



# PROTOKOLL ANALYTIK

## Versuch 2.2

Nachweis und Bestimmung von Blei in Trinkwasser  
(Polarographie)

Gruppe 2.4 (BCUC4)

### Teilnehmer:

Willy Messerschmidt  
Roman-Luca Zank

<b>Protokollführer:</b>	NAME
<b>Datum der Versuchsdurchführung:</b>	18.05.2020
<b>Abgabedatum:</b>	01.06.2020

Merseburg den 28. Mai 2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Geräte und Chemikalien</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Durchführung</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>Fehlerbetrachtung</b>	<b>4</b>
	<b>Anhang</b>	<b>7</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>8</b>

# **1 Einleitung**

## **2 Theorie**

# 3 Geräte und Chemikalien

## Geräte:

- VA Computrace System 757 (FA. METROHM, SCHWEIZ)
- Druckbehälter mit Stickstoff

## Proben/Chemikalien:

- zu untersuchende Wasserprobe
- $\text{HNO}_3$ , ultrarein, zur Konservierung von Wasserproben, evtl. auch zur Herstellung von Standardlösungen
- Stickstoff als Spülgas zur Entlüftung (Beseitigung von Sauerstoff)
- Leitelektrolyt: Acetatpuffer,  $\text{pH} = 4,64$   $\left(1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)$
- Triton-X (als Netzmittel)
- Multielementcocktail mit Zn-, Cd-, Pb-, Cu-Konzentrationen von je  $250 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$
- Blei-Standardlösung mit  $\beta(\text{Pb}^{2+}) = 1 \frac{\text{g}}{\text{L}}$

# 4 Durchführung

Die Versuchsanlage besteht aus mehreren, einzeln absperrbaren Rohrleitungen unterschiedlicher Durchmesser und teils mit Einbauten. Für den Versuch werden je drei Rohrleitungen – eine angeraute Leitung und zwei hydraulisch glatte Leitungen unterschiedlicher Nenndurchmesser – ohne Einbauten sowie je eine Rohrleitung mit eingebautem Schrägsitzventil und einem Muffenschieber untersucht.

Für die rauen und hydraulisch glatten Rohrleitungen werden dazu für je fünf unterschiedliche Wasservolumenströme die Druckverluste in jeder einzelnen Rohrleitung über die Manometer am Ein- und Auslauf ermittelt. Vorher ist das System zu entlüften. Mittels der Druckverluste und der Strömungsgeschwindigkeiten berechnet sich schließlich für jede Rohrleitung eine entsprechende Rohrreibungszahl  $\lambda$ .

Die Rohrleitungen mit Einbauten werden auf die Druckverlustbeiwerte  $\zeta$  untersucht, die durch die jeweiligen eingebauten Armaturen auftreten. Dazu werden die Druckverluste bei einem konstanten Wasservolumenstrom bestimmt, während die Öffnungsweite des Ventils bzw. des Muffenschiebers verändert wird. Die sich daraus ergebende Ventilkennlinie ist als  $\zeta$  über den Öffnungswinkel und als kv-Wert über den Ventilhub aufzutragen.

Für die Rohrreibungszahl  $\lambda$  ist zusätzlich eine Fehlerrechnung durchzuführen, da anzunehmen ist, dass die Messwerte des Versuchs mit Fehlern behaftet sind.

Neben der Versuchsanlage mit den Messinstrumenten für Druck und Volumenstrom wurde weiterhin eine Stoppuhr genutzt.

## 5 Ergebnisse

## 6 Diskussion

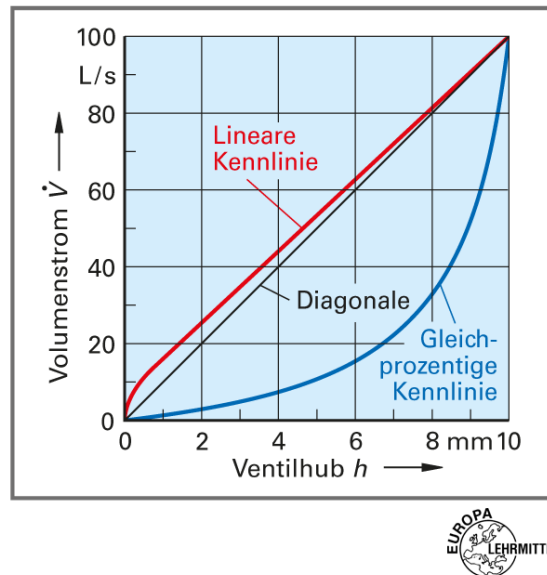


Abb. 1: Kennline von Ventilen [2, S.35, Bild 3]

## 7 Fehlerbetrachtung

**Beispielfehlerrechnung für den ersten Messwert des rauen Rohres:**

Tab. 1: Abweichungen und Messwerte für die Fehlerrechnung

Messgröße	Messwert (1, raues Rohr)	Abweichung
Volumenstrom	$958 \frac{\text{L}}{\text{h}}$	$\pm 2,5\% + MW \approx 6,65 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
Temperatur	$26,5^\circ\text{C}$	$\pm 0,5 \text{ K}$
Druckmessungen	$0,06 \text{ bar}$	$2 \cdot \pm 2 \text{ mmWS} \approx 4079 \text{ Pa}$
Durchmesser	$13,6 \text{ mm}$	$\pm 0$
Länge	$2,5 \text{ m}$	$\pm 0$

$$\begin{aligned}
\Delta p_v &= \frac{1}{2} \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho(T) \cdot v^2 \\
\lambda &= \frac{2 \cdot \Delta p_v \cdot d}{l \cdot \rho(T) \cdot v^2} \\
&= \frac{2 \cdot \Delta p_v \cdot d}{l \cdot \rho(T) \cdot \left(\frac{\dot{V}}{A}\right)^2}
\end{aligned} \tag{1}$$

Im Weiteren ist die eigentliche Fehlerrechnung für den ersten Messwert, der Messreihe des rauen Rohres, von  $\lambda$  über das totale Differential der Gleichung 1 aufgeführt. Wichtig ist dabei zu erwähnen, dass alle Variablen in SI-Einheiten einzusetzen sind bis auf die Temperatur, welche in  $^{\circ}\text{C}$  eingesetzt wird.

### Bildung der Differentiale:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \lambda}{\partial \Delta p_v} &= \frac{2 \cdot d \cdot A^2}{l \cdot \rho(T) \cdot \dot{V}^2} = \frac{d^5 \cdot \pi^2}{8 \cdot l \cdot \rho(T) \cdot \dot{V}^2} \\
&= \frac{1250 \cdot d^5 \cdot \pi^2 \cdot [\text{K} \cdot \text{m}^3]}{l \cdot (-2683 \cdot T + 10038000 \cdot [\text{K}]) \cdot \dot{V}^2 \cdot [\text{kg}]}
\end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \lambda}{\partial \dot{V}} &= -\frac{4 \cdot \Delta p_v \cdot d \cdot A^2}{l \cdot \rho(T) \cdot \dot{V}^3} = -\frac{\Delta p_v \cdot d^5 \cdot \pi^2}{4 \cdot l \cdot \rho(T) \cdot \dot{V}^3} \\
&= -\frac{2500 \cdot \Delta p_v \cdot d^5 \cdot \pi^2 \cdot [\text{K} \cdot \text{m}^3]}{l \cdot (-2683 \cdot T + 10038000 \cdot [\text{K}]) \cdot \dot{V}^3 \cdot [\text{kg}]} \\
\frac{\partial \lambda}{\partial T} &= \frac{3353750 \cdot \Delta p_v \cdot d^5 \cdot \pi^2 \cdot [\text{K} \cdot \text{m}^3]}{l \cdot (-2683 \cdot T + 10038000 \cdot [\text{K}]) \cdot \dot{V}^2 \cdot [\text{kg}]}
\end{aligned} \tag{3}$$

Tab. 2: Ergebnisse der einzelnen Differentiale für den Messwert 1 des rauen Rohres

Differenzial	$\frac{\partial \lambda}{\partial \Delta p_v}$	$\frac{\partial \lambda}{\partial \dot{V}}$	$\frac{\partial \lambda}{\partial T}$
	$3,25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m} \cdot \text{s}^2}{\text{kg}}$	$-146,69 \frac{\text{s}}{\text{m}^3}$	$5,25 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$

### Berechnung des absoluten Fehlers:

$$\begin{aligned}
\Delta \lambda &= \left| \frac{\partial \lambda}{\partial \Delta p_v} \right| \cdot \Delta p + \left| \frac{\partial \lambda}{\partial \dot{V}} \right| \cdot \Delta \dot{V} + \left| \frac{\partial \lambda}{\partial T} \right| \cdot \Delta T \\
&= \left| 3,25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m} \cdot \text{s}^2}{\text{kg}} \right| \cdot 4079 \text{ Pa} + \left| -146,69 \frac{\text{s}}{\text{m}^3} \right| \cdot 6,65 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \\
&\quad + \left| 5,25 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \right| \cdot 0,5 \text{ K} \\
&= \underline{0,0142}
\end{aligned} \tag{4}$$

## Berechnung des relativen Fehlers:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{0,0142}{0,0182} \approx \underline{\underline{78\%}} \quad (5)$$

Tab. 3: Absolute und relative Fehler von  $\lambda$

Messpunkt	Rohrleitungswiderstand	Absoluter Fehler [–]	Relativer Fehler [%]
raues Rohr			
1	0,018	0,0142	78
2	0,020	0,0070	34
3	0,019	0,0041	21
4	0,021	0,0037	18
5	0,020	0,0031	16
glattes Rohr			
1	0,026	0,0035	22
2	0,026	0,0029	19
(3)	(0,020)	(0,0020)	(17)
4	0,025	0,0025	17
5	0,025	0,0022	15
glattes, dickes Rohr			
1	0,031	0,211	68
2	0,029	0,0156	54
3	0,033	0,0126	38
4	0,031	0,0108	35
5	0,031	0,0089	29

# Anhang

Tab. 4: Dichte des Wassers zu unterschiedlichen Temperaturen mittels [1]

Temperatur	Dichte mittels $\rho_{\text{densW}}(T, p)$
25,4 °C	996,98 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
25,5 °C	996,96 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
25,6 °C	996,93 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
25,7 °C	996,91 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
25,8 °C	996,88 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
25,9 °C	996,85 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,0 °C	996,83 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,1 °C	996,80 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,2 °C	996,77 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,3 °C	996,75 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,4 °C	996,72 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,5 °C	996,69 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,6 °C	996,67 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,7 °C	996,64 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,8 °C	996,61 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
26,9 °C	996,58 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
27,0 °C	996,56 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
27,1 °C	996,53 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
27,2 °C	996,50 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
27,3 °C	996,48 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
27,4 °C	996,45 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
27,5 °C	996,42 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$



# Literatur

- [1] SPANG, Bernhard: *Water97\_v13.xls: Excel Add-In for Properties of Water and Steam*. Version: 2002. [http://alexmichinel.com/index.php?p=1\\_9](http://alexmichinel.com/index.php?p=1_9), Abruf: 09.01.2020
- [2] IGNATOWITZ, Dr.-Ing. E.: *Chemietechnik*. 11. Aufl., 1. Dr. Haan-Gruiten : Verl. Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer, 2013. – ISBN 9783808570579