

■ Stand 07/2013

■ Best.-Nr. 526

Ozon

Früher war Ozon ein Begriff, mit dem nur Experten einiger Fachgebiete vertraut waren. Heutzutage gehört das Wort Ozon zu unserem Alltagswortschatz und der Stoff Ozon zu unserem Alltag. Seit einigen Jahren ist die Reizwirkung von Ozon auf die Augen und Atemwege der breiten Öffentlichkeit bekannt, denn sein erhöhtes Auftreten ist ein Teil des so genannten "Sommersmogs".

Auch in der Druckindustrie und in der Papierverarbeitung gibt es Verfahren, bei denen Ozon entsteht. Dazu gehört z. B. die UV-Trocknung, die mit ultraviolettem Licht arbeitet.

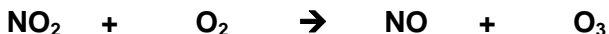
Bei diesen Prozessen muss das entstehende Ozon an der Entstehungsstelle abgesaugt werden. Im Rahmen von Maschinenprüfungen wird durch die BG die Ozonkonzentration im Arbeits- und Verkehrsbereich gemessen. Beim bestimmungsgemäßen Betreiben werden bei diesen Anlagen keine gesundheitsgefährdenden Konzentrationen für die Beschäftigten festgestellt. Ähnliches gilt z.B. für Plattenbelichter oder Anlagen zur Corona-Behandlung, die sehr häufig zur Verbesserung der Klebefähigkeit oder Farbhaftung eingesetzt werden. Bei emissionsgeprüften Maschinen muss der Ozon-Ausstoß unter $0,01 \text{ ml/m}^3$ liegen.

1. Ozon - Entstehung, Vorkommen

Ozon (chemisches Formelzeichen O_3) besteht aus drei Atomen Sauerstoff und entsteht überall dort, wo durch elektrische Energie oder UV-Strahlung aus den "normalen" Sauerstoffmolekülen (O_2) der Luft Atome (O) entstehen. Diese Atome können dann wiederum mit Sauerstoffmolekülen zu Ozon (O_3) reagieren:



Bei starker Sonneneinstrahlung bildet sich Ozon unter Beteiligung anderer Luftverunreinigungen. Besonders die Stickoxide (NO_x) aus unseren Kraftfahrzeugen und häuslichen Heizungen, aus Kraftwerken und der Industrie spielen dabei eine große Rolle:



Je nach Konzentration riecht Ozon sehr intensiv nelken-, heu- oder chlorähnlich ("Höhensonnengeruch"). Die menschliche Nase nimmt Ozon schon ab einer Konzentration von $0,01 \text{ ml/m}^3$ wahr und ist damit vielen Ozon-Nachweisverfahren überlegen. Im Vergleich zu anderen Reizgasen bedeutet dies: Der Mensch nimmt normalerweise geringste Mengen Ozon wahr und ist so in der Lage zu reagieren, bevor eine Gefährdung zu erwarten ist. Der Nachteil - was den Geruch betrifft - ist der so genannte Gewöhnungseffekt, d. h. schon nach kurzem Aufenthalt in ozonbelasteter Luft wird es von der Nase nicht mehr wahrgenommen.

In der natürlichen Umgebungsluft kommt Ozon in unterschiedlichen Konzentrationen vor, die vor allem von den verschiedenen Jahreszeiten abhängig sind. Ozon ist ein sehr reaktionsfreudiges Molekül und zerfällt bei Raumtemperatur in reiner Luft mit einer Halbwertszeit von ca. 20 bis 100 Stunden in den ungefährlichen Luftsauerstoff. Die Halbwertszeit ist hier die Zeit, in der sich die Ozonkonzentration halbiert hat. Bei Anwesenheit von Katalysatoren, Licht oder Wärme kann die Halbwertszeit bis in den Minuten- bzw. Sekundenbereich sinken.

2. Wirkungen auf den Menschen

Die Empfindlichkeit gegenüber Ozon ist individuell unterschiedlich und abhängig von seiner Konzentration.

Ozon ist ein oxidatives Reizgas, das schon in niedrigen Konzentrationen auf Augen, Nase, Rachenraum und Lunge einwirkt. Da es relativ schlecht in Wasser löslich ist, wird es von den Schleimhäuten nicht zurückgehalten und dringt in tiefere Abschnitte der Lunge vor als andere Reizgase. Die Wirkungsschwelle für diese Reizeffekte liegt ungefähr bei $0,1 \text{ ml/m}^3$, dem bis Ende 2005 gültigen Grenzwert.

Bei **Konzentrationen über $0,1 \text{ ml/m}^3$** kann Ozon mit allen biologischen Systemen reagieren, es werden subjektiv folgende Wirkungen wahrgenommen:

- Reizempfindungen an den Schleimhäuten der Augen und Atemwegen
- Heiserkeit
- Husten
- Beklemmungen hinter dem Brustbein
- Verminderung der körperlichen Leistungsfähigkeit

Die Hauptschädigungen werden in den Atemwegen verursacht, wobei es zu Atembeschwerden mit einer Abnahme des Atemvolumens kommt. Später treten auch Nasenbluten, Bronchitis (Entzündungen der Luftröhrenschleimhaut) auf, oder es sammelt sich Flüssigkeit im Lungengewebe an (Lungenödem). Dabei ist der Übergang von folgenlosen Reizwirkungen zu Veränderungen mit Krankheitswert fließend.

Ein Einfluss auf die Lungenfunktion ist bei **Konzentrationen schon ab $0,08 \text{ ml/m}^3$** nachgewiesen. Bei wiederholter Belastung mit Ozon an aufeinander folgenden Tagen klingt die Wirkung auf die Lungenfunktion ab, was als Adaption (Anpassung) bezeichnet wird. Da aber andere Wirkungen, wie Entzündungen der Atemwege und die Überempfindlichkeit in der Luftröhre, fortbestehen, darf diese Anpassung nicht zum Verzicht auf Schutzmaßnahmen verleiten.

3. Gesetzliche Einstufung

Nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ ist Ozon als Krebs erzeugend Kategorie 3 eingestuft. Ozon ist demnach ein Stoff, der wegen möglicher Krebs erregender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis gibt. Eine befriedigende Beurteilung ist zurzeit nicht abschließend möglich. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um Ozon als Krebs erzeugend für den Menschen einzustufen.

Für den Umgang mit Ozon in den Betrieben galt bis Ende 2005 ein gesetzlicher Grenzwert von $0,1 \text{ ml/m}^3$. Der Überschreitungsfaktor für die Spitzenbegrenzung war mit $=1=$ festgelegt. Das heißt für lokal reizende und geruchsintensive Stoffe wie Ozon sollte die Konzentration zu keinem Zeitpunkt höher sein als die Grenzwertkonzentration. Für Ozon gibt es derzeit keinen Arbeitsplatzgrenzwert. Zurzeit befasst sich der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) mit der Festlegung eines aktuellen Arbeitsplatzgrenzwertes.

Bis zu dessen Veröffentlichung sollte man sich, auch im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung, an einen Richtwert auf Basis internationaler Grenzwerte von $0,06 \text{ ml/m}^3$ ($0,12 \text{ mg/m}^3$) halten.

4. Schutzmaßnahmen

Um die gesundheitlichen Risiken so gering wie möglich zu halten, werden die folgenden Maßnahmen empfohlen:

technisch:

- Der effektivste Schutz ist die Vermeidung von Ozon, etwa durch Umstellung auf alternative Maschinen oder Produktionsverfahren.
- Wenn möglich sollten ozonproduzierende Geräte ganz aus dem Arbeitsbereich, z. B. in Nebenräume entfernt werden; alternativ können Bereiche mit Ozon-Entstehung von den Arbeitsbereichen getrennt werden.
- Lässt sich die Bildung am Arbeitsplatz nicht vermeiden, so müssen alle Ozon produzierenden Maschinen mit wirksamen Absaugungen und gegebenenfalls Filtersystemen aus Metalloxiden oder Aktivkohle ausgerüstet werden. Diese Absaugungen müssen während des Betriebs unbedingt eingeschaltet sein.

organisatorisch:

- Zur Reduzierung der Ozonbelastung sollte für eine gute Durchlüftung der Räume gesorgt werden.
- Auf Ozonquellen im Produktionsbereich und auf die sichere Einhaltung des früheren Grenzwertes muss besonders geachtet werden. Im Zweifelsfall müssen Kontrollmessungen durchgeführt werden.
- Die Arbeitnehmer müssen über die gesundheitlichen Risiken von erhöhten Ozonkonzentrationen aufgeklärt und über mögliche Schutzmaßnahmen informiert werden.
- Arbeitnehmer, die besonders empfindlich auf Ozon reagieren bzw. unter Erkrankungen der Atemwege leiden, müssen umgehend arbeitsmedizinisch beraten und untersucht werden. Falls notwendig sind für diesen Personenkreis weitergehende Arbeitsschutzmaßnahmen (Atemschutz, z.B. Spezialfilter NO – P3/ Kennfarbe: blau-weiß) zu treffen.

5. Messung

Am preiswertesten und einfachsten ist es, die Ozonkonzentration mit dem "Prüfröhrchen-Verfahren" zu messen. Mit einer Handpumpe und einem direkt anzeigenden Prüfröhrchen kann schnell festgestellt werden, ob die Ozonkonzentration deutlich unter oder deutlich über dem empfohlenen Richtwert liegt. Dies wird durch einen Farbumschlag angezeigt. Bei Konzentrationen im Bereich des Richtwertes sind genauere Messungen durch eine anerkannte außerbetriebliche Messstelle notwendig.

Handpumpe und Prüfröhrchen für Ozonmessungen sind im Fachhandel oder direkt beim Hersteller, z. B. bei

- Drägerwerk AG & Co. KGaA, Moislinger Allee 53-55, 23558 Lübeck, www.draeger.com oder
- MSA Auer GmbH, Thiemannstr. 1, 12059 Berlin, www.msa-auer.de

erhältlich.

6. Umgang mit Kopierern, Laserdruckern und Faxgeräten

Fotokopiergeräte, Laserdrucker und manche Faxgeräte produzieren Ozon während des Kopier- bzw. Druckvorgangs - nicht im Standby-Betrieb. Die Bezugskonzentration von $0,1 \text{ ml/m}^3$ (ehemaliger Grenzwert) wird normalerweise nicht überschritten; empfindliche Personen, die sich im direkten Abluftstrom der Geräte aufhalten, können beeinträchtigt werden.

Was ist zu tun?

- Beim Kauf von neuer Bürotechnik sollte darauf geachtet werden, dass möglichst wenig Ozon ausgestoßen wird (erkennbar z. B. am Umweltzeichen „Blauer Engel“). Hierzu gehört ein wirkungsvolles Filtersystem für Ozon. Neuerdings verzichten einige Geräte auf den herkömmlichen Coronadraht, somit wird die Ozonentwicklung bei der Aufladung der Bildtrommel weitgehend unterbunden.
- Regelmäßige Wartung der Geräte mit Tausch des Ozonfilters ist Voraussetzung dafür, dass die Geräte dauerhaft mit niedriger Ozonemission betrieben werden können.
- Alte Ozon produzierende Geräte sollten möglichst ganz aus dem Arbeitsbereich entfernt werden.
- Die Räume, in denen Drucker oder Kopierer stehen, sollten regelmäßig gut durchgelüftet werden. Das Gebläse darf nicht auf den Bediener oder einen anderen Arbeitnehmer gerichtet sein.
- Bei großen Geräten und großen Kopiermengen empfehlen sich direkte Absaugungen.
- Bei normalem Kopierbetrieb immer den Deckel über die Vorlage legen. Dadurch kann auch unnötiger Tonerverbrauch vermieden werden.
- Überflüssiges Kopieren vermeiden.

7. Ozon im Alltag

Da Ozon ein natürlicher Bestandteil unserer Atmosphäre ist, kann es nicht nur am Arbeitsplatz, sondern auch in der Freizeit unsere Gesundheit beeinträchtigen. Die Konzentrationen schwanken mit der Tages- und Jahreszeit sowie mit der Sonnenaktivität. Die Sonnenstrahlung, insbesondere der energiereiche UV-Bereich ist entscheidend für die Ozonbildung. So kann es gerade an Sommertagen bei sehr intensiver Sonneneinstrahlung zu erhöhten Ozonwerten kommen. Der Tagesverlauf ist sehr charakteristisch: Die Ozonkonzentration folgt der Intensität des Sonnenlichts mit einer zeitlichen Verzögerung. Es kommt zu einem steilen Anstieg in den Morgenstunden, der etwa in den frühen Nachmittagsstunden in ein Konzentrationsplateau mündet, das mehrere Stunden anhält. Das heißt, hohe Ozonbelastungen können mehrere Stunden andauern. Bei Erreichen einer Ozonkonzentration (Ein-Stunden-Mittelwert) von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entsprechend $0,09 \text{ ml}/\text{m}^3$) informieren die Behörden die Bevölkerung über mögliche gesundheitliche Auswirkungen. Ab dieser Konzentration sollen Personen, die erfahrungsgemäß gegenüber Luftschadstoffen empfindlich reagieren, insbesondere ungewohnte und starke Anstrengungen im Freien am Nachmittag vermeiden. Ab einer Konzentration von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ein-Stunden-Mittelwert) wird der gesamten Bevölkerung empfohlen, länger andauernde und körperlich anstrengende Tätigkeiten im Freien, insbesondere am Nachmittag, zu vermeiden.

8. Fazit:

- Ozon ist ein auch natürlich vorkommender Gefahrstoff, der sowohl am Arbeitsplatz als auch in der Freizeit die Gesundheit erheblich beeinträchtigen kann.
- Aus Gründen des Gesundheitsschutzes sollte die Bezugskonzentration von $0,06 \text{ ml}/\text{m}^3$ (Richtwert auf Basis internationaler Grenzwerte) am Arbeitsplatz unbedingt eingehalten werden.
- Durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen muss die Konzentration an Ozon so gering wie möglich gehalten werden.