

Wasser mit ultravioletten LEDs umweltfreundlich reinigen

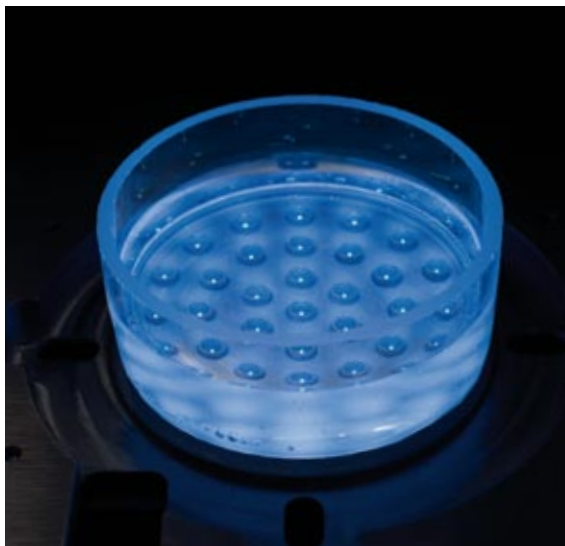
UV-Licht kann Keime im Wasser unschädlich machen. Verwendet man dafür Leuchtdioden, ist dies eine umweltfreundliche und unkomplizierte Methode.

Sauberes Trinkwasser ist in vielen Regionen dieser Welt ein kostbares Gut. Laut WHO haben weltweit mehr als 1,1 Milliarden Menschen keinen regelmäßigen Zugang zu sicherem Trinkwasser¹. Auch in Schwellenländern und selbst in Industrienationen, etwa in Südeuropa, ist die Versorgung mit sauberem Trinkwasser nicht überall gesichert. Eine kostengünstige und sichere Methode, Trinkwasser lokal zu entkeimen, könnte dieses Problem lösen. Eine Forschergruppe am Ferdinand-Braun-Institut und der TU Berlin arbeitet daran, Wasser umweltfreundlicher und unkomplizierter als bisher mit ultravioletten Leuchtdioden (UV-LEDs) zu desinfizieren. Nach Dosierungstests mit stehendem Wasser wurden nun erste vielversprechende Untersuchungen mit langsam fließendem Wasser durchgeführt.

Bei der Wasseraufbereitung in entwickelten Ländern wird Wasser häufig mit ultraviolettem Licht bestrahlt. Mit der richtigen Dosis und Wellenlänge eignet sich UV-Licht hervorragend, um Mikroorganismen wie Bakterien, Viren und Sporen zu deaktivieren. Die Bestrahlung zerstört das Erbgut und verhindert dadurch die Vermehrung der Organismen. Insbesondere Licht im Wellenlängenbereich zwischen 200 und 300 Nanometern (nm) mit einem ausgeprägten Maximum bei circa 265 nm eignet sich dafür. Die

optimale Wellenlänge kann je nach Mikroorganismus leicht variieren. Konventionell wird dieses UV-Licht mit Niederdruck-Quecksilberdampf lampen erzeugt, die Licht bei 254 nm aussenden, was jedoch leicht unterhalb der optimalen Wellenlänge liegt. Diese Lichtquellen belasten allerdings die Umwelt mit dem Schwermetall Quecksilber und haben nur relativ geringe Lebensdauern mit einer aufwändigen Alterungsüberwachung. Sie benötigen lange Aufwärmzeiten und können durch ihre sperrige Größe nicht flexibel eingesetzt werden.

Eine neuartige alternative Methode zur Erzeugung von UV-Licht basiert auf InAlGaN-Leuchtdioden. Gruppe III-Nitrid-Halbleitermaterialien, wie hier Indium (In), Aluminium (Al) und Galliumnitrid (GaN) sind dafür ideal geeignet: Durch die Legierung von GaN mit Al lassen sich deren Emissionswellenlängen bis in den fernen UV-Bereich verschieben – damit lassen sich im Prinzip der gesamte UV-A, UV-B und große Teile des UV-C Spektralbereiches bis 210 nm abdecken. So kann die Emissionswellenlänge an die verschiedenen Zielorganismen angepasst werden. Dies ist mit herkömmlichen Quecksilberdampf lampen nicht möglich. Weitere Vorteile von LEDs sind, dass sie keine Aufwärmphase benötigen, langlebig, sehr kompakt und nicht giftig sind. UV-LEDs können außerdem mit geringen Gleichspannungen betrieben werden, sodass sie ohne größeren Aufwand in autarken, solarbetriebenen Anlagen einsetzbar sind – dies macht sie für Anwendungen in Ländern ohne geregelte Stromversorgung attraktiv.



a



b

Abb. 1: Wasserdesinfektionsmodul der zweiten Generation (a) statisch und (b) Durchflussaufsatz.

Fotos: FBH/schurtan.com

Für erste statische Desinfektionstests haben die Wissenschaftler ein UV-LED-Modul mit einer Wellenlänge von 268 nm entwickelt. Sie haben Wasser verschiedenster Qualität, unter anderem deionisiertes Wasser, Leitungswasser und geklärtes Abwasser, mit Sporen des Bacillus Subtilis versetzt. Nach Bestrahlung mit unterschiedlichen UV-C-Lichtdosen wurden jeweils kleinere Mengen Wasserproben entnommen, um die Sporenzahl zu bestimmen. Diese Tests zeigten, dass die Deaktivierung von Bacillus Subtilis Sporen mit UV-C-LEDs mindestens so effizient ist wie mit herkömmlichen Niederdruck-Quecksilberdampflampen.



Foto: Fotolia (Armanada)

Nach diesen ersten erfolgreichen Tests hat das Team ein zweites, kompakteres Modul entwickelt. Bei diesem Modul wurden UV-LEDs mit einer Emissionswellenlänge bei 282 nm integriert und die LEDs im Array konzentrisch (Abb. 1a) angeordnet. Abb. 2 zeigt das Ergebnis für deionisiertes Wasser, wobei die logarithmische Reduktion der Sporen über der Bestrahlungsstärke für drei verschiedene Messreihen dargestellt ist. Nach einer UV-Bestrahlungsdosis von 400 J/m², das entspricht einer Zeit von knapp 5 Minuten, wurde die für die Wasserentkeimung erforderliche Reduktion der Sporenanzahl um vier Größenordnungen erreicht. Mit einem speziell konzipierten Durchflussaufsatz – einem UV-reflektierenden Aluminiumblock, in den schneckenförmig Wasserkanäle eingefräst sind (Abb. 1b) – waren weitere Desinfektionsuntersuchungen bei fließendem Wasser möglich. Für die Durchflusstests wurden Experimente mit deionisiertem Wasser bei verschiedenen Flussraten durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Inaktivierung der Bacillus Subtilis Sporen etwas geringer ist als bei den statischen Tests. Dennoch konnte die erforderliche Reduktion der Sporen um drei Größenordnungen bei Durchflussraten von knapp 11 ml/min. erreicht werden. Die generelle Einsatzfähigkeit von UV-C-LEDs im Bereich der Wasserdesinfektion konnte somit für kleine Wassermengen nachgewiesen werden.

werden. Derzeit liegen die Effizienzen noch bei wenigen Prozent und die Ausgangsleistungen im mw-Bereich. Gelingt es, diese Herausforderungen zu meistern, stünde mit hocheffizienten GaN-basierten UV-Leuchtdioden künftig eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Quecksilberdampflampen zur Verfügung. Damit wären komplett neue Lösungen zur Trinkwasserentkeimung möglich, die sowohl in Flugzeugen zur mobilen Wasseraufbereitung eingesetzt werden könnten als auch in Regionen, die bislang von der Versorgung mit sauberem Wasser abgeschnitten sind. *Tim Kolbe, Petra Immerz*

Diese Arbeit erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Wasser Berlin und wurde von der Europäischen Union im Rahmen des FP6 TECHNEAU Projekt und Veolia Water unterstützt.

1 „Water for Life: Making it happen“, World Health Organization and UNICEF, WHO Press, ISBN 9241562935 (2005)

Die Wissenschaftler am Ferdinand-Braun-Institut und an der TU Berlin arbeiten nun daran, die Leistungen und Effizienzen der UV-LEDs zu steigern. Auf diese wichtigen Parameter zielen mehrere Forschungsvorhaben. Diese betreffen sowohl das Material selbst, indem etwa die Lichtausbeute aus dem Halbleiterchip erhöht und die Defektdichte in den AlGaIn-Schichten reduziert werden soll. Darüber hinaus soll durch Anpassungen im Aufbau die Effizienz durch eine bessere Wärmeextraktion gesteigert

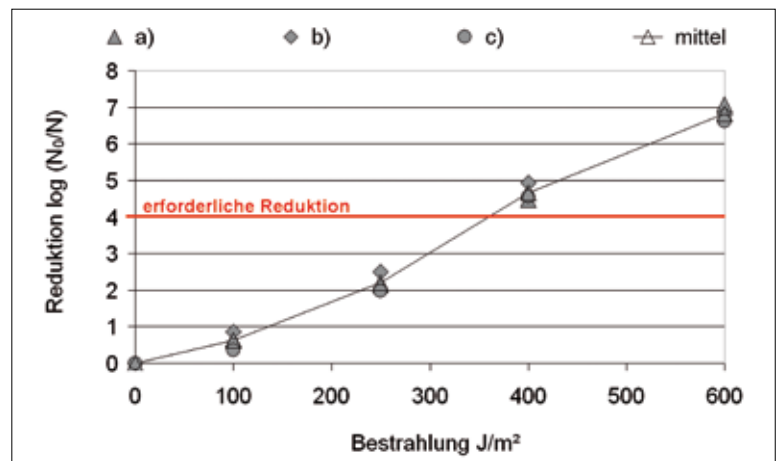


Abb. 2: Messung zur Inaktivierung der Bacillus Subtilis Sporen (Modul der zweiten Generation).

Abb.: A. Wärrle/TU Berlin