

Luftbedarf

Wie lange können Menschen in einem begrenzten Luftvolumen überleben?

Beispiel: Bei der Autofahrt durch einen Tunnel werde die Ventilation geschlossen. Dabei entstehe ein hermetischer Verschluss.

Luftvolumen

Der Innenraum des Autos habe folgende Abmessungen:

Länge (von der Windschutzscheibe bis zum gefüllten Gepäckabteil)	2.0	m
Breite	1.43	m
Höhe	1.17	m

Das ergibt ein Innenraumvolumen von 3.35 m^3 .

Die mittlere Dichte eines Menschen ist nahezu gleich der Dichte von Wasser. Ein Mensch mit einer Masse von 70 kg hat daher ein Volumen von etwa 70 Litern.

Die vorderen Sitze verdrängen ein Luftvolumen von je etwa 60 Liter, und die hintere Sitzbank nimmt ein Volumen von etwa 350 Liter in Anspruch.

In einem mit 4 Personen besetzten Auto wird also total ein Luftvolumen von etwa 750 Liter verdrängt. Somit hat der Innenraum ein Netto-Luftvolumen von 2.6 m^3 .

Sauerstoff

Ein Mensch verbraucht etwa 0.4 Liter Sauerstoff pro Minute [1]. Sauerstoffkonzentrationen von über 17 bis 19 % sind unbedenklich [2]. Wird also in einem Volumen von 2.6 m^3 der Sauerstoffgehalt von 21 % auf 17 % abgesenkt, so können $0.04 \cdot 2600 \text{ Liter} = 104 \text{ Liter}$ Sauerstoff verbraucht werden. Da 4 Personen pro Minute 1.6 Liter Sauerstoff verbrauchen, reicht der Sauerstoff für $104/1.6 = 65$ Minuten. Es dauert also mehr als 1 Stunde, bis der Sauerstoffgehalt auf ein kritisches Niveau absinkt.

Gefährlich sind Sauerstoffkonzentrationen von weniger als 11 bis 13 %. Es können also $0.08 \cdot 2600 \text{ Liter} = 208 \text{ Liter}$ Sauerstoff verbraucht werden, bis die Konzentration auf ein gefährliches Niveau absinkt. Das dauert 130 Minuten.

Kohlendioxid

Kritischer ist die Konzentration des Kohlendioxids. Die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre ist rund 0.035 %. In der von einem Menschen ausgeatmeten Luft beträgt die Kohlendioxidkonzentration etwa 4 % [2]. Das Atemvolumen pro Minute ist etwa 8.5 Liter. Also atmet ein Mensch pro Minute etwa $3.5 \cdot 10^{-4} \cdot 8.5 \text{ Liter} = 2.98 \cdot 10^{-3} \text{ Liter}$ Kohlendioxid ein und $0.04 \cdot 8.5 \text{ Liter} = 0.34 \text{ Liter}$ Kohlendioxid aus, d.h. ein Mensch produziert 0.337 Liter Kohlendioxid pro Minute. 4 Personen erzeugen somit 1.35 Liter Kohlendioxid pro Minute.

Ab Kohlendioxidkonzentrationen von 2 bis 3 % kommt es zu zunehmender Reizung des Atemzentrums mit Aktivierung der Atmung und Erhöhung der Pulsfrequenz. Eine Konzentration

von 2 % entspricht einem Kohlendioxidvolumen von $0.02 \cdot 2600 \text{ Liter} = 52 \text{ Liter}$. Somit dauert es $52/1.35 = 38.5$ Minuten, bis diese Konzentration erreicht ist.

Ab Konzentrationen von 4 bis 7 % zeigen sich die genannten Symptome verstärkt, und es kommt zusätzlich zu Durchblutungsproblemen im Gehirn und dadurch zu Schwindelgefühlen, Brechreiz und Ohrensausen [2]. Dies tritt nach etwa 77 Minuten auf.

Unsicherheiten

Da die für die Berechnungen verwendeten Werte grosse Streuungen aufweisen, sind auch die berechneten Zeitspannen mit grossen Unsicherheiten behaftet.

Literatur

- [1] R. Müller, *Atmung, Stoffwechsel und Blutkreislauf*, [Atmungsstoffwechsel](#)
- [2] R. Dörr, K. Janssen, *Gefährdungsbeurteilung*, [Gefährdung](#)