DIN/TS 67506:2022-02 (D)

Entkeimung von Raumluft mit UV-Strahlung - UV-C-Sekundärluftgeräte

Inhalt

Seite

Vorwort 6

Einleitung 7

1 Anwendungsbereich 8

2 Normative Verweisungen 9

3 Begriffe 11

4 UV-Quellen 16

5 Bauformen 16

6 Anforderungen an UV-C-Sekundärluftgeräte 17
6.1 Allgemeine Anforderungen 17
6.2 Funktionsüberwachung 18
6.3 Aufschriften und Anweisungen 18
6.3.1 Aufschriften am Gerät (allgemein) 18
6.3.2 Aufschriften am Gerät (zusätzlich für Geräte mit Eignung UV-schutzbedürftige Personen) 18
6.3.3 Anweisungen in Unterlagen (allgemein) 19
6.3.4 Anweisungen in Unterlagen (zusätzlich für Geräte mit Eignung UV-schutzbedürftige Personen) 20
6.4 Aufbau 20
6.5 Vorfilterung 22
6.6 Betriebsdauer der UV-Quelle – Alterungsfaktor 22

7 Nachweis der Entkeimungswirksamkeit bei Einmalpassage 22
7.1 Grundlagen 22
7.1.1 Luftvolumenstrom und Verweilzeit 23
7.2 Simulationsmethoden 24
7.3 Sensorverfahren 25
7.3.1 Bestimmung des Betriebsfaktors (optional) 27
7.3.2 Bestrahlungsstärkemessung — Mehrpunktmethode 28
7.3.3 Bestimmung der Bestrahlungsstärke — validierte Simulationsmethoden 29
7.3.4 Bestimmung der Bestrahlungsstärke — Bestrahlungskammer-Modellierung 29
7.3.5 Ermittlung der Dosis bei Einmalpassage 32
7.3.6 Bestimmung der Dosis für Geräte mit UV-LEDs 33
7.4 Biodosimetrieverfahren 33
7.4.1 Einlass-Auslassverfahren 34
7.4.2 Raum-zu-Raum-Verfahren 35
7.4.3 Randbedingungen für die Nachweisverfahren 36
7.4.4 Bestimmung der Dosis 37

8 Nachweis der Wirksamkeit im Raum 38
8.1 Allgemeines 38
8.2 Messtechnische Bestimmung des HADR-Werts 40
8.2.1 Beschreibung und Funktionsprinzip 40
8.3 Bestimmung der Randparameter 41
8.4 HADR-Bestimmung in Anlehnung an ANSI AHAM AC-1:2020 43
8.4.1 Versuchsablauf 44
8.4.2 Randbedingungen 44

8.4.3 Vor- und Nachteile der Methode ... 44
8.5 Rechnerische HADR-Bestimmung mittels Sensormethode ... 44
8.5.1 Vor- und Nachteile der Methode ... 44
8.6 Einordnung der HADR in Bezug auf die Wirkung ... 45

9 Auslegung der Geräte für die Nutzung im Raum ... 45

10 Restemission und deren Nachweis ... 45
10.1 Allgemeines ... 45
10.2 Expositionsgrenzwerte ... 45
10.3 Allgemeine Regelung ... 46
10.4 UV-schutzbedürftige Personen ... 47
10.5 Regelung für UV-schutzbedürftige Personen ... 48
10.6 Anforderungen an die Prüfung ... 49

11 Klassifizierung ... 50

Anhang A (informativ) Bezug zur Pandemie Sars-CoV-2 ... 52

Anhang B (informativ) Physikalische und biologische Wirkung von UV-Strahlung ... 53
B.1 Allgemeine Einleitung ... 53
B.2 Wirkung auf Mikroorganismen ... 53
B.2.1 Allgemeines ... 53
B.2.2 Luftgetragene Mikroorganismen in Bioaerosolen ... 53
B.2.3 Wirksamkeit gegenüber Mikroorganismen ... 54
B.2.4 Reparatur von UV-Schäden und Mutagenese ... 57
B.3 Gefährdungspotential für den Menschen ... 59
B.3.1 Akute Wirkungen der UV-C-Strahlung ... 59
B.3.2 Chronische Wirkungen der UV-C-Strahlung ... 60
B.4 Auswirkungen auf Materialien im Hinblick auf die Verwendung im UV-C-Sekundärluftgerät ... 60

Anhang C (informativ) UV-Quellen ... 62
C.1 Grundlagen ... 62
C.2 Vergleich der Technologien ... 63

Anhang D (informativ) Fallbeispiel zur UV-Simulation ... 64
D.1 Fallbeispiel ... 64
D.2 Grenzen der vereinfachten Betrachtung ... 64
D.2.1 Inhomogene Strahlungsverteilung ... 64
D.2.2 Keine Betrachtung der Röhrenkonfiguration ... 65

Anhang E (informativ) Andere Luftentkeimungsmethoden ... 66
E.1 Andere Luftentkeimungsmethoden ... 66

Anhang F (informativ) Abschätzung der Verweildauer der Luft in der Bestrahlungskammer ... 67
F.1 Grundlagen ... 67

Anhang G (informativ) Materialalterung ... 71
G.1 Grundlagen der Materialalterung ... 71

Anhang H (informativ) HADR-Bestimmung unter Realraumbedingungen ... 72
H.1 HADR-Grundlagen ... 72
H.2 Versuchsablauf ... 73
H.2.1 Allgemeines ... 73
H.2.2 Randbedingungen ... 73
H.2.3 Vor- und Nachteile der Methode ... 74

Literaturhinweise ... 75

Bilder

Bild 1 — Bauformen und Installationsmöglichkeiten von UV-C-Sekundärluftgeräten 17

Bild 2 — Symbol 0790 nach DIN ISO 7000:2008-12 18

Bild 3 — Symbol 6040 nach IEC 60417 18

Bild 4 — Einbrennvorgang einer UV-C-Niederdrucklampe über der Zeit 27

Bild 5 — Schematische Darstellung der Messpunkte und Abstände zwischen den Messpunkten 28

Bild 6 — Schematische Darstellung Einlass-Auslassverfahren 35

Bild 7 — Schematische Darstellung Raum-zu-Raum-Verfahren 36

Bild 8 — Beispielhafter Verlauf der Konzentrationen über der normierten Zeit in einem Raum mit UV-Luftentkeimer. Der UV-Luftentkeimer wird bei $tVGVR = 3$ eingeschaltet. Links: Darstellung der Konzentration in linearer Darstellung, Rechts: Darstellung der Konzentration in logarithmischer Darstellung 41

Bild 9 — Schematische Darstellung des Probenraumes. Oben: Seitenansicht mit Ventilator an der Decke, Unten: Draufsicht (Ventilator nicht dargestellt) 43

Bild B.1 — UV-Absorptionsspektren von DNA und Protein (nach CIE 155:2003, Bild 3) 55

Bild B.2 — Wirkungsspektrum $Amik(\lambda)$ für die Inaktivierung von *B. subtilis*-Sporen (DIN 5031-10:2018-03, Bild 2 a)) 56

Bild C.1 — Normalisierte Emissionsspektren von Quecksilber-Niederdruck-Lampen (HG-ND-Lampen) und UV-LEDs mit nominaler Emission bei 275 nm 63

Bild D.1 — UV-Simulationsbeispiel 64

Bild D.2 — UV-Simulationsbeispiel: Bestrahlungsverteilung bei quadratischer Bestrahlungskammer mit einer mittigen UV-Quelle in unterschiedlicher Falschfarbenskalierung 65

Bild F.1 — Messpunkte bei rechteckigem Messquerschnitt 68

Bild F.2 — Messpunkte bei kreisförmigen Querschnitt (Schwerelinienverfahren) 69

Bild F.3 — Volumenstrommessung mit der Trichtermethode, links saugseitige Messung mit Strömungs-Sonde (Punktsonde), rechts druckseitige Messung mit Flügelrad-Anemometer (Flächensonde) 70

Bild H.1 — Schematische Darstellung des Probenraumes unter Realraumbedingungen. Oben: Seitenansicht. Unten: Draufsicht. 72

Tabellen

Tabelle 1 — Typische Reflexionsgrade (diffus mit Glanzeinschluss), Quelle [Philips, 1992] 30

Tabelle 2 — Weitere Reflexionsgrade (diffus mit Glanzeinschluss) für die Modellierung 30

Tabelle 3 —Zusammenhang zwischen Fluenz und der theoretischen Entkeimungseffizienz bei einer modellhaften Referenz-Fluenz von 33 J/m² (D90) bei 254 nm 39

Tabelle 4 — Zusammenhang zwischen Entkeimungseffizienz des Gerätes ηG, Raumzyklen und theoretisch erreichbarer Entkeimungsrate im Raum 42

Tabelle 5 — Gewichtete Bestrahlungsstärke E(eff) in W/m² und entsprechende Bestrahlungszeit t zur Einhaltung des Expositionsgrenzwertes 30 J/m² nach ICNIRP 2004 46

Tabelle 6 — Entkeimungswirkung des UV-Luftentkeimers nach Einmalpassage 50

Tabelle 7 — Anforderungen an die Typprüfung 51

Tabelle 8 — Anforderung an Funktionsüberwachung 51

Tabelle B.1 —Aufstellung der erforderlichen UV-Dosis, um 90 % der Mikroorganismen zu inaktivieren (D90, J/m²), für eine Auswahl von luftgetragenen Mikroorganismen bei Bestrahlung mit einer bei 254 nm emittierenden UV-Strahlungsquelle 57