

Entwicklung eines numerischen Modells der Mehrphasenströmung innerhalb einer Air-Core-Liquid-Ring (ACLR) Zerstäuberdüse

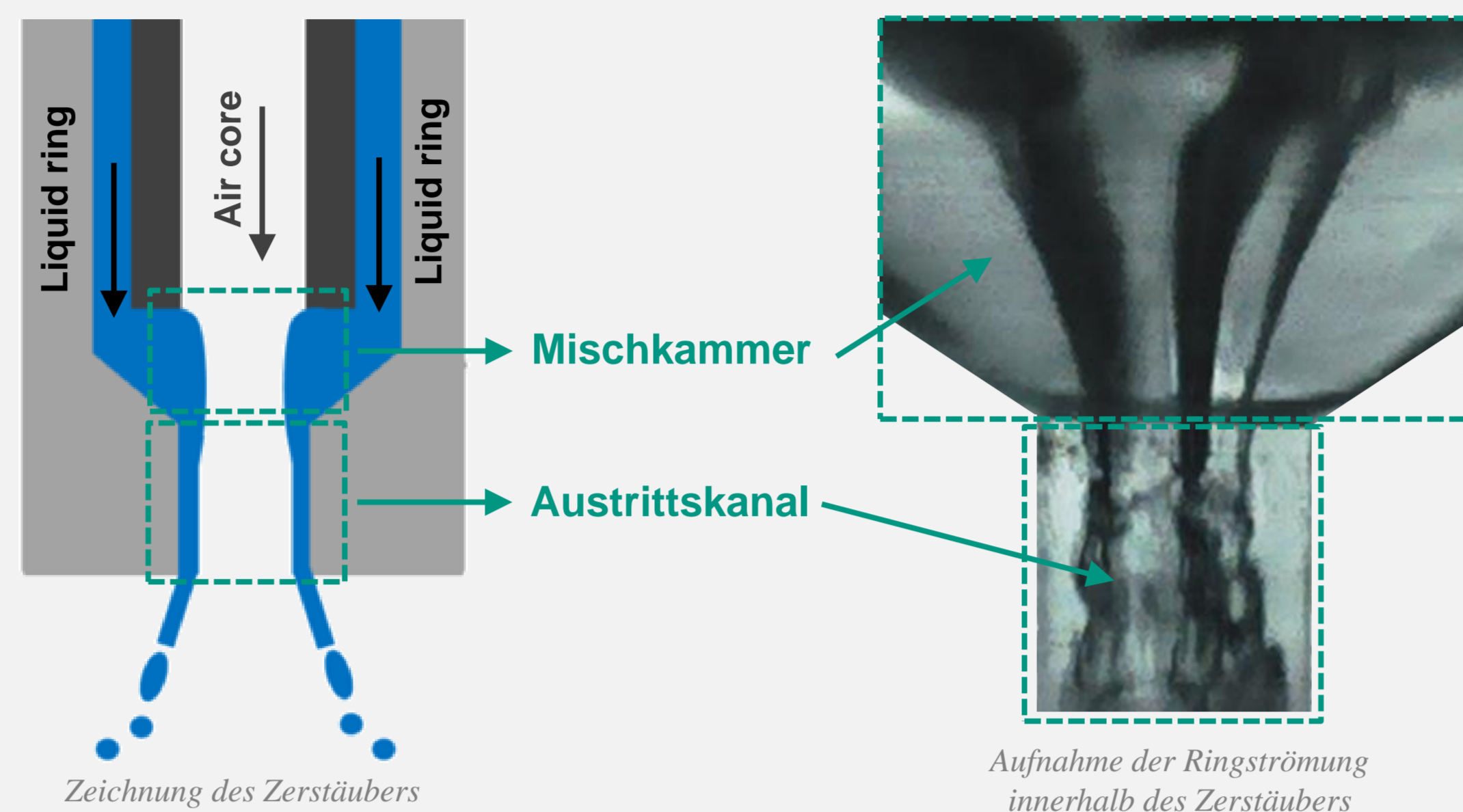
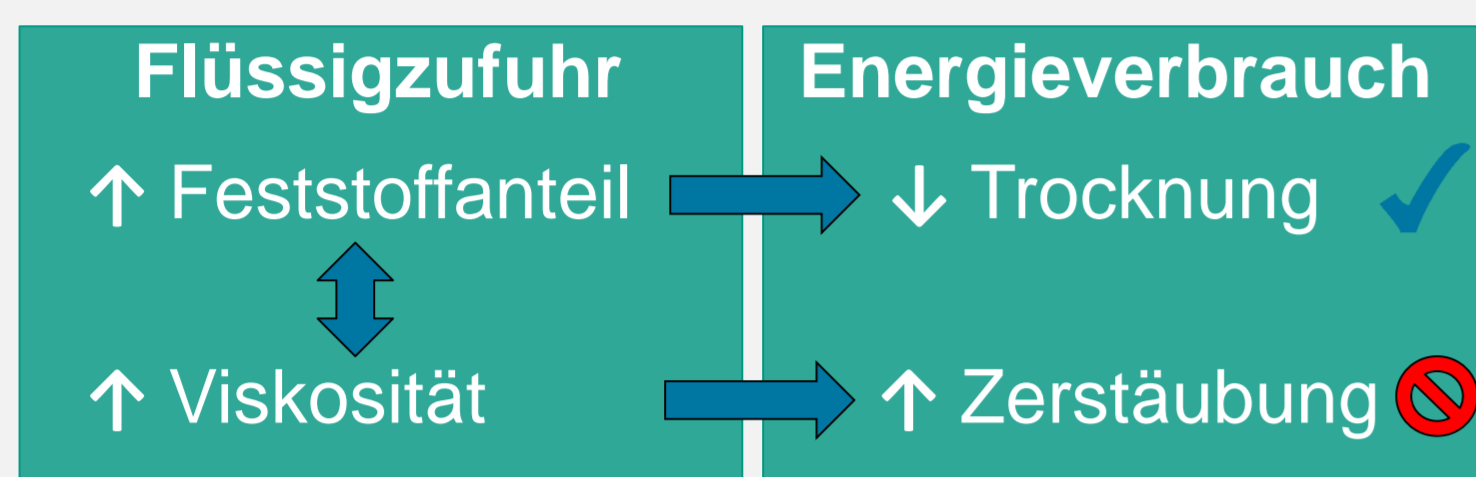
Miguel Ballesteros, Volker Gaukel

Motivation

Sprühtrocknung:

Weit verbreitetes Verfahren zur Herstellung von Pulvern aus flüssigen Produkten.

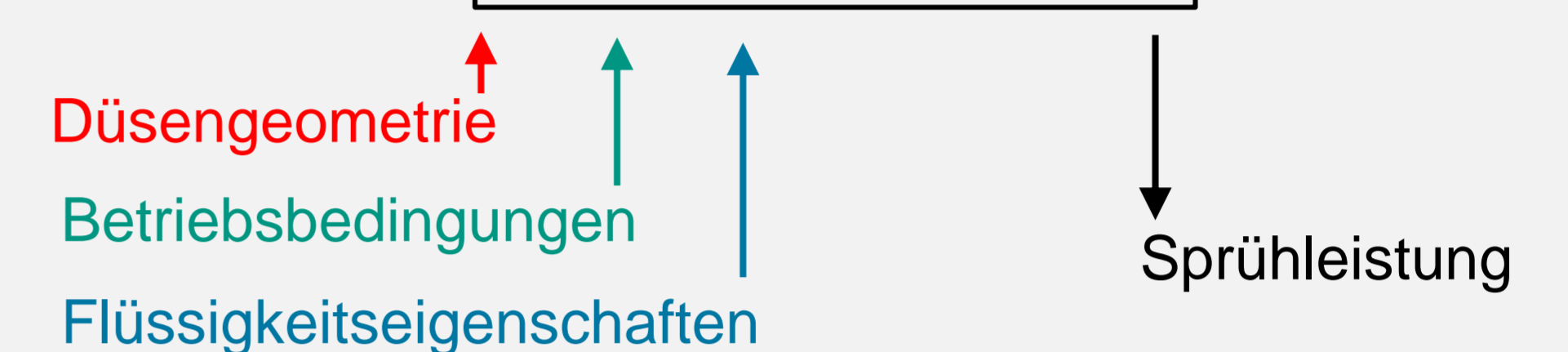
Effizienzdilemma:



Air-Core-Liquid-Ring Zerstäuber:

Geeignet zur Zerstäubung hochviskoser Flüssigkeiten mit niedrigem Luftverbrauch und Druckbedarf.

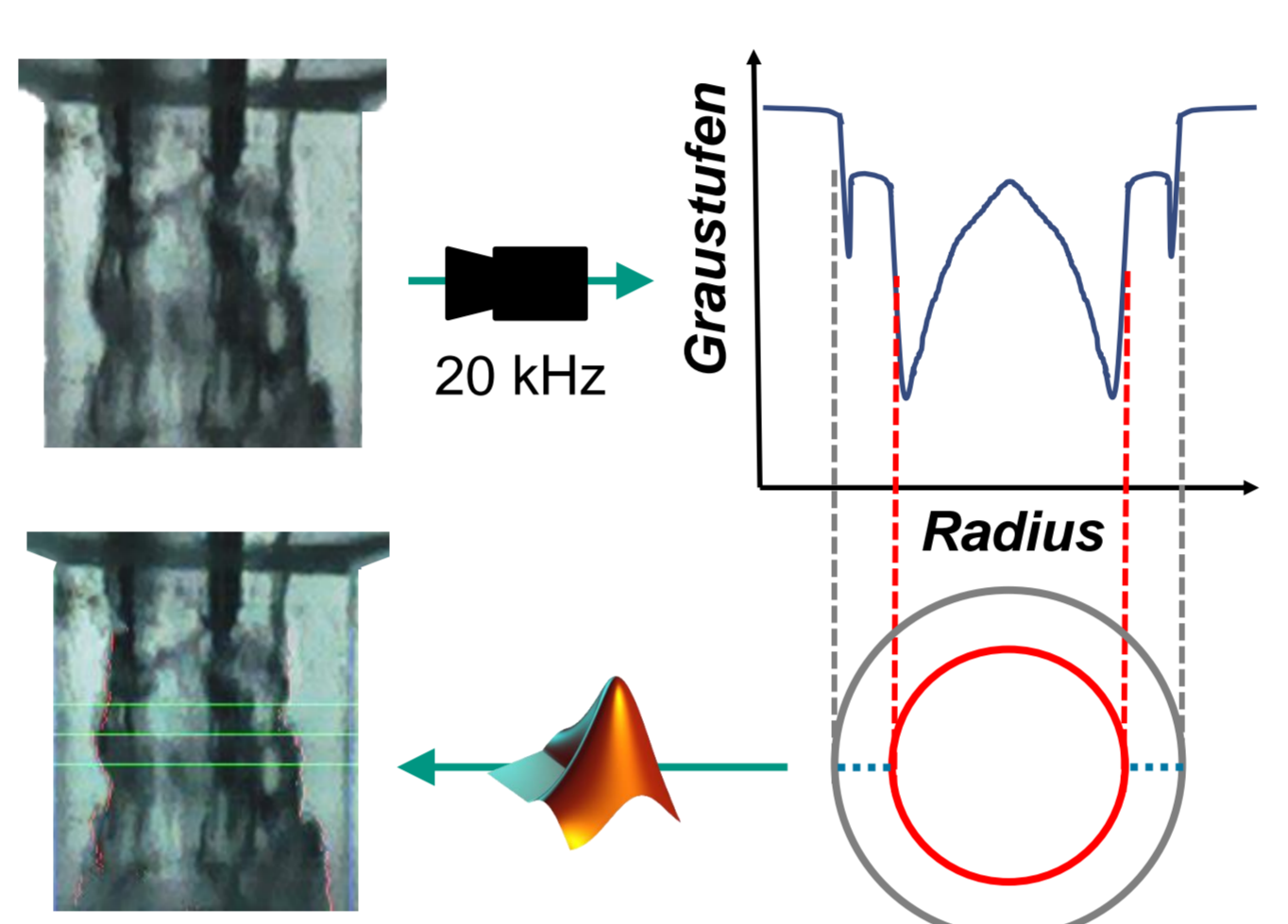
Prozessfunktion des ACLR-Zerstäubers?



Hintergrund



Methoden



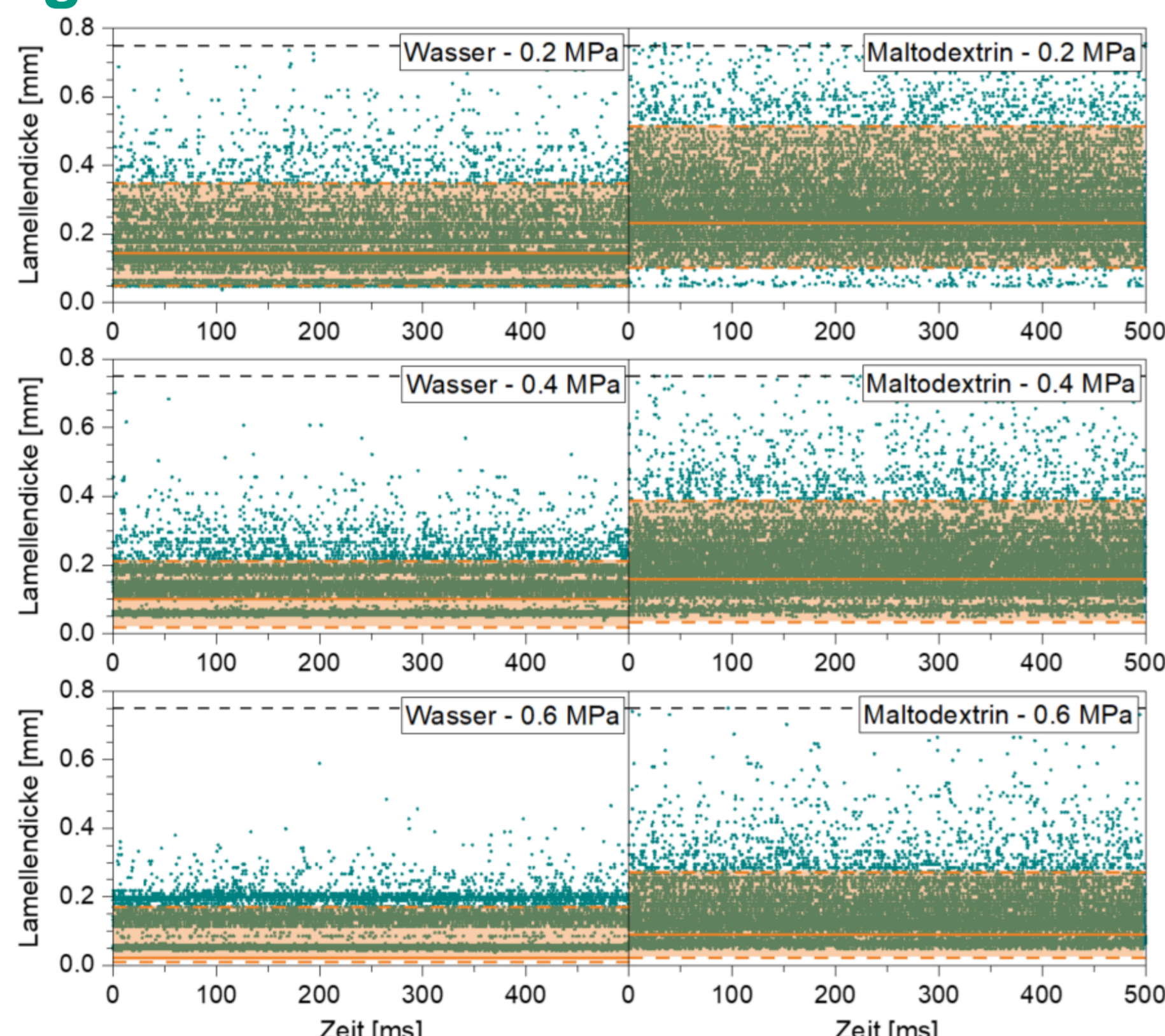
Experimentelle Vermessung der Lamellendicke der inneren Filmströmung durch eine Hochgeschwindigkeitskamera und eine MATLAB-Code zur Graubild-Verarbeitung.

Erstellung eines **numerischen** CFD-Modells, um die zweiphasige Strömung innerhalb der Düse in ANSYS Fluent 2020 zu simulieren. Daher wurden verschiedene Gitter-, Turbulenz-, Grenzflächen- und Phasenmodelle evaluiert und ausgewählt.

Analysierte Variablen in den Versuchen und Simulationen

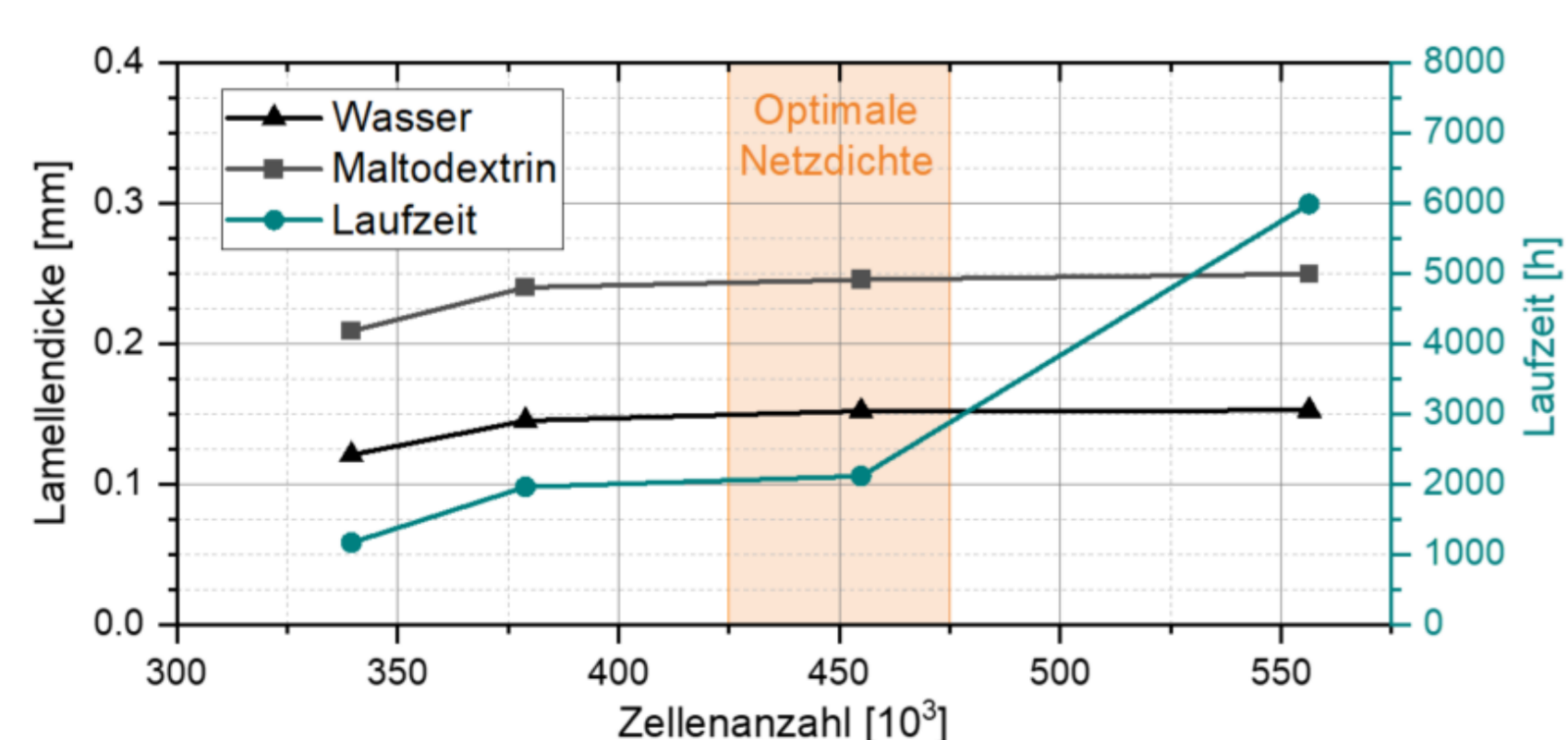
Faktor	Stufen
Druck	0,2, 0,4 und 0,6 MPa
Volumenstrom	40 L/h
Viskosität	1 mPa-s (Wasser) 140 mPa-s (47% Maltodextrin)

Ergebnisse



Experimentell gemessene Lamellendicke mit in orange markierten Perzentilen ($x_{5,0}$, $x_{50,0}$ und $x_{95,0}$)

Zunahme der Lamellendicke und ihrer Abweichung (innere **Strömungsvariationen**) bei höheren Viskositäten und sinkenden Drucken.



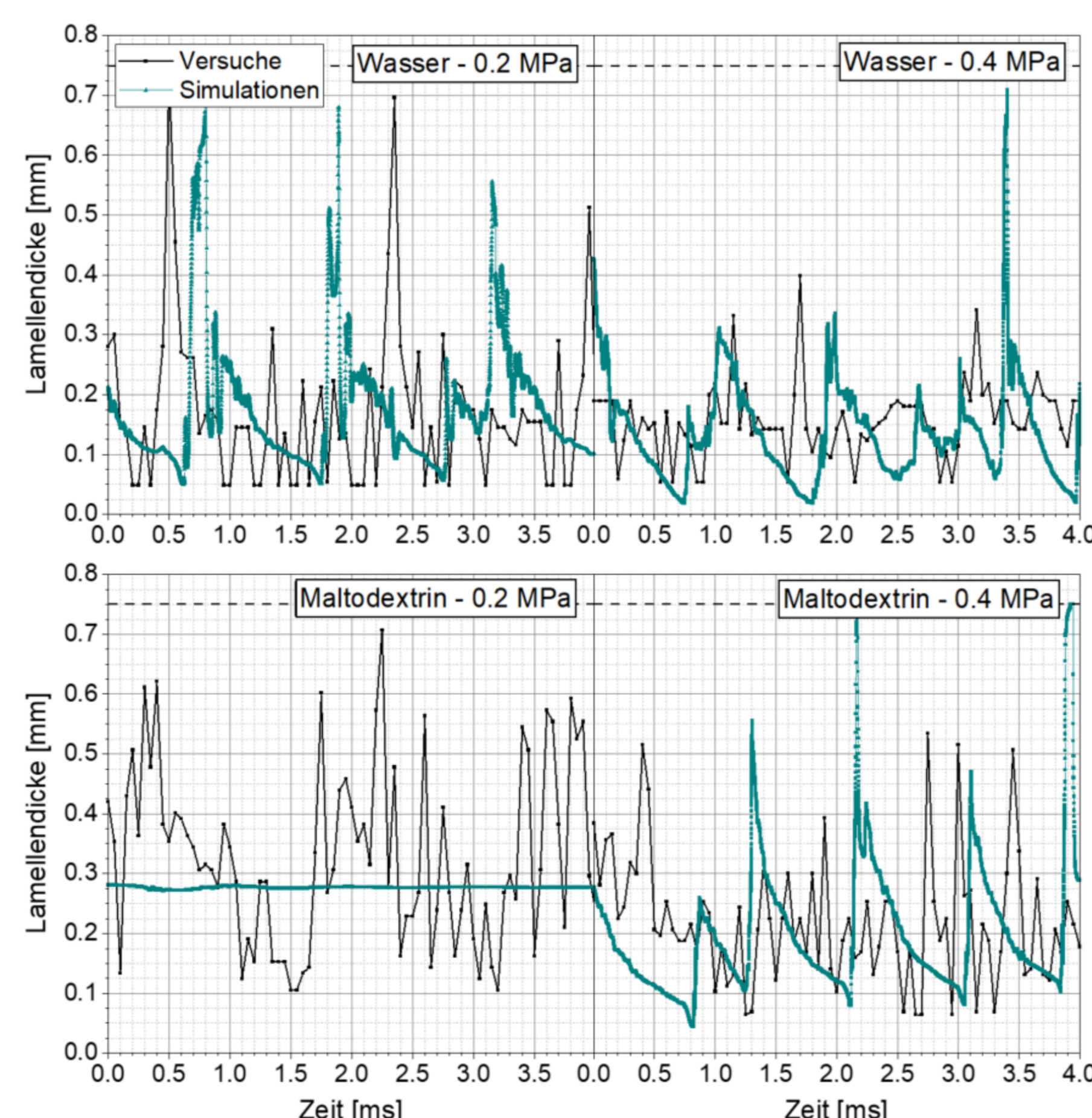
Studie der Unabhängigkeit des Gitternetzes des CFD-Modells

Verfeinerung des Gitternetzes, bis die Lamellendicke unabhängig davon wird. Optimale Netzdicke ist ein Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit.

Auswahl der Turbulenz-, Grenzflächen- und Phasenmodelle durch Testsimulationen und Literaturrecherche:

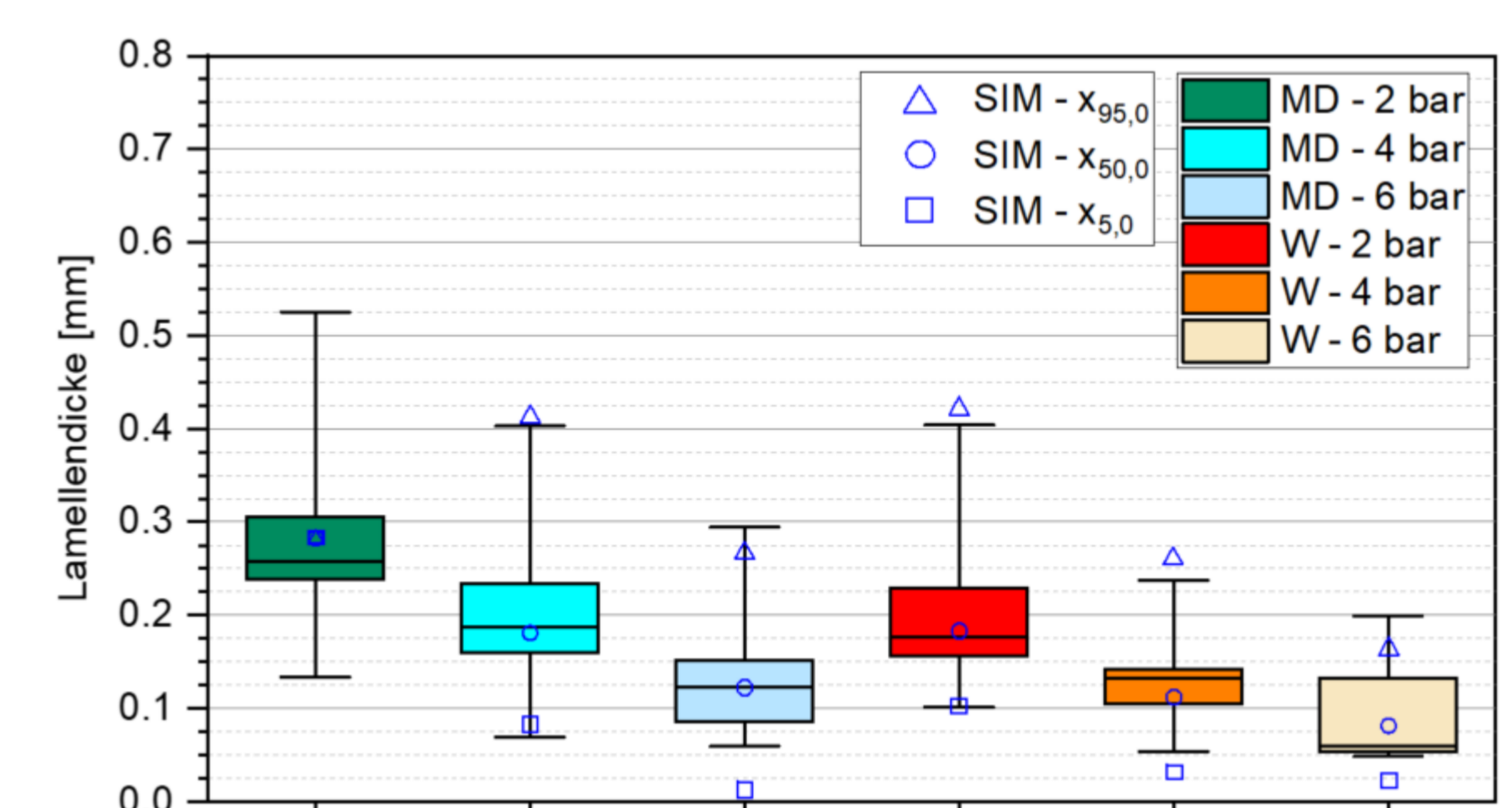
- **Turbulenzmodell** k- ω zeigte die beste Leistung, ohne die Simulationsergebnisse zu schaden.
- Die CICSAM-Methode wurde von der Literatur empfohlen, um die **Grenzfläche** zu erfassen.
- Zustandsgleichung für ein **ideales Gas** ausgewählt nach Vergleich mit inkompressiblen und realen Gasen.

Die Simulationen erfassen nicht konsequent die **Strömungsvariationen** aus den Versuchen.



Experimentelle und simulierte Lamellendicke während einer Ablaufzeit von 4 ms

Bei geringen Drucken und hohen Viskositäten gibt es eine künstliche Dämpfung der Variation der Lamellendicke (Siehe Maltodextrin bei 0,2 MPa).



Box-Diagramm der experimentellen Ergebnisse (die Boxen sind $\pm 15\%$ des Zentralwertes, Whiskers sind Perzentile $x_{5,0}$ und $x_{95,0}$). Perzentile für Simulationsergebnisse werden gezeigt.

Durchschnittliches Verhalten in Simulationen stimmt mit experimentellen Ergebnissen bei einem **relativen Fehler** von unter 10 % gut überein.

Fazit & Ausblick

- Zunahme der Lamellendicke steht in Zusammenhang mit **größeren Strömungsvariationen**.
- Gute Übereinstimmung (10% **Relativer Fehler**) zwischen den durchschnittlichen Ergebnissen von Simulationen und Versuchen.
- Eine genauere Untersuchung des Zusammenhangs unter **Strömungsvariationen**, Druck, Volumenstrom und Viskosität ist erforderlich.