

Fortgeschrittenenpraktikum Physik

Optische Strömungsmessung mit der Particle Image Velocimetry (PIV)

Sebastian Wilken

Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg, Institut für Physik

21. Januar 2008

Inhalt

Untersuchung des Lasers

Maximale Ausgangsleistung

Spektrallinien

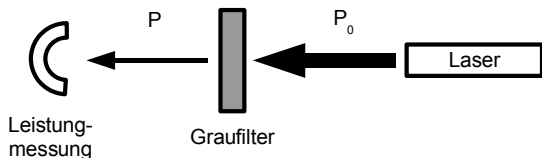
Erzeugung des Lichtschnittes

Strahlprofil des Lichtschnittes

PIV am Teilchenblock

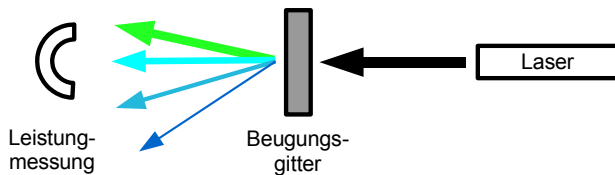
PIV an der Rayleigh-Bénard-Konvektionszelle

Maximale Ausgangsleistung des Lasers



- ▶ Messung mit Leistungsmessgerät ($P_{max} = 50 \text{ mW}$)
- ▶ Daher Abschwächung des Laserlichtes mit Graufiltern
- ▶ Extinktion der Graufilter: $E = \log\left(\frac{P_0}{P}\right)$; $E = 1,97 \pm 0,01$
- ▶ Maximale Ausgangsleistung: $P_{0,max} = P \cdot 10^E$
- ▶ Messergebnis: $P_{0,max} = 1,77 \pm 0,09 \text{ W}$

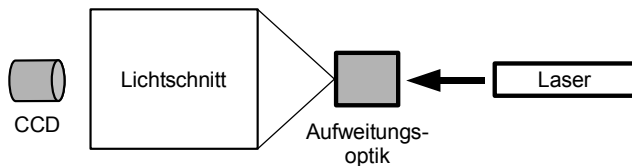
Spektrallinien des Lasers



- ▶ Ar⁺⁺-Laser emittiert vier dominierende Wellenlängen
- ▶ Aufspaltung durch holografisches Beugungsgitter

λ / [nm]	Farbe	P / [μ W]
514,5	grün	$803 \pm 0,5$
488,0	türkis	$246 \pm 0,2$
476,5	hellblau	$156 \pm 0,2$
457,9	blau/violett	$11,2 \pm 0,1$

Erzeugung des Lichtschnittes

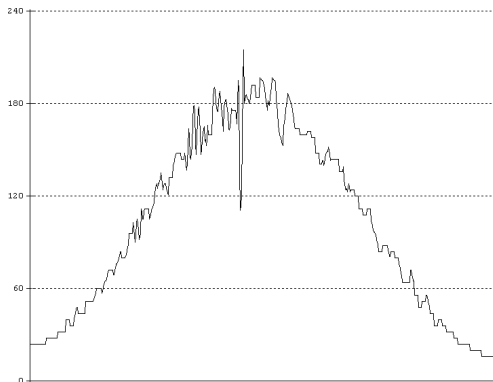


- ▶ Aufweitungs-optik: Mikroskopobjektiv (20-fach) und Lochblende (Lochdurchmesser $d = 20 \mu\text{m}$)
- ▶ Drei Aufnahmen des Lichtschnittes mit der CCD-Kamera:
 - ▶ 25 mm vor dem Fokus
 - ▶ direkt im Fokus
 - ▶ 25 mm nach dem Fokus



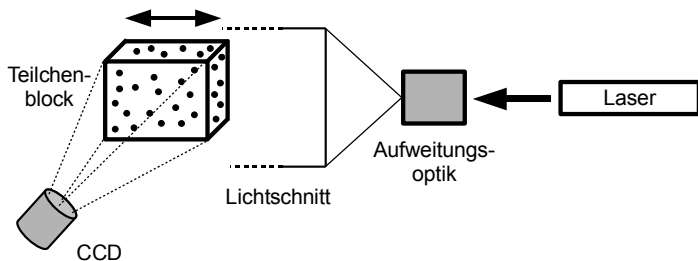
- ▶ Bestimmung der Breite des Lichtschnittes durch Ablesen am PC und Umrechnung $\text{px} \rightarrow \text{mm}$
- ▶ Breite im Fokus: $0,072 \pm 0,018 \text{ mm}$

Strahlprofil des Lichtschnittes

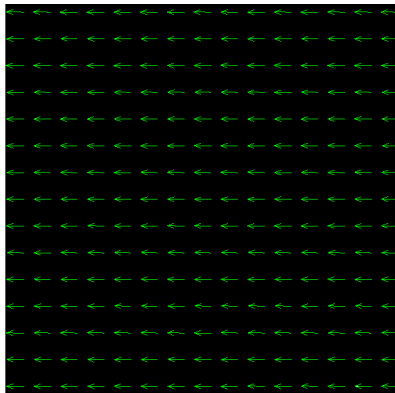
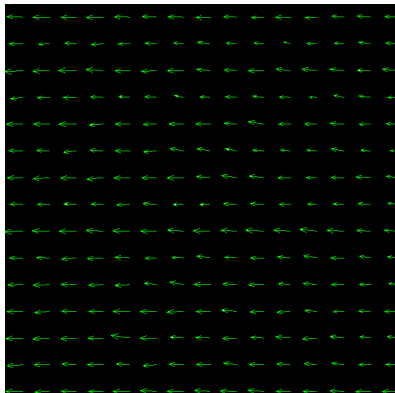


- ▶ Histogramm der Graustufen (0 bis 255) im Fokus des Lichtschnittes
- ▶ Ein gaußförmiger Verlauf ist zu erkennen

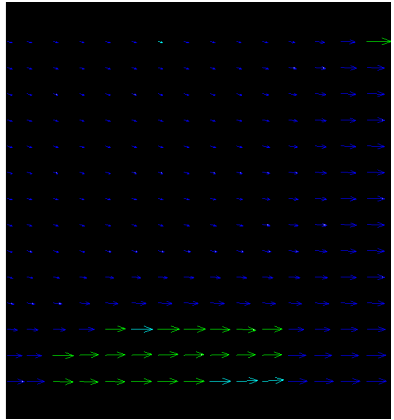
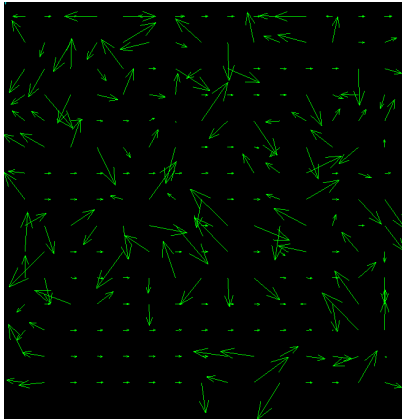
PIV am Teilchenblock



- ▶ Verschiebung des Teilchenblocks simuliert laminare Strömung
- ▶ Zunächst Kalibrierung: Abbildungsmaßstab $M = 19,92 \text{ px/mm}$
- ▶ Nun Vermessung von drei Verschiebungen mittels PIV

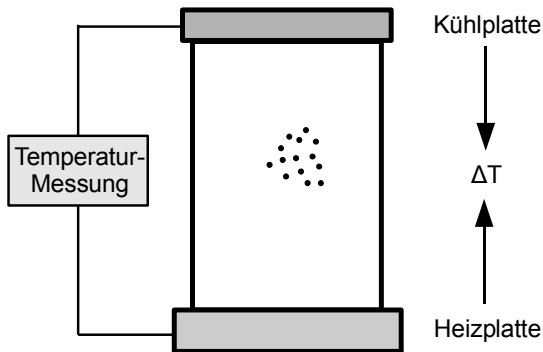


Grafik	Verschiebung / [μm]	Messwert / [μm]
links	$10 \pm 2 \mu\text{m}$	$8,5 \pm 1,5 \mu\text{m}$
rechts	$100 \pm 2 \mu\text{m}$	$101,9 \pm 2,0 \mu\text{m}$

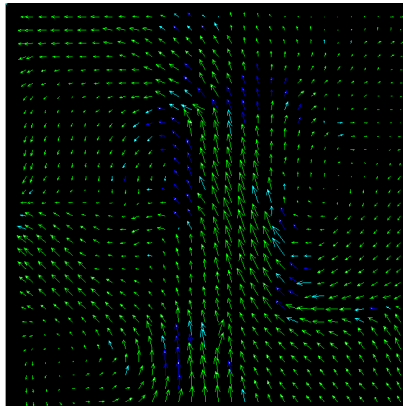
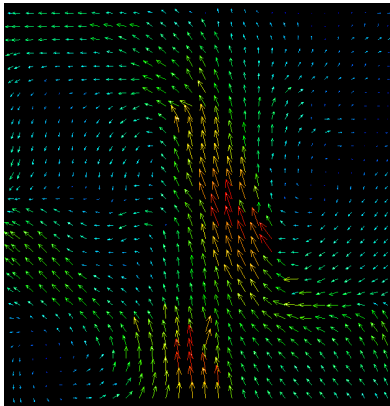


- ▶ Eingestellte Verschiebung: $3 \cdot 10^3 \pm 2 \mu\text{m}$
- ▶ Verschiebung liegt im Bereich der Abfragefenster-Größe
- ▶ Keine sichere Detektierung der Verschiebung möglich
- ▶ Verbesserung durch „Outlier-Check“ (rechts)

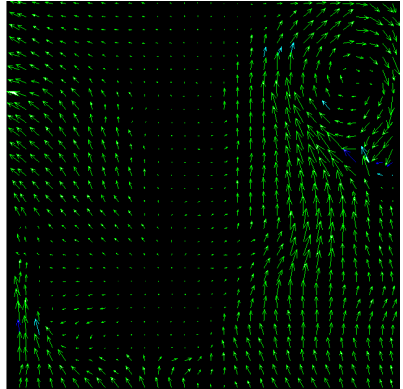
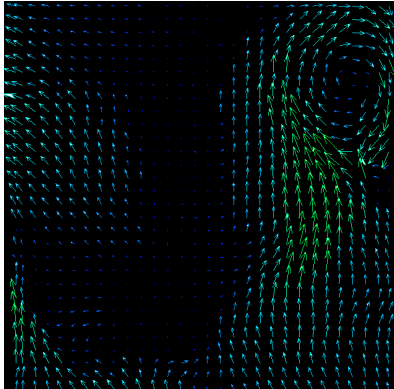
PIV an der Rayleigh-Bénard-Konvektionszelle



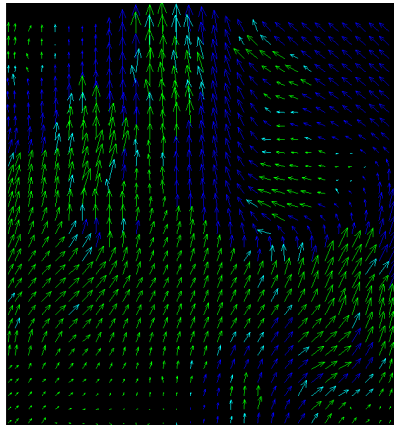
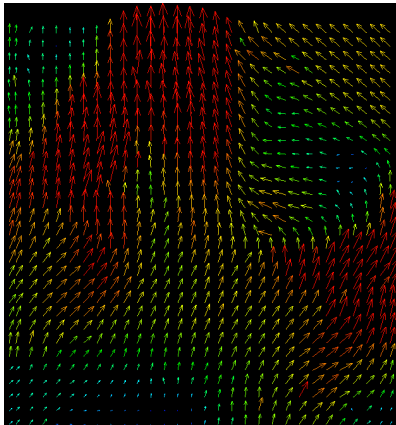
- ▶ Beispiel für eine reale Strömungssituation
- ▶ Durchmesser der Streuteilchen: 9 - 13 μm
- ▶ Abbildungsmaßstab: $M = 15,14 \text{ px/mm}$



- ▶ Situation: Direkt unter Kühlplatte, $\Delta T = 10 \text{ K}$
- ▶ Geschwindigkeiten relativ gering; wenig Interpolation
- ▶ Strömung steigt zur Kühlplatte auf, verzweigt sich dort, fällt wieder ab und bildet Wirbel



- ▶ Situation: Am rechten Rand der Zelle, $\Delta T = 9\text{ K}$
- ▶ Geschwindigkeiten relativ gering; wenig Interpolation
- ▶ Strömung steigt am Rand der Zelle auf, ein großer Wirbel ist zu erkennen



- ▶ Situation: In der Mitte der Zelle, $\Delta T = 32\text{ K}$
- ▶ Geschwindigkeiten relativ groß; viele Interpolationen
- ▶ Strömung steigt nach oben auf, im rechten Bereich ist ein „Schlenker“ zu erkennen