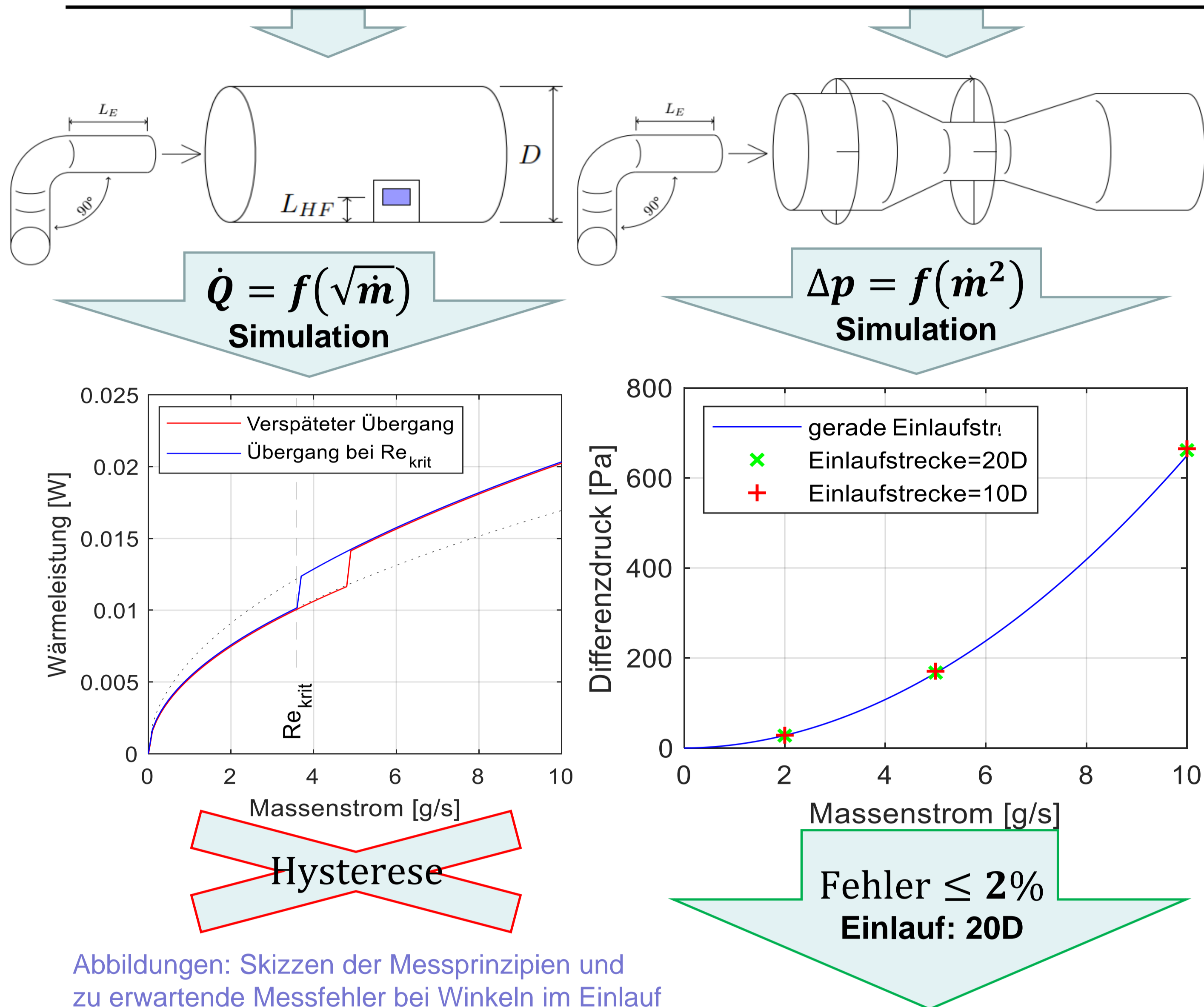


Massenstrommessung von Helium in Kühlkreisläufen des Mu3e Experiments

Ziel: Massenstrommessung von gasförmigem Helium mit MEMS-Sensoren*

- Kostengünstige Alternative zu kalibrierten Messgeräten auf dem Markt
- Kalibriertes Messgerät mit kleinem Druckverlust und geringem Platzbedarf
- Einsatzbereich für 2...10 g/s bei atmosphärischem Druck

Heissfilmsensor oder Venturirohr?



Abbildungen: Skizzen der Messprinzipien und zu erwartende Messfehler bei Winkeln im Einlauf

Eignung des Venturirohrs mit MEMS

- Robust und wenig empfindlich auf verwinkelte Einlaufstrecke
- Kostengünstige Komponenten geringer Kalibrierungsaufwand
- Druckverlust von ca. 260 Pa bei 7 g/s
- Einsatz bei: 2...7 g/s, 0...80°C, 0.9...1.1 bar
- Beliebige Einbaulage, geringer Platzbedarf

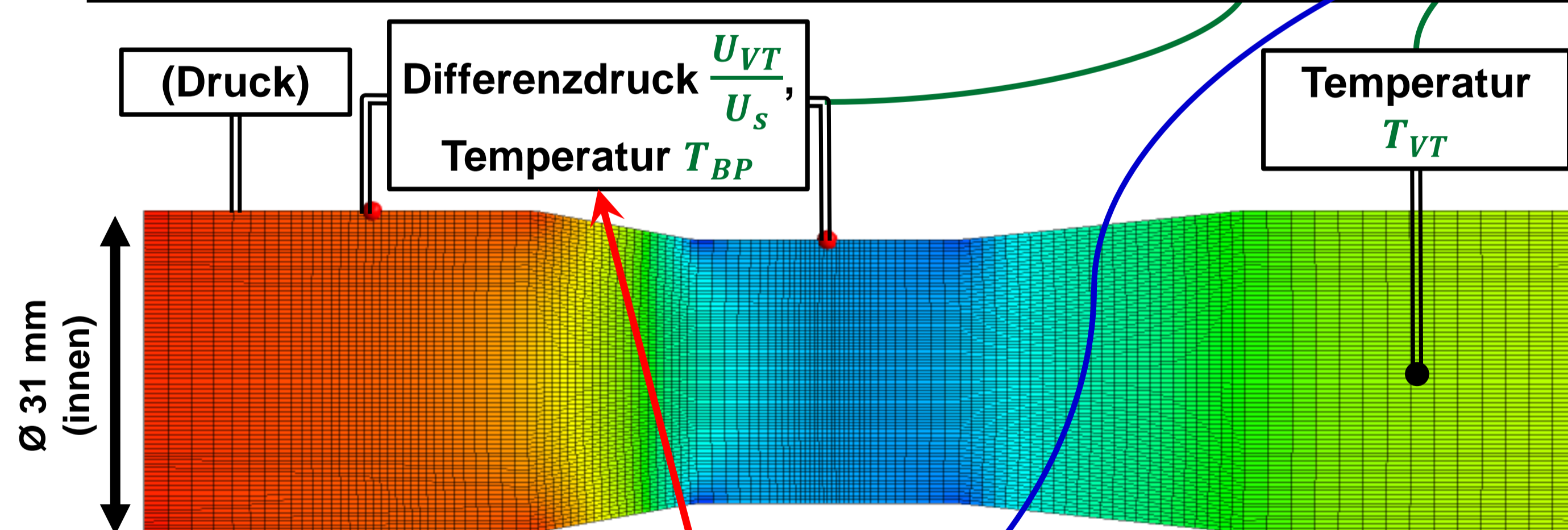
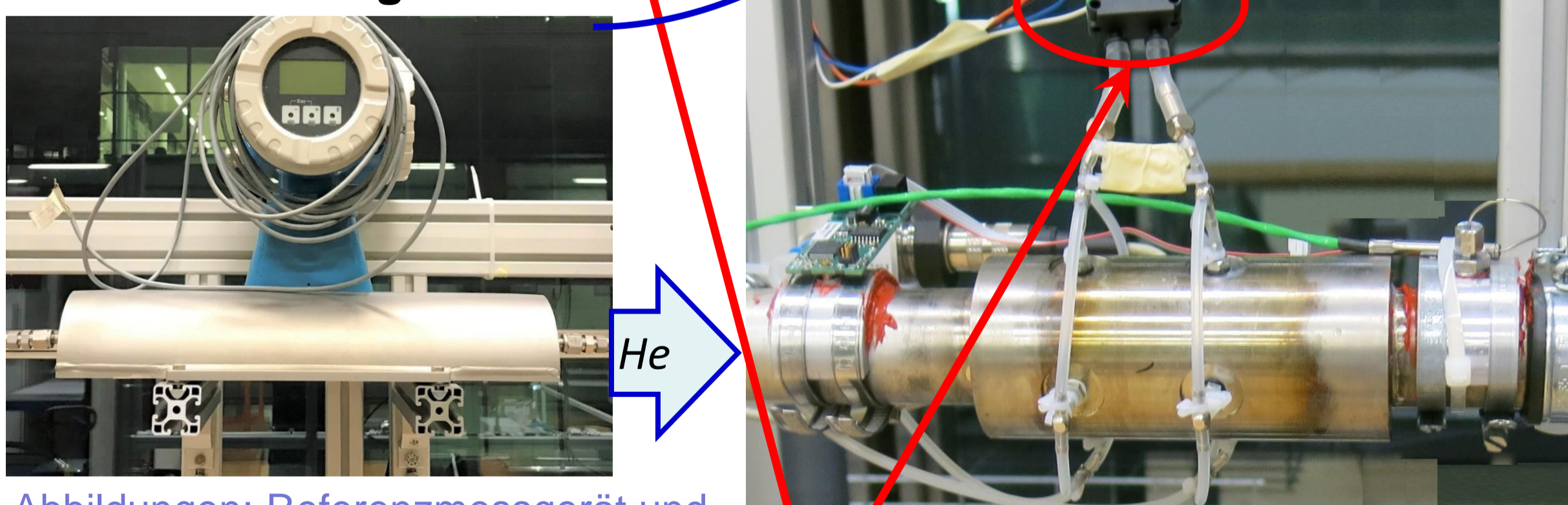


Abbildung: Druckverlauf im Venturirohr gemäss Simulation

Referenzmessgerät \dot{m}



Abbildungen: Referenzmessgerät und Prototyp im Prüfstand

Mikrothermischer Durchflusssensor als Differenzdrucksensor
*MEMS: *microelectromechanical system*

Messresultate mit Referenzmessung

- Potenzfunktion als Übertragungsfunktion
- Temperatur und Druck sind variabel

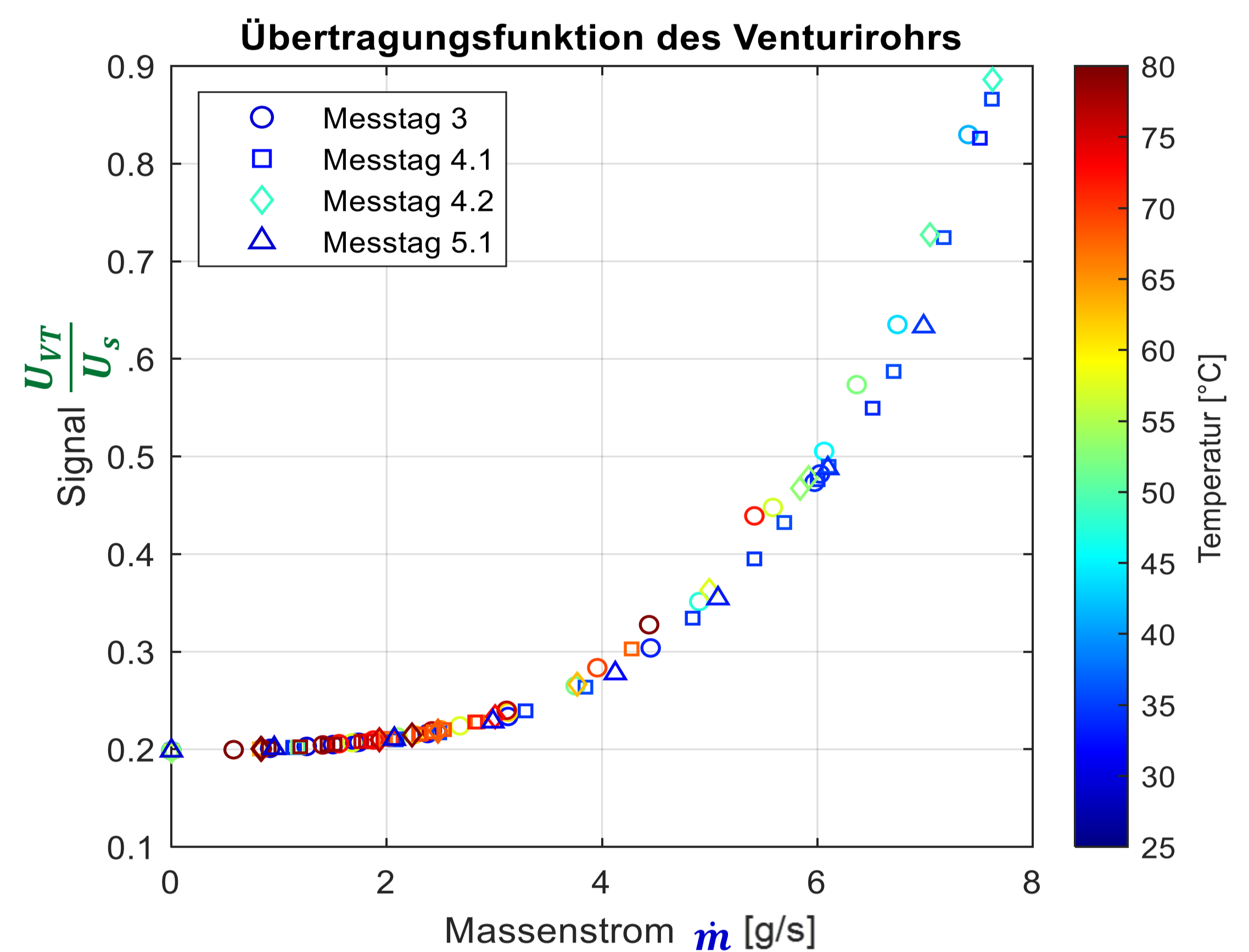


Abbildung: Übertragungsfunktion des Venturirohrs gemäss Messresultaten

Lösung für Massenstrom kalibrieren

- Modellgleichung mit zu bestimmenden Parametern bilden
- Parameter mittels Regression bestimmen ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$)

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{T_{BP}}{T_{VT}}} \cdot C_D(\dot{m}) \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{U_{VT}}{U_s} + \beta_2 \right)^{\beta_3}$$

nichtlineare
Modellgleichung
lösen $\rightarrow \dot{m}$

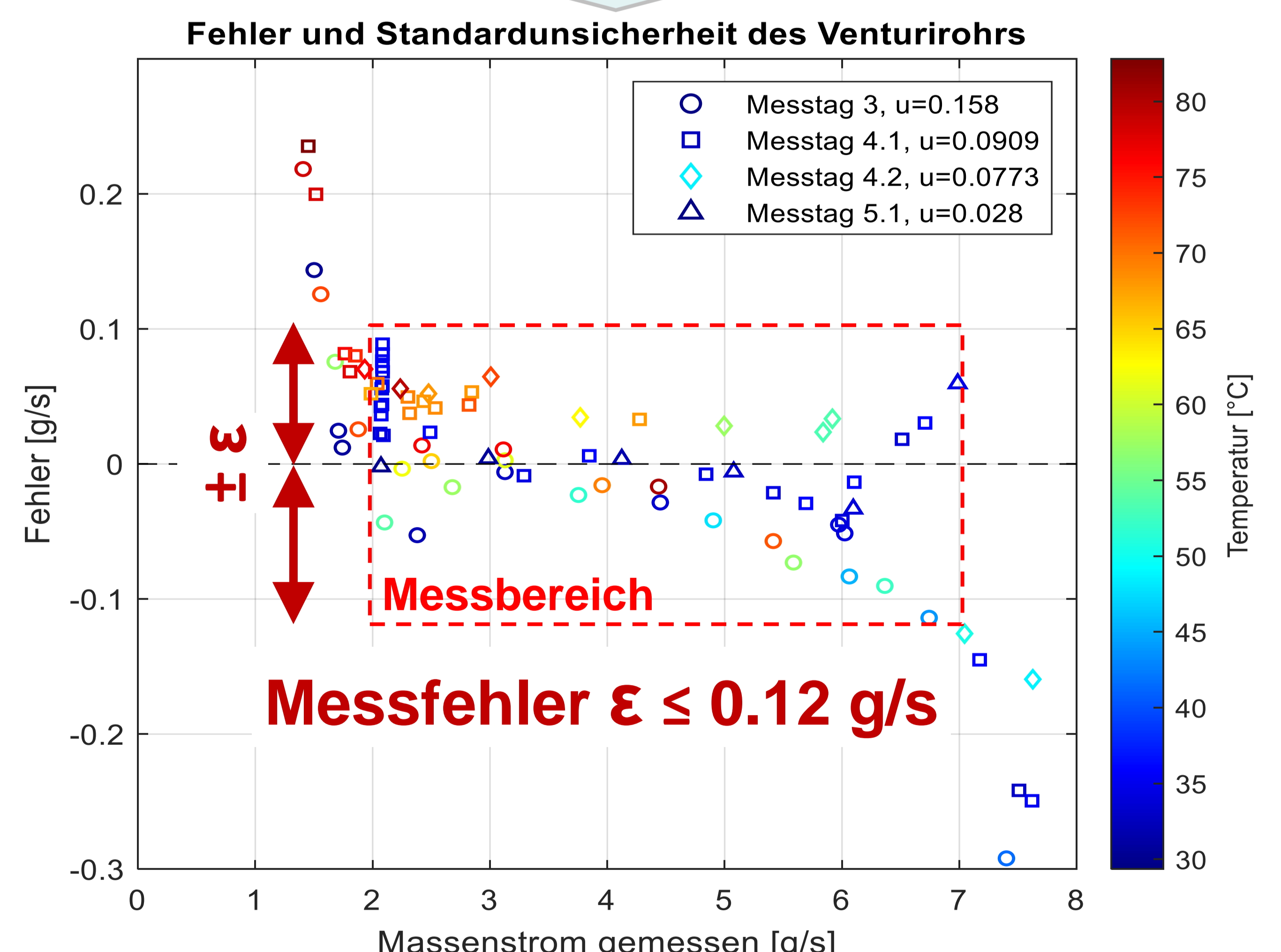


Abbildung: Messfehler des kalibrierten Prototypen (kalibriert für 5 g/s)

Ausblick und Empfehlungen

- Serientauglichkeit erarbeiten
- Prototyp prüfen \rightarrow Dauertest, Wiederholungsmessungen
- Verträglichkeit mit speziellen Bedingungen im Mu3e prüfen
- Anwendung für andere Gase ist möglich
- Kalibrierung der Messgeräte für den Soll-Messbereich
- Einbaubedingungen (Einlauf 20D) beachten

Studiengang / Semester: Maschinenbau FS20

Diplomand: Niculin Flucher, niculin.flucher@students.fhnw.ch

Auftraggeber: Paul Scherrer Institut, Dr. Frank Meier Aeschbacher

Experte: Dr. Ralf Greim

Dozent: Prof. Dr. Beat Ribi, beat.ribi@fhnw.ch