



# Experimentelle Messung der Selbstentlüftungsgeschwindigkeit in Rohren

Luft in Rohrnetzen führt zu Betriebsstörungen und Leistungseinbußen und langfristig zu Schäden. Der Einbau von Luftabscheidern allein reicht meist nicht aus. Die Luft muss durch das strömende Fluid zum Luftabscheider transportiert werden können. Die Fließgeschwindigkeit, bei der dies passiert, heisst Selbstentlüftungsgeschwindigkeit. Diese ist nicht nur von den Rohrdimensionen und von der Rohrreinigung abhängig, sondern auch von den Fluideigenschaften. Zur Messung von Geschwindigkeit und Volumen der Lufttaschen und zur allgemeinen Beobachtung von Gas in transparenten Flüssigkeiten wurde ein fotografisches Aufnahmeverfahren erarbeitet, welches zusammen mit den Sensormessungen der Testapparatur in einem Excel Dokument verlinkt und zusammengefasst wird. Interessant ist die Fragestellung, ob eine KI in naher Zukunft selbstständig diese komplexen Bildinformationen, gekoppelt mit den Sensormessungen der Testapparatur, analysieren und daraus eine neue Erkenntnis generieren kann. Die Messgrundlagen dafür wären geschaffen.

Testapparatur mit den variablen Parametern:

- Volumenstrom Flüssigkeit
- Volumenstrom Luft/Gas
- Neigungswinkel PMMA Rohr

Aufriss Perspektive  
Rohr mit aktuellem Neigungswinkel  
Luftblasen werden durch den Auftrieb an Rohrwand gedrückt

Blick in den Oberflächenspiegel ergibt eine um 90° von oben gedrehte simultane Ansicht

Skala in Fotografie integriert

Composite mit sämtlichen minimalen Entlüftungsgeschwindigkeiten bei allen 10 Neigungswinkeln

Serienbildaufnahme mit 10f/s während 1.4s

Parameter live im Bild integriert:  
 $V_{p, \text{Luft}}$ : Luftvolumenstrom  
 $w_{\text{Luft}}$ :  $\phi$  Strömungsgeschwindigkeit  
 $V_{p, \text{fluid}}$ : Volumenstrom H<sub>2</sub>O

Ausschnitt zur Geschwindigkeitsmessung der Luftblasen

Parameter live im Bild integriert:  
Neigungswinkel

Gegenüberstellung von Luftblasengeschwindigkeit und mittlerer Strömungsgeschwindigkeit von H<sub>2</sub>O

Durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit #20 vs. Geschwindigkeit AirPocket

Messungen	v [m/s] (H <sub>2</sub> O)	vAirPocket [m/s]
0	0.80	0.80
5	0.75	0.75
10	0.70	0.70
15	0.65	0.65
20	0.60	0.60
25	0.55	0.55
30	0.50	0.50
35	0.45	0.45
40	0.40	0.40
45	0.35	0.35
50	0.30	0.30

Stoboskopische Blitzsequenz @ 1/8000s mit Intervallabstand 0.020s  
Messung der Verschiebungsstrecke  $x$  mit skaliertem  $(y)$  Messprotokoll in Photoshop. Daraus errechnet sich die Geschwindigkeit der Lufttasche. Mithilfe der oberen Perspektive lässt sich auf ähnliche Weise das Volumen abschätzen.

Thesis