

# Particle Image Velocimetry

Laura Roth, Otto Schmölder, Manfred Aubermann, 18.07.2013

Institute for Multiscale Simulation, Engineering of Advanced Materials, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Ziel** des Projektes ist es, den Durchfluss verschiedener Granulate durch verschiedene Silos (unterschiedlicher Ablusswinkel) zu charakterisieren und dessen Geschwindigkeiten zu ermitteln

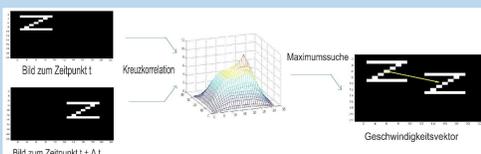
## Was ist 'Particle Image Velocimetry' ?

Particle Image Velocimetry ist eine Methode zur Untersuchung der Geschwindigkeit bewegter Partikel in einem System

- Aufnahme mehrerer Bilder pro Sekunde, welche dann mithilfe eines Computerprogramms ausgewertet werden

## Theoretische Grundlagen

Auswertung mittels sogenannter Kreuzkorrelation



$$\theta(m, n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} f(k, l)g(k+m, l+n) \rightarrow \text{Korrelationsfunktion}$$

'f' und 'g' stehen für Funktionen, die Bilder in Graustufen darstellen

- Vergleich zweier Bilder zum Zeitpunkt t und t + Δt (Untersuchen eines bestimmten Ausschnitts)

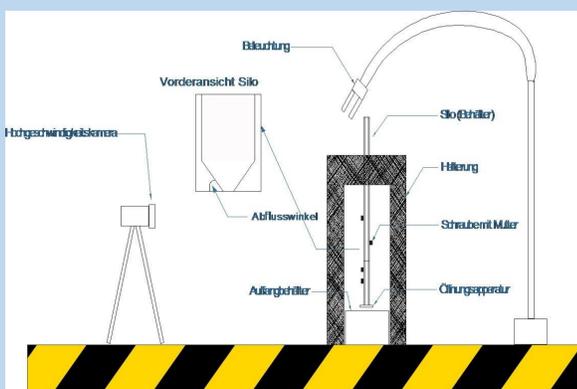
- Man multipliziert die beiden Funktionen miteinander und integriert anschließend das erhaltene Produkt
- Suchen nach dem Maximum der Integration
- Mithilfe des Maximums wird Verschiebungsvektor erstellt

Für eine gute Darstellung des Granulatflusses müssen verschiedene Einstellungen vorgenommen werden:

- maximale Verschiebung Δx eines Partikels darf Größe des untersuchten Ausschnitts nicht übersteigen
- Partikelgröße des Granulats darf Minimum nicht unterschreiten, da der Granulatfluss sonst nicht mehr detektiert werden kann
- Zeitabstand Δt, der zwischen den einzelnen Bildern gewählt wird, lässt sich mithilfe der erwarteten gemittelten Flussrate 'u', der maximalen Verschiebung Δx und einem Faktor 'M' berechnen, wobei M die Anzahl an Pixeln per Millimeter angibt

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{M \cdot u}$$

## Versuchsaufbau



	Silo 1	Silo 2	Silo 3
Abflusswinkel	15°	45°	60°

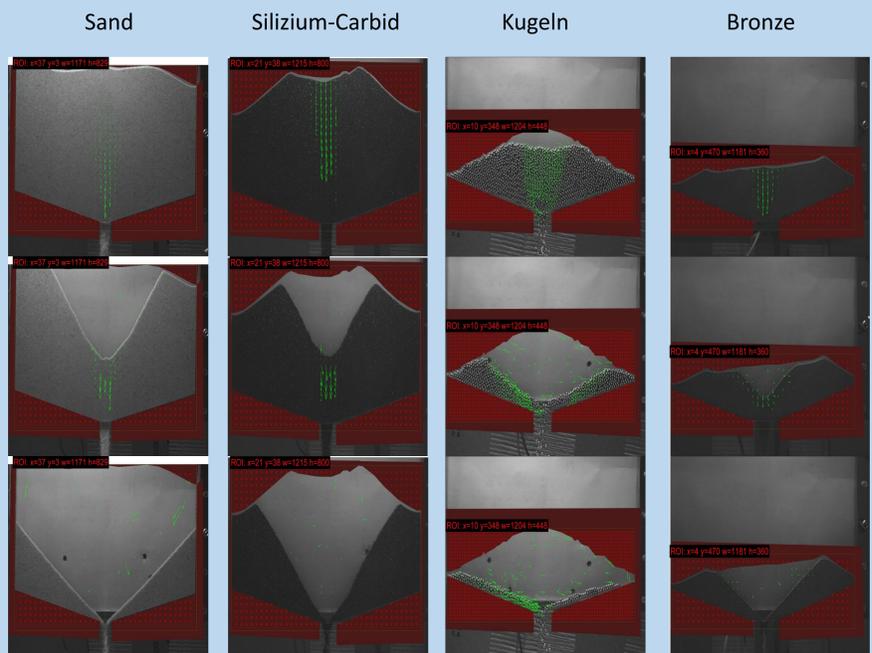
	Sand	Silizium-Carbid	Kügelchen	Bronze
Partikelgröße	300 μm	120 μm	2 mm	120 μm

## Fazit

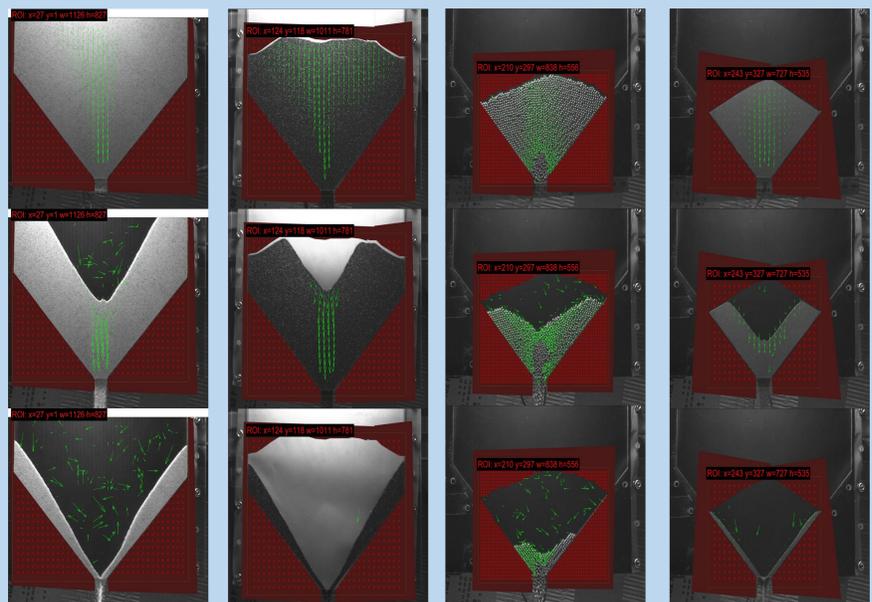
PIV ist eine gute Methode, um die Strömung von Granulaten zu charakterisieren und dadurch letztendlich die Form des Silos zu optimieren.

Mithilfe der Ergebnisse erkennt man, dass Silo 2 (45° Winkel) aufgrund der hohen Durchflussrate am geeignetsten ist.

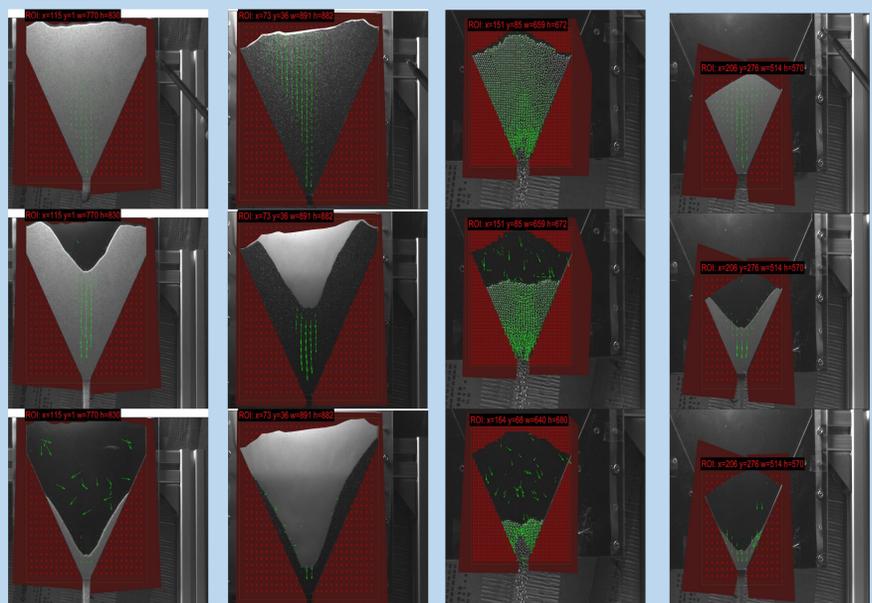
## Ergebnisse



Silo 1	Sand	Silizium-Carbid	Kugeln	Bronze
u in mm/s	45	70	50	105
Δx in Pixel	64	80	64	72



Silo 2	Sand	Silizium-Carbid	Kugeln	Bronze
u in mm/s	45	83	56	126
Δx in Pixel	90	80	64	80



Silo 3	Sand	Silizium-Carbid	Kugeln	Bronze
u in mm/s	36	65	45	108
Δx in Pixel	64	72	48	72

## Quellen

- [1] [http://www.hep.physik.uni-freiburg.de/fp/Versuche/FP2/FP2-13\\_PIV/Anleitung.pdf](http://www.hep.physik.uni-freiburg.de/fp/Versuche/FP2/FP2-13_PIV/Anleitung.pdf) S.1 (aufgerufen am 05.07.2013)
- [2] F. Ulissi, I. Ippolito, A. Calvo, PIV Technique applied to granular flows in hoppers, 2009
- [3] <http://bibliothek.fzk.de/zb/berichte/FZKA7266.pdf> S. 10-12 (aufgerufen am 05.07.2013)
- [4] <http://pivlab.blogspot.de/> (aufgerufen am 05.07.2013)