

Aspects de sécurité relatifs à la manipulation d’ozone dans les stations d’épuration

La présente fiche d’information contient un résumé des principaux aspects de sécurité relatifs à la manipulation d’ozone dans les stations d’épuration. La fiche d’information est divisée de la manière suivante: (i) Généralités, (ii) Planification et construction d’installations d’ozone, (iii) Fonctionnement normal des installations d’ozone, et (iv) Fonctionnement anormal des installations d’ozone. Les informations mentionnées dans ce document ne prétendent pas être exhaustives.

Les principaux interlocuteurs sont l’Inspection cantonale du travail (les différents services cantonaux sont répertoriés sur le site www.arbeitsinspektorat.ch), les experts en protection incendie compétents (voir www.vkf.ch) et la SUVA (www.suva.ch).

- Rédaction** P. Wunderlin (VSA)
- Elaboré par** J. Margot (RWB SA), D. Urfer (RWB SA) sous mandat du VSA
- Suivi technique** Ch. Abegglen (VSA), D. Pfund (ERZ Zurich), D. Rensch (AWEL), M. Schachtler (STEP de Neugut), A. Schaffner (Holinger AG)

Aspects généraux

Paramètres	Commentaires/Recommandations/Références
<p>Exemple d’un schéma général d’une installation d’ozone:</p> <p>Source: Abegglen et Siegrist (2012)</p>	
<p>Ozone - Caractéristiques générales</p>	<p>L’ozone (O₃) est un gaz irritant à fort pouvoir oxydant. Etant plus lourd que l’air, il se concentre près du sol à l’intérieur des</p>

	<p>bâtiments.</p> <p>L’ozone doit être produit in situ. En règle générale, le gaz de départ utilisé est de l’oxygène liquide (point de rosée [atmosphérique] < -70°C) (remarque: les valeurs de point de rosée [atmosphérique] > -70°C ne se prêtent pas à la production d’ozone et génèrent à moyen et long terme l’encrassement des générateurs d’ozone (formation de précipités, p. ex. acide nitrique). Le point de rosée doit donc être surveillé par le biais de mesures. En cas de valeurs élevées (> -70°C), le processus de séchage du gaz est perturbé et la régulation du générateur d’ozone doit déclencher un signal d’alarme).</p> <p>Pour de plus amples informations sur l’ozone, il est conseillé de se référer à la banque de données sur les substances GESTIS (voir la rubrique Références).</p>												
<p>Ozone, risques pour la santé</p>	<p>L’ozone attaque principalement les muqueuses des yeux, du nez, du pharynx et des voies respiratoires. Il se révèle nocif pour la santé déjà à de faibles concentrations (> 0.2 mg/m³ ~ 0.1 ppm). Un aperçu des incidences éventuelles sur la santé est représenté dans le tableau suivant, en fonction de la concentration d’ozone:</p> <table border="1" data-bbox="576 1048 1377 1451"> <thead> <tr> <th>Concentration d’ozone</th> <th>Incidences éventuelles sur la santé</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> 0.2 mg/m³ (~ 0.1 ppm)</td> <td>Quintes de toux, bronchite chronique</td> </tr> <tr> <td>> 1.0 mg/m³ (~0.5 ppm)</td> <td>Forte irritation des yeux et des voies respiratoires avec de violentes crises de toux, saignements de nez et problèmes respiratoires</td> </tr> <tr> <td>> 2.0 mg/m³ (~ 1.0 ppm)</td> <td>Oppression de la poitrine, vertige, maux de tête, troubles circulatoires</td> </tr> <tr> <td>> 20 mg/m³ (~ 10 ppm)</td> <td>Perte de conscience, hémoptysies, mort</td> </tr> <tr> <td>> 10’000 mg/m³ (~ 5’000 ppm)</td> <td>Mort instantanée</td> </tr> </tbody> </table>	Concentration d’ozone	Incidences éventuelles sur la santé	> 0.2 mg/m ³ (~ 0.1 ppm)	Quintes de toux, bronchite chronique	> 1.0 mg/m ³ (~0.5 ppm)	Forte irritation des yeux et des voies respiratoires avec de violentes crises de toux, saignements de nez et problèmes respiratoires	> 2.0 mg/m ³ (~ 1.0 ppm)	Oppression de la poitrine, vertige, maux de tête, troubles circulatoires	> 20 mg/m ³ (~ 10 ppm)	Perte de conscience, hémoptysies, mort	> 10’000 mg/m ³ (~ 5’000 ppm)	Mort instantanée
Concentration d’ozone	Incidences éventuelles sur la santé												
> 0.2 mg/m ³ (~ 0.1 ppm)	Quintes de toux, bronchite chronique												
> 1.0 mg/m ³ (~0.5 ppm)	Forte irritation des yeux et des voies respiratoires avec de violentes crises de toux, saignements de nez et problèmes respiratoires												
> 2.0 mg/m ³ (~ 1.0 ppm)	Oppression de la poitrine, vertige, maux de tête, troubles circulatoires												
> 20 mg/m ³ (~ 10 ppm)	Perte de conscience, hémoptysies, mort												
> 10’000 mg/m ³ (~ 5’000 ppm)	Mort instantanée												
<p>Ozone, seuil olfactif</p>	<p>Le seuil de perception olfactif de l’ozone de 0.04 mg/m³ (~ 0.02 ppm). Il est environ 5 fois plus faible que la concentration maximale admissible à la place de travail (VME). L’ozone est donc déjà décelable à des concentrations faibles, qui n’ont pas encore d’effet sur la santé de l’homme.</p> <p>Déjà à faibles concentrations, le gaz dégage une odeur à la fois âcre et piquante. A des concentrations élevées, son odeur ressemble à celle du chlore. Attention, on s’habitue à l’odeur de l’ozone. Cela signifie que le gaz devient rapidement imperceptible.</p>												
<p>Valeur limite moyenne d’exposition à la place de travail (VME)</p>	<p>La VME (ainsi que la limite d’exposition à court terme VLE) de l’ozone dans l’air est de 0.2 mg/m³ ou 0.1 ppm (SUVA, 2014, SUVA 2006).</p>												

<p>Valeur limite d'immission de l'ozone selon l'Ordonnance sur la protection de l'air (OPAir)</p>	<p>La valeur limite d'immission définie pour l'ozone dans l'Ordonnance sur la protection de l'air est fixée à 0.12 mg/m³ (~ 0.06 ppm; moyenne horaire).</p> <p>L'air sortant doit être surveillé via une mesure d'ozone afin de respecter les valeurs limite d'immission et de surveiller le bon fonctionnement de l'installation de destruction de l'ozone résiduel.</p>
--	---

Conception et construction d'installations d'ozone

Paramètres	Commentaires/Recommandations/Références
<p>Choix de l'emplacement des générateurs d'ozone</p>	<p>Pour des raisons de sécurité, l'emplacement des générateurs d'ozone (en règle générale 2 générateurs) doit se faire selon les critères suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ dans un espace clos de l'installation, uniquement accessible aux personnes autorisées, sans poste de travail permanent; ▪ aussi près que possible du réservoir d'oxygène (conduites d'oxygène aussi courtes que possible); ▪ aussi près que possible de l'injecteur d'ozone (conduites d'ozone gazeux aussi courtes que possible).
<p>Matériaux utilisés pour la tuyauterie</p>	<p>Dans la mesure où l'ozone est un gaz fortement corrosif, toutes les tuyauteries entrant en contact avec du gaz contenant de l'ozone et de l'eau devraient être réalisées en acier inoxydable conformément à la norme DIN 1.4571 ou DIN 1.4404, ainsi qu'avec des joints en matériaux résistants à l'ozone (p. ex. PTFE, PVDF, silicone, etc.). Des informations détaillées sur le choix des matériaux sont disponibles dans les «Directives relatives à l'utilisation d'ozone pour le traitement de l'eau».</p> <p>Il convient de n'utiliser que des appareils, instruments et armatures appropriés à l'utilisation d'ozone.</p>
<p>Tuyauterie et raccords</p>	<p>Les conduites de gaz contenant de l'ozone ne doivent présenter que des raccords soudés. Les raccords vissés (brides) sont interdits. Pour ce qui est des raccords soudés, une attention particulière doit être apportée à la qualité de la soudure, sinon il existe un risque de perforation (oxydation de la conduite).</p> <p>Dans tous les locaux contenant des installations d'ozone, telles que des générateurs, des destructeurs d'ozone résiduel, des conduites d'ozone, etc., dans lesquels des raccords vissés sont indispensables, des mesures de sécurité spécifiques doivent être prévues (détecteurs d'ozone couplés à une alarme et aération mécanique). Par ailleurs, ces locaux doivent être fermés à clé et ne doivent être accessibles qu'au personnel qualifié.</p>

<p>Tuyauterie et raccord: marquage</p>	<p>Les tuyauteries renfermant du gaz contenant de l’ozone doivent être correctement identifiées selon les normes internationales. Le marquage doit être effectué selon la norme DIN 2403 «Marquage des conduites en fonction du fluide circulant». Pour ce faire, une étiquette jaune cerclée de noir est utilisée. L’indication «Ozone» doit y être apposée en noir. La flèche indique la direction de l’écoulement.</p>
<p>Réacteur de contact</p>	<p>Le réacteur doit être étanche au gaz (entrée et sortie de l’eau via des siphons inversés) et doit être maintenu en légère sous-pression afin d’éviter toutes fuites d’ozone en cas de dysfonctionnement. Des soupapes correspondantes doivent être prévues, afin d’éviter que la pression/dépression endommage l’ouvrage.</p>
<p>Corrosion</p>	<p>L’ozone est un gaz hautement corrosif et les matériaux qui entrent en contact avec du gaz ou de l’eau contenant de l’ozone doivent être «résistants à l’ozone» (voir plus haut). Dans le domaine de la technologie des eaux (usées), la tuyauterie doit donc être réalisée avec de l’acier inoxydable (DIN 1.4571 ou 1.4404). Les points suivants doivent également être respectés:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation de «Cemdrain» et de la qualité de béton requise, afin d’obtenir une surface épaisse, si possible sans pores, sur la face intérieure du réacteur. ▪ Toutes les incorporations de portes pression, d’ouvertures, de passages de conduites, etc. doivent être insérées dans le coffrage. Le carottage servant à la réalisation de passages de conduites à bagues de compression n’est pas approprié. Si des incorporations doivent être intégrées après coup, un évidement avec scellement des incorporations est approprié. ▪ Il convient d’utiliser des barres d’ancrage de grande qualité, pour fixer les éléments du réacteur ou les tuyauteries dans le réacteur. ▪ L’enrobage des fers à béton doit être uniforme (env. 50 mm). ▪ Il convient d’utiliser du mortier d’injection résistant à l’ozone pour réparer les fissures dans le béton (contrôle périodique).
<p>Protection des personnes: détecteurs d’ozone</p>	<p>Des détecteurs d’ozone doivent être installés dans tous les locaux dans lesquels de l’ozone peut s’introduire en cas de fuites.</p> <p>Dans le local du générateur et dans les locaux contenant des conduites acheminant de l’oxygène, la concentration d’oxygène doit être contrôlée dans l’air ambiant (voir à ce sujet la fiche technique «Aspects de sécurité relatifs à la manipulation d’oxygène dans les stations d’épuration»).</p>
<p>Protection des personnes: emplacement des détecteurs d’ozone</p>	<p>Dans la mesure où l’ozone est plus lourd que l’air, les détecteurs d’ozone doivent être installés à proximité du sol (dans le tiers inférieur de la hauteur de la pièce).</p> <p>Il est par ailleurs recommandé de mesurer la concentration</p>

	<p>d'ozone dans l'air extérieur ambiant, car celui-ci peut contenir des concentrations significatives d'ozone, plus particulièrement en été. Le flux d'air frais destiné aux bâtiments d'exploitation peut être conduit à travers un filtre à charbon actif, afin d'éliminer l'ozone (sinon cela peut provoquer le déclenchement d'une alarme).</p>
Ventilation	<p>Les locaux contenant des installations d'ozone doivent être optimisés en termes de taille: le volume du local doit être aussi restreint que possible, tout en offrant suffisamment d'espace pour les voies d'évacuation et la circulation de l'air.</p> <p>Le local doit être équipé d'une installation de ventilation mécanique permettant de renouveler complètement l'air du local au moins 5 fois par heure et jusqu'à 10 fois par heure en cas d'alarme (ventilation tempête). Pour ce qui est de la ventilation tempête, un délai de temporisation suffisant doit être pris en compte.</p> <p>Les ouvertures d'aspiration doivent être placées à quelques centimètres du sol. Il y a par ailleurs lieu de veiller à ce que l'air de sortie soit dirigé de manière à ce l'air contenant l'ozone ne mette pas en danger les personnes séjournant à l'air libre.</p> <p>La conception des dispositifs de ventilation doit prendre en compte le fait que l'ozone est plus lourd que l'air.</p>
Interrupteur d'arrêt d'urgence	<p>Chaque générateur d'ozone doit être équipé d'un interrupteur d'arrêt d'urgence.</p> <p>L'entrée menant aux locaux contenant des installations d'ozone doit être équipée d'un avertisseur optique et acoustique. Par ailleurs, la production d'ozone doit pouvoir être stoppée et toutes les vannes doivent pouvoir être fermées. Ceci peut se faire au moyen d'un interrupteur d'arrêt d'urgence supplémentaire situé dans un endroit facilement accessible à l'entrée de l'installation d'ozone et à partir d'une salle de commande. Des mesures d'urgence doivent également pouvoir être déclenchées manuellement en dehors de la zone dangereuse (SUVA, 2014).</p>

Fonctionnement normal de l'installation d'ozone

Paramètres	Commentaires/Recommandations/Références
Devoirs de l'exploitant	<p>L'exploitant de l'installation d'ozone est tenu d'instruire toute personne travaillant avec ou près de l'installation d'ozone (personnel de nettoyage, personnel de l'entreprise, personnes tierces, etc.) sur le fonctionnement, l'utilisation et les mesures de protection à respecter.</p> <p>L'exploitant garantit la fonctionnalité de tous les dispositifs de protection et de sécurité (voies d'évacuation, surveillance du local, dispositifs d'aération) de l'installation d'ozone et est tenu de mettre à disposition un équipement de protection dans une zone</p>

	sécurisée (sans menaces de fuite d'ozone).
Ozone dissous à la sortie du réacteur	<p>Les expériences faites jusqu'ici montrent que l'ozone est rapidement détruit dans les eaux usées traitées (en quelques minutes). En régime de fonctionnement normal, il n'y a pas d'ozone dissous à la sortie du réacteur de contact. Mais en cas de dysfonctionnement, de l'ozone dissous peut être libéré dans l'air ambiant via la sortie du réacteur. Si de l'ozone est détecté à la sortie du réacteur (p. ex. à l'aide d'une sonde de redox), le générateur d'ozone doit être immédiatement éteint (et la ventilation tempête allumée), afin d'empêcher que de l'ozone dissous soit dégagé dans l'environnement ou parvienne sur le filtre via la sortie du réacteur d'ozone. Cela permet d'empêcher que de l'ozone ne s'échappe en grande quantité.</p> <p>Par ailleurs, le dosage d'une substance réduite (p. ex. bisulfite de sodium) en sortie de réacteur peut éliminer les éventuels résidus d'ozone. Mais les expériences montrent que le bisulfite de sodium encrasse les conduites, impliquant donc une charge de maintenance relativement élevée. Un lavage du dispositif de dosage après ajout de bisulfite de sodium avec de l'eau sanitaire peut empêcher une cristallisation.</p>
Mesure on-line d'ozone dissous dans des eaux usées traitées	<p>Il est recommandé d'installer des appareils de mesure on-line afin de surveiller la concentration d'ozone dissous à la sortie du réacteur d'ozone. Cela peut être fait via une mesure de l'ozone dissous ou via une sonde de redox. Dans l'état actuel des connaissances, il convient de privilégier la sonde de redox, car elle nécessite beaucoup moins d'entretien. Il ne s'agit pas de mesurer la concentration exacte d'ozone, mais de constater des changements relatifs (p. ex. présence ou non d'ozone).</p>
Destruction de l'ozone dans l'air sortant	<p>L'ozone résiduel présent dans l'air sortant du réacteur d'ozone doit être détruit avant d'être rejeté à l'air libre (SUVA, 2016). Pour ce faire, un destructeur d'ozone résiduel thermo-catalytique transformant l'ozone en oxygène est généralement utilisé. La destruction thermo-catalytique à des températures d'env. 60°C constitue un procédé relativement simple et robuste.</p> <p>L'ozone peut également être détruit par le biais d'un procédé purement thermique ou à l'aide de charbon actif.</p>
Appareils de mesure, étalonnage	<p>Si des valeurs de mesure on-line sont utilisées pour la régulation de la production d'ozone (p. ex. mesure d'absorbance UV), il est impératif que les appareils de mesure soient régulièrement contrôlés et étalonnés. Seules des valeurs de mesure correctes peuvent être utilisées pour une régulation appropriée. Il convient de noter que les effluents provenant des appareils de mesure peuvent aussi constituer une «source d'ozone».</p>

Fonctionnement anormal des installations d'ozone

Paramètres	Commentaires/Recommandations/Références
Alarme: détecteurs d'ozone	<p>Tous les locaux importants (et également raccordés à l'air extérieur) doivent être équipés de détecteurs d'ozone.</p> <p>Pour ce qui est de la concentration d'ozone dans l'air, les valeurs suivantes s'appliquent:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ «Seuil d'avertissement»: à partir de 0.2 mg/m³ (~0.1ppm) ▪ «Seuil d'alarme»: à partir de 0.4 mg/m³ (~0.2ppm) <p>L'alarme doit être émise aux points d'entrée du bâtiment, au point d'accès au local contenant le générateur d'ozone, ainsi que dans une salle de contrôle centralisée. Un signal d'alarme optique et acoustique doit également être déclenché sur site.</p> <p>En cas de «seuil d'avertissement», la ventilation tempête doit être immédiatement allumée. Le personnel doit effectuer un contrôle afin de comprendre pourquoi le «seuil d'avertissement» a été déclenché.</p> <p>Après le déclenchement du «seuil d'alarme» («Présence d'ozone dans l'air du bâtiment», ou en cas de panne du destructeur d'ozone résiduel), la production d'ozone doit être automatiquement stoppée et la ventilation tempête doit être activée (en veillant à garantir un délai de temporisation suffisant).</p> <p>Ces mesures d'urgence doivent également pouvoir être déclenchées manuellement en dehors des zones dangereuses (via le système de contrôle et si nécessaire via l'interrupteur d'arrêt d'urgence).</p>
Fonctionnement du générateur	<p>Si la production d'ozone est trop instable («comportement anormal»), le générateur doit être désactivé et un contrôle doit être effectué.</p>

Références
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abegglen, C., Siegrist, H. (2012). <i>Micropolluants dans les eaux usées urbaines. Etape de traitement supplémentaire dans les stations d'épuration.</i> Office fédéral de l'environnement, Berne. <i>Connaissance de l'environnement.</i> N° 1214: 210. pp) (téléchargement) ▪ <i>Banque de données sur les substances GESTIS: Ozone.</i> L'institut pour la sécurité au travail des services d'assurance maladie allemands: http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates\$fn=default.htm\$vid=gestisdeu:sdbdeu\$3.0 ▪ SUVA (2014). <i>Installations de traitement de l'eau - Manipuler les produits chimiques en toute sécurité.</i> Feuillet technique. (numéro de commande: 66091.d) (téléchargement) ▪ SUVA (2006). <i>Fiche d'information sur l'ozone.</i> (téléchargement) ▪ <i>Directives concernant l'utilisation d'ozone pour le traitement de l'eau, ZH 1/474, Fédération allemande des associations professionnelles de l'industrie, Carl Heymanns Verlag (2005)</i>

[\(téléchargement\)](#)