

# Labilität, Windscherung und Konvektion

am Beispiel des Birminghamer Tornados,  
IOP 12 des *Convective Storm Initiation Project* (CSIP)



Bild: [birmingham.gov.uk](http://birmingham.gov.uk)

Pieter Groenemeijer

Forschungszentrum Karlsruhe /  
Universität Karlsruhe

Virtuelles Institut  
COSI-TRACKS

# Convective Storm Initiation Projekt

Kooperation von britischen Universitäten, das U.K. Met Office und das Institut für Meteorologie und Klimatologie (IMK)

*Einige Forschungsfragen des IMK:*

1. Wie wird die Konvektiven entwicklung von enge warme Schichten (“lids” oder “caps”) in der Troposphäre beeinflusst?
2. Welche mesoskalige Mechanismen machen Gebiete sensibel für die Entwicklung von schweren konvektiven Zellen?
3. Welche Rolle spielen lokale Zerstörungen der Grenzschicht bei der Auslösung von Konvektion?



**Hauptthema  
meiner Arbeit**



# Convective Storm Initiation Projekt

Einsatz vieler Messsysteme im Rahmen eines Messprogrammes in Juni/Juli 2005 in Südenland.



# Convective Storm Initiation Projekt

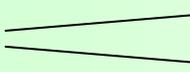
Einsatz vieler Messsysteme im Rahmen eines Messprogrammes in Juni/Juli 2005 in Südengland.



# Forschungsfragen

Welche mesoskalige Mechanismen machen Gebiete sensibel für die Entwicklung von schweren konvektiven Zellen?

Ingredienten für konvektive Entwicklung (Doswell, 1987):

- Labilität  **Feuchtigkeit im unteren Troposphäre**  
**Große vertikale Temperaturgradient**
- Hebung

Bei Schwergewittern spielt oft eine Rolle:

- Vertikale Windscherung

# Helizität

Superzelle: “konvektive Sturm” mit einem Rotierenden Aufwind.

- bringen häufig großen Hagel
- sind für die meiste starke Tornados verantwortlich.
- entwickeln sich bei hohe Sturm-Relative Helizität, SRH (z.B. Rasmussen & Blanchard, 1998).
- SRH is groß wenn der Wind im Uhrzeigersinn dreht mit der Höhe (und dabei stark ist).

$$SRH = - \int_0^h \mathbf{k} \cdot (\mathbf{v} - \mathbf{c}) \times \frac{d\mathbf{v}}{dz} dz.$$

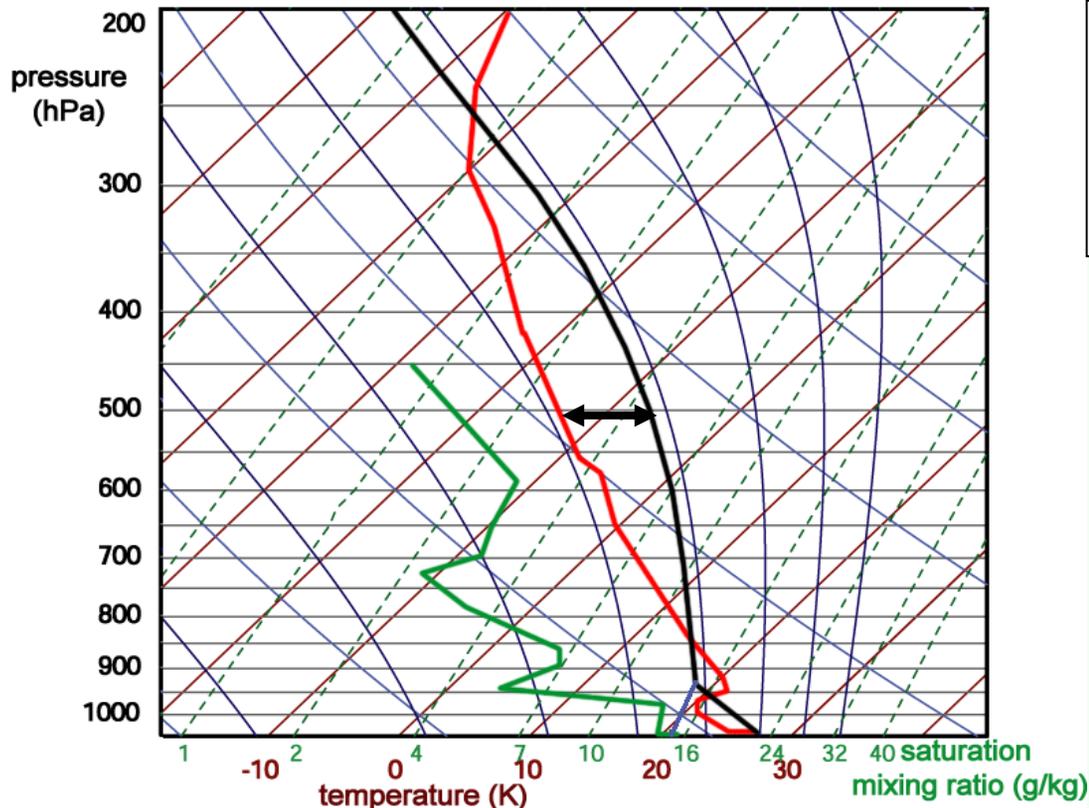
$\mathbf{v}$  *horizontal wind vector*

$\mathbf{c}$  *storm motion vector*

$\mathbf{k}$  *upward unit vector*

# Labilität und Hebung

- Latente Instabilität existiert dann wenn ein (in Gedanken) gehobenes Luftpaket irgendwann ein (positiven) Auftrieb empfindet.



*the „Lifted Index“:*

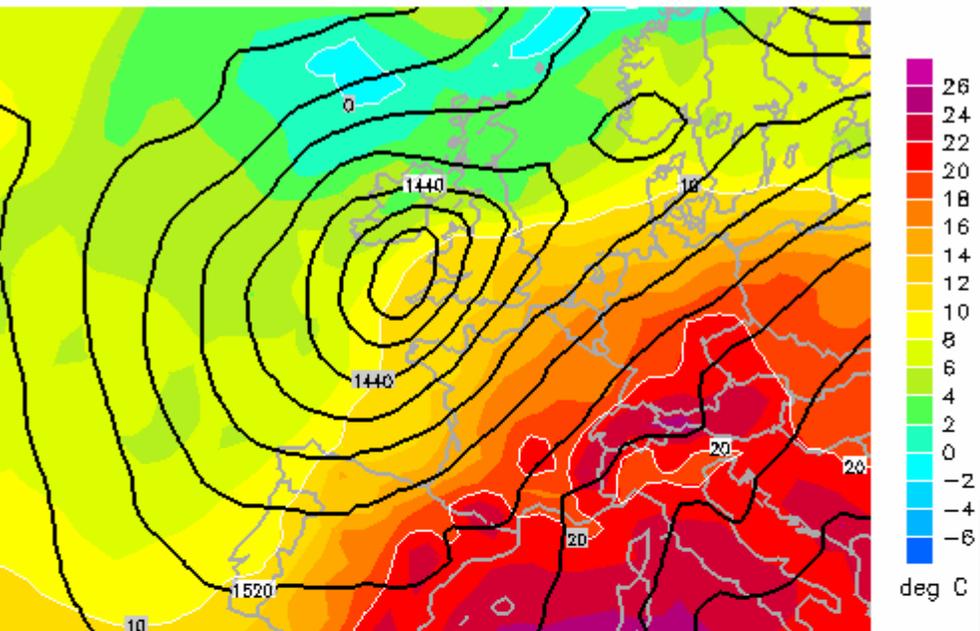
$$LI = T_{environment} - T_{parcel}$$

(at 500 hPa)

# Casus: Birmingham

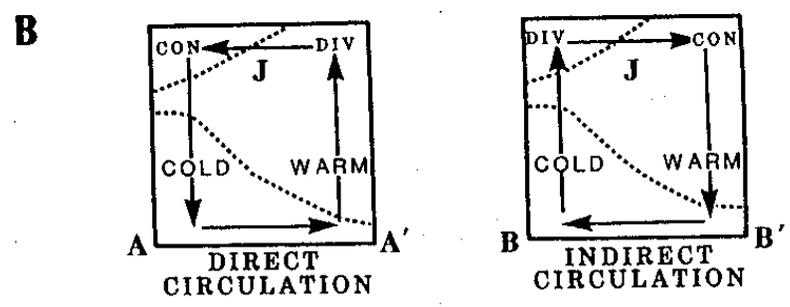
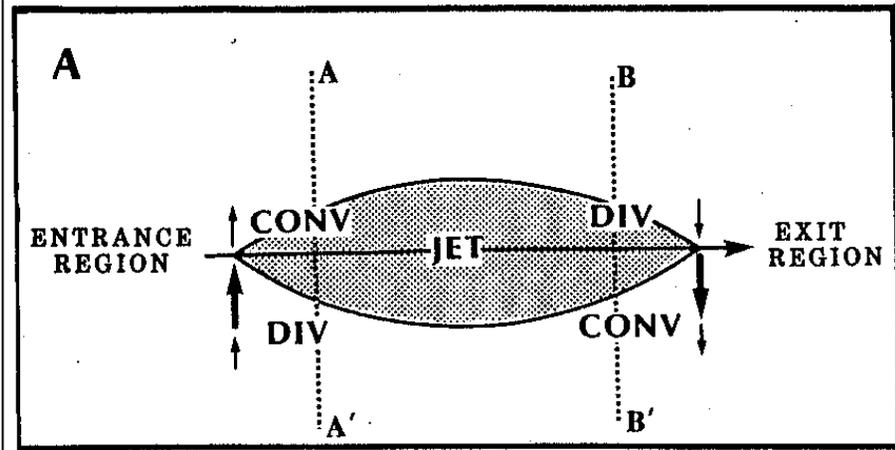
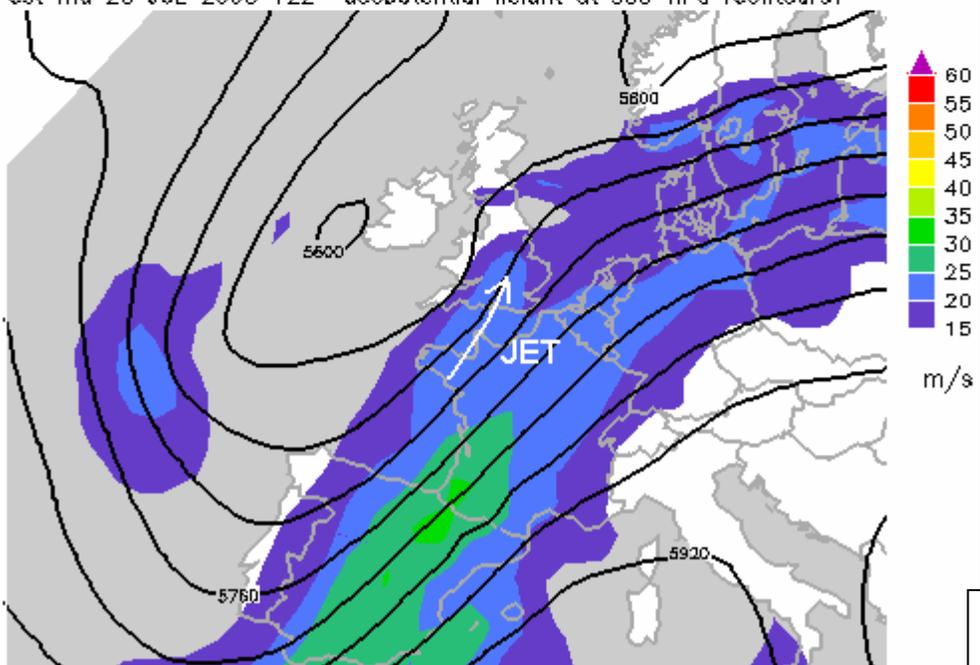


CSIP IOP 12, 28<sup>th</sup> July 2005



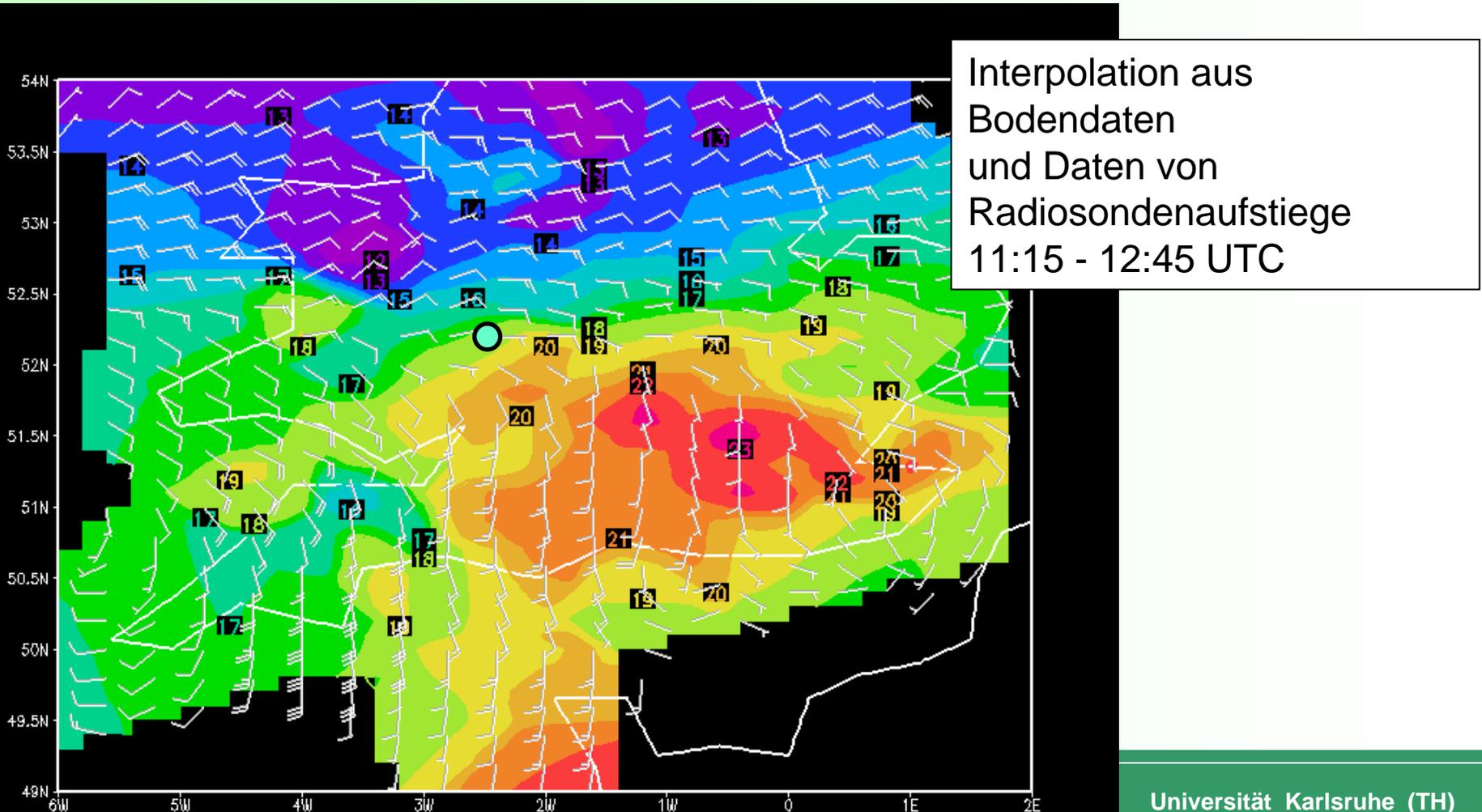
# Daten: GFS-Modell des NCEP

- eine Warmfront
- eine Kaltfront
- ein mid-level Jet



# Temperatur und Bodenwind 12:00 UTC

Höhe Temperaturen und Feuchtigkeit die Konvektion von Boden aus ermöglichen, gibt es südlich des Bodenwarmfronts.

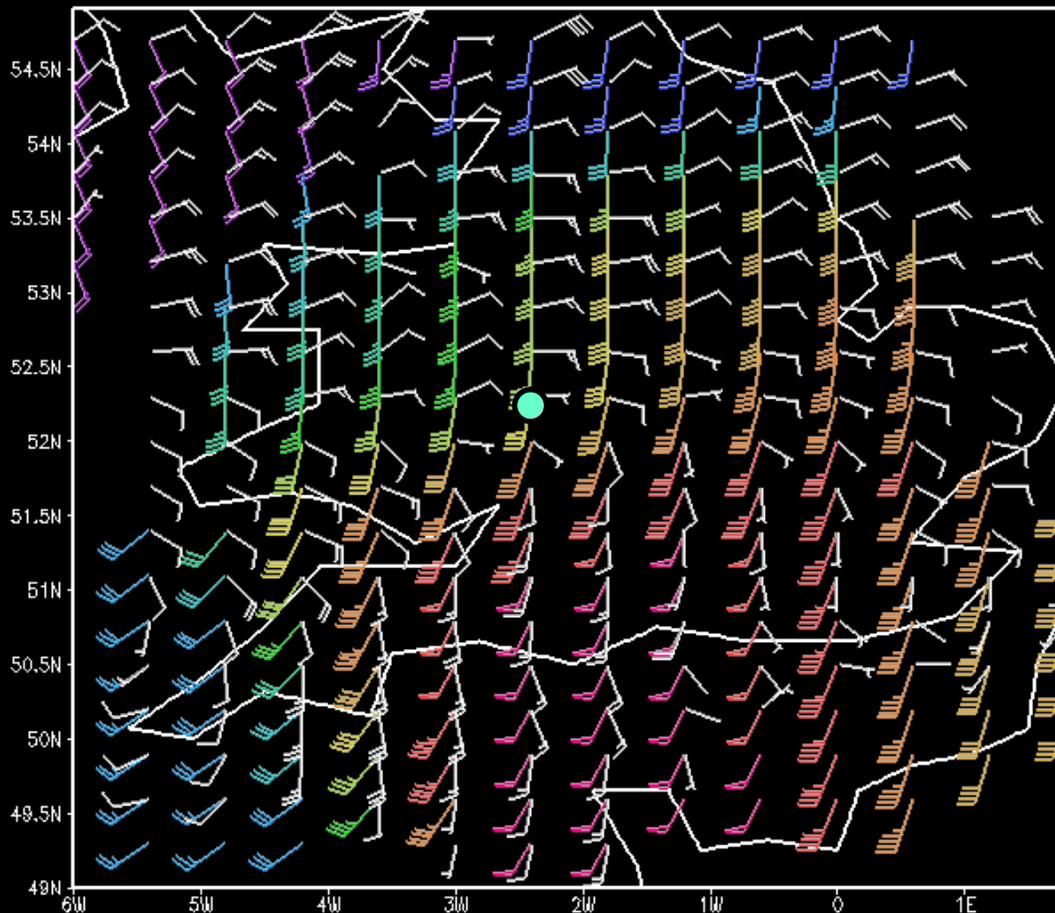


# Windscherung 12:00 UTC

Farbig: Wind 500 hPa; Weiß: Bodenwind

Mid-level jet wird auch von Datenanalyse gezeigt.

Winddrehung mit der Höhe am straksten im Norden.



Interpolation aus  
Bodendaten  
und Daten von  
Radiosondenaufstiegen  
11:15 - 12:45 UTC

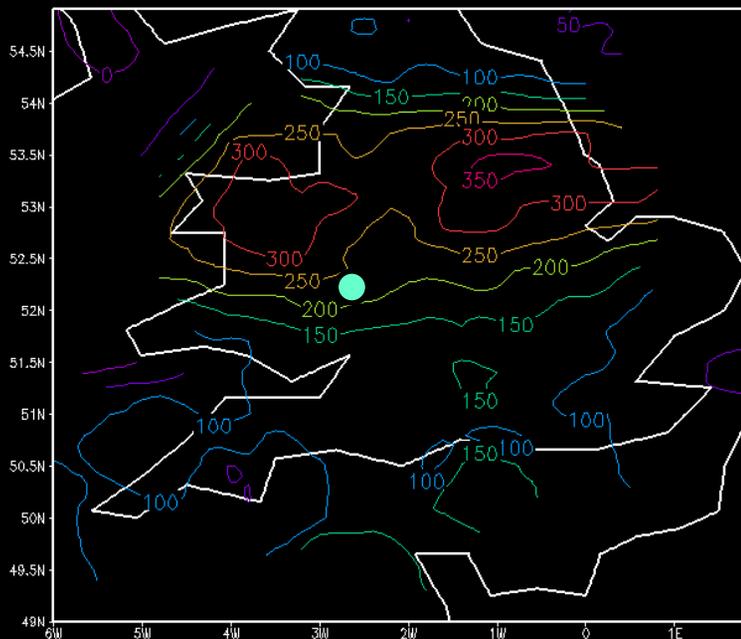
# Helizität, Labilität 12:00 UTC

Werte von Helizität (0-1 km SRH) sind am Höchsten im Norden.

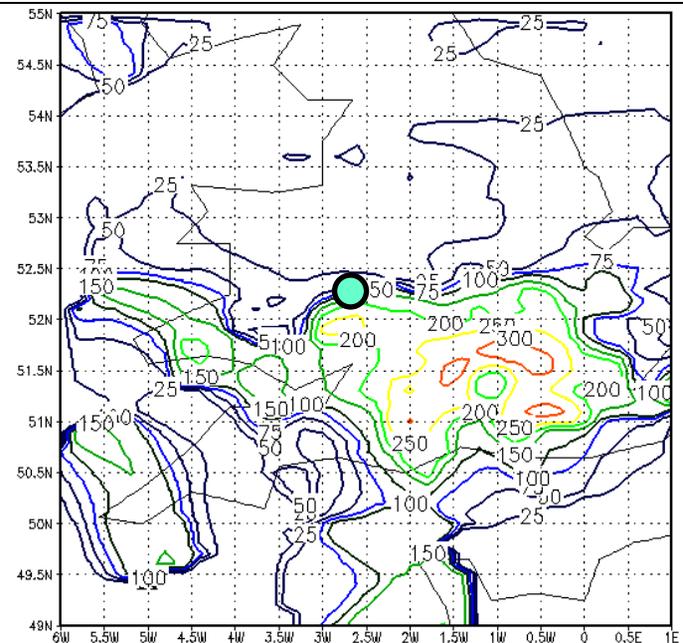
Werte von Labilität im unteren Troposphäre (0-3 km CAPE) sind am höchsten im Süden.

Beide gibt es einigermaße in der Nähe der Front.

0-1 km Storm-Relative Helicity  $m^2/s^2$



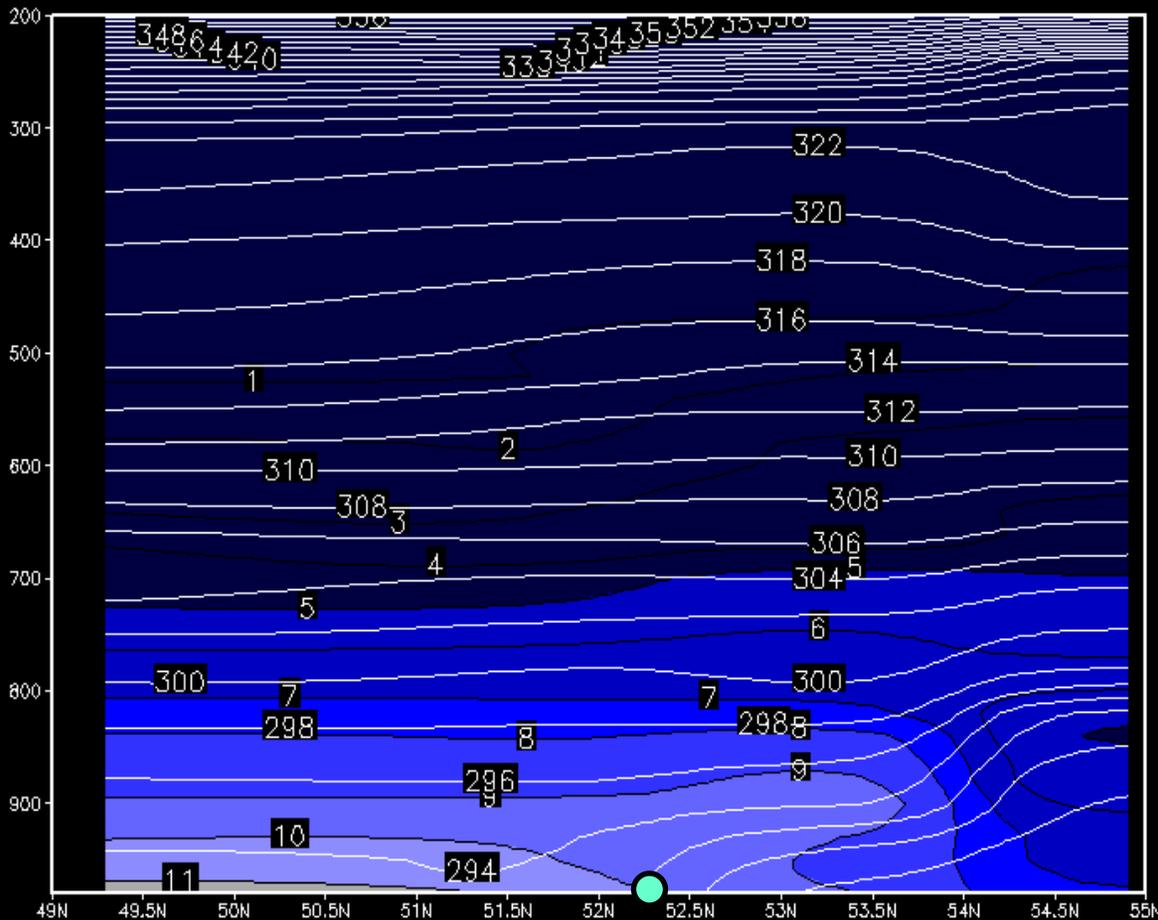
0-3 km Surface-based CAPE  $J/kg$



$J/kg$

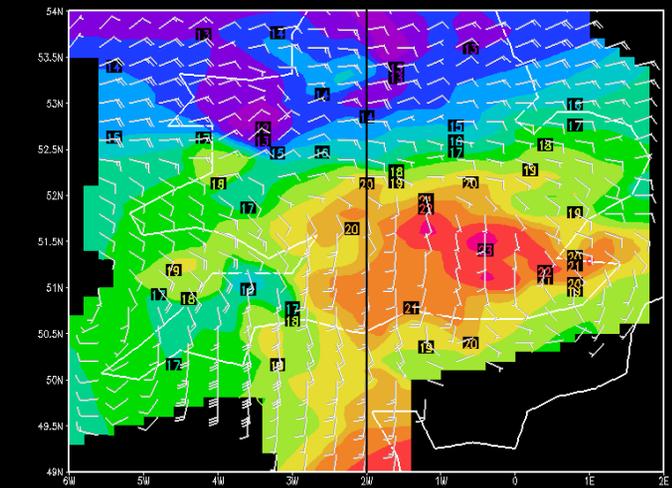
# Querschnitt 12:00 UTC

Spezifische feuchte (blau) und potentielle Temperatur (weiße Linien)



Interpolation aus  
Bodendaten  
und Daten von  
Radiosondenaufstiege  
11:15 - 12:45 UTC

Position der Querschnitt:



GRADS: ODLA/19ES

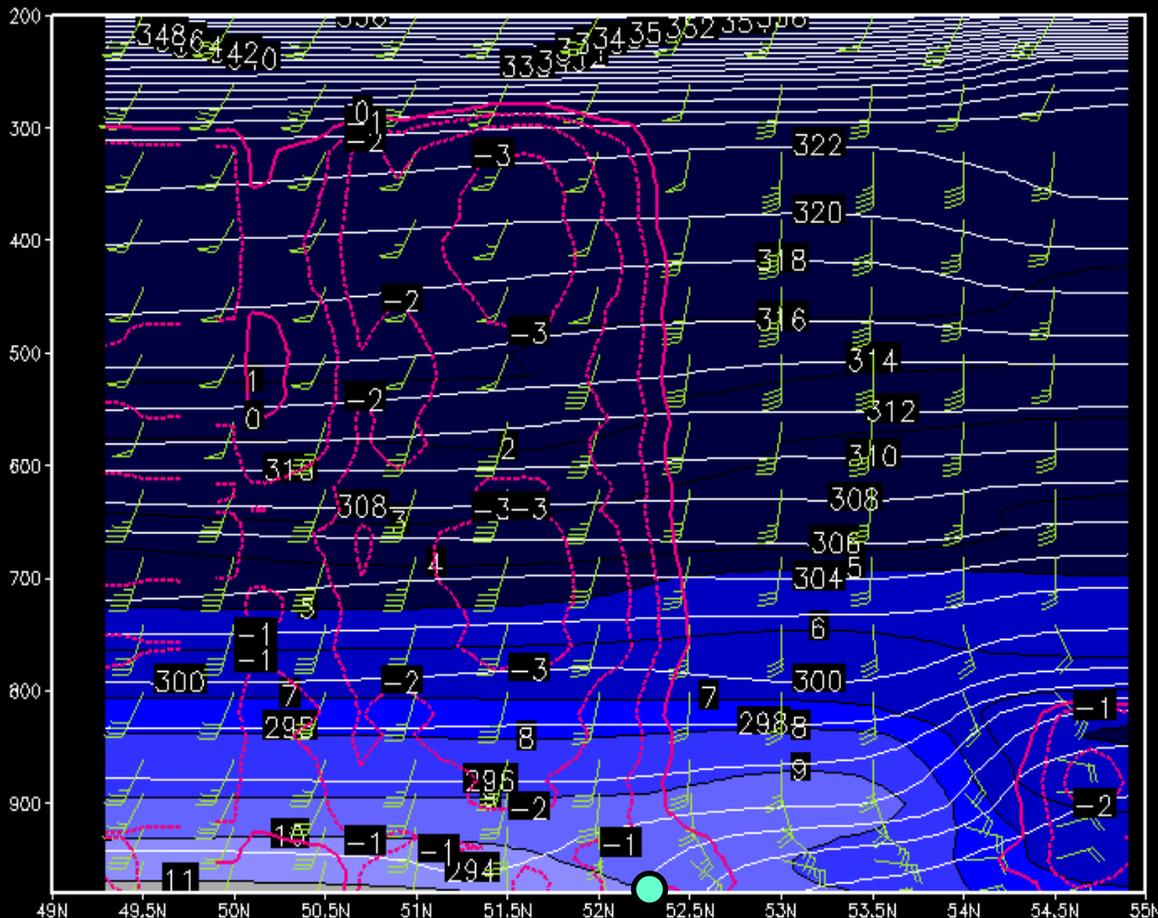


# Querschnitt 12:00 UTC

Spezifische feuchte (blau) und potentielle Temperatur (weiße Linien)

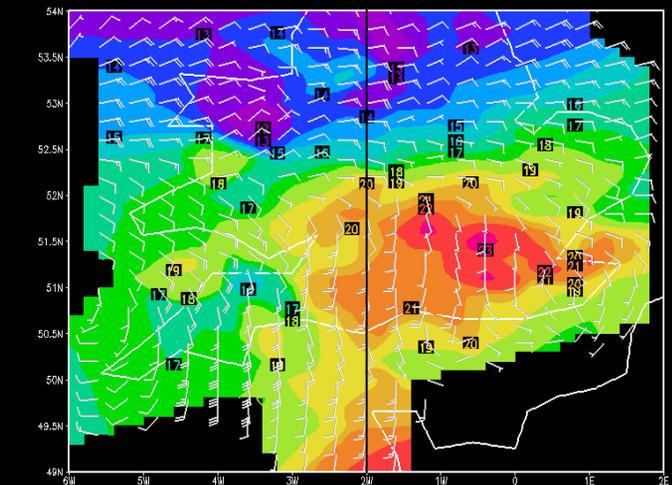
Rosa: Auftrieb eines von Boden aufgehobenen Luftpaketes.

Grün: Windvektor: nach oben = Südwind, nach unten = Nordwind



Interpolation aus  
Bodendaten  
und Daten von  
Radiosondenaufstiege  
11:15 - 12:45 UTC

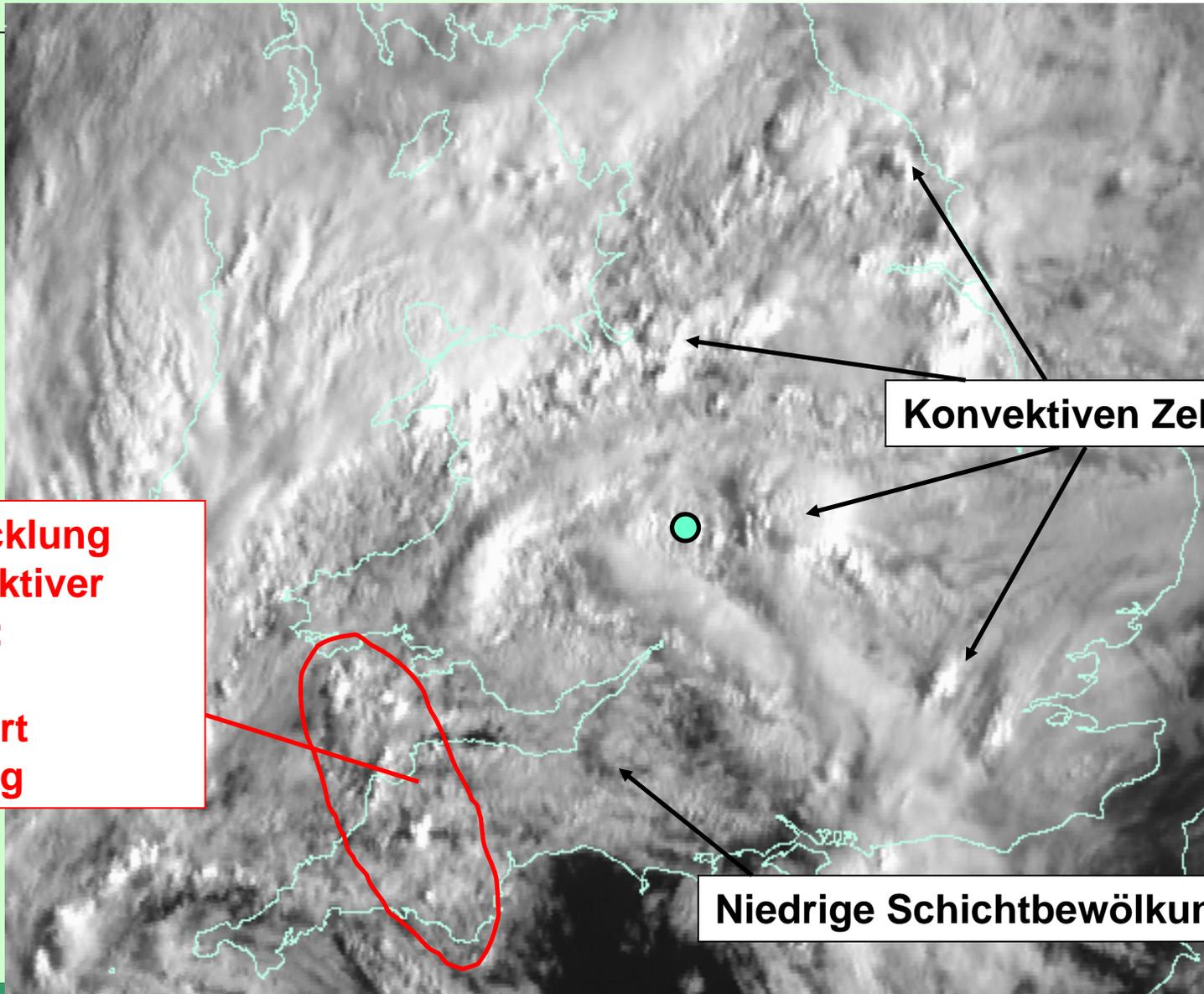
Position der Querschnitt:



GRADS: ODLA/IBES



08:00 UTC



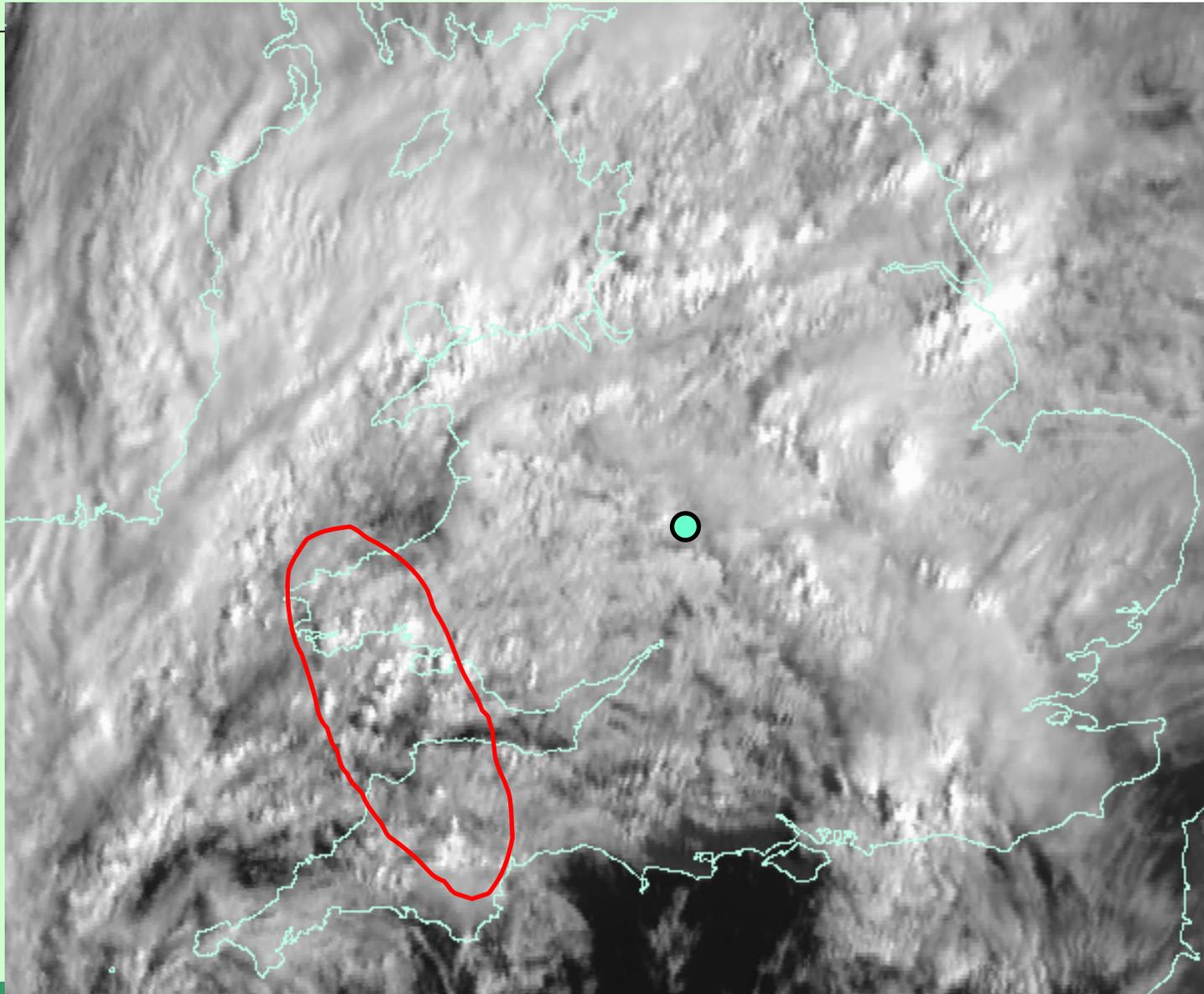
**Entwicklung  
Konvektiver  
Zellen:**

**Indiziert  
Hebung**

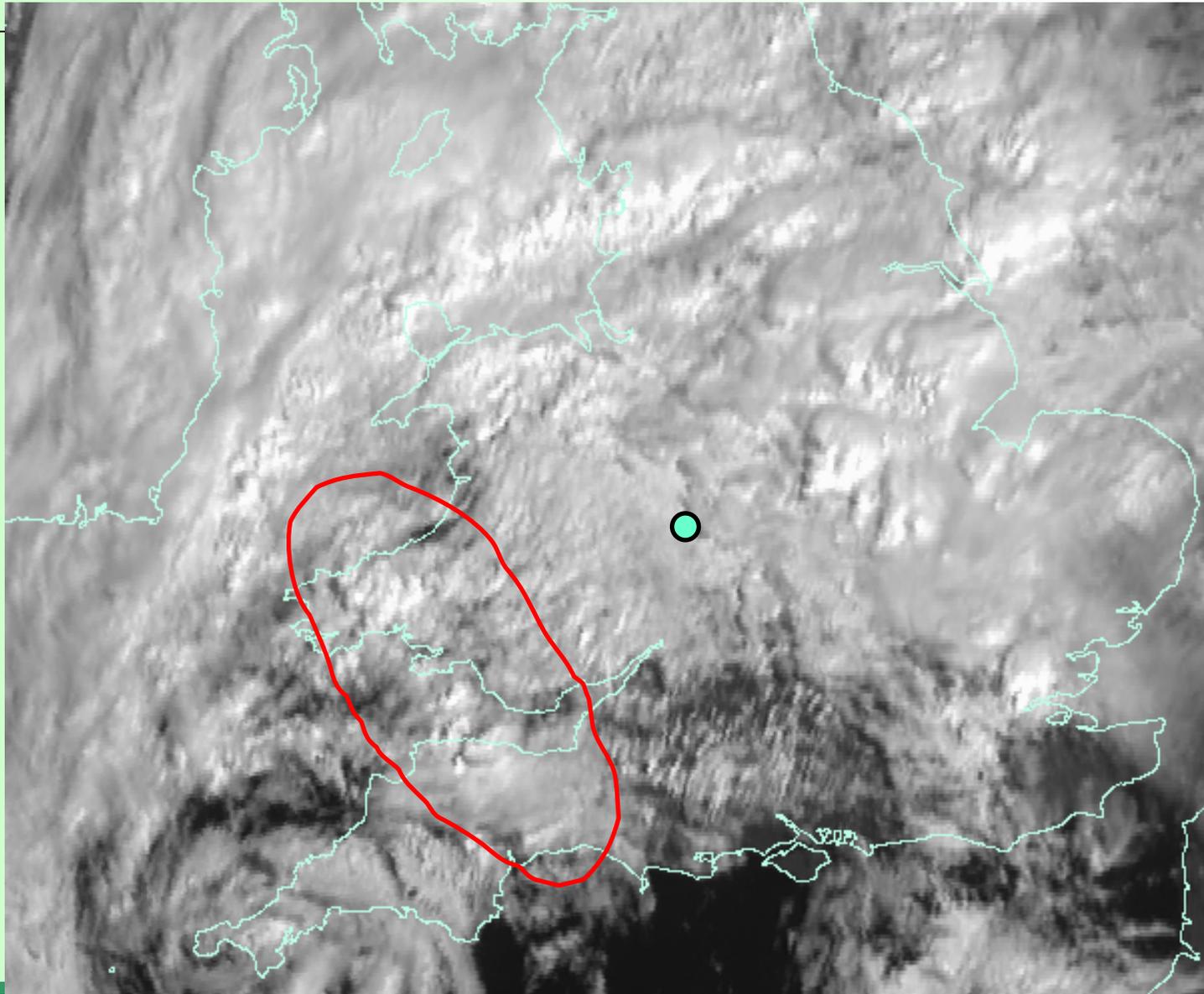
**Konvektiven Zellen**

**Niedrige Schichtbewölkung (St, Sc)**

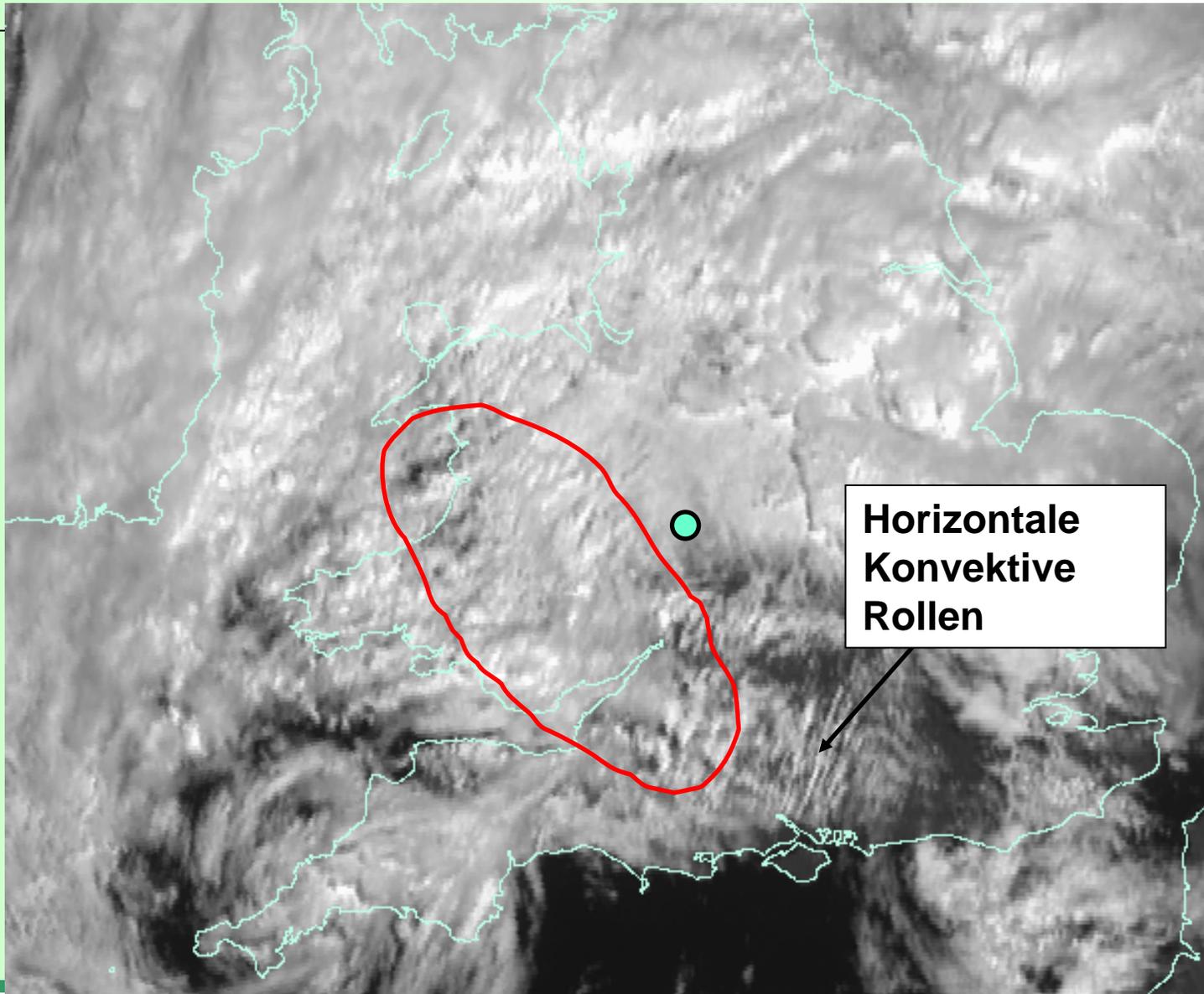
09:00 UTC



10:00 UTC

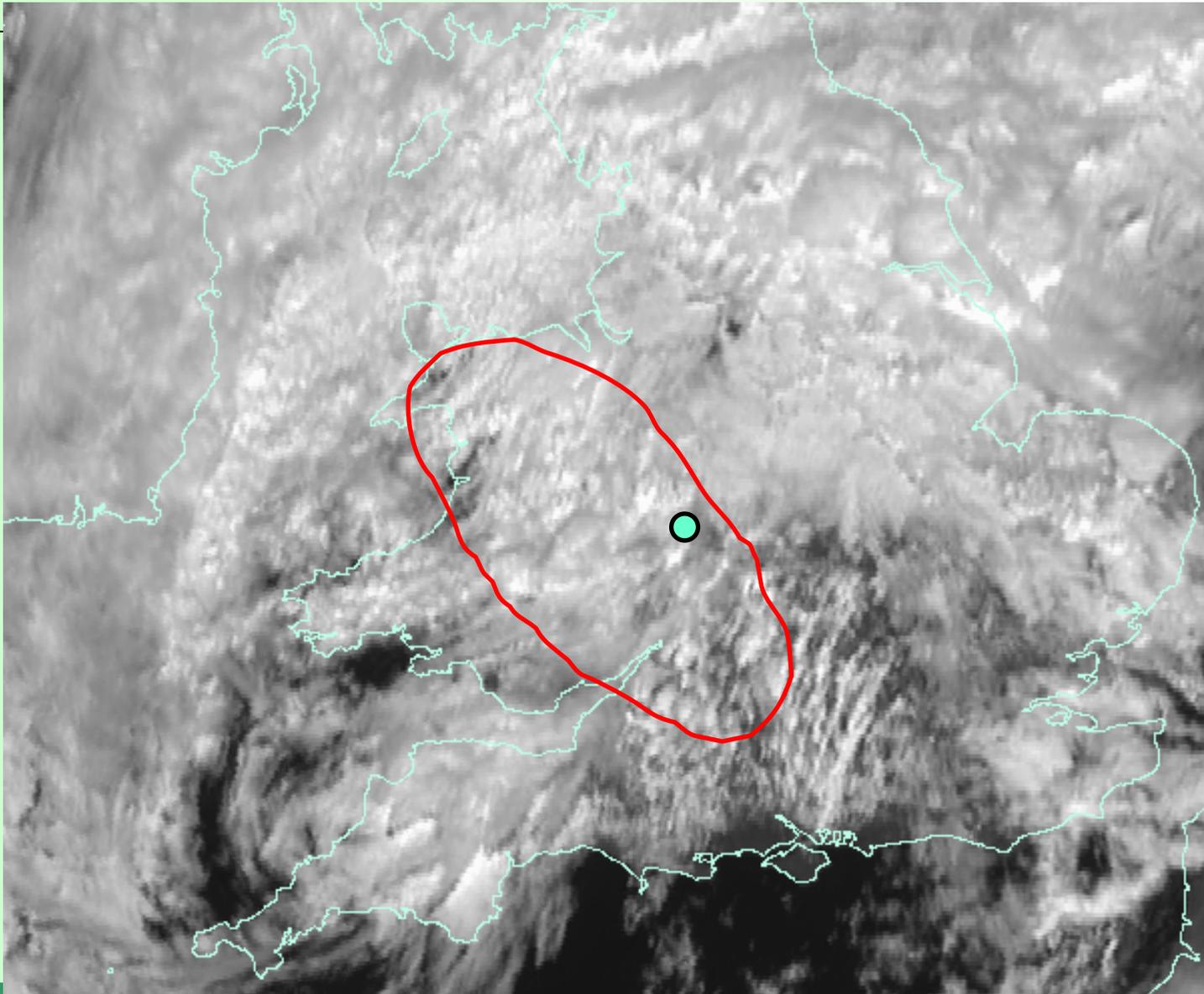


11:00 UTC

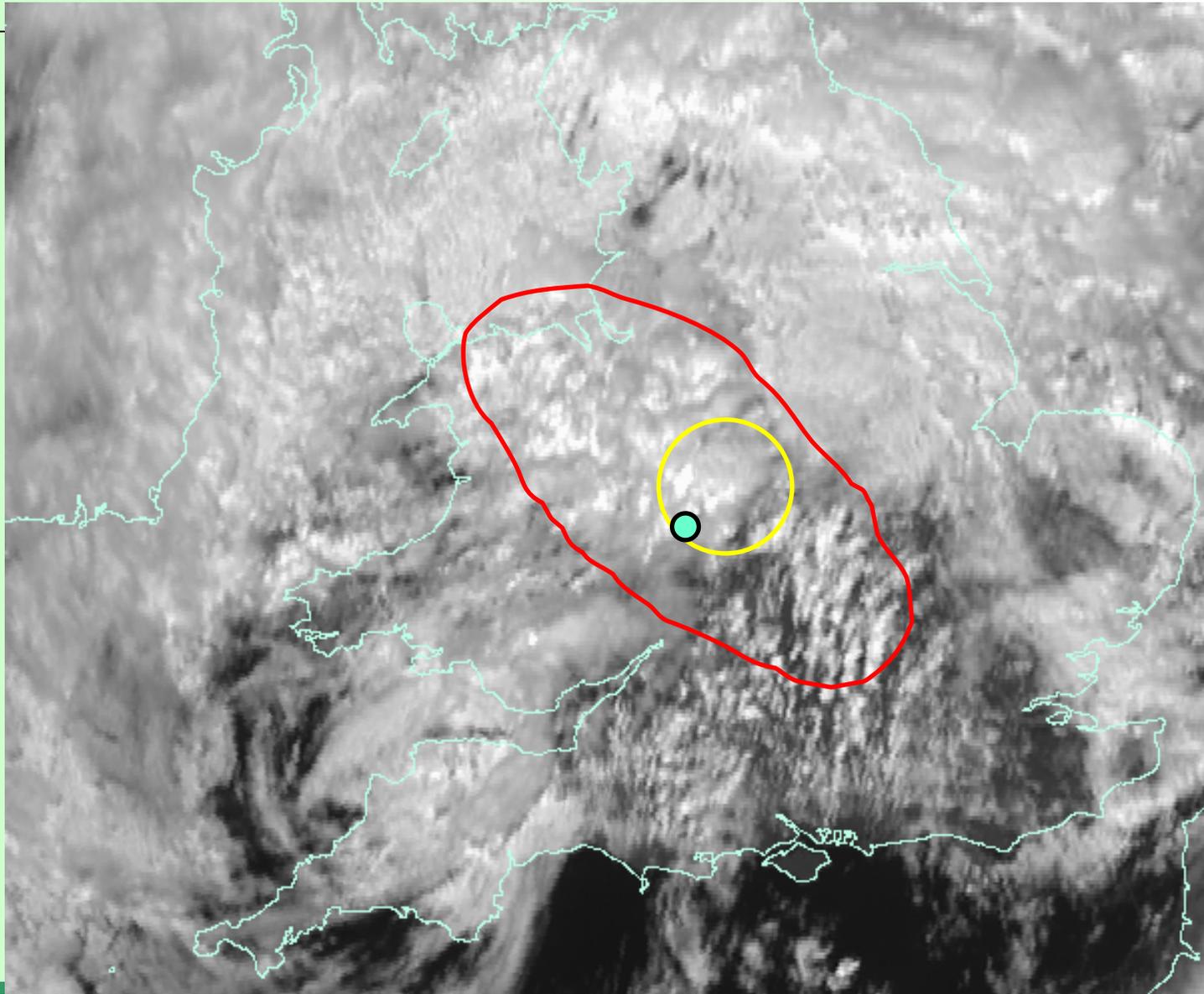


Horizontale  
Konvektive  
Rollen

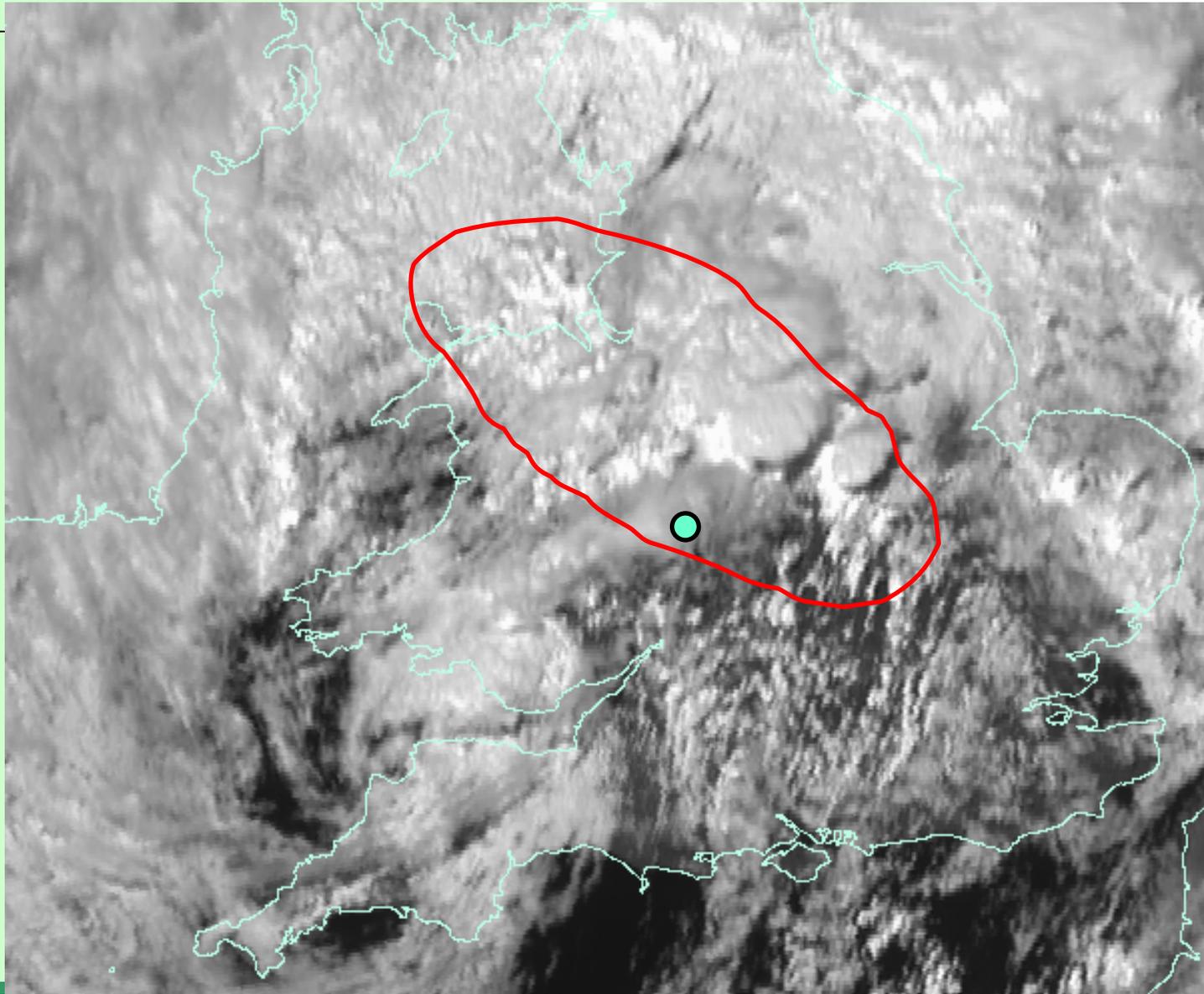
12:00 UTC



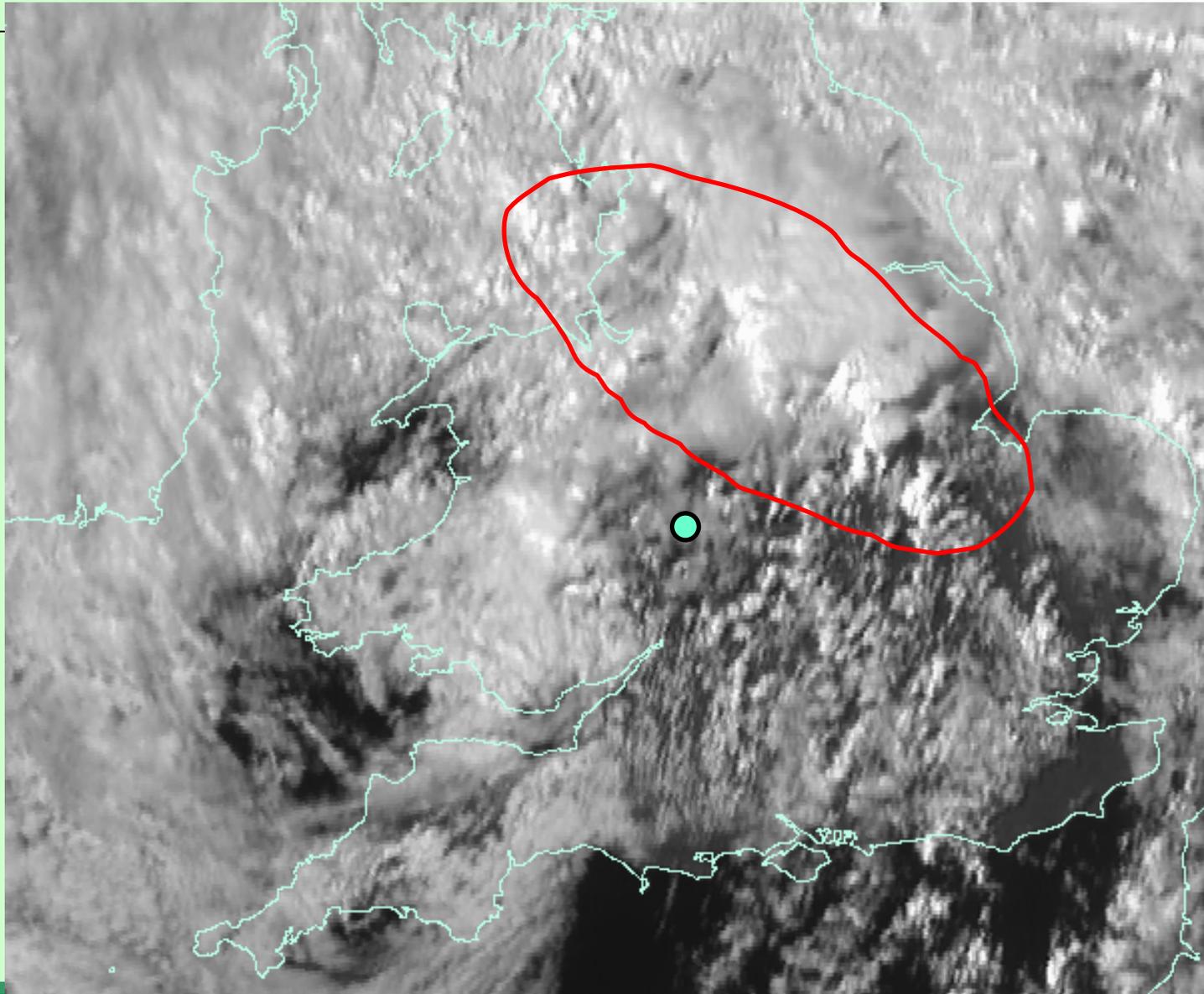
13:00 UTC



14:00 UTC



15:00 UTC



# Vorläufige Ergebnisse, neue Fragen

Die Auswirkung einer Mid-level Jet auf einer untiefen feuchten Grenzschicht hat gesorgt für:

- Die Formierung von einige Labilität, wobei viel “potentielle Auftrieb” in Bodennähe geformt würde.
- eine indirekte Sekundärzirkulation, die zu starke Richtungsscherung leitete, auch einigermaße an der warme Seite der Front. Dies entsprach eine relative höhe Helizität.

Neue Fragen:

- Wieviel hat die Hebung, wieviel Verdunstung, wieviel fühlbare Wärmefluß zur Labilisierung beigetragen?
- Wo kam diese Mid-level Jet her?
- Wie vergleicht sich der Fall mit anderen? Kann man daraus “Allgemeinheiten” Ableiten?