

# Zirren in der Tropopausenregion

Vera Bense, Matthias Voigt,  
Philipp Reutter und Peter Spichtinger

Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg Universität Mainz, Deutschland



## Simulationen von Zirren an einer idealisierten Warmfront

Als einer der Hauptmechanismen zur Entstehung von Zirruswolken gilt das Aufgleiten von warmer über kalte Luftmassen an Warmfronten. In dieser Arbeit werden mit dem Modell EULAG (Eularian/semi-Lagrangian fluid solver) idealisierte zwei-dimensionale Simulationen durchgeführt, die diesen Prozess abbilden sollen. Dabei wird das Anheben der Luft an der Warmfront durch eine Neigung in der Topographie repräsentiert. Die mikrophysikalischen Prozesse der Wolkenbildung (Nukleation, Deposition, Sedimentation) werden mit einem Zwei-Momente-Schema (Spichtinger & Gierens 2009a) simuliert.

- 2D-Gebiet: 1 871.5 km x 16 km (Auflösung: dx = 500 m, dz = 50 m; 288 Prozessoren)
- Schwammschicht bei z = 13 km und an den seitlichen Rändern (200 km)
- Abbildung der Warmfront durch Topographie: Fermifunktion mit Höhe = 2000 m, Neigung 1:280
- Simulationszeit Vorlauf:  $t_{pr} = 144$  h mit Zeitschritt  $dt = 2.5$  s
- Simulationszeit Hauptlauf:  $t_{mr} = 45$  h mit Zeitschritt  $dt = 2.5$  s
- dabei: Einströmen einer feuchten Schicht (z.B.  $R_{hi} = 70\%$ )
- Schwefelsäureaerosol wird mit  $300 \text{ cm}^{-3}$  initialisiert

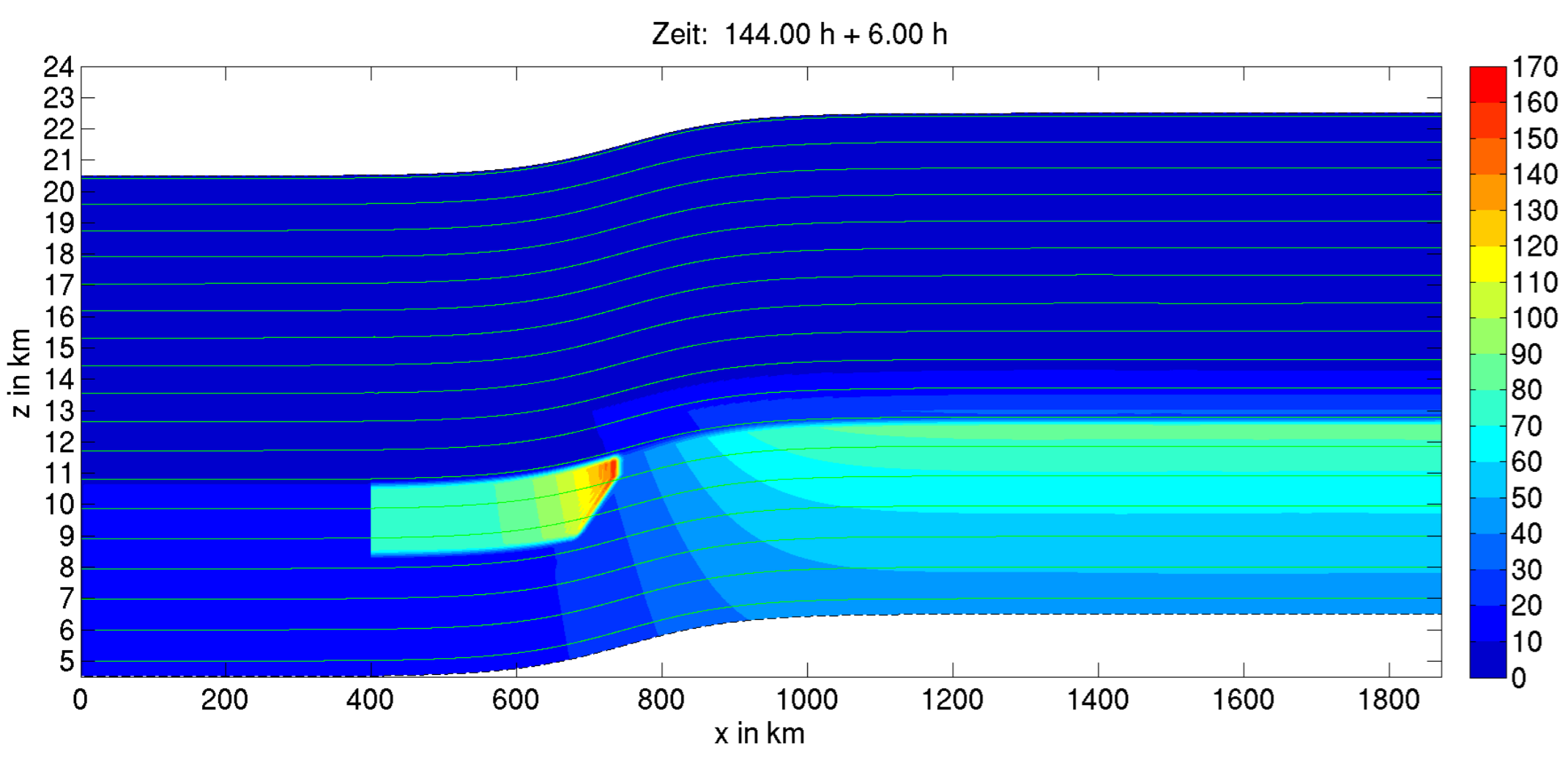


Abbildung 1: Relative Feuchte über Eis, 6 Stunden nach Beginn des Hauptlaufs

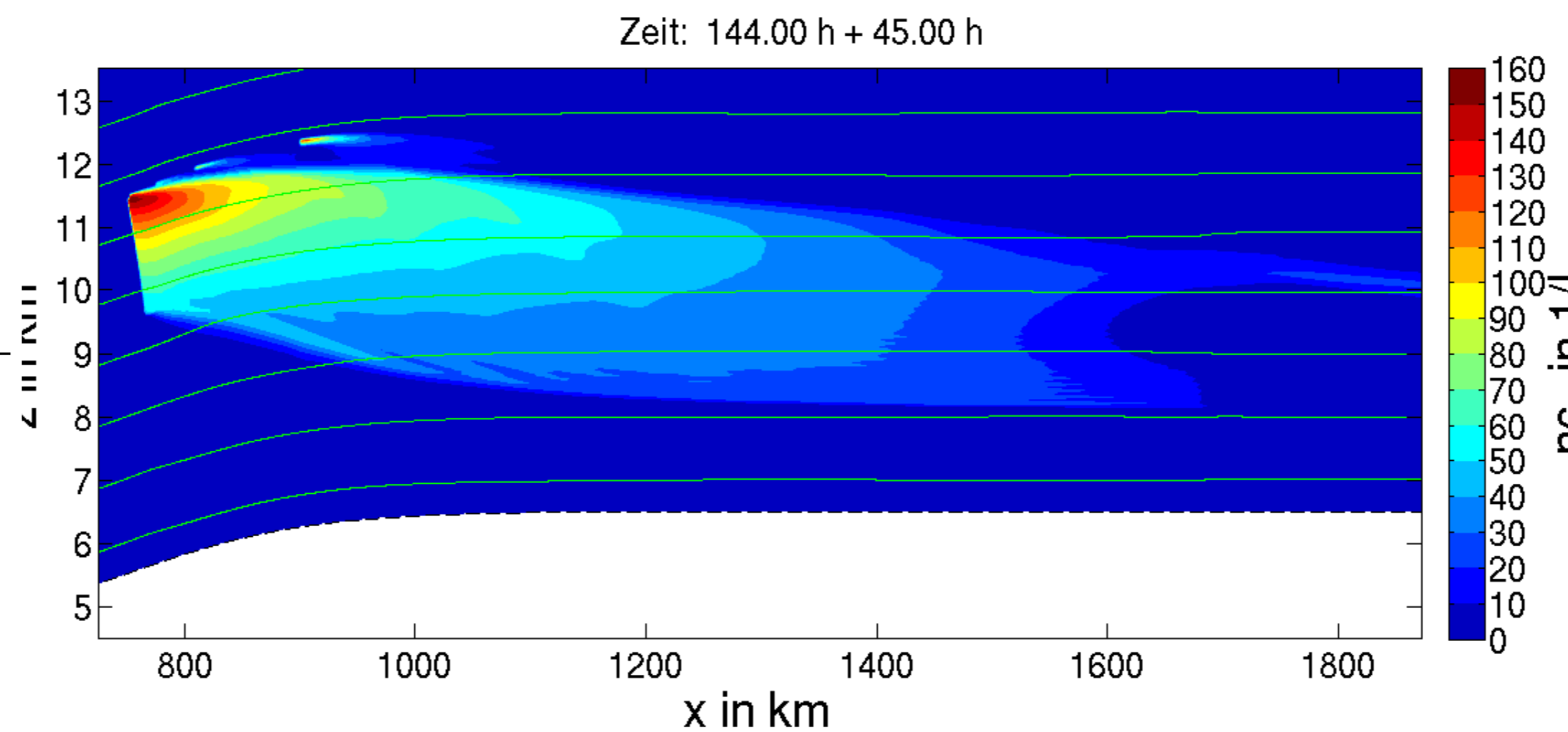


Abbildung 2: Anzahldichte der Eiskristalle (homogene Nukleation), 45 Stunden nach Beginn des Hauptlaufs

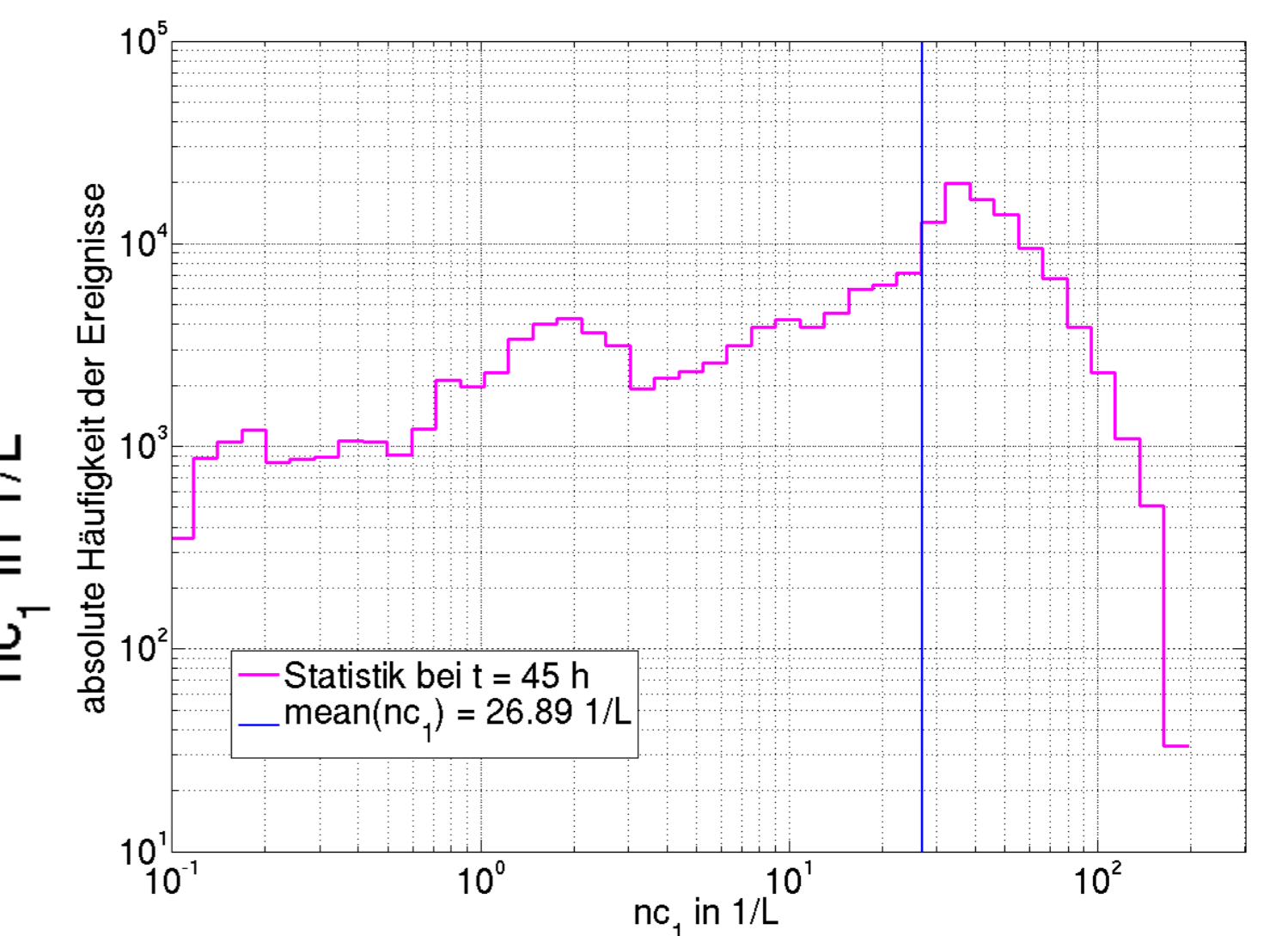


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Eiskristallanzahldichten, Mittelwert  $nc_1 = 26.89 \text{ L}^{-1}$

## Inhomogenitäten in Cirrus Wolken durch Kelvin Helmholtz Instabilitäten

Die starke Windscherung im Bereich des Jetstreams unterhalb der Tropopause kann zu dynamischer Instabilität und im Falle von Eisübersättigung auch zur Bildung von Cirrus Wolken führen.

Stark idealisiertes 2D-Setup in EULAG inkl. Mikrophysik:

- Horizontale Ausdehnung:  $L=20$  km mit 5 m Auflösung.
- Vertikale Ausdehnung; 4 bis 14 km mit 50 m Auflösung.
- Lokale Windscherung  $20 \text{ m s}^{-1} \text{ km}^{-1}$  und konstante Brunt Väisälä Frequenz von  $0.005 \text{ s}^{-1}$
- Schwefelsäureaerosol wird mit  $300 \text{ cm}^{-3}$  initialisiert
- 120 % Eisübersättigung im Bereich der stärksten Scherung

Die Rechnung wurde auf 256 Prozessoren durchgeführt, die jeweils eine Säule mit 16 horizontalen Gitterpunkten rechnen.

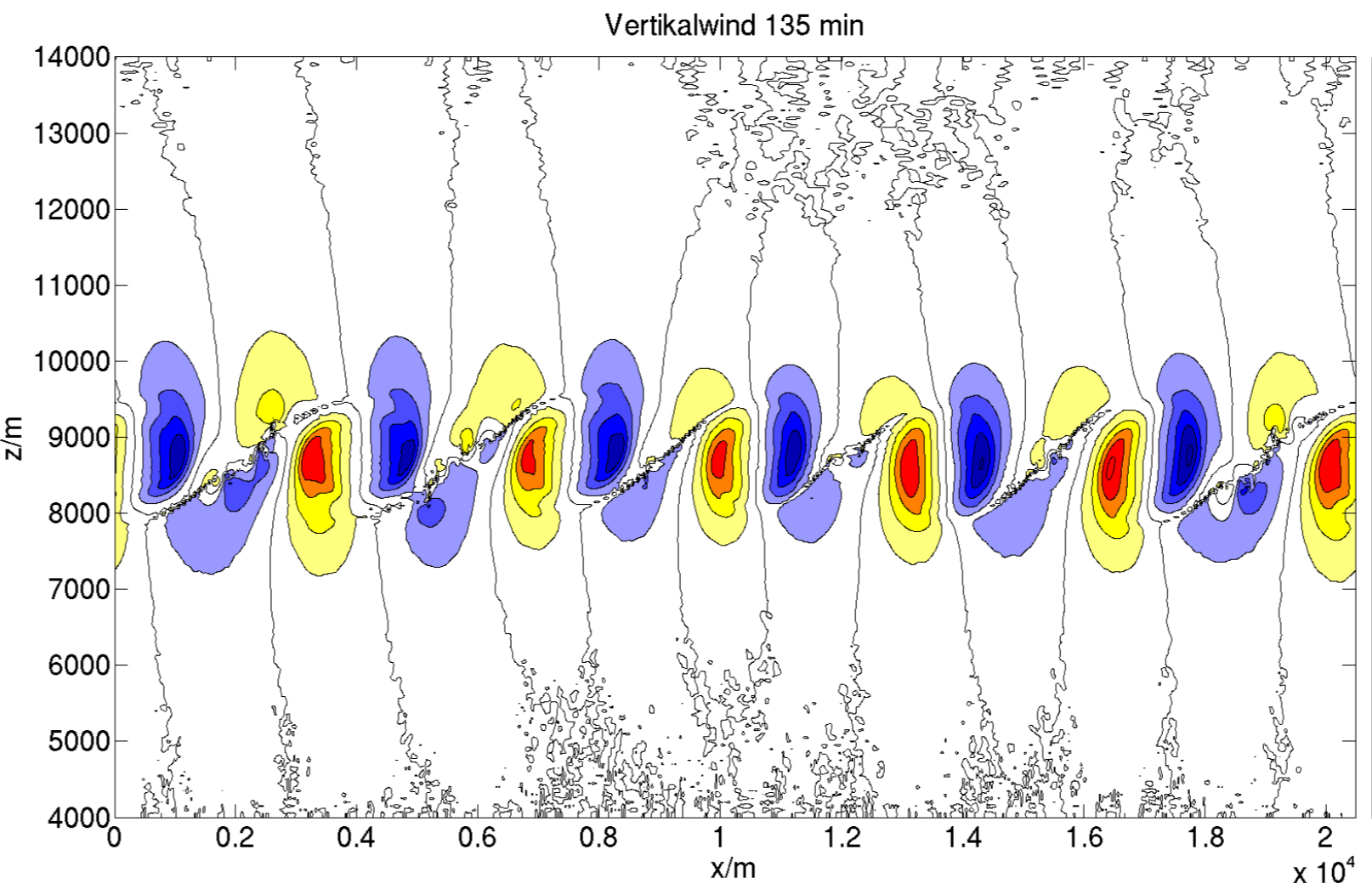


Abbildung 1 zeigt den Vertikalwind in m/s nach 135 Minuten Modellzeit. Man erkennt periodisch auf- und abwindbereiche, die durch Anwachsen von kleinen Störungen im Anfangszustand entstanden sind.

In den Aufwindbereichen werden durch adiabatisches Kühlen Eisübersättigungen von über 150% erreicht. Dadurch setzt homogene Nukleation ein, für deren Parametrisierung eine Gleichung von Koop verwendet wird.

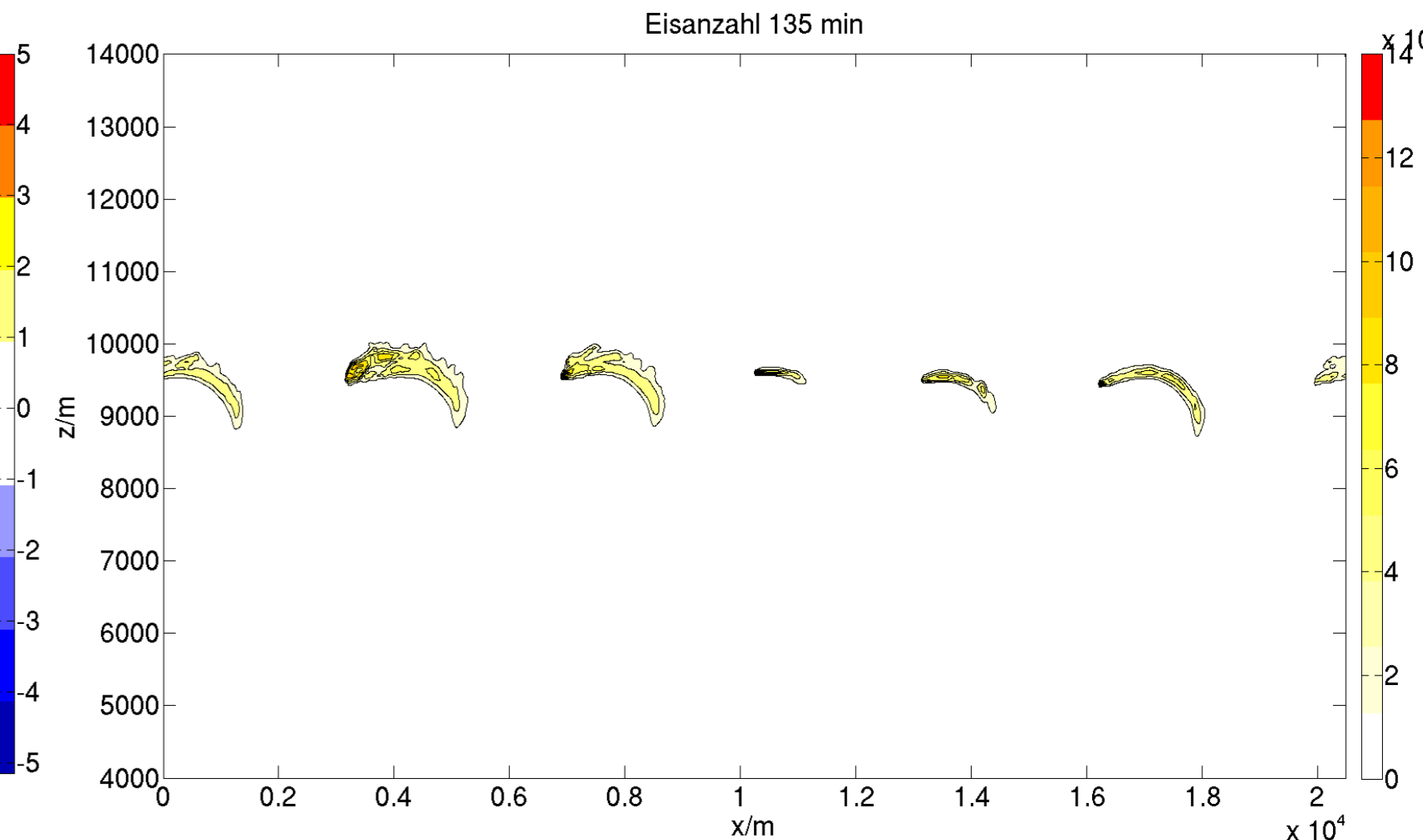


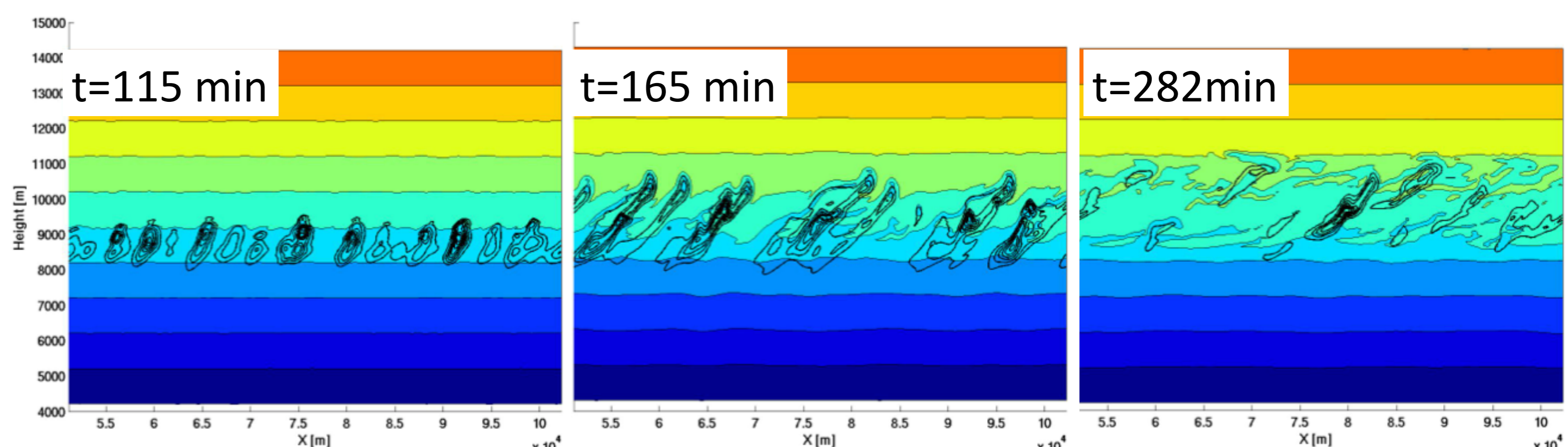
Abbildung 2 zeigt die Eisanzahlkonzentration in Teilchen pro Kubikmeter. Die Bereiche mit der höchsten Anzahlkonzentration fallen mit den Bereichen hoher Vertikalgeschwindigkeit und Übersättigung zusammen. Allerdings treten nennenswerte Konzentrationen von Eiskristallen auch im Abwindbereich auf, wohin sie durch Advektion und Sedimentation gelangen.

## Stratosphären-Troposphären-Austausch im Zusammenhang mit Zirruswolken

In der Umgebung von Tiefdruckgebieten ist der Massenfluss durch die Tropopause erhöht (Reutter et al., manuscript in preparation). Um herauszufinden welchen Einfluss Zirren in potentiell instabilen Regionen nahe der Tropopause auf den Austausch zwischen Stratosphäre und Troposphäre haben, wurden 2D Simulationen mit EULAG durchgeführt:

- Horizontale Ausdehnung:  $L=51.1$  km mit 100 m Auflösung.
- Vertikale Ausdehnung; 4 bis 14 km mit 50 m Auflösung.
- Simulationszeit: 400 min mit einem Zeitschritt von 1 s
- 2-Momenten Mikrophysik mit einem internen Zeitschritt von 0.1 s

➔ nächster Schritt: 3D Simulationen.



Oben: Zeitliche Entwicklung des Eisswassergehaltes (schwarze Linien) und eines höhenabhängigen Tracers (Farbe) nach 115, 165 und 282 min nach Simulationsbeginn. Hier ist deutlich eine Durchmischung in der Region der Zirren zu sehen.

Rechts: Verteilung des höhenabhängigen Tracer vor (blau) und nach (grün) der Simulation. Auch hier sieht man die vertikale Durchmischung der Luft im Bereich der Zirren.

