

Wissenschaftlicher Hintergrund & Frequently Asked Questions zur Technologie von OZONOS®

Mai 2020

Dipl.-Ing. Mag. Dr. techn. Richard Brunauer

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	4
HINTERGRUNDWISSEN ZU OZON	5
1. WANN WURDE OZON ENTDECKT?	5
2. WAS IST OZON?	5
3. WIE FUNKTIONIERT OZON?	6
4. WIE UND WO ENTSTEHT OZON?	7
5. IST OZON NATÜRLICH?	8
6. IN WELCHEN KONZENTRATIONEN KOMMT OZON IN DER NATUR VOR?	8
7. WIE ERKENNT MAN NATÜRLICHES OZON IN DER NATUR?	9
8. KANN MAN OZON WAHRNEHMEN?	10
9. WAS HAT OZON MIT DEM SOMMERSMOG ZU TUN?	10
10. WAS HAT OZON MIT DER STRATOSPHERE UND DER OZONSCHICHT ZU TUN?	11
11. IST OZON GIFTIG ODER GEFÄHRLICH?	11
12. WOFÜR UND WO WIRD OZON HEUTE BEREITS EINGESETZT?	15
DER OZONOS AIRCLEANER	16
13. WAS IST DER OZONOS AIRCLEANER?	16
14. WIE UNTERSCHIEDET SICH DER OZONOS AIRCLEANER VON OZONGENERATOREN?	16
15. WAS SIND IONISIERUNGSGERÄTE?	17
16. WIE UNTERSCHIEDET SICH OZONOS ZU HEPA-FILTERN?	18
17. WIE UND WO KANN MAN DEN OZONOS AIRCLEANER EINSETZEN?	19
ANWENDUNGSGEBIETE	20
18. WELCHE ANWENDUNGSBEISPIELE GIBT ES FÜR DEN OZONOS?	20
19. WAS BESEITIGT OZON?	20
20. VERWENDET DIE INDUSTRIE OZON ZUR REINIGUNG?	21
21. BEI WELCHEN ALLERGIEN KANN DER OZONOS HILFREICH SEIN?	21
22. IST DER OZONOS BEI BOOTEN, AUTOS UND KELLERN EINSETZBAR?	22
23. KANN OZON MUFFIG, MODRIGEN ODER SCHIMMELGERUCH ENTFERNEN?	22
24. KANN ZIGARETTENGERUCH AUS EINEM AUTO ENTFERNT WERDEN?	22

25.	KANN ZIGARETTENGERUCH AUS RÄUMEN ENTFERNT WERDEN?	22
26.	KANN SCHIMMELGERUCH AUS RÄUMEN ENTFERNT WERDEN?	22
27.	WIRKT OZON BEI FESTGESETZTEN GERÜCHEN IN WÄNDEN UND BÖDEN?	23
28.	KANN OZON KÜCHENLUFT REINIGEN?	23
29.	KANN OZON VON EINER WÄSCHEREI VERWENDET WERDEN?	23
30.	WAS STECKT HINTER DEM KRANKE-GEBÄUDE-SYNDROM?	24
31.	HILFT OZON BEI EINEM KRANKEN GEBÄUDE?	24
32.	HÄTTE OZON DIE LEGIONÄRSKRANKHEIT VON 1976 VERHINDERN KÖNNEN?	25
33.	WIRD OZON FÜR LEBENSMITTELAGERUNG UND -KONSERVIERUNG VERWENDET?	25
34.	HALTEN LEBENSMITTEL LÄNGER, WENN SIE OZON AUSGESETZT WERDEN?	25
35.	WIRD OZON IN DER EIERINDUSTRIE VERWENDET?	26
36.	WIRD FLEISCH MIT OZON BEHANDELT?	26
37.	WARUM VERWENDEN GEWÄCHSHÄUSER OZON?	26
FUNKTIONSWEISE		27
38.	WAS IST OZON?	27
39.	WARUM FUNKTIONIERT OZON BEI GERÜCHEN?	27
40.	WARUM FUNKTIONIERT OZON BEI KEIMEN, BAKTERIEN, VIREN USW.?	27
41.	WARUM SIND MENSCHEN, TIERE UND PFLANZEN BESSER GESCHÜTZT?	28
42.	WAS BEDEUTET OXIDATION UND WAS IST EIN BEISPIEL DAFÜR?	29
43.	WIE STELLT DER OZONOS OZON HER?	30
44.	WAS BEDEUTET DAS 'C' BEI 'UV-C'?	30
45.	WIE KANN MAN OZON MIT CHLOR VERGLEICHEN?	30
46.	WAS PASSIERT MIT DEN ZERFALLENEN GERÜCHEN, BAKTERIEN, POLLEN USW.?	31
47.	WIE KANN MAN SELBST FESTSTELLEN, OB DER OZONOS WIRKLICH FUNKTIONIERT?	31
48.	KANN MAN MESSEN, OB DER OZONOS WIRKLICH FUNKTIONIERT?	31
OZONKONZENTRATION UND SICHERHEIT		33
49.	WAS IST EINE KONZENTRATION BZW. OZONKONZENTRATION?	33
50.	WIE BILDET SICH OZON IN DER NATUR?	33
51.	WAS BEDEUTET PPM UND WIE KANN MAN SICH DAS VORSTELLEN?	33
52.	WAS SIND TYPISCHE OZONKONZENTRATIONEN, DENEN MAN BEGEGNET?	34
53.	WIE KANN MAN DIE UNTERSCHIEDLICHEN KONZENTRATIONEN UMRECHNEN?	36
54.	WELCHE VORSCHRIFTEN GIBT ES FÜR LUFTQUALITÄT BEI OZON?	36

55.	WELCHE VORSCHRIFT WIRD BEIM OZONOS ANGEWENDET UND WARUM?	38
56.	WIE IST DIE EU-RICHTLINIE ZUM UMWELTSCHUTZ ZU VERSTEHEN?	39
57.	WIE LANGE HÄLT OZON BZW. WIE SCHNELL ZERFÄLLT OZON?	40
58.	KANN MAN DIE OZONKONZENTRATION IN EINEM RAUM GENAU BERECHNEN?	41
59.	KANN MAN DIE OZONKONZENTRATION IN EINEM RAUM ABSCHÄTZEN?	41
60.	SCHWANKT DIE OZONKONZENTRATION MIT DER RAUMTEMPERATUR?	43
61.	WAS PASSIERT MIT OZON, NACHDEM ES SEINEN ZWECK ERFÜLLT HAT?	43
62.	AB WELCHER KONZENTRATION KANN DER MENSCH OZON RIECHEN?	43
63.	WIE RIECHT OZON?	43
64.	WAS IST DER ZURÜCKBLEIBENDE GERUCH NACH DER BEHANDLUNG?	44
65.	WAS KANN MAN BEIM VERDACHT EINER ZU HOHEN KONZENTRATION TUN?	45
66.	KANN DER OZONOS ZU VIEL SAUERSTOFF VERBRAUCHEN?	46
67.	IST EIN EINGESCHALTETER OZONOS IM SELBEN RAUM WIRKLICH UNBEDENKLICH?	46
68.	KANN MAN HAUSTIERE WÄHREND DER ANWENDUNG IM RAUM LASSEN?	47
69.	WIE REAGIEREN MEINE ZIMMERPFLANZEN AUF DAS OZON?	47
BETRIEB		48
70.	SOLLEN BEI DER BEHANDLUNG RÄUMEN, AUTOS USW. GESCHLOSSEN SEIN?	48
71.	WAS BEEINFLUSST DIE WIRKSAMKEIT DES OZONOS?	48
72.	SOLL MAN NACH DER BEHANDLUNG MIT DEM BETRETEN DES RAUMS WARTEN?	48
73.	WAS MUSS MAN TUN, WENN MAN DAS OZON RIECHT?	49
74.	IST DAS GERÄT FÜR JEDE RAUM AUSSTATTUNG GEEIGNET?	49
75.	WELCHE AUSWIRKUNG HAT EINE KONTROLLIERTE WOHNRAUMLÜFTUNG?	50
76.	IST DIE WIRKSAMKEIT DES OZONOS IN JEDER ECKE DES RAUMES GEWÄHRLEISTET?	50
WARTUNG		51
77.	MUSS MAN BEI DEN OZONOS-PRODUKTEN EINEN FILTER TAUSCHEN?	51
78.	WANN MUSS MAN DIE UV-C-LEUCHTE AUSTAUSCHEN ODER WECHSELN?	51
79.	KANN MAN DIE UV-C-LEUCHTE SELBST TAUSCHEN?	52
80.	KANN MAN DEN OZONOS REINIGEN?	52
REFERENZEN		53

EINLEITUNG

Ozon wird heute sehr häufig mit negativen Themen und Meldungen in Verbindung gebracht. Zum Beispiel wird Ozon oft als ein Umweltverschmutzer angesehen, wird als giftig (toxisch) eingestuft oder mit Smog gleichgesetzt. Das berühmte Ozonloch in der Stratosphäre, das schädliche, ultraviolette Strahlung zur Erdoberfläche durchlässt, ist ein weiterer Garant für negative Schlagzeilen.

Dies alles ist eine sehr einseitige Perspektive. Ozon ist eine der stärksten reinigenden natürlichen Substanzen und wird bereits sehr erfolgreich in Industrie und Gewerbe in einer Vielzahl von Anwendungsszenarien eingesetzt. Zum Beispiel in der Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung, Geruchsbekämpfung, Abgasreinigung oder in der Reinigung von Industrieanlagen. Ozongeräte findet man in Molkereien, Kläranlagen, Textilindustrie, Krankenhäuser, Brauereien, Lebensmittelindustrie, Schwimmbädern, Abfallwirtschaftsbetrieben, Biogasaufbereitung oder auf Ölplattformen.

Der OZONOS Aircleaner ist das erste Produkt, das dieses Potential in „sanfter Weise“ auch für den Hausgebrauch nutzbar macht – und das nicht nur form-schön, sondern auch sicher, leise und flexibel! Genau hier steckt die patentierte Innovationskraft des OZONOS Aircleaner.

Die folgenden Fragen und Antworten bieten reichhaltige und wissenschaftlich fundierte Hintergrundinformationen und Argumente, warum der OZONOS Aircleaner funktioniert und sicher ist.

Die gewählten Formulierungen und die Zusammenstellung der Texte unterliegen einer gewissen Gradwanderung zwischen allgemeiner Verständlichkeit und Wissenschaftlichkeit.

Die Inhalte und Begründungen in diesem Dokument wurden vom Autor zusammengeführt und basieren auf einer wissenschaftlichen Literaturrecherche, auf den Erfahrungen und Angaben des Herstellers und auf Messungen bei internen Studien, die vom Autor für OZONOS durchgeführt wurden.

Autor: Dipl.-Ing. Mag. Dr. techn. Richard Brunauer
Version: 2020.05, 3.0.6



HINTERGRUNDWISSEN ZU OZON

1. Wann wurde Ozon entdeckt?

Die **Entdeckung** von Ozon im Jahre **1839** wird dem deutschen Wissenschaftler **Christian Friedrich Schönbein** zugeschrieben¹. Damals galt Ozon als Gas mit starkem Eigengeruch, welches in Oxidationsreaktionen eine wichtige Rolle spielt. Der Name Ozon stammt vom griechischen „ozein“ (= zu riechen). Die **chemische Zusammensetzung** wurde im Jahre **1856** und die chemische Formel 1861 gefunden¹. Das zeigte auch, dass Ozon und der in unserer Atemluft vorhandene Sauerstoff eng verwandt sind. Beide bestehen aus atomarem Sauerstoff O.

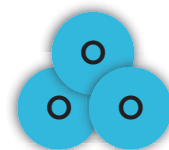
2. Was ist Ozon?

Ozon ist eine Form von Sauerstoff O (atomarer Sauerstoff). Ein Sauerstoffmolekül O₂ (molekularer Sauerstoff) besteht aus zwei Sauerstoffatomen O mit einer sehr starken, stabilen Verbindung. **O₂ ist Hauptbestandteil unserer Atemluft** (ca. 21 %) und farb-, geruch- und geschmackslos. Würde O₂ aus unserer Umwelt verschwinden, so würde sich das schmerzlich bemerkbar machen – O₂ ist neben Wasser die wichtigste Grundlage für Leben.¹

Ein **Ozonmolekül O₃ besteht aus drei Sauerstoffatomen O**. Die zusätzliche Verbindung des dritten Sauerstoffatoms ist im Vergleich zur Verbindung der beiden anderen sehr schwach. Diese **schwache Verbindung** bedeutet, dass das Ozonmolekül von Natur aus instabil ist.^{1,2,3} Die Natur versucht immer, von einem **instabilen** zu einem stabilen Zustand zu gelangen. **Aus diesem Grund reagieren die Ozonmoleküle** mit dem erstmöglichen Molekül, das eine Verbindung eingehen kann (= Oxidation).^{1,2} Es ist diese physische Eigenschaft von Ozon, die die Arbeit beim OZONOS leistet: Die Reaktion mit Gerüchen und anderer Verunreinigungen in der Luft.

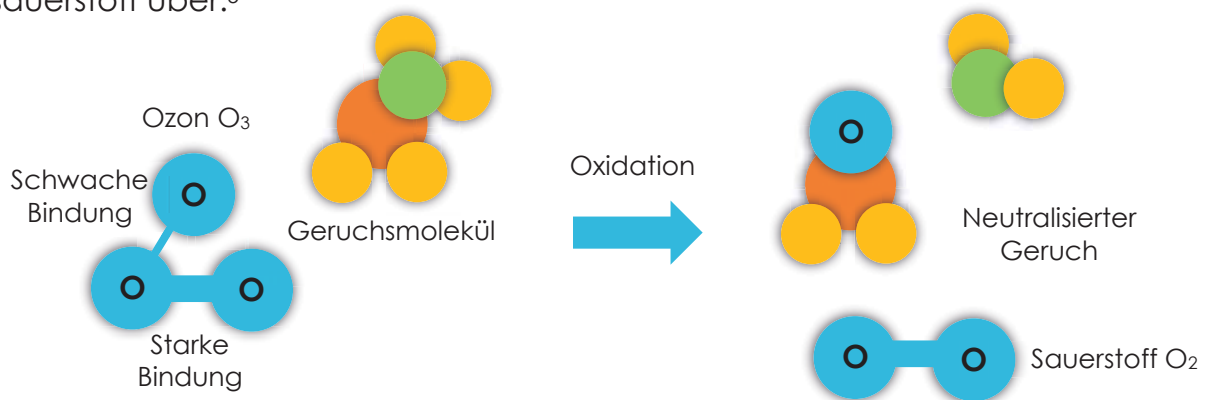


Atomarer Sauerstoff O

Molekularer Sauerstoff O₂Ozon O₃

3. Wie funktioniert Ozon?

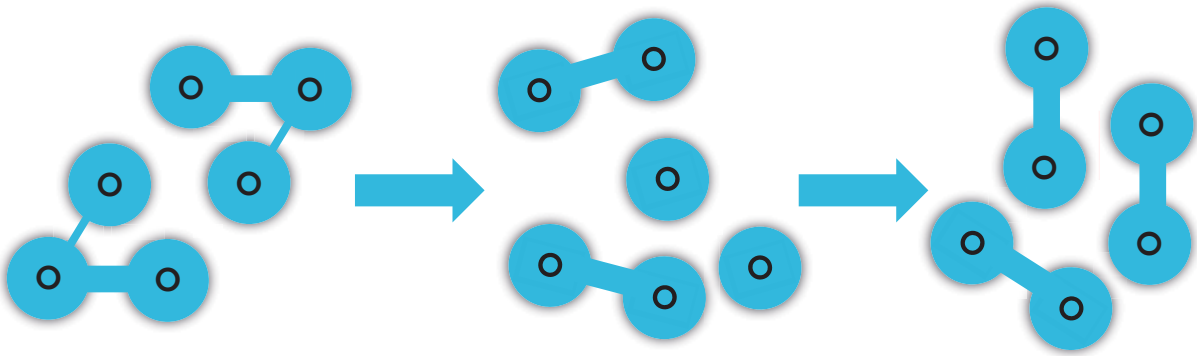
Gegenüber Sauerstoff O_2 ist **Ozon O_3 instabil**, da eines der Sauerstoffatome nur eine **schwache Bindung** an die beiden anderen Atome hat. Findet es einen **geeigneten Partner**, zum Beispiel ein Geruchsmolekül, **reagiert Ozon sofort** mit diesem. Dabei wird das schwach gebundene Sauerstoffatom O an das Molekül abgegeben. **Diese Reaktion nennt man Oxidation**. In der Regel **zerfällt** bei dieser Reaktion das Partnermolekül oder ändert zumindest die Eigenschaften⁴. Der **Rest** des Ozons, also der molekularer **Sauerstoff O_2** , bleibt als normaler Luft-sauerstoff über.⁵



Besonders beliebte Partner in unserer Raumlufte sind **Eiweiße** (= Proteine)^{6,7,8}, **Fette** (kurzkettige Fettsäuren, Volatile Fatty Acids, VFA)^{9,10} **oder andere organische Verbindungen** (flüchtige organische Verbindungen, Volatile Organic Compounds, VOC)^{11,12,10,13,14}. Daher ist Ozon besonders zur Luftreinigung geeignet und wird hier schon lange eingesetzt.

Die **oxidative Wirkung ist auch desinfizierend**^{15,16,17}: Keime, Bakterien, Viren können von Ozon inaktiviert werden^{18,19,20,21}. Dies geschieht zum Beispiel, indem das Ozon direkt die Zellmembran schädigt^{15,16,22} oder in die Zelle eindringt und als freies Radikal den Mechanismus zur Vermehrung zerstört^{16,23}. Die Studien zeigen aber auch, dass die **Ozonkonzentration für eine professionelle Entkeimung sehr hoch** sein muss, besonders für Oberflächenentkeimung²⁰. Die notwendigen Konzentrationen erreicht man mit OZONOS-Produkten nicht. Der **OZONOS** ist daher **keine Desinfektionsmethode** (= Inaktivierung der Keime, sodass eine Ansteckung/Infektion nicht mehr möglich ist) im engeren Sinne. Die **entkeimende Wirkung** des OZONOS wird aber **durch das UV-C-Licht im Gerät** unterstützt. UV-C-Licht ist **eine gängige Methode zur Entkeimung**, weil die UV-C-Strahlen das Erbgut von Keimen, Bakterien, Viren, Schimmel und Pilzen zerstört.^{24,25}

Ozon ist sogar so instabil, dass es selbst **bei Abwesenheit von geeigneten Reaktionspartnern** nach einiger Zeit **von allein zerfällt**²⁶. Das abgegebene O-Atom sucht sich in diesem Fall ein weiteres einsames O-Atom und bildet wieder Luft-sauerstoff O_2 .



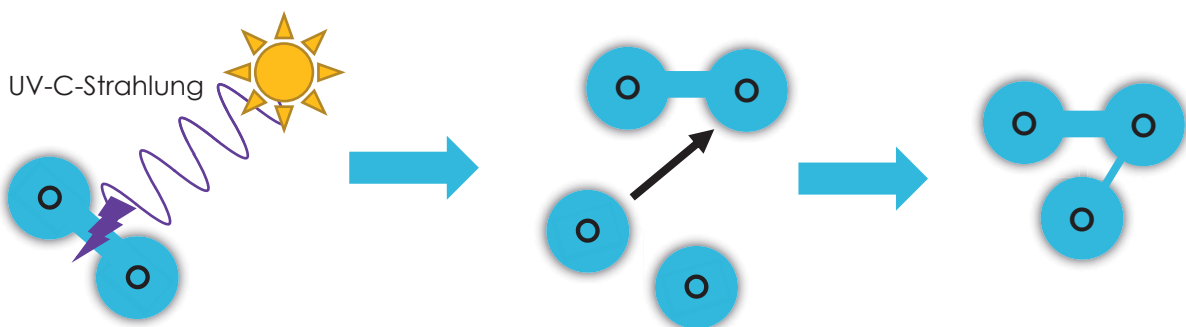
Der große Vorteil von **Ozon**, es **reagiert nicht mit den natürlichen Bestandteilen von sauberer Luft**. In unserer Atemluft bzw. Atmosphäre sind: Stickstoff N_2 , Sauerstoff O_2 , Argon Ar , Kohlendioxyd CO_2 , Neon Ne , Helium He , Methan CH_4 , Krypton Kr ²⁷. Alle diese Stoffe bleiben völlig unbeeindruckt von der Anwesenheit von Ozon. Auch Luftfeuchtigkeit, also Wasserdampf, hat keinen Einfluss. Luftfeuchtigkeit beschleunigt nur den Zerfall von Ozon^{28,26}. Kurz, **saubere Luft bleibt saubere Luft** und Ozon ist in geringen Konzentrationen ein natürlicher Bestandteil²⁹ bzw. zerfällt einfach nach einiger Zeit rückstandsfrei wieder zu Sauerstoff²⁶. Man kann daher Ozon nicht komplett aus dem Weg gehen.

4. Wie und wo entsteht Ozon?

Ozon entsteht bei natürlichen und künstlichen Prozessen aus dem vorhandenen Sauerstoff O_2 unserer umgebenden Luft bzw. Atmosphäre¹⁵:

Möglichkeit 1: Durch die hohe Energie von **UV-C-Strahlen** wird der **Sauerstoff in der Luft** aufgespalten. Die einzelnen O-Atome können sich nun mit einem weiteren O_2 -Molekül zu O_3 verbinden.^{1,30}

Wo geschieht das natürlich?	Und wo künstlich?
Ozonschicht ^{1,30}	OZONOS, Höhensonne (UV-Lampe) ³¹



Möglichkeit 2: Durch **hohe elektrische Spannung** wird der **Sauerstoff in der Luft** aufgespalten (Koronarentladungen)³². Die einzelnen O-Atome können sich nun mit einem weiteren O₂-Molekül zu O₃ verbinden.

Wo geschieht das natürlich?	Und wo künstlich?
Blitze bei Gewitter ^{33,34}	Ozongenerator, Kopierer ³⁵ , Drucker ³⁶

Möglichkeit 3: Durch die hohe Energie von eintreffender **UV-Strahlung** wird vom giftigen Luftschadstoff **Stickstoffdioxid NO₂**³⁷ ein O-Atom abgespalten. Das einzelne O-Atom kann sich nun mit einem weiteren O₂-Molekül zu O₃ verbinden. Übrig bleibt giftiges Stickstoffmonoxid³⁸ NO.³⁹

Wo geschieht das natürlich?	Und wo künstlich?
Blitze sind natürliche NO ₂ -Quellen ^{33,34}	Beim Sommersmog aus Abgas NO ₂ ³⁹

5. Ist Ozon natürlich?

Ja, Ozon ist ein **natürlicher Bestandteil der Atmosphäre**: Selbst in einer perfekt sauberen Umwelt ohne Menschen würde Ozon vorkommen. Zum einen in der **Ozonschicht**^{1,30}, zum anderen entsteht Ozon durch die **Entladungen bei Gewitter**^{33,34} oder **bei starker Sonneneinstrahlung**²⁹ selbst in sauberer Luft und in Bodennähe.

**Ozon ist in geringen Konzentrationen ein
völlig natürlicher Bestandteil unserer Atemluft!**

Selbst in **Räumlichkeiten** kommt Ozon in **geringen Konzentrationen** vor²⁹. Es wird vermutet, dass in der Nähe von Wasserfällen und in Wäldern geringe Mengen von Ozon aus der dort vorkommenden negativ ionisierten Luft entstehen. Verlässliche wissenschaftliche Belege fehlen noch. Die Forschung hat dieses Thema bereits entdeckt.^{40,41,42}

6. In welchen Konzentrationen kommt Ozon in der Natur vor?

In der **freien Natur** sind **bei Sonnenschein** und **sauberer Luft** Konzentrationen **bis zu 0,06 ppm möglich**. Diese Werte wurden zum Beispiel im Death Valley in den USA gemessen – zugegeben, ein Extrembeispiel.²⁹ **In unseren Breitengraden** ist bei sonnigen Verhältnissen und sauberer Luft mit maximal **0,03 ppm** zu rechnen¹⁶⁰.

In **Innenräumen** ist die Konzentration **niedriger**²⁹. Erstens fehlt die Sonne als erzeugender Faktor, zweitens reagiert das Ozon mit Verunreinigungen in der Luft. Mittlerweile wird sogar angenommen, dass die Anwesenheit von Menschen das Ozon schneller zerfallen lässt, weil das Ozon mit dem Fett auf der Haut reagiert^{43,44}. Dementsprechend sind Werte von maximal **0,005 ppm** in Innenräumen als Grundkonzentration realistischer^{45,29}. Das Verhältnis zwischen Außen- und Innenkonzentration wird mit 30 % und 70 % eingeschätzt²⁹. Ein geöffnetes Fenster kann bei starkem Sommersmog auch die Ozonkonzentration in Innenräumen bedenklich ansteigen lassen²⁹.

Während des **Sommers** sind bei uns in **Städten** aber auch im **Gebirge weitaus höhere Konzentrationen** vorhanden¹⁶⁰. Dies liegt an der Luftverschmutzung. Vor allem das giftige Stickstoffdioxid NO_2 ³⁷ ist die Ursache der hohen Ozonkonzentrationen³⁹. **2017** lagen die höchsten Messungen bei 0,114 ppm in Wien, Lobau¹⁶⁰ und bei **0,119 ppm in der Westeifel**¹⁶². Das ist **knapp unter dem Alarmwert** von 0,12 ppm¹⁶⁶. Die niedrigere Informationsschwelle wurde 2017 in Österreich an 11 Tagen und 23 Messstellen überschritten¹⁶⁰. In Deutschland¹⁶² und der Schweiz⁴⁶ ist das ähnlich.

In Innenräumen sind noch **Kopierer und Laserdrucker** zu erwähnen. Diese können in unmittelbarer Nähe bei einem Massendruck bis zu **0,09 ppm** erzeugen³⁵. Es gibt auch verschiedene Schweißverfahren, bei denen gesundheitsschädliche Mengen von Ozon entstehen. Zum Beispiel beim **MIG-Schweißen** können in der umgebenden Luft bis **0,40 ppm** Ozon erreicht werden¹⁶⁴. Ein Atemschutz ist hier unbedingt notwendig.

Weitere Beispiele sind in Frage 52, Seite 34 zu finden.

7. Wie erkennt man natürliches Ozon in der Natur?

Theoretisch am Geruch (siehe Frage 8, Seite 10). Die natürliche Ozonkonzentration ist meist so gering, dass sie unter der Wahrnehmungsschwelle ist, vor allem in Innenräumen. Der **Ozongeruch** ist **meist mit anderen Gerüchen vermischt** oder überlagert und es gibt einen Gewöhnungseffekt⁵⁴. Während des Sommersmogs und bei Gewittern sind es andere Luftbestandteile mit starkem Eigengeruch, allen voran die Stickoxide NO_x , die den sehr charakteristischen Ozongeruch überlagern.⁴⁷

Außerhalb der wissenschaftlichen Literatur wird der Geruch von Ozon (in geringen Konzentrationen) oft mit dem „**frischen sauberen Geruch**“ **nach einem Gewitterregen** oder in der **Nähe eines Wasserfalls** beschrieben.^{48,49,50}

8. Kann man Ozon wahrnehmen?

Ja, am Geruch! Ozon kann man nicht fühlen (in geringen Konzentrationen), nicht schmecken, nicht sehen. Es kommt bei uns nur als **Gas** vor und hat einen sehr **charakteristischen Geruch**. Der Geruch wird als **Heu-, Nelken-, Chlor- oder Stickstoff-ähnlich**³⁷ beschrieben⁴⁷. Da diese Gerüche nicht allgemein bekannt sind, würde man den Geruch vereinfacht als **frischen³ eventuell metallischen** Geruch beschreiben. Da es in der freien Natur ohne Luftverschmutzung in **geringen Konzentrationen** bis 0,03 ppm¹⁶⁰ vorkommt und/oder von anderen Stoffen übertönt wird⁴⁷, ist uns der reine **Ozongeruch meist nicht bekannt**.

Eine besonders sensible **menschliche Nase** kann Ozon in reiner Luft schon ab einer **Konzentration von 0,0076 ppm** als frischen eventuell metallischen Geruch wahrnehmen, siehe Frage 63, Seite 43. **Spätestens bei 0,03 ppm** sollte es aber jeder riechen können.^{51,52} Das Bayrische Landesamt für Umwelt nennt als Geruchsschwelle 0,02 ppm bis 0,025 ppm⁵³. Beim Ozongeruch ist ein **Gewöhnungseffekt** zu beobachten. Das heißt, der Geruch wird nach einigen Minuten nicht mehr oder schwächer wahrgenommen.⁵⁴ Trotzdem, im Vergleich, der Luftgütegrenzwert für Unbedenklichkeit ist bei 0,06 ppm¹⁶⁶. Das heißt,

**Ozon ist bereits riechbar,
bevor es eine ungesunde Konzentration erreicht.**

Bei **erhöhten Konzentrationen über 0,06 ppm** beginnt Ozon langsam **unangenehm zu riechen**.³⁹ Der Geruch kann auch schon stechend werden. Ozon ist im Sommer in so mancher Stadt oder im Gebirge als Teil des Sommersmogs wahrnehmbar, wird aber wegen der vielen geruchlichen Überlagerungen und des Gewöhnungseffekts oft nicht bewusst wahrgenommen. Bei **höheren Konzentrationen** wird Ozon langsam **stechend-scharf bis chlorähnlich**. Dies liegt an der oxidativen Eigenschaft von Ozon⁵⁵ und dem Umstand, dass das Ozon die Schleimhäute zu reizen beginnt.

Der große Vorteil, **in Räumen mit erhöhter Konzentration würde sich keiner über längere Zeit freiwillig aufhalten**. Es wäre völlig natürlich, das Fenster zu öffnen oder das Weite zu suchen. Dies bestätigt zumindest die Erfahrung des Herstellers sowie eigene Tests.

9. Was hat Ozon mit dem Sommersmog zu tun?

Ozon ist ein Hauptbestandteil des Sommersmogs und oft mit Negativschlagzeilen in den Medien. Das Ozon wird aber **nicht direkt vom Menschen verursacht**. Es entsteht chemisch als **Folge anderer Luftschadstoffe**.³⁹

Allen voran ist das giftige **Stickstoffdioxid NO₂**³⁷, das **zusammen mit der UV-Strahlung** der Sonne das Ozon entstehen lässt³⁹ (siehe Frage 4, Seite 7). Auch

flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Kohlenmonoxyd (CO) unterstützen die Ozonbildung.³⁹ Das große Problem hierbei ist, dass beim Smog hohe und gesundheitsschädliche Konzentrationen über 0,06 ppm¹⁶⁵ erreicht werden. Selbst die Informationsschwelle von 0,09 ppm¹⁶⁵ wird regelmäßig überschritten.^{160,161,162,163}

10. Was hat Ozon mit der Stratosphäre und der Ozonschicht zu tun?

In den letzten Jahrzehnten hat sich die **Aufmerksamkeit** der Wissenschaftler, der Medien und **der Öffentlichkeit** zunehmend auf das sogenannte **Ozonloch** gerichtet. Die Troposphäre, in der wir Menschen leben, breitet sich von der Erdoberfläche bis 10 – 15 km darüber aus. Die folgende **Stratosphäre** geht bis ca. 50 km Höhe. In ihr **befindet sich die Ozonschicht**. Die **Konzentration von Ozon** in der Stratosphäre **ist von dem Grad an Sonnenstrahlen abhängig**. Die **höchste Konzentration ist in 30 bis 35 km Höhe bei ca. 8 ppm**⁵⁶. Zum Vergleich, der OZONOS AC-1 überschreitet keine 0,05 ppm.

In der Stratosphäre bildet sich **Ozon** kontinuierlich **durch den hochenergetischen UV-C-Strahlungsanteil der Sonne** (siehe Frage 4, Seite 7). Der Sauerstoff O₂ absorbiert die Energie der UV-C-Strahlung und spaltet sich auf. Ozon O₃ wird gebildet. **Gleichzeitig absorbiert Ozon UV-Strahlung und zerfällt wieder** zu O₂. Dieser **Ozon-Sauerstoffzyklus** ist dafür verantwortlich, dass verhältnismäßig wenig der schädlichen UV-C und UV-B-Strahlung den Erdboden erreicht. Die Ozonschicht schützt uns daher vor den negativen Effekten der schädlichen UV-C-Strahlung, einem typischen Verursacher von Hautkrebs.^{57,30}

In den 1970er Jahre nahm die Ozonkonzentration in der Ozonschicht global ab. Seit den 1980ern entstand über der Antarktis das bekannte **Ozonloch**. Eine **Ursache** für die Entstehung des Ozonlochs wird den **Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoff-Verbindungen** (FCKW) zugeschrieben, aber auch andere Stoffe wie Lachgas tragen dazu bei. Diese Stoffe lassen Ozon viel schneller zerfallen als es entsteht. Somit kann die gefährliche UV-C-Strahlung bis an die Erdoberfläche durchdringen, was für uns und die Natur so gefährlich ist.⁵⁷

11. Ist Ozon giftig oder gefährlich?

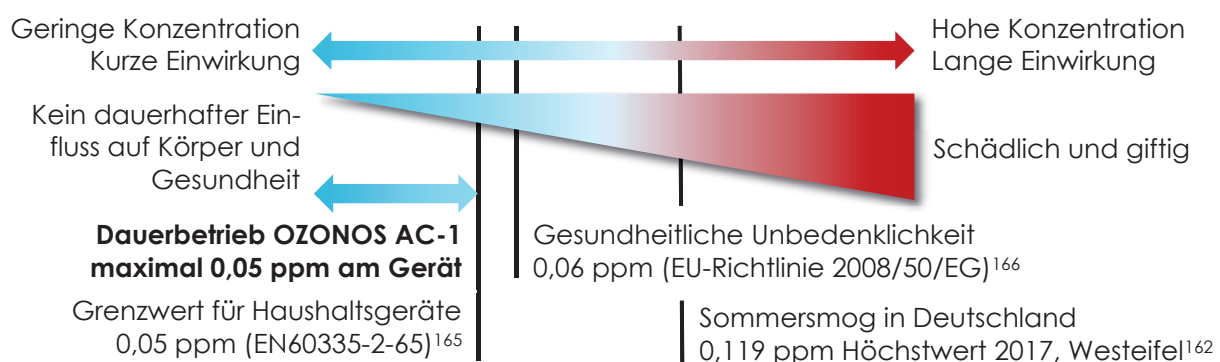
Ja und nein! Wie schon **Paracelsus** sagte „**Allein die Dosis macht das Gift**“⁵⁸. Auch Sonnenlicht und Sauerstoff sind in hohen Dosen schädlich³⁰ bzw. giftig⁵⁹. Man denke hier nur an einen Sonnenbrand.

Ob von Ozon ein gesundheitliches Risiko ausgeht, hängt neben der persönlichen Empfindlichkeit, von der Konzentration, der Dauer der Einwirkung (= Exposition) und der körperlichen Anstrengung ab.^{60,39}

Die Gefährlichkeit ist im Grunde ähnlich wie bei der Radioaktivität. Es kommt einfach auf die Dosis (= Menge eines Stoffes über eine bestimmte Zeit) an. Zum Beispiel, ein kurzes Röntgen im Krankenhaus (geringer Strahlung) ist nicht gefährlich aber ein Spaziergang am Reaktorblock 4 von Tschernobyl schon.

Die Gefahr von Ozon ist die sehr starke oxidative Wirkung.^{61,60}

Für einzelne Zellen, z.B. für **Bakterien, menschliche, tierische und pflanzliche Zellen**, ist Ozon gefährlich. Auch **Viren, Schimmel oder Pilze haben Ozon wenig entgegenzusetzen**. Ozon kann die Hülle der Zellen zerstören oder in die Zelle eindringen und sie von innen schädigen.^{15,16} Für Details siehe Frage 40, Seite 27.



Tiere und Menschen sind durch die Haut wesentlich besser **geschützt**. Hier reichen schon Fette, Säuren und Schmutzpartikel, dass Ozon zerfällt^{43,44}, bevor es lebende Hautzellen erreicht und schädigen könnte. Für Details siehe Frage 41, Seite 28.

Für Menschen und Tiere ist Ozon auf eine andere Art gefährlich. Die **Atemwege, Schleimhäute und Augen sind jene Stellen, die Ozon tatsächlich reizen kann**.^{62,60,63} Daher sind Menschen mit chronischen Atemwegserkrankungen (z.B. Asthma, COPD)⁶⁴ und/oder sensiblere Menschen (z.B. Kleinkinder, Ältere, Menschen mit reduzierter Immunabwehr) schlicht empfindlicher^{61,65,39}. Das ist ähnlich wie beim Sonnenbaden. Menschen mit besonders heller Haut bekommen leichter einen Sonnenbrand.

Wie bei allen gefährlichen Stoffen gibt es auch bei Ozon **klare Vorschriften zum Schutz von Menschen und Umwelt**. Bei Ozon gibt es Vorschriften im Bereich Arbeitsschutz (z.B. beim Schweißen)¹⁷², Umweltschutz (z.B. Sommersmog)^{166,169,170,171,173} und Sicherheit von Elektrogeräten für den Hausgebrauch (z.B. Ozon durch Kopierer & Drucker)¹⁶⁵. Die **Grenzwerte** für gesundheitliche Unbedenklichkeit bewegen sich **zwischen 0,05 ppm^{171,165} und 0,07 ppm¹⁷⁰**. Auch in den Vorschriften spielt die **Dauer der Einwirkung eine Rolle**. Für Details siehe Frage 54, Seite 36.

Um ein „**Gefühl für die Gefährlichkeit**“ von Konzentrationen und die Dauer der Einwirkung (Exposition) zu bekommen, werden im Folgenden jene der EU-Richtlinie¹⁶⁶ angeführt. Man beachte die Dauer der Einwirkung.

- Der **langfristige Zielwert** ist ein Wert zum „wirksamen **Schutz der menschlichen Gesundheit** und der Umwelt, der langfristig einzuhalten ist“
 - **Konzentration: Unter 0,06 ppm**
 - **Exposition: Nicht mehr als 8 Stunden über 0,06 ppm**
- Die **Informationsschwelle** ist ein Wert, ab dem ein „Risiko für die menschliche Gesundheit für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen besteht und bei dem unverzüglich geeignete Informationen erforderlich sind“
 - Konzentration: Mindestens 0,09 ppm
 - Exposition: Mindestens eine Stunde
- Die **Alarmschwelle** ist ein Wert, ab dem ein „Risiko für die Gesundheit der Bevölkerung insgesamt besteht und bei dem die Mitgliedstaaten unverzüglich Maßnahmen ergreifen müssen“
 - Konzentration: Mindestens 0,12 ppm
 - Exposition: Mindestens eine Stunde

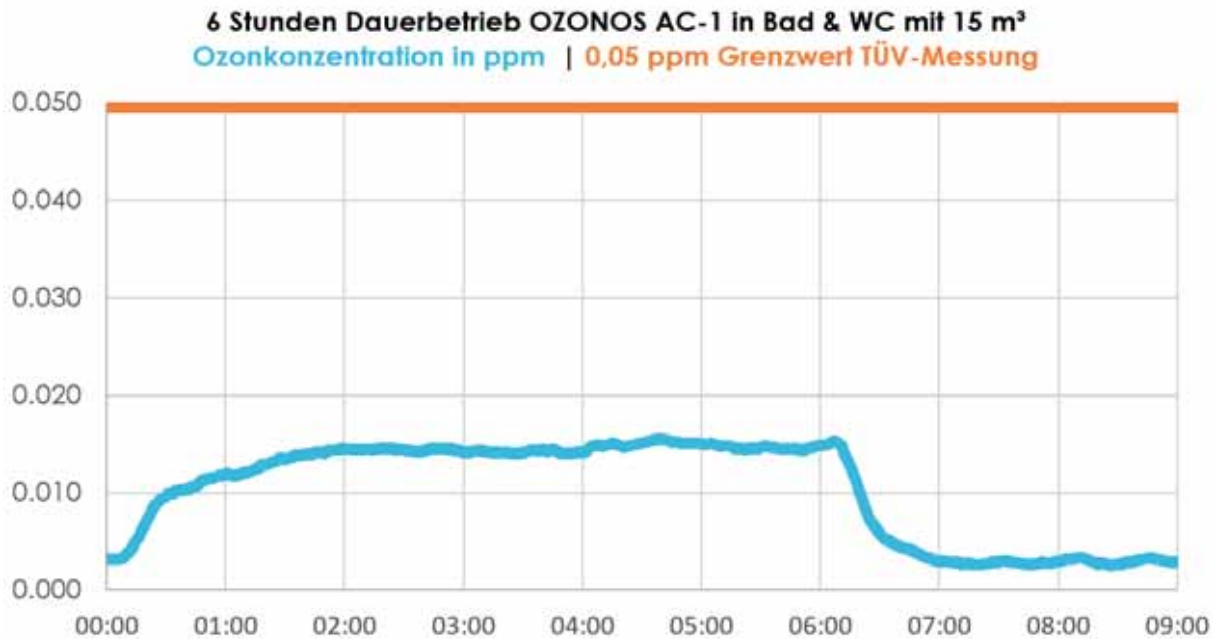
Dem Hersteller ist es ein **großes Anliegen**, dass der OZONOS AC-1 im Dauerbetrieb, unter ungünstigen Bedingungen und direkt am Gerät **den niedrigsten vorgeschriebenen Grenzwert von 0,05 ppm nicht überschreitet**. In diesem Fall ist es der Grenzwert der Norm EN60335-2-65¹⁶⁵. Der TÜV Süd hat die Prüfung auch überprüft: „Die Prüfergebnisse⁶⁶ zeigen, dass das vorgestellte Produkt die Anforderungen der spezifizierten Prüfanforderungen erfüllt.“⁶⁷ Zusätzlich wird **jede verbaute UV-C-Lampe geprüft**, ob sie nicht mehr Ozon erzeugt als angegeben.

Der OZONOS AC-1 erzeugt im Dauerbetrieb unter ungünstigsten Bedingungen direkt am Gerät weniger als 0,05 ppm.

Weiters: Die Ozonkonzentration im Raum ist niedriger. Das Ozon verteilt sich und zerfällt wegen der Verunreinigungen schneller. Die Dauer der Anwendung ist meist kürzer als viele Stunden.

Daher ist die tatsächliche Konzentration jedenfalls kleiner als 0,05 ppm und die Exposition weniger als 8 Stunden. Das heißt, nach der EU-Richtlinie ist der Schutz der Gesundheit gegeben. Auch EN60335-2-65 ist eingehalten.

Zum Vergleich dient die folgende Abbildung. In einem sauberen **Bad & WC** mit ca. **15 m³** (ca. 6,5 m²) wurde ein **Dauerbetrieb** mit dem OZONOS AC-1 durchgeführt¹⁸⁰. In den **6 Stunden** steigt die Ozonkonzentration auf ca. **0,015 ppm** (gemessen in Kopfhöhe). Der Grenzwert von 0,05 ppm wurde bei Weitem nicht erreicht.



Eine weitere **Messung unter realistischen Bedingungen** hat ergeben¹⁸⁰:

- **Szenario „Kochen“:** Der **OZONOS AC-1 PLUS** hat in einem 4-Stunden-Testbetrieb in einer Wohnküche mit 72 m³ Volumen (ca. 30 m²) die **0,035 ppm** nicht überschritten und **stabilisierte sich bei 0,012 ppm**. Der Anstieg der Ozonkonzentration wurde bei Kochbeginn sofort beendet. (Details siehe Frage 48, Seite 31)

Weil die OZONOS-Produkte bedeutend weniger Ozon produzieren als Ozongeneratoren, ist wichtig:

Der OZONOS darf nicht mit Ozongeneratoren und anderen Technologien verwechselt werden!

Ozongeneratoren arbeiten mit einer völlig anderen Technik. Für Details siehe Frage 14, Seite 16. Sie **stoßen um ein Vielfaches mehr Ozon aus** und produzieren das **zusätzlich schädliche Stickstoffdioxid NO₂³⁷**. Mit diesen Geräten ist die Einhaltung der Grenzwerte nicht gegeben! Es wurde kein Gerät gefunden, das zertifiziert wurde und die Norm für die Sicherheit von Elektrogeräten¹⁶⁵ einhält. Daher warnen die Hersteller vor einer Anwendung in Räumen, in denen sich Personen aufhalten. Es wird auch vielfach vor dem Einsatz von Ozongeneratoren als Luftreiniger gewarnt⁶⁸, vor allem Asthmatiker müssen aufpassen⁶⁹. Diese Warnungen beziehen sich bei genauerer Prüfung auf Ozongeneratoren. Eine kritische Diskussion über Ozonkonzentrationen ist in den Studien nicht vorhanden.

12. Wofür und wo wird Ozon heute bereits eingesetzt?

Praktisch alle Einsatzbereiche haben etwas mit **Reinigung, Hygiene, Sterilisation, Desinfektion oder Geruchsbekämpfung** in Luft⁷⁰ oder Wasser^{71,72} zu tun. Beeindruckend ist aber die Bandbreite der Anwendungsgebiete. Die meisten Anwendungsgebiete sind, bis auf wenige Ausnahmen, **im industriellen und gewerblichen Bereich**⁷³:

- **Trinkwasseraufbereitung**
- **Wasseraufbereitung:** Whirlpools, Schwimmbäder, Aquakulturen usw.
- **Abwasseraufbereitung:** Textilindustrie, pharm. Industrie, Kläranlagen usw.
- **Raumluftreinigung:** Luftdesinfektion, Entfernung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), z.B. in Reinräumen
- **Geruchsneutralisation:** Brand-, Rauch-, Zigaretten-, Leichengeruch usw. in Räumen oder für Fahrzeuge, Biogasanalgen, Abfallwirtschaftsanalgen, Abfallräume, Fettabscheider, Fermenter-, Abgasreinigungsanlagen
- **Sanierung** von Räumen: Schimmelpilzsanierung, Geruchsbekämpfung
- **Desinfektion** von Gegenständen, Oberflächen, Räumen oder in Waschmaschinen
- **Produktionsanlagenreinigung:** Spülen und Reinigen von Produktionsanlagen, Aromastoffentfernung, Reinigung von Mehrwegflaschen, Hygienemaßnahmen in der Getränke- und Lebensmittelindustrie (Molkereien, Brauereien usw.)
- **Bleichen** von Papier und Textilien
- Deionisierung von Wasser: z.B. Spülwasser in der Halbleiterindustrie
- Ozon in der Medizin: vielfältige Anwendungen⁷⁴
- Kosmetik: Hautbedampfung zur Reinigung⁷⁵ z.B. bei Akne (umstritten⁷⁶)
- Ozontherapie: Therapiemethode in der Alternativmedizin⁷⁷ (umstritten^{74,78,79,80})

DER OZONOS AIRCLEANER

13. Was ist der OZONOS Aircleaner?

Der OZONOS Aircleaner 1, kurz OZONOS AC-1, ist ein **formschöner, leiser und flexibler Ozonlüfter** bzw. Luftreinigungsgerät **für den Hausgebrauch oder für den gewerblichen Bereich**. Die reinigende Wirkung entsteht dabei durch das erzeugte Ozon. Das **Ozon wird von einer UV-C-Lampe erzeugt** und vom Ventilator im Raum verteilt.

Durch die **oxidative Wirkung** des Ozons werden vor allem **Gerüche**, wie zum Beispiel Farb-, Haustier-, Küchen- und Zigarettengerüche, **neutralisiert**. Die Kombination von **Ozon und UV-C-Licht** wirkt zusätzlich **gegen Keime**, Bakterien, Viren und Schimmelsporen. Siehe Frage 3, Seite 6.

Das Besondere beim OZONOS ist, dass die **natürliche Entstehung von Ozon** durch Sonnenstrahlung kopiert wird. Das UV-C-Licht erzeugt in Verbindung mit Sauerstoff Ozon – nur Ozon! Bei dieser Methode werden **keine schädlichen Stickoxide** erzeugt, wie sie von „konkurrierenden“ Ozongeneratoren erzeugt werden. Das UV-C-Licht erzeugt auch weitaus weniger Ozon als die Ozongeneratoren (siehe Frage 14, Seite 16). Somit kann der OZONOS **auch in Räumen** verwendet werden, **in denen sich Menschen und Tiere aufhalten**.

Die entsprechende Norm¹⁶⁵ für Haushaltsgeräte wird vom OZONOS AC-1 eingehalten. Der TÜV Süd hat das auch überprüft und bestätigt: „Die Prüfergebnisse⁶⁶ zeigen, dass das vorgestellte Produkt die Anforderungen der spezifizierten Prüfanforderungen erfüllt.“⁶⁷

14. Wie unterscheidet sich der OZONOS Aircleaner von Ozongeneratoren?

Der OZONOS erzeugt genauso wie die handelsüblichen Ozongeneratoren Ozon zur Reinigung. Trotzdem besteht ein **wesentlicher Unterschied**.

Der **OZONOS** erzeugt das Ozon wie in der Ozonschicht **mittels UV-C-Strahlung**^{1,30}. **Ozongeneratoren** erzeugen Ozon **mittels Hochspannung**³². Siehe auch Frage 4, Seite 7. Dies ergibt für den OZONOS zwei große Vorteile:

- Die **UV-C-Strahlung erzeugt** wesentlich **weniger Ozon** als die Hochspannungsentladungen. Die **Grenzwerte** für gesundheitliche Unbedenklichkeit können so in geschlossenen Räumen viel stabiler **eingehalten** werden.

- Die **Hochspannungsentladungen in Ozongeneratoren erzeugen** neben Ozon auch ionisierte Luft und **giftige Stickoxide** NO_x ⁸¹. Letztere sind Luftschadstoffe und **für die Luftreinigung nutzlos und gesundheitsschädlich**.

Anwendung: **Ozongeneratoren** werden heute im kommerziellen Anwendungsbereich sehr erfolgreich verwendet. Sind jedoch **Menschen oder Tiere im Raum**, können sie **nicht angewendet** werden. Ein typischer **Ozongenerator** erzeugt meist mehr als **1000 mg/h**⁸² (Milligramm Ozon pro Stunde) und die Ozonkonzentrationen sind schwierig zu kontrollieren⁶⁸. Der **OZONOS AC-1** erzeugt hingegen **2,5 mg/h**, AC-1 PLUS und PRO 6,0 und 12,0 mg/h.

Produkt: **Ozongeneratoren** variieren von **kleinen, tragbaren Geräten** bis zu fix **verbauten großen Anlagen**. Für die Behandlung von Luft werden Ozongeräte meist mit Luftbewegern kombiniert, um das Ozon so gut wie möglich im Raum zu verteilen. Hier liegen zwei weitere Nachteile: Ozongeneratoren sind **in der Regel lauter** (> 40 db gegenüber < 40 db beim OZONOS) und schauen **optisch** den **hässlichen Baulüftern** sehr **ähnlich**. Sie sind daher Geräte, die man aus optischen Gründen nicht in der Wohnung stehen haben möchte.

Funktionsweise: **Ozongeneratoren erzeugen Ozon mittels Koronaentladungen**. Dies ist **ähnlich einem Gewitter**^{33,34}, **Kopierer**³⁵ oder **Laserdrucker**³⁶. Elektrische Hochspannungsentladungen stellen die Energie bereit, um Sauerstoff aufzuspalten und Ozon zu erzeugen (siehe Frage 4, Seite 7). Leider werden mit der Hochspannung auch andere Stoffe gespalten bzw. erzeugt. Die **entstehenden giftigen Stickoxide** NO_x und in weiterer Folge auch Salpetersäure⁸¹ sind ein **ungewolltes, gesundheitsschädliches und nutzloses Nebenprodukt** der Methode. Umgangen kann das Problem nur werden, wenn man reinen Sauerstoff verwendet⁸¹. Das hätte aber zur Folge, dass man ein teures und sicherheitskritisches Verbrauchsgut, nämlich Sauerstoff in Flaschen, benötigt. Für eine **Heim-anwendung** sind **Ozongeneratoren** daher sinnvollerweise **nicht geeignet**.

15. Was sind Ionisierungsgeräte?

Ionisierungsgeräte ionisieren die Luft. Das heißt, sie **laden** verschiedene **Teilchen der Luft negativ oder positiv auf** (Ein Ion ist ein geladenes Teilchen)^{83,93,42}. Warum tun sie das?

Filterung^{84,85,42}: Zum einen, weil dadurch **in der Luft „schwebende“ Partikel** (größtenteils Staub) **aufgeladen** werden. Diese Partikel können **dann** mit entgegengesetzt aufgeladenen Filtern **elektrostatisch entfernt** werden – ähnlich wie bei Metallspänen und einem Magneten. Ionisierungsgeräte ohne zusätzliche Technik entfernen zwar sehr kleine Partikel, wie z.B. jene in Tabakrauch, sie **entfernen aber keine Gerüche, Bakterien usw.** Außerdem, je größer die Partikel, desto weniger effektiv ist die Methode. Der Großteil der entfernten Partikel ist

für das menschliche Auge nicht sichtbar. Das entspricht in etwa dem bekannten Feinstaub (PM10)⁸⁶. Die **Filterung von Feinstaub** ist eine **gute Sache**, da er als gesundheitsschädlich eingestuft wird⁸⁷.

Positive Wirkung: Zum anderen werden Ionisierungsgeräte dazu verwendet, **um gezielt negativ geladene Teilchen** (= negative Ionen, **Negative Air Ions**, NAI) in die Umgebungsluft **abzugeben**. Negative Ionen werden seit kurzem **als gesundheitsfördernd gehypt**^{88,42}. Zum Beispiel wird vermutet, dass die negativen Ionen der Grund sind, warum ein **Waldspaziergang**⁴¹ oder der Aufenthalt in der **Nähe eines Wasserfalls**⁴⁰ einen positiven Einfluss auf die Gesundheit hat. Der Anteil von negativen Ionen ist an diesen Orten besonders hoch. Erste wissenschaftliche Studien belegen den Zusammenhang zwischen negativen Ionen und der positiven Wirkung, sind jedoch wissenschaftlich nicht eindeutig.⁴²

Was hat das mit Ozon zu tun? **Die künstliche Erzeugung von Ionen** erfolgt meist mittels Hochspannung⁴², also **gleich wie bei Ozongeneratoren** (siehe Frage 14, Seite 16). Das heißt, sie erzeugen Ozon⁸⁹. Es hängt aber von der verwendeten Technik und der Betriebsspannung ab, ob Ozon und Stickoxide erzeugt werden. Die angeführten Betriebsspannungen schwanken zwischen 1,5 kV (Kilovolt) und 16 kV^{90,91,92}. **Dies wird gerne verschwiegen, um vom erzeugten Ozon abzulenken**. Die Geräte werden aber aus Marketinggründen als Ionisierungsgeräte verkauft. Sie sind aber Ozongeneratoren. Die Ionisierung ist bei Ionisierungsgeräten ein Nebeneffekt. Die Koronarentladungen erzeugen natürlich auch das giftige Stickstoffdioxid^{37,93}. Manche Ionisierungsgeräte versuchen durch zusätzliche Technik⁸³ die Menge an ausgestoßenem Ozon und Stickoxid (Aktivkohlefilter) zu minimieren, um so auch für den Hausgebrauch tauglich zu werden. Kurz, der **große Nachteil von Ionisierungsgeräten** gegenüber dem OZONOS:

- entweder sie erzeugen **kein oder zu viel Ozon / Stickstoffdioxide**
- **fehlt das Ozon**, gibt es **keine Beseitigung von Gerüchen, Keimen, Bakterien, Viren usw.**
- **zusätzliche Filter**, z.B. Aktivkohlefilter, **sind ein Verbrauchsgut**

Nur Ozon besitzt hier eine umfassende reinigende Wirkung durch Oxidation und nur die patentierte Methode des **OZONOS Aircleaner liefert Ozon in gesundheitsunbedenklichen Mengen**.

16. Wie unterscheidet sich OZONOS zu HEPA-Filtern?

Ozon bzw. der **OZONOS filtert nichts**. Ein Schwebstofffilter (**HEPA** = High Efficiency Particulate Air Filter) filtert die Luft, indem das Gerät die Luft durch eine Membran bzw. einen Filter drückt. **Partikel** bis zu einem Durchmesser **0,3 Mikrometer** (µm) **werden zu 99,97 %** gefiltert⁹⁴. Alle gasförmigen Stoffe verbleiben in

der Luft. Der HEPA-Filter ist natürlich ein Verbrauchsgut und muss getauscht werden. Außerdem können sich in den Filtern selbst Keime ansiedeln und die Luft erneut verunreinigen⁵.

Die Luftreinigung mit Ozon funktioniert anders. **Ozon oxidiert** die in der Luft befindlichen Stoffe. Die **Stoffe** werden dabei **verändert oder zerfallen**. Sie werden aber **nicht herausgefiltert**. Siehe dazu Frage 3, Seite 6.

17. Wie und wo kann man den OZONOS Aircleaner einsetzen?

Siehe dazu den Fragenblock Anwendungsgebiete ab Seite 20.

ANWENDUNGSGEBIETE

18. Welche Anwendungsbeispiele gibt es für den OZONOS?

Der **OZONOS Aircleaner** kann **überall** dort eingesetzt werden, **wo schlechte Gerüche und Luftverunreinigungen** und/oder Keime, Bakterien, Viren, Pilze, Sporen, Pollen und Allergene **den Aufenthalt in Räumen vermiesen**. Aufgrund der geringen erzeugten Ozonmengen ist er **für** den Einsatz in **bewohnten Räumen konzipiert**. Für einen industriellen Einsatz, zum Beispiel in Produktionsanlagen, ist er nicht geeignet.

Konkret sind folgende Anwendungsbeispiele sinnvoll:

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| – Wohnungen | – Hotels, Hotelzimmer |
| – Brandschäden | – Tierheime |
| – Wasserschäden | – Sanitärräume |
| – Fahrerkabinen von PKW, LKW | – Kanalgerüche |
| – Schönheitssalons | – Bürogebäude |
| – Chemische Reinigungen | – Tierhandlungen |
| – Fitness Center, Turnhallen | – Restaurants, Bars |
| – Umkleiden | – Schulen |
| – Lebensmittellagerungen | – Schwimmbäder |
| – Bestattungsinstitute | – u. v. m. |
| – Müllräume | |

19. Was beseitigt Ozon?

Unglaublich viel! Ozon beseitigt durch Oxidation aus der Luft (siehe Frage 3, Seite 6)^{5,10}:

- **Gerüche**¹⁰: Rauch^{101,102,103}, Müll-, Fisch-, Sanitär-, Kanal-, Moder-, Schweiß- und Haustiergeruch
- **Kochgerüche**^{105,106}: Fette, Eiweiße, organische Säuren und Verbindungen^{6,7,8,9,10,105,106}
- **Schädliche Dämpfe**: Schwefelwasserstoffe („verrottetes Ei“)⁹⁵, flüchtige organische Verbindungen (VOC)^{11,12,10,13,14} usw.
- **Krankmachendes**^{18,19,20,21,71}: In die Luft getragene Keime, Bakterien, Viren, Pilze, Hefen oder Schimmel, wenn auch nur eingeschränkt.

Für Details siehe auch Frage 3, Seite 6. Darüber hinaus wirkt Ozon auch, wenn sich die Partikel bzw. Keime auf Oberflächen befinden, wenn auch nicht so effizient²⁰.

Was macht Ozon nicht:

- **Ozon filtert nicht.** In der Luft schwebende Partikel, z.B. Staubpartikel, Feinstaub, Ruß, bleiben in der Luft. Siehe Frage 16, Seite 18.
- **Saubere Luft bleibt saubere Luft.** Ozon reagiert nicht mit den natürlichen Bestandteilen der Luft. Siehe dazu auch Frage 3, Seite 6.

20. Verwendet die Industrie Ozon zur Reinigung?

Ja! Ozon reinigt Luft⁷⁰ und Wasser^{71,72} bereits seit Jahren!

Im industriellen und gewerblichen Bereich ist Ozon eine gängige Methode **Abgase, Abluft und Abwässer mit Ozon zu behandeln**^{73,96,97}. Fiberglasfabriken, Farbfabriken, Lebensmittelverarbeitungsanlagen, Textilindustrie, Pharmaindustrie, Petroleumindustrie und Abfallwirtschaft können Ozon zur Reinigung einsetzen.

Für weitere Anwendungsmöglichkeiten siehe Frage 12, Seite 15.

21. Bei welchen Allergien kann der OZONOS hilfreich sein?

Sehr gute Frage. Eigene Tests des Herstellers legen nahe, dass der OZONOS bei **Pollen-, Tierhaar- oder Hausstaubmilbenallergien** hilfreich sein kann und die allergischen Reaktionen verringert. Es wird angenommen, dass **Ozon die Allergene (Eiweiße) an den Oberflächen inaktiviert**, welche die Auslöser der allergischen Reaktionen im Körper sind.

Wissenschaftliche **Studien** wurden **nicht gefunden**. Das **Thema** „Ozon und Allergien“ ist **sehr sensibel**^{64,68,69,100}, weil:

1. **Ozon beeinflusst** in der freien Natur als Umweltschadstoff beim Sommermog das **Pflanzenwachstum**. Pflanzen reagieren auf die Ozonbelastung, indem sie mehr Allergene produzieren^{98,99}.
2. **Ozon** ist gerade **bei Allergikern und Asthmatikern problematisch**, weil diese Menschen viel sensibler auf Ozonkonzentrationen reagieren^{64,69,100}.

Der **OZONOS produziert** mit seiner UV-C-Methode **wesentlich weniger Ozon** als die gebrandmarkten Ozongeneratoren^{68,69,100} (siehe Frage 14, Seite 16). Daher sind die **gefundenen Studien bzw. Warnungen nicht anwendbar**. Die kritische Diskussion über Ozonkonzentrationen fehlt bzw. die Unterscheidung zwischen den Ozoneerzeugungsmethoden.

Nahrungsmittelintoleranzen kann Ozon nicht beseitigen. Ozon wirkt nur bei Allergenen, die über die Luft verbreitet werden.

22. Ist der OZONOS bei Booten, Autos und Kellern einsetzbar?

Ja! Siehe Frage 23, Seite 22.

23. Kann Ozon muffig, modrigen oder Schimmelgeruch entfernen?

Ja! Ozon funktioniert besonders gut bei modrigem Geruch. Ozon wirkt auch, wenn die Ursachen für diesen Geruch **alte Textilien, alte Möbel** oder **feuchte Keller** sind. Für Details siehe Frage 39, Seite 27.

Der OZONOS **kann nicht die Ursache von feuchten Kellern und Schimmel bekämpfen**. Ein feuchter Keller wird immer wieder die Raumluft beeinträchtigen, da die darin gedeihenden Bakterien und Schimmelpilze laufend Geruchsstoffe in die Luft abgeben¹³⁶.

Siehe auch Frage 26, Seite 22.

24. Kann Zigarettengeruch aus einem Auto entfernt werden?

Ja! Ozon vernichtet den Zigarettengeruch in Autos **nachhaltig und komplett**¹⁰¹.

Aufgrund der Größe einer Fahrzeugkabine sollte man sich **keinesfalls während der Anwendung im Fahrzeug** befinden. Die Fenster und Türen sind geschlossen zu halten.

25. Kann Zigarettengeruch aus Räumen entfernt werden?

Ja! Ozon vernichtet den Zigarettengeruch in Räumen, z.B. in Hotelzimmern, **nachhaltig und komplett**^{102,103}. Siehe auch Frage 26, Seite 22.

Die **OZONOS**-Produkte sind aber **nicht für Räume**, in denen **jahrelang geraucht** wurde (Bar, Wohnzimmer eines Rauchers usw.). Hierfür ist eine professionelle Reinigung, der Tausch von Teppichen und das Ausmalen unumgänglich.

Für die Anwendung ist **vor und nach der Behandlung ein intensives Lüften empfohlen**. Außerdem darf man sich **während der Anwendung nicht im Raum aufhalten**.

26. Kann Schimmelgeruch aus Räumen entfernt werden?

Ja! Die Gerüche werden nachhaltig aus Räumen, z.B. Hotelzimmern, entfernt. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass die Gerüche nicht erneut produziert und die Ursachen für den Schimmel beseitigt werden. Für die Raumluft wird eine

sehr deutliche Verbesserung der Luftqualität erreicht. Für Details siehe Frage 39, Seite 27.

Angenommen das Zimmer ist 4,0 m x 5,0 m x 2,5 m bzw. 50 m³ groß, dann braucht man lt. Hersteller **im Schnitt etwa 15 bis 45 Minuten**, um mit einem OZONOS Aircleaner die Gerüche in diesem Raum zu neutralisieren.

Bei **starkem Schimmelbefall** bzw. **starkem Moder- oder Schimmelgeruch muss ein Fachmann hinzugezogen werden**. Es hängt sehr stark von den vorhandenen Schimmel-, Pilz- und Bakterienarten ab, ob diese zusätzlich gesundheits-schädliche (toxische) Stoffwechselprodukte und Zellbestandteile in die Raumluft abgeben. Der unangenehme Geruch gilt zurzeit als unbedenklich.¹³⁶

27. Wirkt Ozon bei festgesetzten Gerüchen in Wänden und Böden?

Ja! Eine **Reinigung dauert** aber **länger als bei Gerüchen in der Luft**. Ozon hat die Eigenschaft sich mit festgesetzten Geruchsmolekülen in Teppichen, Wänden usw. zu verbinden, wenn es in diese Materialien eindringen kann. Für genau diesen Anwendungsfall werden Ozongeneratoren verwendet¹⁰⁴. Die OZONOS-Produkte erzeugen eine viel geringere Ozonkonzentration, was die Behandlungsdauer verlängert. Daher, **für eine professionelle Sanierung** von geruchsbelasteten Räumen ist eine **professionelle Reinigung** vorzuziehen.

Für stark belastete Räume ist eine **Intensivreinigung** mit einem **OZONOS AC-1 PLUS oder PRO** notwendig. Ein **Aufenthalt in den Räumen** während einer längeren Behandlung muss **vermieden** werden.

28. Kann Ozon Küchenluft reinigen?

Ja! Ozon wird bereits für diesen Zweck in gewerblichen Küchen^{105,106} genutzt. Dies ist sogar ein **Paradebeispiel für** den Nutzen von **Ozon als Luftreiniger**. In Küchen entstehen viele unangenehme Gerüche. Diese Gerüche müssen entfernt werden, bevor sie in nach außen geleitet werden.

29. Kann Ozon von einer Wäscherei verwendet werden?

Ja! Ozon kann **Moder-, Körper- und Schimmelgerüche aus Textilien beseitigen und wirkt desinfizierend**. Ozon hat in Wasser die gleichen Vorteile wie in der Luft: Es eliminiert Gerüche, Keime und hat einen reinigenden Effekt¹⁰⁷. Zahlreiche Wäschereien werben damit^{108,109}. Es gibt auch moderne Waschmaschinen, die Ozon in das Waschwasser abgeben, um Textilien während des Waschens zu desinfizieren¹¹⁰. Dieser Umstand fällt nur nicht auf, weil statt „Ozon“ meist von „aktivem Sauerstoff“ gesprochen wird¹¹¹.

30. Was steckt hinter dem Kranke-Gebäude-Syndrom?

Seit den **90ern** ist das **Kranke-Gebäude-Syndrom (Sick-Building-Syndrom, SBS)** ein immer präsenteres Thema geworden^{112,113,114,115}. Räume mit **dichten Fenstern** verhindern den Austausch mit frischer Luft. Die **Heizung trocknet die Luft**. Schlecht eingestellte, **bakterienverunreinigte Klimatisierungs-/Ventilationsanlagen** tragen zu einer **immer schlechteren Luftqualität** in Gebäuden bei¹¹⁵.

Das Ergebnis ist abgestandene **Luft, in der man sich irgendwie unwohl, niedergeschlagen oder matt fühlt**. Es geht unter anderem die Konzentrationsfähigkeit verloren, oder man wird müde¹¹⁵. Die Forschung beschäftigt sich daher seit einiger Zeit mit dem Thema Luftqualität in Innenräumen (indoor air quality, IAQ).

Die amerikanische Umweltbehörde United States Environmental Protection Agency EPA veröffentlicht seit geraumer Zeit **Berichte zur Luftqualität von Innenräumen**¹¹⁶. US-Amerikaner verbringen durchschnittlich **ca. 87 % ihrer Zeit in Gebäuden**¹¹⁷. Die Luftqualität in Gebäuden ist somit ein bedeutender Faktor für die Gesundheit. Erstens ist man länger in Gebäuden als in der freien Natur, zweitens kommen zu den normalen Luftschadstoffen weitere **künstliche Quellen** dazu¹¹⁸, zum Beispiel **Ausdünstungen** aus Möbeln und Teppichen. Das **Potential für die Verbesserung** der Innenraumluftqualität ist daher **groß** und notwendig¹¹⁹.

31. Hilft Ozon bei einem kranken Gebäude?

Ein **krankes Gebäude** wird durch **zu stark abgedichtete Räumlichkeiten** verursacht. Gerüche, Bakterien, Ausdünstungen (z.B. Formaldehyd aus Möbel), trockene Luft, Rauch und Kohlendioxid bauen sich durch **zu geringen Frischluftaustausch** auf und verursachen eine Gesundheitsgefährdung. **Schlecht** eingestellte oder **gewartete Klimaanlage** tun das Übrige. Für Details zum Kranke-Gebäude-Syndrom siehe Frage 30, Seite 24.

Also ja! Ozon kann hier helfen, indem es die **Luftqualität verbessert** und **vor allem angesammelte Gerüche abbaut**. Es bekämpft einige Symptome und wirkt sich daher positiv auf das Wohlbefinden in den Räumen aus.

Ozon bzw. der OZONOS kann aber **nicht alle Probleme** lösen. Zum Beispiel hilft er nicht gegen trockene Luft und kann auch nichts filtern (Feinstaub, Pollen usw.).

Die **Ursache** für kranke Gebäude, nämlich **schlechte Durchlüftung** oder **schlecht** eingestellte oder **gewartete Lüftungen**, kann der OZONOS **nicht beseitigen**.

32. Hätte Ozon die Legionärskrankheit von 1976 verhindern können?

Vermutlich ja. 1976 sind in einem Hotel in Philadelphia mehr als 182 Personen mit Legionellen infiziert worden. Diese haben eine Art Lungenentzündung verursacht. **29 Personen sind an den Folgen gestorben.** Die Ursache war eine schlecht gewartete Klimaanlage.¹²⁰

Ozon wird heute unter anderem zur **Reinigung und Entkeimung von Anlagen aller Art** verwendet, z.B. zur Aufbereitung von Zu- und Abluft und auch für Klimaanlage¹²¹. Dies hätte auch in diesem Fall geholfen die Klimaanlage zu entkeimen. Ozon wirkt hierbei **gegen Biofilme, Pilze und Schimmel**, die sich in den Anlagen festsetzen.

Dieser tragische Vorfall hat unter anderem dazu beigetragen das Kranke-Gebäude-Syndrom zu beschreiben¹¹⁵. Seither hat sich die **Aufmerksamkeit von Umweltbehörden** immer mehr **auf die Qualität von Raumluft** und das Wohlbefinden in Räumen verschoben. Siehe Frage 30, Seite 24 und Frage 31, Seite 24.

33. Wird Ozon für Lebensmittellagerung und -konservierung verwendet?

Ja! Ozon wurde vermutlich das erste Mal im Jahr 1909 in Cologne, Frankreich angewendet, um Lebensmittel zu sterilisieren^{122,15}. In dieser Verwendung ist Ozon sehr effektiv in der **Verlängerung der Haltbarkeit** von Lebensmitteln¹²³. Zum Beispiel für sterilisierte Eiswürfel (Fischlagerung), Raumluftaufbereitung in Kühlräumen, Verhinderung des Keimwachstums in Kühlgeräten, Aufbereitung von Wasser für das Waschen von Obst, Gemüse und Fleisch¹²⁴. Ozon wird hauptsächlich dazu verwendet, um die **Lebensmittel direkt zu behandeln**, die **umgebende Luft** bzw. die **verwendeten Anlagen zu behandeln** oder um die Lebensmittel vor **unerwünschten Gerüchen** oder Geschmäckern zu schützen^{125,124}. Darüber hinaus wird Ozon für die Alterungskontrolle von Käse verwendet¹²⁶. Ozon schützt weiters Lebensmittel vor unangenehmen Gerüchen. Der große Vorteil, Ozon hinterlässt **keine chemischen Rückstände**, keine zusätzlichen Gerüche oder Geschmäcker¹²⁵, und es zerfällt nach einiger Zeit rückstandslos zu Sauerstoff²⁶.

34. Halten Lebensmittel länger, wenn sie Ozon ausgesetzt werden?

Ja! Ozon inaktiviert Bakterien, Pilze und Schimmel in Luft, Wasser und auf Oberflächen bzw. direkt auf Lebensmittel, in der umgebenden Luft oder auf Arbeitsflächen. Hierdurch werden die **häufigsten Gründe für das Verderben** von Lebensmittel eliminiert.¹²³ Siehe dazu Frage 40, Seite 27.

Manche **Lebensmittel** werden **direkt behandelt**, zum Beispiel durch Waschen mit ozonisiertem Wasser, bei manchen wird **die umgebende Luft** während der Lagerung (Kühlraum, Schutzatmosphäre in Verpackung) oder Verarbeitung behandelt¹²⁵. Das Abtöten von Bakterien, Pilzen und Schimmel führt zu einer längeren Haltbarkeit¹²³.

35. Wird Ozon in der Eierindustrie verwendet?

Ja! Ozon kann zur **Keimreduktion auf Eiern** verwendet werden^{127,15}. Es werden aber auch alternative Verfahren eingesetzt. Das Äußere von Eiern ist von Natur aus mit unbedenklichen und gefährlichen Keimen (z.B. Salmonellen¹²⁸) aller Art besiedelt. Ein frisch gelegtes Ei schützt sich sehr gut gegen diese Keime. Das Ozon wird relativ rasch nach dem Legen der Eier entweder gasförmig¹²⁷ oder gelöst in Wasser¹²⁸ zur Keimreduktion eingesetzt. Damit wird **verhindert, dass die Keime bei längerer Lagerung in das Ei eindringen** oder die Keime beim Aufschlagen übertragen werden.

36. Wird Fleisch mit Ozon behandelt?

Ja! Ozon wird für **Fleisch, Geflügel und Fisch** in **gasförmiger Form** als auch **gelöst in Wasser** verwendet¹⁵. Das Fleisch kann **direkt behandelt** werden. Ozon wird aber auch zur **Reinigung der Produktionsanlagen** oder zur **Aufbereitung der Raumluft** verwendet. Da Ozon aber mit den Fetten und Fettsäuren an der Fleischoberfläche reagieren kann, kann unter Umständen eine ranzige Geschmacksnote entstehen. Daher wird eine direkte Behandlung bei manchen Fleischsorten vermieden.¹²⁹ Siehe auch Frage 33, Seite 25 und Frage 34, Seite 25.

37. Warum verwenden Gewächshäuser Ozon?

Ja! Die Anwendung ist sehr vielfältig¹³⁰. In Gewächshäusern wird Ozon zur **Aufbereitung von Wasser**¹³¹ und für die Erzeugung von **Reinluft**¹³² verwendet. Somit wird eine gleichmäßige Aufzucht unter sauberen Bedingungen gewährleistet. Auch **Schädlinge** können **bekämpft** werden¹³³. Selbst die **Erde** kann mit Ozon **aufbereitet** werden¹³⁴. Manchmal findet Ozon bei der **Abluftreinigung** Anwendung, um den Geruch von **stark riechenden Pflanzen** zu entfernen, z.B. bei Hanfplantagen¹³⁵.

FUNKTIONSWEISE

38. Was ist Ozon?

Ozon O_3 ist eine stark **reaktive Form von Sauerstoff** und besteht aus drei Sauerstoffatomen. Es ist ein **natürlicher Bestandteil unserer Atmosphäre** und in geringen Konzentrationen auch **unserer Atemluft**.^{2,3,1} Für alle Details siehe Frage 2, Seite 5.

39. Warum funktioniert Ozon bei Gerüchen?

Bei **Ozon O_3** ist das **dritte Sauerstoffatom nur schwach** an die anderen beiden **gebunden**. Es trennt sich deshalb **leicht** von diesen, um sich **mit anderen Stoffen** zu **verbinden**.³

Gerüche sind in der Luft schwebende Moleküle (VOCs, Fettsäuren usw.), die unsere Nase als Geruch wahrnehmen kann. Mit diesen Molekülen reagiert das Ozon. Das Eingehen dieser neuen Verbindung nennt man **Oxidation** bzw. man sagt, dass das Molekül oxidiert wird. Bei diesem chemischen Prozess **zerfällt das Geruchsmolekül in der Regel in geruchslose Bestandteile**.⁴

Für Details siehe Frage 3, Seite 6 und die dort angeführte Abbildung.

Beispiel Schimmel- und Modergeruch: Ein erdiger, modriger oder schimmlicher Geruch **stammt in vielen Fällen** von sogenannten **Actinobakterien**. Diese Bakterien sind typische Begleiter von feuchten, schimmlichen Umgebungen und geben sehr intensiv riechende **Stoffwechselprodukte** in die Umgebung ab – den uns bekannten Modergeruch. Auch **Schimmelpilze** geben diese Stoffe in die Raumluft ab. Man nennt diese Stoffe auch **flüchtige organische Verbindungen (MVOC, Microbial Volatile Organic Compounds)**. Der Mensch kann MVOCs (z.B. Alkohole, Terpene, Ketone, Ester und Aldehyde) bereits in sehr geringen Mengen riechen und empfindet sie meist als unangenehm. Die Geruchsstoffe gelten aber nicht als gesundheitsschädlich.¹³⁶ Das Gute, Ozon reagiert sehr gerne mit diesen VOCs und neutralisiert sie dabei^{11,12,10,13,14}.

40. Warum funktioniert Ozon bei Keimen, Bakterien, Viren usw.?

Bei **Ozon O_3** ist das **dritte Sauerstoffatom nur schwach** an die anderen beiden **gebunden**. Es trennt sich deshalb **leicht** von diesen, um sich **mit anderen Substanzen** zu **verbinden**.³

Ozon **reagiert** sehr gerne **mit Eiweißen** (= Proteinen)^{6,7,8} und **Fetten**^{9,10} indem es sie oxidiert. Diese Wirkung als freies Radikal¹³⁷ oder als Verursacher von oxidativem Stress wird den Keimen, Bakterien und Viren zum Verhängnis^{20,21}. Im Grunde eigentlich allen Zellen, also auch menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Zellen. Die **Eiweiße** werden bei der Oxidation dabei so **verändert**, dass sie ihre **ursprüngliche Funktion verlieren** und die Zelle schädigen, zerstören oder **inaktivieren**, je nach der Art der Veränderung. Für weitere Details siehe Frage 3, Seite 6. Konkret wirkt das Ozon auf zwei Arten^{15,16}:

Erstens: In der Außenhaut (Zellmembran) **von Keimen, Bakterien oder Pilzen** (Zellmembran), Viren (Kapsid), Sporen (Sporoderm)¹⁸ aber auch auf der Oberfläche von vielen Allergenen (Hausstaubmilbenkot, Tierhaare) **sind Eiweiße und Fette eingebaut. Mit diesen Eiweißen oder Fetten kann das Ozon direkt reagieren**^{15,22,18,138}. Dadurch kann im schlimmsten Fall ein Loch in der Membran entstehen oder das Eiweiß verliert die Funktion¹⁸. Die Zelle stirbt ab oder wird **inaktiviert**^{15,18}.

Zweites: Ozon kann auch **in die Zelle eindringen**¹⁶ und im Inneren oxidativen Stress verursachen. In diesem Fall **oxidiert** es mit einem Eiweiß im Inneren der Zelle, zum Beispiel mit der **Erbsubstanz**⁸, der DNA¹³⁹ oder RNA²³. Die Zelle kann so seine **Fähigkeit zur Vermehrung verlieren**, absterben oder inaktiviert werden. Dieser Mechanismus ist noch nicht hinreichend gut belegt, da die Wirkung sehr vielfältig sein kann. Einzelne Effekte von Ozon auf die zellinterne Proteinproduktion sind aber bereits belegt^{140,141,142}.

41. Warum sind Menschen, Tiere und Pflanzen besser geschützt?

Ozon greift alle, auch menschliche, Zellen an! Siehe dazu Frage 40, Seite 27. **Der Mensch** ist ein Vielzeller und besteht aus ca. 37.000.000.000.000 Zellen (37 Billionen)^{143,144}. Er **kann** und muss viele **abgestorbene Zellen** immer wieder **ersetzen**. Zum Beispiel bei einer Verletzung. Keime, Bakterien, Viren, Sporen, Pollen bestehen jeweils nur aus einer „Zelle“. Ist diese „Zelle“ beschädigt oder inaktiviert, ist der ganze Organismus „abgestorben“. **Menschen, Tiere und Pflanzen sind Vielzeller** – ein klarer Vorteil.

Das Absterben von Zellen ist ein natürlicher und wichtiger Prozess im Körper. Es **sterben** Schätzungen zufolge **jede Sekunde 1.000.000 Zellen** (1 Millionen) in unserem Körper **völlig natürlich ab**. Das Absterben von einzelnen Zellen ist daher nicht ungewöhnlich. **Der Körper muss und kann damit sehr gut umgehen**.¹⁴⁵

Die **Barrierefunktion der Haut**¹⁴⁶ ist ein gut funktionierender **Schutz gegen Ozon** in geringen Konzentrationen. Erstens befindet sich auf ihr eine **Fettschicht** (Talg)⁴³ und gleich darunter eine Schicht **abgestorbener Hautzellen** (Hornschicht)¹⁴⁷. Das **Ozon müsste sich** hier erst durch Oxidation **„durchfressen“**, um überhaupt erst eine lebende Zelle schädigen zu können. Bei jeder Oxidation

wird das Ozon aber verbraucht. Die **Ozonmengen des OZONOS** sind dafür viel **zu gering**.

Weniger geschützt sind die Zellen der **Atemwege, Augen und Schleimhäute**^{62,60,63}. Ist die Konzentration zu hoch^{60,39}, werden **diese Bereiche als erstes gereizt**⁶¹. Das heißt, es entstehen kleine Entzündungen, zum Beispiel ein gerötetes Auge. Solange die **Konzentration** von Ozon **gering** ist, **kann der Körper mit diesen Reizungen sehr gut umgehen**. Der **Körper kann eine einzelne Zelle wieder ersetzen**. Es kommt zu **keinen dauerhaften Schäden**.

Man kann sich die **Reizung** durch Ozon **ähnlich** vorstellen, **wie** wenn ein **Spritzer Zitronensaft in das Auge** kommt. Die Zitronensäure greift durch Verätzung die empfindliche Hornhaut an. Das Auge brennt, bis die Tränenflüssigkeit die Säure genügend verdünnt hat. Es kann sich, **je nach Menge und Einwirkdauer**^{60,39}, **kurzfristig röten**. Beim OZONOS AC-1 sind die Konzentrationen von Ozon (< 0,05 ppm) so gering, dass eine derartige Reizung ausbleibt. Betreibt man aber bei höchster Warnstufe (> 0,12 ppm)¹⁶⁶ mehrstündigen Sport im Sommersmog, ist eine Augenrötung oder Atemwegsreizung zu erwarten.

Ozon ist aber trotzdem nicht ungefährlich. Es erzeugt freie Radikale und setzt **jede erreichte Zelle** einem **oxidativen Stress** aus. Dies kann die Ursache von Krankheiten sein.¹³⁷

Wichtig: Der **OZONOS AC-1 hält den Grenzwert von 0,05 ppm** der Norm EN60335-2-65¹⁶⁵ **für Elektrogeräte**¹⁶⁵ **im Haushalt ein**. In Folge wird dann auch der höhere Grenzwert für gesundheitliche Unbedenklichkeit der EU¹⁶⁶ nicht überschritten.

42. Was bedeutet Oxidation und was ist ein Beispiel dafür?

Oxidation ist eine **bestimmte Art einer chemischen Reaktion**¹⁴⁸. Für Details siehe Frage 3, Seite 6. Im Falle von **Ozon gibt** das Ozonmolekül O₃ **ein Sauerstoffatom O** an ein anderes Molekül (Substanz) **ab**. Dabei **zerfällt die Substanz** in eine oder mehrere andere Substanzen. **Ozon** gilt als ein sehr **starkes Oxidationsmittel**. Das heißt, es reagiert in der eben beschriebenen Weise sehr schnell mit anderen Substanzen.⁶¹

Andere Beispiele für Oxidation: **Zur Energiegewinnung reagieren im menschlichen Körper Nahrungsmoleküle** in Zellen mit Sauerstoff O₂ (aufgenommen über die Atemluft) und erzeugen so Kohlendioxid CO₂ (abgegeben über die Atemluft), Energie und Hitze¹⁴⁹. Ein weiteres Beispiel ist **Rost**, welcher durch die Oxidation von Eisen Fe mit Wasser H₂O entsteht¹⁵⁰.

43. Wie stellt der OZONOS Ozon her?

Der OZONOS stellt Ozon **mittels UV-C-Strahlung** her^{15,1}. Dies ist genau jener **natürliche Prozess**, der in der Natur **in der Ozonschicht** vorkommt³⁰. Dieser Prozess geschieht im inneren der OZONOS-Produkte. Die eingebaute UV-C-Leuchte ist die künstliche Sonne³¹ und liefert die hochenergetische Strahlung, die aus Sauerstoff O₂ Ozon O₃ erzeugt. Der Vorteil der patentierten Methode, **es entstehen keine weiteren (Schad-)Stoffe**, wie es zum Beispiel bei Ozongeneratoren bzw. Koronarentladungen^{15,32} der Fall ist^{81,35,36}.

Für Details über die Arten der **Ozonentstehung** siehe Frage 4, Seite 7.

Für Details über **Ozongeneratoren** siehe Frage 14, Seite 16

Für Details über **Ionisatoren** siehe Frage 15, Seite 17.

44. Was bedeutet das 'C' bei 'UV-C'?

Bei **UV-Strahlung** handelt es sich um **ultraviolette Strahlung**. Das ist eine elektromagnetische Strahlung, die für uns Menschen nicht sichtbar ist. Sie ist kurzwelliger (400 bis 100 Nanometer) als das sichtbare Licht. UV-Strahlung ist ein natürlicher Bestandteil der Strahlung der Sonne. Die **UV-Strahlung** wird in **drei Bereiche** unterteilt: **A, B und C**. Der **UV-C-Anteil** umfasst den Wellenlängenbereich von **280 bis 100 Nanometer**, Strahlung in diesem Bereich hat besonders viel Energie.¹⁵¹

45. Wie kann man Ozon mit Chlor vergleichen?

Chlor und Ozon werden beide in der **Trink- und Schmutzwasseraufbereitung sowie in Bädern zum Entkeimen** verwendet^{152,153,154}. Der Unterschied ist, wird das **Chlor** nicht durch Reaktionen verbraucht, **verbleibt es im Wasser. Ozon zerfällt** mit der Zeit zu Sauerstoff²⁶. Eine Chlorung hinterlässt daher den typischen **Chlorgeschmack und -geruch**, den man von so manchem Trinkwasser oder aus Schwimmbädern kennt. **Ozon zerfällt** hingegen **rückstandsfrei**, sofern es nicht für die Reinigung verbraucht wurde. Es ist effektiver als Chlor¹⁵⁵ und gesundheitlich unbedenklicher. **Chlor** wird in Gasflaschen gelagert, und wenn es austritt, **ist es sehr gefährlich**¹⁵⁶. Ozon wird hingegen völlig analog zum OZONOS mittels UV-C-Lampen in einem abgeschlossenen Rohrsystem erzeugt. Ein Austritt ist somit auch unwahrscheinlicher.

46. Was passiert mit den zerfallenen Gerüchen, Bakterien, Pollen usw.?

Keime, Bakterien, Viren, Pollen usw. aber auch Fette und Proteine sind **feste Bestandteile bzw. Partikel**. Sie schweben **vorher wie nachher in der Luft**. Je größer die Partikel und je ruhiger die Luft, desto schneller setzen sich diese Stoffe ab. Feinere Partikel verlassen durch den **natürlichen Luftaustausch beim Lüften** den Raum.

47. Wie kann man selbst feststellen, ob der OZONOS wirklich funktioniert?

Möglichkeit 1: Nehmen Sie ein **nasses Handtuch**, lassen sie es **Schimmel** ansetzen **oder** verwenden sie es so oft, bis es **muffig** wird. Tun sie es dann in eine Plastiktüte und blasen Sie für ca. 20 Minuten Ozon in die Plastiktüte. Sie werden sehen, wie gut es funktioniert!

Möglichkeit 2: Versuchen Sie es mit **Fußballschuhen oder Laufschuhen**, an die sich niemand heranwagt. Testen Sie die Wirksamkeit in einem kleinen Raum wie einer Toilette. Hier werden Sie nach sehr kurzer Zeit feststellen, wie wirksam der Einsatz von Ozon ist.

48. Kann man messen, ob der OZONOS wirklich funktioniert?

Indirekt – man kann es aber riechen!

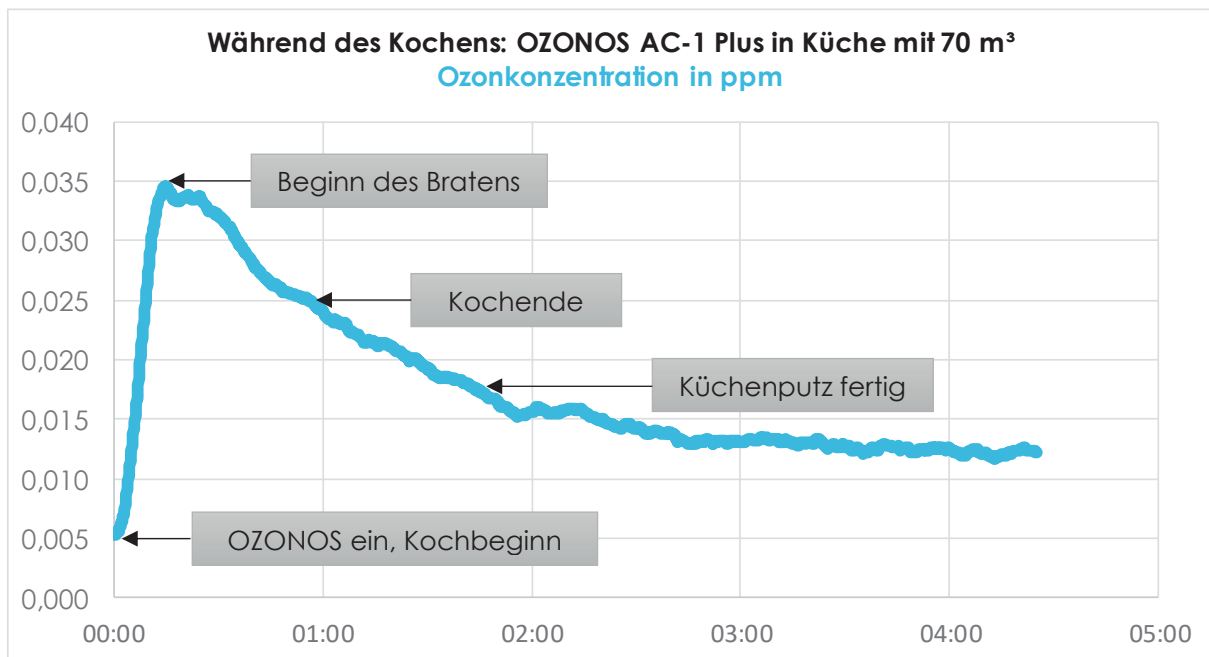
Rein physikalisch betrachtet zerfällt Ozon bei der Anwesenheit von geeigneten Reaktionspartnern (Gerüche, Keime usw.) sowie mit der Zeit völlig von allein. Je mehr Reaktionspartner vorhanden sind, desto schneller zerfällt Ozon durch Oxidation. Anders gesagt, sind Geruchsstoffe usw. vorhanden, zerfällt das Ozon schneller, indem es seine Arbeit macht. Siehe dazu Frage 3, Seite 6. Daher:

Annahme: Die Ozonkonzentration fällt in belasteten Räumen schneller ab oder baut sich langsamer auf (je nach Verhältnis von Ozonerzeugung und Ozonabbau).

Die Ozonkonzentration im Raum ist messbar.

Voraussetzung: Die Rahmenbedingungen, wie Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, konstante Erzeugungsrate usw., bleiben gleich und beeinflussen den Auf- und Abbau nicht zusätzlich.

Hier ein Beispiel zur Geruchsneutralisation beim Kochen:



Die Abbildung zeigt den Verlauf der Ozonkonzentration **während des Kochens einer Ente à l'Orange ohne Dunstabzug und mit geschlossenen Fenstern**. Ausgangspunkt war eine gut gelüftete saubere Küche. Mit **Kochbeginn** wurde der **OZONOS AC-1 PLUS eingeschaltet** und der Raum geschlossen. In den ersten 15 Minuten **steigt der Ozonwert während der Vorbereitungszeit schnell** an, da kaum Verunreinigungen in die Raumluft abgegeben werden. Mit dem **Beginn des Bratens** verteilen sich **Fett- und Bratengerüche** in der Küche. Etwas später werden Gemüse und Spätzle gekocht. Das **Ozon reagiert schnell mit den Gerüchen**. Trotz weiterhin eingeschaltetem OZONOS, fällt die Ozonkonzentration schnell und kontinuierlich ab. In der Folge **stabilisiert sich** die Ozonkonzentration relativ niedrig **bei ca. 0,012 ppm**. Die kontinuierliche Geruchsbeseitigung ist am Werk. Eine rechnerische Abschätzung (siehe Frage 59, Seite 41) dieses Gleichgewichtszustandes ergibt eine **Halbwertszeit von maximal 7 Minuten**. Verglichen mit anderen Messungen ist das relativ kurz – was zu erwarten war.

Ein weiteres Beispiel ist bei Frage 59, Seite 41 angeführt.

Die Grafik zeigt daher anschaulich, dass das Ozon „irgendetwas macht“, weil es während des Kochens viel schneller zerfällt. Da sich auch der Kochgeruch mit der Zeit reduziert, **bestätigt dies die Funktion des OZONOS**.

OZONKONZENTRATION UND SICHERHEIT

49. Was ist eine Konzentration bzw. Ozonkonzentration?

In der Chemie gibt man das **Mischverhältnis zweier Stoffe** in einem bestimmten Volumen als Konzentration an¹⁵⁷. Die angeführten **Ozonkonzentrationen** geben an, wie viele **Anteile Ozon in** der uns umgebenden **Luft** sind.

Zum **Beispiel**: In einem Liter **Cola** (entspricht ca. 1000 Gramm) befinden sich ca. 100 Gramm gelöster Zucker¹⁵⁸. 100 Gramm Zucker stehen 900 Gramm Flüssigkeit, Aromen usw. gegenüber. Cola hat daher ca. eine **10-prozentige Zuckerkonzentration oder 100.000 ppm Zucker**.

50. Wie bildet sich Ozon in der Natur?

Über die verschiedenen Arten der Ozonentstehung siehe Frage 4, Seite 7.

51. Was bedeutet ppm und wie kann man sich das vorstellen?

Ozonkonzentrationen oder generell **Konzentrationen können in ppm (= parts per million, Millionstel, 1/1.000.000) angegeben werden**. Ein ppm beschreibt einen millionstel Teil in einem Ganzen.¹⁵⁹ Das ist nur eine mögliche Einheit eine Konzentration¹⁵⁷ eines Stoffes in einem anderen anzugeben. Generell beschreiben **ppm sehr geringe Konzentrationen**, also „praktisch nichts“. Daher kann man sich auch nur **schwer etwas vorstellen**.

Zum **Beispiel** entspricht die **Fläche dieses Kreises**



= 1 ppm vom Tennisplatz

genau einem **millionsten Teil der Fläche von einem Tennisplatz** (23,77 m x 10,97 m). Weitere 1-ppm-Beispiele: Drei Tropfen in einer durchschnittlichen Badewanne von 150 Liter oder ein gestrichener Teelöffel Salz in 1000 Brotlaiben zu je 1 kg.

Manche Menschen können Ozon bereits ab 0,0076 ppm riechen⁵¹. In Bezug auf den Tennisplatz entspricht dies diesem Kreis



= 0,0076 ppm vom Tennisplatz

Diese Menschen könnten auch weit weniger als eine Messerspitze Salz verteilt auf 1000 Brotlaibe schmecken! Verglichen mit unserem Sehvermögen ist das sehr beeindruckend.

52. Was sind typische Ozonkonzentrationen, denen man begegnet?

Ozon kann man nicht aus dem Weg gehen. Es umgibt uns praktisch ständig und ist ein **natürlicher Bestandteil der Atmosphäre**. Selbst normale Raumluft hat eine sehr niedere **Ozongrundkonzentration**.²⁹

Die folgende Tabelle veranschaulicht gängige Ozonkonzentrationen in unserer Atemluft. Es **vergleicht typische Ozonkonzentrationen in unserer Umwelt**^{160,161,162,163,164}. Die Tabelle macht sichtbar, dass **im Sommer bei Sommermog** die Ozonwerte die **geltenden Grenzwerte der EU-Richtlinie häufig überschreiten**. Der TÜV Süd hat bestätigt: „Die Prüfergebnisse⁶⁶ zeigen, dass das vorgestellte Produkt die Anforderungen der spezifizierten Prüfanforderungen erfüllt.“⁶⁷

Weitere Höchstwerte: Verglichen mit der **Ozonschicht** sind diese Werte sehr niedrig. In 32 km Höhe ist eine Konzentration von bis zu **8 ppm**⁵⁶ vorhanden. Auf der Erde entsteht beim **MIG-Schweißen** (AlSi 5) sehr hohe Konzentrationen von bis zu **0,40 ppm**¹⁶⁴. Eine Atemschutzmaske ist vorgeschrieben.

Vorkommen	Details	ppm	
Grundkonzentration innen	ohne Wechselwirkung mit Außenluft Mittelwert der TÜV-Messungen bei DE	0.0017	
Grundkonzentration innen	in üblichen Wohnräumen Mittelwert aus eigenen Messungen	0.0046	
Grundkonzentration außen	sehr saubere Luft, Winter mit Sonnenschein (Death Valley, USA) ²⁹	0.04	
Grundkonzentration außen	sehr saubere Luft, Sommer mit Sonnenschein (Death Valley, USA) ²⁹	0.06	
Durchschnittswerte AT, außen	von 1993 – 2017, 54 Messstellen ^{160(S.87)}	0.0282	
Durchschnittswerte DE, außen	ländlich, von 1995 – 2017 ¹⁶³	0.0285	
Durchschnittswerte DE, außen	städtisch, von 1995 – 2017 ¹⁶³	0.021	
Gewitter mit Blitzen ³⁴		0.04	
Sommersmog AT	Höchstwert, 2017, Wien Lobau ^{160(S.75)}	0.114	
Sommersmog AT	Überschreitungen der Informationsschwelle 2017, 23 Messstellen an 11 Tagen ^{160(S.9)}		
Sommersmog AT	Überschreitungen 0,06 ppm, 2017 46 Messstellen bzw. 43 % der Messstellen ^{160(S.9)}		
Sommersmog DE	Höchstwert, 2017, Westeifel Wascheid ^{162(S.5)}	0.119	
Sommersmog DE	Überschreitungen 0,06 ppm, 2017 236 Messstellen bzw. 94 % der Messstellen ^{162(S.7)}		
Drucker, Kopierer	Studie, Umweltbundesamt, DE, 2009 Maximalwert bei Massendruck ³⁵	0.09	

OZONOS AC-1 0,05 ppm

Grenzwerte der EU-Richtlinie 2008/50/EG¹⁶⁶
0,06 | 0,09 | 0,12 ppm

53. Wie kann man die unterschiedlichen Konzentrationen umrechnen?

Die Grenzwerte für Ozon werden in den **verschiedenen Vorschriften in verschiedenen Einheiten** angegeben. Für die **OZONOS-Produkte** wird bei Konzentrationsangaben einheitlich die **Einheit Parts per Million (ppm)** verwendet (siehe Frage 49, Seite 33). Die folgende Tabelle gibt alle Umrechnungen⁵³ an.

	Von					
		Parts per Billion	Parts per Million	Milliliter pro Kubikmeter	Milligramm pro Kubikmeter	Mikrogramm pro Kubikmeter
Nach		ppb	ppm	ml/m ³	mg/m ³	µg/m ³
	ppb	=	× 1000	× 1000	× 500	: 2
	ppm	: 1000	=	=	: 2	: 2000
	ml/m ³	: 1000	=	=	: 2	: 2000
	mg/m ³	: 500	× 2	× 2	=	: 1000
	µg/m ³	× 2	× 2000	× 2000	× 1000	=

Beispielumrechnung für das blau eingefärbte Feld: Möchte man 0,05 ppm in mg/m³ umrechnen, muss man den ppm-Wert mit 2 multiplizieren (× 2). Das heißt, 0,05 ppm entsprechen 0,10 mg/m³.

54. Welche Vorschriften gibt es für Luftqualität bei Ozon?

Es gibt **eine Vielzahl** von **nationalen und internationalen Vorschriften für Ozon**. Sie unterscheiden sich bezüglich ihres Anwendungsgebiets:

- **Sicherheit von Konsumprodukten:** Regelt unter anderem die zulässigen Höchstgrenzen von abgegebenen Schadstoffen.
- **Umweltschutz:** Regelt unter anderem zulässige Konzentrationen von Luftschadstoffen in der freien Natur.
- **Arbeitsschutz:** Regelt unter anderem zulässige Konzentrationen von Schadstoffen in der Arbeitsumgebung.

Zu den Vorschriften zählen **Empfehlungen, Richtlinien, Gesetze und Normen**. Sie werden von Regierungen, internationalen Organisationen oder Normungsinstituten erlassen.

Die unterschiedlichen Vorschriften geben **unterschiedliche Grenzwerte** an. Der **niedrigste**, also für die Gesundheit sicherste **Grenzwert**, ist jener der **Europäi-**

schen Norm EN60335-2-65 für Elektrogeräte¹⁶⁵ sowie die Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation WHO¹⁷¹. Der Grenzwert liegt bei einem maximal zulässigen Wert von 0,05 ppm Ozon in der Umgebungsluft. Hier ist anzumerken, dass die Ermittlungsmethoden unterschiedlich sind. Der Grenzwert der Norm ist der strengere und für die Gesundheit sicherer.

Die wichtigsten Vorschriften für Ozon zum Zeitpunkt Anfang 2020 sind:

Sicherheit von Produkten

EN60335-2-65 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke ¹⁶⁵	
Herausgeber	European Committee for Standardization
Gültigkeit	Europäische Norm
Wert	Grenzwert
	0,05 ppm

Umweltschutz

EU-Richtlinie 2008/50/EG ¹⁶⁶	
Herausgeber	EU Kommission, EU Parlament
Gültigkeit	EU-Richtlinie, in nationalem Recht der Mitgliedsstaaten umzusetzen
Wert	Zielwert, Schutz der menschlichen Gesundheit
	0,06 ppm
Wert	Informationsschwelle (Behörde muss Bevölkerung informieren)
	0,09 ppm
Wert	Alarmschwelle (Behörde muss Bevölkerung warnen)
	0,12 ppm
Wert	Schutz der Vegetation, Zielwert
	9,00 ppm
Wert	Schutz der Vegetation, langfristiges Ziel
	3,00 ppm
Umsetzung DE	Bundesimmissionsschutzverordnung (39. BImSchV) ¹⁶⁷
Umsetzung AT	Ozongesetz, Fassung vom 17.06.2019 ¹⁶⁸

Luftreinhalteverordnung LRV ¹⁶⁹	
Herausgeber	Bund
Gültigkeit	Schweiz
Wert	Grenzwert
	0,05 ppm

National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for Ozone 2015¹⁷⁰	
Herausgeber	United States Environmental Protection Agency EPA
Gültigkeit	USA
Wert	Primary Ozone Standard Level
	0,07 ppm

Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide¹⁷¹	
Herausgeber	Weltgesundheitsorganisation WHO
Gültigkeit	Weltweite Richtlinie
Wert	Air Quality Guideline AQG for Ozone, Grenzwert
	0,05 ppm

Arbeitsschutz

List of MAK and BAT Values, Ozone, 1995^{*172}	
Herausgeber	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe
Gültigkeit	Deutschland
Wert	MAK-Wert: Tagesmittelwert
	0,10 ppm

* In der aktuelleren Gefahrstoffverordnung GefStoffV 2005, Technische Regeln für Gefahrstoffe - TRGS 900 wurde der Wert für Ozon noch nicht festgelegt. Es gilt daher noch der ältere MAK-Wert. Stand Ende 2019

Änderung der Grenzwertverordnung 2011, BGBl II 2018 Nr. 254¹⁷³	
Herausgeber	Bund
Gültigkeit	Österreich
Wert	MAK-Wert: Tagesmittelwert Kurzzeitwert
	0,10 0,20 ppm

55. Welche Vorschrift wird beim OZONOS angewendet und warum?

Für den OZONOS wird die **Europäische Norm EN60335-2-65 für Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke¹⁶⁵** herangezogen. Diese Norm wird vom European Committee for Standardization herausgegeben und beinhaltet einen Grenzwert für Ozon, der direkt am Gerät nicht überschritten werden darf.

Bei ozonerzeugenden Elektrogeräten (Drucker, Kopierer, OZONOS usw.) ist die Sicherheit laut dieser Norm gegeben, wenn das verwendete Elektrogerät unter genau definierten Bedingungen den **Grenzwert von 0,05 ppm** nicht überschreitet. Das heißt, in **unmittelbarer Nähe** des Elektrogeräts darf die Ozonkonzentration im Dauerbetrieb die **0,05 ppm nicht überschreiten**.

Die **Norm EN60335-2-65** wurde aus drei Gründen herangezogen:

- Die Norm fordert die **niedrigste zulässige Ozonkonzentration**. Das heißt, die Norm bietet die größte Sicherheit. Die wichtigsten Vorschriften zu Umweltschutz und Arbeitsschutz sind somit auch eingehalten. Für Details siehe Frage 54, Seite 36.
- Die Norm gibt außerdem **sehr ungünstige Bedingungen und eine genaue Testprozedur** vor, wie und wo die Konzentration zu ermitteln ist. Das heißt, man ist auch hier auf der sicheren Seite.
- Die **Einhaltung** und somit die Sicherheit ist **zertifizierbar**. Beim OZONOS AC-1 wurde dies vom **TÜV Süd** übernommen⁶⁷.

56. Wie ist die EU-Richtlinie zum Umweltschutz zu verstehen?

Ozon ist ein **Hauptbestandteil** des sogenannten **Sommersmogs**³⁹. Damit beginnt aber **auch** schon die **Fehlinterpretation**, denn:

Ozon ist kein Verursacher von Smog, sondern ist selbst die Folge.

Ozon wird **aus keinem Auto oder Schornstein ausgeschieden**. Zur Entstehung von Ozon beim Sommersmog, siehe Frage 4 und 9, Seite 7 und 10. **Hauptverursacher des bodennahen Ozons** sind die aus Verbrennungen stammende **Stickoxide** NO_x^{39,174}. 2016 kamen in Deutschland ca. die **Hälfte aus dem Verkehr**. 78 % der verkehrsbedingten NO_x kamen aus PKW- und LKW-Dieselmotoren¹⁶¹. Auch der 2015 bekanntgewordene Abgasskandal drehte sich um zu hohe Stickoxidwerte¹⁷⁵.

2008 hat die EU mit der **EU-Richtlinie 2008/50/EG zum Schutz von Mensch und Umwelt**¹⁶⁶ für viele Luftschadstoffe Grenzwerte festgelegt. Zur Überwachung wurden in den Mitgliedsstaaten **Luftgütemessstationen** eingerichtet¹⁷⁶. Deren Aufgabe ist es, die Luftqualität ständig zu messen und die Bevölkerung bei Überschreitung der Grenzwerte zu informieren oder zu warnen.^{176,177} Aktuelle Messwerte werden im Internet veröffentlicht^{163,177}, und jährlich erscheinen Berichte. Für Ozon wurden **folgende Grenzwerte in der EU** festgelegt.

EU-Richtlinie 2008/50/EG¹⁶⁶	
0,06 ppm	Zielwert, Schutz der menschlichen Gesundheit
0,09 ppm	Informationsschwelle: Behörde muss Bevölkerung über Medien informieren Erhöhtes Risiko für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen
0,12 ppm	Alarmschwelle: Behörde muss Bevölkerung warnen Risiko für alle Bevölkerungsgruppen
3,00 ppm	Schutz der Vegetation, langfristiges Ziel
9,00 ppm	Schutz der Vegetation, Zielwert

Die Schweiz orientiert sich an diesen Grenzwerten¹⁶⁹. Es gilt auch 0,06 ppm. In den USA ist der Zielwert mit 0,07 ppm¹⁷⁰ etwas weniger streng.

In Frage 52, Seite 34 sind einige typische Ozonkonzentrationen angeführt. In **mitteleuropäischen Städten** aber auch in **ländlichen Gebieten** und im **Gebirge** können die **0,06 ppm im Sommer oft nicht einhalten** werden. Zum Beispiel wurden 2017 in Deutschland an 236 (94 % der Messstellen)¹⁶² und in Österreich an 46 Messstellen die 0,06 ppm überschritten¹⁶⁰. Selbst die Informationsschwelle wurde in Deutschland an 7 und in Österreich an 11 Tagen überschritten¹⁶⁰. In Österreich wurde 2017 die Alarmschwelle knapp nicht erreicht¹⁶⁰.

57. Wie lange hält Ozon bzw. wie schnell zerfällt Ozon?

Ozon ist sehr **instabil** und nichts für die Ewigkeit. Es **reagiert** entweder sofort **mit geeigneten Partnern oder es zerfällt** mit der Zeit **von allein**. Für Details siehe Frage 3, Seite 6.

Folgende Faktoren begünstigen oder beschleunigen den Zerfall²⁶:

- Höhere **Temperatur**
- **Luftbewegung**, Zugluft, Ventilatoren usw.
- Höhere **Luftfeuchtigkeit**
- **Anwesenheit von Gerüchen, schädlichen Dämpfen, Kochrückständen, Krankmachendem** (Bakterien, Viren usw.)

Die Zerfallsrate bei Ozon kann mit der sogenannten **Halbwertszeit** angegeben werden²⁶. Die Halbwertszeit sagt aus, **wie lange es dauert, bis die Hälfte der Substanz zerfallen ist**¹⁷⁸. Zum Beispiel: Bei einer Halbwertszeit von einer Stunde und einer Ausgangskonzentration von 0,05 ppm sinkt die Konzentration nach einer Stunde auf die Hälfte, also auf 0,025 ppm. Nach einer weiteren Stunde sinkt sie auf 0,0125 ppm usw.

In der **wissenschaftlichen Literatur** findet man Werte **zwischen einigen Minuten und einigen Stunden**²⁶. Für die Abschätzung bei den OZONOS-Produkten waren die wissenschaftlichen Referenzwerte ungeeignet, weil sie entweder für Wasser¹⁷⁹ oder unter Laborbedingungen gemessen wurden. Zur **Ermittlung von realistischen Halbwertszeiten** in „normalen“ Wohnräumen wurde eine **interne Studie**¹⁸⁰ mit den drei OZONOS-Modellen durchgeführt.

Halbwertszeit	Szenarien
62 Minuten	Szenario: Ungünstige Bedingungen nach EN60335-2 ¹⁶⁵ , Messungen ⁶⁶ der Zertifizierung ⁶⁷ : – Temperatur 25 °C – Keine Luftbewegung im Raum – Luftdichte Versiegelung des Raums

	– Auskleidung mit PVC-Folie – Keine Verunreinigungen – Rel. Luftfeuchtigkeit um die 50 % (Winter)
8 bis 15 Minuten	Szenario: Kleiner Raum , 15 m ³ , Bad oder WC – Temperatur 20 – 21 °C – Keine Luftbewegung im Raum – Rel. Luftfeuchtigkeit bei 60 – 65 %
10 bis 13 Minuten	Szenario: Wohnraum , 90 m ³ , ohne Zusatzbelastung – Temperatur 20 °C – Keine Luftbewegung im Raum – Rel. Luftfeuchtigkeit bei 62 – 65 %

Als **realistische Halbwertszeit in Wohnräumen** können daher Zeiten **zwischen 8 und 15 Minuten** angegeben werden. Ozon **zerfällt** in normalen Wohnräumen etwa **4- bis 8-mal so schnell** wie in einem sehr sauberen, versiegelten und ausgekleideten Raum.

58. Kann man die Ozonkonzentration in einem Raum genau berechnen?

Nein. Mit der **notwendigen wissenschaftlichen Genauigkeit**, wie es Chemiker gerne haben, wurde **kein Modell gefunden**. Es ist vermutlich auch nicht möglich. Ein bewohnter Raum kann mit all seinen Umwelteinflüssen, Materialien, Verschmutzungen oder der Luftzirkulation mit physikalisch-chemischen Formeln nicht beschrieben werden. Das ist **zu komplex**, selbst heute noch.

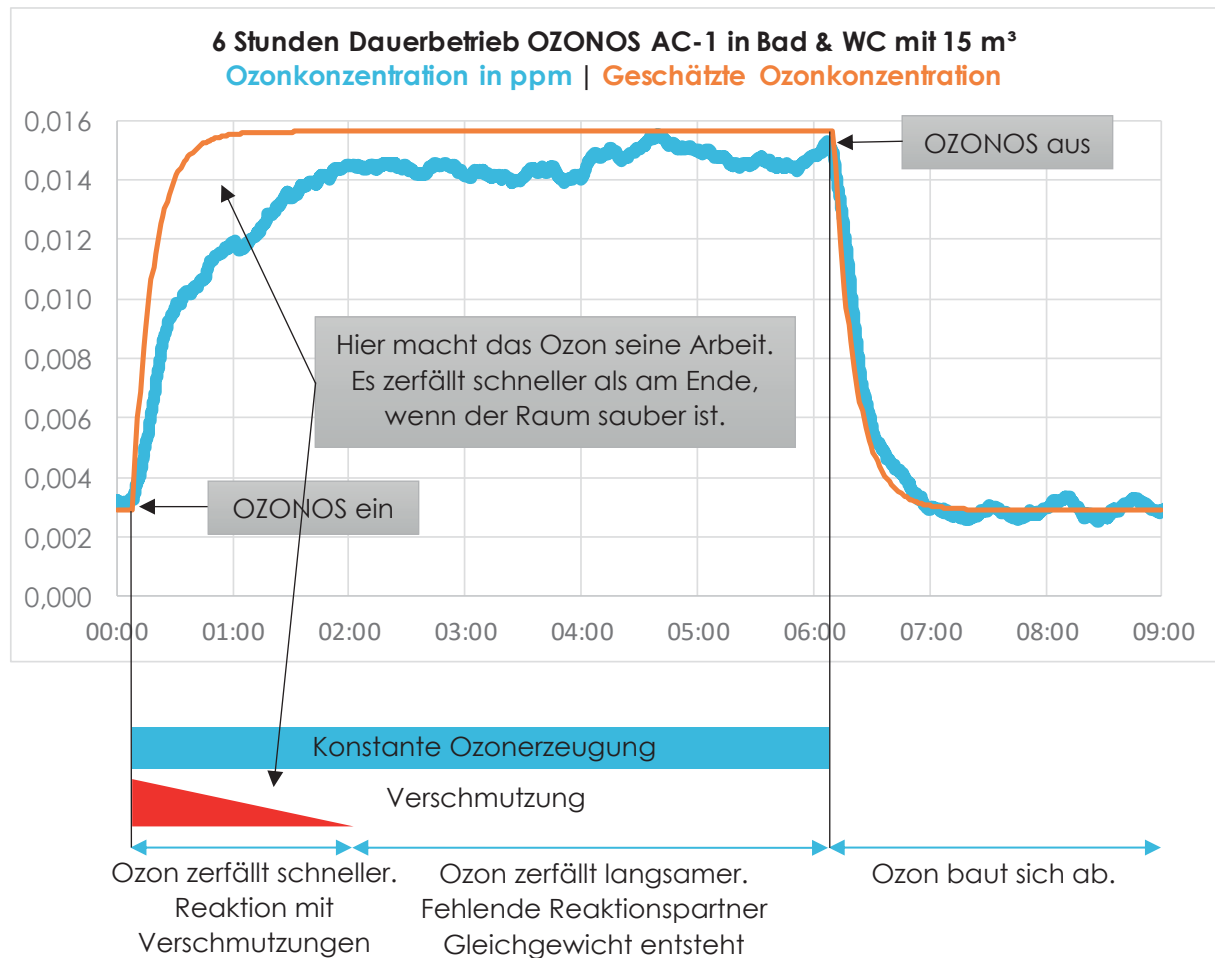
Im Grunde ist das **egal**. Mit erfahrener **Unterstützung der Hersteller und Hausverstand** können die OZONOS-Produkte **bedenkenlos eingesetzt** werden. Keine/keiner muss sich den Kopf über Konzentration oder Formeln zerbrechen. Die OZONOS-Produkte sind **ähnlich „kompliziert“ wie ein Bügeleisen**. Man kann sich durchaus verbrennen, aber jede/jeder weiß und kann damit umgehen bzw. keine/keiner zerbricht sich ständig den Kopf über eine mögliche Gefahr. Das Bügeleisen wird einfach verwendet.

59. Kann man die Ozonkonzentration in einem Raum abschätzen?

Ja. Auf der einen Seite wird das **Ozon vom OZONOS konstant erzeugt**. Auf der anderen Seite **zerfällt und/oder reagiert das Ozon** sobald es erzeugt wurde. Da die Erzeugungsrate bei den UV-C-Lampen konstant und sehr gering ist, stellt sich nach einiger Zeit ein **Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Zerfall** ein. Ab diesem Zeitpunkt verändert sich die Ozonkonzentration im Raum nur mehr we-

nig und ist somit stabil. **Nach dem Ausschalten des Gerätes fällt die Ozonkonzentration im Raum wieder auf die Grundkonzentration zurück.** Mit Hilfe der Erzeugungsrate und der Halbwertszeit (siehe Frage 57, Seite 40) ist es möglich die Konzentration im geschlossenen Raum mathematisch abzuschätzen.^{180,181}

Für diesen Zweck wurden in einer internen Studie¹⁸⁰ **realistische Zerfallsraten aus Messungen in typischen Wohnräumen** ermittelt. Die Erzeugungsraten sind vom Hersteller der UV-C-Lampen bekannt. Beides wird dazu verwendet, um eine **Abschätzung der zu erwartenden maximalen Konzentration** zu bekommen.



Im **angeführten Beispiel** ist eine gleichbleibende Zerfallsrate von ca. 7,5 Minuten angenommen worden. Die **konstante Zerfallsrate** ist für die Berechnung aber unrealistisch. Es ist gut erkennbar, dass die **berechnete Konzentration** (orange Linie) **verglichen** mit der **tatsächlich gemessenen Konzentration** (blaue Linie) viel schneller steigt. Das liegt daran, dass **am Beginn** das Ozon seine Arbeit macht und **durch die vorhandenen Verschmutzungen schneller zerfällt** als am Ende, wenn der Raum sauber ist. Erst nach getaner Arbeit stellt sich eine konstante Zerfallsrate ein. Daher **stimmt der restliche Verlauf gut** mit der angenommenen Zerfallsrate von 7,5 Minuten **überein**. Nach ca. 2 Stunden stellt sich ein **Gleichgewicht bei ca. 0,015 ppm** ein. Dieser Wert kann gut mit Formeln geschätzt werden und stellt eine maximal zu erreichende Ozonkonzentration dar, wenn der Raum sauber ist.

Für die OZONOS-Produkte kann daher grob geschätzt werden, welche Konzentrationen in Räumen maximal erreicht werden.

Sowohl die Messungen als auch die Berechnungen haben dieses Verhalten bestätigt. Weiters ist für **jede Situation** (Raumgröße, OZONOS-Modell, angenommene Zerfallsrate) eine **theoretische „maximale“ Ozonkonzentration** mathematisch **abschätzbar**, die nicht überschritten wird.

60. Schwankt die Ozonkonzentration mit der Raumtemperatur?

Ja, aber vernachlässigbar. Ozon zerfällt in wärmeren und feuchteren Räumlichkeiten leichter von allein, bevor es mit anderen Stoffen reagiert. Daher gilt, **je wärmer und feuchter, desto weniger effektiv ist der OZONOS**. In einem üblichen Raumklima (20 – 25 °C und 40 – 60 % rel. Luftfeuchte) sind die **Schwankungen aber vernachlässigbar**.²⁶

61. Was passiert mit Ozon, nachdem es seinen Zweck erfüllt hat?

Es zerfällt – so oder so. **Entweder indem es „seine Arbeit macht“ oder ganz von allein.** Ozon ist eine sehr instabile bzw. reaktionsfreudige Substanz. Das dritte Sauerstoffatom ist nur schwach gebunden und geht schnell eine Verbindung ein. Der Rest, also die zwei überbleibenden Sauerstoffatome, ist molekularer Sauerstoff O₂. Für mehr Details zur Chemie siehe Frage 3, Seite 6.

62. Ab welcher Konzentration kann der Mensch Ozon riechen?

Zwischen 0,0076 und 0,03 ppm^{51,52}. Eine besonders **sensible menschliche Nase** kann Ozon schon **ab einer Konzentration von 0,0076 ppm** als frischen, metallischen Geruch wahrnehmen. **Spätestens bei 0,03 ppm** sollte es aber **jeder riechen** können.

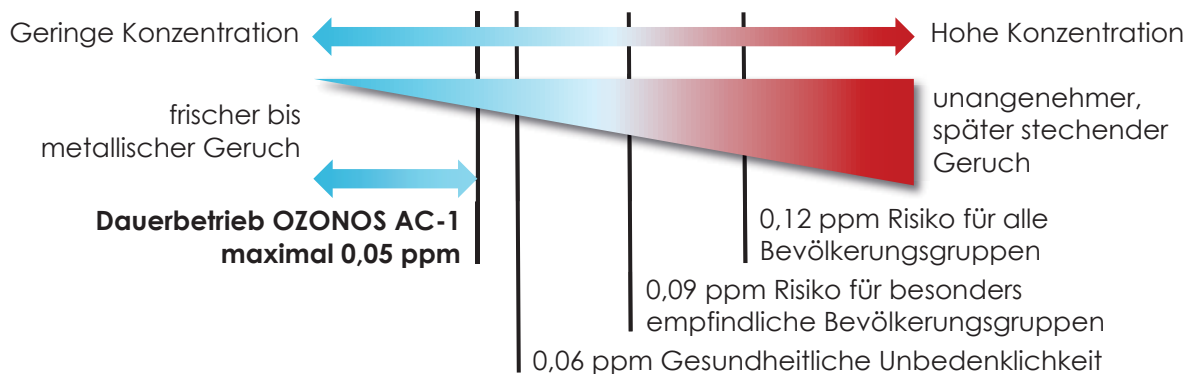
Ausführliche Details sind in Frage 8, Seite 10 dargestellt.

63. Wie riecht Ozon?

Ozon hat einen **sehr charakteristischen frischen**³ **eventuell metallischen Geruch**. Der Geruch wird als **Heu-, Nelken-, Chlor- oder Stickstoff-ähnlich**³⁶ beschrieben⁴⁹. In geringen Konzentrationen ist dieser Geruch **nicht unangenehm**. Eine vorsichtige Geruchsprüfung am OZONOS ist nicht schädlich. Der mit Ozon verbundene charakteristische **Geruch** kann manchmal gleich **nach einem Gewitter**^{33,34} wahrgenommen werden. Er wird auch mit dem Geruch **frisch gewa-**

scherer Bettwäsche verbunden. Auch in der Nähe von **Fotokopierern**³⁵, **Druckern**³⁶, **elektrischen Motoren oder beim Schweißen**¹⁶⁴ entsteht Ozon. Diese Ozongerüche sind aber oft durch andere Gerüche (Druckerschwärze, Schmiermittel) verzerrt.

In Innenräumen **riecht Ozon** bei Konzentrationen **über 0,06 ppm langsam unangenehm**. **Ab 0,10 ppm** ist der Geruch **unangenehm** und kann bereits **leicht stechend** sein. Man würde sich nicht mehr gerne länger im Raum aufhalten. Der reine Ozongeruch unterliegt aber einem Gewöhnungseffekt⁵⁴. Das heißt, nach einiger Zeit nehmen wir den Geruch nicht mehr so intensiv wahr. Die stechende oder unangenehme Wirkung ist davon aber nicht betroffen.



Vergleicht man diese Eigenschaften mit den Grenzwerten der EU-Richtlinie¹⁶⁶, ist eines sofort ersichtlich: **Der Geruchssinn schützt sehr zuverlässig vor längeren Aufenthalten in Räumen mit erhöhter Ozonkonzentrationen.**

64. Was ist der zurückbleibende Geruch nach der Behandlung?

Nach der Behandlung kann im Raum **eine Art frischer**³ **Geruch**, ähnlich wie nach einem Gewitter, zurückbleiben. Das ist **Restozon** und ein Zeichen dafür, dass das Ozon nichts mehr zum Beseitigen findet. **Der Raum ist sauber!** Jetzt gehört der OZONOS abgeschaltet.

Gerade in Textilien und im Teppich kann sich das Ozon noch etwas halten. Das **Ozon wird sich** aber nach dem Abschalten des OZONOS **rasch selbst abbauen**^{26,180}. Eine realistische Halbwertszeit ist 15 Minuten¹⁸¹. Siehe dazu Frage 57, Seite 40. Die **Konzentrationen** sind bei einer regelgerechten Anwendung **unbedenklich**. Sollte der Geruch dennoch stören oder unangenehm sein, kann immer gelüftet werden.

Nach einer längeren **Intensivreinigung** kann ein **leicht süßlicher**, gut wahrnehmbarer **Geruch** zurückbleiben. Ein kurzes **Lüften** schafft hier Abhilfe.

65. Was kann man beim Verdacht einer zu hohen Konzentration tun?

Bei fachgerechter und normaler Nutzung des OZONOS AC-1 können **keine Ozonkonzentrationen** erreicht werden, die **gesundheitlich bedenklich sind**. Sie können den **Raum immer kurzzeitig bedenkenlos betreten**. Selbst die Warnstufen der Behörden (0,09 und 0,12 ppm)¹⁶⁶ bei Sommersmog bedeuten nur, sich nicht mehr zu lange in der freien Natur aufzuhalten. Ein guter Indikator für Innenräume ist der Ozongeruch (siehe Frage 63, Seite 43).

Hat man **dennoch Bedenken**, dass in einem Raum eine zu hohe Konzentration von Ozon vorherrscht, dann helfen **zwei einfache Dinge: Luftaustausch und Zeit**.

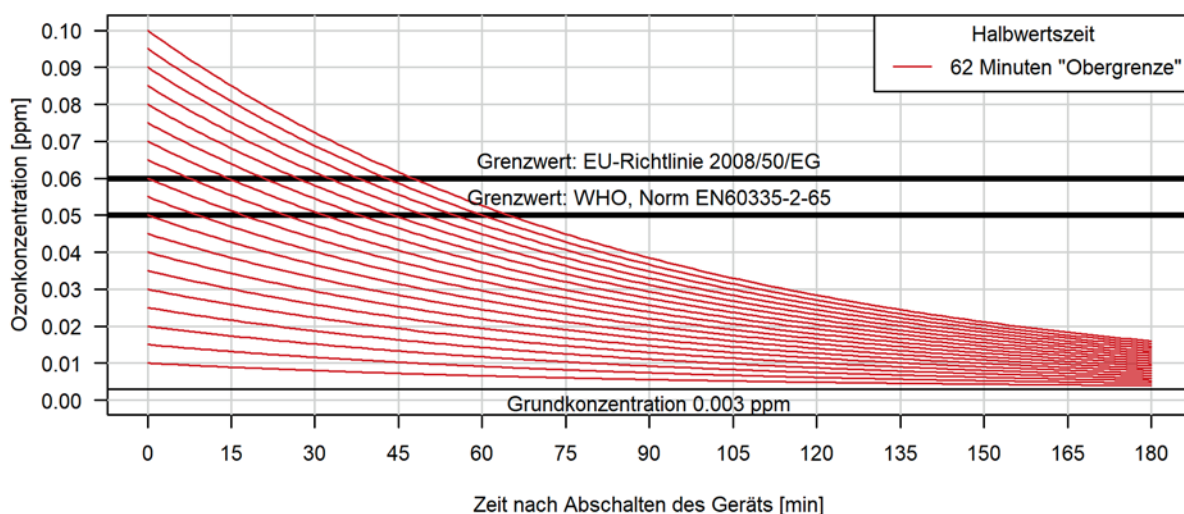
Konkret kann man bedenkenlos folgendes tun:

- Das Gerät abschalten, die Türe schließen und den Raum ca. eine Stunde nicht betreten.
- Das Gerät abschalten und das Fenster zum Lüften öffnen.
- Das Gerät abschalten und die Türe zum Raum öffnen.

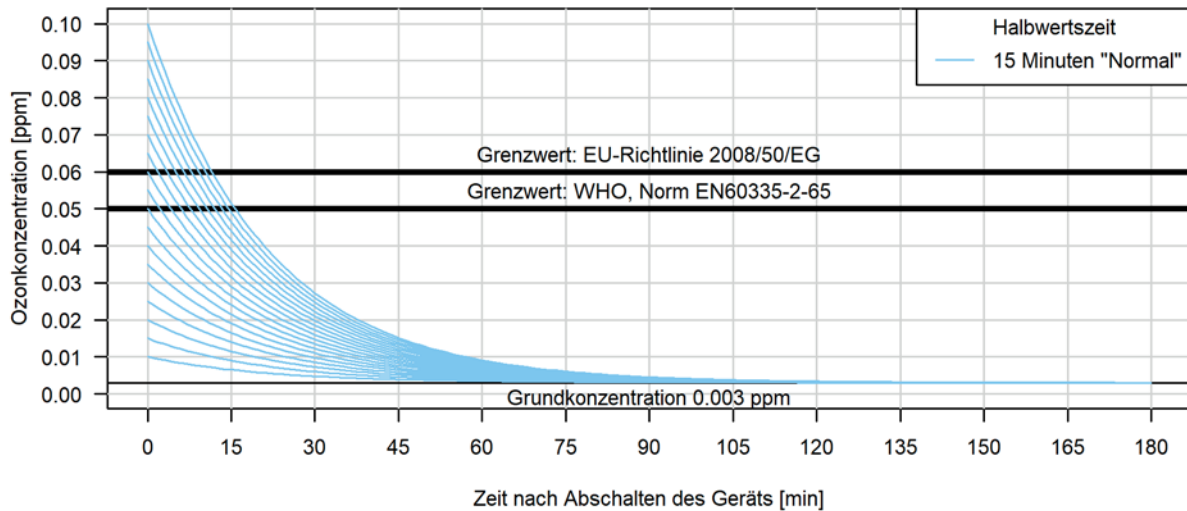
Nach Abschalten des Geräts dauert es in geschlossenen Räumen bei ungünstigen Bedingungen **ca. eine Stunde**, bis sich die **Ozonkonzentration halbiert**. Realistischer sind 15 Minuten (siehe Frage 57, Seite 40)¹⁸⁰. Ein Beispiel hierzu ist in Frage 59, Seite 41 angeführt. Die folgenden Grafiken veranschaulichen dies auch nochmals an einer theoretischen Modellrechnung.

Verwendet man das Gerät in besonders **kleinen und geschlossenen Räumen**, zum Beispiel in einer Fahrerkabine, einem kleinen Boot oder einer kleinen Toilette, ist ein **Aufenthalt zu meiden**. Auch bei Intensivreinigung ist der Aufenthalt im Raum zu vermeiden.

**Abfall der Ozonkonzentration über die Zeit und je Raumgröße
Halbwertszeit von 62 Minuten "Obergrenze"**



Abfall der Ozonkonzentration über die Zeit und je Raumgröße Halbwertszeit von 15 Minuten "Normal"



66. Kann der OZONOS zu viel Sauerstoff verbrauchen?

Nein. Da der OZONOS nur sehr geringe Mengen Ozon aus Sauerstoff produziert, wird selbst bei langer Behandlung der **Sauerstoffgehalt in der Luft nicht beeinflusst**. Jeder Mensch verbraucht zigfach mehr Sauerstoff als der OZONOS.

In einem Kubikmeter Luft (ca. 1,2 kg bei 20°C¹⁸²) sind in etwa 252000 mg (21 %²⁷ von 1,2 kg) molekularer Sauerstoff O₂. Selbst der OZONOS AC-1 PRO erzeugt nur 12 mg Ozon in einer Stunde. Das sind 0,005 % des Sauerstoffs in einem Kubikmeter Raumluft, der in einer Stunde verbraucht wird!

67. Ist ein eingeschalteter OZONOS im selben Raum wirklich unbedenklich?

Ja! Der **OZONOS AC-1 hält die Norm EN60335-2-65¹⁶⁵ für Haushaltsgeräte** hinsichtlich der maximalen Ozonkonzentration **ein**. Der TÜV Süd hat die Prüfung auch überprüft: „Die Prüfergebnisse⁶⁶ zeigen, dass das vorgestellte Produkt die Anforderungen der spezifizierten Prüfanforderungen erfüllt.“⁶⁷ Das heißt, die 0,05 ppm¹⁶⁵ werden selbst direkt am Gerät bei den ungünstigen Bedingungen im Testraum nicht überschritten. Somit ist der OZONOS AC-1 nach dieser Vorschrift unbedenklich. Bei den **Produkten PLUS und PRO** ist ein **Dauerbetrieb nicht vorgesehen**, sie dienen zur Intensivreinigung und sollten nur eingeschaltet bleiben, bis Gerüche usw. verschwunden sind.

Verwendet man die OZONOS-Produkte in besonders **kleinen und geschlossenen Räumen**, zum Beispiel in einem kleinen Boot, einer kleinen Toilette oder einem Fahrzeug, sollte man einen **Aufenthalt meiden**. Auch bei Intensivreinigung ist der Aufenthalt im Raum zu vermeiden.

Der **Umgang mit diesen Situationen** sind in den **Fragen 70 bis 73** auf den Seiten 48 bis 49. Grundsätzlich ist der Mensch **durch** seinen **Geruchssinn geschützt**.

**Wenn man beginnt, Ozon intensiver zu riechen,
schaltet man den OZONOS einfach ab.**

Ozon ist lange vor einer gesundheitlich bedenklichen Konzentration riechbar. Zur Frage wie Ozon riecht, siehe Frage 63, Seite 43.

68. Kann man Haustiere während der Anwendung im Raum lassen?

Ja. Es gelten die **gleichen Regeln wie beim Menschen**. Siehe Frage 67, Seite 46.
Warum Menschen und Tiere besser geschützt sind, siehe Frage 41, Seite 28.

69. Wie reagieren meine Zimmerpflanzen auf das Ozon?

Ja. Es gelten die **gleichen Regeln wie beim Menschen**. Siehe Frage 67, Seite 46.

Pflanzen sind **viel robuster** gegenüber Ozon als Menschen und Tiere. Die EU-Richtlinie 2008/50/EG gibt auch **Grenzwerte zum Schutz der Vegetation** an. Diese liegen **um ein Vielfaches höher** als die für Menschen. Für OZONOS gilt, **was für Menschen unbedenklich ist, soll auch für Pflanzen und Tiere als unbedenklich gelten**.¹⁶⁶

Bei einer **Intensivreinigung** ist es **nicht notwendig** die **Pflanzen aus dem Raum zu entfernen**. Tiere und Menschen dürfen sich aber nicht im Raum befinden.

Warum Menschen und Tiere geschützt sind, siehe Frage 41, Seite 28.

BETRIEB

Die folgenden Fragen dienen nur der Ergänzung zur ohnehin gültigen Bedienungsanleitung.

70. Sollen bei der Behandlung Räumen, Autos usw. geschlossen sein?

Ja, geschlossen! Bei geschlossenen Räumlichkeiten geht kein Ozon unnötig verloren. Außerdem **zerfällt Ozon bei Zugluft viel schneller** und die Wirksamkeit reduziert sich²⁶. In geschlossenen Räumen ist die Behandlungszeit kürzer.

Das ist genauso, **wie bei der Klimaanlage im Auto**. Ein **offenes Fenster hilft** nur **am Beginn durch einmaliges Stoßlüften**, dann aber schließen.

Nach der Anwendung von OZONOS **kann gelüftet werden**.

71. Was beeinflusst die Wirksamkeit des OZONOS?

Ozon reagiert als starkes Oxidationsmittel sofort mit vielen Substanzen (Gerüchen) oder Partikeln (Keime usw.) in der Luft. Ohne geeigneten Reaktionspartner zerfällt Ozon mit der Zeit aber auch völlig von allein wieder zu Sauerstoff²⁶. Wird dieser vorzeitige Zerfall begünstigt, so ist Ozon bzw. der OZONOS weniger effektiv. **Folgende Umwelteinflüsse begünstigen den Zerfall** von Ozon **und mindern die Effektivität**²⁶:

- Höhere **Temperatur**
- **Luftbewegung**, Zugluft, Ventilatoren usw.
- Höhere **Luftfeuchtigkeit**

72. Soll man nach der Behandlung mit dem Betreten des Raums warten?

Beim **OZONOS AC-1** kann man **durchgehend im Raum bleiben**. Siehe dazu Frage 67, Seite 46.

Nach den Erfahrungen des Herstellers können die OZONOS-Produkte bei regelkonformer Verwendung **keine Konzentrationen** erzeugen, **die beim Einatmen sofort gesundheitliche Schäden verursachen!** Die wichtigsten Punkte für regelkonforme Verwendung:

- OZONOS AC-1 PRO und PLUS nicht im Dauerbetrieb verwenden

- OZONOS AC-1 PRO und PLUS nicht mehr als 15 Minuten vor dem Kochen, Braten usw. einschalten
- Vom OZONOS AC-1 PRO und PLUS im Betrieb Abstand halten
- Bei Intensivreinigung nicht im Raum aufhalten und am Ende lüften
- OZONOS-Produkte nicht in kleinen Räumen verwenden, wenn man sich im Raum aufhält
- OZONOS-Produkte abschalten, wenn man beginnt das Ozon zu riechen.

Hat man dennoch Bedenken, siehe Frage 65, Seite 45.

Bei **kleinen Räumen** sollte man auf die eigene Nase vertrauen. **Ist der Geruch unangenehm, wartet man oder lüftet**, siehe Frage 65, Seite 45. Bei **Booten und Fahrerkabinen** sollte man anschließend Lüften. Die Ozonkonzentration verhält sich ähnlich wie die gestaute Hitze in einem Auto, des sich in der Sonne aufgeheizt hat. **Ein paar Minuten die Türen öffnen**, wirkt Wunder.

Nach Intensivreinigung (OZONOS AC-1 PLUS und PRO): Die Messungen⁶⁶ bei den ungünstigen Bedingungen nach der Prüfprozedur der Norm EN60335-2¹⁶⁵ haben gezeigt, dass sich die Ozonkonzentration in 62 Minuten halbiert¹⁸¹. Als generelle **Faustregel** mit sehr hoher Sicherheit kann daher gelten, dass man **eine Stunde nach Abschalten** des Geräts **selbst kleine Räume wieder bedenkenlos betreten** kann.

Siehe auch Frage 73, Seite 49 und Frage 63, Seite 43.

73. Was muss man tun, wenn man das Ozon riecht?

Ozon kann man schon **bei sehr geringen Konzentrationen riechen**^{51,52}, lange bevor es gesundheitlich bedenklich werden könnte. Siehe dazu Frage 63, Seite 43.

Es gilt die Faustregel:

**Wenn man beginnt, Ozon intensiver zu riechen,
schaltet man den OZONOS einfach ab.**

Riecht man das Ozon, ist die Raumluft sowieso sauber.

74. Ist das Gerät für jede Raumausstattung geeignet?

Ja. Es wurden **keine Fälle in der Literatur gefunden**, wo die von den OZONOS-Produkten erzeugten Ozonkonzentrationen einen **Schaden an Möbel, Teppichen, Tapeten oder Wänden** verursacht haben.

Die **einzige bekannte Materialgruppe**, welches bei erhöhten Ozonwerten Risse bekommt, sind **verschiedene Kautschukprodukte** (frühere Autoreifen)¹⁸³. Das

Problem wurde mittlerweile gelöst. Es ist kein aktueller Fall bekannt, bei dem es zu einer Beschädigung gekommen ist.

75. Welche Auswirkung hat eine kontrollierte Wohnraumlüftung?

Keine. In Niedrigenergiehäuser **mit kontrollierter Wohnraumlüftung** (KWL) werden Ozonluftreiniger bereits eingesetzt¹⁸⁴, ist aber noch die Ausnahme. Ein schneller **Luftaustausch durch Stoßlüften** ist bei KWL **nicht vorgesehen** und auch Dunstabzüge sollten nicht eingesetzt werden. Die Reinigung der Raumluft ist daher unumgänglich. Hier ist ein **OZONOS-Produkt** die **perfekte Option**.

Der **OZONOS** sollte aber **nicht vor den Abluftöffnungen** aufgestellt werden.

76. Ist die Wirksamkeit des OZONOS in jeder Ecke des Raumes gewährleistet?

Ja! Über den eingebauten **Lüfter verteilt** sich das **Ozon** mit der Zeit gleichmäßig **im Raum**. Ozon kommt überall dorthin, wo auch die Luft hinkommt – auch hinter Schränke.

Ozon ist etwas schwerer als Luft und sinkt eher ab. Da Küchengerüche durch die Wärme eher aufsteigen, **steigert eine deckennahe Montage die Wirksamkeit**. Hierdurch kann auch vermieden werden, dass Kinder und Haustiere dem Gerät zu nahekommen.

WARTUNG

Die folgenden Fragen dienen nur der Ergänzung zur ohnehin gültigen Bedienungsanleitung.

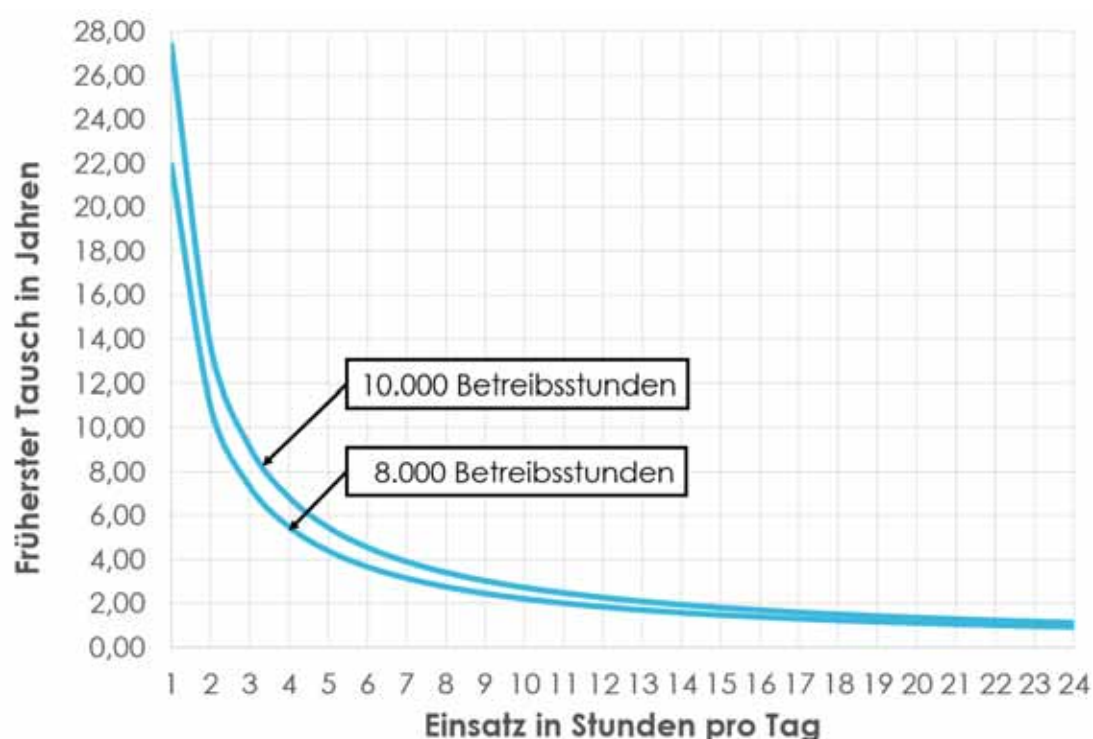
77. Muss man bei den OZONOS-Produkten einen Filter tauschen?

Nein, denn die OZONOS-Produkte kommen ohne Filter aus und sind daher völlig **wartungsfrei**. Nur die UV-C-Lampe muss nach einiger Zeit getauscht werden. Siehe Frage 78, Seite 51.

78. Wann muss man die UV-C-Leuchte austauschen oder wechseln?

Die **UV-C-Leuchte hält 8.000 bis 10.000 Betriebsstunden**. Sie produziert dann weniger Ozon. Die **Wirksamkeit lässt** mit der Zeit **nach**. Ein **Tausch** ist **notwendig**. Diesen Umstand kann man erkennen, indem der Geruchsabbau, zum Beispiel nach dem Kochen, nicht mehr so rasch erfolgt.

Zur Orientierung enthält die unten angeführten **Abbildung übliche Tauschintervalle**. Zum Beispiel: Wird der OZONOS täglich 5 Stunden betrieben, ist mit einem Tausch in ca. 4 Jahren spätestens jedoch nach ca. 5 Jahren zu rechnen.



Eine alte UV-C-Lampe erzeugt weniger Ozon als eine neue. Die erreichbaren Ozonkonzentrationen sind bei neuen Lampen am höchsten. Von **alternden Lampen** geht **keine Gesundheitsgefährdung** hinsichtlich Ozonkonzentration aus. Der Hersteller testet auch **jede UV-C-Lampe** vor dem Einbau.

79. Kann man die UV-C-Leuchte selbst tauschen?

Der Hersteller empfiehlt **grundsätzlich** den **Tausch von einem Fachmann** durchführen zu lassen, auch schon wegen der Entsorgung. Es ist jedoch für einen **handwerklich begabten Menschen** sehr leicht möglich die **UV-C-Leuchte selbst auszutauschen**. Bitte die **Betriebsanleitung** beachten!

Die **UV-C-Lampen dürfen nicht zerbrechen**. Sie sind mit Gasen gefüllt, die man nicht einatmen soll. Das ist gleich wie bei Neonröhren. Diese **Lampen gehören entsorgt**.

80. Kann man den OZONOS reinigen?

Ja. Man kann das Gehäuse außen mit einem **weichen, sauberen, trockenen Tuch sanft abwischen**. Bitte die **Betriebsanleitung** beachten!

REFERENZEN

- ¹ Möller, D., Chemistry of the Climate System, 2nd Edition (2017), De Gruyter.
- ² Ozone, PubChem Database, National Center for Biotechnology Information [online] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24823> [12.03.2020].
- ³ Ozone, Wikipedia [online] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone> [02.02.2020].
- ⁴ Ozone Odor Destruction, Ozone Solutions [online] <https://www.ozonesolutions.com/knowledge-center/ozone-odor-destruction.html> [02.04.2020].
- ⁵ Franken, L., The Application of Ozone Technology for Public Health and Industry (2005), White Paper, Food Safety & Security at Kansas State University [online] <http://www.triovita.net/wp-content/uploads/2018/12/Kansas-Univ-arastirmasi.pdf> [10.03.2020].
- ⁶ Sharma, V., Nigel, G., Oxidation of Amino Acids, Peptides and Proteins by Ozone: A Review (2010), In: Ozone Science and Engineering, 32(2), 81 – 90.
- ⁷ Cataldo, F., On the action of ozone on proteins (2003), In: Polymer Degradation and Stability, 82(1), 105 – 114.
- ⁸ Cataldo, F., Ozone Degradation of Biological Macromolecules: Proteins, Hemoglobin, RNA, and DNA (2006), In: Ozone: Science & Engineering, The Journal of the International Ozone Association, 28(5), 317 – 328.
- ⁹ Roehm, J., Hadley, J., Menzel, D., Oxidation of Unsaturated Fatty Acids by Ozone and Nitrogen Dioxide (1971), In: Archives of Environmental Health: An International Journal, 23(2), 142 – 148.
- ¹⁰ Odor Control, Ozonetech [online] <https://www.ozonetech.com/air-treatment/odor-control-ozone> [27.03.2020].
- ¹¹ Patil, S., Bailey, P., The Reactions of Ozone with Organic Compounds (1958), In: Chemical Reviews, 58, 5, 925 – 1010.
- ¹² Waringa, M., Wells, J.R., Volatile organic compound conversion by ozone, hydroxyl radicals, and nitrate radicals in residential indoor air: Magnitudes and impacts of oxidant sources (1994), In: Atmospheric Environment, 106, 382 – 391.
- ¹³ Yu, K.P., Lee, G.W.M., Hsieh, C.P., Yang, S.H., Using Ozone Air Cleaners to Remove Indoor Volatile, Organic Compounds (2005), In: Proc. Indoor Air 2005.
- ¹⁴ VOC removal, Ozonetech [online] <https://www.ozonetech.com/air-treatment/voc-removal> [27.03.2020].
- ¹⁵ Miller, F., Brandae, T., Silva, C., Ozone Processing (2015), In: Conventional and Advanced Food Processing Technologies, Wiley-Blackwell, 617 – 624.
- ¹⁶ Bourke, P., Ozone Processing of Fluid Foods (2012), In: Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods, Elsevier, 225 – 262.
- ¹⁷ Substance Infocard, Ozone, European Chemicals Agency [online] <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.030.051> [27.03.2020].

-
- ¹⁸ Martinelli, M., F. Giovannangeli, F., Rotunno, S., Trombetta, C., Montomoli, E., Water and air ozone treatment as an alternative sanitizing technology (2017), In: *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 58(1), E48 – E52.
- ¹⁹ Masaoka, T., Kubota, Y., Namiuchi, S., Takubo, T., Ueda, T., Shibata, H., Nakamura, H., Yoshitake, J., Yamayoshi, T., Doi, H., Kamiki T., Ozone decontamination of bioclean rooms (1982), In: *Applied and Environmental Microbiology*, 43(3), 509 – 513.
- ²⁰ Megahed, A., Aldridge, B., Lowe, J., The microbial killing capacity of aqueous and gaseous ozone on different surfaces contaminated with dairy cattle manure (2018), In: *PLoS One*, 13(5).
- ²¹ Kowalski, W., Bahnfleth, W., Whittam, T., Bactericidal Effects of High Airborne Ozone Concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* (1998), In: *Ozone: Science & Engineering, The Journal of the International Ozone Association*, 20(3), 205 – 221.
- ²² Thanomsab, B., Anupunpisit, V., Chanphetch, S., Watcharachaipong, T., Poonkhum, R., Srisukonth, Ch., Effects of ozone treatment on cell growth and ultrastructural changes in bacteria (2002), In: *The Journal of general and applied microbiology*, 48, 193 – 199.
- ²³ Cataldo, F., Ozone degradation of ribonucleic acid (RNA) (2005), In: *Polymer Degradation and Stability*, 89, 274 – 281.
- ²⁴ Reed, N., The History of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection (2010), *Public Health Report*, 125(1), 15 – 27.
- ²⁵ UV-based Advanced Oxidation Processes, Ozonotech [online]
<https://www.ozonotech.com/products/uv-systems/uv-c-air-515> [27.03.2020].
- ²⁶ McClurkin, J., Maier, D., Ileleji, K., Half-life time of ozone as a function of air movement and conditions in a sealed container (2013), *Journal of Stored Products Research*, 55, 41 – 47.
- ²⁷ Haynes, W., *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (2014), CRC Press.
- ²⁸ Taran V., Krasnyj, V., Lozina, A., Chechelnitskyi, O., Schebetun, A., Investigation of ozone decay half-life in dependence of temperature and humidity as well as H₂S and NH₃ oxidation mechanism (2017), In: *Voprosy Atomnoj Nauki i Tekhniki, Worldcat*, 6(106), 244 – 246.
- ²⁹ Weschler, Ch., Ozone in Indoor Environments: Concentration and Chemistry (2001), In: *Indoor Air*, 10(4), 269 – 288.
- ³⁰ Ozone Hole Poster, National Aeronautics and Space Administration NASA [online]
https://www.nasa.gov/pdf/752034main_Ozone_Hole_Poster.pdf [10.03.2020].
- ³¹ Höhensonne, Wikipedia [online]
<https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6hensonne> [22.03.2020].
- ³² Shah, Y., *Thermal Energy: Sources, Recovery, and Applications* (2018), CRC Press.
- ³³ Surprise! Lightning Has Big Effect On Atmospheric Chemistry (2003), Goddard Space Flight Center, National Aeronautics and Space Administration NASA [online]
<https://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0312pollution.html> [10.03.2020].
- ³⁴ Davis, D., *Influence of Thunderstorms on Environmental Ozone* (1973), National Weather Services Tallahassee, Florida, USA.
- ³⁵ Ayotamuno, M., Okoroji, J., Akor, A., Ozone Emission by Commercial Photocopy Machines in Rivers State (2013), In: *International Journal of Scientific and Engineering Research* 4(6).
-

-
- 36 Wilke, O., Jann, O., Brödner, D., Schneider, U., Krockner, Ch., Kalus, S., Seeger, S., Bücken, M., Testing of Emissions from Office Devices during the Printing Phase for the Advancement of the Blue Angel Environmental Award for Laser Printers and Multi-function Devices with Special Consideration of Ensuring Good Indoor Air Quality (2009), Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Umwelt Bundesamt Deutschland.
- 37 Stickstoffdioxid, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Stickstoffdioxid.html> [20.03.2020].
- 38 Stickstoffmonoxid, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Stickstoffmonoxid.html> [20.03.2020].
- 39 Bodennahe Ozon und Sommersmog (2015), Bayerisches Landesamt für Umwelt
https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_47_bodennahe_ozon.pdf [10.03.2020].
- 40 Kolar, P., Gaisberger, M., Madl, P., Hofmann, W., Ritter, M., Hartl, A., Characterization of ions at Alpine waterfalls (2012), In: Atmospheric Chemistry and Physics, 12, 3687 – 3697.
- 41 Chu, Ch.H., Chen, S.R., Wu, Ch.H., Cheng, Y.Ch., Cho, Y.M., Chang, Y.K., The effects of negative air ions on cognitive function: an event-related potential (ERP) study (2019), In: International Journal of Biometeorology, 63.
- 42 Jiang S.Y., Ma, A., Ramachandran, S., Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement (2018), In: International Journal of Molecular Science, 19(10).
- 43 Wisthalera, A., Weschler, Ch., Reactions of ozone with human skin lipids: Sources of carbonyls, dicarbonyls, and hydroxycarbonyls in indoor air (2010), In: Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 107(15), 6568 – 6575.
- 44 Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., Bezirtzoglou, E., Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review (2020), In: Frontiers in Public Health, 2020, 8.
- 45 Brunauer, R., Interne Messungen zur Ermittlung einer realistischen Grundkonzentration in unseren Breitengraden (2020); durchgeführt an bewölkten Tagen, um eine Beeinflussung durch Sommersmog zu unterbinden.
- 46 Faktenblatt: Entwicklung und aktuelle Belastungen durch Ozon in der Schweiz (2018), Bundesamt für Umwelt, Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien [online]
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwikslj02pToAhWD66QKHdGwCXgQFjABegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fdam%2Fbafu%2Fde%2Fdokumente%2Fluft%2Ffachinfo-daten%2Fentwicklung-aktuelle-Belastung.PDF.download.PDF%2FFaktenblatt_O3_Entwicklung_Belastung_2018_D.PDF&usq=AOvVaw3FbHi2OHHsRNA3ZukdrFUo [13.02.2020].
- 47 Mücke, W., Lemmen, Ch., Duft und Geruch: Wirkungen und gesundheitliche Bedeutung von Geruchsstoffen (2010), ecomed - Storck GmbH.
- 48 Fragen zu Ozon, Lenntech [online]
<https://www.lenntech.de/bibliothek/ozon/faq/faq-ozone.htm> [22.03.2020].
- 49 Ozone Generators, Airthereal [online]
<https://airthereal.com/collections/ozone-generator/products/ma5000-commercial-ozone-generator> [22.03.2020].
- 50 Drösser, Ch., Kann man Regen riechen? (2015), Die Zeit (Nr. 5/2015), [online]
<https://www.zeit.de/2015/05/geruch-regen-stimmte> [22.03.2020].
- 51 Ozone, Haz-Map, Information on Hazardous Chemicals and Occupational Diseases [online]
[https://haz-map.com/Agents/68?referer=BrowseByCategory&return_url=%2FAgents%2F\(BrowseByCategory\)%2F5%3Fsub_cat_id%3DOxidizers](https://haz-map.com/Agents/68?referer=BrowseByCategory&return_url=%2FAgents%2F(BrowseByCategory)%2F5%3Fsub_cat_id%3DOxidizers) [22.03.2020].
-

-
- 52 Cain, W.S., Schmidt, R., Wolkoff, P., Olfactory detection of ozone and D-limonene: reactants in indoor spaces (2007), In: Indoor Air, 17(5), 337 – 347.
- 53 Faktenplatt Ozon (2018), Bayrisches Landesamt für Umwelt [online]
<https://www.lfu.bayern.de/luft/doc/ozoninfo.pdf> [22.03.2020].
- 54 Bodennahes Ozon und Sommersmog (2017), Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie [online]
https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/faltblaetter/Ozon_12Seiten_2017_170606_Web.pdf [22.03.2020].
- 55 Ozon, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Ozon.html> [22.03.2020].
- 56 NASA Ozone Watch, National Aeronautics and Space Administration NASA [online]
<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/SH.html> [10.03.2020].
- 57 Langematz, U., Stratospheric ozone: down and up through the Anthropocene (2019), In: ChemTexts, The Textbook Journal of Chemistry, 5.
- 58 Paracelsus, Die dritte Defensio wegen des Schreibens der neuen Rezepte. In: Septem Defensiones 1538 (1965), Werke Bd. 2.
- 59 Sauerstoff, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Sauerstoff.html> [08.04.2020].
- 60 Faktenblatt Ozon (2019), Lungen Liga [online]
https://www.lungenliga.ch/fileadmin/user_upload/LLS/01_MetaNavigation/01_UeberUns/Publikationen/Pdf_Deutsch/ozon_d.pdf [23.03.2020].
- 61 Integrated Science Assessment for Ozone and Related Photochemical Oxidants (2013), United States Environmental Protection Agency EPA, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment-RTP Division, EPA 600/R-10/076F.
- 62 Ozone, ChemIDplus, U.S. National Library of Medicine [online]
<https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/name/ozone> [12.03.2020].
- 63 Ozone, MAK Value Documentation (1998), Wiley Online Library
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/3527600418.mb1002815e0010> [23.02.2020].
- 64 Health Effects of Ozone in Patients with Asthma and Other Chronic Respiratory Disease, United States Environmental Protection Agency EPA [online]
<https://www.epa.gov/ozone-pollution-and-your-patients-health/health-effects-ozone-patients-asthma-and-other-chronic> [27.03.2020].
- 65 Ozone, American Lung Association (2020) [online]
<https://www.lung.org/our-initiatives/healthy-air/outdoor/air-pollution/ozone.html> [23.02.2020].
- 66 Testreport: Ozon Prüfung OZONOS AC1 (2017), Digital Elektronik.
- 67 Technischer Bericht Nr. 713108310, Rev. 3, vom 12.02.2018 (2018), TÜV-Süd.
- 68 Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners, United States Environmental Protection Agency EPA [online]
<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners> [27.03.2020].
- 69 Suffer from Asthma? Avoid Buying Ionizer and Ozone Generators (2017), Molekule Blog [online]
<https://molekule.science/asthma-buying-ionizer-ozone-generators> [27.03.2020].
-

-
- 70 Ozone Air Deinfection, Chemtronics [online]
<https://www.chemtronicsindia.com/ozone-air-disinfection.htm> [12.03.2020].
- 71 Ozone Effects on Pathogens, Ozone Solutions [online]
<https://www.ozonesolutions.com/knowledge-center/ozone-effects-on-pathogens.html>.
[12.03.2020].
- 72 Burleson, G., Murray, T., Pollard, M., Inactivation of Viruses and Bacteria by Ozone, With and Without Sonication (1975), In: Applied Microbiology, 29(3), 340 – 344.
- 73 Ozonetech [online]
<https://www.ozonetech.com> [20.03.2020].
- 74 Polydorou, O., Hahn, P., Ozontherapie – Möglichkeiten und Grenzen (2009), In: Zahnmedizin up2date, 3(3), 303 – 316.
- 75 RPM Medical & Kosmetik, OZON - Bedampfung in unserer Privatpraxis [online]
<https://www.med-pigmentierung.de/ozon-bedampfung.html> [20.03.2020].
- 76 Herpes – Ozon gegen die brennenden Bläschen, Kosmetik.org [online]
<https://www.kosmetik.org/herpes-ozon/> [20.03.2020].
- 77 Sauerstoff- und Ozontherapie, Zentrum für Alternativmedizin [online]
<http://zentrum-alternativmedizin.at/leistungsangebot/sauerstoff-und-ozontherapie/>
[20.03.2020].
- 78 Willeck, K., Ozontherapie (1999), In: Alternative Medizin im Test, Springer, 43 – 45.
- 79 Eisenmenger, W., Zur Ozontherapie (1986), In: Außenseitermethoden in der Medizin: Ursprünge, Gefahren, Konsequenzen, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 195 – 220.
- 80 Ozone Therapy (2005), health technology report, Head, Health Technology Assessment Unit, Medical Development Division, Ministry of Health Malaysia [online]
<http://www.moh.gov.my/moh/resources/auto%20download%20images/587f119c1d08d.pdf> [07.04.2020].
- 81 High-performance or low-performance?, Ozonetech [online]
https://www.ozonetech.com/sites/default/files/brochure_-_rena_air_vs_oxygen_v1.4_en-web.pdf [23.03.2020].
- 82 Vergl. Produkte bei Suche mit Stichwort "Ozongenerator", Amazon.de [online]
<https://www.amazon.de/s?k=ozongenerator> [20.03.2020].
- 83 Ionisationsgerät, Wikipedia [online]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Ionisationsger%C3%A4t> [20.03.2020].
- 84 Shiue, A., Hu, Sh.Ch., Tu, M.L., Particles Removal by Negative ionic Air Purifier in Clean-room (2011), In: Aerosol and Air Quality Research, 11, 179 – 186.
- 85 Zhao, X., Li, Y., Hua, T., Jiang, P., Yin, X., Yu, J., Ding, B., Low-resistance dual-purpose air filter releasing negative ions and effectively capturing PM2.5 (2017), ACS Applied Materials & Interfaces, 9, 12054 – 12063.
- 86 Feinstaub, Wikipedia [online]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Feinstaub> [22.03.2020].
- 87 How Does PM Affect Human Health?, United States Environmental Protection Agency EPA [online]
<https://www3.epa.gov/region1/airquality/pm-human-health.html> [20.03.2020].
- 88 Cassela, C., What Are Negative Ions And Why Are There So Many Studies on Their 'Health Benefits'? (2019), Science Alert [online]
-

- <https://www.sciencealert.com/why-are-there-hundreds-of-studies-on-the-health-benefits-of-negative-ions> [23.03.2020].
- 89 Sutto, H.C., Superoxide and ozone production by corona discharge (1984). Journal of the Chemical Society Faraday, 80, 2301 – 2311.
- 90 Ionisationsröhre, Wikipedia [online]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Ionisationsr%C3%B6hre> [27.04.2020].
- 91 Ionisierte Luft im Innenraum, Hochschule Luzern, Ausgabe 01/2013 [online]
<https://www.hslu.ch/-/media/campus/common/files/dokumente/ta/gebaeude-als-system/cctp/publikationen/ta-cctp-review-ionisierte-luft-innenraum.pdf> [27.04.2020].
- 92 Wu, C.C., Lee, G.W.M., Oxidation of Volatile Organic Compounds by Negative Air Ions (2008), Atmospheric Environment, 38, 6287 – 6295.
- 93 Ionisator, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Ionisator.html> [23.03.2020].
- 94 European Standard EN 1822-1:2009, High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA), 2009.
- 95 Glavas, S., Toby, S., Reaction between ozone and hydrogen sulphide (1975), In: Journal of Physical Chemistry, 79(8), 779 – 782.
- 96 Lenntech [online]
<https://www.lenntech.de/> [27.03.2020].
- 97 Oxytech [online]
<https://www.oxytec.com/> [27.03.2020].
- 98 Amato, G., Liccardi, G., D'Amato, M., Cazzola, M., The role of outdoor air pollution and climatic changes on the rising trends in respiratory allergy (2001), In: Respiratory Medicine, 95, 606 – 611.
- 99 Frank, U., Ernst, D., Effects of NO₂ and Ozone on Pollen Allergenicity (2016), In: Frontiers in Planet Science, 7.
- 100 James, T.C.L., Ozone air purifiers: Can they improve asthma symptoms? (2019), Mayo Clinic [online]
<https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/asthma/expert-answers/asthma/FAQ-20058187?p=1> [27.03.2020].
- 101 Zigarettengeruch aus dem Auto entfernen: Die besten Tipps, T-Online [online]
https://www.t-online.de/auto/id_49724066/zigarettengeruch-aus-dem-auto-entfernen-tipps.html [23.03.2020].
- 102 So können Sie Rauchgeruch entfernen, Ozongenerator.org [online]
<https://ozongenerator.org/rauchgeruch-entfernen> [23.03.2020].
- 103 Smoking Rooms, Ozonetech [online]
<https://www.ozonetech.com/air-treatment/smoking-rooms> [27.03.2020].
- 104 Jeder Geruch ist anders und – wenn er entfernt werden soll – dementsprechend auch anders zu behandeln (2018), Reinigung Aktuell [online]
<http://www.reinigung-aktuell.at/professionelle-geruchsbekaempfung> [27.03.2020].
- 105 Ventilation systems for commercial kitchens, Plasmaclean [online]
<https://plasma-clean.com/products/kitchen-and-food-odour-control> [07.04.2020].
- 106 Luftreinigung mit UV-C/Ozon, Oxytec [online]
<https://www.oxytec.com/luft-und-wasseraufbereitung/kuechenabluftreinigung/luftreinigung-mit-uv-ozon> [07.04.2020].

-
- ¹⁰⁷ Ozone Application Industrial Laundries, Lenntech [online]
<https://www.lenntech.de/bibliothek/ozon-in-industriellen-waschereien-ozone-application-industrial-laundries.htm> [27.03.2020].
- ¹⁰⁸ Ozonreinigung, Usen – die Putzerei [online]
<http://www.usen.at/ozonreinigung> [23.03.2020].
- ¹⁰⁹ Wirkung von Ozon, Oliver Lerch Textilreinigung [online]
<https://www.oliver-lerch.de/Wissenswertes/Wirkung-von-Ozon> [27.03.2020].
- ¹¹⁰ Waschmaschinen mit ActiveOxygen, Bosch [online]
<https://www.bosch-home.at/highlights/active-oxygen> [27.03.2020].
- ¹¹¹ ActiveOxygen, KLIQ.de [online]
<https://www.kliq.de/artikel/aktivsauerstoff.html> [27.03.2020].
- ¹¹² Indoor Air Quality: Biological Contaminants (1988), Weltgesundheitsorganisation WHO, WHO Regional Publications, European Series No. 31.
- ¹¹³ Molina, C., Pickering, A., Valbjorn, O., de Bortoli, M., Report No. 4, Sick Building Syndrome, A Practical Guide (1989), Commission of the European Communities.
- ¹¹⁴ Stolwijk, J.A., Sick-building syndrome (1991), In: Environmental Health Perspectives, 95, 99 – 100.
- ¹¹⁵ Indoor Air Facts No. 4, Sick Building Syndrome (1991), United States Environmental Protection Agency EPA.
https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sick_building_factsheet.pdf [10.04.2020].
- ¹¹⁶ Publications about Indoor Air Quality, United States Environmental Protection Agency EPA [online]
<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/publications-about-indoor-air-quality> [27.03.2020].
- ¹¹⁷ Klepeis, N., Nelson, W., Ott, W., Robinson, J., Tsang, A., Switzer, P., Behar, J., Hern, S., Engelmann, W., The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants (2001), Lawrence Berkeley National Laboratory.
- ¹¹⁸ Cincinelli, A., Martellini, T., Indoor Air Quality and Health (2017), In: International Journal Environmental Research and Public Health, 14(11).
- ¹¹⁹ Kumar, P., Skouloudis A., Bell, M., Viana, M., Carotta, M., Biskos, G., Morawska, L., Real-time sensors for indoor air monitoring and challenges ahead in deploying them to urban buildings (2016), In: Science of the Total Environment, 560 – 561.
- ¹²⁰ 1976 Philadelphia Legionnaires' disease outbreak, Wikipedia [online]
https://en.wikipedia.org/wiki/1976_Philadelphia_Legionnaires'_disease_outbreak [27.03.2020].
- ¹²¹ Air Conditioning, Ozonetech [online]
<https://www.ozonetech.com/air-treatment/other-applications/air-conditioning> [27.03.2020].
- ¹²² Chu, J., Wu, C., Chen, W., Ozone Technology and Application (2002). In: Chemical Industry Press.
- ¹²³ Jegadeeshwar, H., Shankar, S.V., Premkumar, J., Ranganathan, T.V., A Review on Utilization of Ozone in Food preservation (2017), National Conference on Emerging Technologies in Food Processing, India, 1.

-
- ¹²⁴ Food Storage, Ozone Solutions [online]
<https://www.ozonesolutions.com/knowledge-center/food-processing-and-storage.html>
[27.03.2020].
- ¹²⁵ Brodowska, A.J., Nowak, A., Śmigielski, K., Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview (2017), In: Journal for Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58(13), 2176 – 2201.
- ¹²⁶ Serra, R., Abrunhosa, L., Kozakiewicz, Z., Venâncio, A., Use of Ozone To Reduce Molds in a Cheese Ripening Room (2004), In: Journal of food protection, 66, 2355 – 2358.
- ¹²⁷ Yuceer, M., Aday, M., Caner, C., Ozone treatment of shell eggs to preserve functional quality and enhance shelf life during storage (2015), In: Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(8), 2755 – 63.
- ¹²⁸ Koidis, P., Bori, M., Vareltzis, K., Efficacy of ozone treatment to eliminate Salmonella enteritidis from eggshell surface (2000), In: Archiv für Lebensmittelhygiene, 51, 4 – 6.
- ¹²⁹ Pohlman, F., Ozone in Meat Processing (2012), In: Ozone in Food Processing, Wiley-Blackwell, 123 – 134.
- ¹³⁰ Greenhouses, ClearWater Tech [online]
<https://www.cwtozone.com/applications/greenhouses> [02.03.2020].
- ¹³¹ Effektive Wasserdesinfektion für maximale Wiederverwendung des Wassers, OzoneTech [online]
<https://www.ozonetech.com/de/industrien/gew%C3%A4chsh%C3%A4usern> [02.04.2020].
- ¹³² Ozone in greenhouses, Crystal Air [online]
<http://www.the-ozone-store.com/applications/greenhouses.htm> [02.04.2020].
- ¹³³ Ozone Application in Greenhouse for Killing Pests, Sihon Ozone [online]
<https://www.sihon-ozone.com/ozone-application-in-greenhouse-for-killing-pests>
[02.04.2020].
- ¹³⁴ Mitsugi, F., Ebihara, K., Horibe, N., Aoki, Sh., Kazuhiro, N., Practical Soil Treatment in a Greenhouse Using Surface Barrier Discharge Ozone Generator (2017), In: IEEE Transactions on Plasma Science, 45(12), 3082 – 3088.
- ¹³⁵ Ozone Generators and Cannabis: Everything You Need to Know, Royal Queen Seeds [online]
<https://www.royalqueenseeds.com/blog-ozone-generators-and-cannabis-everything-you-need-to-know-n1158> [02.04.2020].
- ¹³⁶ Moriske, H., Szewzky, R., Tappler, P., Valtanen, K., Leitfaden: Zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelfall in Gebäuden (2017), Umweltbundesamt Deutschland, Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes.
- ¹³⁷ Phaniendra, A., Jestadi, D.B., Periyasamy, L., Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases (2015), In: Indian Journal of Clinical Biochemistry, 30(1), 11 – 26.
- ¹³⁸ Balchum, O., O'Brien, J., Goldstein, B., Ozone and Unsaturated Fatty Acids (1970), In: Archives of Environmental Health: An International Journal, 22(1), 32 – 34.
- ¹³⁹ Cataldo, F., DNA degradation with ozone (2006), In: International Journal of Biological Macromolecules, 38(3-5), 248 – 254.
- ¹⁴⁰ Victorin, K., Review of the genotoxicity of ozone (1992), In: Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology, 277(3), 221 – 238.
- ¹⁴¹ Steinberg, J., Gleeson, G., The pathobiology of ozone-induced damage (1990), In: Archives of Environmental Health, 45(2), 80 – 87.
-

-
- ¹⁴² Dillon, D., Combes, R., McConville, M., Zeiger, E., Ozone is mutagenic in salmonella (1992), In: Environmental and Molecular Mutagenesis, 19(4), 331 – 7.
- ¹⁴³ Bianconi, E., Piovesan, A., Facchin, F., Beraudi, A., Casadei, R., Frabetti, F., Vitale, L., Pelleri, M.C., Tassani, S., Piva, F., Perez-Amodio, S., Strippoli, P., Canaider, S., An estimation of the number of cells in the human body (2013), In: Annuals of Human Biology, 60(6), 463 – 471.
- ¹⁴⁴ Körper in Zahlen, Medizin Kompakt [online]
<https://www.medicin-kompakt.de/zelle-in-zahlen> [07.04.2020].
- ¹⁴⁵ Liu, X.D., Yang, W.X., Guan, Zh.Zh., Yu, W.F., Fan, B., Xu, N.Zh., Liao, J., There are only four basic modes of cell death, although there are many ad-hoc variants adapted to different situations (2018), In: Cell & Bioscience, 8.
- ¹⁴⁶ Elias, P., Skin Barrier Function (2008), In: Current Allergy Asthma Reports, 8(4), 299 – 305.
- ¹⁴⁷ Elisa, P., Stratum Corneum Defensive Functions: An Integrated View (2008), In: Journal of General Internal Medicine, 20(5), 183 – 200.
- ¹⁴⁸ Oxidation, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Oxidation.html> [07.04.2020].
- ¹⁴⁹ Zellatmung, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Zellatmung.html> [27.04.2020].
- ¹⁵⁰ Rost, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Rost.html> [10.04.2020].
- ¹⁵¹ Was ist UV-Strahlung, Bundesamt für Strahlenschutz [online]
https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/einfuehrung/einfuehrung_node.html [27.04.2020].
- ¹⁵² Abou-Elela, S., El-Sayed, M., El-Gendy, Aboutaleb, E., Comparative Study of Disinfection of Secondary Treated Wastewater Using Chlorine, UV and Ozone (2012), In: Journal of Applied Sciences Research, 10.
- ¹⁵³ Ozone vs. Chlorine, Ozone Solutions [online]
<https://www.ozonesolutions.com/knowledge-center/ozone-vs-chlorine.html> [27.04.2020].
- ¹⁵⁴ Ozone disinfection Comparison of disinfectants, Lenntech [online]
<https://www.lenntech.com/library/ozone/comparison/ozone-disinfectants-comparison.htm> [27.04.2020].
- ¹⁵⁵ Wastewater Technology Fact Sheet, Ozone Disinfection, United State Environmental Protection Agency EPA [online]
<https://www3.epa.gov/npdes/pubs/ozon.pdf> [27.04.2020].
- ¹⁵⁶ Chlor, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Chlor.html> [27.04.2020].
- ¹⁵⁷ Konzentration, Wikipedia [online]
[https://de.wikipedia.org/wiki/Konzentration_\(Chemie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Konzentration_(Chemie)) [07.04.2020].
- ¹⁵⁸ Zucker – Die Dosis pro Tag macht den Unterschied, Coca-Cola Österreich [online]
<https://www.coca-cola-oesterreich.at/uber-uns/unser-weg/zucker-die-dosis-pro-tag-macht-den-unterschied> [07.04.2020].
- ¹⁵⁹ Parts per Million, Chemie.de [online]
https://www.chemie.de/lexikon/Parts_per_million.html [07.04.2020].
- ¹⁶⁰ Spangl, W., Nagl, Ch., Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2017 (2018), Umweltbundesamt Österreich.
- ¹⁶¹ Minkos, A., Dauert, U., Feigenspan, S., Kessinger, S., Nordmann, S., Himpl, T., Luftqualität 2017, Vorläufige Auswertung (2018), Umweltbundesamt Deutschland.
-

-
- ¹⁶² Beurteilung der Luftqualität in Deutschland: Ozonsituation Sommer 2017 (2017), Umweltbundesamt Deutschland.
- ¹⁶³ Online Portal & veröffentlichte Messwerte, Ozon-Belastung, Umweltbundesamt Deutschland [online]
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/ozon-belastung#textpart-3> [12.09.2019].
Datenabfrage: Trend der Ozon-Jahresmittelwerte, Datenquelle: Umweltbundesamt 2018.
- ¹⁶⁴ Fachausschuss-Informationsblatt Nr. 041, Ozonbelastungen bei schweißtechnischen Arbeiten (2009), Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Fachausschuss Metall- und Oberflächenbehandlung [online]
https://www.dguv.de/medien/fb-holzundmetall/publikationen-dokumente/infoblaetter/infobl_deutsch/041_ozon.pdf [11.03.2020].
- ¹⁶⁵ EN60335-2-65 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zweck - Teil 2-65: Besondere Anforderungen für Luftreinigungsgeräte (deutsche Fassung) (2013), European Committee for Standardization.
- ¹⁶⁶ EU-Richtlinie 2008/50/EG (2008), Parlament und Rat der Europäischen Union [online]
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050> [11.03.2020].
- ¹⁶⁷ Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39 [07.04.2020].
- ¹⁶⁸ Bundesgesetz über Maßnahmen zur Abwehr der Ozonbelastung und die Information der Bevölkerung über hohe Ozonbelastungen, mit dem das Smogalarmgesetz, [BGBl. Nr. 38/1989](#), geändert wird (Ozongesetz)
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010692> [07.04.2020].
- ¹⁶⁹ Luftreinhalteverordnung LRV (1985, Stand 2019), Der Schweizerische Bundesrat [online]
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19850321/index.html> [11.03.2020].
- ¹⁷⁰ National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for Ozone (2015), United States Environmental Protection Agency EPA
<https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/2015-national-ambient-air-quality-standards-naaqs-ozone> [11.03.2020].
- ¹⁷¹ Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide (2005), Weltgesundheitsorganisation WHO
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477> [11.03.2020].
- ¹⁷² List of MAK and BAT Values, Ozone (1995), Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9783527695539.oth1> [11.03.2020].
- ¹⁷³ Änderung der Grenzwertverordnung 2011, BGBl II 2018 Nr. 254 (2011), Bundesgesetzblatt der Republik Österreichischen
<https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2018/254> [11.03.2020].
- ¹⁷⁴ VCÖ, Was sind Stickoxide und wie schädlich sind sie? [online]
<https://www.vcoe.at/service/fragen-und-antworten/was-sind-stickoxide-und-wie-schaedlich-sind-sie> [23.02.2020].
- ¹⁷⁵ Der Abgasskandal - ein Debakel für die gesamte Autoindustrie (2016), Süddeutsche Zeitung [online]
<https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/abgasaffaere-die-abgasaffaere-ein-debakel-fuer-die-gesamte-autoindustrie-1.2961703> [11.03.2020].
- ¹⁷⁶ Bundesgesetz über Maßnahmen zur Abwehr der Ozonbelastung und die Information der Bevölkerung über hohe Ozonbelastungen, mit dem das Smogalarmgesetz, BGBl. Nr.
-

- 38/1989, geändert wird (Ozongesetz)
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010692> [07.04.2020].
- ¹⁷⁷ Salzburgs Luft, Gesetzliche Vorgaben, Referat Immissionsschutz, Amt der Salzburger Landesregierung [online]
<https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/luft> [07.04.2020].
- ¹⁷⁸ Halbwertszeit, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Halbwertszeit.html> [27.04.2020].
- ¹⁷⁹ Hoigené, J., The Chemistry of Ozone in Water (1988), In: Process Technologies for Water Treatment, 121 – 141.
- ¹⁸⁰ Brunauer, R., Interne Studie: Realistische Halbwertszeiten (2020), OZONOS.
- ¹⁸¹ Brunauer, R., Interne Studie: Modellierung der Ozonkonzentration (2020), OZONOS.
- ¹⁸² Luftdichte, Chemie.de [online]
<https://www.chemie.de/lexikon/Luftdichte.html> [07.03.2020].
- ¹⁸³ Ozonrissbildung, Wikipedia [online]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Ozonrissbildung> [07.04.2020].
- ¹⁸⁴ Saubere Raumluf, KKA Kälte Klima Aktuell [online]
https://www.kka-online.info/artikel/kka_Saubere_Raumluf_3177205.html [07.04.2020].