

DIN EN 12255-14

ICS 13.060.30

Einsprüche bis 2021-09-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12255-14:2004-03

Entwurf

**Kläranlagen –
Teil 14: Desinfektion;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12255-14:2021**

Wastewater treatment plants –
Part 14: Disinfection;
German and English version prEN 12255-14:2021

Stations d'épuration –
Partie 14: Désinfection;
Version allemande et anglaise prEN 12255-14:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-07-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 66 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12255-14:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-05-36 AA „Kläranlagen (CEN/TC 165/WG 40)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12255-14:2004-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) vollständige redaktionelle Überarbeitung und Anpassung an den Stand der Technik;
- b) Ergänzung um Anhang A „Klassifizierung von Ozon Systemen“;
- c) Ergänzung um Anhang B „Messung der Ozonkonzentration in Wasser“.

Titel de: Kläranlagen — Teil 14: Desinfektion

Titel en: Wastewater treatment plants — Part 14: Disinfection

Titel fr: Stations d'épuration — Partie 14: Désinfection

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Auslegungsanforderungen	8
5.1 Allgemeines.....	8
5.2 Planungsgrundsätze.....	9
5.2.1 Allgemeines.....	9
5.2.2 Grad der Desinfektion	9
5.3 Bemessungsgrundlagen	10
5.3.1 Allgemeines.....	10
5.3.2 UV-Bestrahlung.....	10
5.3.3 Ozonisierung.....	12
5.3.4 Chlorung.....	15
5.3.5 Peressigsäure	17
5.3.6 Membranfiltration	17
5.3.7 Schönungsteiche	18
5.3.8 Bodenfiltration.....	18
5.4 Prozesssteuerung und -überwachung.....	19
5.5 Bauwerk.....	20
5.6 Arbeitsschutz und -sicherheit	20
Anhang A (normativ) Klassifizierung von Ozonisierungsanlagen	22
Anhang B (informativ) Messung der Ozonkonzentration in Wasser	23
B.1 Allgemeines.....	23
B.2 Titrimetrische Bestimmung der Ozonkonzentration nach der KI-Methode.....	23
Literaturhinweise	30

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12255-14:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12255-14:2003 ersetzen.

Es ist der vierzehnte von der Arbeitsgruppe CEN/TC 165/WG 40 erarbeitete Teil, der sich auf allgemeine Anforderungen und Verfahren für Kläranlagen für über 50 Einwohnerwerte (EW) bezieht. EN 12255 mit dem Haupttitel „Kläranlagen“ besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze
- Teil 2 Regenwassermanagementsysteme
- Teil 3: Abwasservorreinigung
- Teil 4: Vorklärung
- Teil 5: Abwasserbehandlung in Teichen
- Teil 6: Belebungsverfahren
- Teil 7: Biofilmreaktoren
- Teil 8: Schlammbehandlung und -lagerung
- Teil 9: Geruchsminderung und Belüftung
- Teil 10: Sicherheitstechnische Baugrundsätze
- Teil 11: Erforderliche allgemeine Angaben
- Teil 12: Steuerung und Automatisierung
- Teil 13: Chemische Behandlung — Abwasserbehandlung durch Fällung/Flockung
- Teil 14: Desinfektion
- Teil 15: Messung der Sauerstoffzufuhr in Reinwasser in Belüftungsbecken von Belebungsanlagen
- Teil 16: Abwasserfiltration

ANMERKUNG Für Anforderungen an Pumpanlagen in Kläranlagen siehe EN 752, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Kanalmanagement* und EN 16932 (alle Teile), *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumpsysteme*.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Planungsgrundsätze und Leistungsanforderungen für die Desinfektion von Abwässern (mit Ausnahme von Schlamm) in Kläranlagen mit einem EW über 50 fest.

ANMERKUNG Die Schlammhygienisierung wird in EN 12255-8 beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12255-1, *Kläranlagen — Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze*

EN 12255-5, *Kläranlagen — Teil 5: Abwasserbehandlung in Teichen*

EN 12255-10, *Kläranlagen — Teil 10: Sicherheitstechnische Baugrundsätze*

EN 12255-12, *Kläranlagen — Teil 12: Steuerung und Automatisierung*

EN 12255-15, *Kläranlagen — Teil 15: Messung der Sauerstoffzufuhr in Reinwasser in Belüftungsbecken von Belebungsanlagen*

EN 16323, *Wörterbuch für Begriffe der Abwassertechnik*

ISO 15727, *UV-C devices — Measurement of the output of a UV-C lamp*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 12255-1, EN 16323 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Restkonzentration

Konzentration eines Stoffes im Ablauf einer Klärstufe

3.2

UV-Bestrahlung

UV-Dosis

Integral der UV-Bestrahlungsstärke, die ein infinitesimal kleines Wasservolumen auf seinem Pfad über die Zeitdauer, in der das Wasser bestrahlt wird, erfährt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die UV-Dosis wird in Millijoule je Quadratzentimeter angegeben (mJ/cm^2).

3.3
UV-Bestrahlungsstärke
Quotient aus dem auf eine infinitesimal kleine Fläche auftreffenden Energiefluss der UV-Bestrahlung und der Größe der Fläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der UV-Bestrahlungsstärke ist W/m^2 , gemessen in Übereinstimmung mit ISO 15727.

3.4
UV-Reaktor
geschlossener Behälter oder offener Gerinneabschnitt mit darin angeordneten UV-Strahlern, die das hindurchfließende Wasser bestrahlen

3.5
Biodosismessung
Messung der Konzentration oder Wirksamkeit eines Stoffs anhand seiner Auswirkungen auf lebende Zellen oder Gewebe

[QUELLE: EN 16323:2014, 2.3.5.4, geändert, um Beschränkungen zu beseitigen]

3.6
spezifischer Ozonbedarf
Konzentration des im Abwasser gelösten Ozons, die nötig ist, um eine bestimmte Desinfektionswirkung zu erreichen, in $\text{g O}_3/\text{m}^3$ oder $\text{g O}_3/\text{l}$

3.7
Ozonvernichter
Gerät für die Vernichtung von Restozon, das durch das Ozonisierungsverfahren nicht aufgezehrt wurde und sich als Gas in einem Abgasstrom akkumuliert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Vernichtung erfolgt in der Gasphase durch Umwandlung von Ozon (O_3) zu Sauerstoff (O_2).

3.8
Chlorungsanlage
Anlage zur dosierten Einbringung von Chlor in Wasser

Anmerkung 1 zum Begriff: Umfasst auch die Erzeugung *in situ*.

3.9
Kontaktbecken
Becken, ausgelegt auf die erforderliche Verweilzeit für das Ablaufen bestimmter Reaktionen

3.10
Kontaktzeit
Verweilzeit, die für den Ablauf einer bestimmten Reaktion bei einer gewissen Konzentration nötig ist

3.11
Membran
semipermeables Material, das als Filtermedium in Membrantrennverfahren eingesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Membranen werden unter anderem als Folien, Rohre oder Hohlfasern hergestellt, bestehend aus einer semipermeablen Deckschicht, aufgebracht auf porösem Trägermaterial

3.12

Permeat

Flüssigkeit oder Gas, das durch eine permeable Membran diffundiert

[QUELLE: ISO 3857-4:2012, 2.54]

3.13

Konzentrat

Flüssigkeit, angereichert mit Stoffen, die die Membran in Membrantrennverfahren nicht passieren

3.14

Flux

auf die Membranoberfläche bezogener Permeatstrom

3.15

Transmembrandruck

mittlerer Druck, der über eine semipermeable Membran ausgeübt wird

[QUELLE: ISO 8637-3:2018, 3.7]

3.16

Querstromfiltration, en: cross-flow filtration

Filtrationsverfahren mit einer signifikant hohen Strömungsgeschwindigkeit parallel zur Membranoberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies soll dazu dienen, die Ansammlung von zurückgehaltenen Stoffen auf der Membran zu verhindern.

[QUELLE: EN 16323:2014, 2.3.3.5]

3.17

Quervermischung

Vermischung senkrecht zur Fließrichtung

3.18

Einsatzgas

Gas oder Gasgemisch, das dem Ozonerzeugungssystem zugeführt wird

4 Symbole und Abkürzungen

AOX	halogenierte organische Verbindungen
BSB ₅	biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (angegeben als Sauerstoffmenge in Milligramm, die nötig wird, um die in einem Liter Wasser enthaltenen organischen Stoffe innerhalb von 5 Tagen abzubauen), in mg/l
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
LOX	Flüssigsauerstoff
NO _x	Stickoxide
PES	Peressigsäure
PE	Polyethylen
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVC	Polyvinylchlorid
rel.	relative Luftfeuchte (ausgedrückt als Prozentwert der absoluten Luftfeuchte relativ zur

Luftfeuchte	maximalen Luftfeuchte bei derselben Temperatur)
SS	(en: suspended solids) abfiltrierbare Stoffe [angegeben als Gehalt in Milligramm an kleinen suspendierten Stoffen in einem Liter Wasser (mg/l)]
Pges	Gesamtkonzentration der Phosphorverbindungen, angegeben als Gehalt in Milligramm an Phosphor in einem Liter Wasser (mg/l)
THM	Trihalomethane
UV	ultraviolette elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 100 nm bis 400 nm

5 Auslegungsanforderungen

5.1 Allgemeines

Desinfektionsverfahren werden eingesetzt, um die mikrobiologische Beschaffenheit von Kläranlagenabläufen, falls erforderlich, zu verbessern, z. B. aufgrund sensibler Nutzung der Vorflutgewässer stromabwärts. Eine Desinfektion von Kläranlagenabläufen kann einen Beitrag zur Gesundheit der Bevölkerung leisten, indem sie eine Belastung mit humanpathogenen Keimen vermeidet bei:

- Gewässern zum Baden oder zu anderen Freizeitaktivitäten, die mit einem Eintauchen in das Wasser verbunden sind;
- der Aufzucht und Gewinnung von Muscheln;
- behandeltem Abwasser, das zu Bewässerungszwecken oder als Brauchwasser oder für andere geeignete Zwecke verwendet wird;
- Wasservorkommen zur Trinkwasserversorgung.

Die Desinfektion von Kläranlagenabläufen kann durch zwei unterschiedliche Wirkmechanismen erreicht werden:

- Inaktivierung der Mikroorganismen, so dass eine Vermehrungsfähigkeit nicht mehr gegeben ist;
- Entfernung der Mikroorganismen aus dem Ablauf (z. B. durch Mikrofiltration) ohne eine Inaktivierung der Mikroorganismen.

Zu den Desinfektionsverfahren mit einer Inaktivierung der Mikroorganismen zählen vornehmlich:

- Bestrahlung mit ultraviolettem Licht (UV-Bestrahlung);
- Chlorung;
- Ozonisierung;
- Peressigsäure.

Zu den am häufigsten angewandten Desinfektionsverfahren mit einer Entfernung oder Reduzierung der Mikroorganismen aus dem Kläranlagenablauf zählen:

- Membranfiltration;
- Schönungsteiche;
- Bodenfiltration.

5.2 Planungsgrundsätze

5.2.1 Allgemeines

Die Desinfektion sollte, sofern sie gefordert wird, die letzte Stufe im Abwasserreinigungsprozess sein. Schlechte Reinigungsleistungen in vorgeschalteten Stufen beeinträchtigen in der Regel die Leistung des Desinfektionsverfahrens. Sofern ein Kläranlagenablauf vor der Einleitung in das Gewässer gespeichert werden muss – z. B. bei Einleitung in ein Tidengewässer oder Nutzung zur Bewässerung – sollte die Desinfektion vorzugsweise im Speicherauslauf vorgenommen werden, um eine Wiederverkeimung zu begrenzen.

Bei der Planung von Abwasserdesinfektionsanlagen sind folgende Punkte zu beachten:

- a) erforderlicher Grad der Desinfektion;
- b) Zuverlässigkeit und Effektivität des Desinfektionsverfahrens;
- c) erforderlicher technischer Aufwand der Desinfektion;
- d) Bedienungsaufwand;
- e) Überwachung der Wassergüte;
- f) sicherheitstechnische Risiken;
- g) Umwelteinflüsse, wie z. B.:
 - 1) Einfluss auf die Ablaufqualität (Verminderung von BSB₅, CSB, abfiltrierbare Stoffe, Pges);
 - 2) Beeinträchtigungen durch Restgehalte an Desinfektionsmittel;
 - 3) Bildung von toxischen oder bioakkumulierenden Nebenprodukten;
- h) Energiebedarf.

5.2.2 Grad der Desinfektion

Desinfektionsverfahren müssen humanpathogene Keime auf ein Niveau reduzieren oder inaktivieren, bei dem das Risiko, dass das desinfizierte Abwasser eine Infektionsquelle darstellt, minimiert ist. Desinfektionsverfahren müssen nicht alle Mikroorganismen, auch nicht alle humanpathogenen Keime entfernen.

Nationale oder regionale Rechtsvorschriften oder die zuständige Stelle können den zu erreichenden Grad der Desinfektion festlegen.

Die Angabe des geplanten Grades der Desinfektion muss Festlegungen über die Probenahme, die analytischen Verfahren und die Auswertung enthalten. Statistische Kriterien für die Erfüllung der Anforderungen an den Grad der Desinfektion müssen explizit genannt sein, z. B. für Trocken- und Regenwetterbedingungen. Diese Verfahren müssen vom Kunden definiert werden.

5.3 Bemessungsgrundlagen

5.3.1 Allgemeines

Eine Desinfektionsanlage muss so geplant und bemessen sein, dass sichergestellt ist, dass:

- die erforderliche Behandlung (Mindestgrad der Desinfektion) das gesamte Abwasser erfasst (falls erforderlich);
- der erforderliche Grad der Desinfektion auch beim vom Endanwender festgelegten maximalen Durchfluss und maximalen Desinfektionsmittelbedarf (ungünstigste Bedingungen) sicher eingehalten wird.

Im Hinblick auf die hohen, erforderlichen Keimzahlreduktionen sind weder Kurzschlussströmung, noch Bypass, noch eine unvollständige Desinfektion von Abwasser zulässig. Die vollständige Desinfektion muss für das gesamte zu desinfizierende Abwasser erreicht werden, weil die mikrobiologische Qualität des desinfizierten Abwassers sehr empfindlich schon durch geringe Mengen nicht ausreichend desinfizierten Abwassers beeinträchtigt wird.

ANMERKUNG Aus diesem Grund liegt die geforderte Reduzierung von Indikator-Organismen gewöhnlich in der Größenordnung von 99,9 % bis 99,99 %. Schon eine Leckage oder Kurzschlussströmung von 0,01 % bis 0,1 % des Abwassers oder eine auf 99 % verminderte Keimzahlreduktion in 1 % bis 10 % des Abwassers aufgrund einer unvollständigen Behandlung kann zu Keimzahlen führen, die die Einleitungsbedingungen überschreiten.

5.3.2 UV-Bestrahlung

UV-Desinfektion ist die Einwirkung künstlich mit UV-Strahlern hergestellter UV-Bestrahlung auf zu desinfizierendes Abwasser in UV-Reaktoren. Eine geeignete UV-Bestrahlung bewirkt eine irreversible Inaktivierung von Mikroorganismen ohne andere nennenswerte Einflüsse auf die Beschaffenheit des Abwassers.

ANMERKUNG Die Desinfektion durch UV-Bestrahlung wird durch photochemische Reaktionen bewirkt. UV-Strahlung bakterizider Wellenlänge führt bei benachbarten Thyminbasen in Nucleinsäuren zur Bildung von Dimeren. Diese Dimere stören die DNA-Replikation und führen zu einer irreversiblen Inaktivierung der Mikroorganismen, sofern die Reparaturmechanismen der Zellen durch das Ausmaß der Bildung von Dimeren überfordert werden.

UV-Bestrahlungsanlagen zur Abwasserdesinfektion können nach folgenden Kriterien unterschieden werden:

- Art des UV-Reaktors (offenes Gerinne, geschlossener Reaktor);
- Art der UV-Strahler (Niederdruck- oder Mitteldruck-Quecksilberdampfstrahler);
- Anordnung der UV-Strahler (getauchte UV-Strahler in Quarzglashüllrohren, Fallfilmreaktoren).

Bestrahlungsanlagen können aus einem oder mehreren UV-Reaktoren bestehen. UV-Reaktoren können parallel oder in Serie angeordnet werden. Bei der Auslegung und Bemessung einer UV-Bestrahlungsanlage zur Abwasserdesinfektion sind die folgenden standortspezifischen Parameter zu beachten:

- Mindest-UV-Bestrahlung (UV-Dosis);
- Spitzendurchfluss;
- minimale UV-Durchlässigkeit (UV-Transmissionsfaktor) des Abflusses.

Die Mindest-UV-Bestrahlung ist die UV-Bestrahlung, die zur Verminderung der Keimzahlen im Kläranlagenablauf auf den geforderten Grad der Desinfektion erforderlich ist. Die Mindest-UV-Bestrahlung

ist unabhängig von dem eingesetzten UV-Bestrahlungssystem. Die Mindest-UV-Bestrahlung wird ausschließlich bestimmt durch:

- a) den erforderlichen Grad der Desinfektion, festgelegt durch
 - Gehalt an relevanten Indikator- und/oder pathogener Organismen;
 - Probenahme und die Analysenverfahren (Photoreaktivierung);
 - statistische Kriterien zur Anerkennung;
- b) die Abwasserbeschaffenheit
 - Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen;
 - Gehalt an Mikroorganismen vor der Abwasserdesinfektion.

Die erforderliche Mindest-UV-Bestrahlung kann abgeschätzt werden auf der Grundlage von experimentellen Daten, ermittelt durch Bestrahlungsversuche mit einer geeigneten Laborbestrahlungsanlage, durch Pilotversuche oder Erfahrungen mit anderen Anlagen.

Auf der Grundlage der erforderlichen Mindest-UV-Bestrahlung, des Spitzendurchflusses und der minimalen UV-Durchlässigkeit kann eine UV-Bestrahlungsanlage so geplant und bemessen werden, dass das gesamte zu desinfizierende Abwasser ausreichend, d. h. mit der erforderlichen Mindest-UV-Bestrahlung, bestrahlt wird. Die Gestaltung und Bemessung einer UV-Bestrahlungsanlage ist anlagenspezifisch. Der Hersteller des Systems muss prüffähige Berechnungen der Mindest-UV-Bestrahlung auf der Grundlage von Biodosismessungen oder auf der Grundlage von UV-Bestrahlungsstärkeverteilungen in den Bestrahlungszonen zusammen mit Aufenthaltszeitstudien (Tracermessungen) vorlegen.

Für eine sichere Desinfektion und eine hohe Effizienz einer UV-Bestrahlungsanlage sind die hydraulische Gestaltung und der Wirkungsgrad der UV-Strahler von größter Bedeutung. Über die Effizienz und den Leistungsabfall über die Betriebsdauer der UV-Strahler einschließlich der Vorschaltgeräte sollten vom Hersteller Gutachten einer unabhängigen Stelle vorgelegt werden. Wenn der Wirkungsgrad der Lampe abfällt und dies zu einer Unterschreitung der Mindest-UV-Bestrahlung führt, müssen die Hüllrohre gereinigt und/oder die Lampen ausgetauscht werden. Alternativ muss die von den Lampen abgegebene Leistung so erhöht werden, dass die Mindest-UV-Bestrahlung überschritten wird. Die hydraulische Bemessung von UV-Bestrahlungsanlagen sollte sicherstellen, dass:

- zu keiner Zeit zu desinfizierendes Abwasser an der UV-Bestrahlungsanlage vorbeifließen kann;
- der gesamte Fließquerschnitt vollständig durch UV-Strahlung ausgeleuchtet wird (keine abgeschatteten Zonen);
- eine praktisch ideale Pfropfenströmung vorliegt;
- eine praktisch ideale Quervermischung erzielt wird.

Die von einem Hersteller behauptete Leistungsfähigkeit einer UV-Bestrahlungsanlage kann überprüft werden durch:

- Biodosismessung (siehe [16], [25]);
- Pilotversuche;
- Betriebserfahrungen mit vergleichbaren Anlagen.

Bei Anlagen mit getauchten UV-Strahlern ist ein Reinigungsplan für die Quarzglashüllrohre der UV-Strahler zu erstellen. Für Anlagen mit Niederdruck-Quecksilberdampf-UV-Strahlern kann mit Reinigungsintervallen von mehr als zwei Wochen gerechnet werden. Bei Anlagen mit Mitteldruck-Quecksilberdampf-UV-Strahlern kann eine Reinigung der Quarzglashüllrohre sehr viel häufiger erforderlich sein. Es kann erforderlich sein, zusätzlich zu automatischen Reinigungssystemen manuelle Reinigungsmaßnahmen für die Quarzglashüllrohre der UV-Strahler zu implementieren. Dem Bedien-/Wartungspersonal sollten vom Hersteller Informationen und ein Wartungsplan zur Verfügung gestellt werden.

UV-Strahler sollten nach der vom Hersteller empfohlenen Nutzungsdauer ausgetauscht werden. Für die Strahler von Anlagen für die kontinuierliche Desinfektion sollte die Mindestnutzungsdauer mehr als ein Jahr (8 760 h) betragen.

5.3.3 Ozonisierung

Ozon (O_3) wird typischerweise durch die Umwandlung von Sauerstoff (O_2) aus Sauerstoffquellen gebildet, z. B. aus:

- a) Umgebungsluft, typischerweise 21 % Sauerstoff, 78 % Stickstoff und 20 % bis 40 % rel. Luftfeuchte;
- b) Druckluft, z. B. aus einem Verdichter, typischerweise 21 % Sauerstoff, 78 % Stickstoff, rel. Luftfeuchte je nach Anlage/Trockner;
- c) am Anlagenort mit einem Sauerstoffgenerator aus Luft erzeugtem Sauerstoff, typischerweise Taupunkt unter -45 °C , $\geq 85\%$ Sauerstoff, $\leq 15\%$ Stickstoff;
- d) gasförmigem Sauerstoff, z. B. aus Druckflaschen;
- e) Flüssigsauerstoff (LOX), z. B. aus Druckbehältern.

Ein Einsatzgas gilt bei einem Taupunkt (Luftfeuchte) unter -45 °C als trocken.

Die Hauptaufgabe eines Ozongenerators ist das Erzeugen von Ozon. Die Bildung von Stickoxiden (NO_x) und Salpetersäure und ihren Salzen als Nebenprodukte wirkt sich jedoch direkt auf die Qualität des Einsatzgases aus.

Die Verwendung von vor Ort erzeugtem Sauerstoff als Einsatzgas beseitigt darüber hinaus potentielle Gefahren und macht das manuelle Hantieren mit Sauerstoffflaschen oder Flüssigsauerstoff überflüssig.

Die Einhaltung der Anforderungen an die Reinheit des Einsatzgases, einschließlich der Anforderungen an den Taupunkt (Feuchte des Einsatzgases), muss vom Hersteller des Ozongenerators bescheinigt werden.

Bei der Erzeugung von Ozon aus Zuluft entstehen zwangsläufig Nebenprodukte in Form von Stickoxiden (NO_x), hauptsächlich N_2O und N_2O_5 [48]–[51]), die als starke Treibhausgase gelten.

Wenn das Einsatzgas ausreichend getrocknet ist (Taupunkt $> -45\text{ °C}$), reagiert N_2O_5 mit dem im Einsatzgas (z. B. Luft) enthaltenen Wasser (Luftfeuchte) und bildet Salpetersäure (HNO_3). Die beteiligten instabilen Stickoxide NO , NO_2 und NO_3 reagieren in katalytischen Prozessen mit dem Ozon und verringern so den Ozonertrag des Ozongenerators [55].

Die Salpetersäure selbst kann sich im Ozongenerator ansammeln und zu Korrosion führen oder Komponenten des Ozongenerators und nachgeordnete Komponenten der Gesamtanlage beeinträchtigen. Die Bildung von Salpetersäure wird durch die Verwendung von getrocknetem Einsatzgas (Taupunkt unter -45 °C bei Standardtemperatur und -druck) wirksam verhindert.

Die Verdünnung des Einsatzgases mit einer geringen Menge Stickstoff bei der Ozonerzeugung verbessert jedoch den Ozonertrag [52].

Außerdem sinkt durch Trocknen des Einsatzgases (aufgrund des Ausbleibens der oben erwähnten Verringerung des Ozonertrags) der Energiebedarf für die Ozonerzeugung [53]-[54].

Die Empfehlungen des Herstellers des Ozongenerators im Hinblick auf Reinheit, Taupunkt, Druck, Volumenstrom usw. des Einsatzgases sind stets zu befolgen. Eine Ozonisierungsanlage für die Wasseraufbereitung muss mindestens die folgenden Komponenten aufweisen:

- einen oder mehrere Ozongeneratoren;
- einen Sauerstoffkonzentrator oder eine Sauerstoffflasche;
- einen Luftverdichter mit Trockner, wenn ein Sauerstoffkonzentrator verwendet wird;
- ein Kontaktbecken für den Stoffübergang des Ozons von der gasförmigen in die flüssige Phase;
- ein Kontaktbecken;
- falls nötig eine Brauchwasserpumpe;
- Automatisierungskomponenten (Schaltschrank, Sensoren/Anzeigeeinstrumente, Steuerventile usw.);
- sonstige Anlagen und mechanischen Apparate für die Erreichung der erforderlichen Ozon-Restkonzentration im Wasser;
- einen Ozonvernichter für das Abgas.

Ozonisierungsanlagen müssen in Übereinstimmung mit Anhang A klassifiziert werden.

Ozon ist ein oxidierendes Gas, das vor Ort erzeugt wird. Menschen dürfen keinem über mindestens acht (8) Stunden ermittelten Durchschnittswert ausgesetzt werden, der über 0,1 ppm (0,2 mg/m³) in der Gasphase liegt. Bei der Ozonisierung können andere Nebenprodukte gebildet werden. Bei der Auslegung von Ozonbehandlungsanlagen sind alle relevanten Sicherheitserwägungen für die Herstellung und den Umgang mit Ozon in Übereinstimmung mit EN 12255-10 zu beachten.

Die Effizienz des Ozonisierungsverfahrens hängt in hohem Maße von einem wirksamen Stoffübergang des Ozons in das Abwasser durch das Kontaktbecken ab, um den in Gleichung (1) definierten CT-Wert zu erreichen.

$$CT = C \times T \quad (1)$$

Dabei ist

C die Ozon-Restkonzentration, in mg/l;

T die Kontaktzeit, in min.

ANMERKUNG Anhang B enthält ein Verfahren für die Messung der Ozonkonzentration in Wasser.

Es können die folgenden Arten von Kontaktbecken verwendet werden:

- Blasensäulenbegasung;
- Ejektorbelüftung mit Vordruck;

- Injektorbelüftung (selbstansaugend, Venturi);
- Oberflächenbegasung;
- Rieselfilmbegasung (Füllkörperpackung).

Eine höhere Ozonkonzentration ($\text{g O}_3/\text{Nm}^3$) erhöht die Effizienz des Stoffübergangs im Kontaktbecken; es wird eine Ozonkonzentration von mindestens $50 \text{ g}/\text{Nm}^3$ empfohlen. Das Kontaktbecken sollte eine ausreichende Verweilzeit zum weitgehend vollständigen Ablauf der Desinfektionsreaktionen des Ozons sicherstellen. Kurzschlussströmungen sind zu vermeiden. Die Gesamtfläche des Kontaktbeckens sollte minimiert werden.

Aufgrund der Giftigkeit des Ozons muss Restozon im Abgas zerstört werden. Der Abgasvolumenstrom aus dem Kontaktbecken sollte minimiert werden. Wenn möglich sollten das Kontaktbecken und die Abgasvernichtung zusammengefasst werden. Alle Ozon führenden Teile der Anlage sind als geschlossenes System auszuführen, das nur durch einen Ozonvernichter entlüftet wird. Treten erhöhte Ozongehalte auf ($>0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$), müssen die Ozongeneratoren sich automatisch abschalten. Zu den Verfahren, die zur Ozonvernichtung im Abgas eingesetzt werden, zählen:

- thermische Ozonvernichtung ($T > 350^\circ\text{C}$, $t_R > 2 \text{ s}$);
- katalytische Ozonvernichtung (z. B. Palladium/ CuO-MnO , in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Herstellers);
- Aktivkohle (Aktivkohle wird bei der Ozonvernichtung oxidiert und damit verbraucht).

Die Ozonisierungsanlagen müssen vom Hersteller mit Umgebungsluftsensoren und Sicherheitsmechanismen ausgestattet werden. In umschlossenen Räumen müssen in den durch eine Endbenutzer-Risikoanalyse bestimmten Bereichen Umgebungsluft-Ozonsensoren angebracht werden.

Die Ozon-Restkonzentration im Abwasser liegt typischerweise im Bereich von $0,1 \text{ g}/\text{m}^3$ bis $1 \text{ g}/\text{m}^3$. Folgende Parameter für die Auslegung der Ozonisierungsanlage für die Wasseraufbereitung sind wichtig:

- wenn möglich sollten projektspezifische Pilotversuche ausgeführt werden, um den tatsächlichen spezifischen Ozonbedarf zu bestimmen;
- wenn kein spezifischer Pilotversuch durchgeführt werden kann, sollte ein CT-Wert von $3 (\text{min} * \text{mg O}_3/\text{l})$ verwendet werden;
- ein „aktives“ Volumen = Beckenvolumen abzüglich des von anderen im Becken vorhandenen Apparaten und Materialien eingenommenen Volumens = Netto-Wasservolumen;
- die Restkonzentration an gelöstem Ozon muss am Abwasser-Abflusstutzen des Kontaktbeckens mit einem Ozon- oder Ozonäquivalent-Messgerät gemessen werden;
- die Ozonisierungsanlage sollte in der Lage sein, die durch den CT-Wert bestimmte Restkonzentration des im Wasser gelösten Ozons automatisch zu regeln;
- die Kontaktzeit T wird mit Gleichung (2) berechnet:

$$T = \frac{V}{Q} \quad (2)$$

Dabei ist

- Q der Gesamtabwasserdurchfluss (Volumen/Zeit);
- V das aktive Kontaktvolumen (Anlagenvolumen).

Der Wirkungsgrad der Ozonisierungsanlage muss in Gramm an Ozon-Restkonzentration je Kilowattstunde unter Nenn-Prüfbedingungen nach EN 12255-15 angegeben werden. Bei der Bestimmung des Wirkungsgrads sollte die gesamte Leistungsaufnahme aller Komponenten der Ozonisierungsanlage berücksichtigt werden.

5.3.4 Chlorung

Die Chlorung ist eine bewährte Desinfektionstechnik, deren Potential zur Bildung von Nebenprodukten wie z. B. THM, AOX und PCB bekannt ist. Das mit der Chlorung einhergehende Toxizitätspotential sollte durch eine Risikoanalyse beurteilt werden, wenn dies aufgrund der Eigenschaften des aufnehmenden Wasserkörpers (z. B. eines empfindlichen Wasserkörpers) und der bestimmungsgemäßen Verwendung des behandelten Abwassers gerechtfertigt ist [47].

Die erforderliche Dosierung des Desinfektionsmittels ist von der Art des Desinfektionsmittels abhängig und ist standortspezifisch. Die Desinfektionsmitteldosierung sollte an die Abwassermenge und an die Zehrungsrate des Desinfektionsmittels im Abwasser angepasst werden, so dass im Ablauf des Kontaktbeckens eine konstante Restkonzentration an Desinfektionsmittel eingehalten und die Bildung von Nebenprodukten verhindert wird. Die standortspezifische erforderliche Dosierung sollte in Experimenten, wenn möglich vor der Planung, bestimmt werden. Bei der Chlorung sollte eine Restkonzentration im Ablauf des Kontaktbeckens von etwa 0,2 mg/l freies Chlor eingestellt werden. Bei einer geringeren Restkonzentration könnte die Desinfektion nur unvollständig erfolgen, bei einer zu hohen Restkonzentration könnten eine ernsthafte Schädigung der Gewässerbiozönose im Vorfluter und übermäßige Konzentrationen an toxischen Nebenprodukten im Ablauf auftreten. Um negative Auswirkungen von gechlortem Abwasser auf die Beschaffenheit des Vorfluters zu reduzieren, kann eine Behandlung von gechlortem Abwasser vor der Einleitung in den Vorfluter in einer Entchlörungsstufe notwendig sein.

Die Chlorungsanlagen zur Desinfektion von Abwasser gleichen technisch den Anlagen, die zur Trinkwasserchlorung eingesetzt werden, und bestehen aus geeigneten Einrichtungen für:

- die Lagerung der Desinfektionsmittel;
- die Aufbereitung und Dosierung der Desinfektionsmittel;
- die Vermischung von Abwasser und Desinfektionsmittel;
- den Ablauf vollständiger Desinfektionsreaktionen in Reaktionsbehältern, so genannten Kontaktbecken;
- Entchlörung vor Einleitung in den Vorfluter.

Desinfektionsmittel sind giftig und gefährlich. Zu den am häufigsten eingesetzten Desinfektionsmitteln in Chlorungsanlagen gehören:

- Natriumhypochlorit-Lösung;
- Chlorgas;
- Chlordioxid.

Ausführung und Art der Einrichtungen zur Lagerung, Aufbereitung und Dosierung der Desinfektionsmittel sind vom verwendeten Desinfektionsmittel abhängig.

Natriumhypochlorit-Lösung ist in Konzentrationen von 5 % bis 15 % NaOCl erhältlich. Die NaOCl-Lösung kann in Behältern gelagert und mit Verdrängerdosierpumpen dosiert werden. Natriumhypochlorit-Lösung zersetzt sich im Laufe der Zeit bei der Lagerung. Die Zersetzungsrate erhöht sich mit steigender Temperatur und/oder Bestrahlung durch Sonnenlicht.

Chlorgas kann in Druckbehältern gelagert werden. Alle Räume, in denen es durch Leckagen, Rohrleitungsbruch oder Fehlfunktion zu einem Auftreten von Chlorgas kommen kann, müssen durch Chlorgas-Warngeräte überwacht werden. Die Dosierung von Chlorgas kann mittels Injektorbelüftung (Venturi) in einem abgetrennten Teilstrom des Kläranlagenablaufs erfolgen, wobei eine Lösung aus unterchloriger Säure produziert wird, die dann mit dem Kläranlagenablauf vermischt wird. Diese Chlorungsanlagen müssen nachstehende Komponenten beinhalten:

- einen Über-/Unterdruckregler;
- eine Durchflussregelung;
- eine Mischvorrichtung (z. B. eine Venturidüse);
- ein Durchflussmessgerät für die Dosierung der Substanz.

Chlordioxid ist ein instabiles Gas, das bei unsachgemäßem Umgang explodieren kann. Chlordioxid sollte nicht auf Vorrat produziert und vor Ort gelagert werden, es sollte nur bedarfsgerecht hergestellt werden. Die Lagerung und der Einsatz von Chlordioxid in einer etwa 5 %igen Lösung sind möglich. Die Herstellerangaben sind zu beachten. Chlordioxid kann u. a. durch folgende chemische Reaktionen vor Ort hergestellt werden:

- Natriumchlorit und Chlorgas;
- Natriumchlorit und Salzsäure;
- Natriumchlorit, Salzsäure und Natriumhypochlorit.

Die Ausführung der Chlordioxidanlagen sollte sicherstellen, dass

- die Einsatzchemikalien effizient zu Chlordioxid umgesetzt werden,
- die Konzentration von Chlorgas in der Chordioxid Lösung niedrig ist.

Chlordioxid wirkt über einen weiten pH-Bereich bakterizid und ist in vielen Fällen effektiver als Chlorgas. Im Gegensatz zu Chlorgas reagiert Chordioxid nicht mit Ammonium, so dass keine Chloramine entstehen, und im Vergleich zum Chlorgas scheinen beim Einsatz von Chlordioxid auch deutlich weniger chlororganische Verbindungen (AOX) gebildet zu werden. Es kann zur Bildung anderer Nebenprodukte (Chlorat, Bromat usw.) führen.

Die Vermischung des Desinfektionsmittels mit dem Abwasser sollte sehr intensiv erfolgen und sollte in sehr kurzer Zeit (innerhalb von Sekunden) vollständig abgeschlossen sein. In-Line-Mischer oder intensiv gerührte Behälter mit kurzer Aufenthaltszeit sind hierfür geeignet.

Die Desinfektionsreaktionen laufen in Kontaktbecken ab. Im Kontaktbecken werden die Mikroorganismen im Kläranlagenablauf für die erforderliche Dauer in engem Kontakt mit dem Desinfektionsmittel gehalten. Das Desinfektionskontaktbecken sollte so gestaltet sein, dass Kurzschlussströmungen vermieden werden und die Strömung als nahezu ideale Pfropfenströmung erfolgt. Üblicherweise kommen Rohrreaktoren oder Schlaufenbecken zum Einsatz.

Die erforderliche Dosierung des Desinfektionsmittels ist von der Art des Desinfektionsmittels abhängig und ist standortspezifisch. Die Desinfektionsmitteldosierung sollte an die Abwassermenge und an die

Zehrungsrate des Desinfektionsmittels im Abwasser angepasst werden, so dass im Ablauf des Kontaktbeckens eine konstante Restkonzentration an Desinfektionsmittel eingehalten wird. Die standortspezifische erforderliche Dosierung sollte in Experimenten, wenn möglich vor der Planung, bestimmt werden. Bei der Chlorung sollte eine Restkonzentration im Ablauf des Kontaktbeckens von etwa 0,2 mg/l freies Chlor eingestellt werden. Bei einer geringeren Restkonzentration könnte die Desinfektion nur unvollständig erfolgen, bei einer zu hohen Restkonzentration könnten eine ernsthafte Schädigung der Gewässerbiozönose im Vorfluter und übermäßige Konzentrationen an toxischen Nebenprodukten im Ablauf auftreten. Über negative Beeinträchtigungen der Vorfluter wurden schon bei Konzentrationen an freiem Chlor von 0,05 mg/l bis 0,1 mg/l berichtet. Um negative Auswirkungen von gechlortem Abwasser auf die Beschaffenheit des Vorfluters zu reduzieren, sollte gechlortes Abwasser vor der Einleitung in den Vorfluter in einer Entchlorungsstufe behandelt werden.

5.3.5 Peressigsäure

Peressigsäure (PES) ist ein starkes Oxidations- und Desinfektionsmittel. Die desinfizierende Wirkung von PES basiert auf der Freisetzung reaktiver Hydroxylradikale, die mit Organismen reagieren.

PES bildet Nebenprodukte mit geringem toxischem Potential für die aquatische Umwelt [43], [44], [39]. Ihr Wirkmechanismus könnte jedoch auf eine mögliche oxidative Belastung nützlicher Organismen in Wasserkörpern, in die mit PES behandeltes Abwasser eingeleitet wird, hindeuten [45], [40].

Peressigsäure kann in wässriger Lösung von 10 % bis 18 % verwendet werden. Lösungen mit mehr als 18 % PES zeigen ein gewisses Maß an Explosivität, Instabilität und Reaktivität. Der Verlust an Desinfektionswirkung über die Lagerzeit ist zu beachten. Peressigsäure sollte bei üblichen, vorzugsweise kühlen Temperaturen in der Originalverpackung oder Behältern aus Glas, Kunststoff, reinem Aluminium, nichtrostendem Stahl oder verzinnem Eisen gelagert werden.

Die erforderliche Dosierung und Kontaktzeit hängen stark ab von:

- der Qualität des Abwassers;
- dem Zielorganismus; und
- dem erforderlichen Grad der Inaktivierung.

Um eine optimale Wirkung zu erzielen sollte der pH-Wert des zu desinfizierenden Wassers unter 8,2 liegen. Aus diesem Grund sollte die standortspezifische erforderliche Dosierung in Experimenten bestimmt werden.

5.3.6 Membranfiltration

Die Membrantrennverfahren, die zur Abwasserdesinfektion genutzt werden, sind Ultra- und Mikrofiltration. Diese beiden Membrantrennverfahren arbeiten mit porösen Membranen als Filtermedium und verhalten sich wie Siebfilter. Bei den Membrantrennverfahren wird das Abwasser mit Druck durch die Poren der Membran gepresst. Der Transmembrandruck wird üblicherweise durch abwasserseitige Druckpumpen, statische Höhendifferenz oder eine permeatseitige Unterdruckpumpe erzeugt. Membranfiltrationsanlagen bestehen aus folgenden Komponenten:

- Modulen, die Membranen als Hohlfaser-, Rohr-, Kissen-, Platten- und Wickelmodule enthalten, mit Systemen zur Verteilung des Zulaufs und zur Sammlung des Konzentrats und Permeats;
- Druck- bzw. Unterdruckpumpen zur Aufrechterhaltung des erforderlichen Transmembrandrucks;
- Systeme zur Rückspülung und/oder chemischen Reinigung der Membranen.

Membrantrennverfahren werden charakterisiert, z. B. aufgrund:

- der Porengröße in den Membranen (Mikro- bzw. Ultrafiltration);
- des Materials der Membranen (organisch oder mineralisch);
- des Modultyps (Hohlfaser-, Rohr-, Kissen-, Platten- und Wickelmodule);
- der Betriebsweise (Dead-End- oder Querstromfiltration);
- des Zulaufs (Nachklärbeckenablauf, Abwasser-Belebtschlamm-Gemisch).

Bei der Auslegung und Bemessung von Membranfiltrationsanlagen müssen die folgenden zusätzlichen Einflussfaktoren berücksichtigt werden:

- der erreichbare Flux direkt vor dem Rückspülen oder Reinigen der Membran;
- die Rückspül- und Reinigungsprogramme;
- der Energieverbrauch.

Aufmerksamkeit ist auch der sicheren Entsorgung der Konzentrate zu widmen. Das Konzentrat darf zur weiteren Behandlung der biologischen Stufe wieder zugeführt werden. Bei der Bemessung und dem Betrieb der biologischen Stufe sind derartige zusätzliche Belastungen zu berücksichtigen. In Zusammenhang mit den Membrantrennverfahren ist Vorsicht geboten hinsichtlich der Anreicherung von Feststoffen, die in den Membrantrennverfahren zurückgehalten werden, in der biologischen Stufe aber nicht abgebaut werden können. Derartige Probleme können z. B. durch eine Dosierung geringer Mengen Flockungshilfsmittel in den Konzentratstrom vermieden werden.

Zur regelmäßigen Reinigung der Membranen sollte ein Programm aufgestellt werden. Eine Reinigung kann durch Rückspülen, Druckluftspülung oder chemisches Reinigen erreicht werden. Die Filtrationsdauer bis zu einem neuen Reinigungsvorgang ist von der Abnahme des Fluxes abhängig oder kann durch feste Zeiten vorgegeben werden. Geeignete Reinigungsprogramme sollten bei der Inbetriebnahme festgelegt werden. Die Reinigungsprogramme sollten periodisch überprüft werden.

Membranen sollten regelmäßig auf Schadstellen untersucht werden. Es ist ein Verfahren vorzusehen, mit dem defekte Membranen identifiziert und außer Betrieb genommen werden können. Die Membranen sollten nach der von den Herstellern angegebenen Nutzungsdauer ausgetauscht werden.

5.3.7 Schönungsteiche

Die Bemessungsgrundlagen von Schönungsteichen sind in EN 12255-5 enthalten. Die Verweilzeit sollte im Bereich von 5 d bis 20 d liegen. Durch die Gestaltung der Schönungsteiche sollten eine Pfropfenströmung ermöglicht und Kurzschlussströmungen vermieden werden. Die Strömungsverhältnisse in Schönungsteichen können durch ein großes Länge-zu-Breite-Verhältnis, eine meanderförmige Strömungsführung oder durch die Aufteilung des Volumens in mehrere Teiche in Reihe verbessert werden.

ANMERKUNG Die Leistungsfähigkeit von Schönungsteichen ist im Allgemeinen viel geringer als von anderen Desinfektionsprozessen aufgrund von klimatischen Einflüssen wie Sonneneinstrahlung und Temperatur.

5.3.8 Bodenfiltration

Bodenfiltration eignet sich im Allgemeinen für Abwasseraufbereitungsanlagen für mehr als 50 EW nicht.