

EINSATZ VON UV-ANLAGEN UND NEUE ENTWICKLUNGEN

09. Juli 2024

Dr. Jutta Eggers, TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser



GLIEDERUNG

- Überarbeitung der Arbeitsblattreihe W 294 (2006)
- Regelungen hinsichtlich Quecksilber in der EU
- Zukünftiger Einsatz von UV-C-LEDs für die Desinfektion von Trinkwasser

ÜBERARBEITUNG DER ARBEITSBLATTREIHE W 294 (2006)

UV-Geräte zur Desinfektion in der Wasserversorgung (2006)		ÜBERARBEITUNGSPROZESS		
Teil	Titel	Teil	Titel	Status
W 294-1	Anforderungen an Beschaffenheit, Funktion und Betrieb	W 294-1	Planung, Betrieb und Überwachung von UV-Desinfektionsanlagen in der Wasserversorgung	Veröffentlichung Dez. 2023
		DIN-Normenreihe: Geräte zur Desinfektion von Wasser mittels Ultraviolettstrahlung		
W 294-2	Prüfung von Beschaffenheit, Funktion und Desinfektionswirksamkeit	DIN 19294-1	Geräte mit UV-Niederdrucklampen - Anforderungen und Prüfung	<u>gültig</u> seit 08/2020
		DIN 19294-2	Geräte mit UV-Mitteldrucklampen - Anforderungen und Prüfung	Veröffentlichung für 2024 geplant
W 294-3	Messfenster und Sensoren zur radiometrischen Überwachung von UV-Desinfektionsgeräten; Anforderungen, Prüfung und Kalibrierung	DIN 19294-3	Referenzradiometer für Geräte mit UV-Niederdrucklampen - Anforderungen und Prüfung	<u>gültig</u> seit 08/2020
		DIN 19294-4	Referenzradiometer für Geräte mit UV-Mitteldrucklampen - Anforderungen und Prüfung	Veröffentlichung für 2024 geplant

ÜBERGANG ZUM NEUEN DVGW ARBEITSBLATT W 294-1



Systematik des Betriebs und der Überwachung von UV-Anlagen bleibt unverändert!

NEU:

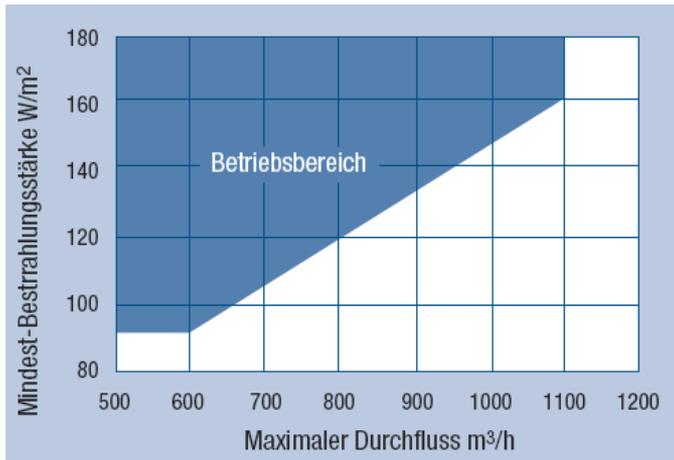
- › inhaltliche Fokussierung auf Planung, Betrieb und Überwachung von UV-Anlagen
- › neues Intervall für die Durchführung von Referenzmessungen
- › neue Fristen für den Austausch von Gerätesensoren
- › Hinweise zur Minimierung von Algenwachstum
- › Hinweise zur Durchführung einer Risikoanalyse hinsichtlich der Freisetzung von Quecksilber

UNVERÄNDERT: SYSTEMATIK ZUR SICHERUNG DER DESINFEKTIONSWIRKSAMKEIT

Baumusterprüfung

Prüfung Desinfektionswirksamkeit
(biodosimetrisch)

Ableitung Betriebsbereich
(dokumentiert im Baumusterprüfzertifikat)



Überwachung der Desinfektionswirksamkeit im Betrieb

Durchfluss

kontinuierlich überwachen



ggf. hydraulisch begrenzen



Bestrahlungsstärke

kontinuierlich überwachen



Referenzmessungen



Trübung

kontinuierlich überwachen*



*bei schwankender Wasserqualität

NEU: EINHEITLICHES INTERVALL FÜR REFERENZMESSUNGEN

- › Gerätesensoren altern durch permanente UV-Bestrahlung
- › Kontrolle durch Referenzmessungen mit Mindestkontrollfrist(en) gemäß DVGW W 294-1

Gerätedurchfluss	Mindest-Kontrollintervall
$\leq 100 \text{ m}^3/\text{h}$	halbjährlich
$> 100 \text{ m}^3/\text{h}$	monatlich
DVGW W 294-1 (2006)	



„Bei in Betrieb befindlichen UV-Geräten darf die letzte Referenzmessung nicht länger als einen Monat zurückliegen. Diskontinuierlich betriebene UV-Geräte müssen nicht allein für eine Referenzmessung eingeschaltet werden.“

W 294-1 (2024)

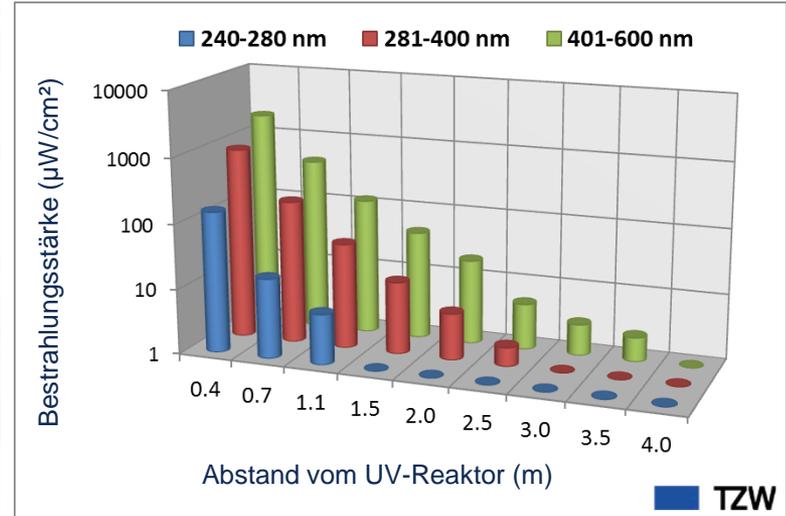
NEU: VORGEHEN BEI ABWEICHUNGEN ZWISCHEN GERÄTE- UND REFERENZMESSUNG

Messwertabweichung	Maßnahme
$\leq 5 \%$	keine Maßnahme erforderlich
$> 5 \%$ bis $\leq 10 \%$	Abgleich Gerätesensor durch sachkundige Person
$> 10 \%$	Rekalibrierung Gerätesensor
Rekalibrierung oder Erneuerung von Gerätesensoren erforderlich nach: <ul style="list-style-type: none"> • spätestens nach 10.000 Betriebsstunden oder 2 Jahren • Summe aller Abgleichvorgänge $> 20 \%$ des Messwertes 	
DVGW W 294-1 (2006)	

Messwertabweichung	Maßnahme
$\leq 5 \%$	keine Maßnahme erforderlich
$> 5 \%$ bis $\leq 20 \%$	Abgleich Gerätesensor durch sachkundige Person
Rekalibrierung oder Erneuerung von Gerätesensoren erforderlich nach: <ul style="list-style-type: none"> • Summe aller Abgleichvorgänge $> 20 \%$ des Messwertes 	
W 294-1 (2024)	

› Rekalibrierung des Referenzradiometers ist jährlich erforderlich

NEU: HINWEISE ZU ALGENWACHSTUM UND DESSEN MINIMIERUNG



Reichweite
UVC-
Strahlung

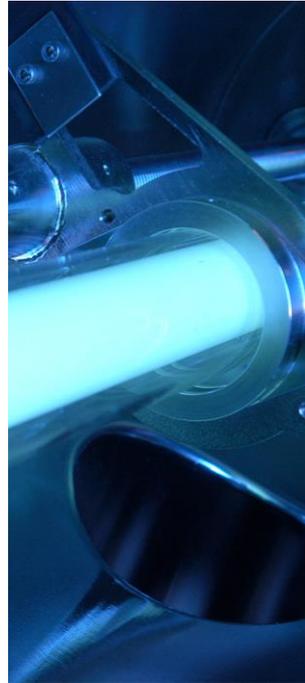
<<

Reichweite
sichtbares
Licht

- › Eingang der Erkenntnisse des DVGW Forschungsprojektes: „Bestandsaufnahme zum Wachstum von Algen im äußeren Wirkungsbereich von UV-Anlagen“

NEU: HINWEISE ZU ALGENWACHSTUM UND DESSEN MINIMIERUNG

- › **Im Rahmen der Neu-Anlagenplanung zu berücksichtigen:**
 - Abschattung von Anschlussverrohrungen
 - Einrichtung eines Reinigungskreislaufes (mit Trennung zum Trinkwasser)
 - ggf. Gestaltung von ausbaubaren Rohrleitungsteilen (zu Reinigungszwecken)
- › **Im Rahmen der Algenvermeidung bei Bestands-Anlagen durchführbar:**
 - nachträgliche Abschattung von Anschlussverrohrungen, soweit baulich möglich
 - ggf. periodische Dosierung chlorhaltiger Desinfektionsmittel
 - ggf. Reinigung ausbarbarer Rohrleitungsteile, soweit baulich möglich
- › **Berücksichtigung bzw. Nachrüstung von Kontrollfenstern zur optischen Kontrolle während des Betriebs**
- › **Monitoring durch Dauerfiltration (z. B. Monatszeitraum)** eines Messwasserstroms mit Edelstahl-Feinfilter (25 µm) möglich; grobe Quantifizierung durch Ausspülung des Filters sowie Mikroskopierung und Auszählung der Algenaggregate



NEU: ANLAGENSPEZIFISCHE RISIKOANALYSE ZUR FREISETZUNG VON QUECKSILBER

- › **Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit anhand örtlicher Gegebenheiten:**
 - unzulässige Krafteinwirkung (Druckstöße, Vibrationen, zu hoher Wasserdurchfluss)
 - Einwirkung von Fremdkörpern (Bruchstücke Zementmörtelauskleidung),
 - Einwirkung von Wischersystemen (in Verbindung mit starken Hüllrohranhaftungen)
 - Materialfehler (Hüllrohre und Lampen)
 - Havarien (Kollision mit Hebe- oder Flurförderzeugen)
- › **Beurteilung des Schadens anhand örtlicher Gegebenheiten:**
 - Abfrage der im Betrieb gasförmig vorliegenden Quecksilbergehalte beim UV-Gerätehersteller
 - Abschätzung von Verdünnungseffekten (Teilströme aus anderen UV-Geräten, Trinkwasserbehälter, Rohrnetz)
 - Möglichkeit der Sedimentation von Glasbruchstücken (Trinkwasserbehälter)
- › **Maßnahmen zur Risikominimierung anhand örtlicher Gegebenheiten:**
 - Verringerung der Schließzeit von Absperrarmaturen (Druckstoßgefahr beachten)
 - Nutzung möglicherweise vorhandener Rückhaltevolumina mit Wasserabschlag
 - Einbau von Feinfiltern zum Rückhalt von Glasbruchstücken (Druckverluste beachten)

ROHS-RICHTLINIE (I)

Regelungen hinsichtlich Quecksilbers in der EU:

a.) Mercury Regulation (EU) 2017/852 (Umsetzung Minamata-Übereinkommen)

b.) RoHS-Richtlinie



„Restriction of Hazardous Substances“ (Beschränkung gefährlicher Stoffe)

- Blei, Quecksilber, Cadmium, Chrom(VI), PBB, PBDE, etc.
- RoHS 1: Richtlinie 2002/95/EG
- RoHS 2: Richtlinie 2011/65/EU

UV-Desinfektionslampen in der EU nicht verboten, da eine zeitlich befristete Ausnahmeregelung in Anhang III der RoHS-Richtlinie diese erlaubt.

RoHS-Richtlinie (III) - Delegierte Richtlinie (EU) 2022/280 der Kommission

Alte Regelung für UV-Niederdrucklampen (vor 2023):

4a.	Quecksilber in anderen Niederdruckentladungslampen (je Lampe)	Unbegrenzte Verwendung bis 31. Dezember 2011; nach dem 31. Dezember 2011 dürfen 15 mg je Lampe verwendet werden.
-----	---	--

Neue Regelung für UV-Niederdrucklampen (ab 2023):

4a.	Quecksilber in anderen Niederdruckentladungslampen (je Lampe) 15 mg	Läuft am 24. Februar 2023 ab.
4a. I	Quecksilber in Niederdruckentladungslampen ohne Leuchtstoffbeschichtung, bei denen die Anwendung es erfordert, dass der Hauptbereich der spektralen Lampenleistung im ultravioletten Spektrum liegt: Je Lampe dürfen bis zu <u>15 mg Quecksilber</u> verwendet werden.	Läuft am 24. Februar 2027 ab. Verlängerung wird beantragt!

 **Kritikpunkt: Pro Lampe, Nicht gekoppelt an Leistung!**

RoHS-Richtlinie (IV) - Delegierte Richtlinie (EU) 2022/279 der Kommission

Alte Regelung für UV-Mitteldrucklampen (vor 2023):

4f.	Quecksilber in anderen Entladungslampen für besondere Verwendungszwecke, die in diesem Anhang nicht gesondert aufgeführt sind	
-----	---	--

Neue Regelung für UV-Mitteldrucklampen (ab 2023):

4f. I	Quecksilber in anderen Entladungslampen für besondere Verwendungszwecke, die in diesem Anhang nicht gesondert aufgeführt sind	Läuft am 24. Februar 2025 ab.
4f. II	Quecksilber in Hochdruckquecksilber(dampf)lampen, die in Projektoren verwendet werden, die eine Leistung ≥ 2000 ANSI-Lumen erfordern	Läuft am 24. Februar 2027 ab.
4f. III	Quecksilber in Hochdrucknatrium(dampf)lampen für die Beleuchtung im Gartenbau	Läuft am 24. Februar 2027 ab.
4f. IV	Quecksilber in Lampen, die Licht im ultravioletten Spektrum emittieren	Läuft am 24. Februar 2027 ab. Verlängerung wird beantragt!

UV-STRAHLUNGSQUELLEN

	Hg-Niederdruck	Hg-Mitteldruck	UV-C-LED
UV Emission	Monochromatisch	Polychromatisch	„Polychromatisch“
Quecksilber	Gebunden (Amalgam) < 15 mg / Lampe	Metallisch (flüssig) 100 - 500 mg / Lampe	-
Elektrische Leistungsaufnahme	1-10 W/cm (max 1 kW / Lampe)	50-250 W/cm (max 10 kW / Lampe)	< 5 W / LED
UV Leistung (mikrobizid)	≈ 30 - 35 %	≈ 5 - 15 %	≈ 1 - 5 %



Ausgereifte Technologie

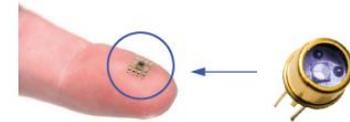
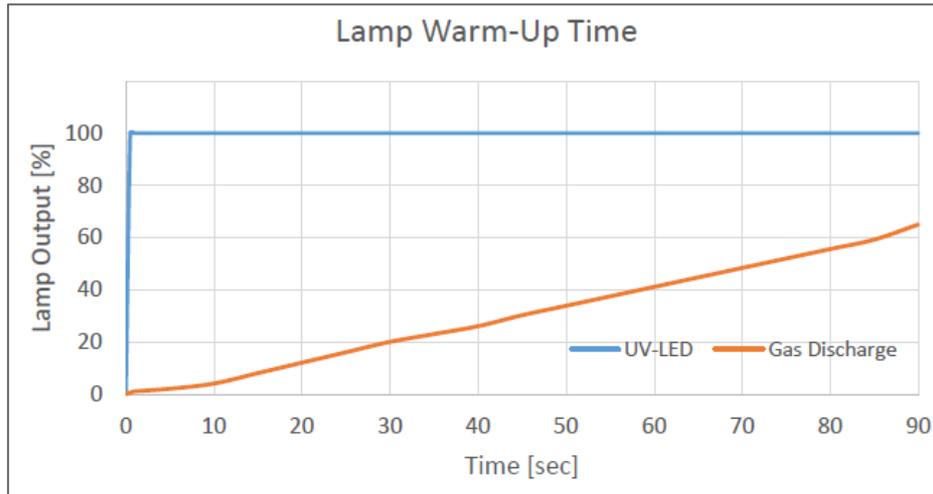
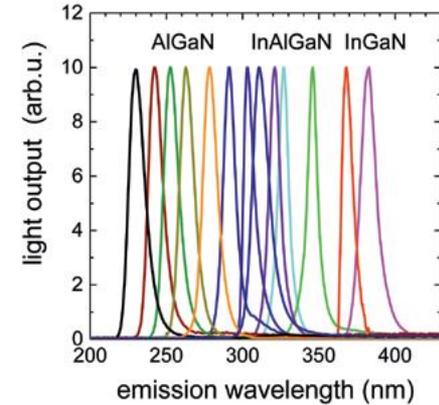


Noch in Weiterentwicklung



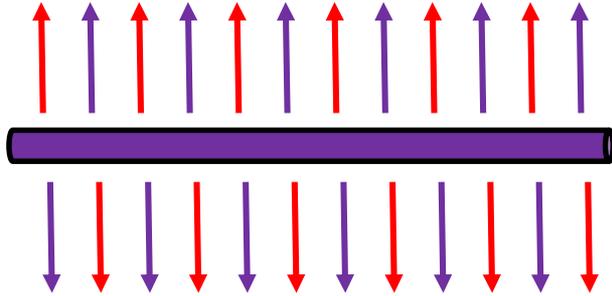
UV-C-LEDs

- Halbleiterkristalle → quecksilberfrei
- Robust, bruchsicher
- Maßgeschneiderte Emissionswellenlängen möglich
- Unempfindlich gegen Ein- und Ausschalten
- Chipfläche $\approx 1\text{mm}^2$ → Punktstrahlungsquellen
- Leistungsregelung: 1 – 100 %
- Keine Aufwärm- und Auskühlzeit



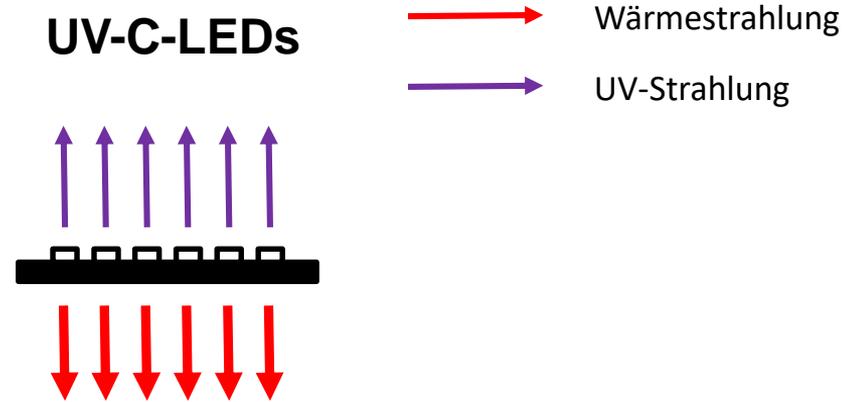
UV-STRAHLUNGSQUELLEN

Hg-Dampf Lampen



- Wärmestrahlung in Richtung der UV-Emission
- Kein zusätzliches Thermomanagement erforderlich

UV-C-LEDs



- Keine Wärmestrahlung in Emissionsrichtung
- Zusätzliches Thermomanagement erforderlich

UV-STRAHLUNGSQUELLEN

Hg-Niederdrucklampe



100 cm

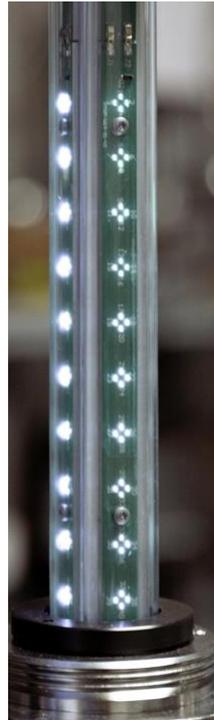
Elektrische Leistungsaufnahme in W	1000
UV Emission in W	≈ 350

Hg-Mitteldrucklampe

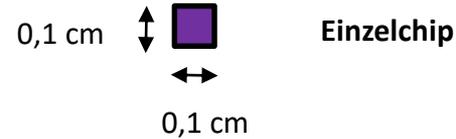


20 cm

Elektrische Leistungsaufnahme in W	2300
UV Emission in W	≈ 350

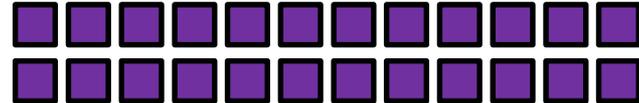


UV-C-LEDs



Elektrische Leistungsaufnahme in W	1
UV Emission in W	≈ 0,05

X 7000



7000 Einzelchips, Anordnung variabel

Elektrische Leistungsaufnahme in W	7000
UV Emission in W	≈ 350

- Andere Strahlungsgeometrie als klassische UV-Lampen
- Kein Retrofit möglich (wie bei Beleuchtung mit LEDs)

ANORDNUNG VON STRAHLUNGSQUELLEN

Konventionelle Systeme



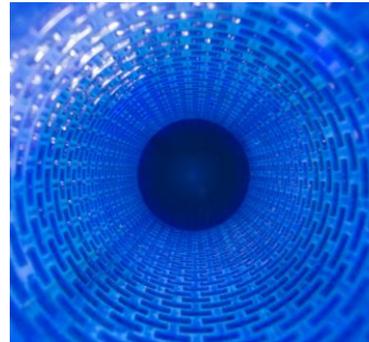
Lampen innerhalb

- UV- und Wärmestrahlung emittieren in gleiche Richtung
- Kühlung durch Wasserstrom durch den Reaktorraum

UV-C-LED Systeme, derzeit



Reaktor aus Edelstahl oder Quarz



Quelle: Typhon Treatment Systems



Quelle: Aquisense Technologies

LEDs als Ring oder Streifen außerhalb
auch „Nachbau“ von Lampen möglich

- UV- und Wärmestrahlung emittieren in entgegengesetzte Richtung
- Separate aktive Kühlung notwendig!
- **Kein Retrofit für konventionelle UV-Systeme**

§ 20 „Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren“ (I)

- Alle eingesetzten Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren in Deutschland müssen den Vorgaben der §-20-Liste vom UBA entsprechen
- UV-Desinfektion einziges Verfahren in Deutschland, dessen Geräte ein Zertifikat benötigen

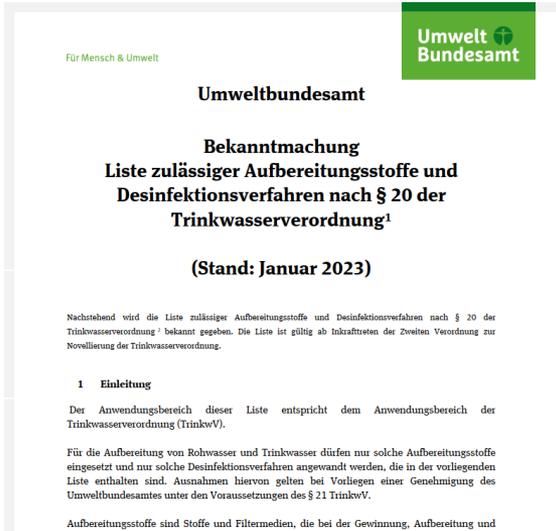
Teil I a: Aufbereitungsstoffe, die als Lösungen oder als Gase eingesetzt werden

Teil I b: Aufbereitungsstoffe, die als Feststoffe eingesetzt werden

Teil I c: Aufbereitungsstoffe, die zur Desinfektion des Wassers eingesetzt werden

Teil II : Desinfektionsverfahren

Teil III : Aufbereitungsstoffe (...) für den zivilen Bedarf im Verteidigungsfall sowie in Katastrophenfällen und Großschadensereignissen (...)



Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

Umweltbundesamt

Bekanntmachung
Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und
Desinfektionsverfahren nach § 20 der
Trinkwasserverordnung¹

(Stand: Januar 2023)

Nachstehend wird die Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren nach § 20 der Trinkwasserverordnung¹ bekannt gegeben. Die Liste ist gültig ab Inkrafttreten der Zweiten Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung.

1 Einleitung

Der Anwendungsbereich dieser Liste entspricht dem Anwendungsbereich der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).

Für die Aufbereitung von Rohwasser und Trinkwasser dürfen nur solche Aufbereitungsstoffe eingesetzt und nur solche Desinfektionsverfahren angewandt werden, die in der vorliegenden Liste enthalten sind. Ausnahmen hiervon gelten bei Vorliegen einer Genehmigung des Umweltbundesamtes unter den Voraussetzungen des § 21 TrinkwV.

Aufbereitungsstoffe sind Stoffe und Filtermedien, die bei der Gewinnung, Aufbereitung und

TZW

Rechtlicher Zusammenhang – § 20 „Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren“ (II)

Teil II: Desinfektionsverfahren; Stand Januar 2023

10	UV-Bestrahlung (240-290 nm)	Desinfektion	DVGW-Arbeitsblätter W 294-1, W 294-2, W 294-3 DIN 19294-1, DIN 19294-2	Anlagenspezifisch	Es sind nur UV-Desinfektionsgeräte zulässig, für die nach DVGW-Arbeitsblatt W 294-2 (A) oder DIN 19294-1 im Rahmen einer biosimmetrischen Prüfung eine Desinfektionswirksamkeit von mindestens 400 Joule/m ² (bezogen auf 254 nm) erfolgreich nachgewiesen wurde. Die für das jeweilige Gerät im Prüfbericht sowie im Zertifikat eines akkreditierten Branchen Zertifizierers angegebenen Betriebskennwerte (max. Durchfluss und zugehörige Mindestbestrahlungsstärke) sind im Betrieb einzuhalten.	Das Desinfektionsverfahren ist nicht anwendbar für die Aufrechterhaltung einer Desinfektionskapazität im Leitungsnetz (vgl. § 23 TrinkwV).
----	-----------------------------	--------------	---	-------------------	--	--

WIRD AUCH FÜR UV-C-LED-GERÄTE GELTEN!!!

- Anforderungen an in Deutschland zulässige UV-Geräte:
- Biosimmetrische Prüfung erforderlich:
 - → Desinfektionswirksamkeit von mindestens 400 Joule/m² (bezogen auf 254 nm)
 - → Zertifikat eines akkreditierten Branchen zertifizierers (z. B. DVGW-Cert GmbH)
- Aktuelles Problem: Prüfnorm für UV-C-LED-Geräte existiert noch nicht
- F&E-Projekt „DINoLED“ wurde durchgeführt, um die Basis einer solchen Prüfnorm zu für UV-C-Geräte zu schaffen

ERSTELLUNG NORMENTWURF - HERANGEHENSWEISE

- Beibehaltung des mit der DIN 19294 eingeführten grundlegenden Prüf- und Charakterisierungskonzeptes für UV-Geräte und deren Komponenten
- Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen der § 20 Liste nach Trinkwasserverordnung
- Berücksichtigung der Eigenschaften von UV-LEDs (UV-Leistung, Strahlungseigenschaften, spektrale Emission usw.)
- Festlegung von Anforderungen / Toleranzen an relevante Komponenten (UV-LEDs, UV-Sensoren)
- Anpassung des bestehenden sensorbasierten Überwachungskonzeptes für Plasmastrahler an viele UV-LED-Punktquellen

ZUSAMMENFASSUNG

- Überarbeitung der Arbeitsblattreihe W 294 (2006)
- Regelungen hinsichtlich Quecksilber in der EU: UV-Desinfektionslampen formal in der EU verboten, jedoch existiert eine zeitlich befristete Ausnahmeregelung in Anhang III der RoHS-Richtlinie
- UV-C-LEDs als potentielle Alternative für Hg-Dampf lampen
- Einsatz von UV-C-LEDs zur Trinkwasserdesinfektion in der öffentlichen Wasserversorgung ist derzeit noch nicht zulässig
- Erstellung einer DIN-Norm zur Prüfung und Zertifizierung notwendig
→ Bearbeitung erfolgt derzeit im DIN NA 119-07-15-02 PK UV-Desinfektion

IMMER AUF DEM NEUSTEN STAND: THEMENSEITE „UV-DESINFEKTION IN DER WASSERVERSORGUNG“

- zu erreichen unter „[dvgw.de/uv](https://www.dvgw.de/uv)“ (auch auf Englisch: „[dvgw.de/uvdisinfection](https://www.dvgw.de/uvdisinfection)“)
- Aktueller Überblick über den Übergang DVGW W 294-2 (A) → DIN 19294-Reihe



The image shows a screenshot of the DVGW website's article page. At the top, there is a dark blue navigation bar with white text for 'DER DVGW', 'THEMEN', 'LEISTUNGEN', 'Mein DVGW', 'BLOG', and 'SUCHEN' with a magnifying glass icon. Below the navigation bar is a large photograph of a UV disinfection plant, showing large stainless steel pipes and cylindrical vessels. To the right of the photo, the article title 'UV-Desinfektion in der Wasserversorgung' is displayed in a large, bold, blue font. Below the title, the subtitle 'Technische Klarstellung zur Benutzung von UV-Geräten in der öffentlichen Wasserversorgung' is written in a smaller, dark blue font. At the bottom of the article content area, the text 'UV-Desinfektionsanlage; © Wasserwerk Fröndenberg-Menden GmbH' is visible. A dark blue footer bar at the very bottom contains the breadcrumb trail: 'STARTSEITE > THEMEN > WASSER > WASSERWERK UND AUFBEREITUNG > UV-DESINFEKTIONSGERÄTE'.



Subscribe to our
newsletter
TZW NEWS.
Registration at
www.tzw.de

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser (German Water Centre)

Dr. Jutta Eggers / Test centre

Head of Section UV testing and processes

Wasserwerkstr. 4 / 76137 Karlsruhe / Germany

T +49 (0)721 93163-52 / F +49 (0)721 93163-99

jutta.eggers@tzw.de / www.tzw.de