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 Sensoranschlusssystem ... 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 Sensoranschlusssystem ... 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 Sensoranschlusssystems ... 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) Laborbestrahlungsapparatur zur reproduzierbaren UV-Bestrahlung von Mikroorganismen im Labor ... **69**

Anhang D (informativ) Umrechnungstabelle *UVT-100 — UVT-50 — UVT-10 — SSK* ... **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 Prüfstandsaufbaus ... **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 — Laborbestrahlungsapparatur mit Darstellung der Probenahme ... **70**

Bild C.2 — Laborbestrahlungsapparatur, 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 ν_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/m² 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