

# **US3: Doppler-Sonographie**

Simon Schulte  
simon.schulte@udo.edu

Tim Sedlaczek  
tim.sedlaczek@udo.edu

Durchführung: 27.06.2017

Abgabe: 04.07.2017

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Durchführung</b>	<b>2</b>
3.1	Versuchsaufbau . . . . .	2
3.2	Versuchsablauf . . . . .	3

# 1 Zielsetzung

Bei diesem Versuch wird das Verhalten von Rohrströmungen mit Ultraschall untersucht.

## 2 Theorie

Als Ultraschall werden Schallwellen mit Frequenzen zwischen 20 kHz und 1 GHz bezeichnet. Diese Frequenzen liegen oberhalb von dem, was Menschen hören können. Für die Erzeugung dieser Schallwellen wird der piezo-elektrische Effekt verwendet. Dabei wird ein geeigneter Kristall elektrisch zu Schwingungen angeregt. Gleichzeitig kann die Resonanz eines solchen Kristalls für die Messung von entsprechend hoch frequenten Schallwellen verwendet werden. Bei dem Versuch wird, zur Messung der Geschwindigkeit der Strömung, der Doppler-Effekt ausgenutzt. Durch die Geschwindigkeit der Strömung wird die Frequenz der Welle verändert und die Differenz der Frequenzen kann zur Bestimmung der Geschwindigkeiten verwendet werden. Die Differenz der Frequenzen ergibt sich nach:

$$\Delta\nu = 2\nu_0 \frac{v}{c} \cos(\alpha). \quad (1)$$

Dabei ist  $\nu_0$  die ursprüngliche Frequenz,  $v$  die Geschwindigkeit der Strömung,  $c$  die Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit und  $\alpha$  der Winkel, in dem die Schallwelle auf die Röhre trifft. Demnach lässt sich die Geschwindigkeit nach

$$v = \frac{\Delta\nu \cdot c}{2\nu_0 \cos(\alpha)} \quad (2)$$

bestimmen.

Um reproduzierbare Winkel verwenden zu können und um die Ultraschall-Sonde besser an die Röhren koppeln zu können werden bei dem Versuch Acryl-Prismen verwendet. Wegen Brechung entsprechen die vorgegebenen Prismenwinkel nicht den für die Bestimmung der Geschwindigkeit nötigen Dopplerwinkeln. Diese lassen sich jedoch nach

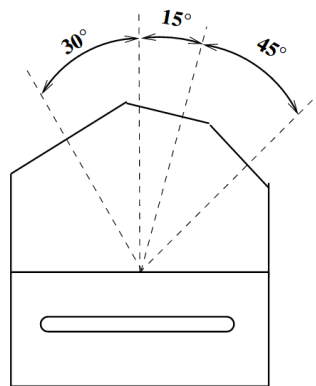
$$\alpha = 90^\circ - \arcsin\left(\sin(\theta) \cdot \frac{c_L}{c_P}\right) \quad (3)$$

berechnen. Dabei ist  $c_L$  die Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit und  $c_P$  die von Acryl.

### 3 Durchführung

#### 3.1 Versuchsaufbau

Der Aufbau besteht aus einer Schleife aus Silikonröhren, welche an eine Zentrifugalpumpe angeschlossen ist. Sie ist zudem mit einer Phantomflüssigkeit aus Wasser, Glycerin und Glaskugeln gefüllt. In der Schleife befinden sich drei Abschnitte mit unterschiedlichen Durchmessern. An ihnen wird später die Strömungsgeschwindigkeit gemessen. Für die Mesungen wird eine 2 MHz-Sonde verwendet, welche gleichzeitig als Sender und Empfänger dient. Das Signal wird dann an einem PC ausgewertet, welcher dann die Differenz der Frequenzen anzeigt. Zur Kopplung zwischen Sonde und Röhre werden, wie bereits erwähnt, Acryl-Prismen verwendet. Diese liegen in drei Varianten vor, welche an die verschiedenen Durchmesser der Röhren angepasst sind. Zusätzlich wird ein Ultraschall-Kopplungsgel verwendet. In Abbildung 1 ist ein Acryl-Prisma mit den drei Prismenwinkeln zu sehen.



**Abbildung 1:** Querschnitt eines Prismas. [anleitung]

Für die Phantomflüssigkeit, die Prismen und die Röhren sind die in Tabelle 1 stehenden Werte gegeben.

**Tabelle 1:** Technische Vorgaben.

Phantomflüssigkeit	1,15 g/cm <sup>3</sup>	Dichte $\rho$
	1800 m/s	Schallgeschwindigkeit $c_L$
	12 mPa s	Viskosität $\eta$
Prismen	2700 m/s	Schallgeschwindigkeit $c_P$
	30,7 mm	Länge der Vorlaufstrecke $l$
Röhren	Innendurchmesser	Außendurchmesser
1	7 mm	10 mm
2	10 mm	15 mm
3	16 mm	20 mm

### 3.2 Versuchsablauf

Zuerst werden verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten bestimmt. Dazu werden für die drei Röhren, mit den drei Prismenwinkeln, für fünf verschiedene Pumpleistungen (30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %) die durch den Doppler-Effekt entstehenden Frequenzdifferenzen gemessen. Es werden also 45 Messwerte genommen. Für diese Geschwindigkeitsmessung ist am Ultraschallgenerator das Sample Volume auf Large zu stellen. Aus den Differenzen wird dann die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt.

Im zweiten Teil des Versuchs wird das Strömungsprofil der mittleren/zweiten Röhre (10 mm Innendurchmesser) unter zwei verschiedenen Pumpleistungen (45,2 %, 70 %) vermessen. An dem Prisma wird dabei immer der Winkel  $15^\circ$  verwendet. Zum Einstellen der Messtiefe wird an dem Generator das Sample Volume auf Small gestellt. Anschließend wird für Messtiefen von  $12\mu\text{s}$  bis  $19,5\mu\text{s}$  in  $0,5\mu\text{s}$  Schritten die Frequenzdifferenz und die Streuintensität gemessen.