



PROTOKOLL THERMISCHE VERFAHRENSTECHNIK I

Bestimmung des Wärmeübergangskoeffizienten

Teilnehmer:

Willy Messerschmidt
Roman-Luca Zank

Gruppe:	J
Protokollführer:	Roman-Luca Zank
Datum der Versuchsdurchführung:	Online
Abgabedatum:	19. Juni 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theoretische Grundlagen	3
3	Durchführung	5
4	Ergebnisse und Berechnungen	5
5	Fazit zur Technischen Handhabung	8

1 Einleitung

Im folgenden Protokoll werden generierte Messdaten zum Versuch *WÜK* ausgewertet. Ziel ist es mit Hilfe der erklärenden Videos zum Praktikum und Mittels der gegebenen Messdaten den Wärmeübergangskoeffizient α_L für turbulente Luftströmungen zu bestimmen. Dafür werden drei verschiedene Rohre unter unterschiedlichen Volumenströmen der Luft untersucht. Die Wärmeübertragung mit Wasser erfolgt in diesem Versuch mittels Gleichstrom. Darüber hinaus sind, mittels Nusseltzahl Nu und der Nusseltparameter a und b , Bewertungen zur Wärmeübertragung der verschiedenen Rohre und Volumenströme abzugeben.

2 Theoretische Grundlagen

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ \dot{Q} &= \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_w - T_\alpha)\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_{\ln} &= \frac{\Delta T_A - \Delta T_B}{\ln\left(\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B}\right)} \\ \dot{Q} &= U_a \cdot A \cdot \Delta T_{\ln} \\ U_a &= \frac{\dot{Q}}{\Delta T_{\ln}}\end{aligned}\tag{2}$$

$$\begin{aligned}U_a &= \left(\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}\right)^{-1} \\ \alpha_i &= \left(\frac{1}{U_a} - \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}\right)^{-1}\end{aligned}\tag{3}$$

$$d_H (\text{Rohr}) = D_i - d_a\tag{4}$$

$$Re = \frac{d \cdot w}{\nu}\tag{5}$$

$$Pr = \frac{c_p \cdot \nu \cdot \rho}{\lambda}\tag{6}$$

$$Nu_{\text{ideal}} = 0,023 \cdot \left(Re^2 \cdot Pr\right)^{0,4}\tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 Nu &= \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \\
 \alpha &= \frac{Nu \cdot \lambda}{d}
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

$$a = e^{\ln(Nu)} \tag{9}$$

$$b = f' \left(\ln(Re^2 \cdot Pr), \ln(Nu) \right) \tag{10}$$

3 Durchführung

Der Versuch der Flammpunktprüfung erfolgte in diesem Fall nach der Pensky-Martens-Methode in einem geschlossenen Tiegel nach der Norm DIN EN ISO 2719. Hierfür wurden die Proben jeweils in den sauberen Tiegel der automatische Messapparatur gefüllt und ein Wert für den zu erwartenden Flammpunkt eingegeben. Das Messgerät beginnt infolgedessen die etappenweise Prüfung des Flammpunkts mittels Glühdrahts unter konstanter Temperaturerhöhung. Ist der Flammpunkt um thermische Sensoren detektiert worden, aufgrund eines kurzen Temperaturmaximums durch die Entflammung, wird die Messung beendet.

Für die Prüfung der Weinprobe auf ihren Volumenanteil mittel Flammpunktprüfung wird eine Rein-Ethanol-Wasser-Mischung mit der genau dem angegebenen an Ethanol (12 V%) hergestellt und diese miteinander verglichen.

4 Ergebnisse und Berechnungen

Tab. 1: Messergebnisse der untersuchten Proben

Stoff	Flamm-punkt	Gefahren-klasse	Begründung
Wein	45 °C	R10/H226	Flammpunkt zwischen 21 bis 25 °C - entzündliche Flüssigkeit
Unbekanntes Ethanol	45 °C	R10/H226	Flammpunkt zwischen 21 bis 25 °C - entzündliche Flüssigkeit
Diesel	61 °C	-	Flüssigkeit mit Flammpunkt über 55 °C
Wasser-Ethanol-Gemisch (12 V%)	47 °C	R10/H226	Flammpunkt zwischen 21 bis 25 °C - entzündliche Flüssigkeit

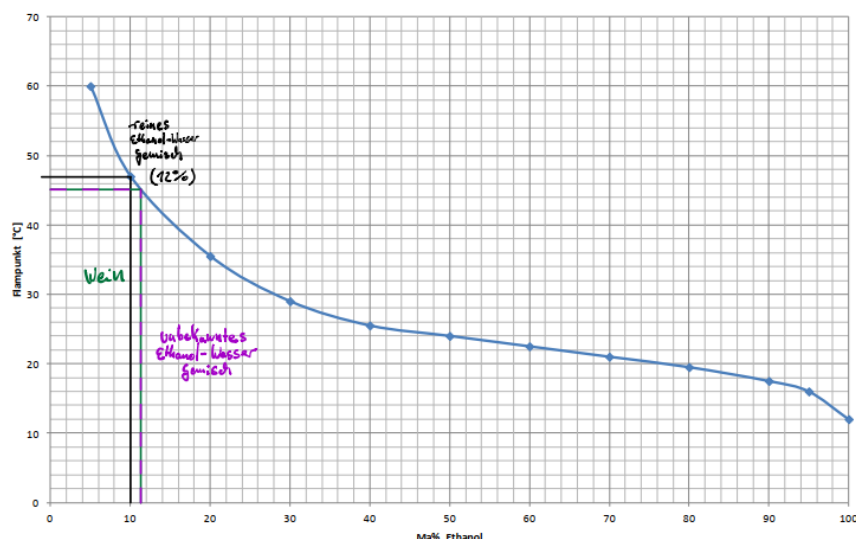


Abbildung 1 - Abhängigkeit des Flammpunktes vom Ethanolanteil für das binäre Gemisch Ethanol/Wasser [Quelle: CHEMSAFE]

Abb. 1: Flammpunkt in Abhängigkeit vom Ethanolanteil

Bestimmung von Gewichts- und Volumenanteil der unbekannten Ethanolprobe

Der in der Abbildung 1 eingetragene Flammpunkt von 42 °C lässt, mit der blau eingetragenen Abhängigkeit, einen Massenanteil der unbekannten Ethanol-Probe von 12 V% bestimmen.

$$\begin{aligned}m_{\text{Et}} &= m \cdot \chi_{\text{Et}} \\&= 1 \text{ kg} \cdot 12 \% \\&= \underline{0,12 \text{ kg}}\end{aligned}\tag{11}$$

$$\begin{aligned}m_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot \chi_{\text{H}_2\text{O}} \\&= 1 \text{ kg} \cdot 88 \% \\&= \underline{0,88 \text{ kg}}\end{aligned}\tag{12}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{Et}} &= \frac{m_{\text{Et}}}{\rho_{\text{Et}}} \\&= \frac{0,10 \text{ kg}}{0,789 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} \\&= \underline{0,152 \text{ L}}\end{aligned}\tag{13}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{H}_2\text{O}} &= \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \\&= \frac{0,88 \text{ kg}}{1,000 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} \\&= \underline{0,880 \text{ L}}\end{aligned}\tag{14}$$

$$\begin{aligned}V\%_{\text{Et}} &= \frac{V_{\text{Et}}}{V_{\text{Et}} + V_{\text{H}_2\text{O}}} \\&= \frac{0,152 \text{ L}}{0,152 \text{ L} + 0,880 \text{ L}} \\&\approx \underline{15 \%}\end{aligned}\tag{15}$$

Die Umrechnung in Volumenprozent zeigt, dass sich für die gemessene unbekannte Ethanol-Probe ein Volumengehalt von 15 V% bestimmen lässt.

Vergleich der Weinprobe mit der Rein-Ethanol-Wasser-Mischung

In Abbildung 1 ebenfalls eingetragen sind die Flammpunkte von je 45 °C für das alkoholische Getränk (Wein, Angabe 12 V%) und dem Rein-Ethanol-Wasser-Gemisch (angemischt 12 V%) mit einem Flammpunkt von 47 °C. Aus Abbildung 1 ergeben sich daraus für das alkoholische Getränk 12 m% Ethanol und für das Rein-Ethanol-Wasser-Gemisch 10 V%Ethanol.

Rückrechnung des Ethanol-Wasser-Gemisches von Massen- auf Volumenprozent

$$\begin{aligned} m_{\text{Et}} &= m \cdot \chi_{\text{Et}} \\ &= 1 \text{ kg} \cdot 10 \% \\ &= \underline{0,10 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{O}} &= m \cdot \chi_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= 1 \text{ kg} \cdot 90 \% \\ &= \underline{0,90 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Et}} &= \frac{m_{\text{Et}}}{\rho_{\text{Et}}} \\ &= \frac{0,10 \text{ kg}}{0,789 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} \\ &= \underline{0,127 \text{ L}} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} V_{\text{H}_2\text{O}} &= \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \\ &= \frac{0,90 \text{ kg}}{1,000 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} \\ &= \underline{0,900 \text{ L}} \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} V\%_{\text{Et}} &= \frac{V_{\text{Et}}}{V_{\text{Et}} + V_{\text{H}_2\text{O}}} \\ &= \frac{0,127 \text{ L}}{0,127 \text{ L} + 0,900 \text{ L}} \\ &\approx \underline{12 \%} \end{aligned} \quad (20)$$

Laut der Angabe auf der Weinverpackung mit 12 V% erwarten sich für das angesetzte Rein-Ethanol-Wasser-Gemisch und der alkoholischen Getränkeprobe dieselben Messwerte. Dies ist nicht der Fall. Das angesetzte Ethanol-Gemisch entspricht mit 1 m% und den daraus berechneten 12 V% der Erwartung für die Flammprobe. Die Weinprobe ist jedoch mit 12 m% und den sich daraus ergebenden 15 V% über dem Erwartungswert von 12 V%. Grund für diese Abweichungen der alkoholischen Weinprobe könnten Fuselalkohole (z.B. Methanol, Propanol) sein, welche nicht dem Ethanol entsprechen, jedoch die Flammbarkeit des Weines selbst beeinflussen. So könnten diese Alkohole den Flammpunkt herabsetzen und damit eine verfälschte Bestimmung mit einem höheren Volumenanteil an Ethanol bewirken.

5 Fazit zur Technischen Handhabung

Drei der vier Proben wurden mittels der Flammpunktprüfung als Gefahrstoffe der Klasse R10/H226 eingeordnet. Bei den Ethanol-Proben und dem alkoholischen Getränk sollte daher für Lagerung, Transport und Verarbeitung darauf geachtet werden, dass falls eine Entzündung oder ein Aufflammen der Proben unerwünscht ist, dass diese Stoffe gekühlt werden bzw. die Raum Temperatur unterhalb des Gefahrenpotentials bleiben sollte. Gerade wenn die die Umgebungstemperatur von den Jahreszeiten abhängt, sollten entsprechende Kühlsysteme für große Mengen beispielsweise im Sommer zur Verfügung stehen. Auch die Vermeidung von Zündquellen in der Nähe dieser Stoffe ist daher zu empfehlen. Der Dieselprobe ist nach der Norm DIN EN ISO 2719 keiner Gefahrenklasse zuzuordnen. Sie ist nach dieser Methodik lediglich als eine Flüssigkeit mit einem Flammpunkt über 55 °C einzuschätzen.