

# URBANER STOFFHAUSHALT

LVA NR. 225.032

## ÜBUNGSARBEIT 3

„SENKEN“

AM BEISPIEL DER RAUMLUFT ALS SENKE FÜR FORMALDEHYD

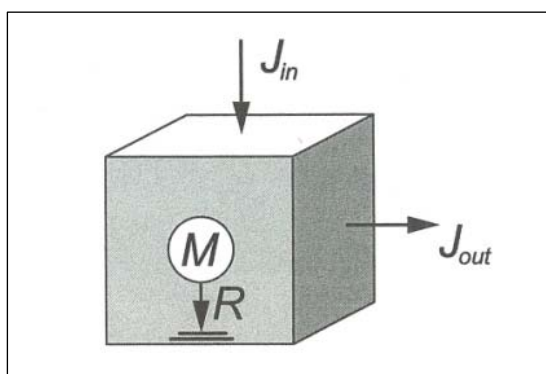
### 1 Aufgabenstellung

Laut Österreichischem Tabakgesetz (Bundesrepublik Österreich 1995) gilt in Gastronomiebetrieben ein grundsätzliches Rauchverbot. Ausgenommen davon sind Lokale mit bis zu  $50 \text{ m}^2$ . Um im Falle eines Raucherlokals die Luftqualität sicherzustellen ist es erforderlich für eine entsprechende Be- und Entlüftung zu sorgen. Im gegenständlichen Beispiel soll die Lüftung so dimensioniert werden, dass negative gesundheitliche Effekte aufgrund des Zigarettenrauches vermieden werden. Diese werden unter anderem durch das im Rauch enthaltene Formaldehyd ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) hervorgerufen. Einerseits reduziert sich die Konzentration durch die Transformation von  $\text{CH}_2\text{O}$  zu  $\text{CO}_2$ , andererseits wird  $\text{CH}_2\text{O}$  durch die Entlüftung ins Freie transportiert. In jedem Fall muss sichergestellt werden, dass die Konzentration von  $\text{CH}_2\text{O}$  in der Raumluft unter dem von der WHO empfohlenen Grenzwert von  $0,1 \text{ mg/m}^3$  liegt.

### 2 Angabe

Die Raumluft wird als linearer Durchflussreakter mit einer Senkenfunktion (Transformationsfunktion  $f_k = -r * M$ ) modelliert. Die Zu- und Abluft des Lokals, sowie die Transformation erfolgen permanent und kontinuierlich. Adsorptionsprozesse (Anlagerung von  $\text{CH}_2\text{O}$  an festen Oberflächen) und Desorptionsprozesse werden vernachlässigt.

Abbildung 1: Modellannahme (Imboden and Koch 2004)



#### Legende:

$J_{in}$  = Zuluft [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$J_{out}$  = Abluft [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$M$  = Menge an  $\text{CH}_2\text{O}$  in der Raumluft

$R$  = transformiertes  $\text{CH}_2\text{O}$

$V$  = Raumvolumen

$c$  = Konzentration an  $\text{CH}_2\text{O}$  in der Raumluft  
( $c = M/V$ )

LWR = Luftwechselrate ( $LWR = J_{out}/V$ )

Es gelten folgende Annahmen:

- Raumvolumen:  $V = 50 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} = 150 \text{ m}^3$
- Zuluft  $J_{in}$  = Abluft  $J_{out} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$
- Die  $\text{CH}_2\text{O}$  Konzentration in der Abluft entspricht jener im Innenraum
- 20 Gäste, wobei jede(r) 2 Zigaretten pro Stunden raucht
- Eine Zigarette emittiert ca.  $1,0 \text{ mg CH}_2\text{O}$

- Die Transformationsrate „r“ von  $\text{CH}_2\text{O}$  beträgt 0,4 1/h und wird als konstant angenommen ( $r = dk/dt = \text{const.}$ )
- Grenzwert für die  $\text{CH}_2\text{O}$  Konzentration in Luft gemäß (WHO 2000, S. 90):  $0,1 \text{ mg/m}^3$

### 3 Vorgangsweise und Fragestellungen

- (1) Erstellen Sie mit der Software STAN ein generisches Modell, das neben der Güterebene „Luft“ auch die Stoffebene „Formaldehyd“ enthält und stellen Sie dieses qualitativ dar.  
Hinweis: Stellen Sie das transformierte  $\text{CH}_2\text{O}$  als Exportfluss dar.
- (2) Stellen Sie die Massenbilanzgleichung für  $\text{CH}_2\text{O}$  in der Raumluft auf.
- (3) Berechnen Sie die  $\text{CH}_2\text{O}$  Konzentration in der Raumluft mittels
  - a. STAN. Hinweis: Nutzen Sie die STAN-Funktion „Beziehungen bearbeiten“ um die beiden Bedingungen a)  $\text{CH}_2\text{O}$  Konzentration in der Abluft =  $\text{CH}_2\text{O}$  Konzentration im Innenraum, und b)  $R = r * M$  zu berücksichtigen.
  - b. der unter (2) aufgestellten Massenbilanzgleichung.  
Liegt die Konzentration über dem WHO Grenzwert?
- (4) Berechnen Sie die erforderliche Mindest-Luftwechselrate, damit der WHO Grenzwert eingehalten wird. Ist diese Luftwechselrate ohne einer mechanische Lüftung, also ausschließlich mit einem geöffneten Fenster zu erzielen?

### 4 Literatur

- Bundesrepublik Österreich (1995). Bundesgesetz über das Herstellen und das Inverkehrbringen von Tabakerzeugnissen sowie die Werbung für Tabakerzeugnisse und den Nichtraucherschutz (Tabakgesetz).
- Imboden, D. M. and S. Koch (2004). Systemanalyse: Einführung in die mathematische Modellierung natürlicher Systeme. Berlin, Heidelberg, New York, Springer.
- WHO (2000). Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition.