

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

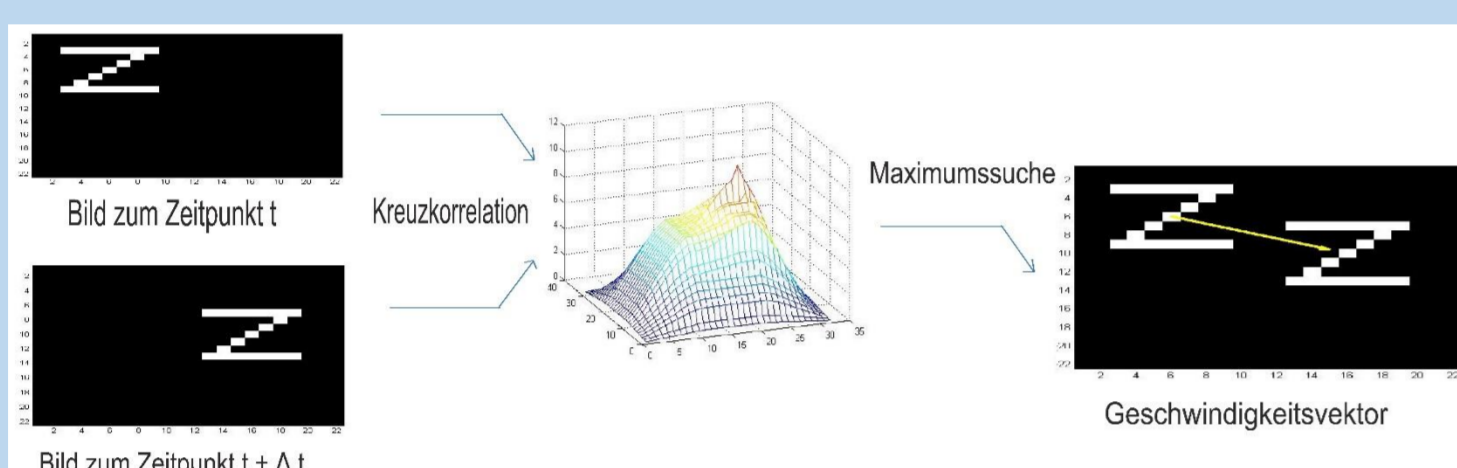
Was ist 'Particle Image Velocimetry' ?

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)

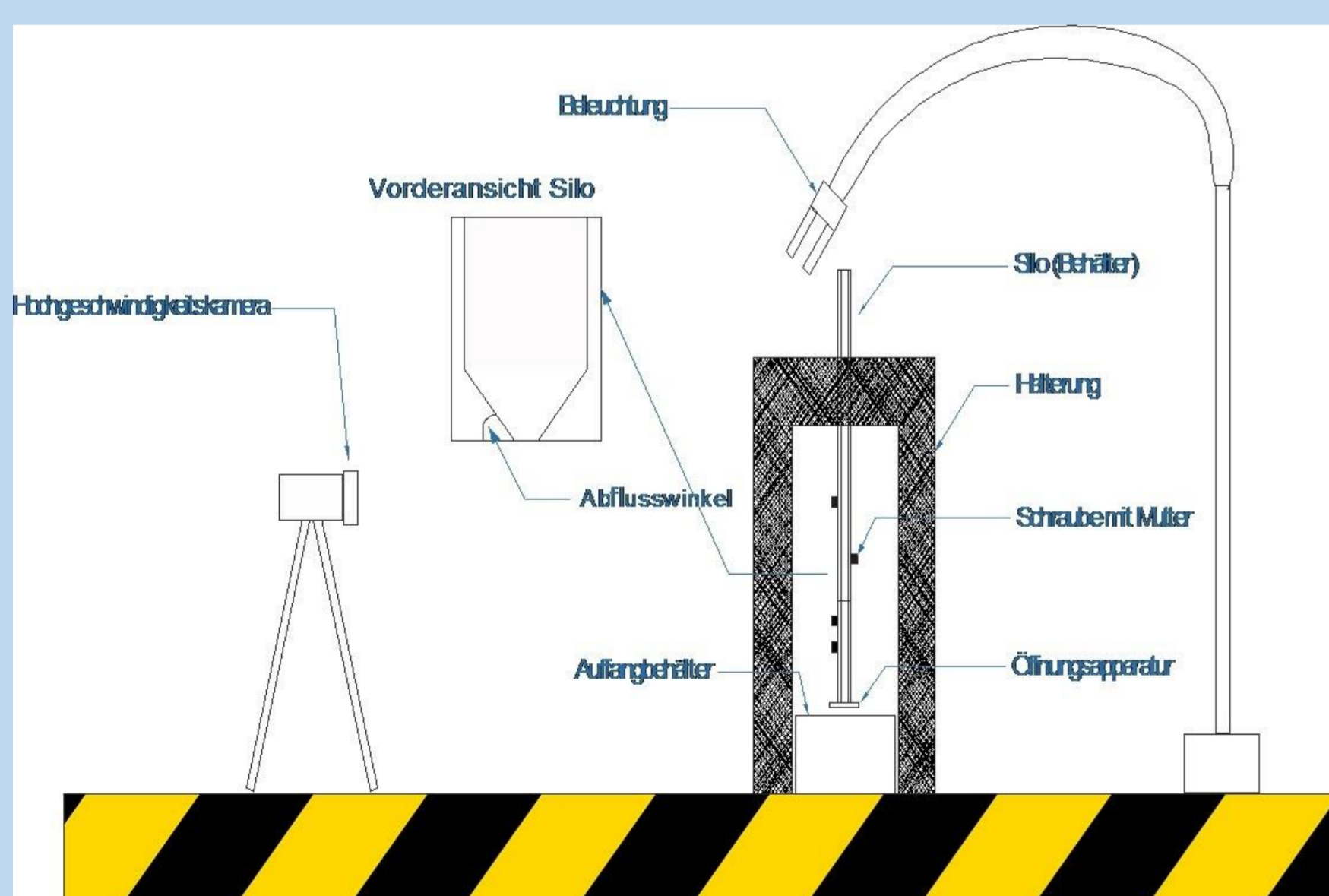
- Man multipliziert die beiden Funktionen miteinander und integriert anschließend das erhaltene Produkt
- Suchen nach dem Maximum der Integration
- Mithilfe des Maximums wird Verschiebungsvektor erstellt

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
Ablusswinkel	15°	45°	60°

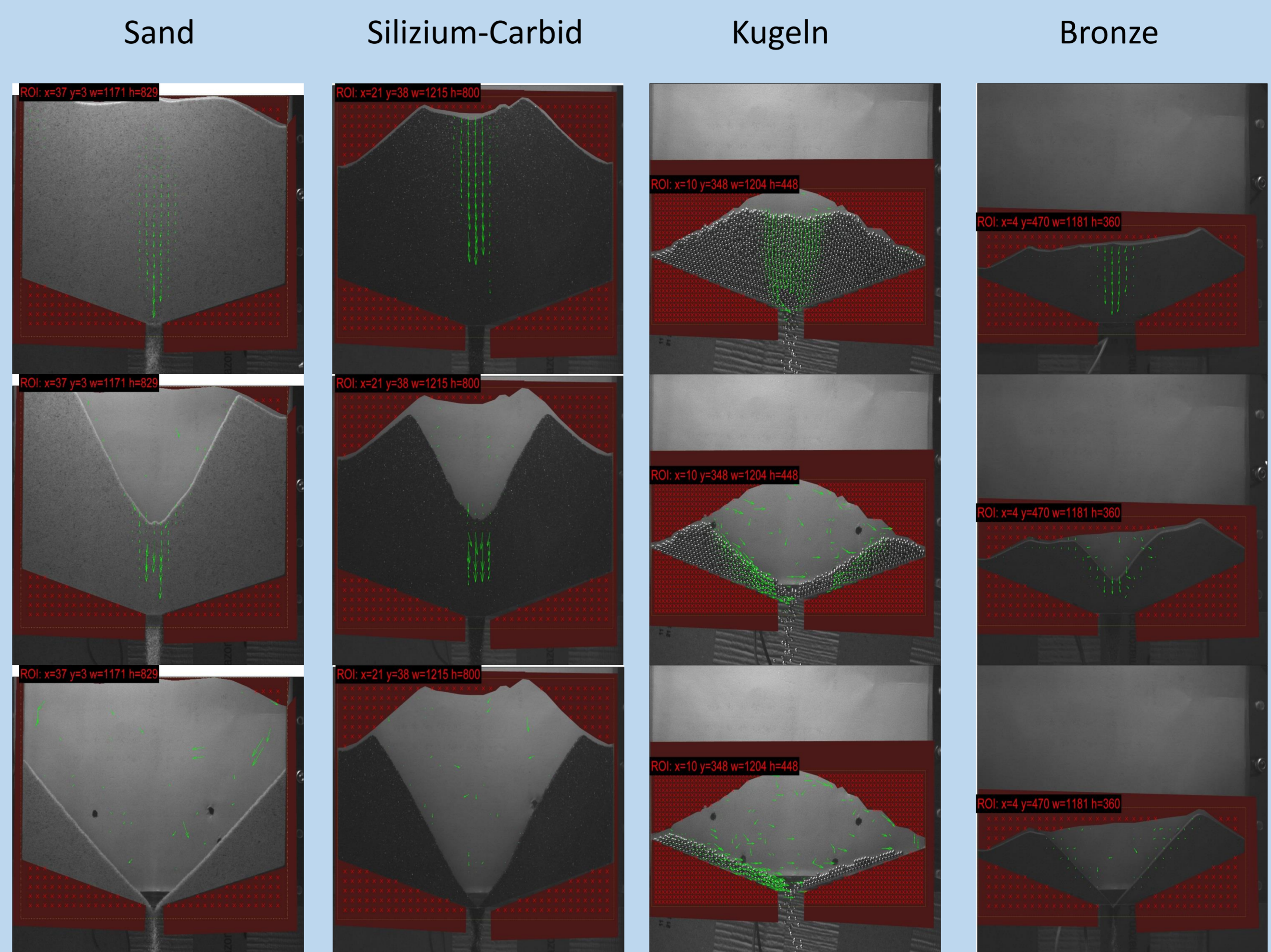
	Sand	Silizium-Carbid	Kügelchen	Bronze
Partikelgröße	300 μm	120 μm	2 mm	120 μm

Fazit

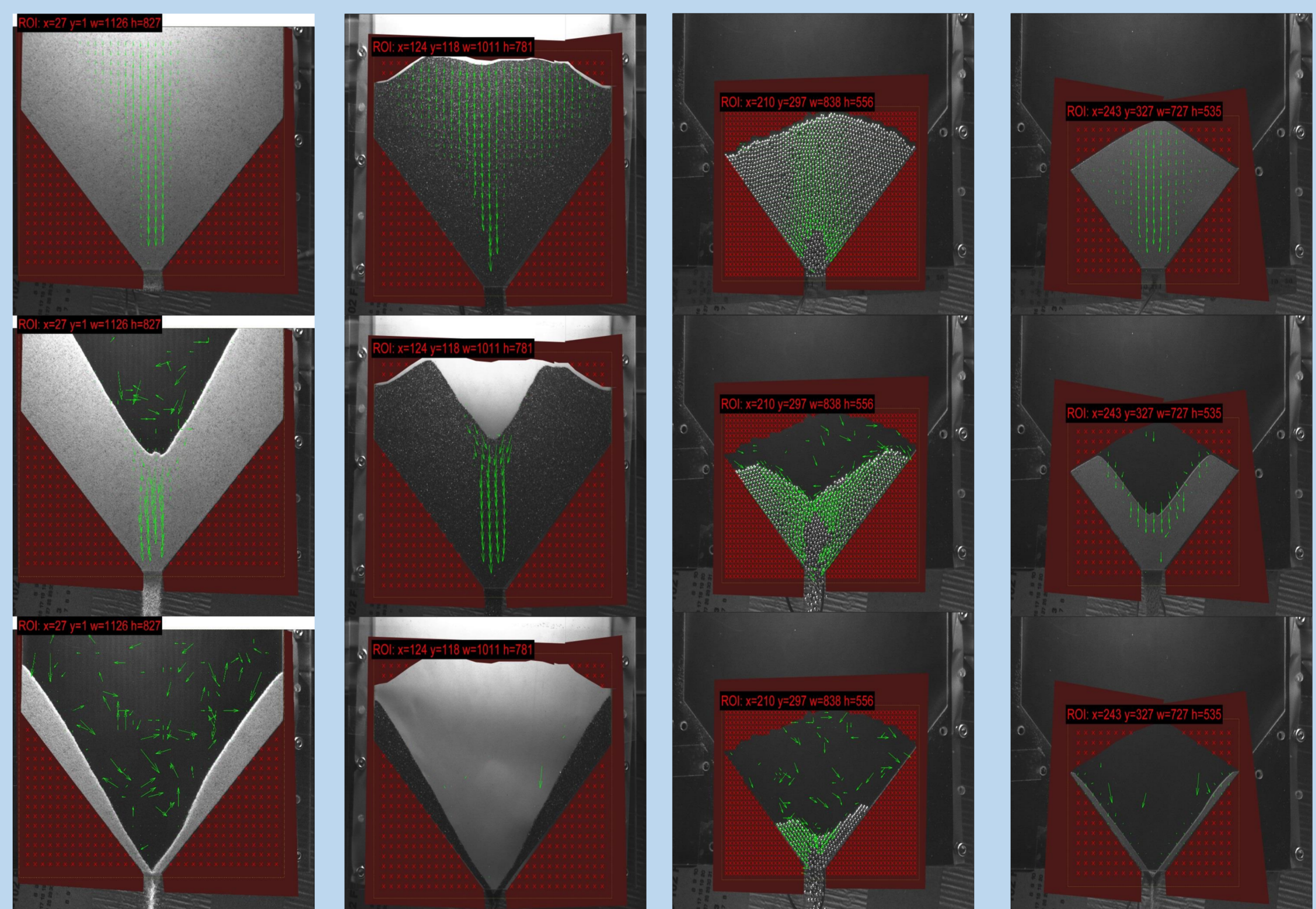
PIV ist eine gute Methode, um die Strömung von Granulaten zu charakterisieren und dadurch letztendlich die Form des Silos zu optimieren.

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

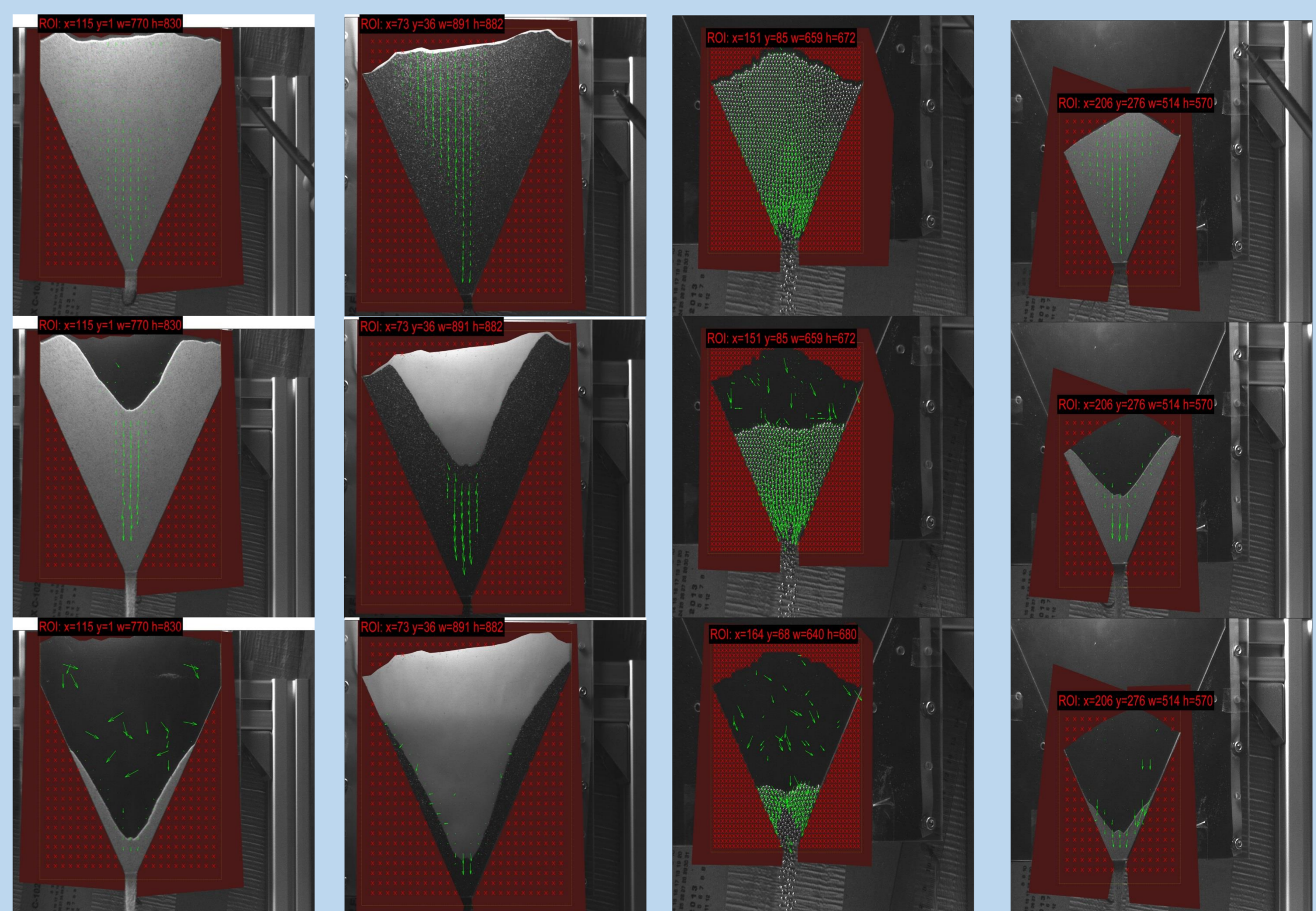
Ergebnisse



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 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)