

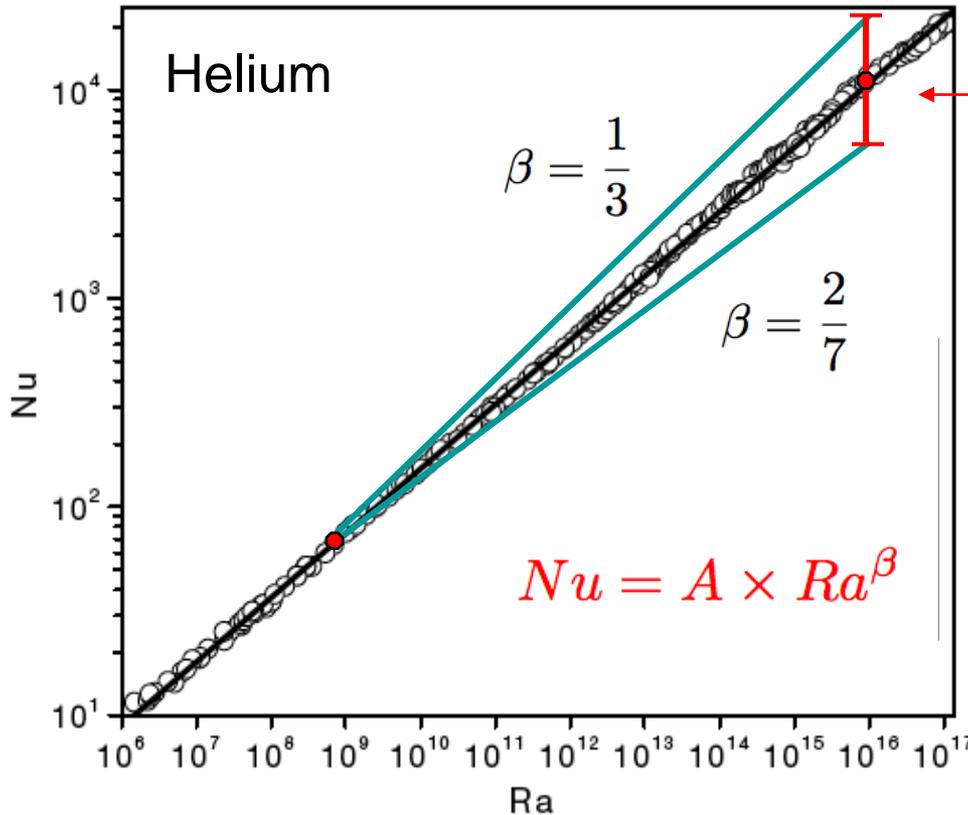
Rayleigh-Bénard Konvektion

RB 1: du Puits, Resagk, Thess (Ilmenau)

RB 2: Schumacher (Ilmenau)

Algebraisches Wärmetransportgesetz

Niemela, Skrbek, Sreenivasan & Donnelly, Nature 2000



mehr als 100% !

Nusseltzahl Nu

Rayleighzahl Ra

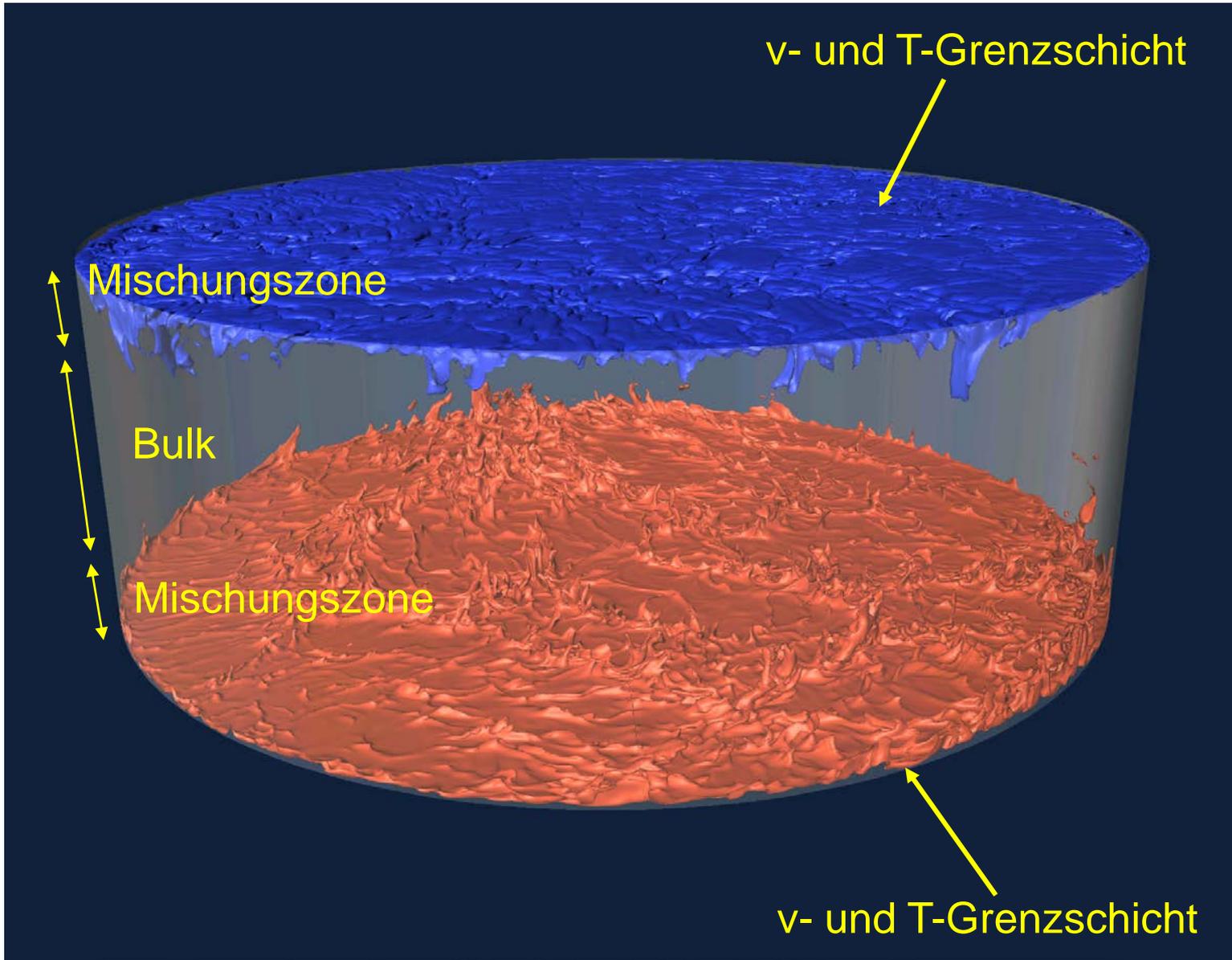
Algebraisches
Potenzgesetz
über 11

Größenordnungen!

→ Kleine Variationen im Exponenten des Transportgesetzes führen zur großen Unterschieden in der Nusseltzahl.

Hinter verschiedenen Exponenten β stecken unterschiedliche Grenzschichtmodelle

Wie wird Wärme transportiert?

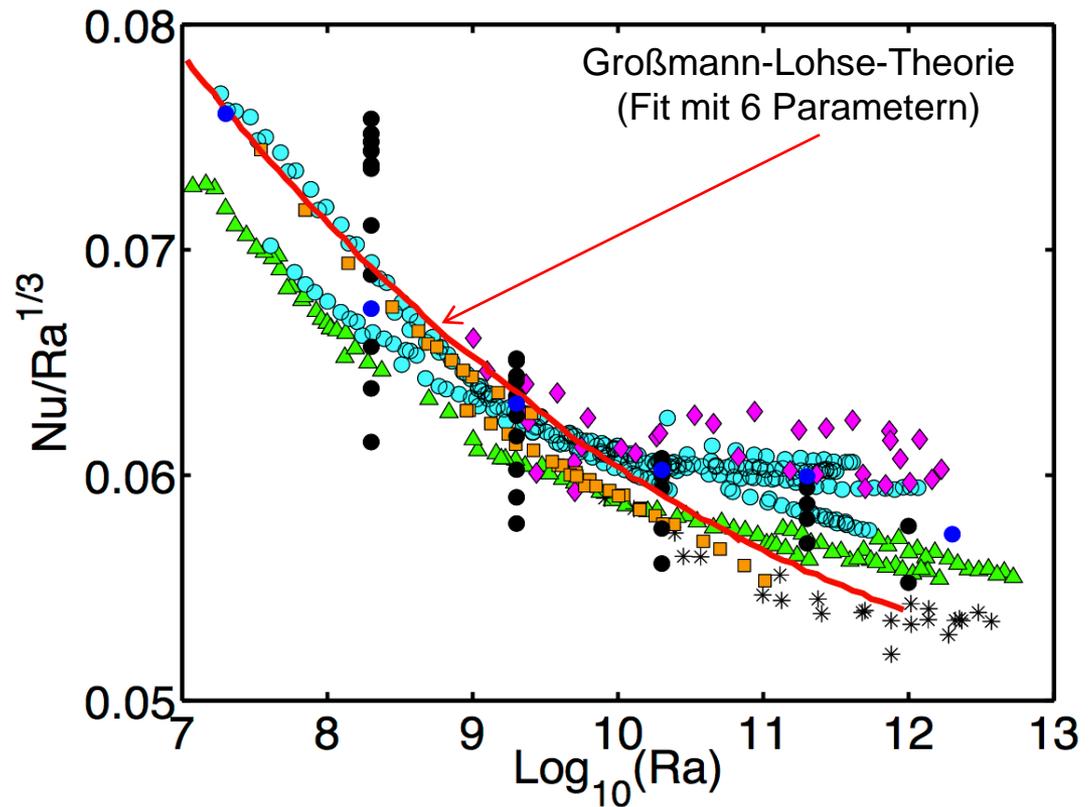


Effektive Skalenexponenten



Chillà & Schumacher
Invited Colloquium Paper
Eur. J. Phys. E, 2012

unterschiedliche Seitenverhältnisse
verschiedene Prandtlzahlen
thermische Leitfähigkeit der Seitenwände
unterschiedliche thermische Isolation



Welchen Einfluss haben die einzelnen Faktoren auf die effektiven Skalenexponenten?

Fragen

RB-1 und RB-2 wählen Konvektion in Luft bei $Pr=0.7$

- Wie hängt der globale Wärmetransport von Γ ab?

$$Nu = \frac{\langle u_z T(z) \rangle_{A,t} - \kappa \partial_z \langle T(z) \rangle_{A,t}}{\kappa \Delta T / H}$$

- Wie unterscheidet sich die Geschwindigkeitsschicht in Konvektion von einer reinen Strömungsschicht?

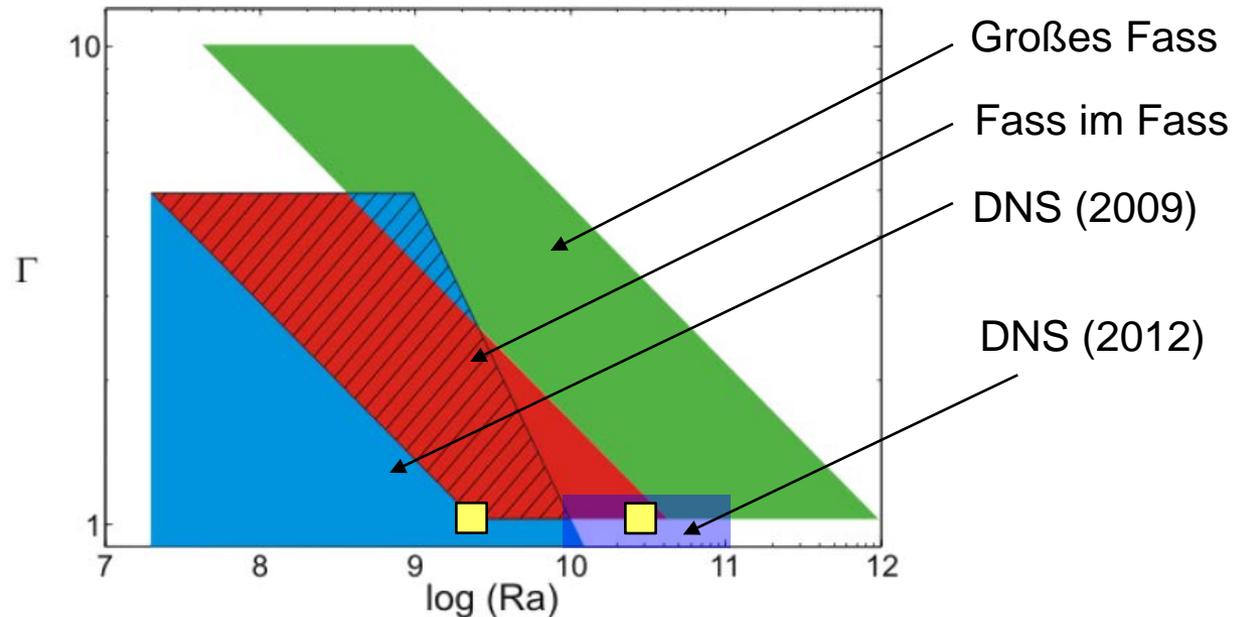
$$\langle u_i(z) \rangle_{A,t}, \langle u_i u_j(z) \rangle_{A,t}, \langle T(z) \rangle_{A,t}, C_{ij}(\vec{r}, t)$$

- Welchen Beitrag leisten kohärente wandnahe Strukturen zum globalen Transport?

$$\epsilon_T(\vec{x}) = \kappa (\nabla T(\vec{x}))^2, u_z T'(\vec{x})$$

Arbeitsplan (1. Projektphase)

RB-1/RB-2: Gemeinsamer Parameterbereich zur Analyse der Grenzschichten (v und T messen)



RB-1: Messung der Grenzschichtprofile und Fluktuationen

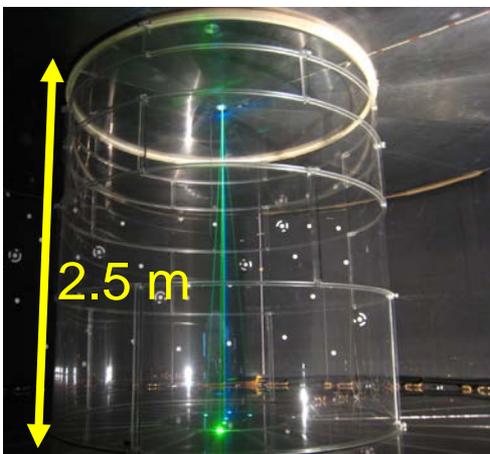
RB-2: Analyse der Dynamik kohärenter wandnaher Strukturen

RB-1/RB-2: Erste Ergebnisse für die Ercoftac-Datenbasis ablegen

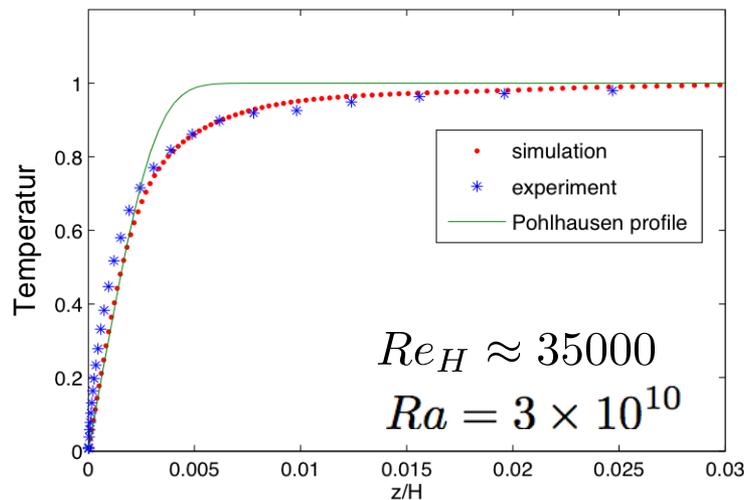
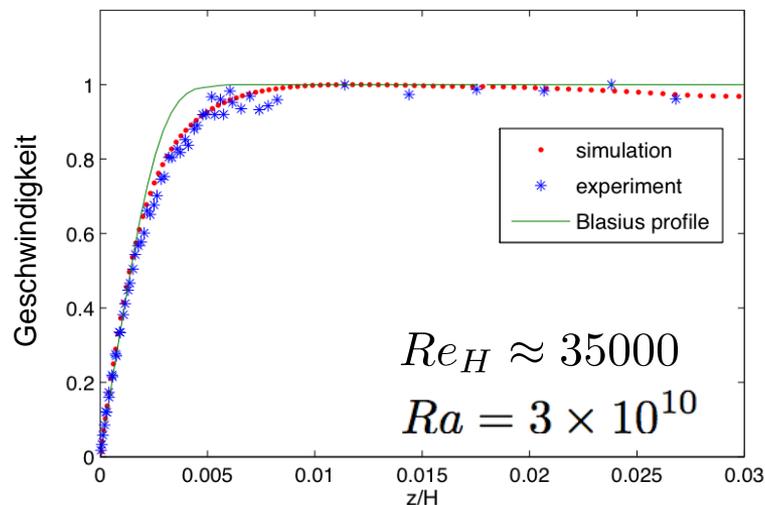
Grenzschichtstruktur im Vergleich

Li, Shi, du Puits, Resagk, Schumacher & Thess, Phys. Rev. E (2012)

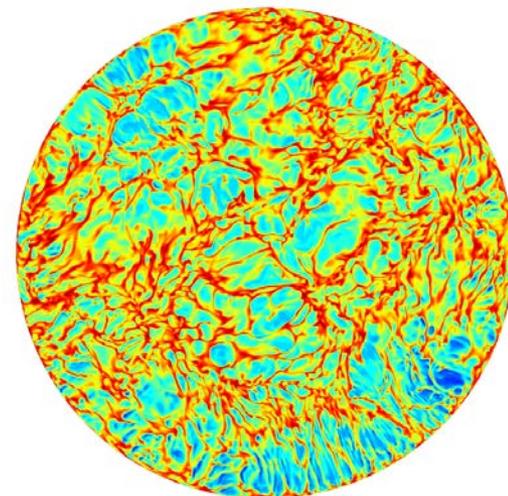
Experiment



Fass im Fass



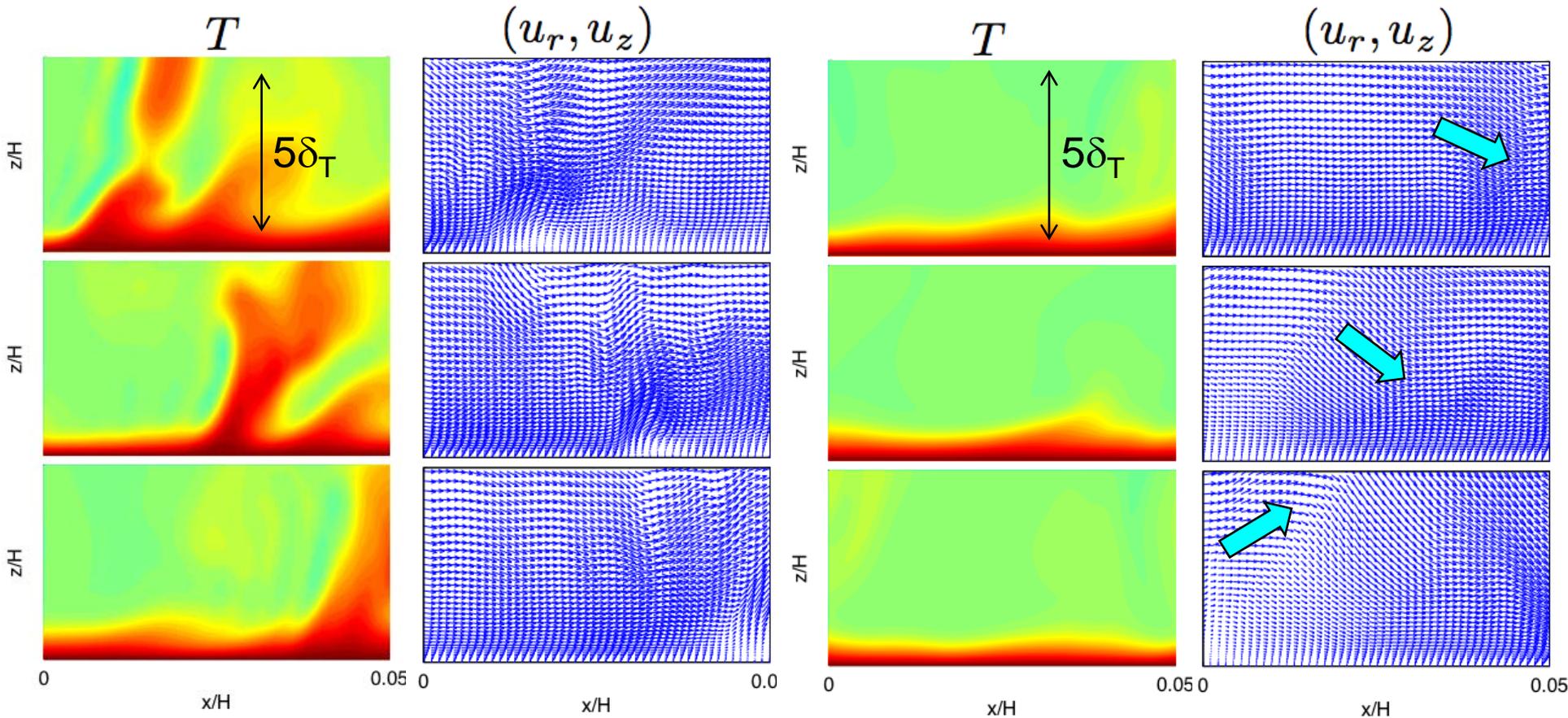
DNS



Geschwindigkeit und Temperaturprofile weichen systematisch von klassischer Prandtl-Blasius-Pohlhausen-Lösung ab

Plumeablösung und Relaminarisierung

Shi, Emran & Schumacher, *J. Fluid Mech.* (2012)



Starke Störung in Geschwindigkeit und Temperatur
Dreidimensionale Dynamik

Ein- und Ausströmungen in Grenzschichtregion
Kopplung an großskalige Zirkulation

Was haben wir in drei Jahren geschafft?

- Erstmalig umfassender direkter Vergleich Experiment-Simulation

PHYSICAL REVIEW E 86, 026315 (2012)

Boundary layer analysis in turbulent Rayleigh-Bénard convection in air: Experiment versus simulation

Ling Li, Nan Shi, Ronald du Puits, Christian Resagk, Jörg Schumacher, and André Thess
Institut für Thermo- und Fluidodynamik, Technische Universität Ilmenau, Postfach 100565, D-98684 Ilmenau, Germany
(Received 3 April 2012; published 31 August 2012)

- Qualitativ hochwertige Daten für ERCOFTAC

Case 90

<http://cfm.mace.manchester.ac.uk/cgi-bin/cfd/db/prpage.cgi?9...>

Viscous boundary layers in turbulent Rayleigh-Bénard convection

Experiments and DNS by L. Li, C. Resagk, R. du Puits, N. Shi, M. S. Emran, J. Schumacher, A. Thess

[Expand All Sections](#) [Data Directory](#) [View All Case Pages](#)

Description

[Collapse](#)

We study the velocity field in a large-scale Rayleigh-Bénard (RB) experiment (called "Barrel of Ilmenau") meeting two important criteria: a very high Rayleigh number of $Ra_{\max} = 10^{12}$ and a



ausgewählt für
Focus on Fluids

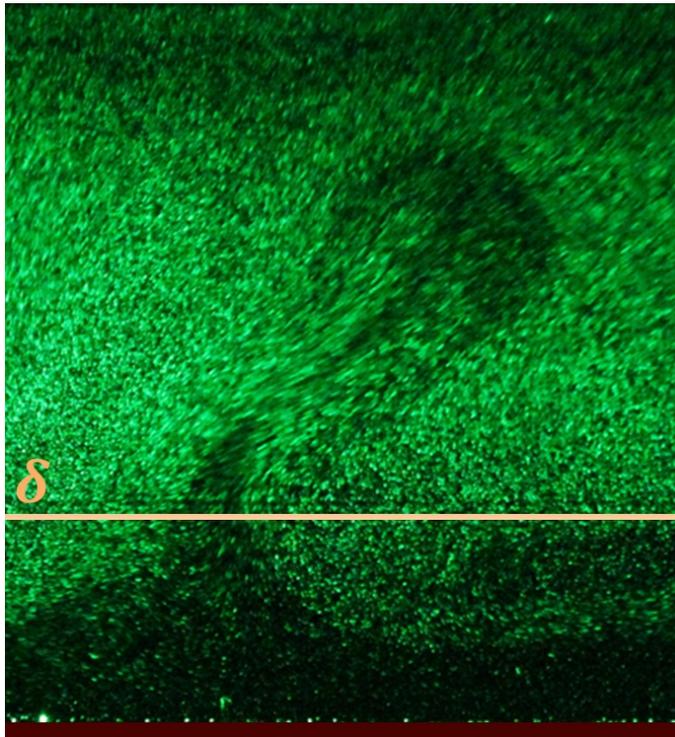
Messung wandnaher Strukturen

PIV Messungen von Wirbelstrukturen in Wandnähe

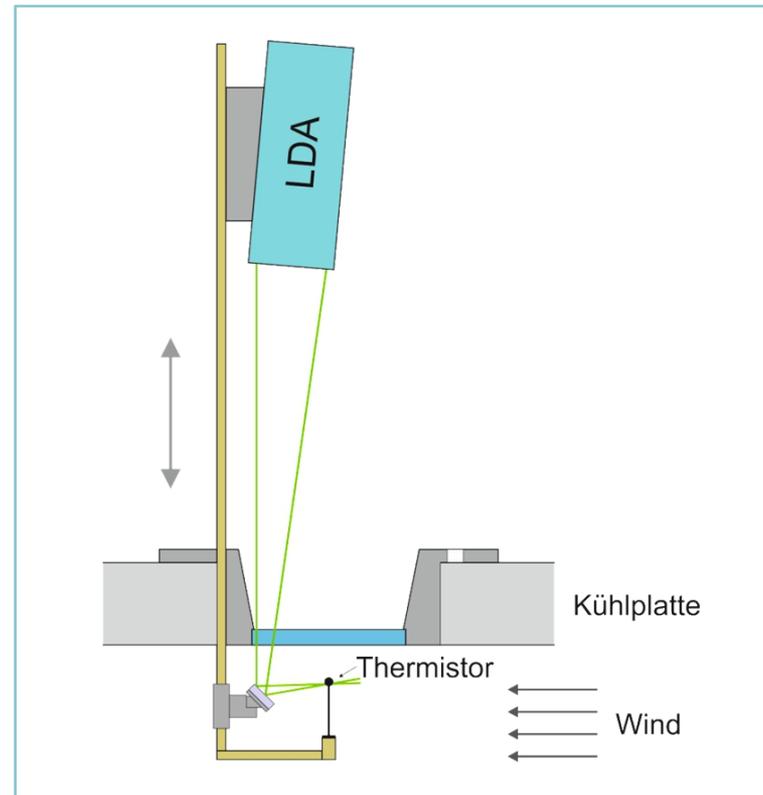
Simultane Messung der drei v-Komponenten und T zur Bestimmung des lokalen konvektiven Wärmestroms $u_z T$ und der Korrelationen

Bedeutung wandnaher Strukturen für Statistik/Transport

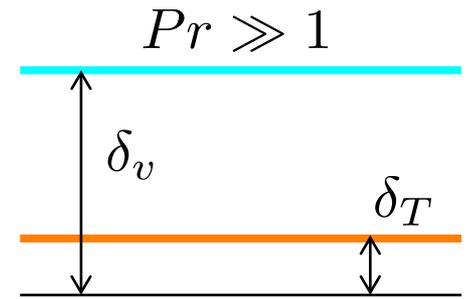
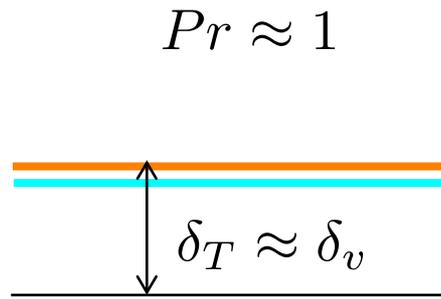
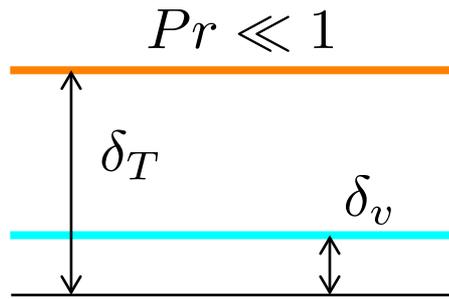
→ Großgeräteantrag zu Stereo-PIV



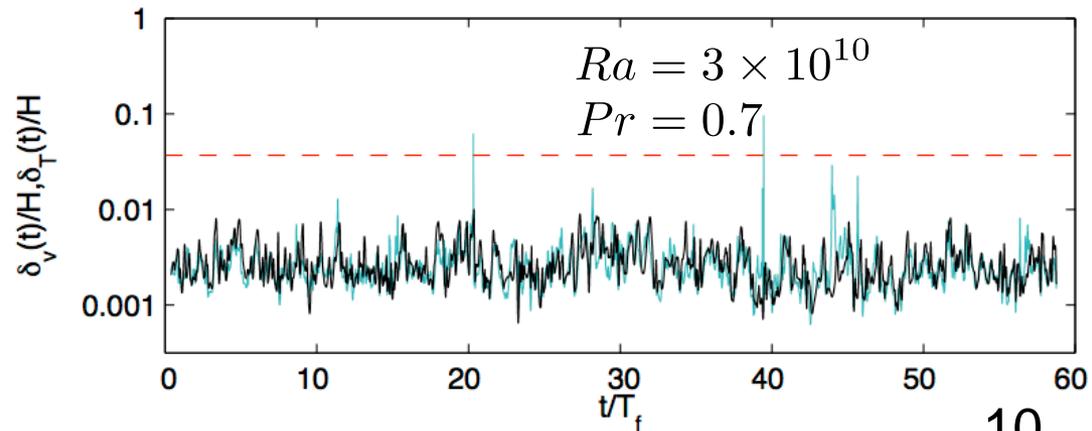
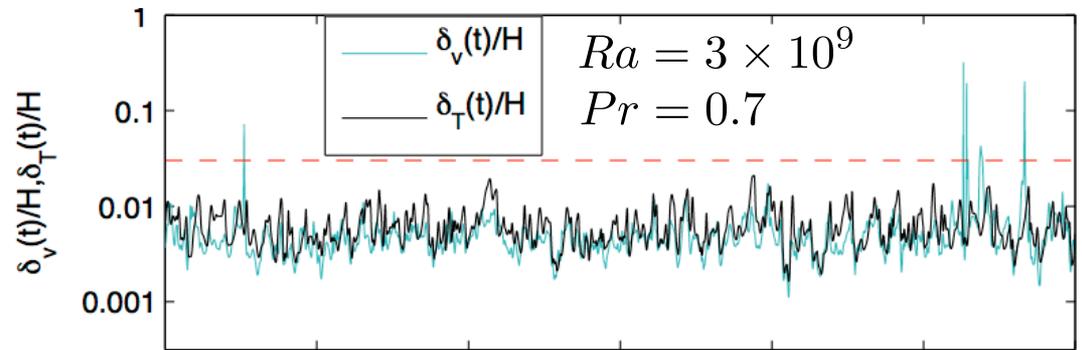
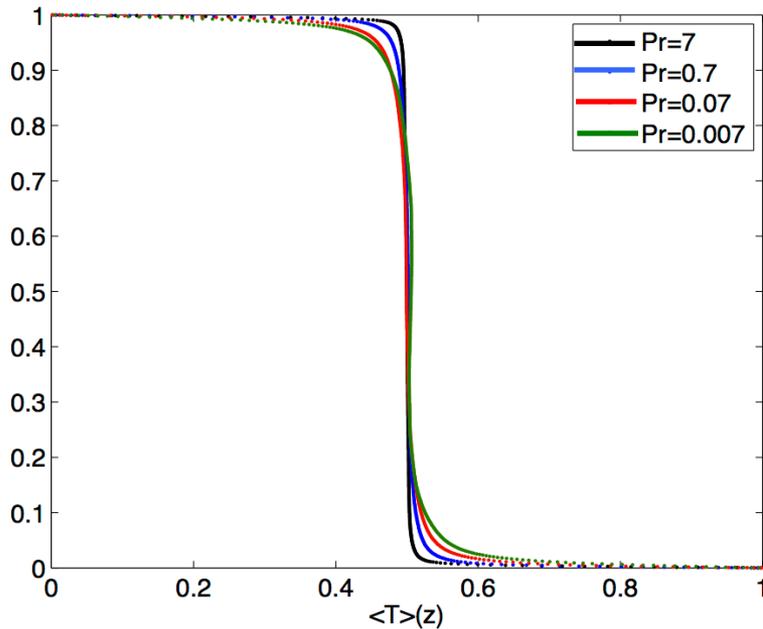
2d PIV-Schnitt



Abhängigkeit von Prandtlzahl



$Ra = 3 \times 10^9$

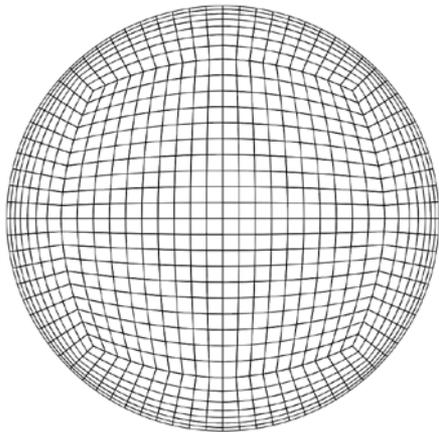


Anwachsen transienter Fluktuationen

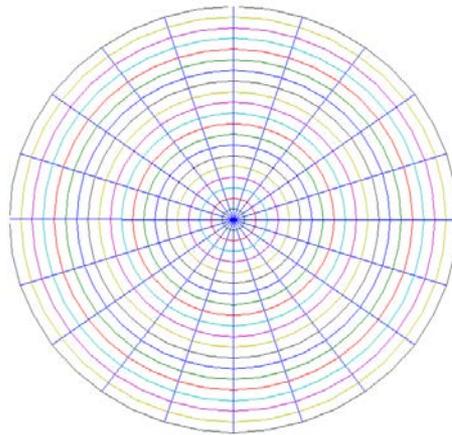
Wie wachsen die Fluktuationen der lokalen Wärmeströme mit Ra ?

Wie vollzieht sich der Turbulenzübergang in den Grenzschichten?

DNS des **ultimativen Regimes** turbulenter Konvektion?



Spektrale Elemente



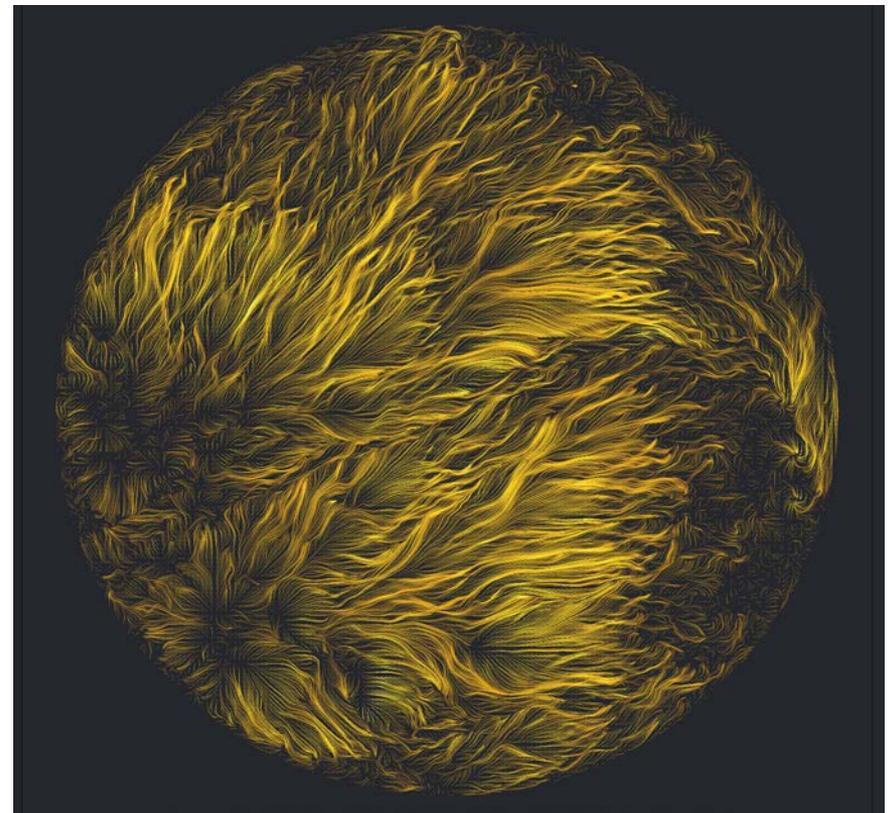
Finite Differenzen

Beispiel für $Ra=10^{12}$ bei $\Gamma=1$:

128³ Elemente

Lagrangepolynome der 10. Ordnung

65536 Prozessorkerne auf BG/Q



Stromlinien in Grenzschicht

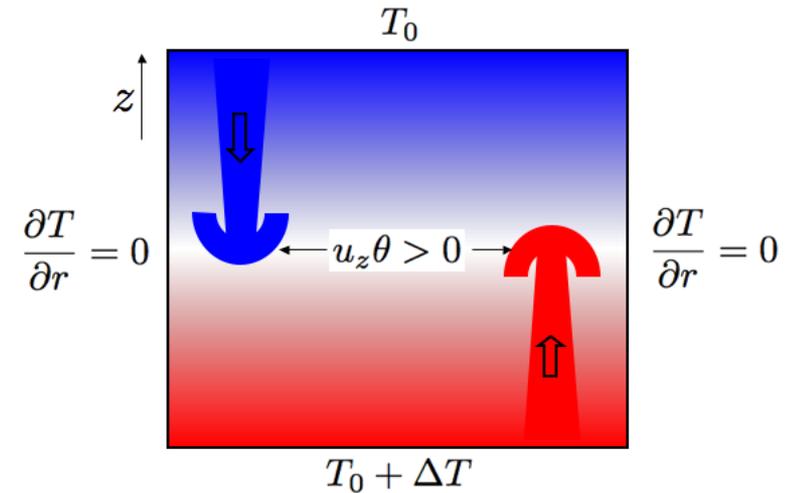
Fragen in RB

- RB-1: Experimentelle Untersuchung wandnaher Transport- und Strukturbildungsprozesse in turbulenter RB-Konvektion (du Puits, Resagk, Thess)
 - PIV Messungen zur Dynamik der Wirbelstrukturen in Nähe der Wand
 - Statistik des lokalen konvektiven Wärmestromes
 - Abhängigkeit der Grenzschichtdynamik vom Seitenverhältnis
- RB-2: Numerische Untersuchung wandnaher Transport- und Strukturbildungsprozesse in turbulenter RB-Konvektion (Schumacher)
 - Analyse des Wärmestromes und seiner Statistik
 - Prandtlzahlabhängigkeit der Grenzschichtdynamik
 - Transiente Dynamik der Grenzschicht bei wachsenden Rayleighzahlen
 - Bedeutung wandnaher Strukturen für Statistik und Transport im Vergleich mit **TC/RS**

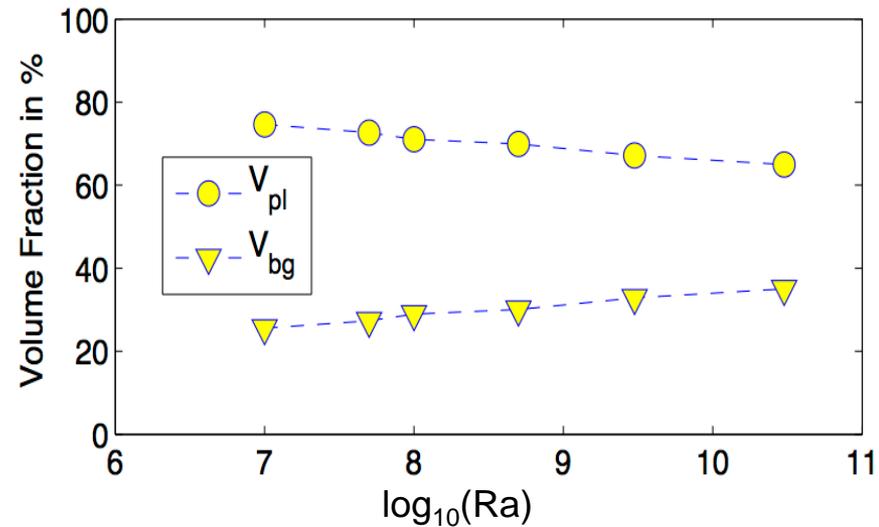
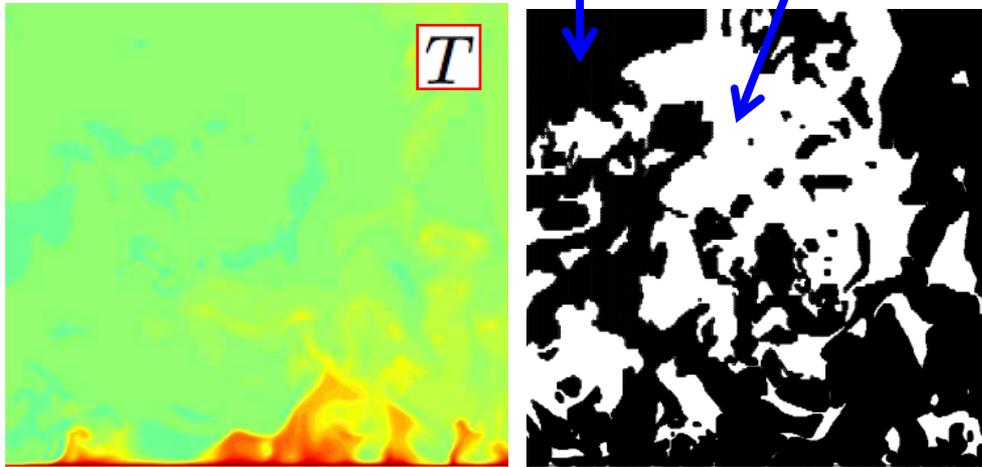
Auf Plumes konditionierte Statistik

$$V_{pl} = \{\vec{x} \in V : u_z \theta > 0\}$$

$$V_{bg} = V \setminus V_{pl} = \{\vec{x} \in V : u_z \theta \leq 0\}$$



$$u_z \theta > 0 \quad u_z \theta < 0$$



Wie unterscheiden sich die Fluktuationen in beiden Teilgebieten und mit welchem Gewicht tragen sie zur Gesamtstatistik bei?