

Heinze (10)
 Unbehau (11)
 Schütz (12)
 Dethlefs (13)

Messplatz "Wirbelzähler" Aufgabe 1

t [min]	N [-]	I _{p1e-WZ} [mA]	I _{g-WZ} [mA]	U _{pamb} [V]
0	0	5,18	10,03	4,01
3	27115	5,35	10,17	4,01

kHz

f 1..10 [Hz]	T 1..10 [ms]
0,1442	7,11
0,1443	4,19
0,1456	7,27
0,1450	7,43
0,1457	5,22
0,1448	6,92
0,1452	6,88
0,1445	6,97
0,1450	7,10
0,1457	7,10

t [min]	Zeit
N [-]	Anzahl
T [ms]	Periodendauer
f [Hz]	Frequenz
I _{g-WZ} [mA]	Temperatur elektr.
U _{pamb} [V]	Umgebungsdruck elektr.
I _{p1e-WZ} [mA]	Eingangsüberdruck elektr.

Messplatz "Norm-VENTURI-Düse" Aufgabe 2

t [min]	p _{1e-NVD} [cbar]	Δp _{W-NVD} * [Pa]	I _{g-NVD} [mA]
0	0,74	179	12,86
3	0,73	177	13,05

≙ 7,35 mbar 12,955

t [min]	Zeit
p _{1e-NVD} [cbar]	Eingangsüberdruck
Δp _{W-NVD} * [Pa]	Wirkdruck elektr.
I _{g-NVD} [mA]	Temperatur elektr.

Messplatz "Ultraschall" Aufgabe 3

t [min]	I _{p1e-WZ} [mA]	I _{g-WZ} [mA]	U _{pamb} [V]
0	12,12	10,79	4,05
2	7,09	11,14	4,05
4	4,23	11,33	4,05
6	3,17	11,50	4,05
8	2,53	11,66	4,06
10,5	2,08	11,86	4,06

t [min]	Zeit
I _{g-WZ} [mA]	Temperatur elektr.
U _{pamb} [V]	Umgebungsdruck elektr.
I _{p1e-WZ} [mA]	Eingangsüberdruck elektr.

Messwert-Nr.	0	2	4	6	8	10,5
1	16,11	13,5	10,0	8,27	7,49	6,53
2	16,5	13,3	9,99	8,35	7,49	6,53
3	16,6	13,2	9,93	8,35	7,47	6,53
4	16,6	13,0	9,79	8,35	7,47	6,49
5	16,7	13,0	9,78	8,34	7,42	6,27
6	17,0	13,0	9,78	8,35	7,29	6,35
7	17,1	13,0	9,78	8,35	7,36	6,35
8	17,2	13,0	9,80	8,35	7,35	6,35
9	17,2	13,0	10,0	8,36	7,34	6,35
10	17,2	13,1	10,1	8,37	7,33	6,38
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

[$\frac{m}{s}$]

$$\Sigma = \frac{32}{42} \hat{=} 2$$

Protokoll

Susan Heinze, Patrick Schleg,
Franz Oestricher, Rene
Unbehau

Wirbelzähler: Aufgabe 1:

Mittelwert Frequenz:
$$\bar{f} = \frac{\sum f_i}{n} = \underline{\underline{144,98 \text{ Hz}}} \approx \underline{\underline{145,0 \text{ Hz}}}$$

Standardabweichung: (Frequenz)
$$m_f = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f})^2}{n-1}} = \underline{\underline{0,54 \text{ Hz}}}$$

Volumenstrom:

$$\dot{V} = \frac{f}{k} = \frac{1}{kT} = \frac{N}{k\Delta t}$$

k... Übertragungsfaktor $k = 2488 \frac{1}{\text{m}^3}$

1. Variante:

$$\dot{V} = \frac{f}{k} = \frac{145 \text{ Hz}}{2488 \frac{1}{\text{m}^3}} = \underline{\underline{0,058 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}}$$

2. Variante:

$$\dot{V} = \frac{1}{kT}$$

→ Mittelwert Periode:
$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{n} = 6,69 \text{ ms} = \underline{\underline{0,00669 \text{ s}}}$$

$$\dot{V} = \frac{1}{2488 \frac{1}{\text{m}^3} \cdot 0,00669 \text{ s}} = \underline{\underline{0,060 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}}$$

3. Variante:

$$\dot{V} = \frac{N}{k\Delta t} = \frac{27115}{2488 \frac{1}{\text{m}^3} \cdot 3 \text{ min}} = \underline{\underline{0,061 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}}$$

Massestrom:

$$\dot{m} = \dot{V} \rho$$

$$m = \dot{V} \cdot \frac{\rho_1}{RT\Delta t} = \frac{\rho_{\text{amb}} + \rho_{\text{se}}}{RT\Delta t} \cdot \dot{V}$$

ρ ... Dichte, p_{amb} ... Umgebungsdruck,
 p_{se} ... Überdruck

Mittelwert Temperatur: $\bar{T} = \frac{\sum \bar{T}_i}{n} = 22,9^\circ\text{C} = 296,05 \text{ K}$

Mittelwert P_1 : $\bar{P}_1 = \frac{\sum (P_{amb,i} + P_{1e,i})}{n} = 986,8 \text{ mbar}$

$\dot{m} = 0,058 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{986,8 \text{ mbar}}{276,05 \text{ K} \cdot 1 \cdot 287,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}}}$

$\dot{m} = 0,058 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{1,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1} = 0,067 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 241,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

Norm - Venturi - Düse : Aufgabe 2 :

Zuströmgeschwindigkeit

$E = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} = \frac{D^2}{\sqrt{D^2 - d^4}} = 1,2094$ ohne Fehler

$C = 0,9858 - 0,196 \cdot 0,75^{4,5} = 0,932$

Fehler $\frac{\Delta C}{C} = (1,2 + 1,5 \beta^4) \% = 1,67 \%$

$C = 0,932 \pm 1,67 \%$

$E = 0,99982 - 0,85685 \frac{\Delta p_w}{p_1} + 0,16873 \left(\frac{\Delta p_w}{p_1} \right)^2 = 0,99837$

$A = \frac{\pi d^2}{4} = 2970,57 \text{ mm}^2$

Volumenstrom :

$\dot{V} = C_e E A \sqrt{\frac{2 \Delta p_w}{\rho_1}}$

$\dot{V} = 0,932 \cdot \varepsilon \cdot 1,2094 \cdot 2970,57 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 178 \text{ Pa}}{\rho_1}}$

Mittelwert $\Delta p_w = \bar{\Delta p_w} = \frac{\sum \Delta p_{w,i}}{n} = 178 \text{ Pa}$

$\rho_1 = \frac{\bar{P}_1}{R T \bar{z}} = \frac{(P_{amb} + P_{1e})}{R \cdot T \cdot \bar{z}} = 1,219 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Mittelwert P_1 : $\bar{P}_1 = \frac{\sum (P_{amb,i} + P_{1e,i})}{n} = 1053,7 \text{ mbar} = 105370 \text{ Pa}$

also: $\dot{V} = 0,932 \cdot \varepsilon \cdot 1,2094 \cdot 2970,57 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 178 \text{ Pa}}{1,219 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}$

$\dot{V} = 0,932 \cdot 0,99837 \cdot 1,2094 \cdot 0,00297 \text{ m}^3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 178 \text{ Pa}}{1,219 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}} = 0,05712 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Susan Hintze, Patricia Schütz, Frank Gestrücker, René Unbehau

Fehler:

- C s. ganz oben

- Fläche: $\Delta A = (81,5 \pm 2,9) \text{ mm}^2 \rightarrow$ relative Messabweichung $4,72\%$ -1
 $\frac{\Delta A}{A} = 2 \cdot \frac{\Delta d}{d} \approx 0,2\%$

- Temperatur: $\Delta T = 28^\circ\text{C} \pm 0,73^\circ\text{C} \rightarrow$ relative Messabweichung $2,6\%$ -1
 $2,9 \dots$

- Expansionskoeffizient: $\Delta \epsilon = 0,99873 \pm 0,02 \rightarrow$ relative Messabweichung $2,37\%$

- Druck: $\Delta p_1 = 105370 \text{ Pa} \pm 130,1 \text{ Pa} \rightarrow 1,23 \cdot 10^{-3}\%$
 $\Delta p_w = (178 \pm 6,9) \text{ Pa} \rightarrow 0,039\%$

- Dichte: $\Delta \rho_1 = 1,219 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \pm 4,47 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow 3,67 \cdot 10^{-3}\%$

$$\Delta \dot{V} = c \cdot EA \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta p_w}{\rho_1}} \cdot \Delta c + c \cdot EA \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta p_w}{\rho_1}} \cdot \Delta \epsilon + c \cdot \epsilon \cdot E \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta p_w}{\rho_1}} \cdot \Delta A$$

$$+ \left(c \cdot \epsilon \cdot EA \cdot \frac{\sqrt{2}}{2 \rho_1 \sqrt{\frac{2 \Delta p_w}{\rho_1}}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2 \rho_1 \sqrt{\frac{2 \Delta p_w}{\rho_1}}} \cdot \Delta p_w \right) + \frac{-\sqrt{2}}{2 \sqrt{\frac{2 \Delta p_w}{\rho_1}}} \cdot \rho_1^2 \cdot \Delta \rho$$

$$\Delta \dot{V} = (0,05712 \pm 6,203) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow 10,80\% \quad (\text{maximaler Fehler})$$

wahrscheinlicher Fehler:

$$\Delta \dot{V} \% = \sqrt{\frac{\Delta c^2}{c^2} + \frac{\Delta \epsilon^2}{\epsilon^2} + \frac{\Delta E^2}{E^2} + \frac{\Delta A^2}{A^2} + \frac{\Delta \rho_1^2}{\rho_1^2} + \frac{\Delta p_w^2}{p_w^2}} = 5,55\% \quad (\text{relativ})$$

$$\Delta \dot{V} \% = 0,05712 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 5,55\% = 3,17 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (\text{absolut})$$

Massestrom:

$$\dot{m} = \dot{V} \rho = 0,05712 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,219 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,0696 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Fehler:

$$\Delta m = \rho_1 \cdot \Delta \dot{V} + \dot{V} \cdot \Delta \rho_1 = 0,0696 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \pm 7,56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\rightarrow 10,86\% \quad (\text{maximaler Fehler})$$

wahrscheinlicher Fehler:

$$\Delta m \% = 5,55\% \quad (\text{relativ}) \quad \Delta m \% = 0,0696 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 5,55\% = 3,86 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (\text{absolut})$$

Aufgabe 3

t [min]	\bar{c} [$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$]	\bar{v} [$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$]	Δt [min]	m [kg]
0	$16,85 \pm 0,32$	0,089	1	
2	$13,11 \pm 0,17$	0,069	2	
4	$9,90 \pm 0,12$	0,053	2	
6	$8,35 \pm 0,10$	0,044	2	
8	$7,42 \pm 0,07$	0,039	2	
10,5	$6,42 \pm 0,09$	0,034	2,5 1,5	-1

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} (0,052 \text{ m})^2 = 0,00528 \text{ m}^2$$

$$\dot{V} = \bar{c} \cdot A$$

$$M = \dot{V} \cdot \frac{h}{60 \text{ min}} \cdot \Delta t$$

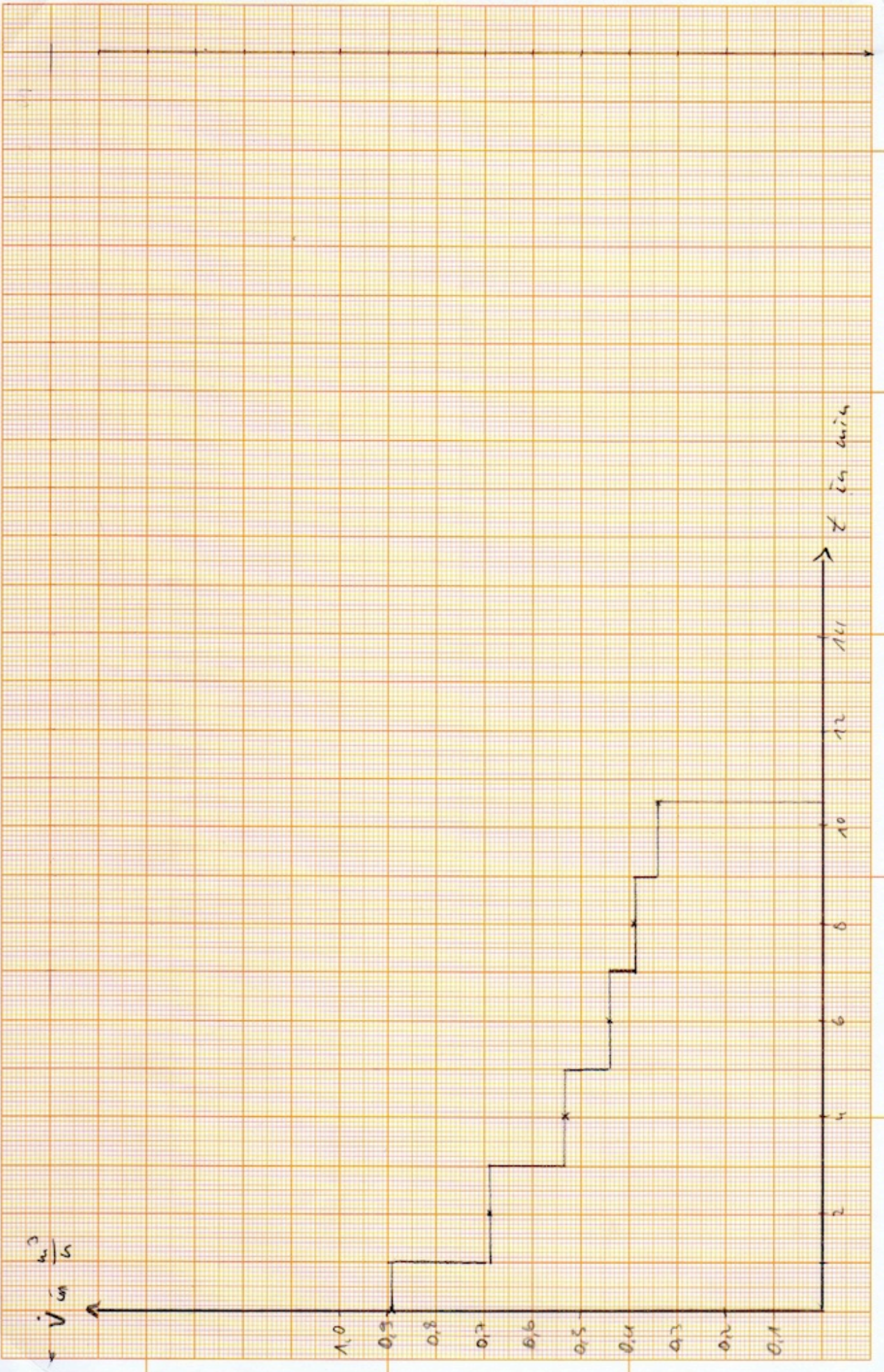
$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V = \rho \cdot \dot{V} \frac{h}{60 \text{ min}} \cdot \Delta t$$

$$P_i = P_{\text{Amb}} + p_{\text{re}}$$

	P_i [bar]	P_{Amb} [bar]	p_{re} [bar]	ρ [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]
0	996,1	981,0	15,1	1,166
2	989,9	981,0	8,9	1,150
4	986,3	981,0	5,3	1,143
6	985,1	981,0	4,0	1,16
8	984,3	981,0	3,2	1,136
10,5	983,8	981,2	2,6	1,132

\rightarrow
m_{ges}

m_{..} - 4



✓