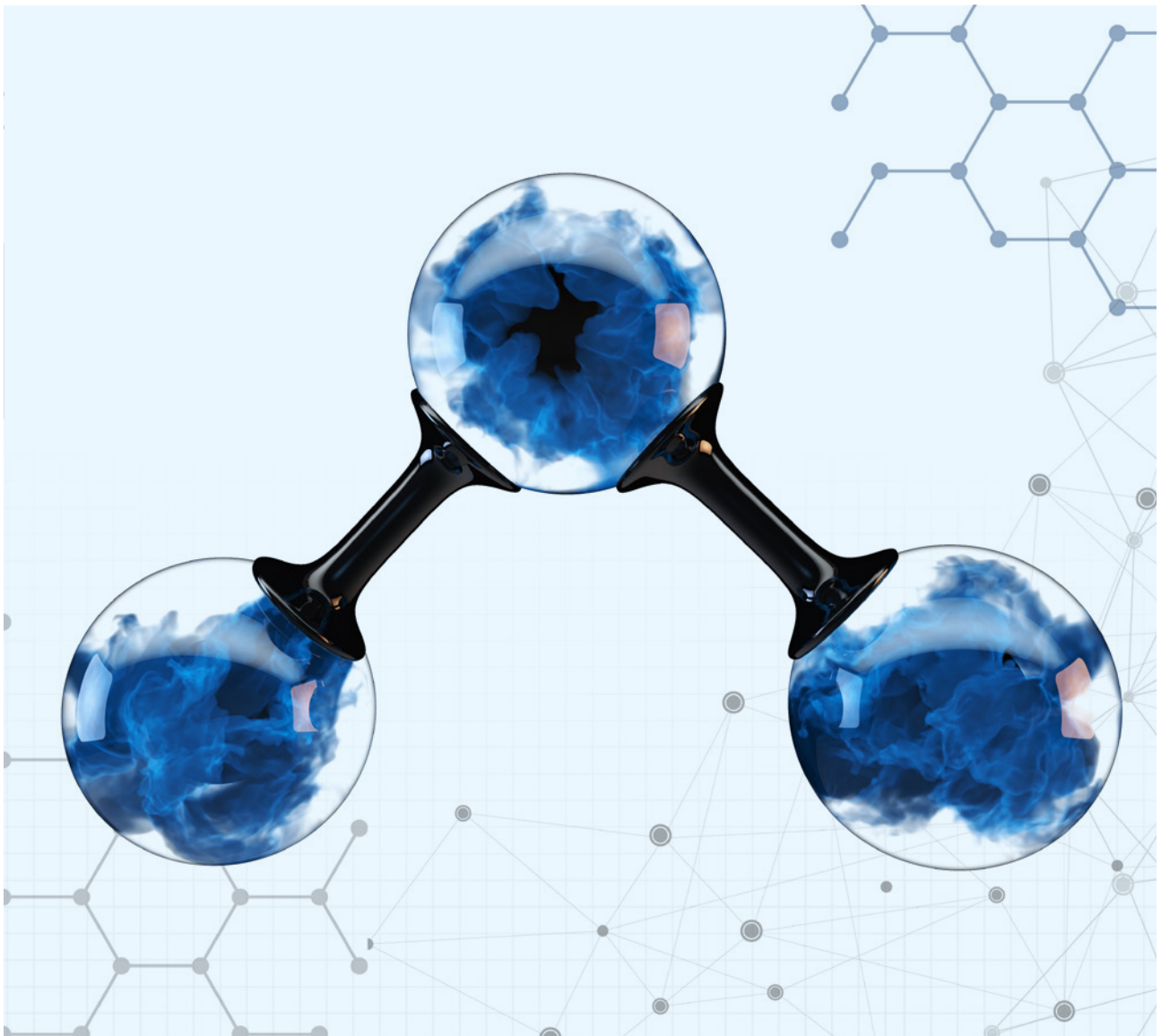


## Ozon ist Chemie

Bewertung der Wirkstoffkomponente in der Reinigung



---

# 1. Hintergrund

Es gibt Technologien, die ozonisiertes Wasser zur Reinigung und Desinfektion von Geschirr, Textilien und Oberflächen nutzen. Manche Anbieter dieser Technologien bewerben die Verwendung von Leitungswasser und eine „natürliche und chemikalienfreie“ Reinigung und Desinfektion durch vor Ort generiertes Ozon.

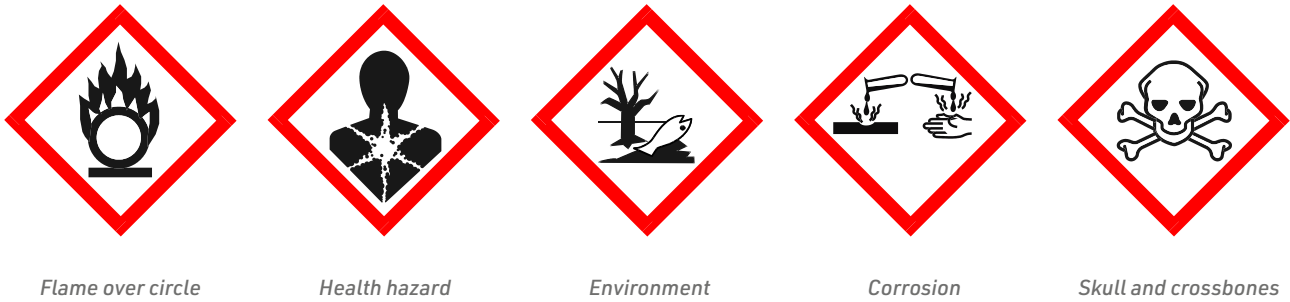
Zu beachten ist, dass Ozon eine Chemikalie mit deutlichem Gefahrenpotenzial ist. Bodennahes Ozon kann laut Umweltbundesamt zu Schäden bei Menschen, allen Ökosystemen und auch Nutzpflanzen führen. (1) Daher ist für eine sichere Verwendung ein Fokus auf die Arbeitssicherheit zu legen.

## 2. Ozon-Technologie und Wissenswertes

Ozon ist ein anorganisches Molekül mit der chemischen Formel  $O_3$ . Bei der Herstellung von  $O_3$  wird zumeist Luftsauerstoff verwendet, der in einer elektrischen Entladung oder unter UV-Strahlung zu Ozon reagiert. Es handelt sich um ein reaktives Gas. In Luft sind weitere Bestandteile (z.B. Stickstoff, VOCs) enthalten, die mit Ozon zu Stickoxiden und VOCs oxidiert werden können. Diese Reaktionsprodukte können ebenfalls ein schädliches Potenzial haben.

Das farblose Gas Ozon ist ein hochinstabiles chemisches Oxidationsmittel. Die Ozondesinfektion von Wasser ist seit 1982 von der US-Umweltschutzbehörde (EPA) zugelassen, und die Wasserdessinfektion ist nach wie vor die häufigste Anwendung für Ozon. Seit dem 01.07.2024 ist Ozon im Rahmen der Biozidprodukteverordnung (EU) 528/2012 für die Produktarten (PT) 2, 4, 5 und 11 (Oberflächendesinfektion, Lebens- und Futtermittelbereich, Trinkwasser und Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- und Verfahrenssystemen) ein in der EU genehmigter Biozidwirkstoff. (2)

Abbildung 1: Piktogramme zur Kennzeichnung von Ozon gemäß Europäischer Chemikalienagentur



## 2.1 Einstufung und Kennzeichnung

Wie alle Chemikalien, die auf dem Markt bereitgestellt werden, müssen die Hersteller alle verfügbaren Informationen zu mit der Chemikalie verbundenen Gefahren bewerten und darauf aufbauend eine Einstufung vornehmen. Die Einstufung der Hersteller (REACHRegistranden) ist in Tabelle 1 wiedergegeben und die zu verwendenden Piktogramme in Abbildung 1.

Darüber hinaus kann für Chemikalien eine sogenannte „harmonisierte Einstufung“ europaweit festgelegt werden. Das ist für Ozon bisher nicht erfolgt. Hervorzuheben ist die Einstufung „spezifische Zielorgantoxizität Kategorie 1 bei wiederholtem Kontakt“ (STOT RE 1). Eine Abgabe von Chemikalien mit dieser Einstufung ist gemäß Chemikalienverbotsverordnung an den Privatverbraucher nicht erlaubt.

Mit dieser Einstufung ist Ozon eine durchaus ernstzunehmende Chemikalie.

Tabelle 1: Einstufung gemäß ECHA (10)

Ox. Gas 1	H270
Skin Corr. 1B	H314
Eye Dam. 1	H318
Akuttoxisch 1	H330
STOT RE 1	H372
Aquatic Acute	H400
Aquatic Chronic	H410

## 2.2 Bekannte Anwendungsgebiete

- + Wasserbehandlung
  - Einsatz in Schwimmbädern
  - bei der Reinigung von Trinkwasser (seit 1987)
  - industrielle Anwendungen wie die Rückgewinnung von Abwasser
- + Luftreinigung
  - bei der Luftfiltration
- + Geruchseliminierung
  - Brandschadensanierung
  - Tatortreinigung
  - geschlossene Räume

- 
- + Textilreinigung
  - + Geschirreinigung
  - + Gebäudereinigung
  - + Medizintechnik
    - Sterilisation von Behältern für aseptische Verpackungen
  - + Lebensmittelverarbeitung
    - Dekontamination von Frischwaren
    - Konservierung von Lebensmitteln in Kühllagern

## 2.3 Eigenschaften von Ozon-Lösungen

### 2.3.1 Herstellung von ozonisiertem Wasser

Ozon-Gas wird in Wasser eingebracht. Die Löslichkeit von Ozon in Wasser kann durch verschiedene Variablen wie Bewegung, Druck, Wassertemperatur und Wasserqualität beeinflusst werden. Bei 0 °C und Atmosphärendruck sind 49,4 ml O<sub>3</sub> / 100 ml Wasser löslich. Damit ist die Löslichkeit von Ozon in Wasser als gering anzusehen. Bewegungen führen zu ortsgebundenen Schwankungen in der Ozon-Konzentration. Je höher der Umgebungsdruck, desto höher ist die Löslichkeit von Ozon. Sinkt der Umgebungsdruck, wird gelöstes Ozon freigesetzt.

### 2.3.2 Stabilität

Ozon kann Metalle korrodieren, wobei Metalloxide entstehen. Diese Metalloxide sowie im Trinkwasser gelöste Metallionen (unter anderem kommen Eisen, Kupfer und Mangan dort häufig vor) katalysieren die Zersetzung von in Wasser gelöstem Ozon, wodurch dieses Ozon nicht mehr für die Desinfektion und Reinigung zur Verfügung steht. In Lösung befindliches Ozon kann auch durch den Kontakt mit organischen Verunreinigungen abgebaut werden.

### 2.3.3 Materialverträglichkeit

Ozon kann Kunststoffe (Dichtungen, Maschinenbauteile, Laufräder, Leitungen) angreifen und verspröden lassen. Schon bei geringen Ozon-Konzentrationen kann eine Rissbildung in verschiedenen Elastomeren und Kautschuken auftreten. (3) Daher sollte vor Inbetriebnahme eines Ozongenerators vom Hersteller des Geräts (Waschmaschine, Geschirrspülmaschine) eine Bestätigung vorliegen, dass die verwendeten Materialien gegenüber Ozon beständig sind.

---

## 3. Arbeitssicherheit

Betreiber von Ozongeneratoren haben nach Arbeitsschutzgesetz eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Dazu gehören Substitutionsprüfungen und Sicherheitsvorkehrungen. Beim Betreiben eines Ozongenerators mit einer Leistung von mehr als 2 g/h sollte die DGUV-Regel 103-015 berücksichtigt werden. Hierbei soll neben Sicherheitsvorkehrungen ein Ozon-Managementsystem verwendet werden, um den Schutz der Mitarbeitenden und der Umwelt zu gewährleisten.

### 3.1 Grenzwerte

Gasförmiges Ozon kann zur Inhalationsgefahr werden, wenn die Ozon-Konzentration und die Expositionszeit Grenzwerte überschreiten (siehe Tabelle 2). Für Ozon liegt in Deutschland kein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) und keine Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) vor, wohl aber laut MAK-Liste 2023 (4) eine Einstufung von Ozon als krebs-erzeugend (kanzerogen Kat. 3). Da in Deutschland kein MAK-Wert für Ozon definiert ist, kann für eine Gefährdungsbeurteilung z.B. der französische Arbeitsplatzgrenzwert als Acht-Stunden-Mittelwert (TWA) von 0,1 ml/m<sup>3</sup> herangezogen werden (5).

Tabelle 2: Bestehende Arbeitsplatzgrenzwerte für ausgewählte Gase in der Luft

DNEL <sup>1</sup>	0,024 mg/m <sup>3</sup>
Geruchsschwelle	0,02 ml/m <sup>3</sup>
TWA Ozon (Frankreich)	0,1 ml/m <sup>3</sup>
TWA Chlor (Deutschland) (6)	0,5 ml/m <sup>3</sup>
TWA CO <sub>2</sub> (Deutschland)	5000 ml/m <sup>3</sup>

AGWs für die Gase Chlor (0,5 ml/m<sup>3</sup>) und Kohlendioxid (5000 ml/m<sup>3</sup>) sind größer als für Ozon (s. Tabelle 2). Die Unterschiede in den AGWs deuten auf die Gefährdungen hin, die bei Inhalation von Ozon auftreten können. Daher ist in der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob lufttechnische Anlagen einzusetzen sind, um zu verhindern, dass der französische TWA von 0,1 ml/m<sup>3</sup> überschritten wird.

Ab 180 µg/m<sup>3</sup> Konzentration in der Luft wird die Bevölkerung vor hohen Konzentrationen gewarnt, da es zu Augenreizungen, Husten, Niesreiz, Kopfschmerz, Schwindel und Übelkeit führen kann. Laut UBA (1) können alle diese Effekte bei körperlicher Arbeit verstärkt werden.

---

<sup>1</sup> Derived no-effect level.

---

Ab 1 ml/m<sup>3</sup> können Brustschmerzen, Husten, Kurzatmigkeit und Rachenreizungen entstehen (7). Ab 10 ml/m<sup>3</sup> kann eine Inhalation zu Lungeneinblutungen und Bewusstlosigkeit führen (7). Über 5000 ml/m<sup>3</sup> führt eine Inhalation innerhalb weniger Minuten zum Tode (7).

Betreiber von Ozon-Generatoren haben nach Arbeitsschutzgesetz eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Um die Einhaltung der Grenzwerte zu prüfen, kann die Messung der Ozon-Konzentration in der Luft sinnvoll sein. Auch wenn ein Gerät (Geschirreiniger oder Waschmaschine) im geschlossenen Zustand betrieben wird, muss es zum Entleeren geöffnet werden. Hierbei kann vorhandenes Ozon in die Raumluft entweichen. Bei der Anwendung von im Wasser gelösten Ozon für die Flächenreinigung oder Desinfektion kann es beim Abfüllen und Auftragen der Flüssigkeit aufgrund von Druckschwankungen zur unbeabsichtigten Freisetzung / Ausgasung von Ozon kommen.

Dazu steht in der DGUV-Information 103-015: *„Räume, in denen Ozonanlagen aufgestellt sind, müssen mit technischer Entlüftung ausgerüstet sein. Es muss eine saugende Lüftung vorhanden sein, deren Ansaugöffnung unmittelbar über dem Fußboden liegt und die bei Ansprechen des Gaswarngerätes selbsttätig einschaltet; ein mindestens dreifacher Luftwechsel pro Stunde muss sichergestellt sein. [...] ozonhaltiges Abgas muss über eine wirksame Restozon-Entfernungsanlage ins Freie geleitet werden.“* (7)

## 4. Desinfektions-, Wasch- und Reinigungsleistung

Bei der Umsetzung eines neuen Desinfektions-, Wasch- oder Reinigungsprozesses sollte vor Inbetriebnahme ein Nachweis erfolgen, dass die Desinfektions-, Wasch- bzw. Reinigungsleistung den Qualitätsanforderungen genügt. Diese werden durch Fachgesellschaften und Verbände (z.B. Hohenstein, TÜV, wfk, FIGR, AK GGS, FH Albstadt-Sigmaringen) definiert. Hierbei werden haftende Verschmutzungen (Fette, Öle, Eiweiß, Pigmentverschmutzungen) adressiert. Die Reinigungs- bzw. Wascheleistungen werden im Vergleich zu standardisierten Reinigungs- und Waschmitteln getestet. Bei Textilien, Bedarfsgegenständen und Oberflächen werden hierfür unterschiedliche Anforderungen gestellt. Die jeweiligen Normen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Normen zur Überprüfung der Wirksamkeit für Biozidprodukte

Flächendesinfektion mit Mechanik (Gerät)	DIN EN 16615, EN 13727, EN 1276 /EN 13624
Flächendesinfektion ohne Mechanik (Spray-Anwendung)	EN 1276, EN 13727/EN 1650, EN 17387 EN 13624 / DIN EN 13697, DIN EN 16777 DIN EN 14476, DIN EN 17111
Desinfektion von Bedarfsgegenständen (z.B. Geschirr)	DIN EN 1276, DIN EN 1650, DIN EN 13697, DIN EN 17735
Wäschedesinfektion	EN 13727, EN 13624, DIN EN 16616 (DIN EN 14476, Viruzidie)

## 4.1 Untersuchung der Desinfektionsleistung bei der Aufbereitung von Wäsche

Ermittelt wurde die logarithmische Reduktion der Keimzahlen (logR) in Anlehnung an IEC 63429 und DIN EN 16616 von Bakterien (Prüfkeim *S. arlettae* ATCC 43957) und Hefepilzen (Prüfkeim *S. cerevisiae* ATCC 9763) (8). Für den Nachweis einer Desinfektion nach EN 16616 müssen die Reduktionen bei Bakterien >7 logR und bei Hefepilzen >6 logR betragen, um eine ausreichende Desinfektionsleistung vorzuweisen.

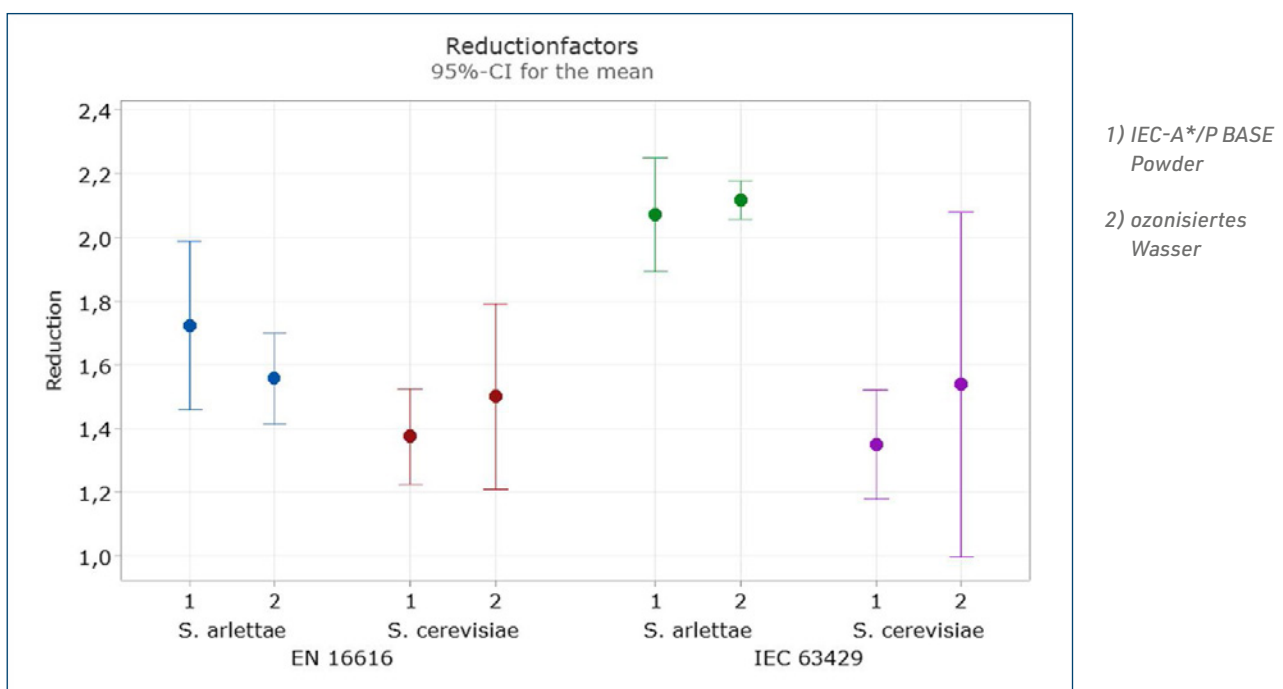


Abbildung 2: Vergleich der Desinfektionsleistung (Reduktionsfaktor logR) nach IEC 63429 und EN 16616 von 1) IEC-A\*/P BASE Powder 28 g/5 kg Trockenwäsche zu 2) ozonisiertem Wasser 0,8 mg/l. Folgende Parameter wurden verwendet: Temperatur 20 °C, Flotte 1:4, 20 Minuten Haltezeit. (8). Die Desinfektionsleistung von ozonisiertem Wasser und der Reinigungslösung zeigen keinen signifikanten Unterschied. Die Wirksamkeit liegt unter den in der Norm geforderten Werten.

---

### 4.1.1 Versuchsaufbau

Bei 20 °C wurde in Anlehnung an EN 16616 und IEC 63429 in einer Waschmaschine nach EN 60456 die Desinfektionsleistung von ozonisiertem Wasser (0,8 mg/l) im Vergleich zu Wasser mit einem bleichmittelfreien Waschpulver (IEC-A\*/P BASE) untersucht.

### 4.1.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt. Ozonisiertes Wasser zeigte eine Keimreduktion um 1 bis 2 log-Stufen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen Wasser mit Ozon und Wasser mit bleichmittelfreiem Waschpulver IEC-A\*/P BASE bezüglich der Desinfektionsleistung festgestellt.

### 4.1.3 Schlussfolgerung

Beim alleinigen Einsatz von ozonisiertem Wasser wurde in dieser Untersuchung die in der Norm EN 16616 geforderte Desinfektionsleistung nicht erreicht. Betreibern von Anlagen wird empfohlen zu prüfen, ob die Desinfektionsleistung nach den europäischen Normen (entsprechend der DIN EN 14885 Phase 2 Stufe 2) validiert wurde.

## 4.2 Untersuchung der Reinigungsleistung

### 4.2.1 Entfernung von haftenden Verschmutzungen in der Aufbereitung von Wäsche

#### 4.2.1.1 Versuchsaufbau

Untersucht wurde die Reinigungsleistung bei haftenden, bleichbaren dunklen Verschmutzungen (Rotwein, Kakao, Blut, Hautfett und Ruß) in Anlehnung an IEC 60456. (8) Bei 20 °C, einer Haltezeit von 20 min, einer Wasserhärte von 2,5 mmol/l und einem Flottenverhältnis 1:4 Wasser wurden Wasser mit Ozon (0,8 mg/l) sowie unterschiedliche Waschmittel mit und ohne Ozon-Zusatz hinsichtlich ihrer Reinigungsleistung untersucht. Vor und nach der Behandlung wurden die einzelnen Farbwerte des Restschmutzes gemessen und der Mittelwert (Reflectance) bestimmt (vgl. Abbildung 3).<sup>2</sup> Je höher die Reflectance ist, desto weniger Restschmutz ist auf den Textilien verblieben.

#### 4.2.1.2 Ergebnisse

Ungewaschen beträgt die Reflectance 34,9. Wasser (42,5) und Wasser mit Ozon-Zusatz (41,5) weisen eine vergleichbare Reflectance auf. Bei Zugabe von Waschmitteln ohne Ozon liegt die Reflectance zwischen 45,5 und 48,0. Bei 3 Waschmitteln erfolgt bei Zugabe von Ozon eine geringfügige Erhöhung der Reflectance, in einem Fall eine Abnahme.

---

<sup>2</sup> Die Farbwerte werden bestimmt durch Messung des vom untersuchten Textil reflektierten Lichts. Je geringer der Farbwert ist, desto höher sind die Verschmutzungen.



### 4.2.1.3 Schlussfolgerung

Für fetthaltige, stärkehaltige und proteinhaltige Anschmutzungen konnte kein Unterschied in der Reinigungsleistung von ozonisiertem Wasser und Wasser festgestellt werden. Die Textilien wurden durch Nutzung von ozonisiertem Wasser nicht ausreichend von Schmutz befreit. Bei der gleichzeitigen Verwendung von Ozon in Kombination mit Waschmitteln konnte in dieser Untersuchung kein eindeutiger Effekt nachgewiesen werden.

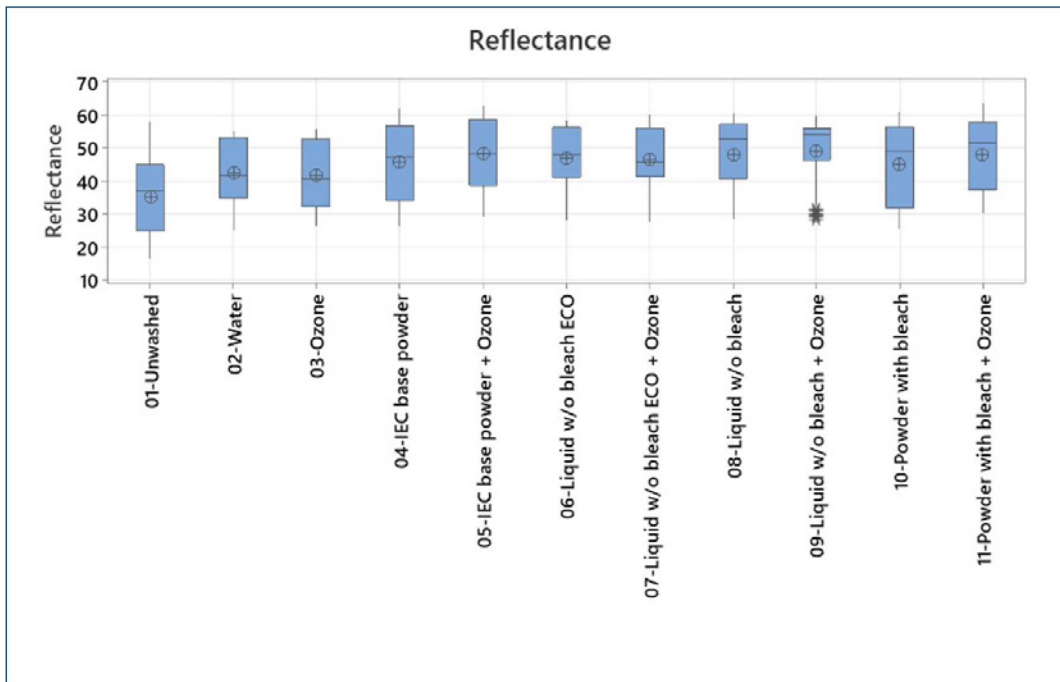


Abbildung 3: Vergleich der Reinigungsleistung nach IEC 60456 in einem Waschprogramm mit einer Temperatur 20 °C, Flotte 1:4, 20 Minuten Haltezeit. Verwendung von ozonisiertem Wasser (0,8 mg/l) als Einzelsubstanz wie auch in Kombination mit marktüblichen Waschmitteln als Flüssig- oder Pulverkonzentrat (Dosierung für normal verschmutzte Wäsche und 15 °dH). Schmutzballast 3 Sheet SBL2004/5 kg Trockenwäsche. (8)

## 4.2.2 Entfernung von bleichbaren Verschmutzungen in der Aufbereitung von Wäsche

### 4.2.2.1 Versuchsaufbau

Untersucht wurde die Reinigungsleistung mit bleichbaren Verschmutzungen (gealterter Rotwein) in Anlehnung an IEC 60456 (8). Bei 20 °C, einer Haltezeit von 20 min und einer Wasserhärte von 2,5 mmol/l, Flottenverhältnis 1:4 wurden Wasser, Wasser mit Ozon (0,8 mg/l) sowie unterschiedliche Waschmittel mit und ohne Ozon-Zusatz untersucht (vgl. Abbildung 4).

#### 4.2.2.2 Ergebnisse

Ungewaschen beträgt die Reflectance 44,5. Wasser (53,1) und Wasser mit Ozon-Zusatz (52,3) weisen eine vergleichbare Reflectance auf. Bei Zugabe von Waschmitteln ohne Ozon liegt die Reflectance zwischen 55,9 und 58,2.

#### 4.2.2.3 Schlussfolgerung

Bei 2 Waschmitteln erfolgt eine Erhöhung der Reflectance durch Zusatz von Ozon, in einem Fall ist die Wirkung vergleichbar mit dem Waschmittel allein, in einem Fall ist die Reflectance geringer.

Bei bleichbaren Verschmutzungen wird kein Unterschied hinsichtlich der Reinigungsleistung von Ozon im Vergleich zu Wasser gemessen. Ozonisiertes Wasser zeigt eine geringere Bleichwirkung bei Rotweinflecken als Wasser. Bei der Zugabe von Ozon in Kombination mit Waschmitteln zeigen sich abweichende Effekte.

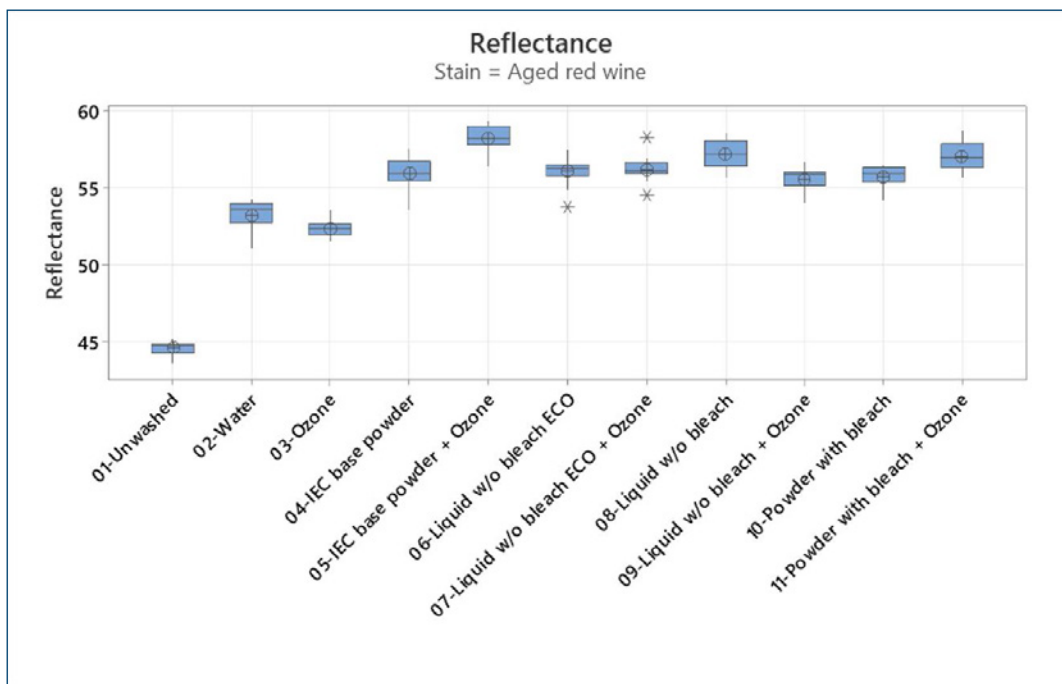


Abbildung 4: Vergleich der Bleichleistung nach IEC 60456 (gealterter Rotwein, Aged Red Wine) in einem Waschprogramm mit einer Temperatur 20 °C, Flotte 1:4, 20 Minuten Haltezeit. Verwendung von ozonisiertem Wasser (0,8 mg/l) als Einzelsubstanz wie auch in Kombination mit marktüblichen Waschmitteln als Flüssig- oder Pulverkonzentrat (Dosierung für normal verschmutzte Wäsche und 15 °dH). Schmutzballast 3 Sheet SBL2004/5 kg Trockenwäsche. (8)

---

## 4.3 Auswirkungen der Untersuchungen auf Geschirrspülprozesse und Oberflächenreinigung

In den bis hierhin betrachteten Waschprozessen handelt es sich, ebenso wie beim Geschirrspülen, vorwiegend um Prozesse in einer weitestgehend geschlossenen Maschine. Gleichzeitig ist im Vergleich zum Geschirrspülen mit einer geringeren organischen Schmutzfracht zu rechnen. Daher ist im Vergleich dazu in der Geschirrspülmaschine oder bei der Oberflächenreinigung eine höhere Abbaurate zu erwarten und folglich ein geringerer Eintrag in die Umgebungsluft. Unter dieser Annahme ist mit einer geringeren Wirksamkeit in der Geschirrspülmaschine oder bei der Oberflächenreinigung zu rechnen.

Der Betreiber einer Geschirrspülmaschine hat nach einer Veränderung eines Verfahrensparameters, hier des Behandlungsmittels, die Pflicht, eine Hygieneüberprüfung gem. DIN 17735 vorzunehmen. Die Ozon-Konzentrationen sind regelmäßig zu überprüfen und zu dokumentieren. Die DIN 17735 legt Anforderungen zum Erreichen eines angemessenen hygienischen Zustands des in Spülmaschinen behandelten Spülgutes fest. Sie enthält auch einen Leitfaden für den hygienischen und ordnungsgemäßen Betrieb sowie für Pflege und Wartung von Spülmaschinen.

## 4.4 Ergebnis

Die Ozon-Technologie ist bei Anwendungen wie Wasseraufbereitung im Schwimmbad oder Brandschadensanierung eine etablierte Methode. Hier hat sie Vorteile gegenüber anderen Technologien.

Bei der Überprüfung der Textilreinigungsleistung (speziell bei fetthaltigem Schmutz) konnte kein Unterschied gegenüber unbehandeltem Wasser festgestellt werden. Auch ist die Textilreinigungsleistung deutlich schlechter als bei klassischen Waschmitteln. Klassische Reiniger sind insbesondere in Bezug auf die Reinigungswirksamkeit, Komplexbildung und Arbeitsschutz vorteilhaft.

Bei klassischen Reinigern im Vergleich zu ozonisiertem Wasser ist bei der Nutzung in Geschirrspülern oder Waschmaschinen die Materialverträglichkeit höher. Analog zur Anwendung in der Wäscherei ist bei der Anwendung von Ozon in der Gebäudereinigung sowie beim Geschirrspülen kein Vorteil im Vergleich zum Einsatz von klassischen Reinigungsmitteln zu erwarten.

---

## 5. Empfehlungen

Folgende Punkte müssen bei der Anwendung von ozonisiertem Wasser überprüft werden:

- + Korrekte Anwendung sicherstellen.
- + Prüfung der Reinigungsleistung von ozonisiertem Wasser im Vergleich zu bestehenden Reinigungsprozessen und ggf. reinem Wasser.
- + Validierung der Desinfektionsleistung in der Einsatzumgebung gemäß gültiger Normen, insbesondere mit den verwendeten Desinfektionsprodukten.
- + Es muss in der Gefährdungsbeurteilung geprüft werden, ob
  - geeignete (quantitative) Messtechniken verwendet werden sollten, um das Vorhandensein von Ozon in der Lösung zu bestätigen und das Auftreten von Ozon in der Umgebungsluft nachzuweisen und zu minimieren.
  - technische Maßnahmen wie raumluftechnische Anlagen zum Einsatz kommen sollten.
  - PSA (Handschuhe, Masken) zum Einsatz kommen sollten.
  - für die Arbeitsstätte die Einhaltung der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen zu prüfen ist.
- + Die Zuverlässigkeit der Ozon-Generatoren und der Warnsysteme muss sichergestellt werden sowie ein Notfallplan für Systemausfälle erstellt werden.
- + Die Langzeitverträglichkeit von ozonisiertem Wasser auf den eingesetzten Oberflächen und Geräten muss geprüft werden.
- + Durchführung einer Bilanzierung von tatsächlichen Einsparungen (Kosten, Reinigungschemie) bei Ozon-Einsatz.

---

# Literaturverzeichnis

**1. Umweltbundesamt.** Ozon. [Online] 09.12.2022

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/ozon>.

**2. ECHA.** Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1078 of 2 June 2023

02.06.2023. Approving ozone generated from oxygen as an active substance for use in biocidal products of product-types 2, 4, 5 and 11 in accordance with Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the council.

**3. Schutz von dienhaltigen Elastomeren gegen Ozonrisse. Trimbach, Jürgen.** Heft 1,

Ratingen : Dr. Gupta Verlag, 2015, GAK Gummi Fasern Kunststoffe, Bd. 68. Jg., S. 30.

**4. Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe.**

MAK- und BAT-Werte-Liste 2023. Bonn : DFG, 2023.

**5. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.**

GESTIS - International Limit values. [Online] [Zitat vom: 27.05.2024]

<https://ilv.ifa.dguv.de/limitvalues/10194>.

**6. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.**

GESTIS – International Limit values. Substanzliste. Chlor. [Online] [Zitat vom: 27.05.2024]

<https://ilv.ifa.dguv.de/limitvalues/11201>.

**7. DGUV. DGUV-Information 103-015. 2005.**

**8. Eilts, Benjamin, Hochschule Albstadt-Sigmaringen.**

Studie zu Ozon in der gewerblichen Wäschepflege. 2024.

**9. Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe.**

MAK- und BAT-Werte-Liste 2023. Bonn: DFG, 2023.

[https://www.doi.org/10.34865/mbwl\\_2023\\_deu](https://www.doi.org/10.34865/mbwl_2023_deu).

**10. Europäische Chemikalienagentur.** Summary of Classification and Labelling Ozone.

[Online] [Zitat vom: 31.10.2024.] <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/clinventory-database/-/discli/details/132693>.

---

# Herausgeber



Industrieverband Hygiene und Oberflächenschutz  
für industrielle und institutionelle Anwendung e. V.

Mainzer Landstr. 55  
60329 Frankfurt am Main  
t +49 69 2556 1247  
f +49 69 2556 1254

iho@iho.de  
www.iho.de



IHO\_Hygiene



[www.linkedin.com/company/  
iho-hygiene](https://www.linkedin.com/company/iho-hygiene)



Dieses Dokument wurde von Mitgliedern des Industrieverbands Hygiene und Oberflächenschutz (IHO) für die professionelle Reinigung erstellt und dient der Übersicht über Reinigungsverfahren in gewerblichen Anwendungen unter Einsatz von ozonisiertem Wasser.

Der Text ist nach bestem Wissen und Stand der Technik erstellt worden. Eine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit oder Vollständigkeit der Informationen wird nicht übernommen. Der IHO oder die Autoren haften nicht für Schäden, durch die Nutzung der zur Verfügung gestellten Informationen. Dies gilt nicht für Schäden an Körper, Gesundheit und Leben oder Schäden, die vom IHO, den Autoren oder deren Erfüllungsgehilfen vorsätzlich oder grob fahrlässig verursacht wurden.