

Deutscher Wetterdienst



Modell- und verfahrensbasierte Vorhersage von Gewittern im Deutschen Wetterdienst

Hans-Joachim Koppert

Meteorologische Analyse und Modellierung

Hans-Joachim.Koppert@dwd.de

Übersicht



- **Einleitung**
- **Beobachtungen und direkt darauf basierende Vorhersageverfahren**
 - ▶ Bodenbeobachtungen
 - ▶ Fernerkundungsverfahren
 - ▶ Blitzortung
 - ▶ Radar
 - ▶ Satelliten
 - ▶ Integrierte Vorhersageverfahren (WarnMOS)
- **Modellbasierte Vorhersagen**
 - ▶ Zeitliche und räumliche Skalen
 - ▶ Konvektion in den Modellen
 - ▶ Das konvektionsauflösende Modell COSMO-DE
 - ▶ Ensemble-Vorhersagen

Was ist ein Gewitter

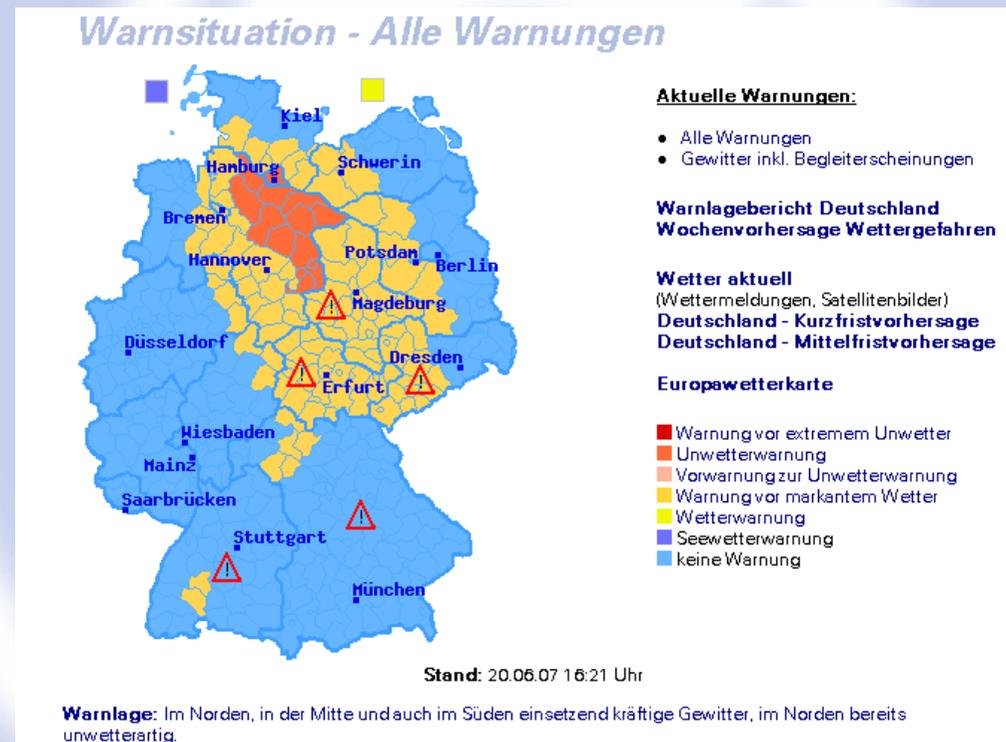


- Ein Gewitter ist eine Wettererscheinung, die die mit dem Auftreten von Blitzen (und damit auch Donner) verbunden ist und von einer Cumulonimbus-Wolke erzeugt wird.
- Begleiterscheinungen von Gewittern können sein
 - ▶ Starkregen
 - ▶ Hagel
 - ▶ Wind
 - ▶ Manchmal selbst Tornados

Die Bedeutung der Gewitter für den Vorhersagebetrieb im Deutschen Wetterdienst



- Die mit Gewittern verbundenen Wettererscheinungen stellen eine Gefahr für die Öffentlichkeit dar
 - ▶ Pflicht zur Warnung



<http://www.dwd.de/de/WundK/Warnungen/index.htm>

Stationsbezogene Bodenbeobachtungen



- Bodenbeobachtungen werden nur an weit verteilten Messstationen durchgeführt
- Bewertung
 - Weitmaschiges Netz
 - + Augenbeobachtungen (wo noch vorhanden) von automatischen Systemen nur schwer zu erfassenden Größen



Hauptamtliche Wetterwarten und Wetterstationen melden den Druck (210 Stationen in Deutschland)

Beobachtungen im Überblick

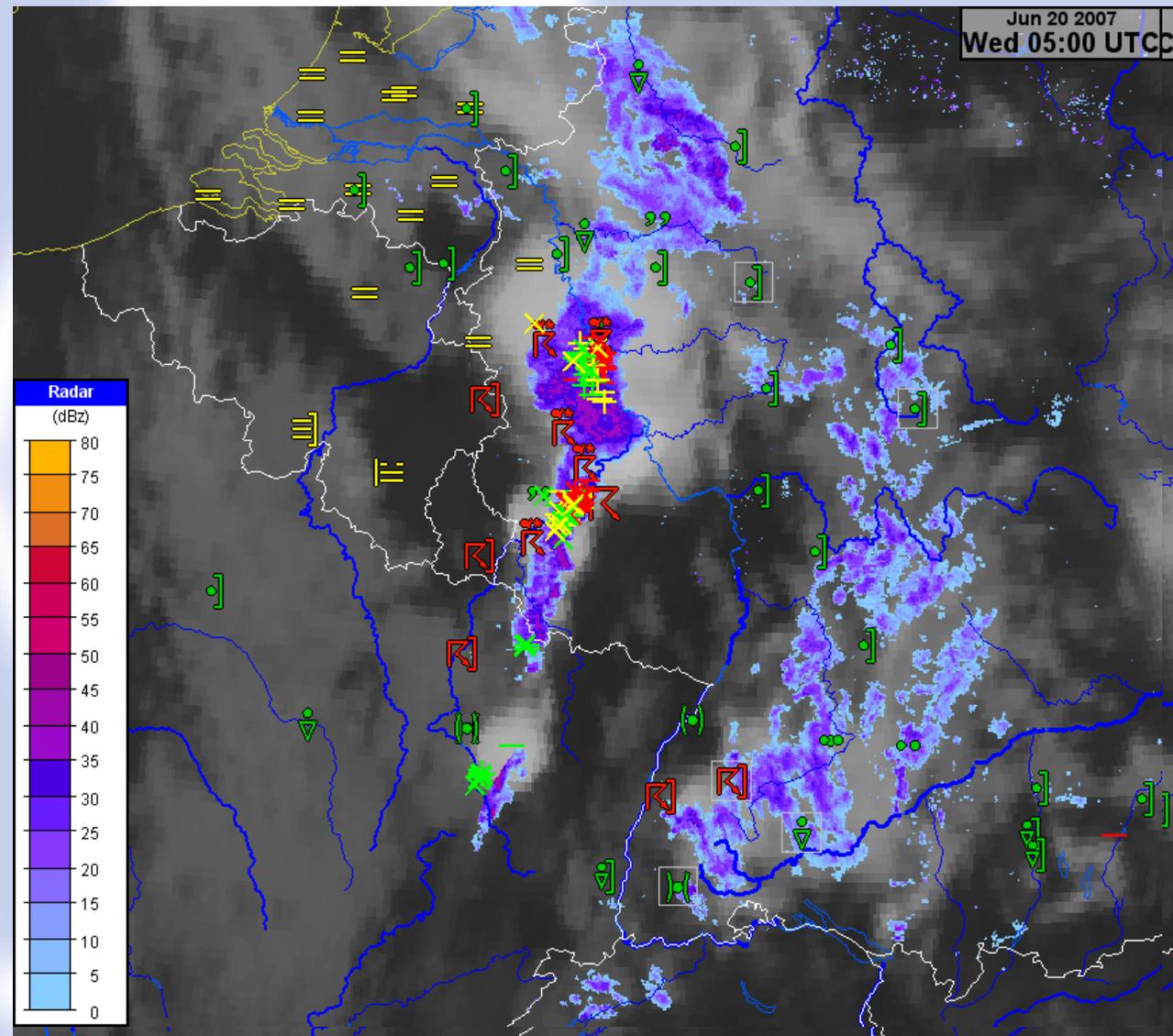


Satellitenbild (IR)

+ Bodenbeobachtung
(Wetter)

+ Blitze

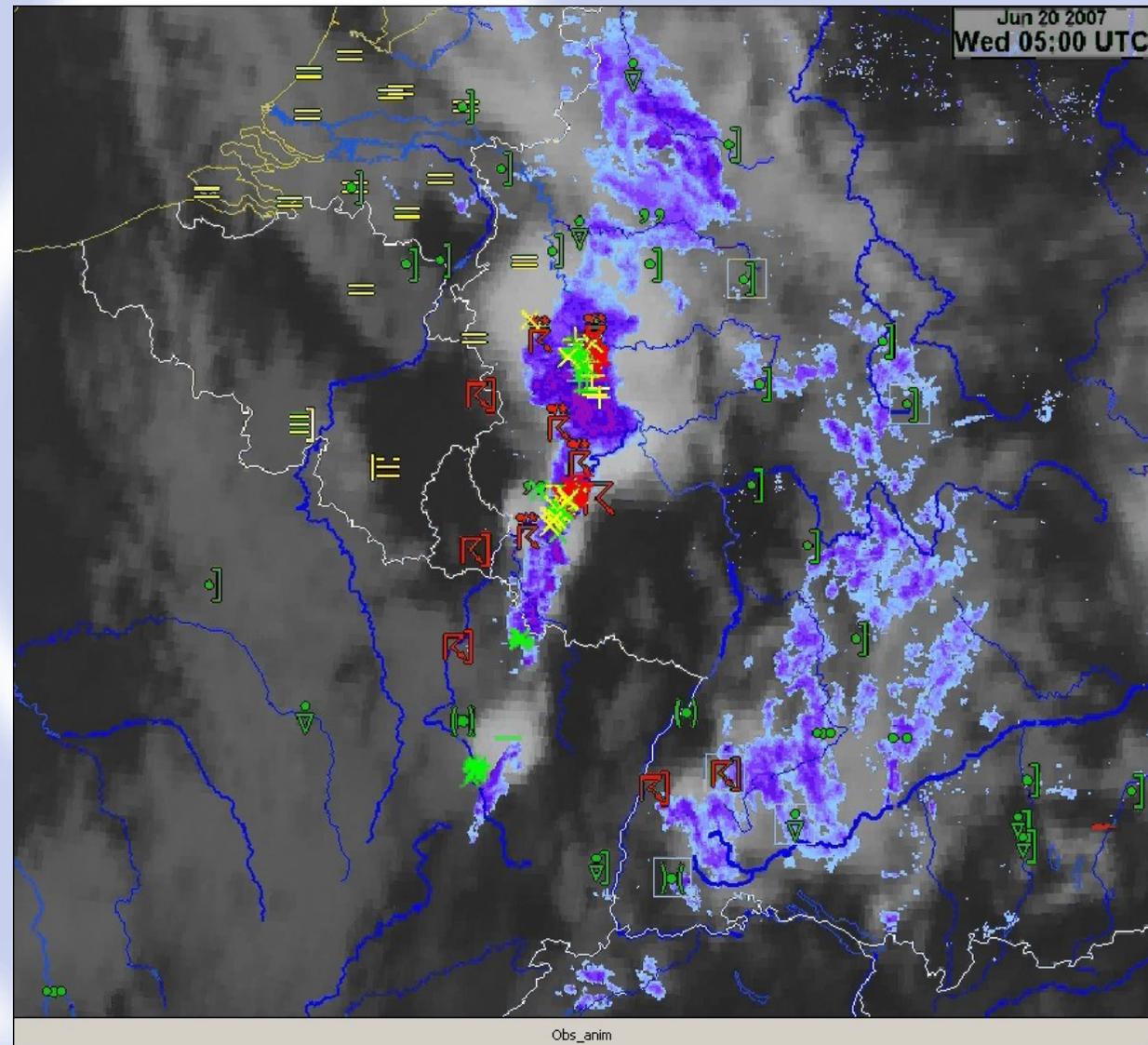
+ Radar



Beobachtungen im Überblick



Fernerkundungsdaten
und
Bodenbeobachtungen



Die Blitzortung



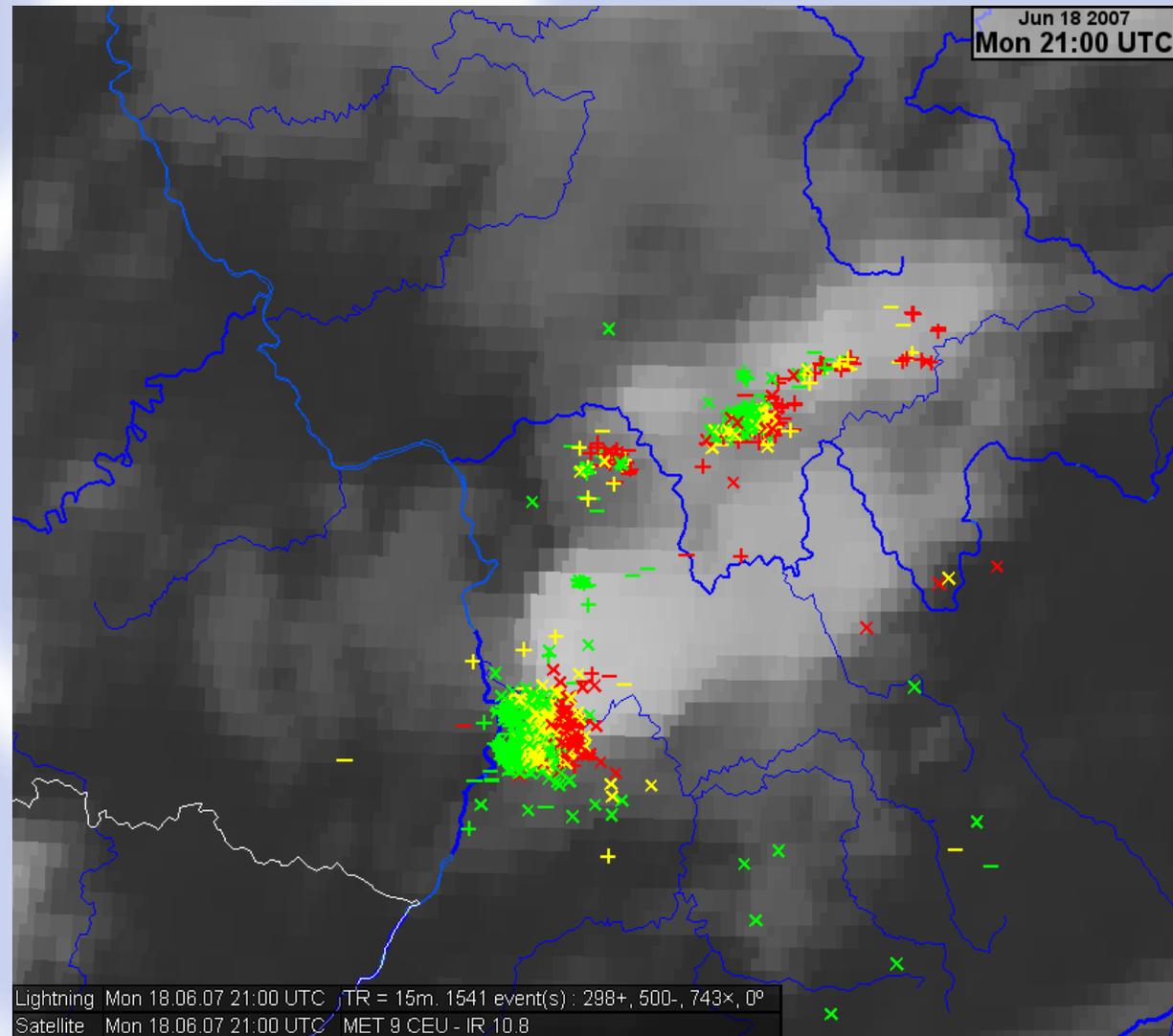
- Blitzortung ist ein wesentlicher Bestandteil des Warnwesens
- Blitze sind gegenüber anderen Fernerkundungsdaten am schnellsten verfügbar
- Der DWD nutzt das System von NCM
 - ▶ Hohe räumliche und zeitliche Auflösung
 - ▶ Wolken-Wolken-Blitze
 - ▶ +/- Wolken-Boden-Blitze
- Weitere Information im Vortag
 - „Peter Oettinger, LMU: Moderne Blitzmessung und Gewittererkennung“

Die Blitzortung



Satellitenbild überlagert
mit Blitzen:

- Integrationszeitraum 15'
- Farbkodierung
 - Rot:aktuell, grün:alt
- +CG,-CG,x:IC



Einschub: Was ist MOS?



■ MOS-Verfahren:

- ▶ multilineare Regressionsgleichungen
- ▶ Abbildung der direkten Vorhersageergebnisse numerischer Wettermodelle ('*Direct Model Output, DMO*') auf einen bestimmten Ort
- ▶ Beobachtungen werden zur Entwicklung der Regressionsgleichungen herangezogen
- ▶ Namenskonvention
 - ▶ **Prediktorand:** Die vorherzusagende Größe
 - ▶ **Prediktoren:** Die Größen, die zur Vorhersage herangezogen werden.
- ▶ Als Prediktoren können sowohl Beobachtungen als auch der DMO verwendet werden
- ▶ Lange, stabile Zeitreihen für Entwicklung nötig

■ Vor- und Nachteile:

- + MOS erlaubt es Größen vorherzusagen, die nicht direkt vom Modell behandelt werden, wie z.B. Sichtweite oder Wetter
- + MOS kann systematische Fehler der Modelle – vor allem in deren Physikformulierung - ausgleichen, jedoch nicht grundsätzliche Fehlvorhersagen (am falschen Ort zur falschen Zeit!)
- Nicht unabhängig von Änderungen der numerischen Vorhersagemodelle
- Kann nur schwerlich extreme Wettersituationen erfassen

Was ist MOS? (2)



■ Typische Standardprediktoren sind

- ▶ Primitive Größen auf Hauptdruckflächen wie 1000, 850, 700, 500 oder 300hPa
 - ▶ Geopotential
 - ▶ Windrichtung
 - ▶ Windgeschwindigkeit
 - ▶ Temperatur
 - ▶ Rel. Feuchte
- ▶ Temperatur in 2m, Wind in 10m
- ▶ Bedeckungsgrade mit tiefen, mittelhohen und hohen Wolken
- ▶ Abgeleitete Größen wie Vorticity in 500hPa
- ▶

■ 2m-Temperatur für den Kreis Freiburg, Höhenstufe 800-1000m, für 15 UTC

- ▶ $TTT = 0.0536 * T_{1000} + 0.093 * FI_{500} + \dots + \text{Constant}$

Vorhersagen auf der Basis der Blitzbeobachtungen: BlitzMOS



Berücksichtigt

- MOS-Standard-Prediktoren
 - Beobachtungen + Vorhersagen
- Trajektorien-Prediktoren (Modellwind)
- Blitzdaten

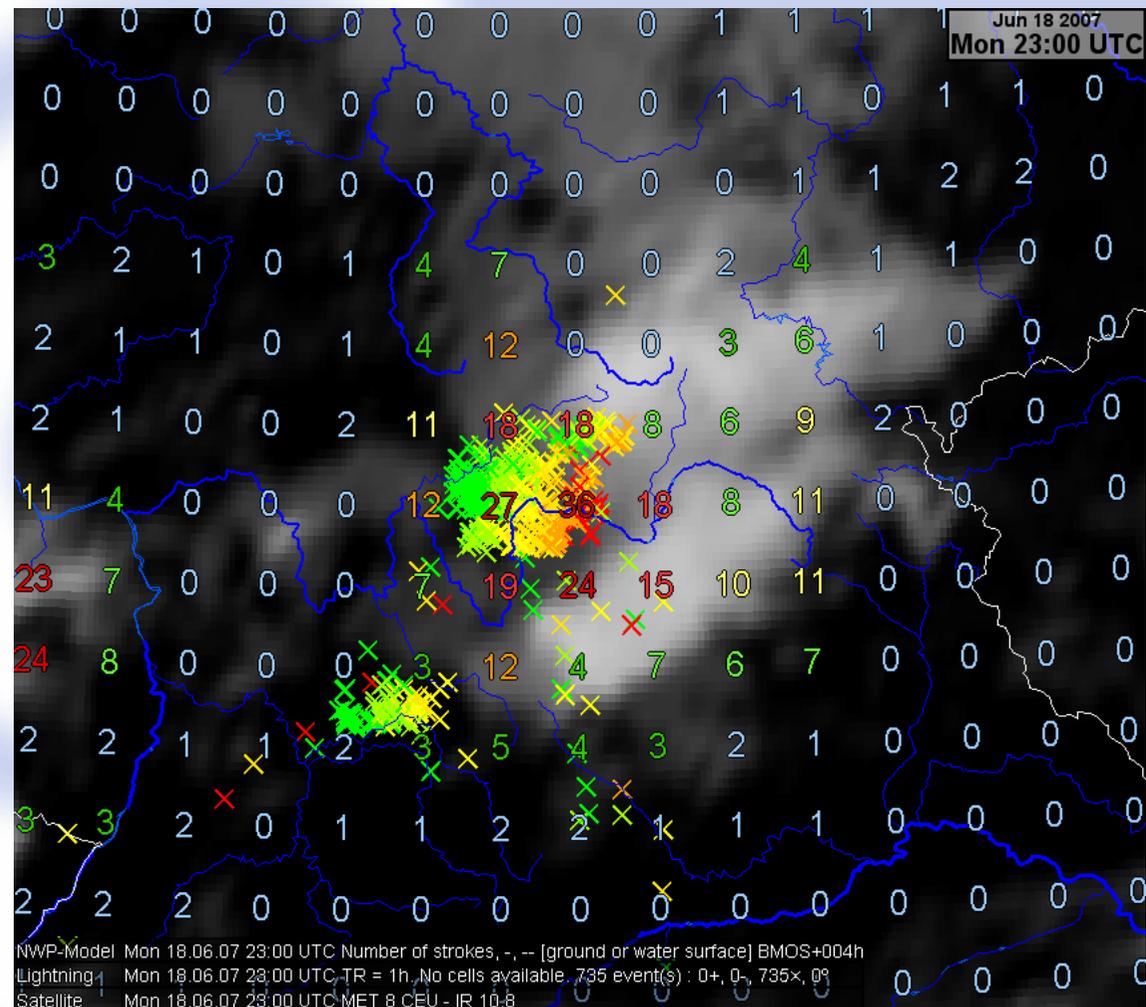
Ausgabe

- Anzahl der Blitze pro Gitterbox
(27x27km) und 15'

- Wahrscheinlichkeiten für

- 1
- 10
- 100 Blitze
- Occasional und Frequent TS

- Neuberechnung alle 4 h
 - für 6h Vorhersagezeit



5 h Vorhersage von BlitzMOS, Anzahl der Blitze

Konvektion in Satellitendaten



■ Nutzung der Satellitendaten aus verschiedenen Spektralbereichen

- ▶ Erstellung von Multispektralbildern als Farb-Composites der verschiedenen Spektralbereiche

■ Komposit "Konvektion"

- ▶ Bessere Interpretation der Wolken durch Vereinigung der Eigenschaften verschiedener Spektralbereiche bei der Überlagerung von 3 Farbbereichen
=> hier bessere Erkennung der Konvektion!

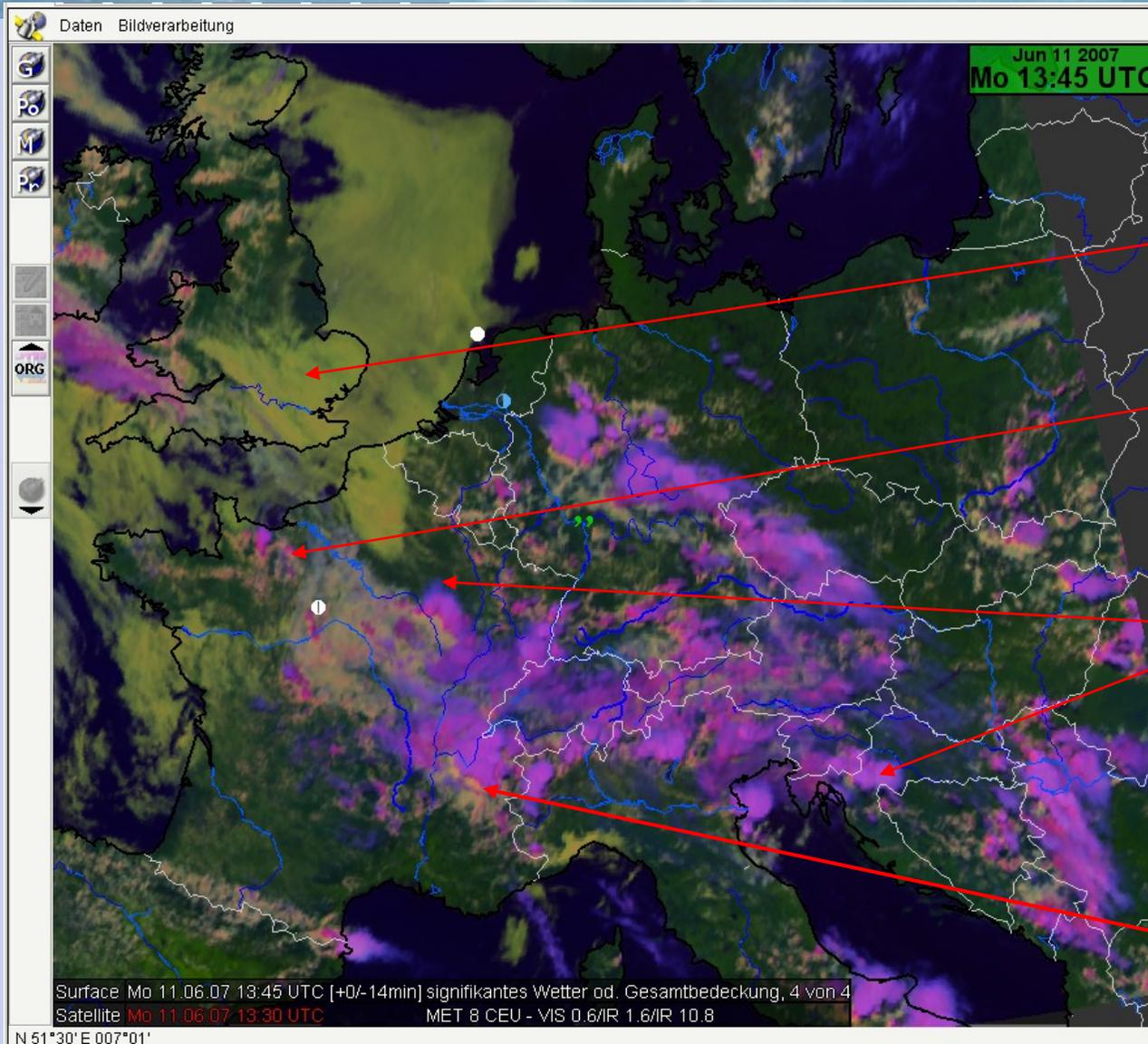
- ▶ 1. Bild 0.6 μm – sichtbarer Bereich (rote Farbkomponente)
- ▶ 2. Bild 1.6 μm – naher Infrarotbereich (grüne Farbkomponente)
- ▶ 3. Bild 10.8 μm – Infrarot: atm. Fenster (blaue Farbkomponente)

- Wo reine Eiswolken (Cirren) existieren (viel Anteil 10.8 μm , da hohe Wolkenobergrenze) ergeben sich blaue Bildbereiche. Tiefe, warme Wolken haben wenig Signal bei 10.8 μm .

- Im nahen Infrarot haben dünne Cirren wenig Strahlungsanteil und Wasserflächen fast null

- ▶ Dagegen hat dieser Bereich im Vergleich zum Sichtbaren bei Land einen deutlich höheren Strahlungsanteil. Folglich ist der Kontrast zum Untergrund besser.

Beispiel: 11.Juni 2007 intensive Gewitterzellen



Interpretation:

Land – dunkelgrün

Wasser - dunkelblau

Tiefe Wolken – hellgrün bis gelblich

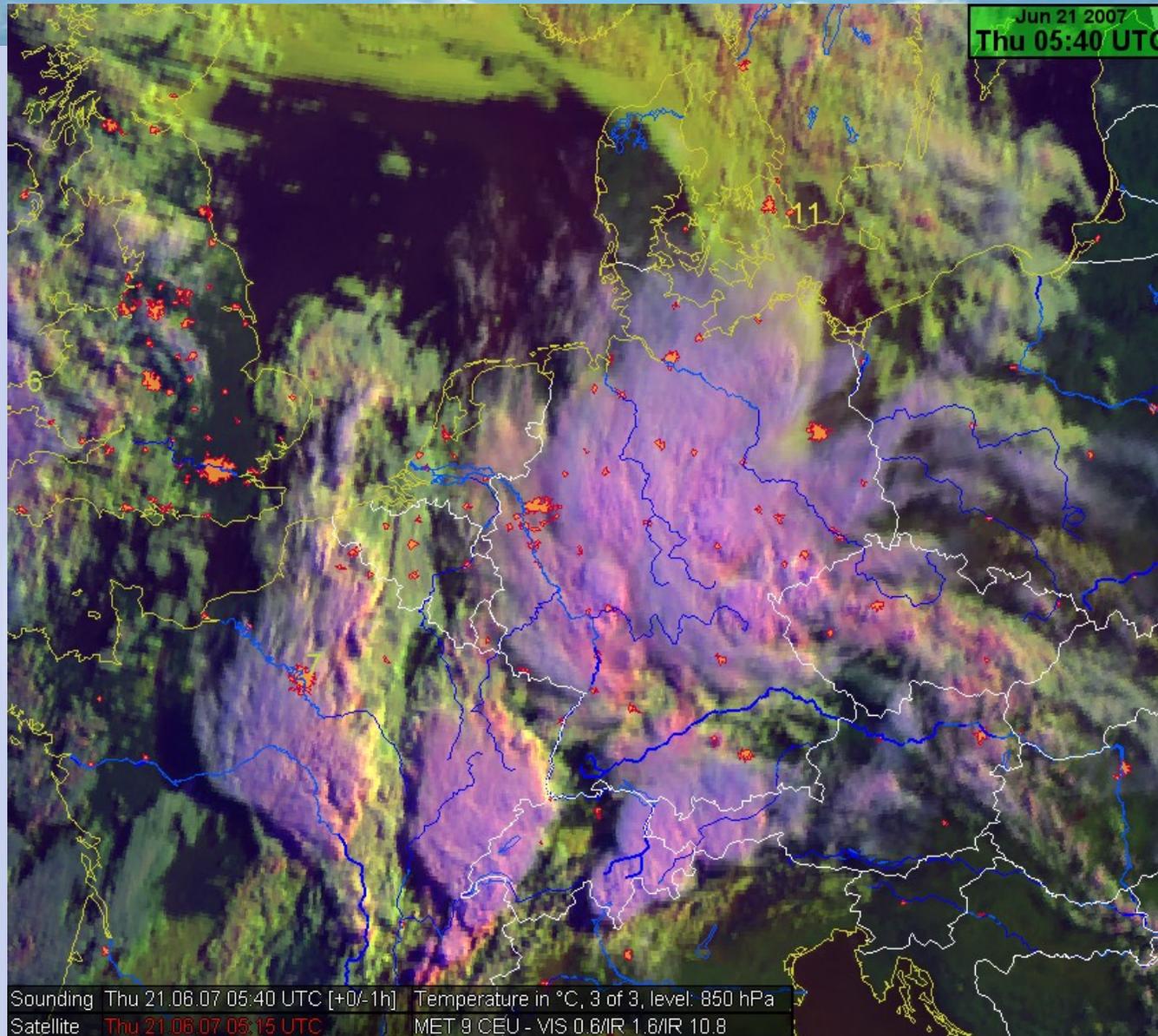
Konvektive Aktivität :

Kleine rot-violette Punkte, die sich bei sehr labiler atm. Schichtung schnell räumlich ausdehnen und Cluster bilden.

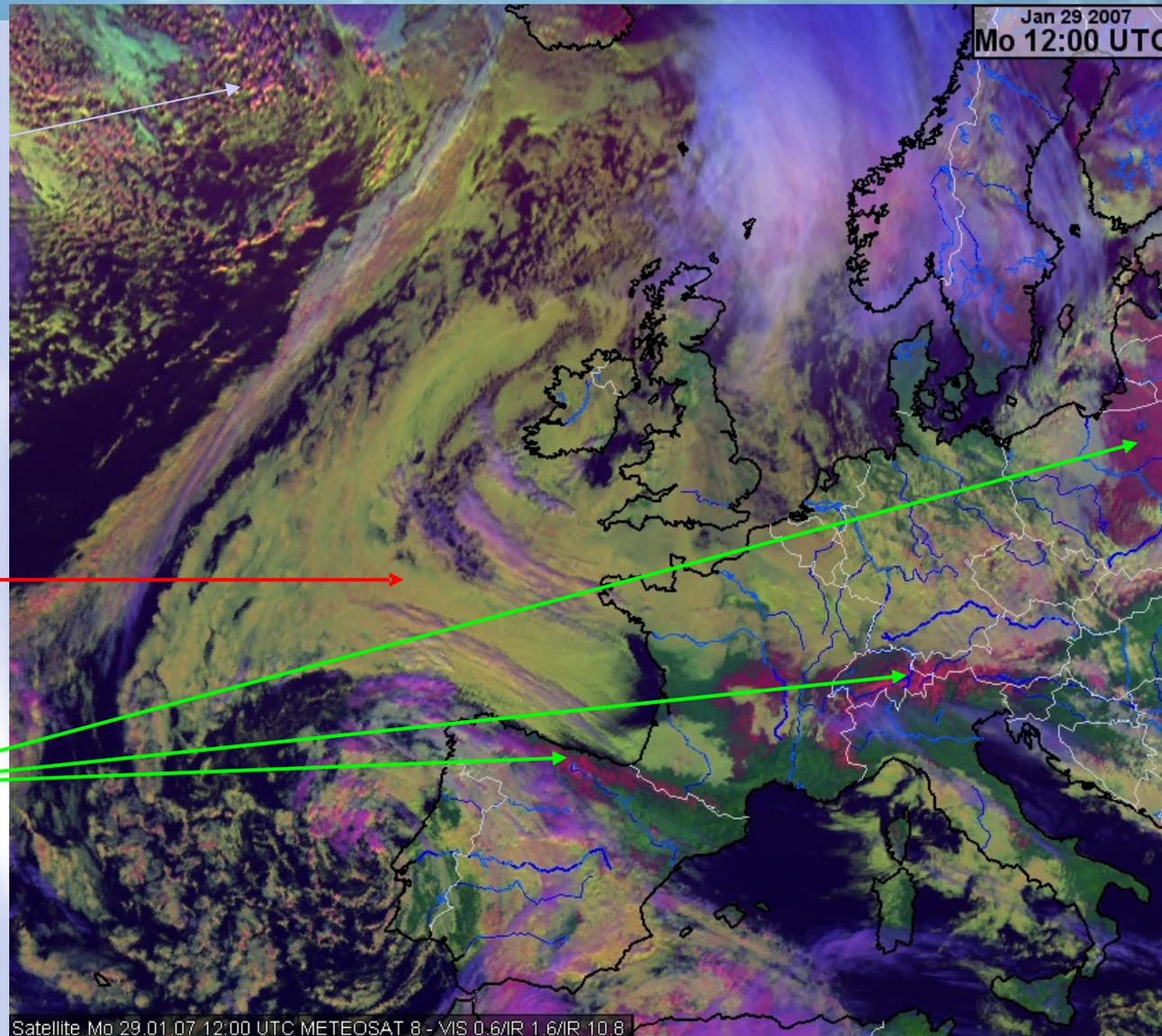
Wenn die Wolken das Cirrus-Niveau erreichen sind sie mit blauer, transparenter Randzone in Windrichtung umgeben.

Die von der Sonne beleuchtete Seite erscheint oft orange, wenn der Eisschirm diese nicht überdeckt.

Beispiel: 21.Juni 2007 intensive Gewitterzellen



Konvektion und Schnee/Eis im Winter



stratiforme
Bewölkung

Schneedecke in
Alpen, Pyrinäen
und z.B. Rußland
(andere Textur
wie Konvektion)

Analyse und Vorhersage von Gewitterzellen mit Nowcasting-SAF-Produkten



Rapid Developing Thunderstorm Product

- Identifikation, Tracking und Monitoring von intensiven konvektiven Systemen
- Entdeckung von sich intensiv entwickelnden Zellen

• Produkterklärung:

Farbiger Rahmen gibt Lebenszyklus der Zelle(n)

- Gelb** nach Ersterkennung
- Rot** System wächst
- Violett** System im Reifestadium
- Blau** System schwächt sich ab

Die **Linienstärke** gibt Auskunft über Temperaturtendenz.
Je stärker die Abkühlung desto dicker die Linie

Der **Linientyp** (durchgezogen/unterbrochen) beschreibt die

Methoden der Klassifizierung :

Durchgezogen – aus Blitzdaten

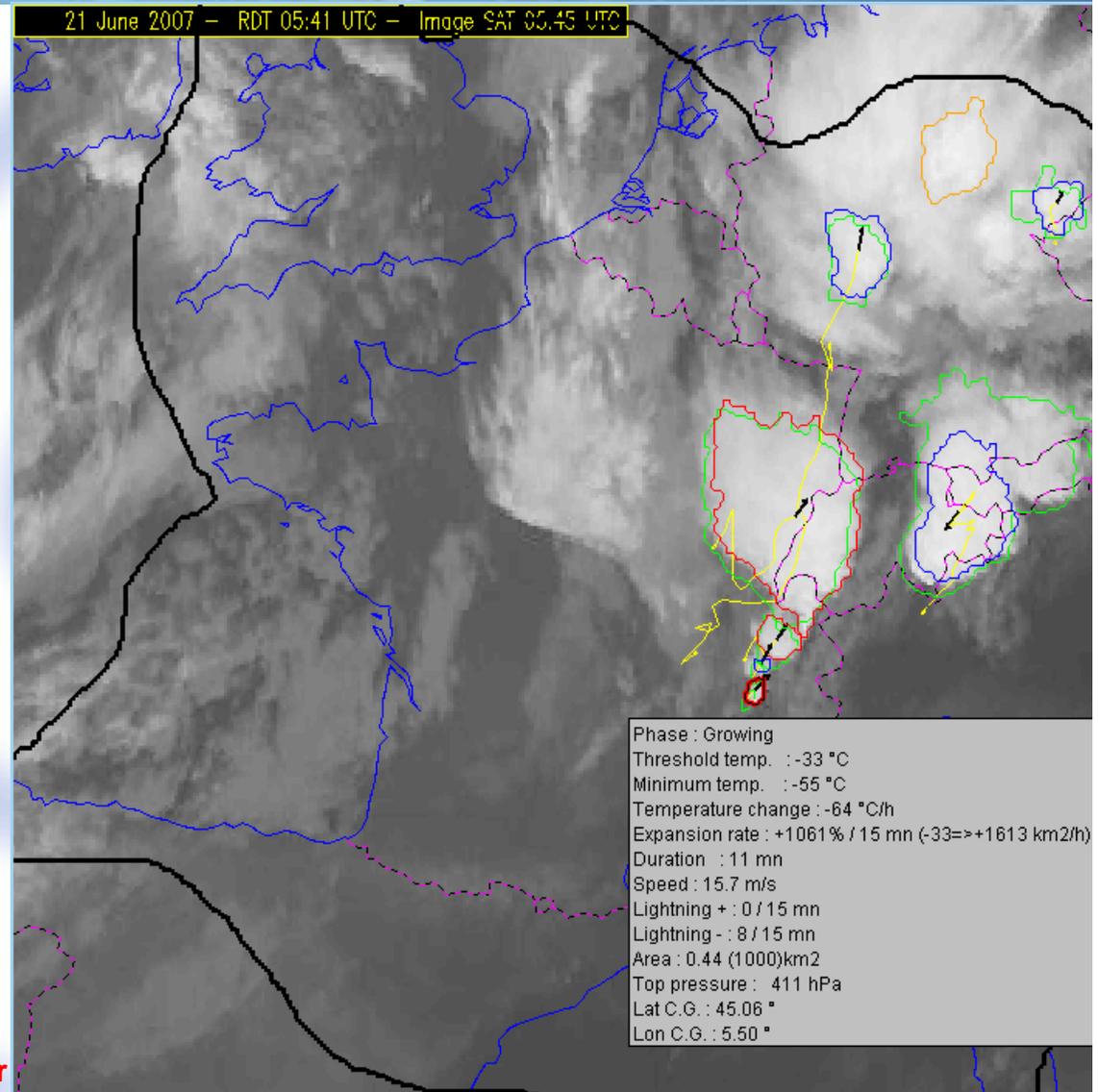
Unterbrochen – nur aus Satellitendaten

Eine **grüne Umrandung** beschreibt **alte Zellen**

Die **gelbe Linie** gibt die **Trajektorie** des Systemschwerpunkts

Ein **schwarzer Pfeil** zeigt die erwartete Verlagerung über die nächste halbe Stunde

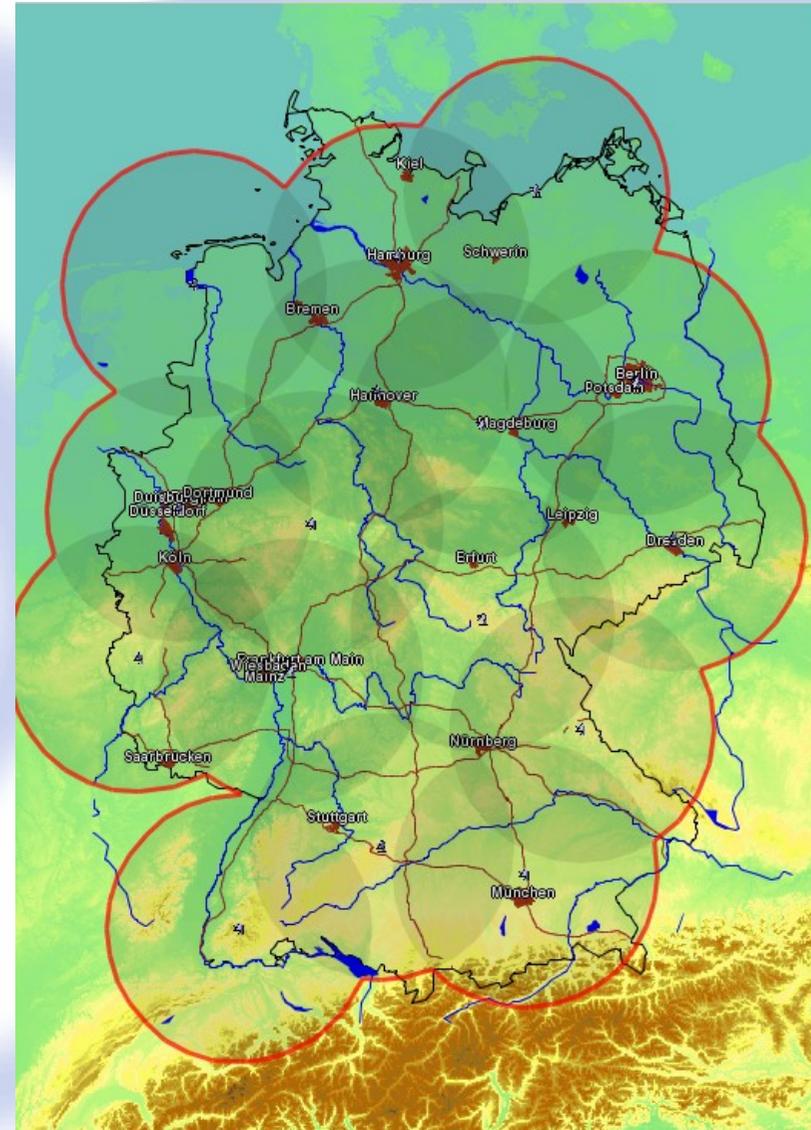
Zur Zeit im DWD noch nicht operationell verfügbar



Radardaten



- Der DWD betreibt einen Radarverbund mit 16 Standorten, die ganz Deutschland überdecken
- Es werden eine Vielzahl von Datensätzen und Produkten bereitgestellt die für die Gewittervorhersage relevant sind:
 - Reflektivitätsdaten
 - Einzelne Radars und Komposits
 - Dopplerdaten
 - Warnpunkte
 - KONRAD -Zellanalyse
- Hierzu eine spezieller Vortrag von **Peter Lang, DWD Hohenpeißenberg: Radarprodukte und Gewitter in der Wetteranalyse**



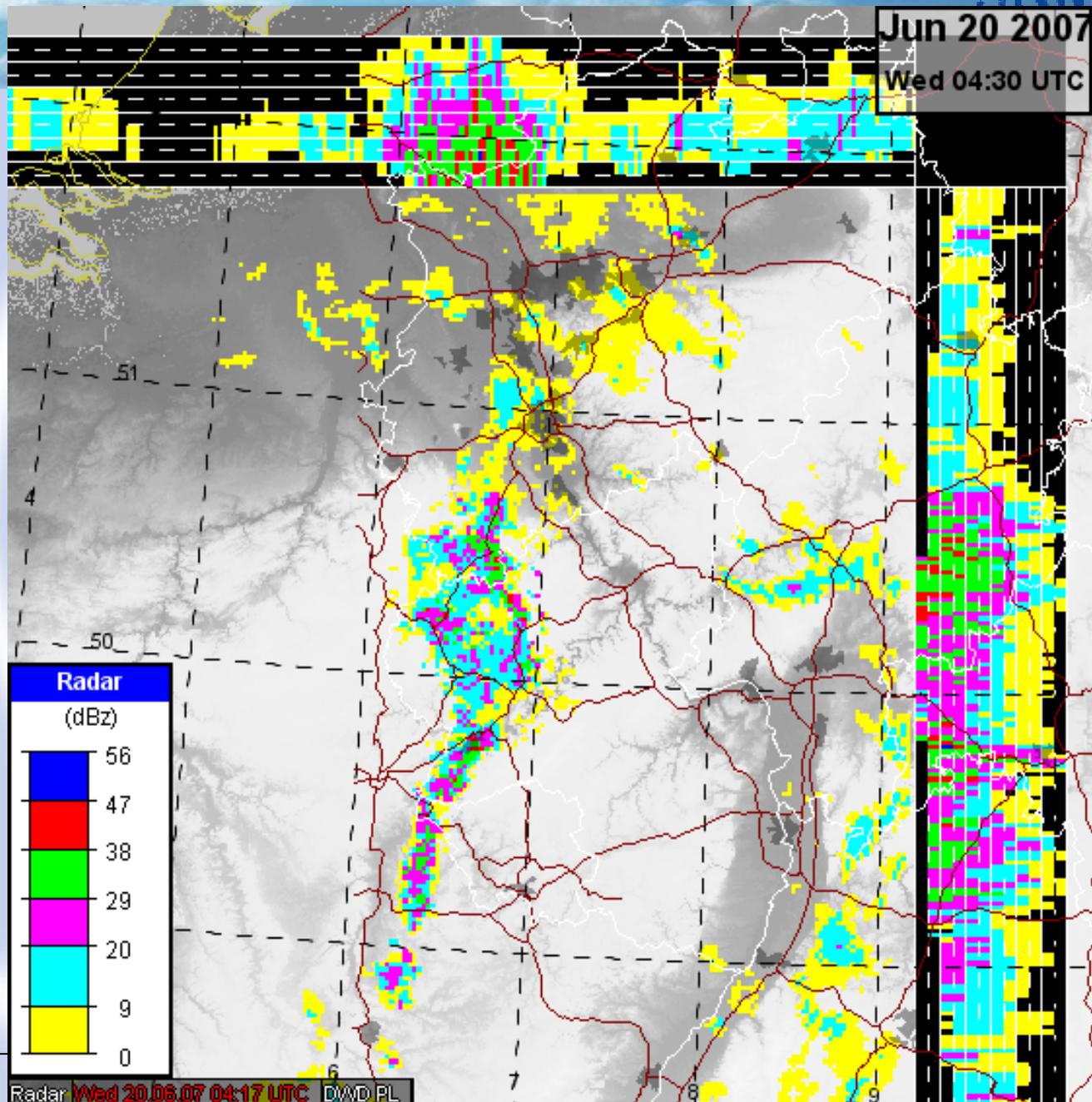
Radardaten



Jun 20 2007
Wed 04:30 UTC

„Precipitation Scan“ mit 1km Auflösung und diagnostizierten Gewitterzellen (KONRAD)

„PL“-Bild eines einzelnen Radars mit Seitenaufrissen



Vorhersagen auf der Basis der Radarbeobachtungen: RadarMOS



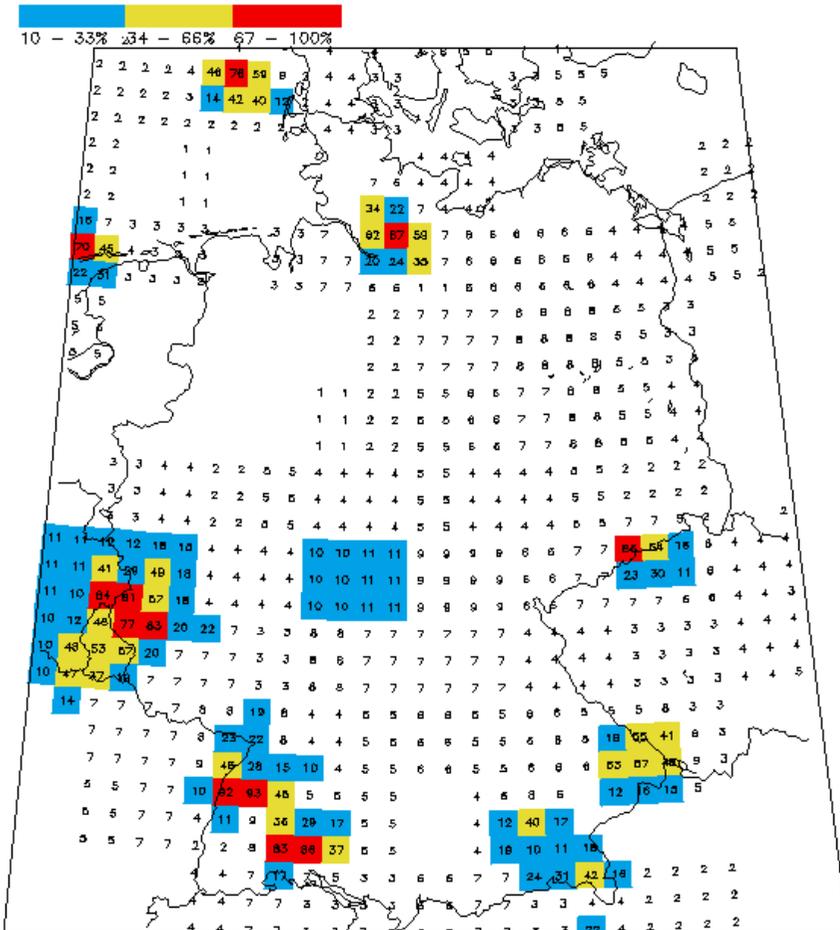
Berücksichtigt

- MOS-Standard-Prediktoren
 - Beobachtungen + Vorhersagen
- Radardaten (2km Komposit)
- TrajektorienPrediktoren(Modellwind)

Ausgabe

- Reflektivitäten für Gridboxen (27x27km) alle 15'
- Wahrscheinlichkeiten für
 - Max R > 0 dBz
 - Max R > 37dBz
 - Max R > 55dBz
- Max. Reflektivität innerhalb 15'
- Mittlere Reflektivität innerhalb 15'
- Alle 4 h für 6h Vorhersagezeit

Valid: 19. JUN 2007 10:15 UTC Run: 19. JUN 2007 09:30 UTC
Predictand: weak echos
Probability of maxR > 0 DBZ within 15 minutes and 27x27 km

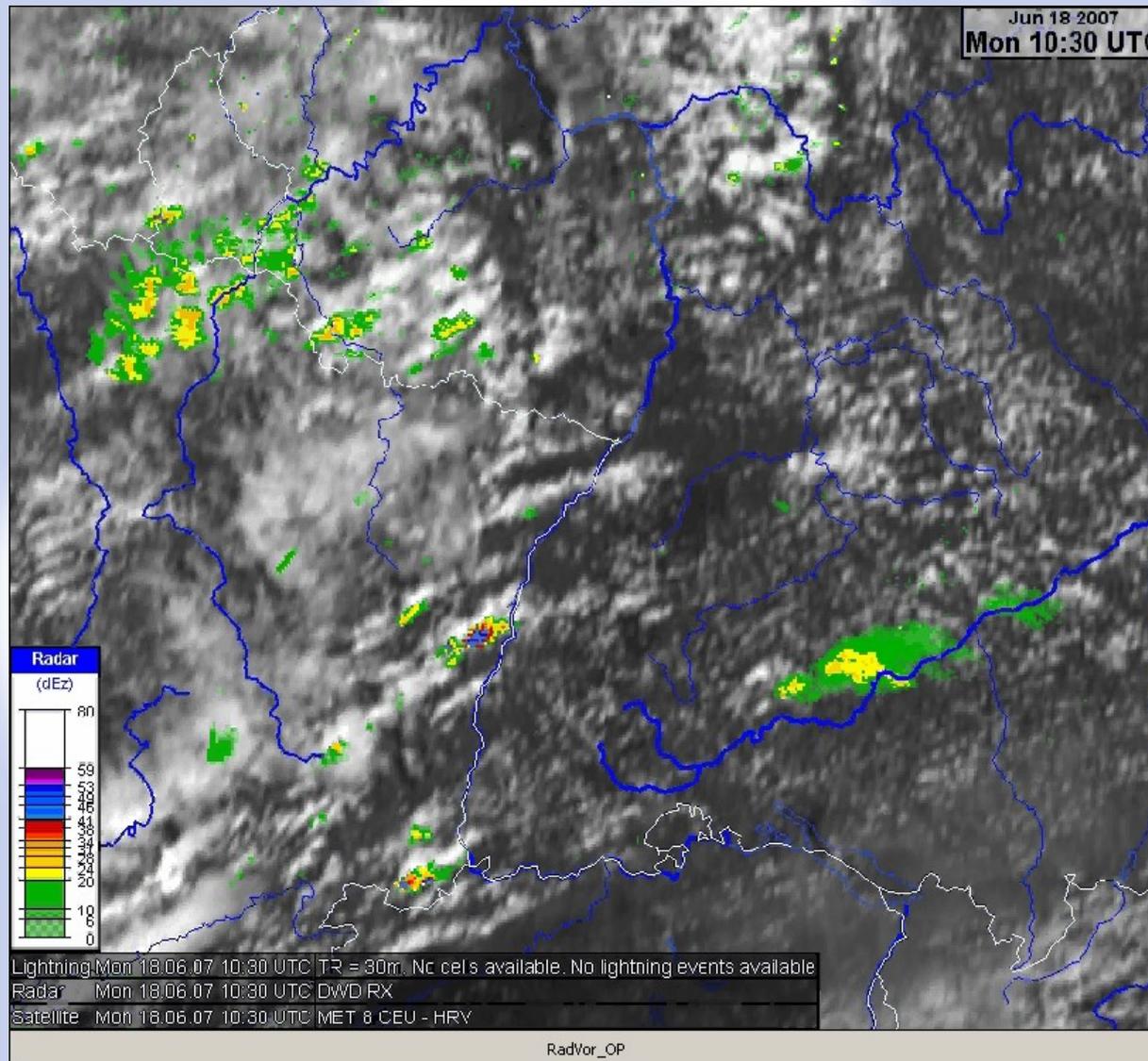


Die Verlagerung von Radardaten RADVOR-OP



- Ableitung von Verlagerungsvektoren aus Radardaten
- Der Verlagerungsvektor ergibt sich durch Verschiebung von Teilbildern
 - ▶ Bestimmung der größten Ähnlichkeit
 - ▶ Ableitung für Kachel bestimmter Größe
 - ▶ 5', 1km Auflösung
- Verlagerung der Bildpixel mit den zeitlich und räumlich geglätteten Verlagerungsvektoren
- Erfasst keine dynamischen Änderungen
- Vorhersage bis zu 2 h

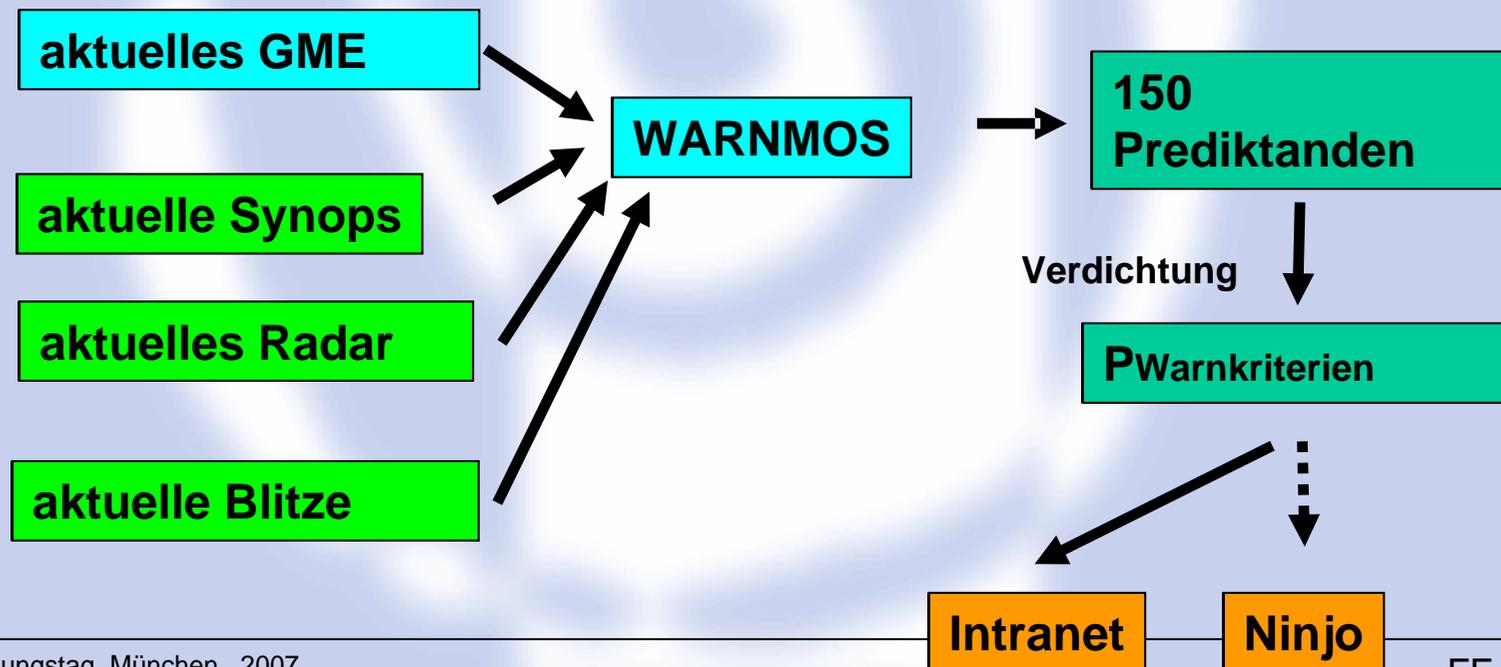
RADVOR-OP



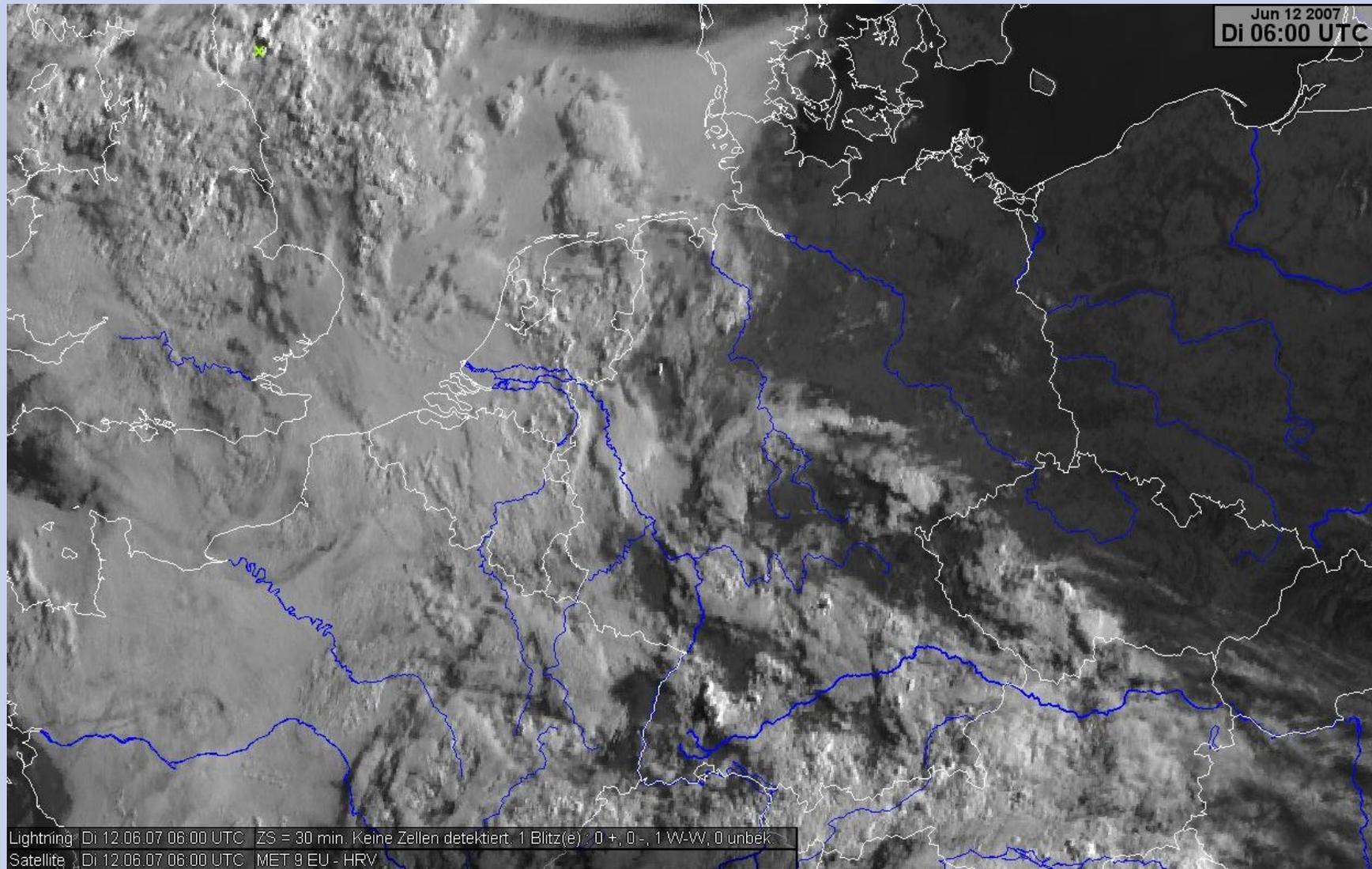
Die Integration verschiedener , MOS-basierter Vorhersageverfahren



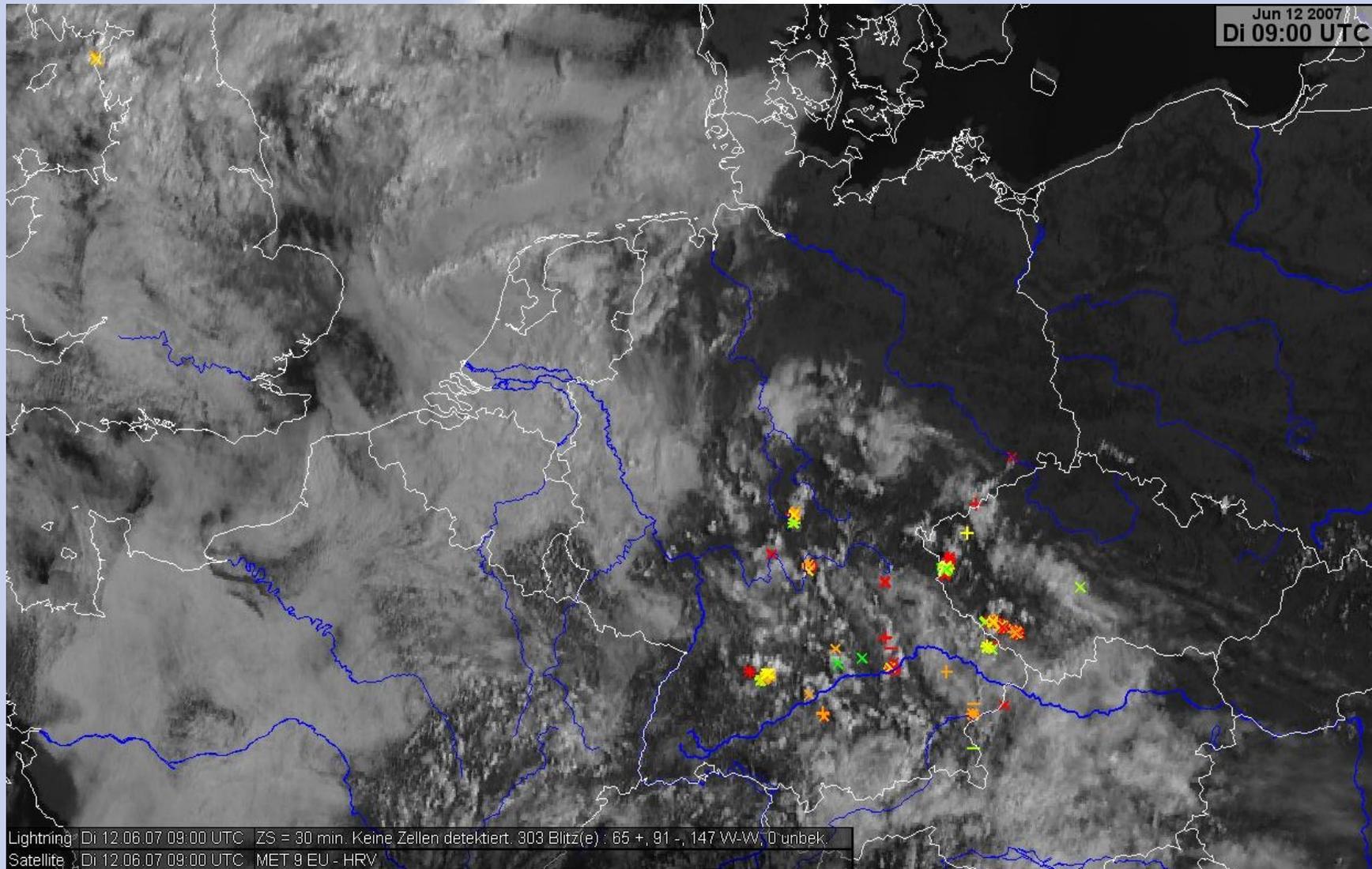
- Einzelverfahren werden zu einer gemeinsamen Warnaussage zusammengefasst
 - ▶ Stationsbasiertes MOS
 - ▶ Punktbeobachtungen
 - ▶ Modellvorhersagen
 - ▶ WarnMOS nutzt die Ergebnisse anderer MOS-Verfahren als Prediktoren
 - ▶ BlitzMOS
 - ▶ RadarMOS



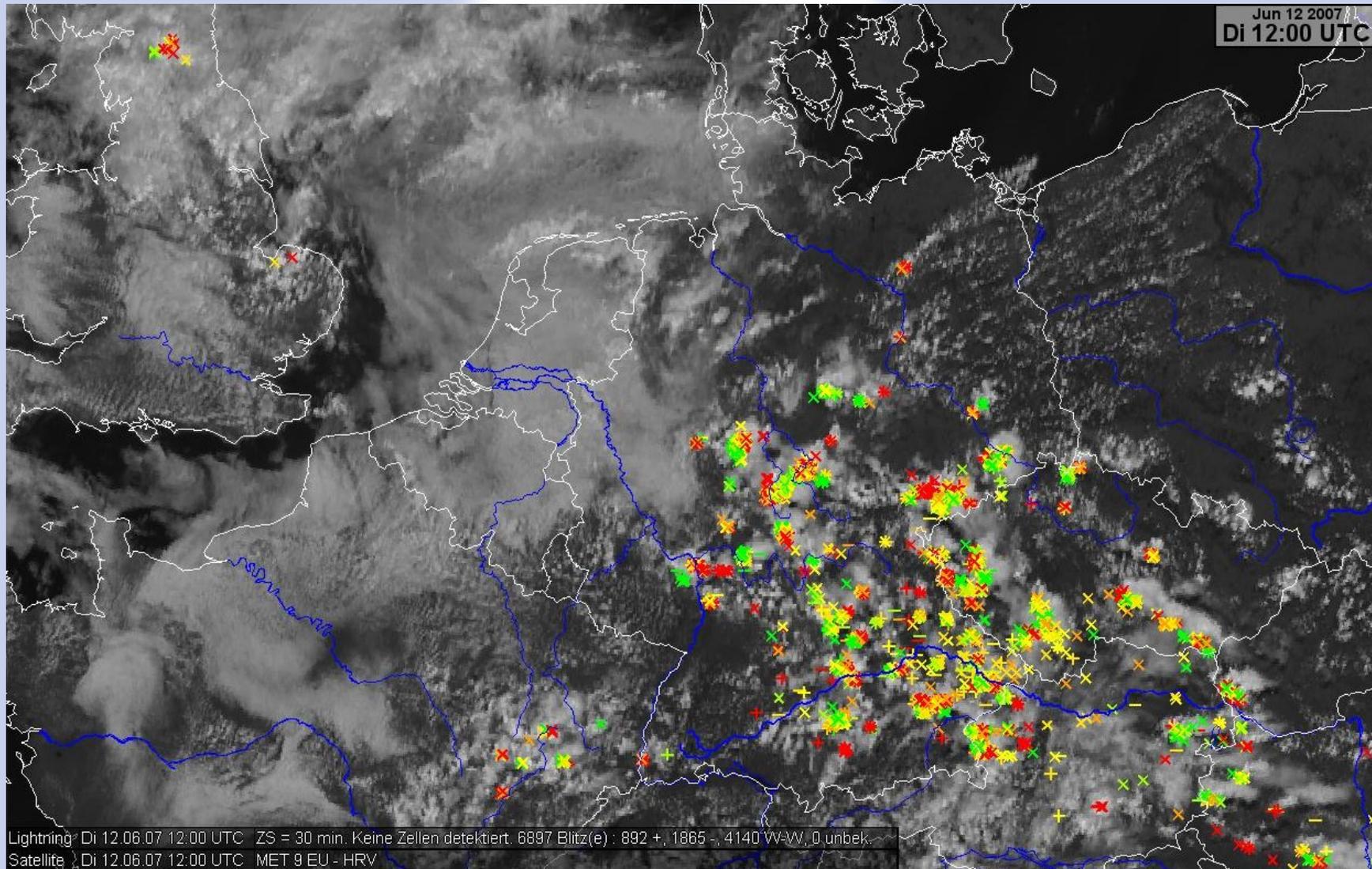
WARNMOS-Vorhersagen Fallbeispiel: 12.06.2007 06UTC



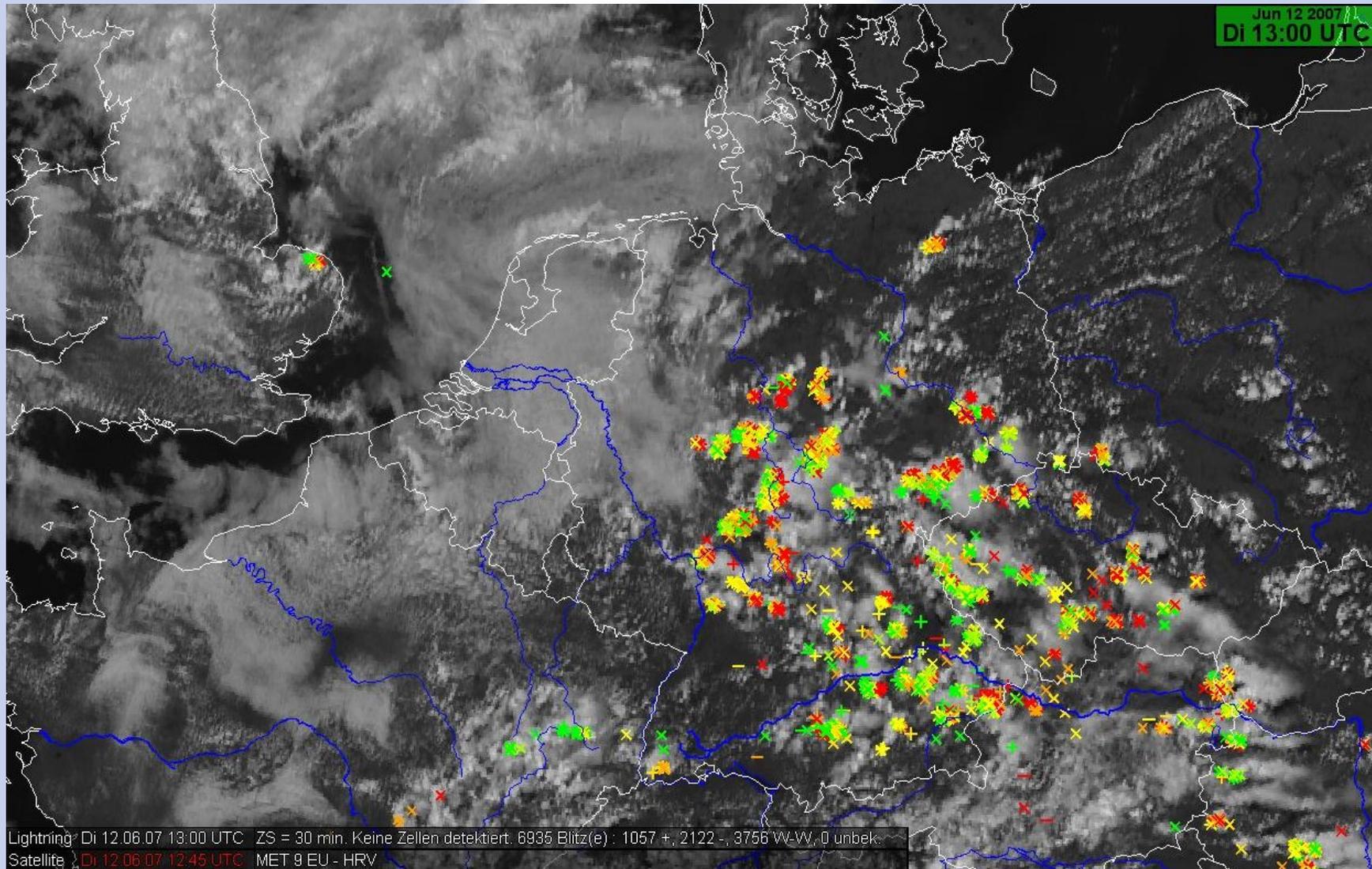
WARNMOS-Vorhersagen Fallbeispiel: 12.06.2007 09UTC



WARNMOS-Vorhersagen Fallbeispiel: 12.06.2007 12UTC

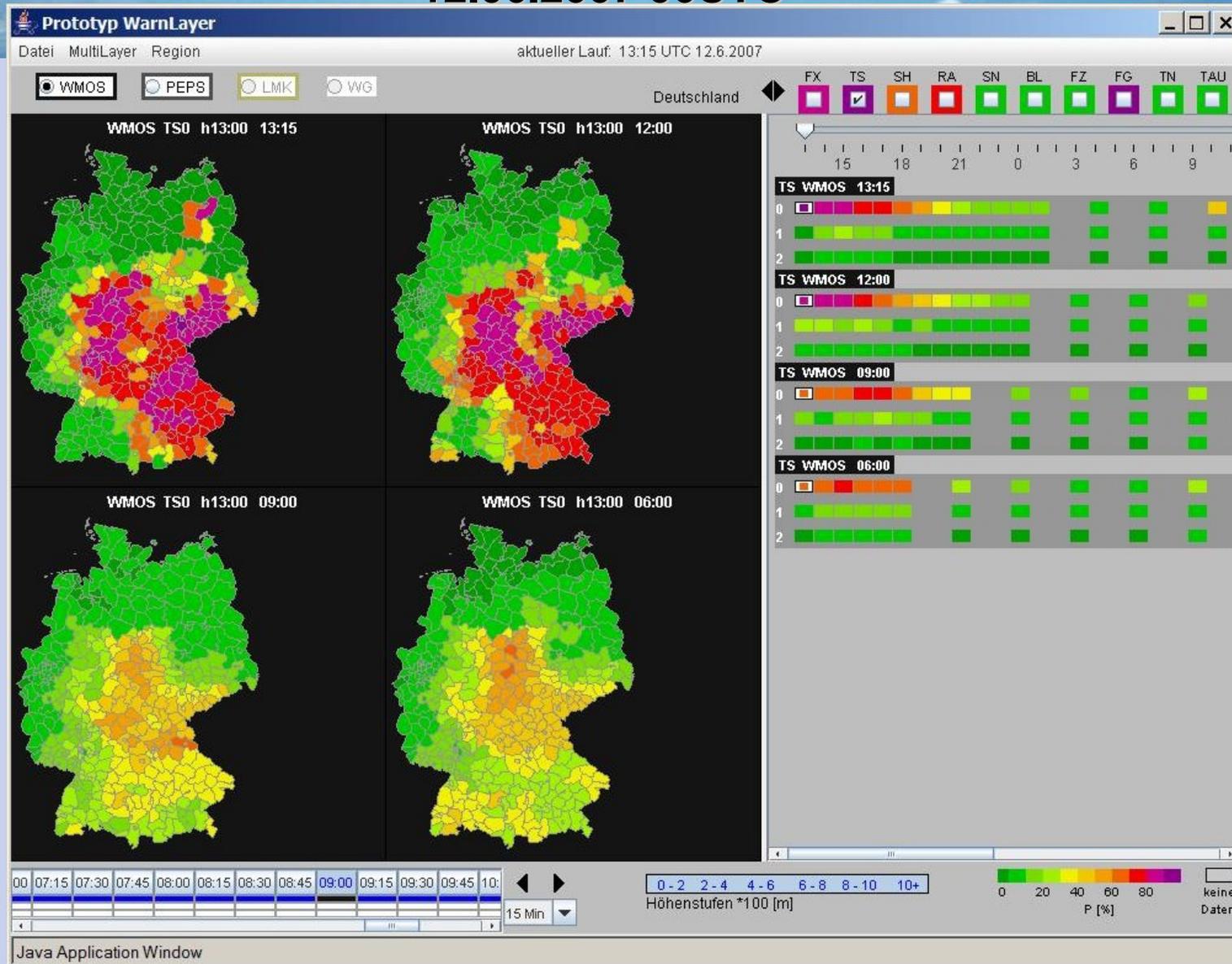


WARNMOS-Vorhersagen Fallbeispiel: 12.06.2007 12:45UTC



WARNMOS-Vorhersagen: Fallbeispiel

12.06.2007 06UTC



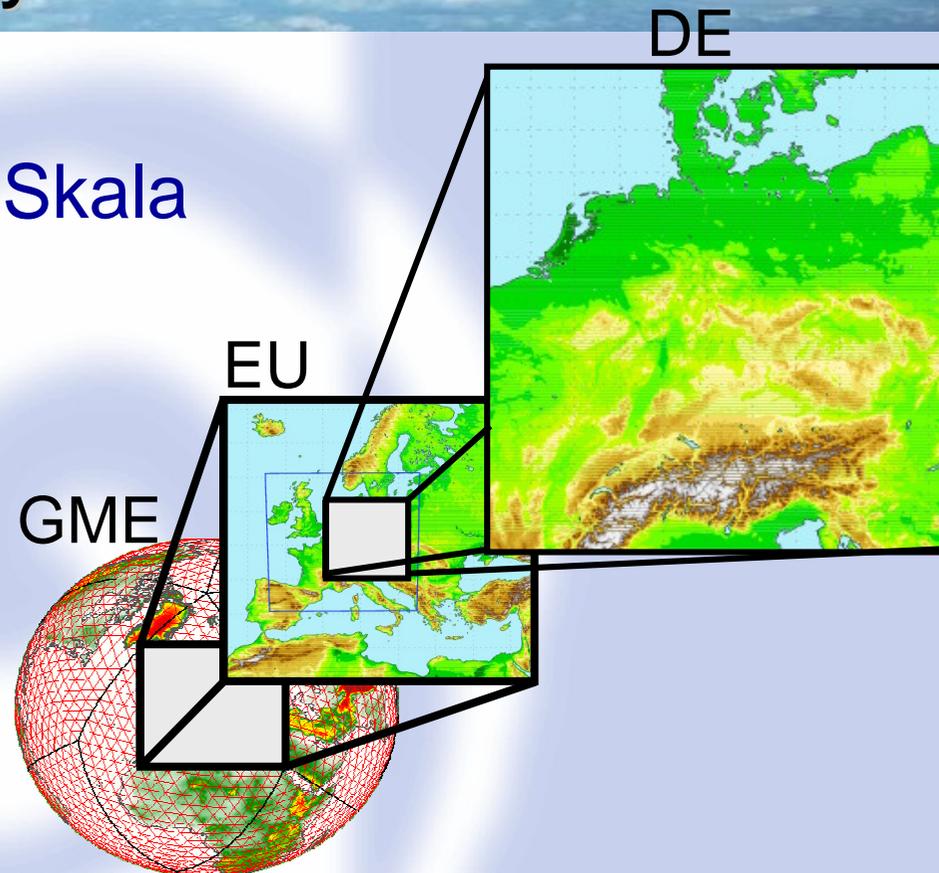
Die Entwicklung der vorhergesagten Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit vom MOS-Modell-Lauf

Modellbasierte Vorhersagen

Das Modell-System des DWD



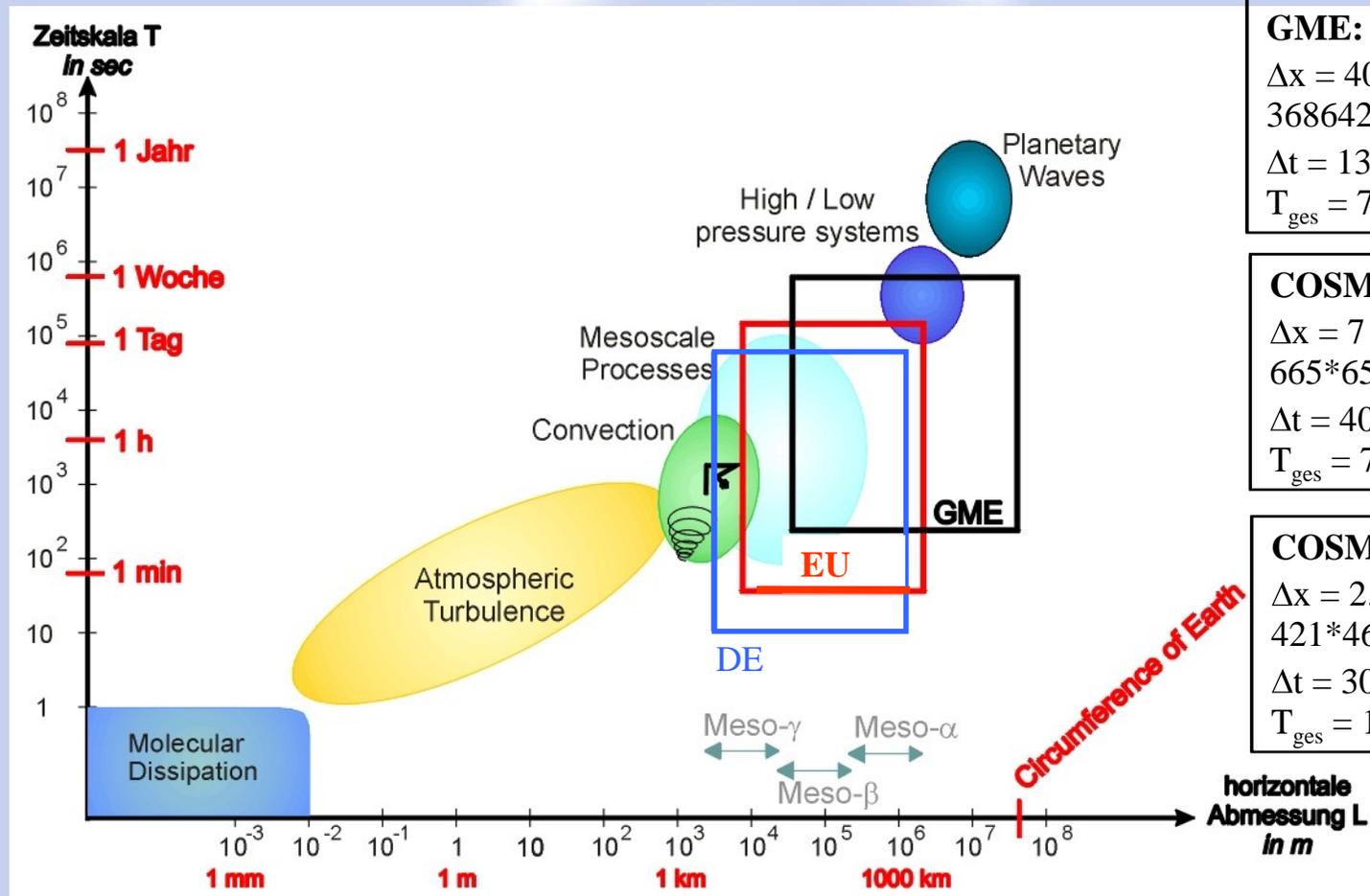
- Lokale Vorhersage, konvektionsauflösende Skala
 - ▶ COSMO-DE
- Regionale Vorhersage
 - ▶ COSMO-EU
- Globale-Vorhersage
 - ▶ GME
 - ▶ Zukünftig
 - ▶ ICON
 - ▶ Zusammenführung Regionaler und Globaler Modelle (Synergien)



Die Einordnung der DWD-Modelle bzgl. Raum- und Zeitskalen



Längen und Zeitskalen der Atmosphäre und des NWV Systems des DWD



GME:
 $\Delta x = 40$ km
 368642 * 40 grid points
 $\Delta t = 133$ sec.
 $T_{ges} = 7$ days

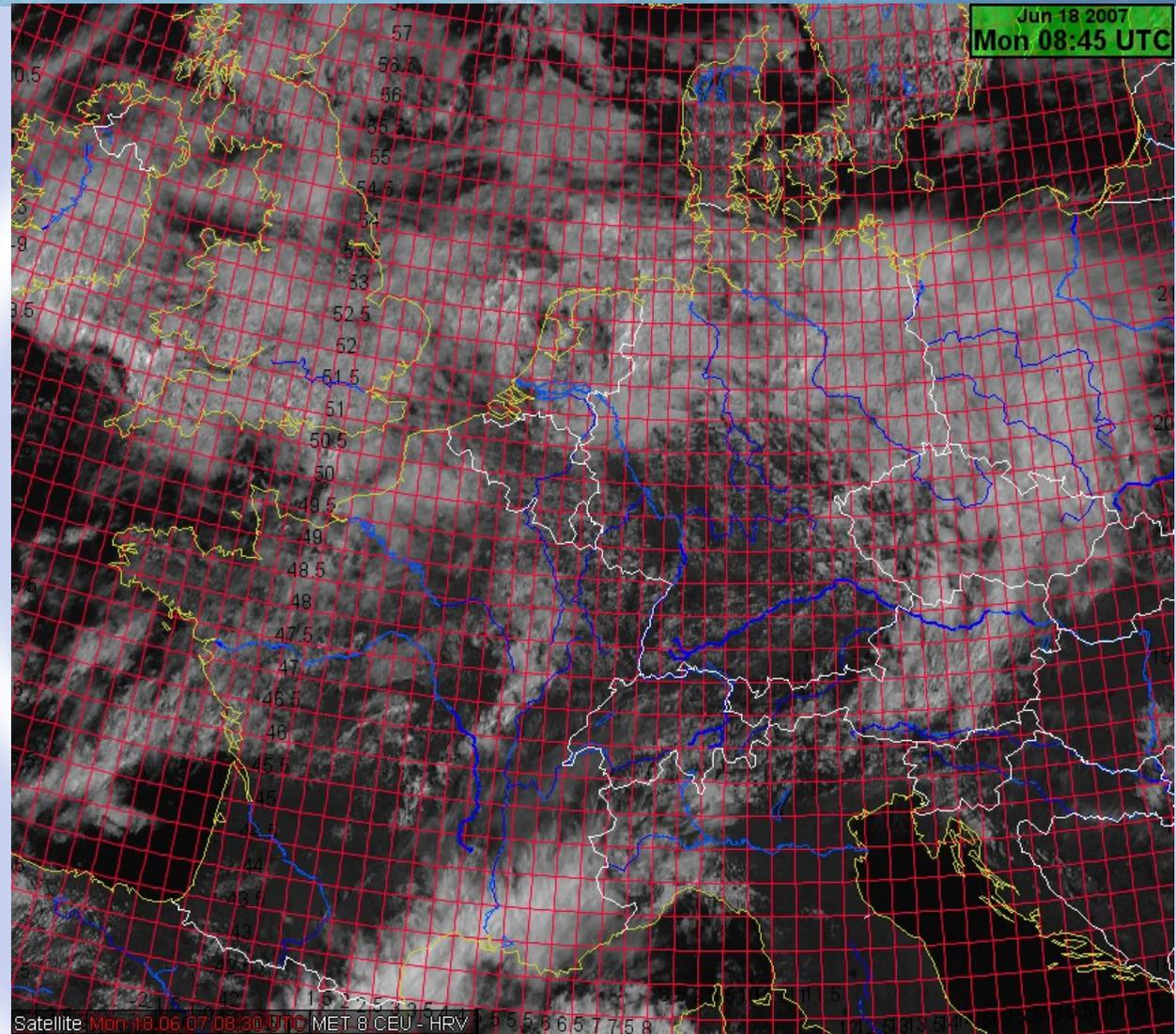
COSMO-EU:
 $\Delta x = 7$ km
 665*657 * 40 grid points
 $\Delta t = 40$ sec.
 $T_{ges} = 78$ hours

COSMO-DE:
 $\Delta x = 2.8$ km
 421*461 * 50 grid points
 $\Delta t = 30$ sec.
 $T_{ges} = 18$ hours

Das Problem der Darstellung von Konvektionswolken in Modellen



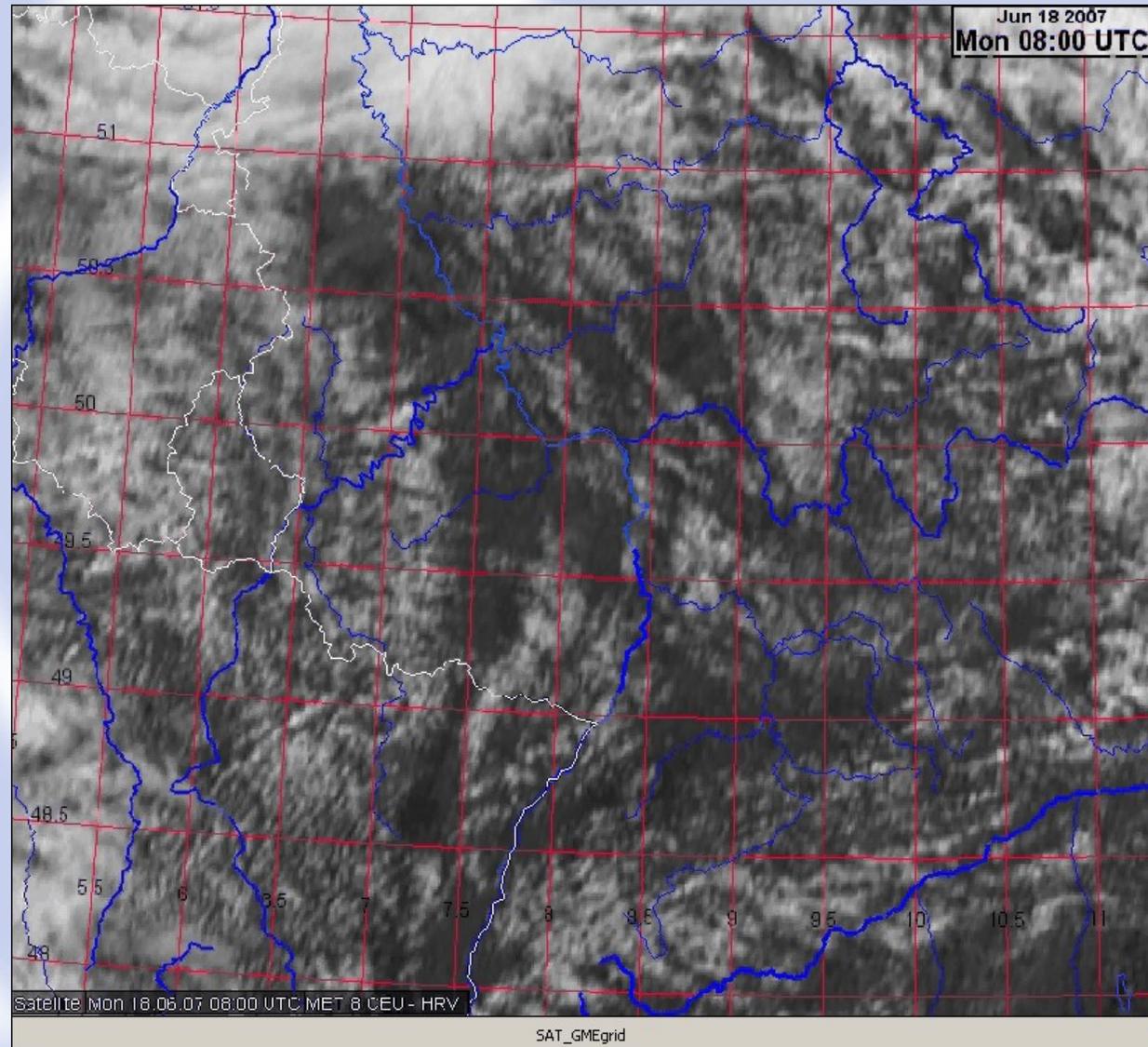
Gitter (in rot) des globalen Modells mit 0.5° Horizontalauflösung und Satellitenbild



Das Problem der Darstellung von Konvektionswolken in Modellen (2)



Gitter (in rot) des globalen Modells mit 0.5° Horizontalauflösung und Satellitenbild

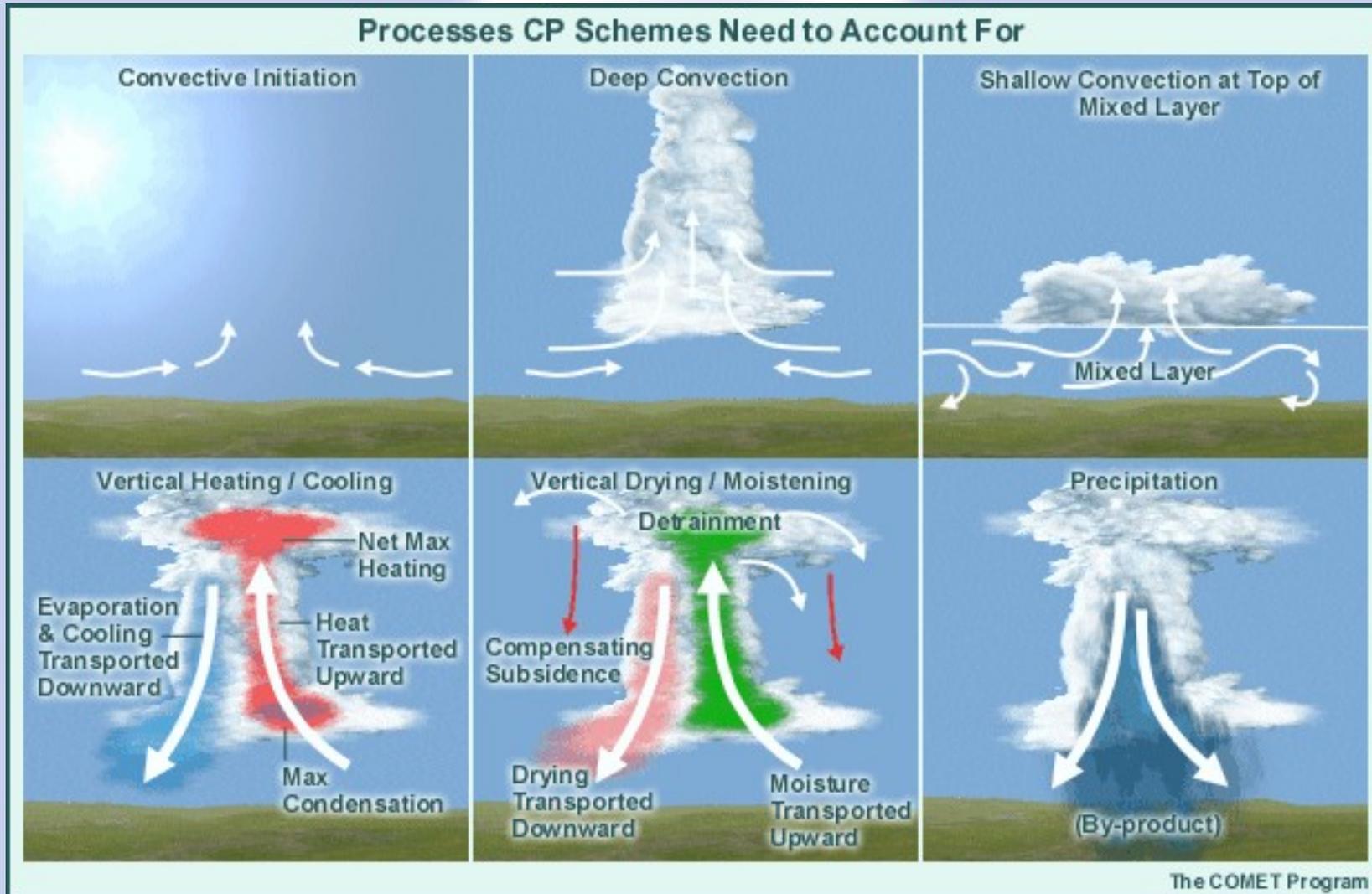


Das Problem der Darstellung von Konvektionswolken in Modellen (3)



- Konvektion baut in der Atmosphäre Labilität ab
 - ▶ Über die Umverteilung von Wärme und Feuchte
- Globale und Regional Modelle können Konvektion nicht auflösen
 - ▶ Konvektion muss parametrisiert werden
 - ▶ Parametrisierung bedeutet physikalische Prozesse implizit zu behandeln, wenn man es explizit nicht kann
 - ▶ Emulation anstatt Simulation
 - ▶ Sonst entsteht „Konvektion“ auf der falschen räumlichen und zeitlichen Skala mit falschen Mitteln

Konvektionsparametrisierungen müssen viele Prozesse behandeln!



Was beeinflusst die Niederschlagserzeugung



Daten-Assimilation

Modell-Dynamik und Struktur

Winde, Vertikalbewegung,
Feuchte, Stabilität

Niederschlags- und Konvektionsschemata
bestimmen auf der Basis der großräumigen
Bedingungen Ort, Zeit und Menge des Niederschlags

Das Lokal-Modell COSMO-DE des DWD



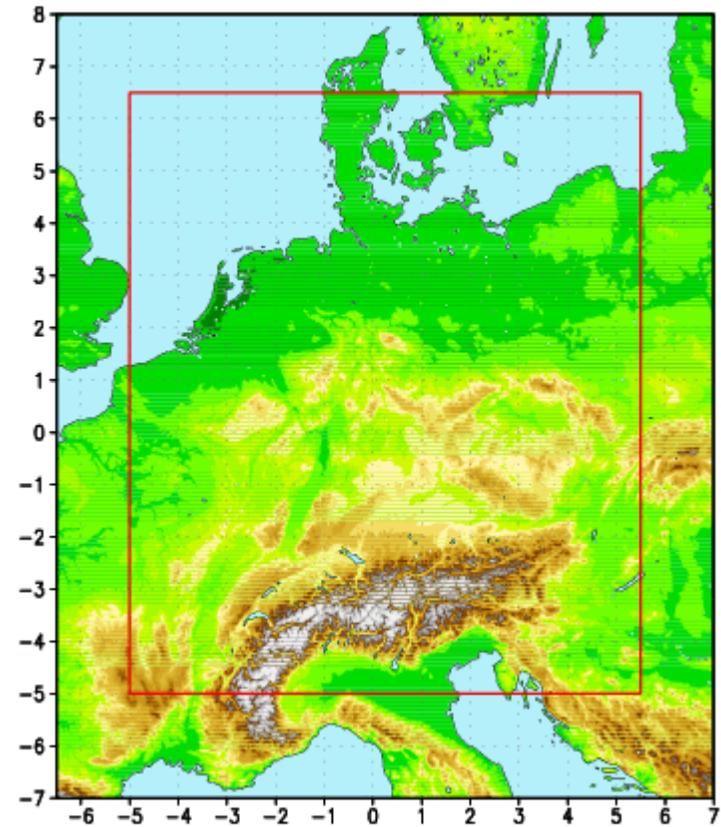
- Modellbasiertes NWW-System
 - ▶ für Kurzzeitvorhersagen (2-18 h)
 - ▶ auf der meso- γ -Skala, speziell zur Vorhersage von gefährlichen Wetterereignissen hochreichender Feuchtkonvektion

- Ziele ist die Erfassung und Vorhersage von
 - ▶ Super- und Multizellengewittern, squall-lines, ...
 - ▶ Wechselwirkungen mit kleinskaliger Topographie (starke Hangabwinde, Föhnstürme, Sturzfluten, Nebel, ...)

COSMO-DE - Konfiguration



- Gittermaschenweite: $\Delta x = 2.8 \text{ km}$
 - direkte Simulation der Grobstrukturanteile hochreichender Konvektion
 - Wechselwirkung mit feinskaliger Topographie
- 421 x 461 x 50 Gitterpunkte, $\sim 1200 * 1300 * 22 \text{ km}^3$
unterste Schicht in 10 m über Grund
- Gebietsmitte: $10^\circ \text{ E}, 50^\circ \text{ N}$
- Vorhersagedauer: 21 h
- 8 Vorhersagen pro Tag (0, 3, 6, ..., 21 UTC)
(Lagged Average Forecast-Ensemble)
- Randwerte von COSMO-EU ($\Delta x = 7 \text{ km}$)



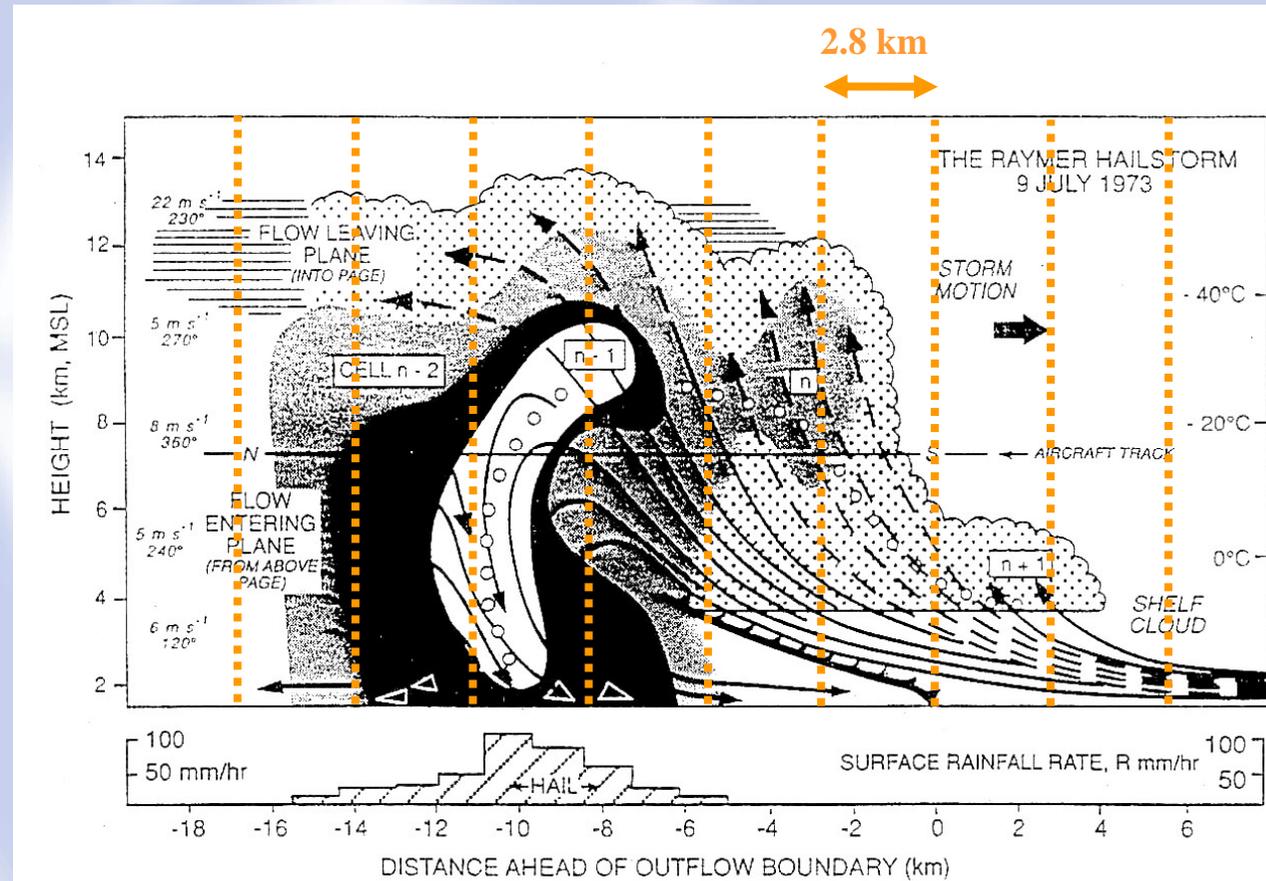
COSMO-DE :
Prä-operationell seit 14.08.2006
Operationell seit 16.04.2007

Räumliche Skalen der Feuchtkonvektion im Vergleich mit COSMO-DE



Hochreichende Feuchtkonvektion

Schematisches Modell ('Raymer Hailstorm')



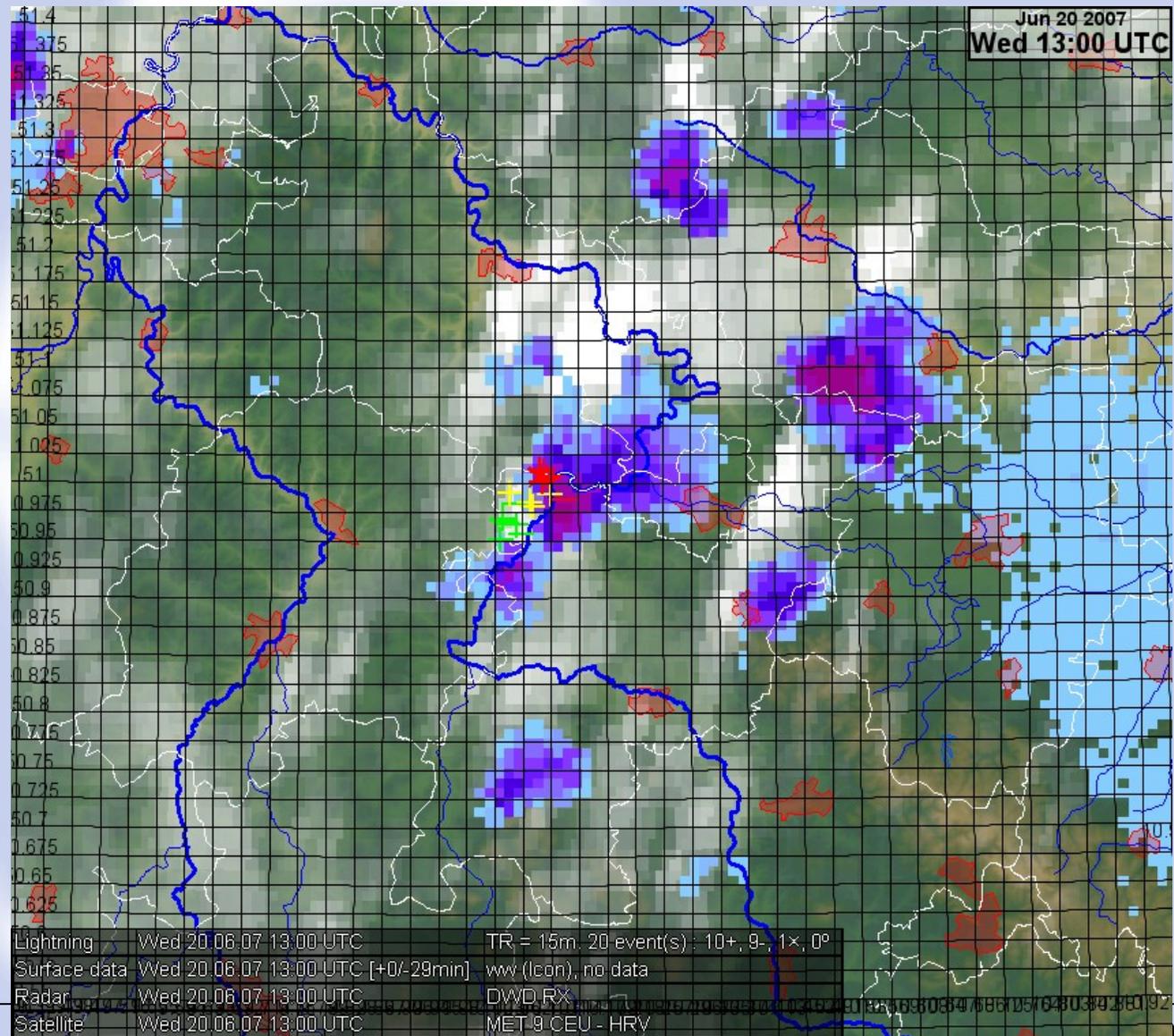
aus: R. A. Houze, Jr.: Cloud Dynamics
International Geophysics Series Vol. 53

COSMO-EU/DE-Gitter und reales Wetter



Gitter **COSMO-EU**
(7km) mit Satelliten-,
Radar und Blitzdaten

Gitter **COSMO-DE**
(2,8km) mit Satelliten-,
Radar und Blitzdaten

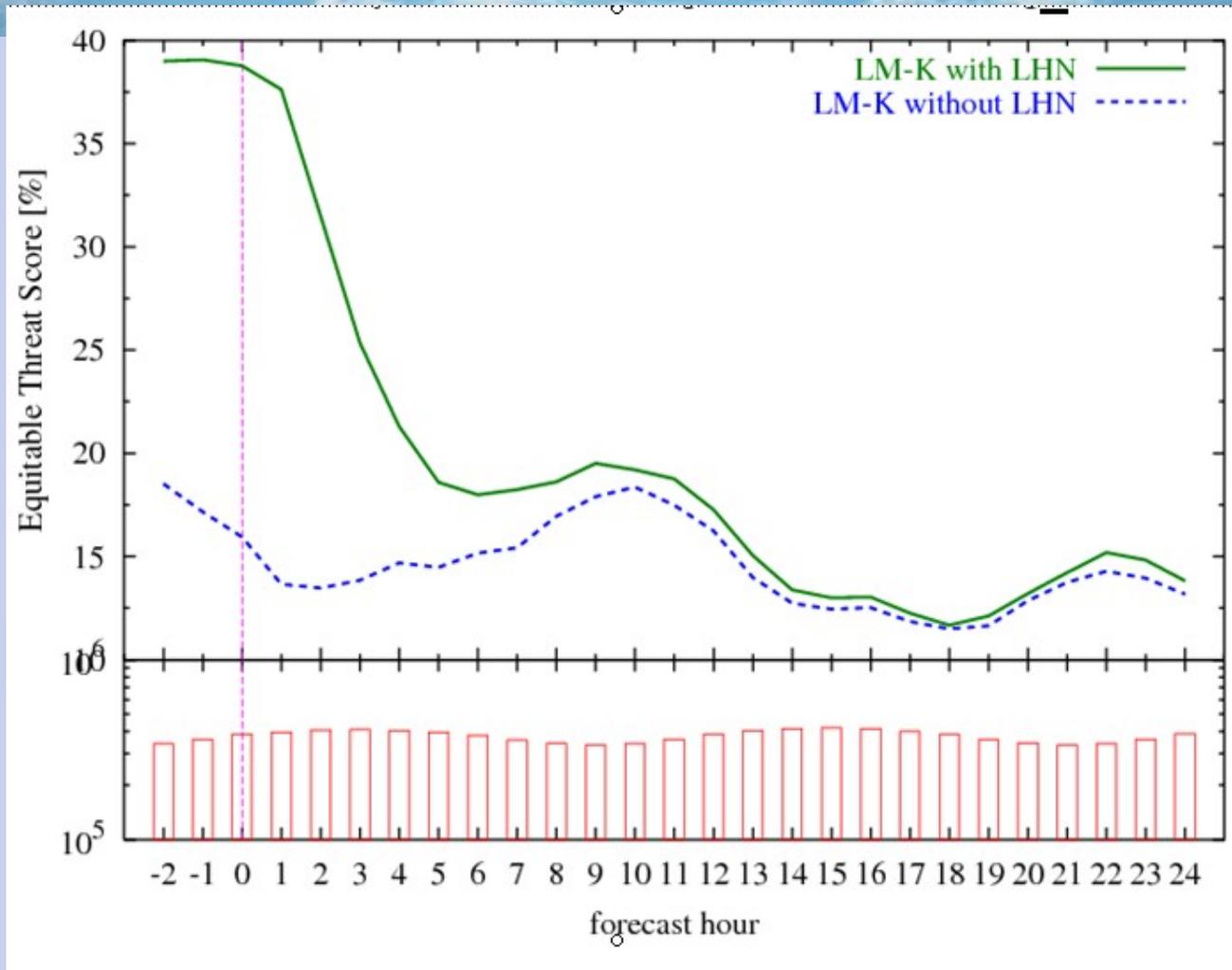


Der Anfangszustand für ein konvektionsauflösendes Modell



- **Benötigt wird Information auf der meso- γ -Skala**
- **Beobachtungen:** aus Radardaten abgeleitete Niederschlagsraten in Bodennähe
- **Problem:** indirekte Beobachtungen
 - ▶ das Analyse-Schema (Nudging) benötigt Informationen über prognostische Variablen: T, q, u, \dots
- **Gesucht:** Relation Niederschlagsrate Modellvariable
 - ▶ Annahme: Proportionalität zwischen vertikal integrierter freiwerdender latenter Wärme und Niederschlagsrate in einer einzelnen Säule
 - ▶ Skalierung des vom Modell simulierten Profils der latenten Heizrate
 - ▶ $\Delta T_{LHN} = (RR_{ana}/RR_{mod} - 1) * \Delta T_{LHmod}$

Verifikation der Niederschläge



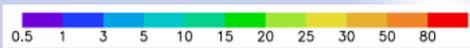
Equitable threat score für stündlichen Niederschlag (Schwellwert: 0.1 mm/h) für COSMO-DE Vorhersagen (00- and 12-UTC Modelllauf) vom 16 Juni bis 15 August 2006 verifiziert gegen Radar-Niederschlag



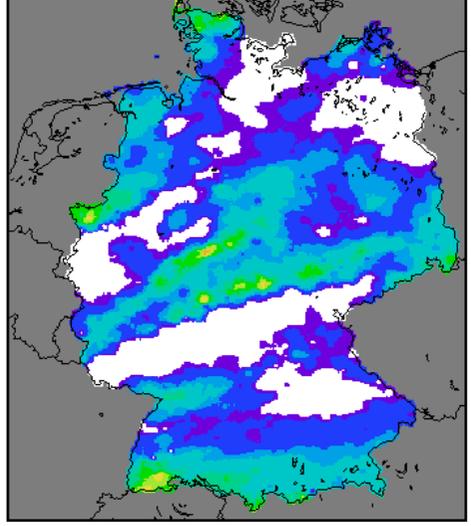
Beispiel für explizite Konvektion in COSMO-DE

Konvektiv verstärkte frontale Niederschläge, 1.10.2006, +06 - +30 h

(aus 0 UTC & 12 UTC-Lauf)

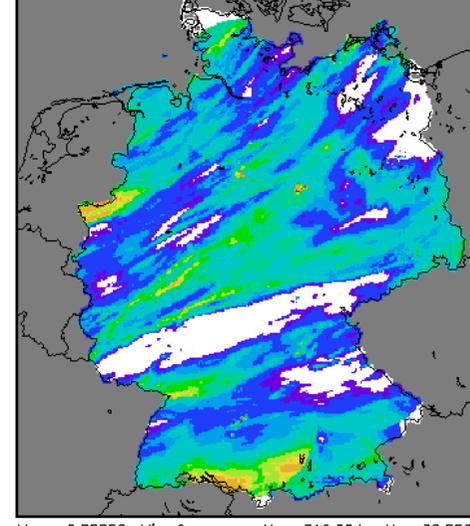


Precipitation 01.10.2006 06 UTC + 24h (Obs)



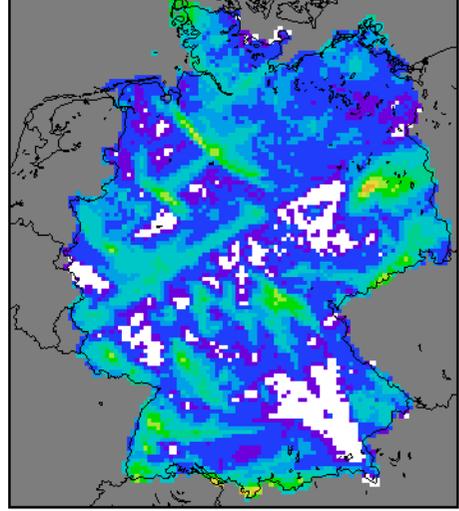
Mean: 3.38125 Min: 0 Max: 34.6833 Var: 16.867

Precipitation 01.10.2006 06 UTC + 24h (RZ)



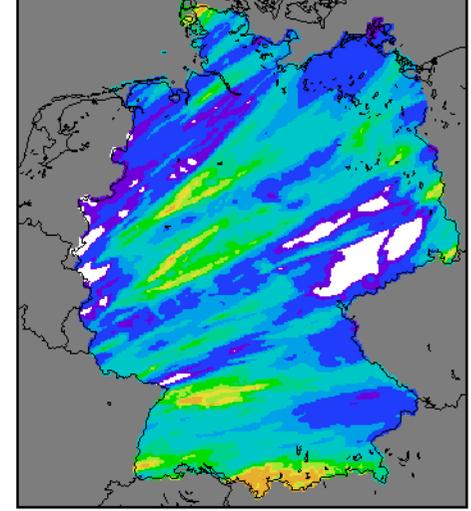
Mean: 5.85356 Min: 0 Max: 310.994 Var: 38.556

Precipitation 01.10.2006 06 UTC + 24h (LME)



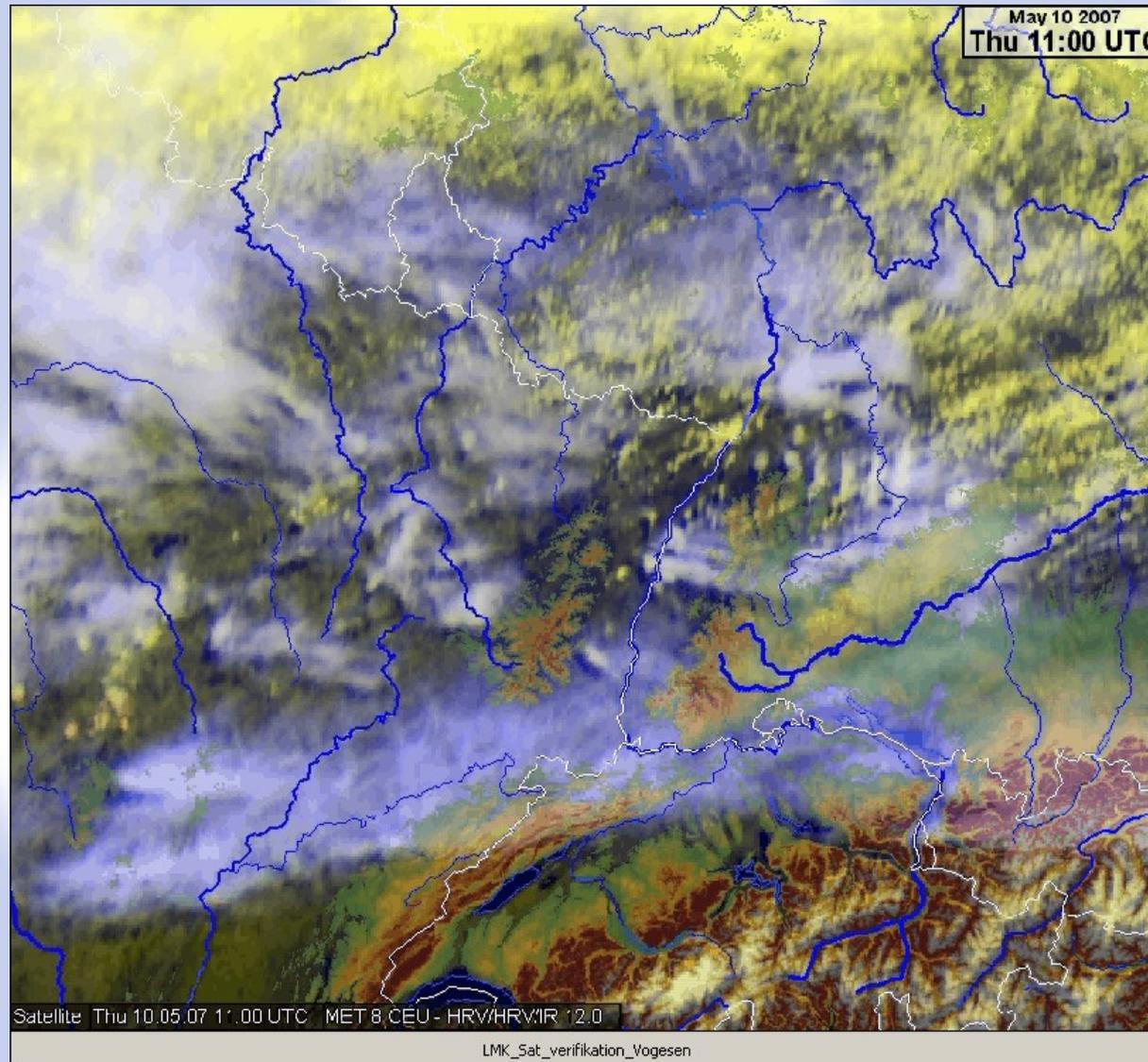
Mean: 4.05987 Min: 0 Max: 34.9072 Var: 18.258

Precipitation 01.10.2006 06 UTC + 24h (LMK)

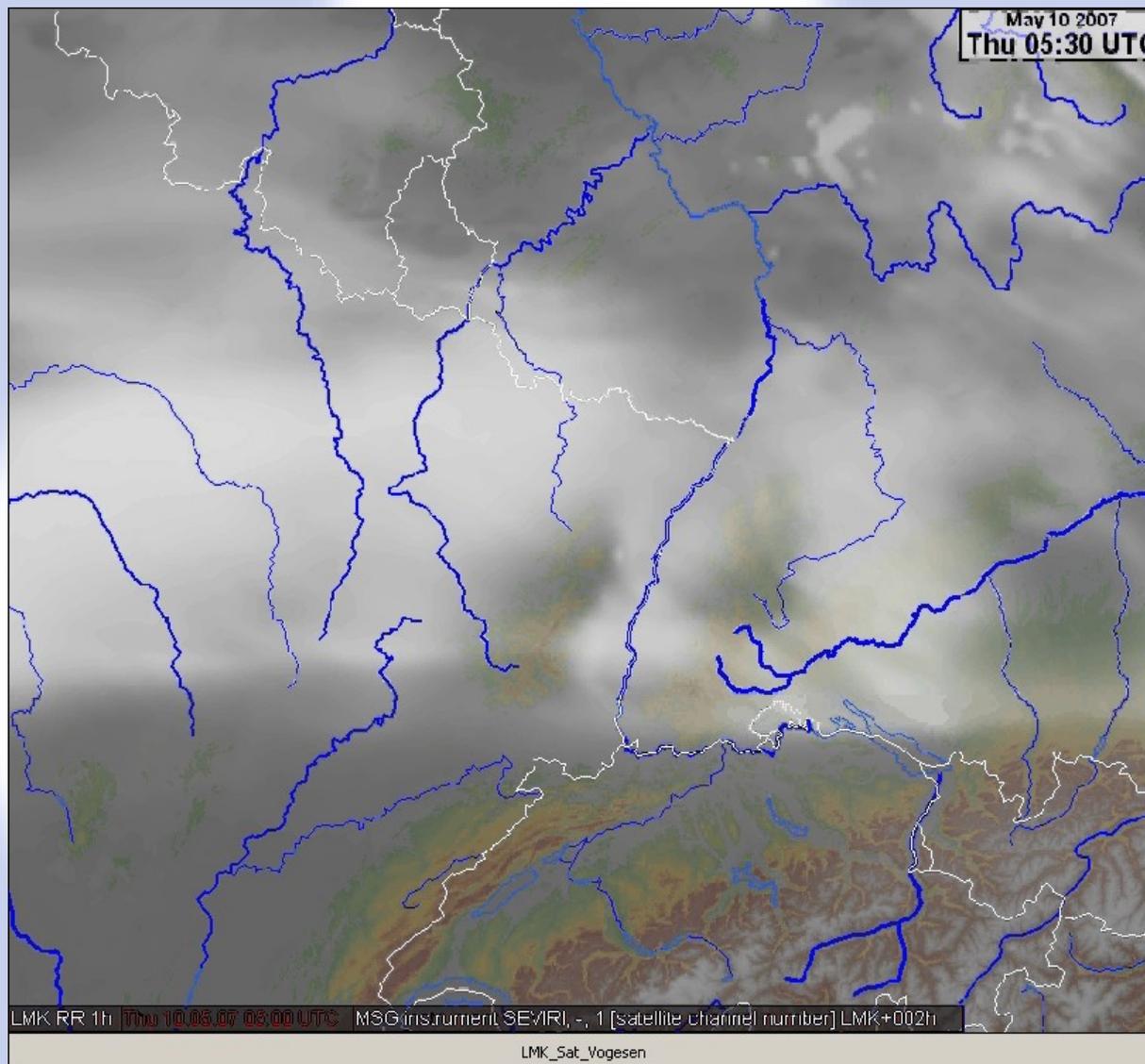


Mean: 6.60811 Min: 0.02050 Max: 56.3633 Var: 43.473

Orographisch induzierte Wolkenbildung am Ostabhang der Vogesen



Orographisch induzierte Wolkenbildung im COSMO-DE



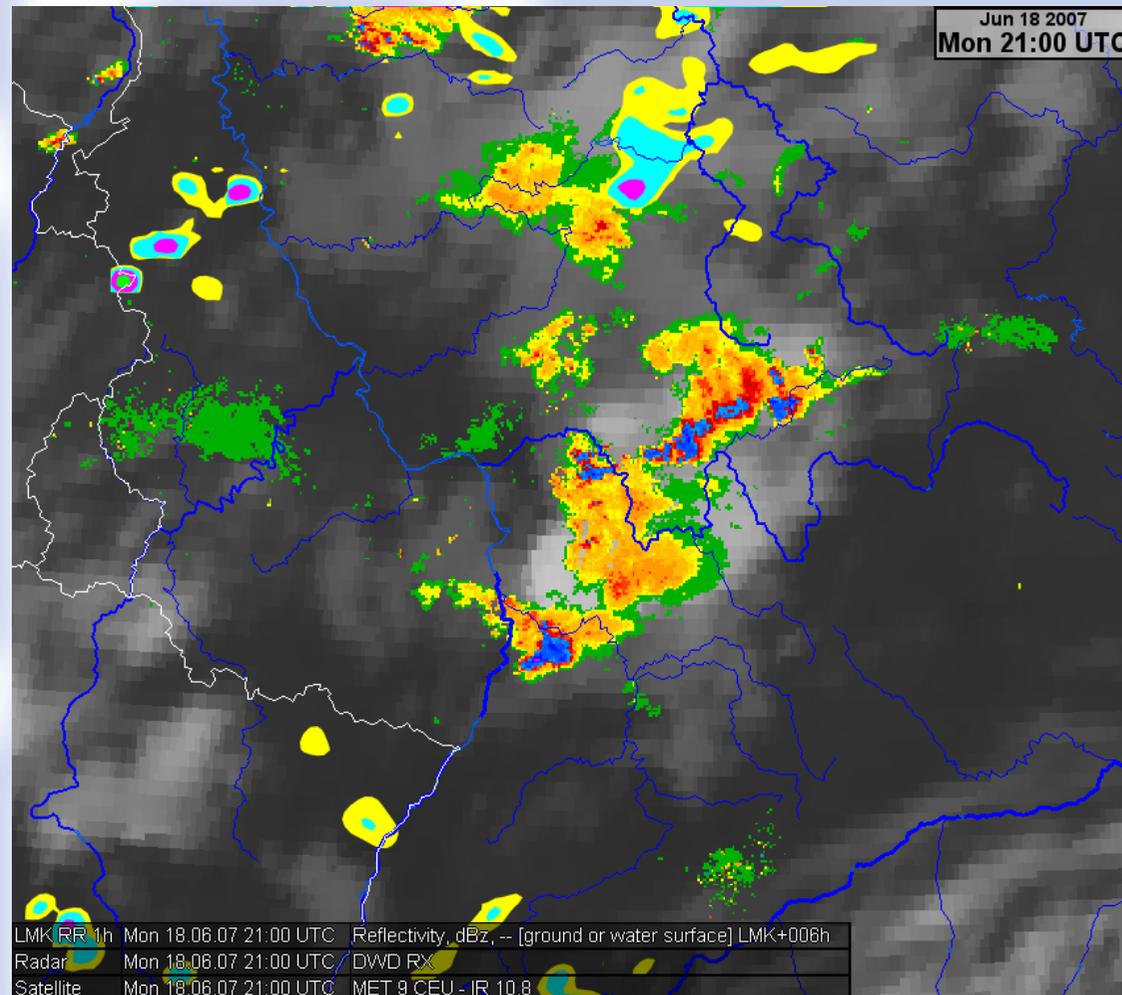
Ausbleibende Konvektion im COSMO-DE



Radarreflektivitäten +
Satellitenbild

LMK synthetische
Radarreflektivitäten+3h

LMK synthetische
Radarreflektivitäten+3h



Die Vorhersage konvektiver Starkwetterereignisse mit dem COSMO-DE



- Mit dem LMK ist natürlich keine explizite Tornadovorhersage möglich!
 - ▶ Jedoch u.U. Hinweise auf Superzellen als Vorläufer von Tornados; damit könnte erhöhte Aufmerksamkeit auf Radarprodukte im betreffenden Zeitraum/Gebiet gelenkt werden
- mögliche Indikatoren für Superzellen:
 - ▶ bodennahe Windscherung (0-1 km, 0-3 km)
 - ▶ Niederschlagsrate
 - ▶ Storm Relative Environmental Helicity (SREH)
 - ▶ Vertikalgeschwindigkeit
 - ▶ CAPE
 - ▶ Supercell Detection Index (SDI)
 - ▶ Wird Mitte Juli dem Vorhersagedienst zur Erprobung bereitgestellt!

Super Cell Detection Index



Supercell detection index (SDI)

Wicker, Kain, Weiss and Bright (2005)

Geschw.-Vorticity-Korrelation:

$$SDI_{1,ij} = \rho_{ij} \overline{\zeta}_{ij}$$

$$\rho_{ij} := \frac{\langle w' \zeta' \rangle_{ij}}{\sqrt{\langle w'^2 \rangle_{ij}} \sqrt{\langle \zeta'^2 \rangle_{ij}}}$$

$\langle \dots \rangle$ = Mittel über gleitendes Volumen V ($\sim 20 \text{ km} * 20 \text{ km} * [1.5..5.5 \text{ km}]$)

$\overline{\dots}$ = vertikales Mittel ($z \sim 1.5 ..5.5 \text{ km}$)

$|SDI_1| > 0.0003 \text{ 1/s}$: minimaler Grenzwert für Superzellen

$|SDI_1| > 0.003 \text{ 1/s}$: signifikantes Signal für Superzellen

$SDI_1 > 0$: updrafts, $SDI_1 < 0$: downdrafts

Wicker et al. definieren noch ein SDI_2 : $SDI_2 \neq 0$ nur für $w > 0$ (nur updrafts),

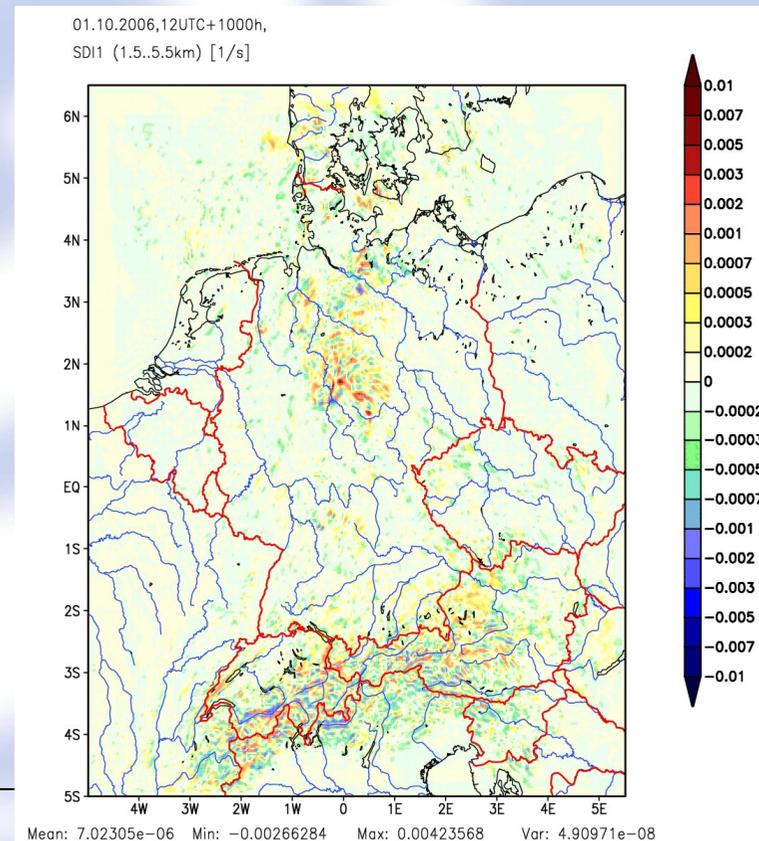
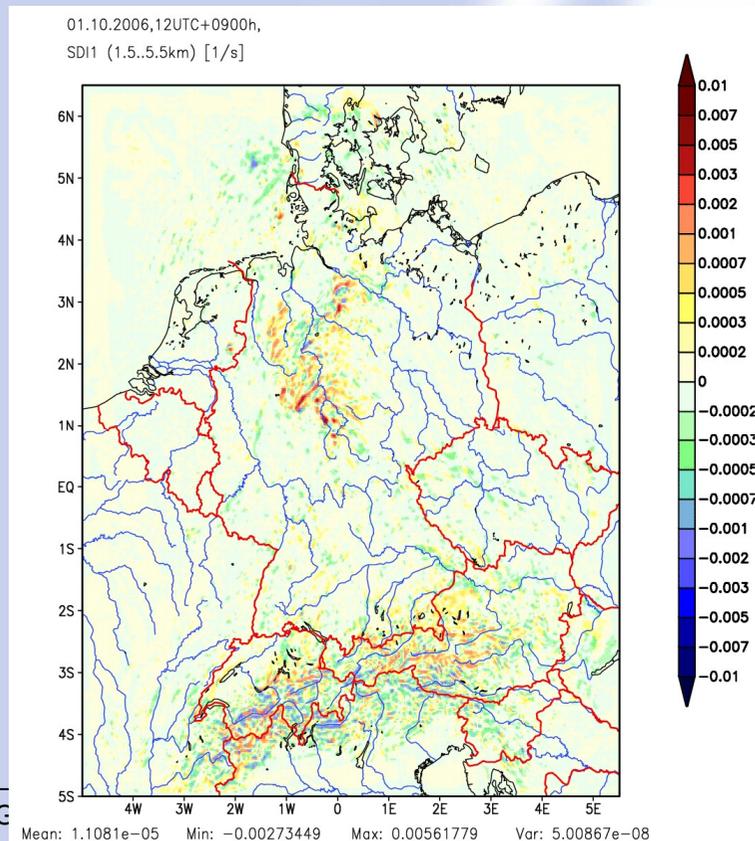
$SDI_2 > 0$ zyklonal, $SDI_2 < 0$ antizyklonal

Tornadofall vom 1.10.2006 in Quirla (abends)



Der 12 UTC-LMK-Lauf simulierte eine Superzelle.

- ▶ es wurde eine relativ starke bodennahe Windscherung simuliert verbunden mit starken Regenraten.
- ▶ Im 15-UTC-Lauf jedoch kaum Windscherung vorhanden.
- ▶ Bei solchen Ereignissen offenbar nur geringe Persistenz im LAF-ensemble.

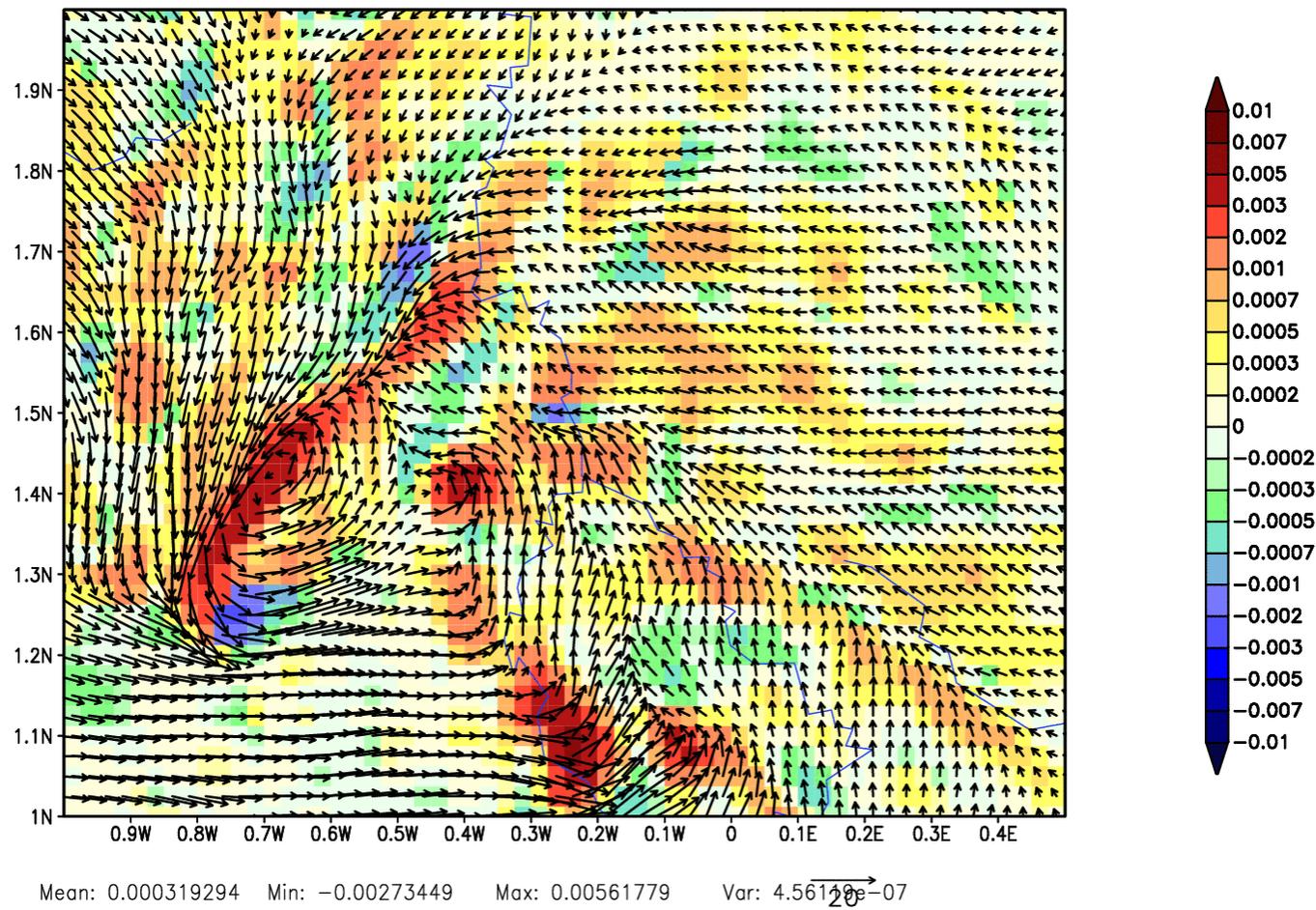


Supercell detection index (SDI), 01.10.2006

01.10.2006, 12UTC+0900h,

SDI1 (1.5..5.5km) [1/s]

($u = -10.9808$ m/s, $v = -8.569$ m/s) in k=16



Gibt es das Objekt Gewitter im Modell?



- Nein!

- Aber

- ▶ Man kann versuchen es zu diagnostizieren
- ▶ Unterschiedlich für parametrisierte und explizite Konvektion

- Das Gewitter muss man also an seinen Symptomen erkennen

- ▶ Starkregen
- ▶ Vertikalgeschwindigkeiten
- ▶ Abgeleitete Parameter
- ▶ Später dazu mehr...

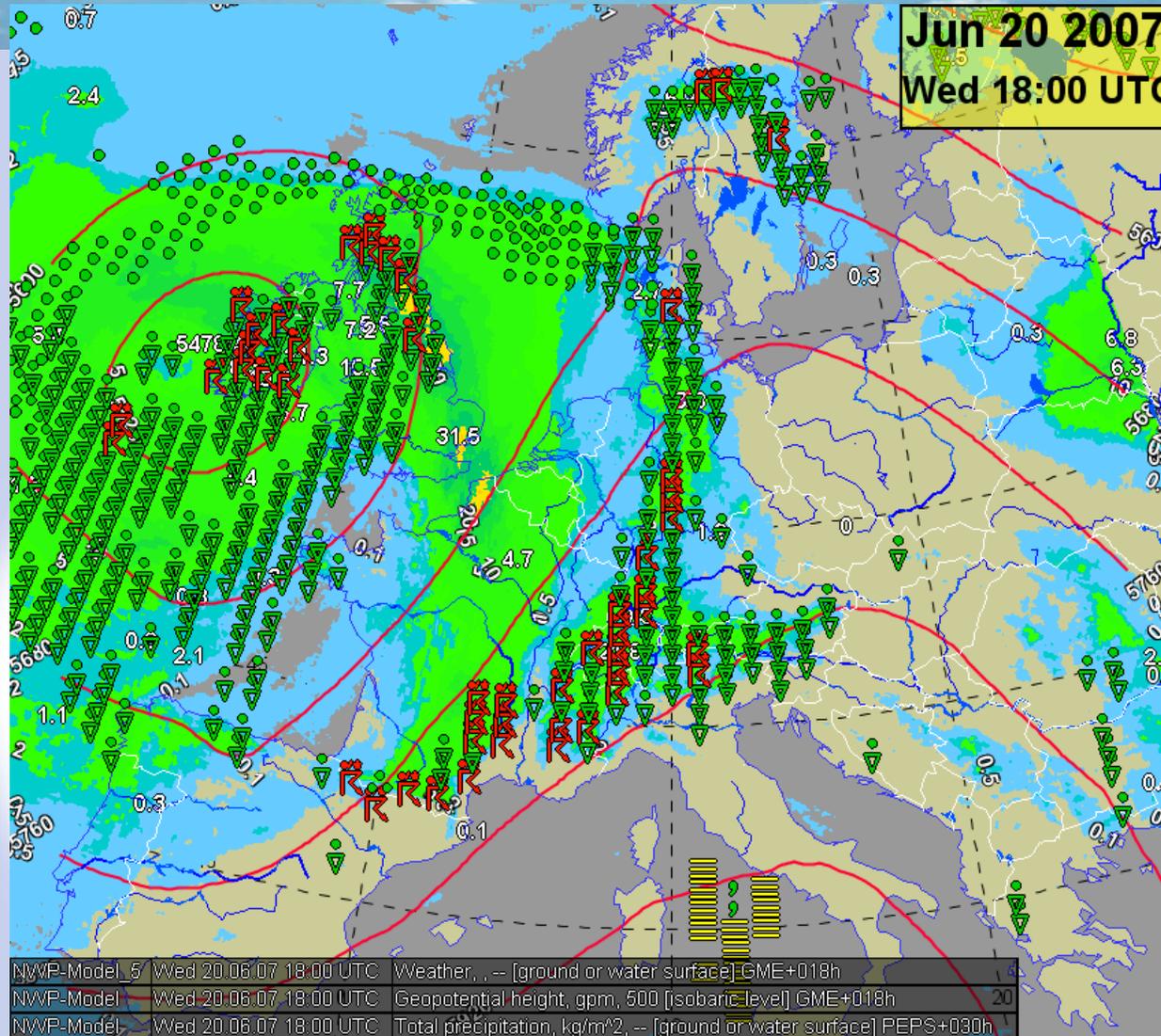
Wetterinterpretation in Modellen



- Das Gewitter existiert explizit im Modell nicht
- Das Gewitter muss als solches definiert werden.
- Abhängigkeiten bestehen dabei
 - ▶ vom Wettervorhersagemodell
 - ▶ von den vorhergesagten Größen
 - ▶ Die Definition orientiert sich an Erfahrungswerten und wird verifiziert

Modell	KOindex	Pbas-Ptop	Ttop	TTindex	RRkonv (mm/h)	RRgesamt	Vmax(10m)	max Graupel
GME	<1 (-6)	>400	<-25 (-45)	>40	>0.6, (2.0)			
COSMO_EU	<1	>400	<-25 (-45)		>0.2, (1.0) (>RKX(ϕ))			
COSMO-DE	<1					>1, (10)	V>18m/s	V>10 ⁻³

Wetterinterpretation in Modellen



■ Wetterinterpretation für das GME

Ensemble basierte Vorhersagen



■ Sensitivität gegenüber Anfangsbedingungen (1)

- ▶ Numerische Wettervorhersagen sind sensitiv gegenüber aktuellem Zustand der Atmosphäre:
- ▶ Kleine Abweichungen in Anfangsbedingungen können zu einer völlig anderen Wetter-Prognose führen.

■ Beispiel Lorenz-System (vereinfachte Atmosphäre):

- ▶ 2 Hauptzustände (Schmetterlingsflügel)
- ▶ chaotisches System



COSMO-LEPS



- Basiert auf einem Super-Ensemble (102 Mitglieder) des globalen Modells des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW)
- 5 repräsentative Mitglieder werden ausgewählt
- COSMO-Modell wird in EZMW Modell genestet
 - ▶ 10km Maschenweite
 - ▶ 32 vertikale Schichten
 - ▶ Vorhersagen für +48h--+120h
- Produkte sind Überschreitungswahrscheinlichkeiten
 - ▶ Akkumulierter Niederschlag
 - ▶ Cape
 - ▶ Schnee
 - ▶ Max/Min Temperaturen
 - ▶ Max. Wind



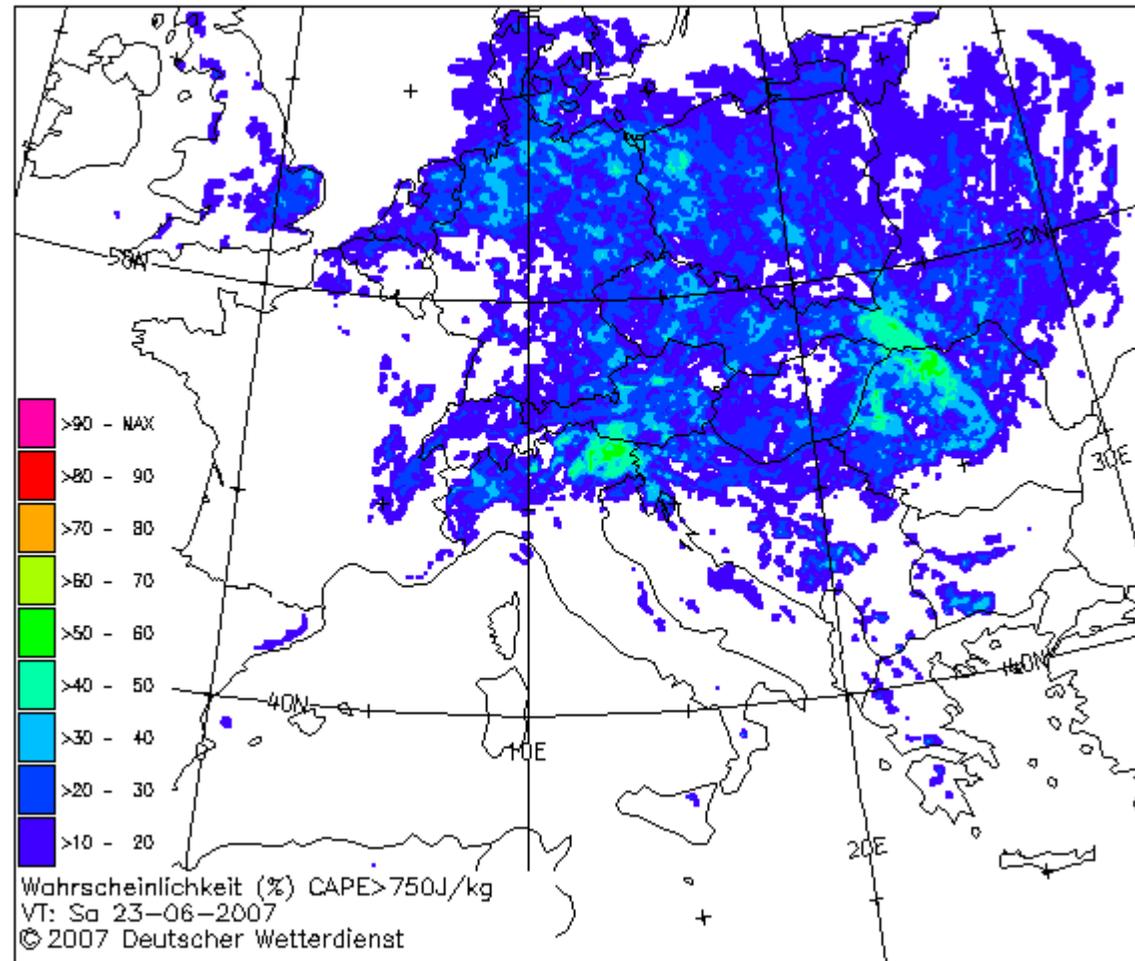
COSMO-LEPS Produkte



Wahrscheinlichkeiten für

- Niederschlag >20mm in 24h
- CAPE >750 J/Kg

COSMO-LEPS-Lauf v. 2007061812UTC,
experimentelle Graphik!



Vorhersagen für Freitag 22.06.2007 06UTC – Samstag 06 UTC

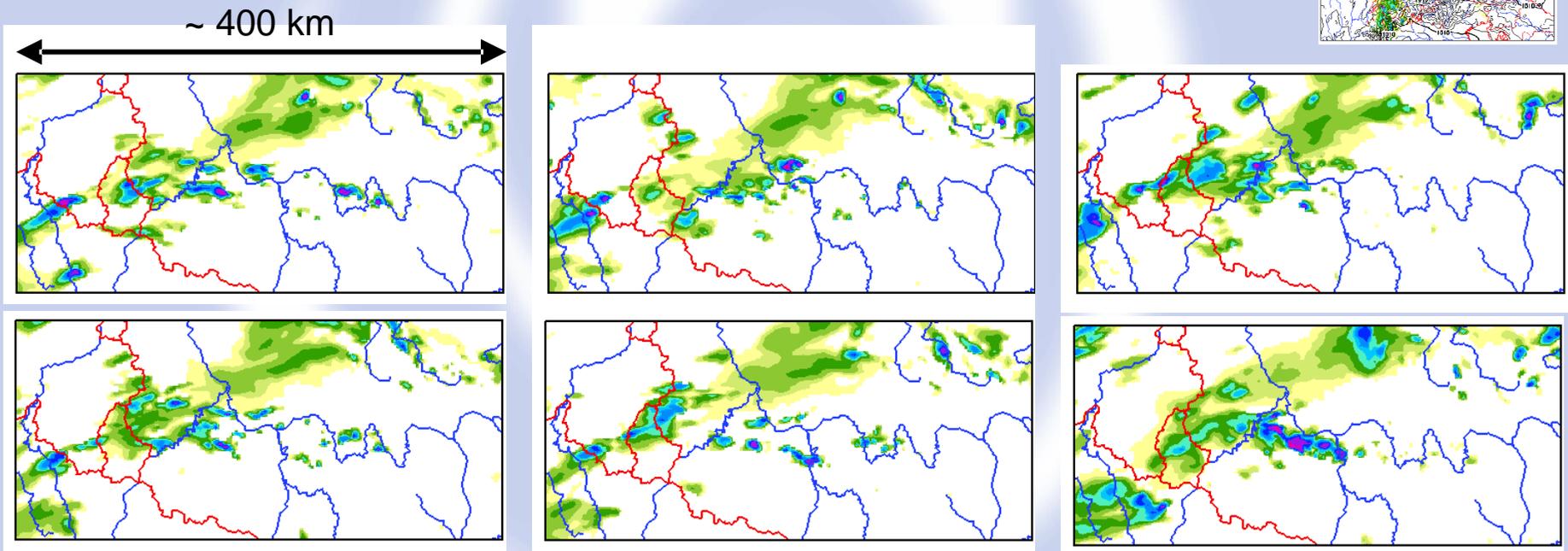
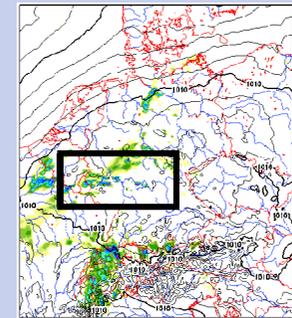
COSMO-DE-EPS



6 (of 15) scenarios for a precipitation forecast
perturbation of tunable parameters

11 September 2005, 18 UTC
Start: 00 UTC

LMK



mm/h

Welches Verfahren/Modell zu welcher Zeit



■ 7-1 Tag vorher:

- ▶ Globale/Regional Modelle mit Wetterinterpretation und abgeleiteten Parametern (CAPE etc. + Synoptisches Forcing)
- ▶ Ensemble-Vorhersagen (COSMO-LEPS, PEPS)

■ 24-2/4 Stunden vorher

- ▶ Modelle mit expliziter Konvektion (COSMO-DE)
- ▶ MOS-Ansätze

■ 2-0 Stunden vorher

- ▶ Beobachtungen und darauf basierende Verfahren (KONRAD, RADVOR-OP, (RDT))



Der Vortrag enthält Beiträge von

Dr. Michael Baldauf,

Dr. Volker Renner,

Dr. Ursula Schubert,

Dr. Axel Seifert,

Dr. Ralf Thehos