

DIN 19294-2:2026-04 (D)

Geräte zur Desinfektion von Wasser mittels Ultraviolettstrahlung - Teil 2: Geräte mit UV-Mitteldrucklampen - Anforderungen und Prüfung

| Inhalt | Seite |
|---|-------|
| Vorwort..... | 7 |
| Einleitung | 8 |
| 1 Anwendungsbereich..... | 9 |
| 2 Normative Verweisungen | 9 |
| 3 Begriffe | 10 |
| 4 Anforderungen an UV-Geräte mit UV-Mitteldrucklampen | 13 |
| 4.1 Allgemeines..... | 13 |
| 4.2 Anforderungen an das UV-Gerät | 14 |
| 4.2.1 Bestrahlungskammer | 14 |
| 4.2.2 Sensorposition | 15 |
| 4.2.3 Gerätesteuerung und -überwachung..... | 16 |
| 4.2.4 Betrieb mit geregelter Lampenleistung..... | 17 |
| 4.2.5 Bedienungsanleitung | 18 |
| 4.3 Anforderungen an Gerätekomponenten | 19 |
| 4.3.1 Allgemeines..... | 19 |
| 4.3.2 UV-Lampen | 19 |
| 4.3.3 Lampenbetriebsgeräte | 21 |
| 4.3.4 Lampenhüllrohre | 22 |
| 4.3.5 Geräteradiometer | 23 |
| 4.3.6 Sensoranschlussystem..... | 26 |
| 5 Prüfunterlagen..... | 27 |
| 5.1 Allgemeines..... | 27 |
| 5.2 Bestrahlungskammer | 28 |
| 5.3 Gerätesteuerung..... | 29 |
| 5.4 UV-Lampen | 29 |
| 5.5 Lampenbetriebsgeräte | 30 |
| 5.6 Lampenhüllrohre | 31 |
| 5.7 Geräteradiometer | 31 |
| 5.8 Sensoranschlussystem..... | 32 |
| 5.9 Ersatzteile..... | 33 |
| 5.10 Bedienungsanleitung | 33 |
| 6 Anforderung an den Prüfaufbau für biodosimetrische Untersuchungen | 33 |
| 6.1 Prüfstand | 33 |
| 6.2 Prüfung am Ort des Einsatzes | 35 |
| 6.3 Anforderungen an das Testwasser | 35 |
| 6.3.1 Testwasser..... | 35 |
| 6.3.2 Transmissionsvermindernde Substanz | 35 |
| 6.3.3 Wasser zur Herstellung des Testwassers..... | 35 |
| 6.3.4 Transmissionsmessung..... | 36 |
| 6.4 Messtechnik für den Prüfaufbau | 36 |
| 6.4.1 UV-Vis-Spektralphotometer | 36 |
| 6.4.2 Durchflussmessung | 36 |
| 6.4.3 Druckmessung (optional)..... | 36 |
| 6.4.4 Temperaturmessung..... | 37 |
| 6.4.5 Leistungsaufnahme des UV-Gerätes..... | 37 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 6.4.6 | Leistungsaufnahme der Lampen und Lampenbetriebsgeräte bei Charakterisierung..... | 37 |
| 6.4.7 | Bestrahlungsstärkemessung | 38 |
| 6.5 | Biodosimeter | 38 |
| 6.5.1 | Anforderungen an den Testorganismus | 38 |
| 6.5.2 | Ermittlung der Inaktivierungskurven des Testorganismus..... | 38 |
| 6.5.3 | Durchführung einer Inaktivierung mit einer Laborbestrahlungsapparatur..... | 38 |
| 7 | Prüfverfahren | 43 |
| 7.1 | Allgemeines..... | 43 |
| 7.2 | Technische Prüfung..... | 43 |
| 7.2.1 | Herstellerunterlagen..... | 43 |
| 7.2.2 | Bestrahlungskammer | 43 |
| 7.2.3 | Prüfung der UV-Lampe | 44 |
| 7.2.4 | Prüfung der Lampenbetriebsgeräte..... | 45 |
| 7.2.5 | Prüfung der Lampenhüllrohre..... | 45 |
| 7.2.6 | Prüfung des Sensoranschlusssystem | 45 |
| 7.2.7 | Prüfung der Geräteradiometer | 45 |
| 7.3 | Biodosimetrische Prüfung..... | 52 |
| 7.3.1 | Allgemeines | 52 |
| 7.3.2 | Aufbau und Installation des UV-Gerätes | 52 |
| 7.3.3 | Methode der kombinierten Variablen zur Prüfung von UV-Geräten..... | 52 |
| 7.3.4 | Aufnahme der Abhängigkeit der Bestrahlungsstärke von der UV-Transmission des Wassers und der Lampenleistungseinstellung (Sensorgleichung) | 53 |
| 7.3.5 | Erstellung der Testmatrix für die Prüfung..... | 54 |
| 7.3.6 | Durchführung der biodosimetrischen Prüfung..... | 57 |
| 7.3.7 | Konstanz der Testbedingungen | 57 |
| 7.3.8 | Allgemeine messtechnische Datenaufnahme während der Durchführung..... | 57 |
| 7.3.9 | Faktoren für die Analyse und Auswertung der biodosimetrischen Ergebnisse | 58 |
| 7.3.10 | Beurteilung der Biodosimetrie - Auswertung der Ergebnisse | 58 |
| 8 | Aufbau und Inhalt des Prüfberichtes | 61 |
| 8.1 | Allgemeines..... | 61 |
| 8.2 | Spezifikation des UV-Gerätes | 61 |
| 8.3 | Prüfaufbau des UV-Gerätes | 61 |
| 8.4 | Durchführung der Prüfungen..... | 61 |
| 8.5 | Eingesetzte Prüfmittel | 61 |
| 8.5.1 | Messgeräte..... | 61 |
| 8.5.2 | Biodosimeter | 62 |
| 8.5.3 | Chemisch-bakteriologische Untersuchung des Testwassers | 62 |
| 8.6 | Resultate der Prüfungen | 62 |
| 8.6.1 | Resultate der technischen Prüfungen..... | 62 |
| 8.6.2 | Resultate der allgemeinen Messtechnik..... | 63 |
| 8.6.3 | Zusammenhang zwischen Bestrahlungsstärke und UV-Transmission (Sensorgleichung) | 63 |
| 8.6.4 | Erstellung der Testmatrix | 63 |
| 8.6.5 | Resultate der biodosimetrischen Untersuchungen | 63 |
| 8.6.6 | Angaben des zulässigen Betriebs- und Eignungsbereiches | 63 |
| 8.7 | Zusätzliche Daten im Anhang des Prüfberichtes..... | 65 |
| Anhang A (normativ) Messaufbau zur Charakterisierung von Lampen und Lampenbetriebsgeräten..... | | 66 |
| A.1 | Allgemeines..... | 66 |
| A.2 | Voraussetzungen für reproduzierbare und vergleichbare Messungen..... | 66 |
| A.2.1 | Allgemeiner Aufbau und klimatische Bedingungen während der Messung | 66 |
| A.2.2 | Messgeräte..... | 66 |
| A.2.3 | Reflexionen und Fehlstrahlungsmessungen | 67 |
| Anhang B (normativ) Messunsicherheiten | | 68 |

| | |
|--|----|
| Anhang C (normativ) Laborbestrahlungsapparat zur reproduzierbaren UV-Bestrahlung von Mikroorganismen im Labor | 69 |
| Anhang D (informativ) Umrechnungstabelle <i>UVT-100 — UVT-50 — UVT-10 — SSK</i> | 72 |
| Anhang E (informativ) Beispielrechnung | 76 |
| E.1 Allgemeines..... | 76 |
| E.2 Anvisierter Betriebsbereich vom Kunden | 76 |
| E.3 Aufnahme der Abhängigkeit der Bestrahlungsstärke von der UV-Transmission des Wassers und der Lampenleistungseinstellung (Sensorgleichung)..... | 76 |
| E.4 Erstellung der Testmatrix für die Prüfung..... | 78 |
| E.5 Erstellung der Testmatrix basierend auf CFD-Daten..... | 79 |
| E.6 Beurteilung der Biodosimetrie — Auswertung der Ergebnisse..... | 81 |
| E.7 Berechnung des Betriebsbereichs | 89 |
| E.8 Berechnung des Eignungsbereichs..... | 91 |
| Literaturhinweise | 93 |

Bilder

| | |
|--|----|
| Bild 1 — Radiale Ausrichtung des Gerätesensors zur UV-Lampe | 16 |
| Bild 2 — Beispielhafte technische Zeichnung einer UV-Lampe | 20 |
| Bild 3 — Positionierung Sensoranschlusssystem an der Bestrahlungskammer | 27 |
| Bild 4 — Beispiel eines Prüfstandsbaus..... | 34 |
| Bild 5 — Zulässiger Bereich einer MS2-Inaktivierungskurve | 42 |
| Bild 6 — Schematische Darstellung der Messanordnung (Draufsicht) | 46 |
| Bild 7 — Transmission τ_S und τ_L zweier Langpassfilter und relative spektrale Strahlungsfunktionen $S_Z(\lambda)$ einer UV-Mitteldrucklampe | 49 |
| Bild 8 — Beispielhafte log-Inaktivierungen (a) und REF (b) in Abhängigkeit von der UVT, wie sie zur Erstellung einer Testmatrix gewählt werden sollten..... | 55 |
| Bild 9 — Beispiel grafische Darstellung eines Betriebsbereiches | 64 |
| Bild 10 — Beispiel grafische Darstellung eines Eignungsbereiches | 64 |
| Bild C.1 — Laborbestrahlungsapparat mit Darstellung der Probenahme..... | 70 |
| Bild C.2 — Laborbestrahlungsapparat, Draufsicht auf die Arbeitsplattform | 71 |
| Bild E.1 — Abhängigkeiten der Bestrahlungsstärke von der UVT für verschiedene Lampenleistungseinstellungen..... | 77 |
| Bild E.2 — Testpunkte für die Prüfung | 81 |
| Bild E.3 — Dosis-Wirk-Beziehung der während der Prüfung verwendeten MS2-Charge und die einzuhaltenden Grenzen | 83 |
| Bild E.4 — Die log I der jeweiligen UVTs während der Prüfung in Abhängigkeit der kombinierten Variablen | 84 |

| | |
|---|----|
| Bild E.5 — Abhängigkeit der Koeffizienten k_1 und k_2 vom SSK | 85 |
| Bild E.6 — Gemessene log I-Werte aus der biodosimetrischen Prüfung und berechnete log I-Werte mit Gleichung (E.12) und den Koeffizienten aus Tabelle E.11 | 87 |
| Bild E.7 — Ermittelter Betriebsbereich | 91 |
| Bild E.8 — Ermittelter Eignungsbereich | 92 |

Tabellen

| | |
|---|----|
| Tabelle 1 — Zulässige relative Richtungsabhängigkeit als Funktion des Einfallswinkels..... | 25 |
| Tabelle 2 — Beispiel für die Spezifikation einer Bestrahlungskammer | 28 |
| Tabelle 3 — Anforderungen an das Wasser zur Herstellung des Testwassers..... | 36 |
| Tabelle 4 — Durchmesser der Druckmessbohrung..... | 37 |
| Tabelle 5 — Koeffizienten für die beiden Kurven die den zulässigen Bereich einer MS2-Charge für die biodosimetrische Prüfung darstellen | 42 |
| Tabelle 6 — Koeffizienten für die Standardinaktivierungskurve..... | 42 |
| Tabelle 7 — Vermessungsprotokoll Bestrahlungskammer (Beispiel)..... | 43 |
| Tabelle 8 — Darstellung der biodosimetrischen Ergebnisse (Beispiel) | 63 |
| Tabelle B.1 — Höchste zulässige Standardmessunsicherheit von Messgrößen..... | 68 |
| Tabelle D.1 — Umrechnungstabelle UVT/SSK | 72 |
| Tabelle E.1 — Anvisierte Designparameter von Kunde A..... | 76 |
| Tabelle E.2 — Werte der Koeffizienten a bis e für die Sensorgleichung | 78 |
| Tabelle E.3 — Auswahl der UVTs, bestimmt mit Gleichung (25) aus 7.3.5.3 und einem β -Faktor von 2,1 | 79 |
| Tabelle E.4 — Testmatrix für die Prüfung | 79 |
| Tabelle E.5 — Überprüfung von Gleichung (E.4) anhand der Testpunkte 2, 5, 8, 11 und 14 | 81 |
| Tabelle E.6 — Biodosimetrischer Datensatz nach Durchführung aller Testpunkte, einschließlich prüfungsbegleitender Dosis-Wirk-Beziehung | 82 |
| Tabelle E.7 — Parameter A und B für die prüfungsbegleitende Dosis-Wirkbeziehung von MS2 | 83 |
| Tabelle E.8 — Die k_1 - und k_2 -Werte für die Potenzfunktionen der fünf UVT-Kurven der Korrelation zwischen log I und v_k | 84 |
| Tabelle E.9 — Ergebnisse der Koeffizienten a_1 , b_1 , c_1 , d_1 , und e_1 für Gleichung (E.11) nach Durchführung der ersten linearen Regression..... | 85 |

| | |
|---|-----------|
| Tabelle E.10 — Ergebnisse der Koeffizienten a_1, b_1, c_1, und e_1 für Gleichung (E.12) nach Durchführung der zweiten linearen Regression | 86 |
| Tabelle E.11 — Finale Ergebnisse der Koeffizient a_1, b_1, c_1, und e_1 für Gleichung (E.12) nach Durchführung der nicht-linearen Regression | 86 |
| Tabelle E.12 — Koeffizienten zur Berechnung der MS2-Standardinaktivierungskurve | 87 |
| Tabelle E.13 — Betriebs-UVT-Bereich mit dazugehörigen Durchflüssen für eine Ziel-REF_{MS2} von 500 J/m^2..... | 88 |
| Tabelle E.14 — Koeffizienten für Gleichung (E.13) zur Bestimmung des Betriebsbereichs | 89 |
| Tabelle E.15 — Betriebsbereich mit Bestrahlungsstärke und maximal einzuhaltendem Durchfluss über den gesamten UVT-Bereich gerechnet..... | 90 |
| Tabelle E.16 — Koeffizienten für Gleichung (E.14) zur Bestimmung des Eignungsbereichs..... | 92 |