



<u>Veranstaltung:</u>	B-IV
<u>Ausbildungseinheit:</u>	Brand- und Löschlehre
<u>Thema:</u>	Übungsaufgaben
<u>Ausgabe:</u>	08.12.2022
<u>Zuständig:</u>	Abteilung 3
<u>Bearbeitet von:</u>	Martin Reitz Catherina Volk
<u>Literaturhinweis:</u>	Lernunterlage Brandlehre B-IV Lernunterlage Löschlehre B-IV

Inhalt

1	Heizwert von Methanol	2
2	Erwärmung von Polyethylen und Blei	3
3	Verdunstung von 1-Butanol, Ethanol, Cyclohexanol	4
4	Verdunstung von Methanol	5
5	Dampfdichte von Trichlorpenten	6
6	Flüssiggas-Kesselwagen - Gasvolumen	7
7	Oehley-Formel, Brennbarkeit, Flammpunkt, UEG	8
8	Spezifische Abbrandgeschwindigkeit von Dieselkraftstoff	9
9	Inertisieren von Methanoldämpfen	10
10	Flüssiggas-Kesselwagen - Ex-Bereich	11
11	Methanal-Verdampfung, zündwilliges Gemisch	13
12	Verbrennung von Magnesiumstaub in Luft	15
13	Wärmemenge und Brandintensität von Diethylether	15
14	Wärmefreisetzung bei einem Zimmerbrand	16
15	Verbrennung von PVC	17
16	Kühlleistung eines DM-Strahlrohres	18
17	Rauchkühlung	19
18	Schaumeinsatz - Löschzug	20
19	Brandbekämpfung mit Schaum und Kühlung	21
20	CO ₂ -Löschanlage	23

1 Heizwert von Methanol

Berechnen Sie die bei der Verbrennung von Methanol freiwerdende Reaktionsenthalpie. Bildungsenthalpien kann man Nachschlagewerken entnehmen, z. B. Tafelwerk (s. Seite 63 ff). Dort findet man folgende Werte:

$$H_{B, \text{Methanol}} = - 239 \text{ kJ/mol}$$

$$H_{B, \text{Kohlendioxid}} = - 394 \text{ kJ/mol}$$

$$H_{B, \text{Wasserdampf}} = - 242 \text{ kJ/mol}$$

Für Sauerstoff ist $H_B = 0$, da es sich um ein Element in seiner stabilsten Form handelt. Vergleichen Sie den ermittelten Wert mit dem Heizwert von Methanol

$H_{i, \text{Methanol}} = 19,9 \text{ MJ/kg}$ (z. B. aus Hamberger: „Sicherheitstechnische Kennzahlen“).

2 Erwärmung von Polyethylen und Blei

Ermitteln Sie die Endtemperatur von $m = 251\text{g}$ Polyethylen ($c = 2,4\text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$) und der gleichen Masse Blei ($c = 0,13\text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$) mit der einheitlichen Ausgangstemperatur von $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, wenn beiden Stoffen eine Wärmemenge von jeweils 10 kJ zugeführt wird.

3 Verdunstung von 1-Butanol, Ethanol, Cyclohexanol

Wievielmals schneller bzw. langsamer verdunstet 1-Butanol (VZ = 33,0) im Vergleich zu folgenden Flüssigkeiten?

Ethanol (VZ = 8,3)

Cyclohexanol (VZ = 400,0)

4 Verdunstung von Methanol

Auf einer Fläche von $7,5 \text{ m}^2$ verdunsten $8,3 \text{ l}$ Methanol bei 20 °C . Nach welcher Zeit ist die Verdunstung beendet ($l_v = 15 \text{ g/m}^2 \cdot \text{min}$, $\rho_{\text{Methanol}} = 0,79 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)?

5 Dampfdichte von Trichlorpentenen

Gegeben ist die Flüssigkeit Trichlorpentenen.

- a) Wie groß ist die Dampfdichte?
- b) Wievielmals schwerer sind die Dämpfe im Vergleich zu Luft?

6 Flüssiggas-Kesselwagen - Gasvolumen

Aus einem Flüssiggas-Kesselwagen treten 19.000 Liter Propan (C_3H_8) aus.

Wie groß ist das Gasvolumen nach Verdampfung des Flüssiggases?

Entwickeln Sie eine Faustformel zur Abschätzung des Gasvolumens pro kg bzw. pro l verdampftem Flüssiggas.

7 Oehley-Formel, Brennbarkeit, Flammpunkt, UEG

Schätzen Sie mit Hilfe der Oehley-Formel ab, ob die folgenden Stoffe brennbar sind. Ermitteln Sie ferner die Untere Explosionsgrenze und den Flammpunkt mit den Formeln zu UEG und T_{FI} und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit tatsächlichen Werten:

Toluol $C_6H_5CH_3 \rightarrow C_7H_8$ (Siedepunkt: 110 °C)
Literaturwerte: UEG = 1,2 Vol.-%; T_{FI} = 6 °C

Aceton $(CH_3)_2CO \rightarrow C_3H_6O$ (Siedepunkt: 56 °C)
Literaturwerte: UEG = 2,5 Vol.-%; T_{FI} = -19 °C

Schwefelkohlenstoff $\rightarrow CS_2$ (Siedepunkt: 46 °C)
Literaturwerte: UEG = 1,0 Vol.-%; T_{FI} < -20 °C

8 Spezifische Abbrandgeschwindigkeit von Dieselkraftstoff

In einem quaderförmigen Behälter mit einer Grundfläche von 300 dm^2 verbrennt Dieselkraftstoff. Während einer Branddauer von $0,35 \text{ h}$ verringert sich der Flüssigkeitsstand im Behälter auf 96% des Ausgangswertes von $1,25 \text{ m}$. Die Flüssigkeitsdichte beträgt $0,87 \text{ g/ml}$.

Wie groß ist die spezifische Abbrandgeschwindigkeit ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}$)?

9 Inertisieren von Methanoldämpfen

In einem Reaktionsgefäß ($V = 5,35 \text{ m}^3$) befindet sich ein Methanoldampf-Luft-Gemisch mit einem Methanolgehalt von 27 Vol.-%.

Wie viel Liter bzw. kg CO_2 müssen in das Gefäß geleitet werden, um die zur Inertisierung erforderliche Sauerstoffkonzentration von 12 Vol.-% zu erreichen?
(Hinweis: Vernachlässigen Sie den durch die Inertisierung erfolgten Druckaufbau)

10 Flüssiggas-Kesselwagen - Ex-Bereich

Aus einem Flüssiggas-Kesselwagen treten 19.000 Liter Propan (C_3H_8) aus.

- a) Wie groß ist das Volumen des explosiblen Gas-Luft-Gemisches, wenn durch Luftzutritt eine Verdünnung des Propan bis auf eine Konzentration von 5 Vol.-% (ca. Mitte des Ex-Bereichs) erfolgt?
- b) Ergänzen Sie die bereits entwickelte Faustformel zur Abschätzung des Gasvolumens um eine Abschätzung der entstehenden Ex.-Atmosphäre pro kg bzw. pro l verdampftem Flüssiggas.
- c) Berechnen Sie die kreisförmige Ausdehnung (Angabe von Radius oder Durchmesser) des Ex-Bereiches um den Kesselwagen bei einer angenommenen Schichtungshöhe von $h = 0,5 \text{ m}$.
- d) Ermitteln Sie die Größe des Feuerballs nach einer Zündung des explosionsfähigen Gemisches, wenn dieses auf eine Flammentemperatur von $\vartheta = 1.300 \text{ °C}$ erwärmt wird.

11 Methanal-Verdampfung, zündwilliges Gemisch

In einem Raum (nicht gasdicht, Volumen $V = 375 \text{ m}^3$) verdunsten bei 25 °C 75 Liter Methanal (UEG = 7 Vol.-%, OEG = 73 Vol.-%, $\rho = 0,815 \text{ g/cm}^3$) vollständig. Die Dämpfe verteilen sich verlustlos gleichmäßig im Raum.

- a) Nach welcher Zeit hat sich im Raum erstmalig ein zündwilliges Dampf-Luft-Gemisch gebildet (Verdunstungsfläche = $3,5 \text{ m}^2$, $l_v = 22,5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{min}$)?
- b) Liegt nach beendeter Verdunstung ein zündwilliges Dampf-Luft-Gemisch vor?
- c) Welche Zeit wird für die vollständige Verdunstung benötigt?

12 Verbrennung von Magnesiumstaub in Luft

Magnesiumstaub verbrennt in Luft beim stöchiometrischen Gemisch. Ermitteln Sie die Mg-Staub-Konzentration in g/m^3 .

13 Wärmemenge und Brandintensität von Diethylether

Welche Wärmemenge wird bei der vollständigen Verbrennung von 75 l Diethylether ($H_i = 33.830 \text{ kJ/kg}$, $\rho = 0,71 \text{ g/cm}^3$) freigesetzt?

Wie hoch ist die Brandintensität bei einer Brandfläche von $2,25 \text{ m}^2$ und einer Branddauer von 0,3 h (Angabe von I_{Brd} in $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{min}$)?

14 Wärmefreisetzung bei einem Zimmerbrand

Bei einem Zimmerbrand brennen ca. 40 m² Holzoberfläche in Form von Deckenvertäfelung, Holzfußboden, Möbeln etc.

Berechnen Sie mit Hilfe der Abbrandgeschwindigkeit und des Heizwertes die zu erwartende Wärmefreisetzung.

15 Verbrennung von PVC

Bei der Verbrennung von PVC ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$) entsteht Chlorwasserstoff, Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid.

Ein Pkw enthält ca. 15 kg PVC. Wie viel Kilogramm und wie viel Liter HCl entstehen beim Verbrennen eines Autos in einem Tunnel?

16 Kühlleistung eines DM-Strahlrohres

Berechnen Sie die theoretische Kühlleistung eines DM-Strahlrohres ohne Mundstück. Rechnen Sie mit $Q = 50 \text{ l/min}$. Das Wasser hat beim Verlassen des Strahlrohres eine Temperatur von $\vartheta = 8 \text{ °C}$.

17 Rauchkühlung

Zur Rauchkühlung werden drei Sprühimpulsstöße mit einer Wasserabgabe von jeweils 0,5 Litern in eine ca. 600 °C warme Rauchsicht gegeben.

Wie viel Liter Wasserdampf entstehen bei kompletter Verdampfung des Wassers?
(Vernachlässigen Sie Druckänderungen.)

18 Schaumeinsatz - Löschzug

Ein Löschzug mit zwei Löschgruppenfahrzeugen (LF 20, LF 10) besitzt eine Schaumrüstung, bestehend aus jeweils einem Kombinationsschaumstrahlrohr (VZ 15 und 60), einem Zumischer Z4R sowie 120 Litern Mehrbereichsschaummittel pro LF.

Es brennt Benzin auf einer Fläche von ca. 150 m². Der Hersteller des Schaummittels gibt für Benzin eine Zumischrate von 3 % und eine Aufbringrate von 4 l/(min•m²) vor. Ist ein erfolgreicher Einsatz möglich?

19 Brandbekämpfung mit Schaum und Kühlung

Bei Eintreffen der Feuerwehr zündet das skizzierte Warenlager durch.

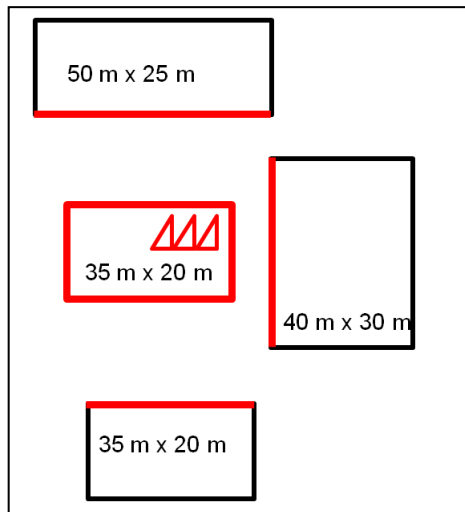


Abb. 1: Skizze Warenlager
Quelle: eigene Darstellung

Folgende Einsatzaufträge sind abzuarbeiten:

Schutz der drei angrenzenden Hallen (jeweils mit Flachdach) und Löschangriff mit Schwerschaum (MBS 3 %) für 15 Minuten.

- Ermitteln Sie für das Warenlager den Wasser- und Schaummittelbedarf, sowie die Anzahl der Zumischer bzw. Schaumstrahlrohre zur Brandbekämpfung mit Schaum.
- Bestimmen Sie den Wasserbedarf zur Kühlung der angrenzenden Hallen.
- Ermitteln Sie den gesamten Wasserbedarf und die Anzahl der notwendigen Feuerlöschkreiselpumpen.

Rechnen Sie mit folgenden Werten:

Aufbringrate: $I_{Lö} = 8 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$

Löschdauer: $t_{Lö} = 15 \text{ min}$

20 CO₂-Löschanlage

Wie viel Liter CO₂ (g) entstehen unter Atmosphärendruck bei 60 °C (Auslösung Wärmemelder), wenn aus einem Druckbehälter einer stationären Löschanlage 500 kg CO₂ (l) vollständig ausgestoßen werden?