



PRAKTIKUM THERMISCHE MESSTECHNIK

TEIL 2: DURCHFLUSSMESSUNG

Lena Völlinger & Marvin Grosch

Praktikumstag: 07.09.2020
Erstabgabe: 05.10.2020
Zweitabgabe: 26.10.2020
Betreuer: Markus Rusack & Christoph Schmelzer
Studiengang: Master re²
Semester: SoSe 2020
Matrikelnr.: 35597894, 35598242

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
1 Einleitung	1
2 Versuchsauswertung	1
2.1 Versuch 1	1
2.2 Versuch 2	2

Abbildungsverzeichnis

1 Messabweichung Sensoren	1
2 Darstellung der gemessenen Temperatur über der Zeit	3

1 Einleitung

Im folgenden Versuch soll die Funktion und Genauigkeit verschiedener Durchflussmesser an einer Messstrecke überprüft werden. Ein Wägeverfahren dient hierbei als Referenz. Weiterhin wird der Durchfluss anhand eines Laufzeitverfahrens experimentell bestimmt.

2 Versuchsauswertung

2.1 Versuch 1

Im ersten Versuchsteil wurden sechs verschiedene Durchflüsse von 60 L/h bis 660 L/h mit Hilfe eines Taco-Setters eingestellt und die Messdaten der verbauten Sensoren verglichen. Als Referenz wurde das durchströmende Wasser am Auslass der Messstrecke in einem Eimer gesammelt, gewogen und die Messdauer notiert. Dieser Wert wird als wahrer Durchfluss angenommen. Abbildung 1 zeigt die Abweichung der unterschiedlichen Sensoren vom wahren Durchfluss.

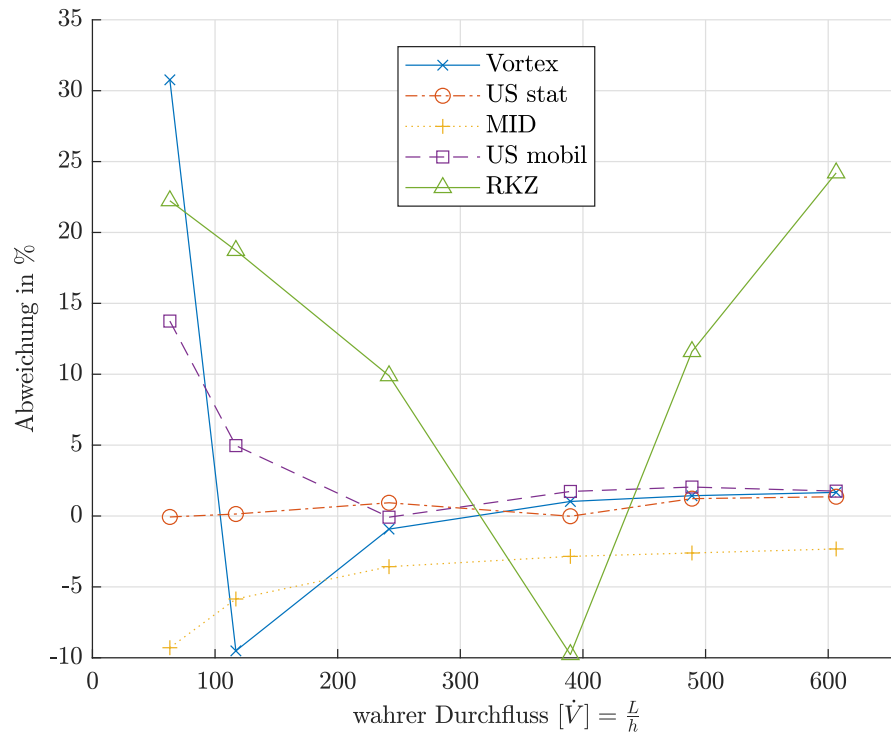


Abb. 1: Auftragung der Messabweichung verschiedener Sensoren bei definierten Volumenströmen vom wahren Wert.

Tabelle 1: Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen der Durchflusssensoren. (MID = Magnetisch induktiver Durchflussmesser, US = Ultraschall, RKZ = Ringkolbenzähler)

wahrer Durchfluss $[\dot{V}] = 1/h$	Vortex $[\dot{V}] = 1/h$	US stat $[\dot{V}] = 1/h$	MID $[\dot{V}] = 1/h$
63 ± 0	$43,7 \pm 2,4$	$63,2 \pm 1,0$	$69,0 \pm 0,6$
116 ± 1	$128,1 \pm 0,9$	$116,8 \pm 1,0$	$123,8 \pm 0,8$
241 ± 2	$244,1 \pm 1,1$	$239,6 \pm 1,0$	$250,4 \pm 0,9$
389 ± 5	$385,8 \pm 2,5$	$389,8 \pm 19,5$	$400,9 \pm 2,2$
488 ± 8	$481,9 \pm 1,8$	$482,9 \pm 1,5$	$501,6 \pm 1,3$
606 ± 12	$596,4 \pm 2,8$	$598,2 \pm 2,7$	$620,6 \pm 3,3$
wahrer Durchfluss $[\dot{V}] = 1/h$	US mobil $[\dot{V}] = 1/h$	RKZ $[\dot{V}] = 1/h$	Stichprobengröße $[n] = \text{Stück}$
63 ± 0	$54,4 \pm 1,4$	$49,1 \pm 18,1$	514
116 ± 1	$111,1 \pm 1,2$	$95,0 \pm 35,0$	236
241 ± 2	$242,0 \pm 0,8$	$217,9 \pm 67,7$	122
389 ± 5	$383,0 \pm 3,0$	$427,8 \pm 132,3$	83
488 ± 8	$478,9 \pm 1,9$	$432,1 \pm 136,1$	64
606 ± 12	$595,8 \pm 3,1$	$459,7 \pm 186,5$	49

Die geringste Abweichung bietet das Stationäre Ultraschallgerät mit unter 2% Abweichung über den gesamten Messbereich hinweg. Auch das mobile Ultraschallgerät bietet ab 240 L/h eine ähnliche Genauigkeit. Das MID bietet erst ab einem Durchfluss von 300 L/h eine konstante Genauigkeit bei einer Abweichung von -3%. Der Vortextmesser ist mit einem minimalen Arbeitsbereich von 50 L/h angegeben, praktisch liefert er bei 60 L/h keinen brauchbaren Wert. Ab 240 L/h liefert er plausible Werte. Am schlechtesten schneidet der Ringkolbenzähler ab, welcher mit hohen Abweichungen im zweistelligen Bereich (je nach Durchflussrate in beide Richtungen) lediglich für qualitative Messungen geeignet ist. Die Problematik liegt hierbei in der Messmethode: Der Zähler gibt nur bei jedem ganzen Liter einen Impuls aus. Bei dem maximalen wahren Durchfluss von ca. 600 L/h entspricht dies einem Impuls alle sechs Sekunden. Bei geringeren Durchflüssen steigt der zeitliche Abstand zwischen den Impulsen. Je nach gewähltem Scanabschnitt bei der Auswertung variiert die Abweichung. Für das Wägeverfahren wurde die Genauigkeit der Waage auf ganze Gramm geschätzt, die Unsicherheit bei der Zeitmessung auf eine Sekunde. Mit steigenden Durchflüssen (und kürzeren Messzeiten bis zur Füllung des Eimers) nimmt der Einfluss der Zeitmessung zu.

2.2 Versuch 2

Abbildung 2 zeigt den gemessenen Temperaturverlauf der beiden Sensoren.

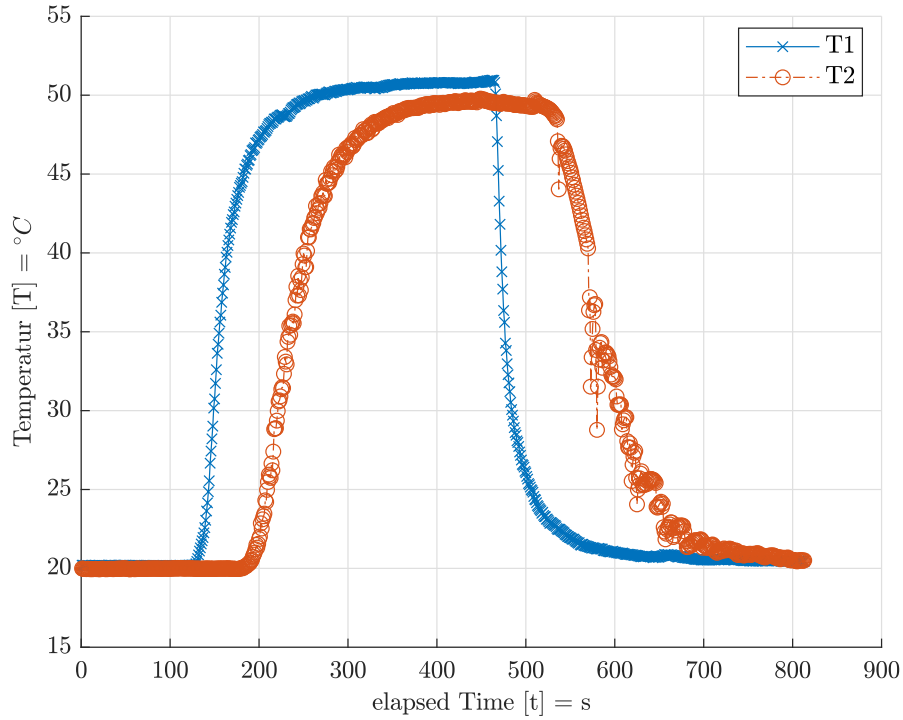


Abb. 2: Darstellung der gemessenen Temperatur über der Zeit

Zur Bestimmung des Durchflusses wird die Laufzeit (Zeitlicher Abstand der Flanken beider Verläufe) bestimmt. Dieser ist Abbildung 2 zu entnehmen und abzuschätzen.

Flanke	Laufzeit [t] = s
steigend	70 ± 5

Für die Auswertung wird die steigende Flanke genutzt, da diese schärfer aufgelöst ist. Die gemessene Strecke zwischen den beiden Sensoren beträgt $9,48 \pm 0,01$ m, der Querschnitt der Leitung ist mit $0,02$ m angegeben. Das Volumen der Messstrecke berechnet sich nach Gleichung 1 zu:

$$V_{\text{Rohr}} = \pi \cdot r^2 \cdot l = \pi \cdot (0,01 \text{ m})^2 \cdot 9,48 \text{ m} = 2,978 \pm 0,03141 \quad (1)$$

Der Durchfluss entspricht dem Quotienten aus Rohrvolumen und Laufzeit und ist in Gleichung 2 berechnet.

$$\dot{V} = \frac{V_{\text{Rohr}}}{t_{LZ}} \cdot 3600 \text{ s/h} = \frac{2,978 \pm 0,003141}{70 \pm 5 \text{ s}} \cdot 3600 \text{ s/h} = 153 \pm 12 \text{ l/h} \quad (2)$$

Der MID hat während der Flankenmessung einen Durchfluss von $(234,4 \pm 4,8) \text{ l/h}$ angezeigt, was 53 % über dem experimentell bestimmten Wert liegt. Da es sich bei der Flankenmessung um ein thermisches Messverfahren handelt, ist dieses mit einer gewissen Latenz verbunden. Die Differenz zwischen den gemessenen Flanken sollte ohne diese Einschränkung kürzer ausfallen, wodurch ein höherer Volumenstrom resultiert. Die Längenmessung hat einen verhältnismäßig geringen Einfluss auf das Messergebnis und wurde mit einer Unsicherheit von 10 cm geschätzt. Bei 20 cm steigt die Unsicherheit des Ergebnisses auf 14 l/h. Da die Temperaturflanken eine gewisse Krümmung aufweisen, wurde hier eine Unsicherheit von 5 Sekunden angenommen. Die Zeit hat somit den größeren Einfluss auf die Messung.