

Modellierung des Löschprozesses bei Löschen durch Kühlung

N. Schmeißer, D. Facius

22. Dezember 2009

1 Energieansatz

Die sog. *Wärmeemissionsrate* \dot{q} läßt sich mit Hilfe spezieller Kalorimeter stoffspezifisch bestimmen und korreliert mit der *Masseverlustrate* \dot{m} . Es ist

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot \Delta H_c \quad (1)$$

Für den Verlauf der Gesamtenergieabgabe $Q(t)$ ergibt sich damit

$$Q(t) = \int_0^t \dot{q} dt = \int_0^t \dot{m} \cdot \Delta H_c dt \quad (2)$$

Beim Eintrag eines Löschmittels verringert sich $Q(t)$ um den, bis zu diesem Zeitpunkt wirksam (siehe auch Abschnitt 2) gewordenen Betrag der Verdampfungswärme des Löschmittels.

$$Q_E(t) = Q(t) - Q_L(t) = \int_0^t \dot{q} dt - \int_0^t \dot{q}_L dt \quad (3)$$

2 Wirksamkeit des Löschmittels

Die Wirksamkeit des Löschmittels wird u.a. durch folgende Faktoren bestimmt

Verdampfungswärme C_L : Energie, die erforderlich ist, um 1 kg Löschmittel zu verdampfen

eingetragene Masse dm_{LE} : ergibt sich aus dem Volumenstrom $I_L \cdot dt$

wirksame Masse dm_L : nur die wirksame Masse nimmt Wärme auf;

$$dm_L = S_F \cdot dm_{LE} = S_F \cdot I_L \cdot dt$$

S_F ist das Verhältnis aus Überdeckungsfläche zu Eintragsfläche des Löschmittels; $S_F = \frac{A_E}{A_L}$ (siehe Abb. 1)

Effektivität S_L : wird z.B. durch die Tröpfchengröße bestimmt; $0 \leq S_F \leq 1$

Damit ergibt sich

$$\dot{q}_L = S_L(t) \cdot S_F(t) \cdot C_L \cdot I_L(t) \quad (4)$$

und mit (3)

$$Q_E(t) = \int_0^t \dot{q} dt - C_L \cdot \int_0^t S_L(t) \cdot S_F(t) \cdot I_L(t) dt \quad (5)$$

Zur Vereinfachung der Simulation kann für die Dauer des Löschvorganges die Effektivität konstant gehalten werden, außerdem kann (jeweils gleiche Strahlform, stoßweises Löschen) I_L als diskrete Abbildung mit $I_L(t) \in \{0, I_0\}$ definiert werden (siehe Abb. 2).

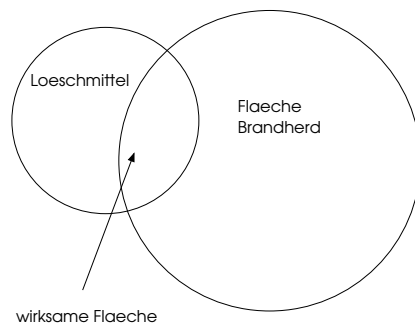


Abbildung 1: Überdeckung Löschmittel - Brandherd

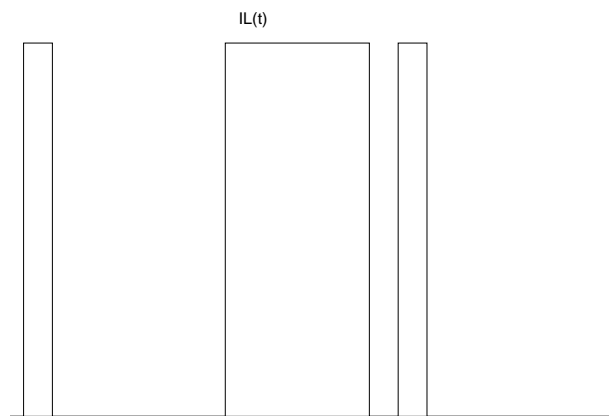


Abbildung 2: diskreter Löschmittelstrom

3 Brandverhalten, Zustandsparameter, Löschung

Der Brand erlischt, wenn kein brennbares Material mehr vorhanden ist. Sei m_0 die Ausgangsmasse, dann ist

$$m(t) = m_0 - \int_0^t \dot{m} dt \quad (6)$$

wobei \dot{m} die *Masserverlustrate* darstellt. Das Feuer erlischt bei t_E mit $m_0 = \int_0^{t_E} \dot{m} dt$.

Das Feuer erlischt ebenfalls, wenn die Temperatur des brennbaren Stoffes unter seine *Zündtemperatur* sinkt. Für eine Wärmemenge ΔQ gilt

$$\Delta Q = C \cdot m(t) \cdot \Delta T \quad (7)$$

C ist die spezifische Wärmekapazität. Aggregatzustandsänderungen und damit verbundene "Wärmesprünge" (Verdampfungswärme) werden nicht berücksichtigt. Entsprechend gilt

$$dQ = C \cdot m(t) \cdot dT \quad (8)$$

Die Wärmezufuhr resp. Kühlung ergibt sich aus der Gesamtenergiebilanz (siehe 5) zu

$$dQ_E = dQ = C \cdot m(t) \cdot dT \quad (9)$$

und damit

$$dT = \frac{1}{C} \cdot \frac{dQ_E}{m(t)} \quad (10)$$

bzw.

$$\Delta T = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{\dot{Q}_E}{m_0 - \int_0^t \dot{m} dt} dt \quad (11)$$

Letztendlich ist

$$T(t) = T_0 + \frac{1}{C} \int_0^t \frac{\dot{Q}_E}{m_0 - \int_0^t \dot{m} dt} dt \quad (12)$$