

# Orientierungswerte für Ozon in der Raumluft

SECO/ABGG 18. März 2019

## Einleitung

Dieses Merkblatt definiert Orientierungswerte (Expositionswerte; d.h. Konzentration in der Atmungszone der Arbeitenden) für Ozon in der Raumluft an nicht-industriellen Arbeitsplätzen (Büros etc.).

Geräte und technische Anwendungen, die (neben natürlichen Einträgen aus der Aussenluft) zusätzlich Ozon in den Raum einbringen, müssen aus Gründen des Gesundheitsschutzes einer Begrenzung unterliegen.

Das Merkblatt liefert dazu Hintergrundinformationen über Ozon (Entstehung, Konzentration in der Aussenluft, Innenluft, Grenzwerte etc.) und Überlegungen für die Herleitung der Orientierungswerte.

## Orientierungswerte für Innenräume an nicht-industriellen Arbeitsplätzen (Büros etc.)

### Überlegungen

- Im Zentrum steht gemäss ArGV 3 der Gesundheitsschutz («Gesundheitsvorsorge»): Es dürfen keine gesundheitsschädigenden oder belästigenden Wirkungen für Personen durch Stoffe im Raum entstehen. Es gilt daher das Minimierungsgebot: in Räumen, in denen ein Stoff nicht als Arbeitsmittel eingesetzt wird, dürfen möglichst keine unnötigen Zusatzbelastungen entstehen.
- Nicht vermeidbare Einflüsse aus der Aussenluft werden in die Überlegungen für die Festlegung der Orientierungswerte einbezogen (siehe Kapitel Innen/Aussenluft Verhältnisse)
- An nicht-industriellen Arbeitsplätzen (Büros, etc.) werden jeweils Orientierungs- oder Richtwerte für den Gesundheitsschutz herangezogen, da der eigentliche «Gefahrstoff» nicht für einen Arbeits- oder Herstellungsprozess benötigt wird oder als Produkt bei der Arbeitstätigkeit anfällt.
- Ein Orientierungswert für Ozon soll (analog zu den MAK- und Immissionsgrenzwerten) eine zeitliche Spitzenbegrenzung und eine durchschnittliche Begrenzung haben. «Erholungsphasen» mit tieferen Ozonwerten können so gewährleistet werden (d.h. kein «Auffüllen» der Konzentration bis zum Spitzengrenzwert über die gesamte Zeit).
- Neben den gesundheitlichen Auswirkungen muss beachtet werden, dass Ozon chemische Reaktionen, die weitere Nebenprodukte bilden, antreibt. Dies kann zur Produktion von unerwünschten chemischen Stoffen mit negativen Wirkungen auf die Gesundheit führen (wie Aldehyde, oxidierte Verbindungen etc.)
- Gemäss SWKI (Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren) darf bei einer mechanischen Lüftung über die Zuluft kein Stoff mit höherer Konzentration als in der Aussenluft in den Raum eingebracht werden.

- Gemäss Wegleitung Art 18 Abs. 3 ArGV 3 darf aus dem Arbeitsraum weggeführte verunreinigte Luft, die wieder in den Raum zurückgeführt wird, maximal 1/3 des MAK-Wertes betragen.

## Festlegung Orientierungswerte

(als Expositionswerte, d.h. Konzentration im Atembereich der Personen)

<b>Tagesgrenzwert <sup>a)</sup>:</b>	<b>35 ppb <math>\approx</math> 70 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
<b>Kurzzeitgrenzwert: 15 min<sup>b)</sup>:</b>	<b>60 ppb* <math>\approx</math> 120 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>

- a) Tagesgrenzwert («Normalarbeitszeit»  $\approx$  8h-pro Tag):  
Die durchschnittliche Konzentration über die Arbeitsdauer eines Tages darf 35 ppb nicht überschreiten.
- b) Kurzzeitgrenzwert (KZGW) (15 Minuten): tägl. max. viermal 15min bis max. 60 ppb im Abstand von einer Stunde erlaubt.

(\* vereinfacht wird ein Faktor zwei für die Umrechnung ppb in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angenommen)

## Hintergrundinformationen über Ozon

### Grundlagen über Ozon

Ozon ist ein Molekül, das einerseits durch natürliche Prozesse in der Stratosphäre produziert wird (Spaltung von Sauerstoff durch UV-Strahlung), das aber auch durch natürliche und anthropogene Emissionen in den «unteren Etagen» der Atmosphäre (Troposphäre) durch Einfluss des Sonnenlichts und durch die Primärschadstoffe  $\text{NO}_2$  und VOC (flüchtige organische Verbindungen) produziert wird. Die erhöhten Emissionen an  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}$ ) und VOC haben ab den 1960er Jahren (USA) und ab den 1970/80er Jahren (CH, Europa) Ozon als Luftschadstoff vermehrt ins Zentrum gerückt.

Ozon in der Troposphäre verfügt über einen ausgesprochenen Tages- und saisonalen Gang: die niedrigsten Werte findet man in der Nacht und im Winter (bei wenig Sonneneinfluss und kühlen Temperaturen) und die höchsten Werte im Sommer am Nachmittag (unter Sonneneinfluss und bei warmen Temperaturen). In der Schweiz (und in Europa) werden die Immissionsgrenzwerte für Ozon in der milden und warmen Jahreszeit häufig und flächendeckend überschritten.

Über historische Ozonkonzentrationen gibt es nur wenige Angaben. Geschätzt wird, dass vor dem Anstieg der Primäremissionen in den 1960er Jahren die Ozonbelastungen in der Schweiz einem Bereich zwischen ca. 10 ppb und 30 ppb (Sommer) lagen; allerdings können damalige Kurzeitspitzen von 40 ppb nicht ausgeschlossen werden.

Ozon ist ein starkes Oxidationsmittel und gilt als gesundheitsschädigend. Die gesundheitlichen Auswirkungen wurden in den letzten zwanzig Jahren in einer Vielzahl von

Studien (Epidemiologie, Klimakammerversuche) untersucht. Auswirkungen auf die Gesundheit wie eine reduzierte Lungenfunktion, Atemwegssymptome, Asthma und Effekte auf das Herz-Kreislaufsystem konnten nachgewiesen werden. Als Schutz vor übermässiger Exposition in der Aussenluft wird u.a. der Aufenthalt in Innenräumen empfohlen. Ozon dringt z.B. durch natürliche Infiltration und offene Fenster in Innenräume; die Konzentration im Innenraum ist wegen der hohen Reaktivität (Abbauprozesse an Materialien und Partikeln etc.) geringer als in der Aussenluft (Verhältnis Innen/Aussen: ca. 1:10 bis 1:2, mit Ausnahmen höher). In mechanisch belüfteten Räumen ergibt sich ebenfalls ein Eintrag in die Raumluft. Durch Reaktionen an den Filtern, in den Kanälen etc. sind die Innenkonzentrationen auch in diesem Fall geringer als aussen.

Ozon in der Raumluft hat weitere unerwünschte Auswirkungen, da es chemische Reaktionen auslöst, die zu Folgeprodukten mit unerwünschten gesundheitlichen Auswirkungen führen (z.B. Aldehyde, oxidative Moleküle).

## **Vergleich Grenzwerte in verschiedenen Ländern**

### **Aussenluft**

Der Immissionsgrenzwert in der Schweiz schützt einerseits vor Kurzeitspitzen (definiert als 1h-Wert) und vor einer erhöhten langzeitlichen Belastung (definiert als statistischer Wert, 98er Perzentile eines Monats).

CH: 60 ppb\* über 1h  
(darf einmal pro Jahr überschritten werden)  
(\*1 ppb ca. 2 µg/m<sup>3</sup>)

Statistischer Wert: max. monatlich 98er Perzentile der ½ - h Werte: 50 ppb

USA: (statistisches Mass) 70 ppb über 8h

EU: 60 ppb über 8h

WHO: 50 ppb über 8h

### **Innenraum-Grenzwerte**

Canada Residential indoor air 20 ppb über 8h

Begrenzung von Geräteemissionen: US-California for indoor air cleaner:

50 ppb ohne zeitl. Angabe

SN EN 60335 Teil 2-65: «Besondere Anforderungen für Luftreinigungsgeräte»

50 ppb (in einem mit Polyethylen (PE) Folien ausgekleideten Raum (2.5 x 3.5 x 3.0 m))

## **Grenzwert am Arbeitsplatz max. Arbeitsplatzkonzentration (MAK) (CH)**

Arbeitsplatz CH/MAK-Werte: 100 ppb über 8h  
100 ppb über 15 min

## Aussenluftkonzentrationen in der Schweiz (CH-Mittelland)

Ozon-Konzentrationen zeigen die Abb.1a und 1b (NABEL-Messnetz, Daten 2017)

### Tagesgang Sommer-Winter

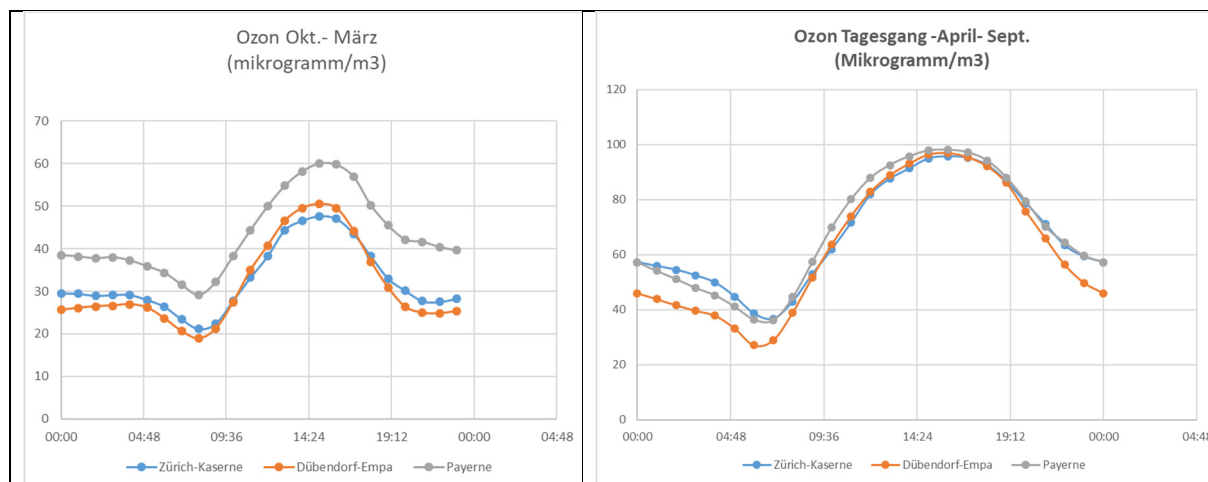


Abb. 1a und b). mittlerer Tagesgang (stündliche Mittelwerte) für Winter (Okt. bis März) und Sommer (April bis Sept.)

Im Winter gibt es Unterschiede zwischen ländlichen Gebieten (Bsp. Payerne) und Städten/Agglomerationen (Dübendorf/Zürich): auf dem Land ist die Ozonkonzentration ca. 10 ppb höher als in der Stadt (Abbau durch Primärschadstoffe). Im Sommer gleichen sich die Tagesgänge morgens und nachmittags an. Nur in der Nacht sind geringe Unterschiede zwischen Stadt und Land vorhanden.

Zu beachten ist, dass der Ozon-Immissionsgrenzwert (1h Spitzenwert für Ozon) der in der Schweiz von der Luftreinhalte-Verordnung vorgegeben ist noch immer zu häufig überschritten wird.

### Abschätzung von Innenraumbelastungen

Ausgehend von durchschnittlichen Aussenluft-Konzentrationen (über den Tag) ergeben sich folgende Ozon-Innenraumkonzentrationen (bei natürlicher Lüftung), ausgehend von Innen-Aussenverhältnissen von 1/10 und 1/2, über einen Arbeitstag ( $\approx 8$ h)

	Ozon Aussenluft* (7h bis 19h) ppb	abgeschätzte Innenluftwerte bei 1/10 (innen/aussen) ppb	abgeschätzte Innenluftwerte bei 1/2 (innen/aussen) ppb
<b>Sommer</b>			
Stadt/Agglomeration	31-38	3-4	16-19
Land	40	4	20
<b>Winter</b>			
Stadt/Agglomeration	14-20	2	7-10
Land	22-25	2-3	11-12

(\*NABEL-Messwerte 2017 [in ppb, Verhältnis 1 ppb  $\approx 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ] für CH Mittelland)

Auf Grund dieser Daten ist davon auszugehen, dass in Innenräumen bei natürlicher Lüftung Ozonkonzentrationen zwischen ca. 3-20 ppb im Sommer und zwischen ca. 2-12 ppb im Winter vorhanden sind (in Ausnahmefällen höhere Werte). Bei mechanischer Lüftung sind möglicherweise weitere ozonabbauende Wirkungen der Filtration und der Reaktion mit den Oberflächen der Leitungen zu beachten.

Ausgehend von einem Innen/Aussenluftverhältnis von ca. 0.8 (worst-case) können (gemäss Tabelle oben) in einem Raum durch Ausseneinfluss nicht vermeidbare durchschnittliche Ozonkonzentrationen bis über dreissig ppb entstehen.

Ausgehend von 1h Ozon-Aussenluftspitzen von ca. 50 (bis ca. 75 ppb) (CH-Mittelland) und einem Innen/Aussenluftverhältnis von 0.8 (worst-case) können im Raum nicht vermeidbare Ozonspitzen von bis ca. 60 ppb entstehen.

Bei diesen «Worst-cases» ist es daher nicht angebracht, die Luft im Raum zusätzlich mit Ozon zu belasten.