

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 73 (1981)
Heft: 5-6

Artikel: Experimentelle Prüfung eines UV-Wasserentkeimungsgerätes Typ UA-C 13
Autor: Mechsner, Klaus / Kuse, Dieter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941327>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Experimentelle Prüfung eines UV-Wasserentkeimungsgerätes Typ UA-C 13

Klaus Mechsner und Dieter Kuse

Zusammenfassung

Das UV-Wasserentkeimungsgerät UA-C 13 von Brown Boveri wurde bei der EAWAG für Wasserdurchsätze zwischen 30 und 200 m³/h auf seine Entkeimungswirksamkeit geprüft. An Grundwasser mit Beimischungen von häuslichem Abwasser wurden die prozentualen Abtötungsraten des Gesamtkremspektrums und der coliformen Keime bei verschiedenen künstlich eingestellten UV-Durchlässigkeiten des Wassers bestimmt. Die Ergebnisse sind in Form von Abtötungskurven dargestellt.

Résumé: Examen expérimental d'un appareil de stérilisation d'eau par rayons UV

L'appareil de stérilisation d'eau par rayons UV, type UA-C 13 de Brown Boveri a été essayé par l'IFAEP quant à l'efficacité de la stérilisation obtenue, pour des débits d'eau compris entre 30 et 200 m³/h. Le taux de destruction des germes saprophytes et des germes coliformes a été déterminé dans une eau phréatique additionnée d'eau usée ménagère, pour différentes transparencies aux UV ajustées artificiellement. Les résultats sont indiqués sous forme de courbes de destruction de germes.

Summary: Experimental Testing of a UV Water Sterilization Unit

The water sterilization unit UA-C 13 from Brown Boveri was tested by the EAWAG with regard to its bactericidal effect for water flow rates between 30 and 200 m³/h. The percentage reduction rates of the total germ spectrum and the coliform germs were determined for various artificially obtained UV transmittances of ground water mixed with domestic wastewater. The results are presented in the form of survival curves.

Einleitung

Für den Einsatz ihrer Hochleistungs-Quecksilber-Niederdruckstrahler auf dem Gebiet der Ultraviolett-Wasserentkeimung hat Brown Boveri das UV-Wasserentkeimungsgerät UA-C 13 entwickelt [1]. Mit 165 Watt keimtötender Strahlungsleistung zählt es zu den leistungsstärksten seiner Art, die gegenwärtig serienmäßig erhältlich sind. Ausgerüstet mit nur einem Strahler, zeichnet es sich im Vergleich zu sonst in dieser Leistungsklasse üblichen Vielstrahleranordnungen durch geringen Platzbedarf, einfache Konstruktion und leichte Installierbarkeit aus.

Bei der Wasserentkeimung durch ultraviolette Strahlen hängt die pro Kubikmeter Wasser aufzuwendende Strahlungsenergiemenge grundsätzlich von folgenden Faktoren ab:

- Emissionsspektrum der UV-Strahlenquellen
- Keimgehalt des Wassers
- UV-Strahlenempfindlichkeit der Keime
- Zulässiger Keimgehalt des Wassers nach Bestrahlung
- Exposition der Keime (Produkt von Bestrahlungsstärke und Zeit)

- UV-Durchlässigkeit des Wassers, abhängig vom Gehalt an gelösten und ungelösten Fremdstoffen
- Bauart des Entkeimungsgerätes

Je nach Anwendungszweck (zum Beispiel Entkeimung von Trinkwasser, Abwasser, Prozess- oder Kühlwasser in der Industrie, Schwimmbadwasser, Wasser für Fischzuchten usw.) und je nach den Verhältnissen im Einzelfall kann die zulässige Durchflussleistung für ein gegebenes Gerät deshalb in weiten Grenzen verschieden sein.

Wir berichten hier über Entkeimungstests mit dem Gerät UA-C 13 bei Wasserdurchsätzen zwischen 30 und 200 m³/h unter Bedingungen, wie sie für den Einsatz in Trinkwasserversorgungsanlagen vorliegen.

Das Entkeimungsgerät UA-C 13

Der Strahler, ein von Brown Boveri entwickelter neuartiger Quecksilberdampfbrenner [2], emittiert das für Hg-Niederdruckentladungen typische Linienspektrum mit der keimtötend wirksamen Resonanzlinie der Wellenlänge $\lambda = 254$ nm [3, 4, 5] jedoch mit einem Strahlungsfluss, der pro Zentimeter Entladungsrohrlänge um etwa einen Faktor zehn bis fünfzehn grösser ist als bei konventionellen Hg-Niederdruckstrahlern. Der Strahler ist mit seiner Längsachse senkrecht zur Strömungsrichtung in ein vom Wasser durchströmtes, gerades Druckrohr eingesetzt (Bild 1). Er wird durch ein druckdicht eingebautes Schutzrohr aus UV-durchlässigem Quarzglas vom Wasser getrennt. Durch ein in der Wand der Bestrahlungskammer angebrachtes UV-durchlässiges Fenster überwacht ein selektiv für die keimtötende UV-C-Strahlung empfindlicher Photodetektor die Intensität der an der Wand noch an kommenden Strahlung. Er erfasst also sowohl die UV-Emission des Strahlers als auch eventuelle Intensitätsverluste durch Verschmutzung des Quarz-Schutzrohres oder durch reduzierte UV-Durchlässigkeit des Wassers. Das Detektionssystem ist mit einem einstellbaren Grenzwertschalter ausgerüstet, der dem Anwender die Möglichkeit bietet, einen Alarm oder sonstige Vorgänge auszulösen, sobald die UV-Bestrahlungsstärke einen vorgeählten Wert unterschreitet. Gegenüber einer bereits früher beschriebenen Ausführung [1] wurde das Gerät ergänzt durch Einbau von Strömungsleitblechen und Vorschalten eines turbulentzerzeugenden Gitters (Bild 1). Diese Einbauten, deren Gestaltung in Strömungs-kanalversuchen optimiert wurde, haben den Zweck, die Durchmischung des Wassers in der Bestrahlungskammer zu intensivieren und eine gleichmässigere Bestrahlung aller das Gerät passierenden Wasservolumenelemente zu erreichen. Über die technischen Daten gibt Tabelle 1 Auskunft.

Bild 1. BBC-Wasserentkeimungsgerät UA-C 13. Rechts Speisegerät PU 13 mit Strahlerstromanzeige und Betriebsstundenzähler, links Bestrahlungseinheit mit UV-Überwachungsgerät und vorgesetztem Gitter zur Turbulenzerzeugung.

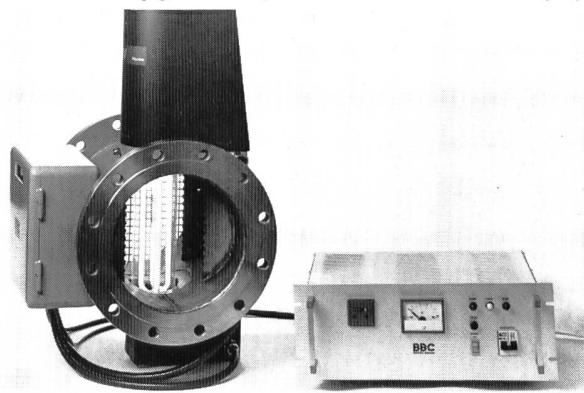


Tabelle 1. UV-C-Wasserentkeimungsgerät UA-C 13, Technische Daten.

Anschlussflansche	G-10/250/273°
Durchflussrohr Nennweite	250 mm
Länge von Flansch zu Flansch	400 mm
Nenndruck	10 bar
Prüfdruck	16 bar
Druckabfall bei 150 m³/h Durchfluss	0,01 bar
Spannung	220 V/50 Hz
Leistungsaufnahme	800 W
Strahlertyp	XI 4-25
UV-Strahlungsfloss des Strahlers ($\lambda = 254 \text{ nm}$)	165 W

*Einbau in Rohrleitungen anderer Durchmesser mit Hilfe von gesondert spezifizierten Übergangsstücken möglich.

Tabelle 2. Versuchswasser-Kurzanalyse

Gesamthärte	frz. H°	17,0	Gelöster P	mg P/kg	0,030
Carbonathärte	frz. H°	14,4	Chlorid	mg Cl/kg	6,0
Nitrit	mg N/kg	0,001	Kieselsäure	mg H ₄ SiO ₄ /kg	4,0
Nitrat	mg N/kg	1,0	DOC		
Ammonium	mg N/kg	0,115	Org. Kohlenstoff	mg C/kg	0,5

Entkeimungsversuche

Als Versuchswasser verwendeten wir Grundwasser, dem wir zur Verkeimung ein Prozent vorgereinigtes häusliches Abwasser und gegebenenfalls eine in Vorversuchen bestimmte Menge gelösten Kaffee-Extrakts zur Einstellung

der UV-Transmission des Wassers beimischten. Die Mischung wurde in einem 100 m³ fassenden Betonbehälter angesetzt und anschliessend mehrmals umgewälzt. Der Chemismus dieses Wassers ist in Tabelle 2 angegeben. Wir haben uns mit einer einmaligen Stichprobe begnügt, weil eine laufende Überwachung des Grundwassers eine nahezu konstante Zusammensetzung ergab und diese durch die einprozentige Abwasserzugabe nur unwesentlich beeinflusst wurde.

Eine Niederdruck-Zentrifugalpumpe mit 0 bis 250 m³/h Förderleistung pumpte den Beckeninhalt über ein Röhrensystem mit Keilschieber und Wasserzähler durch das zu prüfende Entkeimungsgerät.

Zur Probenahme waren am Ein- und Auslauf der Bestrahlungseinheit Messinghähnen installiert, die nach vorgängigem Abflammen während des Versuchs ständig liefen. Bei jeder eingestellten Durchflussgeschwindigkeit wurden am Ein- und Auslauf des Entkeimungsgerätes je drei Proben genommen.

Während der Bestrahlungsversuche überwachten wir kontinuierlich die Trübung des Wassers mit einem Trübungsmessgerät Siegrist UP 51-T 65. Die UV-Transmission bei der Hg-Resonanzwellenlänge $\lambda = 254 \text{ nm}$ wurde in Stichproben mit einem Zeiss-Spektralfotometer PMQ II gemes-

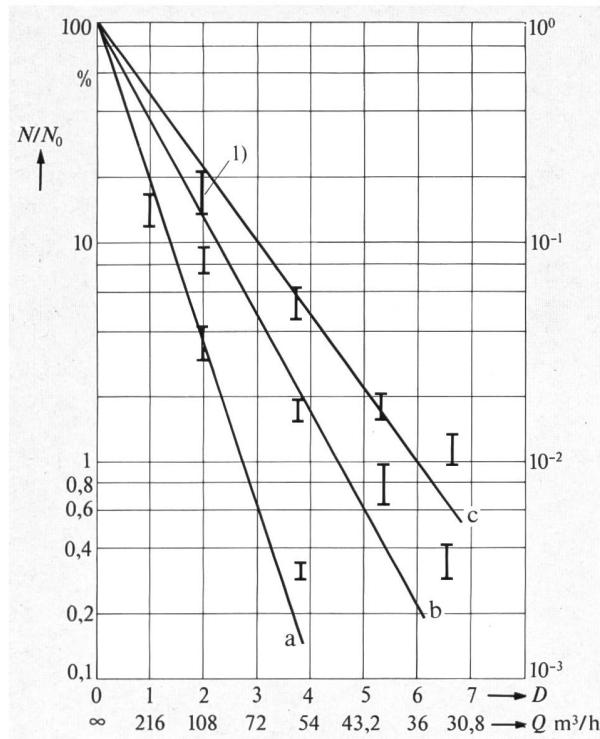


Bild 2 – Abtötungskurven für Gesamtkeimzahl (Saprophyten)

Überlebensrate $\frac{N}{N_0}$ in Abhängigkeit von der relativen Bestrahlungsdauer D bei verschiedenen Transmissionen als Parameter

N = Keimkonzentration nach Bestrahlung

N_0 = Keimkonzentration vor Bestrahlung

Q = Wasserdurchsatz

$$D = 216 \cdot \frac{1}{Q} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Kurve	Transmission durch 5-cm-Schicht	Trübung entsprechend
a	87%	—
b	39%	5,2 ppm SiO ₂
c	35%	1,5 ppm SiO ₂

1) Streubreite der Messungen

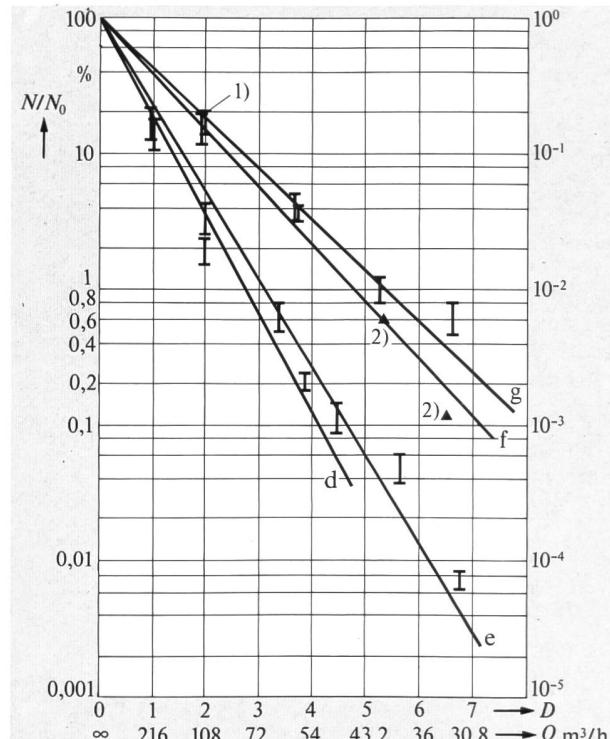


Bild 3 – Abtötungskurven für coliforme Keime

Überlebensrate $\frac{N}{N_0}$ in Abhängigkeit von der relativen Bestrahlungsdauer D bei verschiedenen Transmissionen als Parameter

N = Keimkonzentration nach Bestrahlung

N_0 = Keimkonzentration vor Bestrahlung

Q = Wasserdurchsatz

$$D = 216 \cdot \frac{1}{Q} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Kurve	Transmission durch 5-cm-Schicht	Trübung entsprechend
a	87%	—
b	84%	0,9 ppm SiO ₂
c	39%	5,2 ppm SiO ₂
d	35%	1,5 ppm SiO ₂

1) Streubreite der Messungen

2) Schätzwerte, da Filter stark überwachsen

sen. Die Einstellung der vorgesehenen Transmissionswerte mittels Kaffee-Extrakt erwies sich als schwierig, da die schwankende Trübung des zudosierten Abwassers die Transmission des Versuchswassers unvorhersehbar beeinflusste. Die Versuchsreihen wurden dementsprechend bei Transmissionen von 87, 84, 39 und 35%, gemessen mit 5 cm Schichtdicke, jedoch bei unterschiedlichen Trübungen durchgeführt.

In den Wasserproben bestimmten wir den Gesamtkeimgehalt und den Gehalt an coliformen Keimen. Als Nährboden zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl diente Difco Plate Count Agar, bebrütet 120 Stunden bei 20°C. Um gut auszählbare Koloniezahlen zu erhalten, arbeiteten wir mit verschiedenen Verdünnungsstufen in sterilem m/75-PO₄-Puffer pH 7,0. Die Coliformen-Zahl wurde durch Direktzählung mit der Membranfiltermethode bestimmt (Membranfilter Millipore HAWG, mittlerer Poredurchmesser 0,45 µm, Difco Endo Agar).

Ergebnisse

Die Gesamtkeimkonzentration vor der Bestrahlung betrug bei den verschiedenen Wasseransätzen zwischen 49 000/ml und 394 000/ml. Die entsprechenden Zahlen für die coliformen Keime lauten 800/ml bis 3500/ml. Die Bilder 2 und 3, in denen die Ergebnisse der Entkeimungsversuche grafisch zusammengefasst sind, stellen Abtötungskurven dar, die den Einfluss des Wasserdurchsatzes auf die Überlebensrate der untersuchten Keimarten veranschaulichen.

Unter der Voraussetzung, dass die applizierte UV-Dosis umgekehrt proportional zum Wasserdurchsatz ist, erwartet man eine exponentielle Abnahme der Überlebensrate mit dem Kehrwert des Wasserdurchsatzes [3, 4, 5]. Dies ist bei den Kurven in den Bildern 2 und 3 recht gut erfüllt, besonders bei der mit einer grösseren Anzahl von Messpunkten belegten Coliformen-Kurve für 84 % Transmission (Bild 3). Das deutet auf eine einwandfreie und gleichmässige Funktion des Gerätes über den gesamten Bereich der getesteten Strömungsgeschwindigkeiten hin, erleichtert die praktische Interpretation der Ergebnisse und erlaubt es, die Leistungsgrenzen des getesteten Gerätes unter verschiedenen Bedingungen sicher festzulegen.

Ein Vergleich der Kurven in den Bildern 2 und 3 zeigt, dass sich die UV-Empfindlichkeit der Coliformen kaum von der des Gesamtkeimspektrums unterscheidet. Es scheint, dass die Coliformen, repräsentiert durch ein Gemisch nahverwandter Enterobakterien, wesentlich widerstandsfähiger sind als die üblicherweise getesteten Coli-Labostämme. Die bei den nahe benachbarten Transmissionswerten von 39 und 35% gemessenen Überlebensraten unterscheiden sich nur wenig voneinander, trotz den bei diesen beiden Messreihen sehr verschiedenen Trübungswerten. Dieses Ergebnis ist wesentlich. Die Transmissionmessung erfasst sowohl die Lichtabsorption durch gelöste Wasserinhaltsstoffe als auch die Lichtschwächung durch Streuung an suspendierten Partikelchen. Es wurde befürchtet, dass solche Teilchen im Wasser ausser einer allgemeinen Reduktion der UV-Transmission noch weitere Behinderungen der UV-Entkeimung bewirken, indem sie zum Beispiel Keime gegen direkte Bestrahlung abschirmen. Das oben erwähnte Ergebnis zeigt, dass solche zusätzlichen negativen Effekte der Trübung bei unseren Versuchen nicht auftraten.

Die Kurven in den Bildern 2 und 3 gelten für ein Gerät mit einem neuen Strahler. Die Strahlerintensität nimmt, wie bei allen Entladungslampen, mit zunehmender Betriebsdauer allmählich ab. Dieser Intensitätsabfall, der durch den Foto-

detektor des Gerätes UA-C 13 allerdings überwacht wird, beträgt etwa 50% nach 4000 Stunden. Der Intensitätsabfall, bis zu dem der Strahler betrieben werden soll, ist bei der Auslegung der Anlagenbelastung in Rechnung zu stellen.

Schlussfolgerung

Mit den hier vorgelegten Testresultaten, die unter praxisnahen Bedingungen mit natürlichen Keimgemischen erhalten wurden, steht für das BBC-UV-Wasserentkeimungsgerät UA-C 13 eine experimentelle Grundlage für die Bemessung der Gerätebelastung unter definierten Voraussetzungen zur Verfügung.

Prof. Dr. K. Wuhrmann danken wir für wertvolle Anregungen und Diskussionen zur Durchführung der Experimente.

Literaturverzeichnis

- [1] D. Kuse: Wasserentkeimungsstufe UA-C 13. Brown Boveri Mitt. 66 1979 (1) 34-36.
- [2] G. Brändli: Neue Quelle für intensive, kurzwellige Ultravioletstrahlung. Brown Boveri Mitt. 62 1975 (5) 206-209.
- [3] M. Luckiesh: Applications of germicidal, erythermal and infrared energy. Norstrand Comp., New York 1946.
- [4] K. Wuhrmann: Ergebnisse neuerer Arbeiten über verschiedene Verfahren zur Desinfektion des Wassers. Schweiz. Z. für Hydrologie 19, 1957, 108-134.
- [5] J. Kiefer: Ultraviolette Strahlen. Verlag Walter de Gruyter, Berlin und New York, 1977.

Dieser Beitrag wurde der BBC-Druckschrift Nr. CH-E 3.30441.0 D entnommen.

Adressen der Verfasser: Dr. Klaus Mechsner, EAWAG, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf, und Dr. Dieter Kuse, BBC, Brown Boveri & Cie. AG, CH-5401 Baden.

Nutzen der Gezeiten zur Energieerzeugung

Zusammenfassung eines Vortrages von Helmut Miller, dipl. Ing., Escher-Wyss AG, Zürich, gehalten am 24. März 1981 vor dem Linth-Limmattverband

Die Anziehungskräfte von Sonne und Mond bewegen auf der Erde die grossen Wassermassen in einem 12,4-Stundenzyklus in die eine oder andere Richtung. Je nach Stand von Sonne und Mond, je nach Lage und Form der Küsten ergeben sich zwischen Ebbe und Flut Niveauunterschiede bis zu 20 m. Es werden enorme Wassermassen hin und her, auf und ab bewegt, und mit Gezeitenkraftwerken zwischen 10 und 300 000 MW könnten diese sehr grossen Energiequellen genutzt werden.

Bis heute scheiterten die meisten Projekte an der Wirtschaftlichkeit. Die Gestaltungskosten für Dämme, Wehre und Krafthäuser sind hoch. Die Ausnutzung von Ebbe und Flut ist im Einzelfall nur zu etwa 40% möglich, und die intermittierende Produktion verlangt zusätzliche Speichermöglichkeiten, damit eine ausgeglichene Energieversorgung garantiert werden kann.

Technische Fortschritte lassen Kostensenkungen beim Bau von Gezeitenkraftwerken erwarten: Dämme können durch Sprengungen aufgeschüttet werden; die Caissonbauweise bringt beim Bau der Zentralen Vorteile, und mit dem Einbau von Straflo-Turbinen-Einheiten können die Abmessungen der Zentralen verkleinert werden. Die weiterhin zu erwartende Energiepreisseigerung erhöht die Gesamtwirtschaftlichkeit von Gezeitenkraftwerken, die von den «Alternativlösungen» zur Energiegewinnung, wie Meereströmung, Wellen, Wind, Sonne und Erdwärme, an vorderster Stelle rangieren.