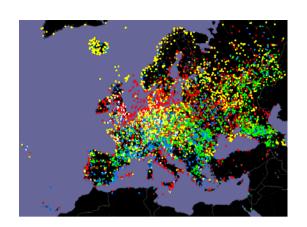
24 - 26

93 - 105

Beispiele von Tornados und F-Skala Bewertung



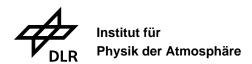




Tornado-Klimatologie









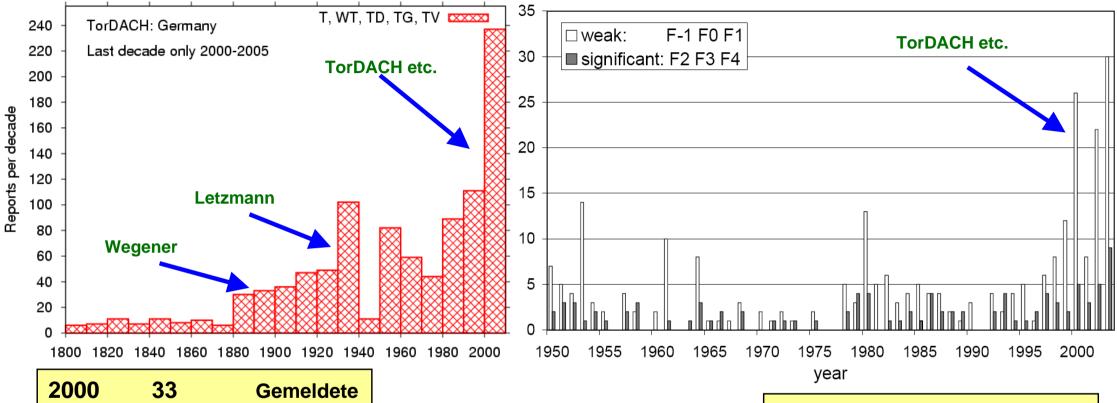








Starke Zunahme gemeldeter Tornado-Ereignisse seit ca. 2000

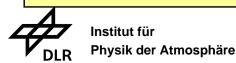


2000	33	Gemeldete
2001	14	Tornados
2002	35	über Land
2003	49	DE, Daten:
2004	51	ESWD
2005	48	Abfrage
2006	82	(30.5.2008)
2007	33	, ,

???
Ein Klimatrend?
???

Bissolli et al. (2007), GPC

Zunahme der Meldungen in erster Linie bei den F0, F1 (schwachen) Tornados ...









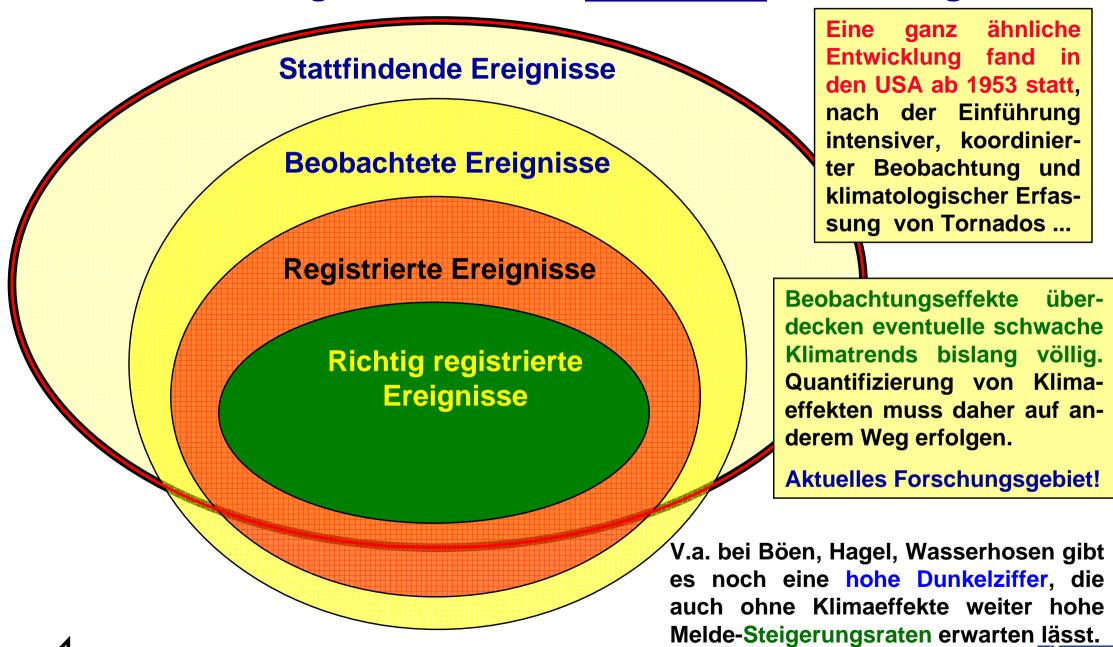




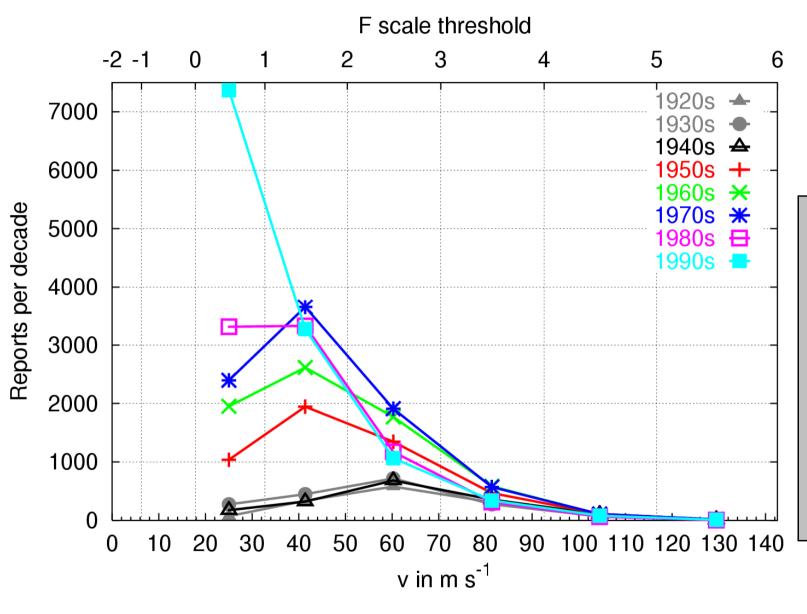




Herausforderung: Sammeln von Meldungen, nicht Ereignissen



Zunahme gemeldeter Tornados in den USA seit ca. 1950



Meldungen pro F-Skala Klassen, aufgeschlüsselt nach Dekaden

In den 1930er Jahren ging der US-Wetterdienst von ca. 130 Tornados pro Jahr aus, Ende der 1990er Jahre jedoch von ca. 1200 Tornados pro Jahr. Diese Steigerung einen um **Faktor** entstand in Linie erster durch intensivere Beobachtung schwächerer **Ereignisse** seit 1953.





BMBF-Projekt RegioExAKT

Regionales Risiko konvektiver Extremwetterereignisse: Anwenderorientierte Konzepte zur Trendbewertung und -anpassung



www.regioexakt.de

Koordination: DLR-IPA, 11 Partner

- Laufzeit 3 Jahre, 2007-2009
- Einfluss des Klimawandels bis 2030 auf Schwergewitter, und Adaptation z. B. durch neuartiges Nowcasting.



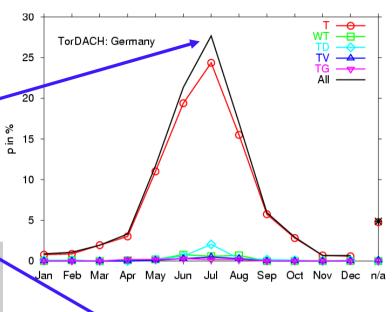
Risiken mindern · Chancen nutzen

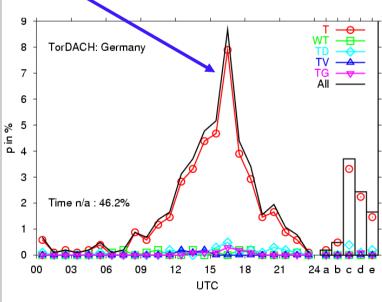
Orte, Jahres- und Tagesgang der Tornados

Maximum im Juli, nachmittags bzw. abends.

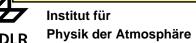
Viele historische
Fälle noch unbekannt, z.B. aus den
2 Weltkriegen oder aus dem Osten
Deutschlands von
1950-1990.

Starke Kopplung an Bevölkerungsdichte, Risikoschätzung ist aber schon möglich.





ESWD-Daten bis 30.5.2008







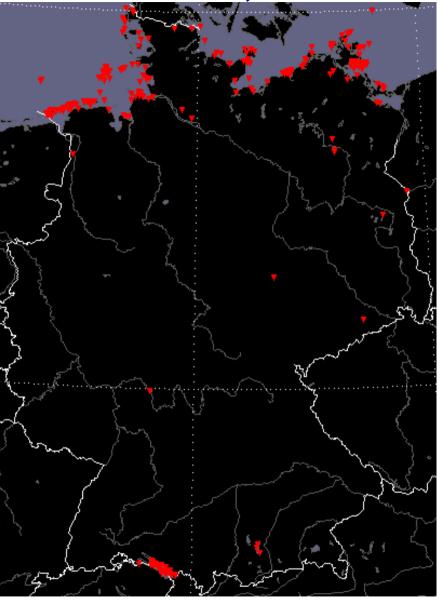








Orte, Jahres- und Tagesgang der Wasserhosen

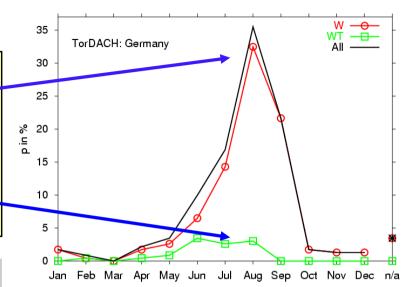


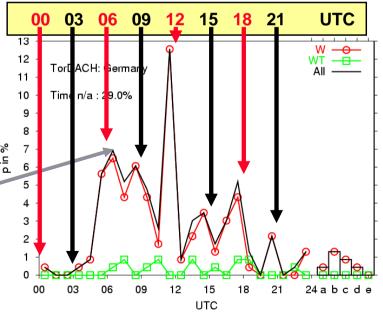
August-Max. reiner Wasserhosen, anders als bei Wasserhosen, die auch Land erreichen!

Wasserhosen über offenem Meer aus SYNOPs werden nur gemeldet zu

Standardterminen

Großes Beobachtungsproblem beim Tagesgang sowie im Wochenverlauf!





Morgenmaximum wäre plausibel

Institut für Physik der Atmosphäre



ESWD-Daten bis 30.5.2008







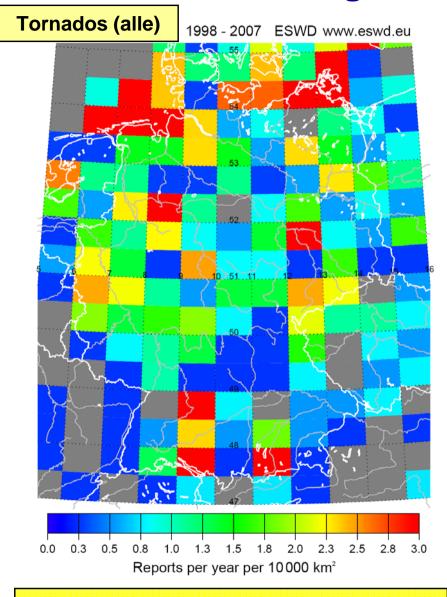




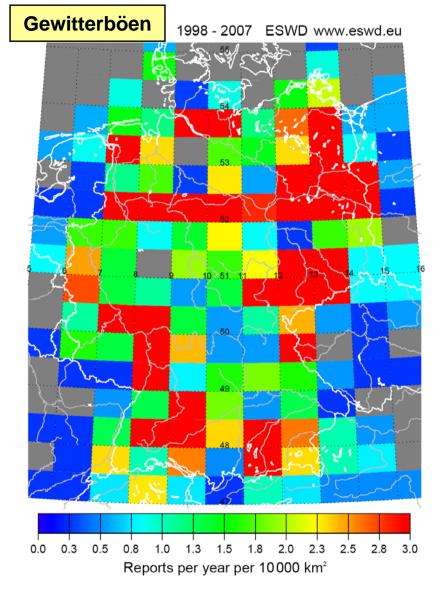




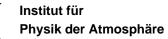
Melde-Häufigkeiten pro Jahr und 10000 km²



1998 bis 2007



Koschmieder (1946): 1-2 pro Jahr und 10000 km² als klimatologischer Wert







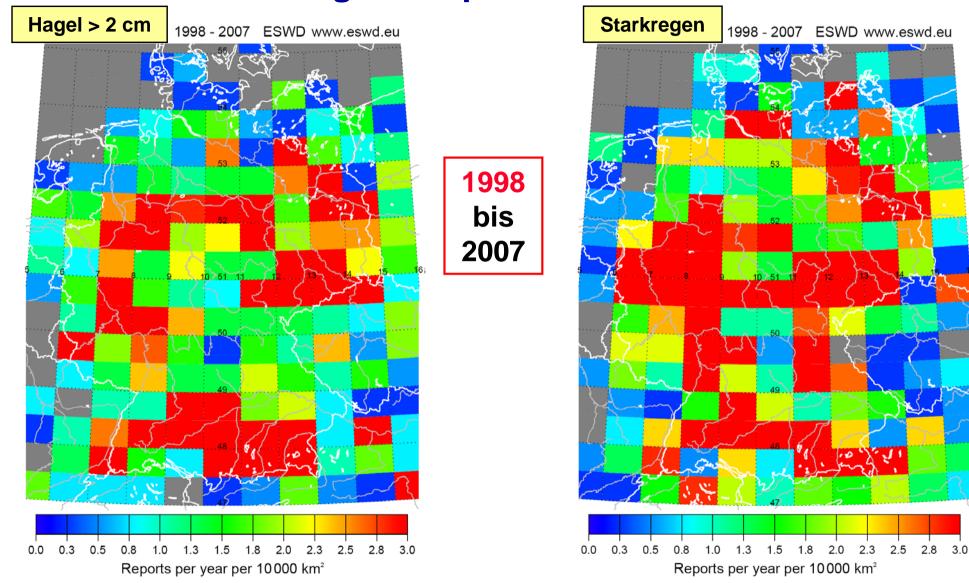


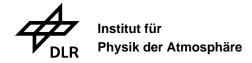






Melde-Häufigkeiten pro Jahr und 10000 km²







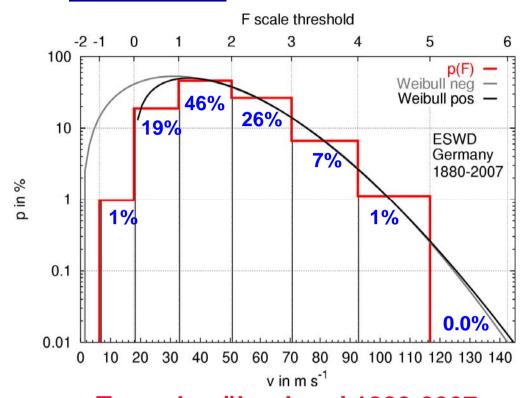


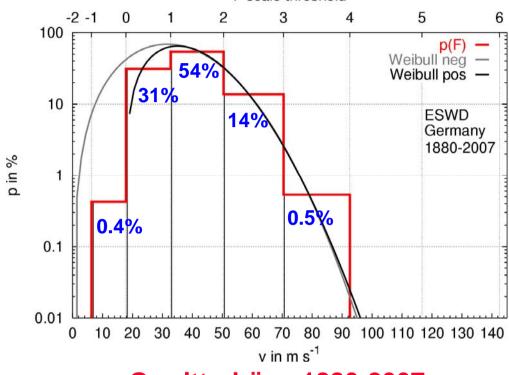
Tornados

Intensitätsverteilungen

Gewitterböen

F scale threshold





Tornados über Land 1880-2007, 722 von 1021 Fällen bewertet,

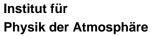
Nicht enthalten: 2 F5 (1764, 1800)

Gewitterböen 1880-2007, 940 von 1258 Fällen bewertet, Intensitäts-Obergrenze: F3

Werte für Deutschland sehr ähnlich wie in den USA der 1950er Jahre Nach wie vor besteht bei uns ein großes F0-Beobachtungsproblem!

Wie sind die modellierten Wahrscheinlichkeitsdichten und Wiederkehrintervalle?



















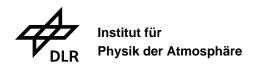
Intensitäten: Schätzung der Bedrohung durch Tornados

Die deutsche Tornado-Intensitätsverteilung im Zeitraum 1880-2007 basiert auf 722 ESWD-Meldungen (von 1021, d.h. 70.7 %) mit F-Skala Bewertung und erlaubt folgende Aussagen :

F-scale	n_{ob}	s P _{obs}	$n_{Weibull} p_{Weibull}$	$ au_{Weibull}$
F-2	0	0.0 %	37.3 3.17 %	ca. 4 Jahre
F-1	7	1.0 %	199.9 17.03 %	ca. 1 Jahr
F0	136	18.8 %	356.3 30.40 %	< 1 Jahr
F1	332	46.0 %	338.5 28.82 %	< 1 Jahr
F2	191	26.5 %	180.8 15.40 %	ca. 1 Jahr
F3	48	6.7 %	52.7 4.49 %	ca. 3 Jahre
F4	8	1.1 %	7.9 0.67 %	Jahrzehnte
F5	0	0.0 %	0.6 0.05 %	Jahrhunderte
Total	722	=>	1174 =>	Dunkelziffer: 39 %

Die angepasste Weibullverteilung beruht auf Meldungen ab F1-Intensität und erlaubt eine sinnvollere Schätzung der Wiederkehrintervalle als direkt aus den Beobachtungen, wie z.B. im Fall der seltenen F4 und F5 Ereignisse.

Derzeit relevante Frage: Genauere Wiederkehrperiode τ der F3 Tornados ...

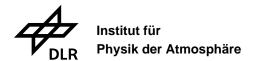








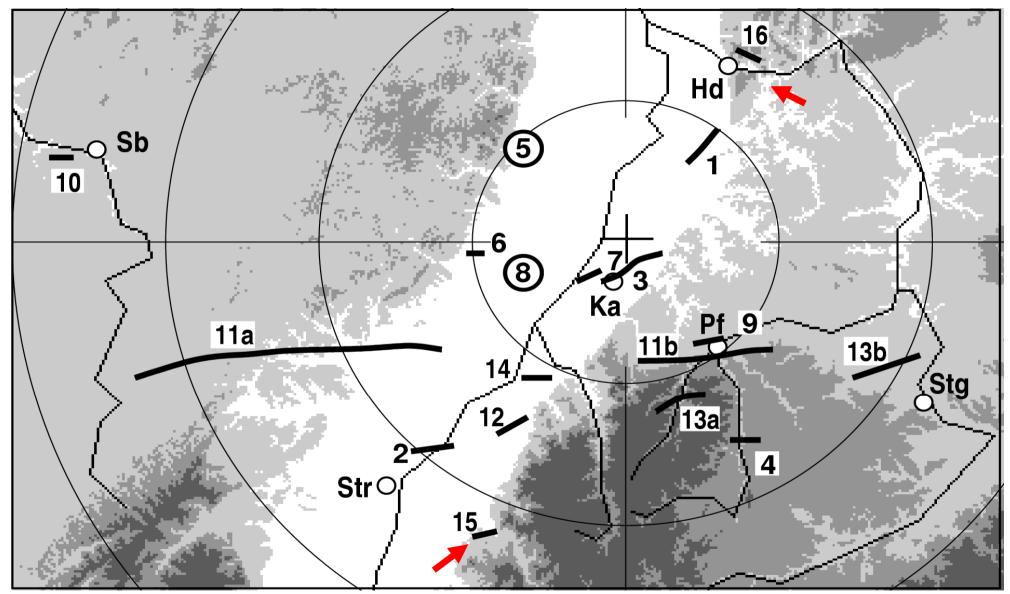
Tornados im Oberrheingraben



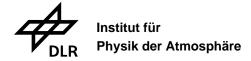




Beobachtung: Schwergewitter / Tornado-Allee im Rheintal



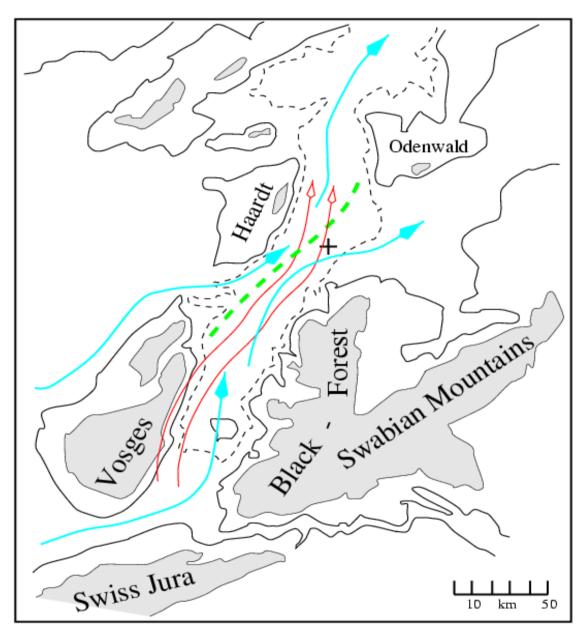
Mindestens 16 Tornadofälle N der Vogesen und des Schwarzwalds; 11b war ein F4







Einfluss der Geländestruktur auf die Gewitterintensivierung



Abgeleitet aus KAMM Modell-simulationen (Dotzek, 1999)

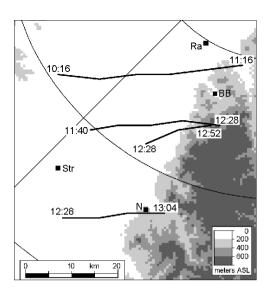
- Blau: Bodennahes Windfeld
- Rot: Bodennahe Advektion feucht-warmer Luft
- Grün: Linie horizontaler Konvergenz

Wetterlage mit geostrophischer Anströmung aus SW und raschem Herantransport von Mittelmeerluft während der warmen Jahreszeit (typisch beim "Spanish plume")

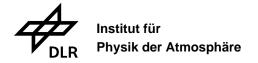








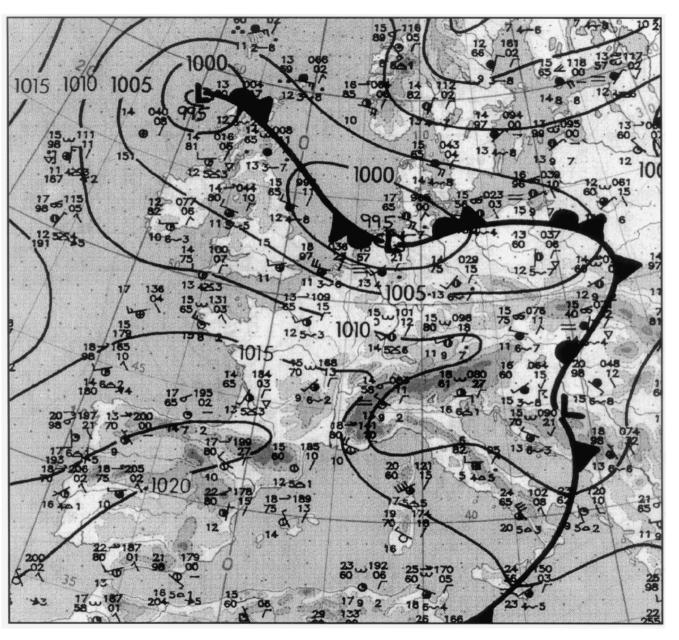
F1-Tornado Nußbach 9.9.1995







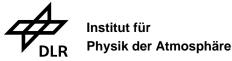
F1 Nußbach Tornado vom 9. September 1995



Die Wetterlage produzierte mehrere Mini-Superzellengewitter. Eines davon erzeugte den Tornado:

- 1100 UTC (1300 MESZ)
- Instabilität vor allem durch Kaltluft in der Höhe
- Bodenanalyse von 1200
 UTC zeigt, dass der
 Tornado weit hinter einer
 Front auftrat.
- Tornado durch Augenzeugen und DWD Schadenanalyse bestätigt

Hannesen et al. (1998)





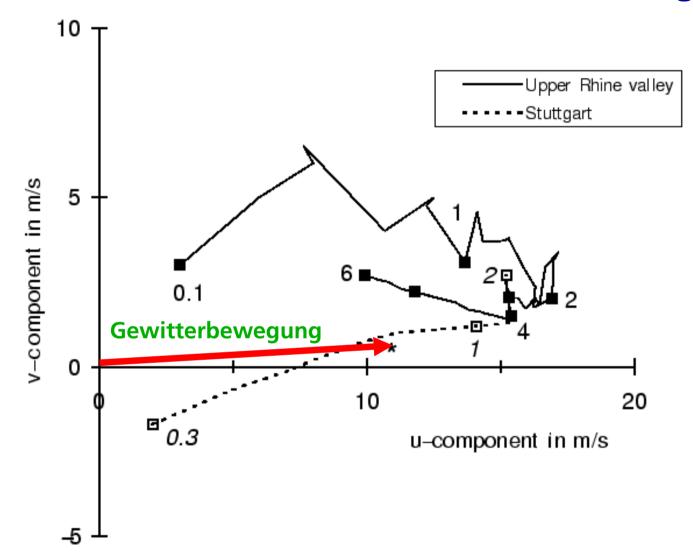






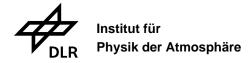


Bodennahes Windfeld im Rheintal orographisch beeinflusst



Durch Kanalisierung kam es zu einem für Superzellengewitter günstigen Windprofil, im Gegensatz zum Hodogramm der Stuttgarter Radiosonde:

- CAPE = 440 J/kg
- LFC = 1.3 km ASL
- LNB = 7.3 km ASL
- SRH = 105 J/kg
- EHI = 0.3
- $\bullet \quad Ri_b = 25$
- Im Rheintal zudem die wärmste bodennahe Luft in dieser Region.



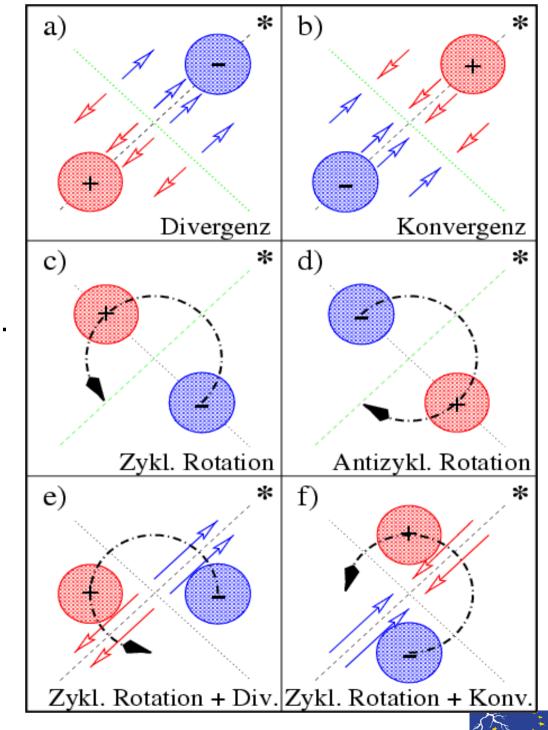




Signaturen im Doppler Radar

Merkmal: Benachbarte Extrema der Doppler-Geschwindigkeit (zum Radar, blau, und vom Radar weg, rot).

- Radarstandort in Richtung des "*"
- MVS Signatur kann im Gewitter z.B. von bodennaher Konvergenz oder Divergenz in hohen Schichten überlagert sein
- Solche Wirbelsignaturen in Mini-Superzellengewittern zu finden ist jedoch schwierig, selbst im postprocessing.







Wirbelsignaturen am 9. September 1995

Doppler-

m/s

-11 -

-13 - -11

-15 - -13

-17 - -15

-19 - -17

-21 - -19

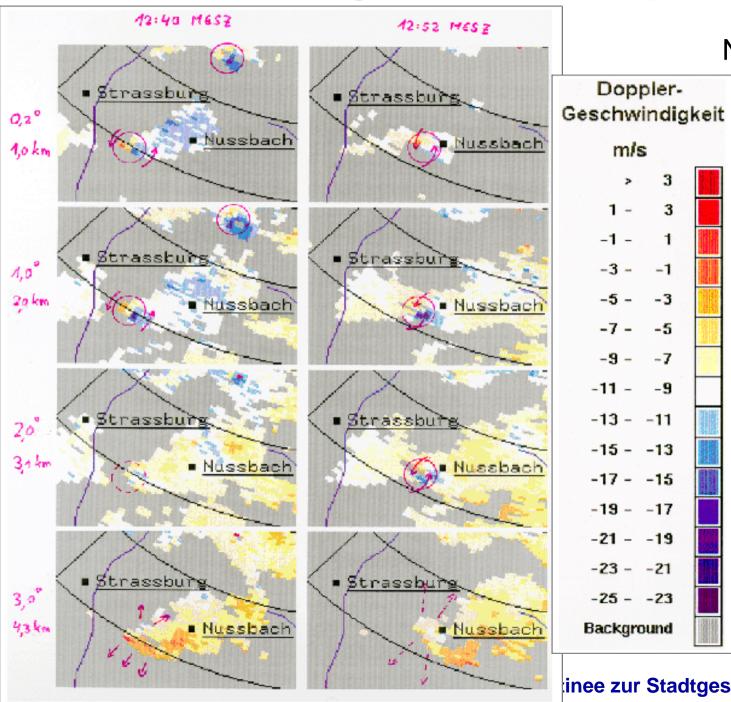
-23 - -21

-25 - -23

Background

3

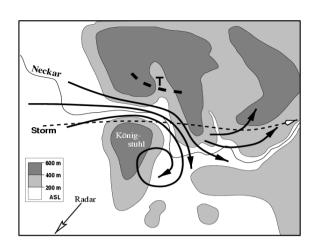
3



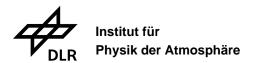
Nach Qualitätskontrolle der Daten und Subtraktion der Gewitterverlagerung traten die typischen Signaturen (MVS) zu Tage, aber ...

- Die kleinräumigen Mesozyklonen wurden erst bei der nachträglichen Analyse gefunden
- Automatische und operationelle MVS Erkennung möglich aber schwierig, speziell bei rascher und kurzlebiger Gewitterintensivierung





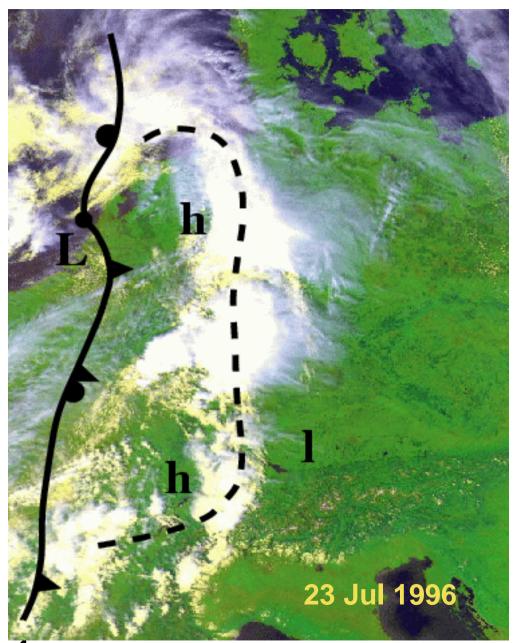
F2-Tornado Ziegelhausen 23.7.1996







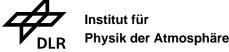
F2 Ziegelhausen Tornado (Downburst?) vom 23. Juli 1996



Dieses Ereignis, derzeit als ein F2 Tornado erfasst, könnte evtl. auch ein F2 Downburst gewesen sein. Radardaten nicht ganz eindeutig, keine direkten Augenzeugen oder detaillierte Schadenanalyse vor Ort

- Zeit 1805 UTC (2005 MESZ)
- Zwei weitere Tornados in den Niederlanden am frühen Nachmittag (Konvergenzlinie)
- NOAA-POES Satellitenbild von 1200 UTC zeigt die Kaltfront mit vorgelagerter Konvergenzlinie

Hannesen et al. (2000)











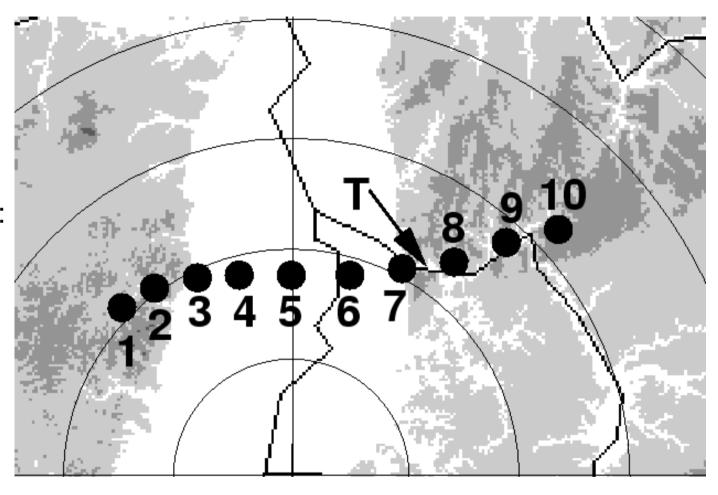


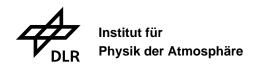


Weg des Ziegelhausener Sturms, 1658 bis 1828 UTC

Radardaten alle 10 min:

- Höchste 25 dBZ Echo Tops: 12.5 km ASL
- Maximale Reflektivität:
 55-60 dBZ
- Höchstwerte etwa zur Tornadozeit 1805 UT
- Wahrscheinlich führte starke orographische Hebung im Neckartal zur Tornadobildung

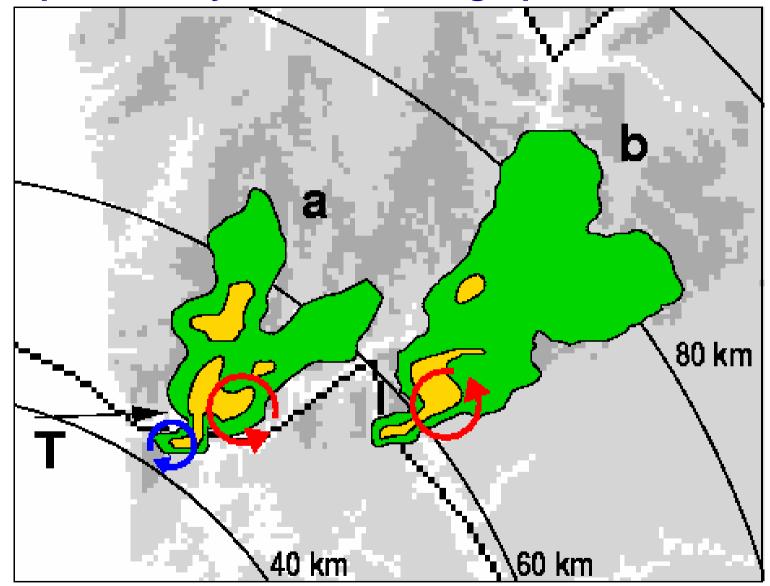








Superzellendynamik und orographischer Einfluss I



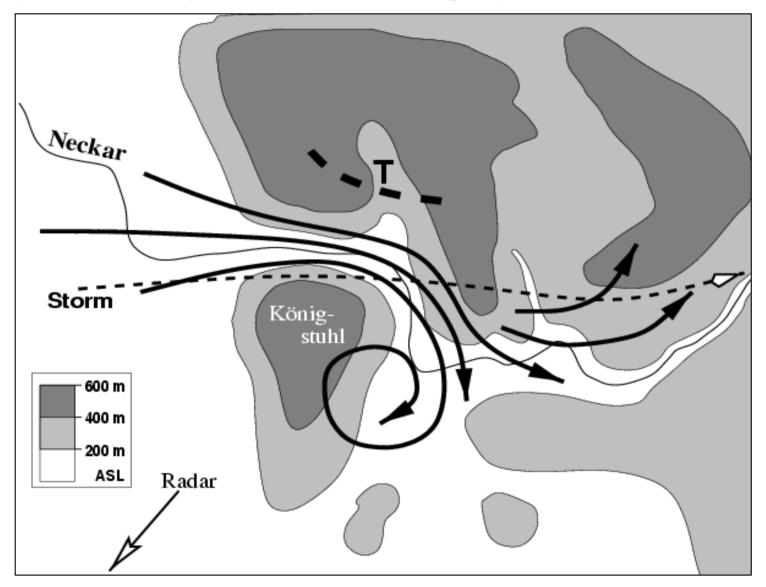
Radar Echo Konturen (20 und 43 dBZ) und MVS Signaturen um 1808, 1828 UTC



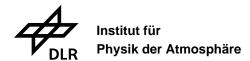




Superzellendynamik und orographischer Einfluss II

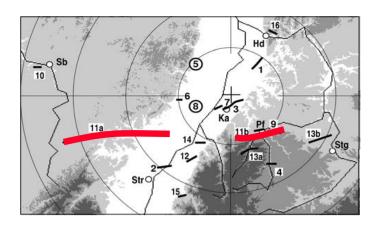


Bodennahe Umströmung des Königstuhls Erklärungsmodell der antizyklonalen MVS







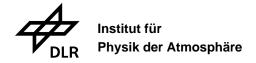




F3-Tornado Eschbourg

F4-Tornado Pforzheim

10.7.1968





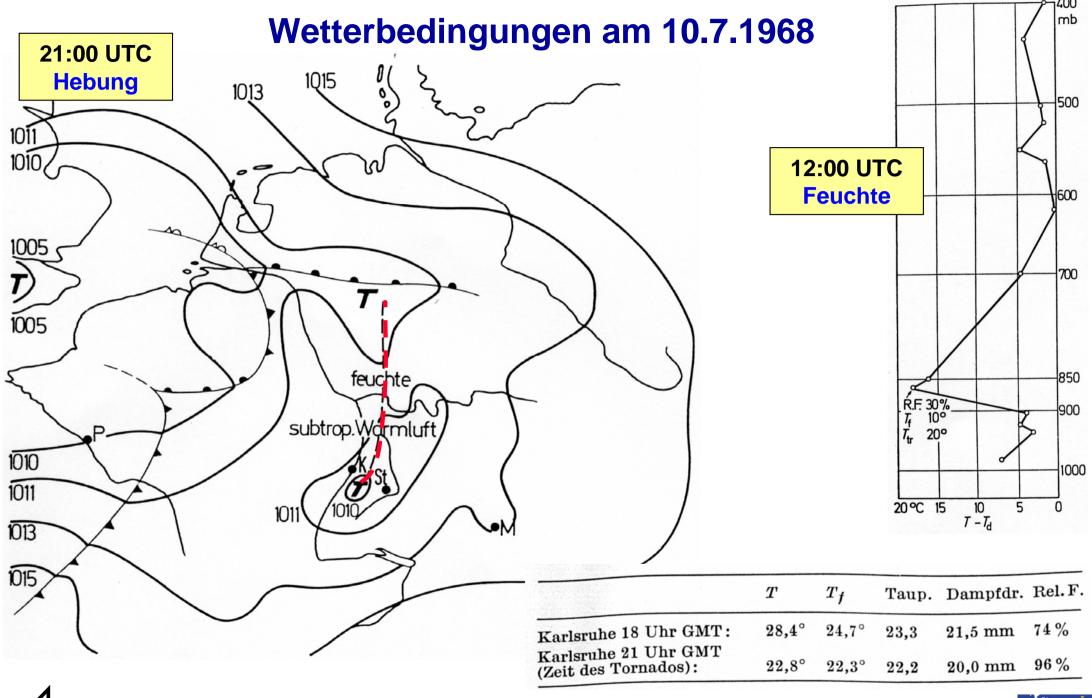














Institut für

Physik der Atmosphäre



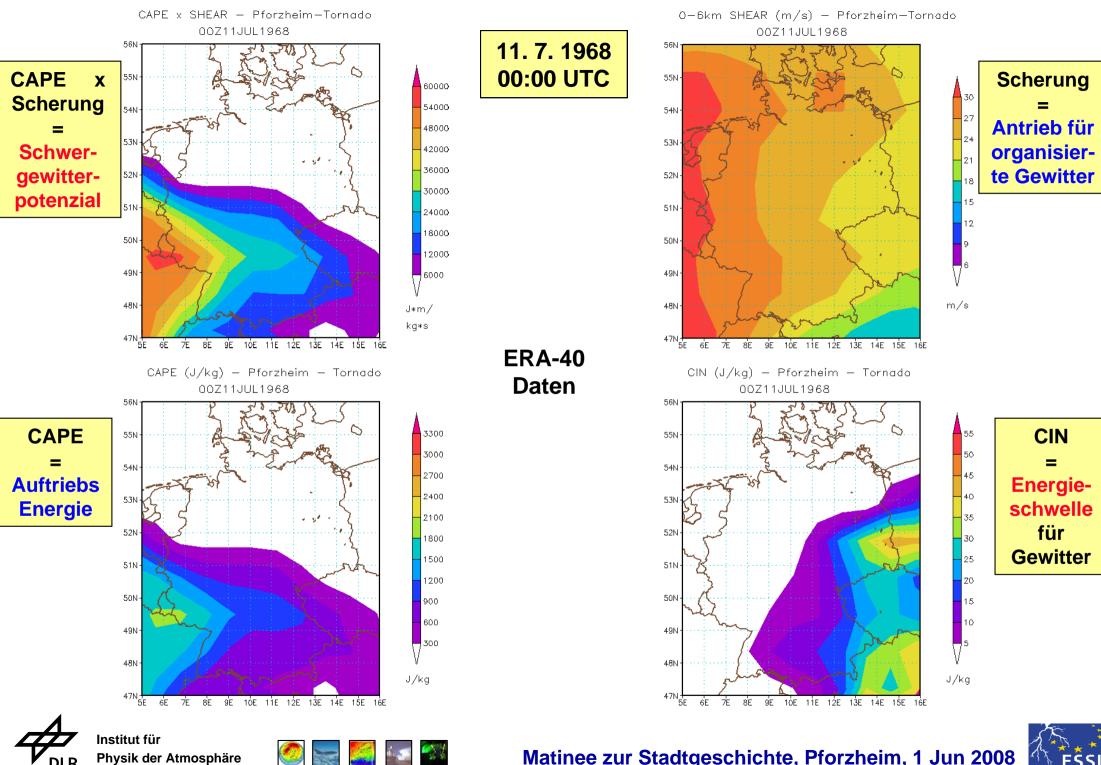






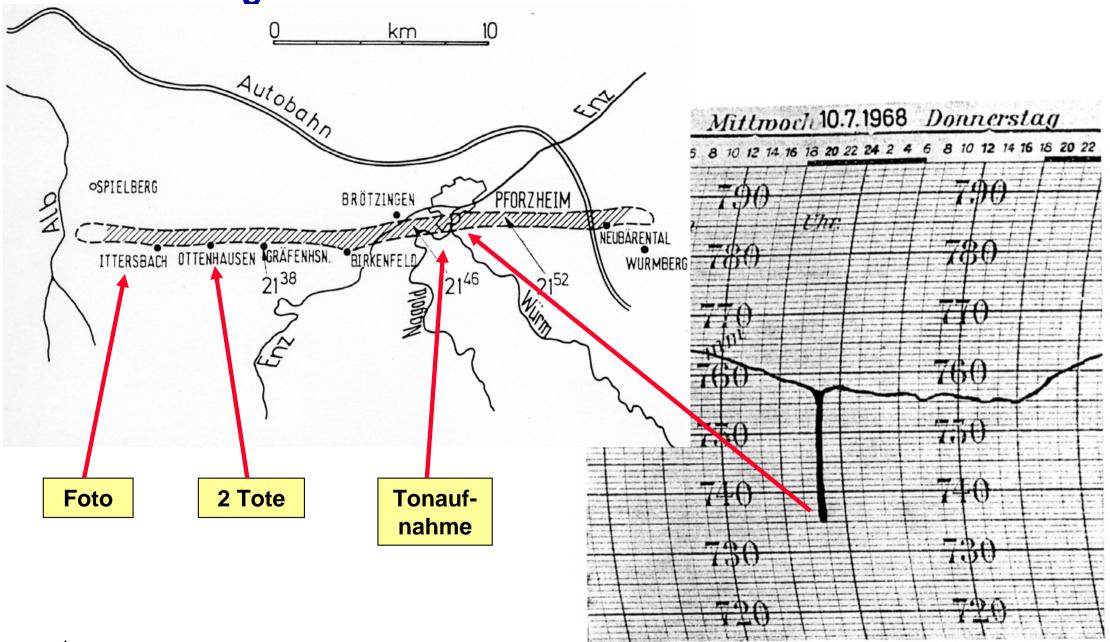


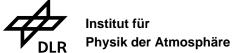






Zugbahn und Luftdruckverlauf in Pforzheim









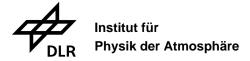
Klassisches Superzellen-Merkmal: Sockelwolke (wall cloud)





Bei Ittersbach, 10.7.1968, ca. 21:30 (Foto: H. Roskam)

Spearman, TX, 31.5.1990 (Foto: H. Bluestein)

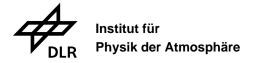








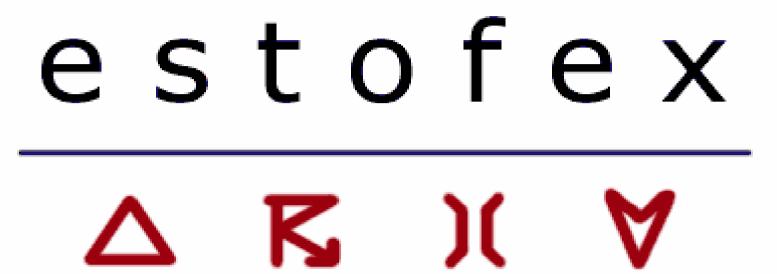
Unwetter-Initiativen





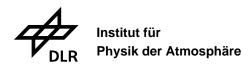


European Storm Forecast Experiment



estofex.org

ESTOFEX gibt Ein-Tages-Vorhersagen zur Wahrscheinlichkeit und zu erwartenden Schwergewitterphänomenen heraus, nach dem Vorbild des NOAA-SPC (Strom Prediction Center) in den USA. Die Vorhersagen werden mit Unwettermeldungen verifiziert und sind archiviert verfügbar.







Skywarn in Europa (DE, AT, CH, ...)



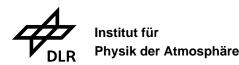
skywarn.org in den USA

skywarn.eu in Europa



skywarn.de, skywarn.at, skywarn.ch

Skywarn baut analog zur Situation in den USA ein Netzwerk geschulter, ehrenamtlicher Beobachter auf, die entweder an einem festen Ort (Zuhause, Arbeitsplatz, ...) oder als Stormchaser Unwettermeldungen per Telefon abgeben, welche dann sehr zeitnah dem DWD und anderen Nutzern für Warnungen und zur Vorhersageverifikation zur Verfügung stehen. Langfristig tragen die Meldungen zur Klimatologie bei.



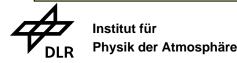




TorDACH Kompetenzzentrum für lokale Unwetter in D, A, CH



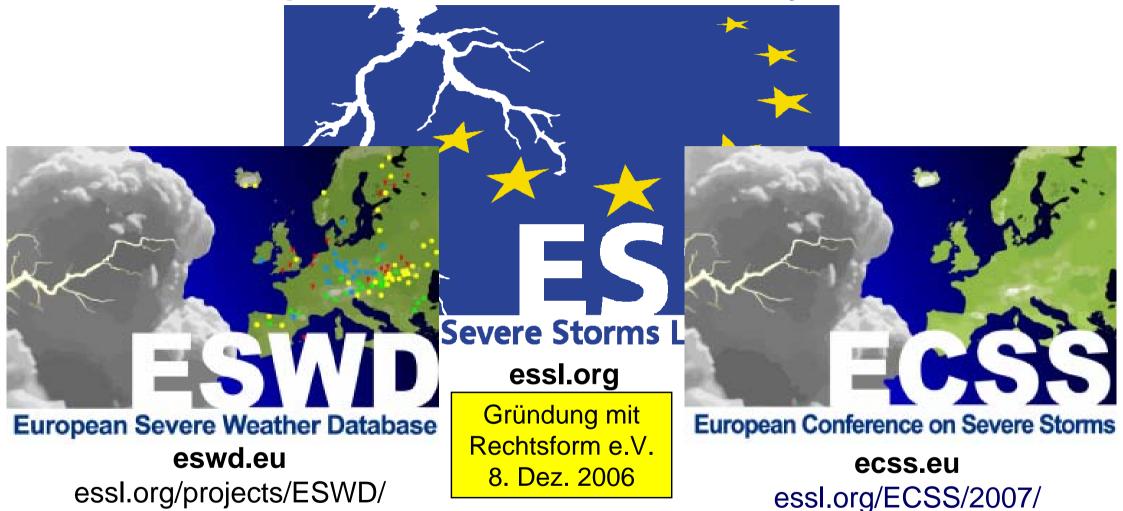
TorDACH ist ein 1997 gegründetes Netzwerk, das Informationen zu Tornados, Wasserhosen und Gewitterfallböen (downbursts) in D, A, CH sammelt. Hagel, Sturzfluten (flash floods), Böenfrontwirbel (gustnadoes), Blindtromben (funnel clouds) sind ebenfalls von Interesse. Das Ziel ist eine belastbare und vollständige Klimatologie dieser lokalen Unwetter.







European Severe Storms Laboratory, ESSL



Kernaufgaben des ESSL sind neben der Unwetterforschung (keine Vorhersagen/Warnungen) Betrieb und Entwicklung der ESWD Datenbank und die Unterstützung der European Conferences on Severe Storms.



Institut für













ESWD Meldungen 2007 und an einem Einzeltag 2007 **NMHS Partner** n = 3379Rot = Tornado Gelb = Windböen M Grün = Hagel Blau = Starker **Niederschlag** Weiß = Blindtrombe 20050729 Pink = Gustnado Orange = **Kleintrombe Einzelne ESWD** Meldungen zeigen Unwetterzugbahnen





Schlussfolgerungen

Tornados in der Oberrheinregion sind ein keineswegs seltenes Phänomen. Mit einem F4 wie am 10.7.1968 muss in Deutschland im Schnitt alle paar Jahrzehnte gerechnet werden.

- Durch TorDACH bzw. nun ESSL und ESWD wurden in den vergangenen Jahren viele Fortschritte erzielt, z.B. F-Skala Intensitätsverteilungen, Risikoschätzung, Verifikation von Vorhersagen und Warnungen
- Zusammenführen nationaler Datenbanken und "neue" historische Meldungen in der Datenbank helfen, längere und ESWD homogenere Zeitreihen zu erzielen, die zur Trenderkennung nötig sind (Klimawandel)
- ESWD (eswd.eu) wurde die Keimzelle des European Severe Storms Laboratory, ESSL, als Forschungsorganisation (essl.org)



















Klimatologie: Es gibt auch ungewöhnliche Meldungen!





Solche seltsame Regenschauer sind in Conrad Lycosthenes Buch Prodigiorum ac ostentorum chronicon abgebildet, das 1557 in Basel veröffentlicht wurde. Im ersten Bild regnet es Kröten, was aus dem Jahre 1345 berichtet wird, im zweiten Fische, wie 989 in Sachsen angeblich geschehen, und im letzten sogar Kreuze, wie sie 746 auf Sizilien niedergegangen sein sollen.



















