

HM 132 Vertikale Visualisierung von Strömungsfeldern



Feine Gasbläschen eignen sich hervorragend zur Visualisierung von Strömungsfeldern. Aufgrund von Analogien können viele Strömungsvorgänge, die in Luft ablaufen, auch durch Experimente in Wasser demonstriert werden.

Der Versuchsstand HM132 enthält eine vertikale Versuchsstrecke, in die ein austauschbares Modell eingesetzt wird. Die

Versuchsstrecke wird von unten nach oben mit Wasser durchströmt. Elektrolytisch erzeugte Wasserstoffbläschen steigen mit der Strömung auf, umströmen das Modell und visualisieren so die Strömung.



Bewegung erfassen

Strömungen lassen sich durch mitschwimmende Partikel oder Gasbläschen sichtbar machen. Diese Partikel oder Gasbläschen müssen so klein sein, dass sie der Strömung ohne Verzug folgen.

Wichtig für die Sichtbarmachung ist ein guter Kontrast zum Fluid. Gasblasen reflektieren durch ihre Kugelform sehr gut das Licht und bieten einen hervorragenden Kontrast.



Elektrolytisch erzeugte Wasserstoffbläschen als Kontrastmittel.

Lerninhalte / Übungen

- Stromlinienverlauf bei der Umströmung bzw. Durchströmung von Modellen
- Strömungsablösung
- Wirbelbildung, Demonstration von Karman'schen Wirbeln
- qualitative Beobachtung der Geschwindigkeitsverteilung bei laminarer Strömung
- Analogie zur Luftströmung
- zusammen mit Spezialkamera (z.B. PCO Pixelfly) und geeigneter Software (z.B. ImageJ):
 - ▶ bildverarbeitende Auswertung der Versuche (particle image velocimetry, particle tracking velocimetry)



Optionales Zubehör: Spezialkamera

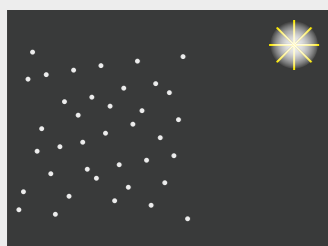
HM 132 Vertikale Visualisierung von Strömungsfeldern

Arbeiten mit Belichtungszeiten t_B

Es ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, einen Bewegungsvorgang zu erfassen. Mit der Belichtungszeit wird die Dauer einer Aufnahme gesteuert. Die Intensität und Dauer

der Belichtung innerhalb der Belichtungszeit bestimmt, wie sich die Bewegungsvorgänge in der Fotografie abbilden.

Kurze t_B : stehendes Bild



Lange t_B : Bewegungsunschärfe entsteht



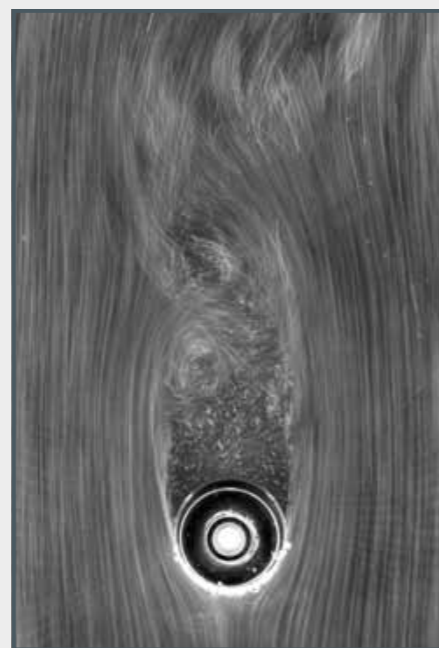
Belichtungszeit t_B Variabel. Beleuchtung Konstant.

$v = 7 \text{ cm/s}$



$t_B = 1/200 \text{ s}$

Momentaufnahme mit einzelnen Bläschen



$t_B = 1/5 \text{ s}$

Verdeutlichung von Wirbelstrukturen



$t_B = 1/1 \text{ s}$

Sichtbarmachung des beeinflussten Bereichs

Mit einer Kamera mit einstellbarer Belichtungszeit t_B kann auf einfache Weise der Strömungszustand als Bild festgehalten werden. Einzelne Blasen können zu Linien verschmieren.

Sind die Linien noch klar zu trennen, kann aus dem Abbildungsmaßstab, der Linienlänge (-breite) und der Belichtungszeit die Geschwindigkeit der Blasen berechnet werden.

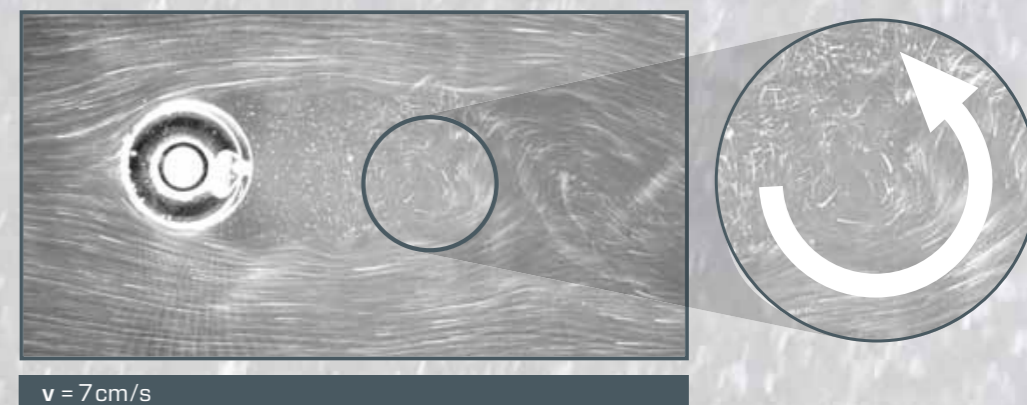
Particle Tracking Velocimetry – PTV

Bewegungsunschärfe bekommt Richtungsinformation durch abnehmende Beleuchtungsintensität



Belichtungszeit t_B Variabel. Beleuchtung Dimmen.

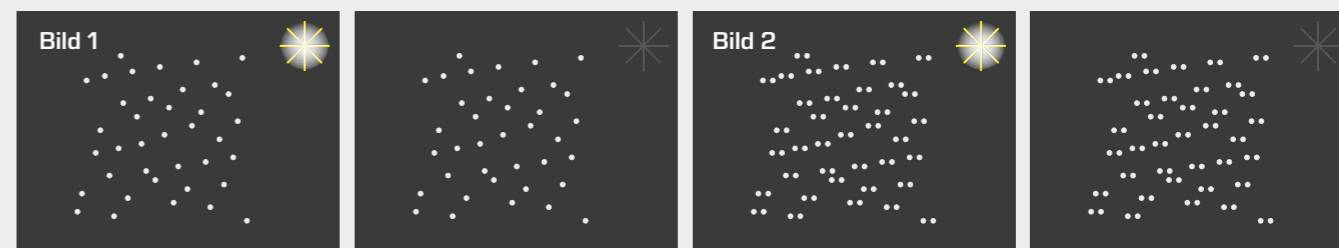
Durch Dimmen der Beleuchtung innerhalb der Belichtungszeit erzeugen die Bläschen Linien im Bild. Das Verblassen der Linien zeigt in Strömungsrichtung. Die Länge der Linien ist proportional zur Geschwindigkeit.



$v = 7 \text{ cm/s}$

Particle Image Velocimetry – PIV

Doppelbild. Für gewöhnlich in zwei Bilddateien angelegt.



Belichtungszeit t_B Kurz, doppelt. Beleuchtung Kurz, intensiv.

Software vergleicht zwei kurz hintereinander aufgenommene Bilder. Bewegungsrichtung und Betrag der Blasenmuster werden berechnet. Mit dem Abbildungsmaßstab und dem Zeitversatz zwischen den Bildern kann die Geschwindigkeit ermittelt werden.

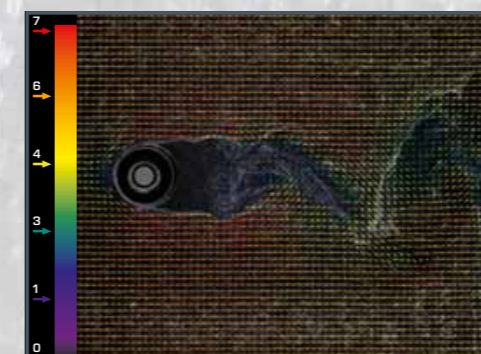


Bild mit ImageJ, PIV erstellt

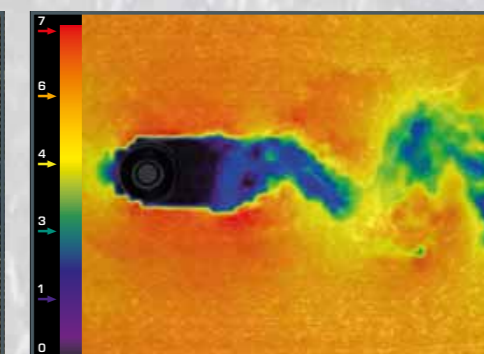


Bild mit ImageJ, PIV erstellt