



**DAfP**

Deutsche Akademie  
für Photobiologie und  
Phototechnologie e.V.

Gesellschaft für technische und medizinische Anwendungen optischer Strahlung

## VORTRAGSMAPPE

**DAfP**

**Deutsche Akademie für Photobiologie  
und Phototechnologie e. V.**

Gesellschaft für technische und medizinische  
Anwendung  
optischer Strahlung

**14. Symposiums der DAfP**

**„Optische Strahlung-  
Messung und ausgewählte  
Anwendungen“**

**am 02. und 03.07.2009**

Hotel Mercure  
10115 Berlin



## Inhalt

Dr. Saulius Nevas, PTB Braunschweig <b>Messmethoden zur Kalibrierung physikalischer Radiometer</b>	<b>5</b>
Dipl.-Chem. Anke Drewitz, GMBU Jena Dr. W.-D. Schmidt, GMBU Jena <b>Chemische Aktinometrie im UV – Grundlagen und Anwendungsbeispiele</b>	<b>7</b>
Dipl.-Ing. Karl-Heinz Meyer <b>Desinfektion durch große UVC-Bestrahlungsstärken für kurze Verweilzeiten</b>	<b>8</b>
Prof. Dr. Wolfgang Heering, LTI Universität Karlsruhe <b>Aktinische Radiometer</b>	<b>9</b>
Dipl.-Chem. Oluf Hoyer, Wahnbachtalsperrenverband <b>Trinkwasserdesinfektion mit UV-Strahlung – hygienische und technische Aspekte</b>	<b>11</b>
Volker Adam, Heraeus Noblelight GmbH <b>Desinfektion von Packstoffen – schnell, kalt und ohne Chemikalien mit BlueLight® UV-Kassetten</b>	<b>12</b>
Dr. Markus Roth, Osram GmbH <b>Einsatz optischer Strahlung in der Lebensmittelindustrie</b>	<b>14</b>
Bastian Engel, UV-Consulting Peschl <b>UV-Luftentkeimung im medizinischen und technischen Bereich</b>	<b>15</b>
Prof. Donat Häder, Universität Erlangen <b>Bekämpfung von menschlichen und tierischen Parasiten mit Hilfe photodynamischer Effekte</b>	<b>17</b>
Dr. rer. nat. Elke Rabbow, Institut für Luft- und Raufahrtmedizin <b>Der DLR-Biofilm - Funktion und Anwendung</b>	<b>18</b>
Claudia Ulbrich, Charité Berlin <b>Fluoreszenztechnische Methoden in der Weltraummedizin</b>	<b>19</b>
Dr. Erhard Pfündel, Heinz Walz GmbH <b>Puls-Amplituden-Modulation (PAM) zur Messung von Photosyntheseparametern</b>	<b>21</b>
Dipl.-Ing. Alexander Cabaj, Veterinärmed. Universität Wien <b>Monitoring der Trinkwasserdesinfektion</b>	<b>23</b>

Prof. Dr. Gunther Seckmeyer, MUK, Universität Hannover <b>Messnetze für Solarstrahlung</b>	<b>25</b>
Dr. Michael Steyer, Osram GmbH, Augsburg <b>Prozesssteuerung mit optischer Messtechnik und Bildverarbeitung in der Massenfertigung</b>	<b>26</b>
Dr. Gerhardt Schlemmer, Analytik Jena AG <b>Chemische Information durch Licht : ein Spaziergang durch die faszinierende Welt analytischer Geräte</b>	<b>27</b>
<b>Postervortrag 1</b> Manfred Holtkamp, Elektronik GmbH, Osnabrück <b>Vermessung von uv-technik in Solarien</b> <b>Vermessung der Haut mit uv-technik</b>	<b>28</b>
<b>Postervortrag 2</b> Wolfgang Riggers, Helios Aqua Plus, Bremen <b>Wasserreinigung mit Ultraschall und uv</b>	<b>30</b>
<b>Postervortrag 3</b>	<b>31</b>
<b>Anschriften der Autoren</b>	<b>32</b>

# Messmethoden zur Kalibrierung physikalischer Radiometer

*Saulius Nevas, Armin Sperling, Peter Sperfeld, Stefan Winter, Klaus D. Stock, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig*

Ein physikalisches Radiometer besteht typischerweise aus einer Eingangsoptik, einem Filter, einem Photodetektor und einer Anzeigeeinheit. Solche Radiometer werden weitgehend bei industriellen und Forschungsanwendungen zur quantitativen Vermessung von Strahlung über den Spektralbereich von UV bis ins NIR eingesetzt. Auf Grund seines Designs misst das physikalische Radiometer immer breitbandig, wobei die Filterungsfunktion bzw. die spektrale Empfindlichkeit des Gerätes nicht nur durch die Filtertransmissionskurven sondern auch durch den Durchsatz der Eingangsoptik (z. B. Ulbrichtkugel) sowie die spektrale Empfindlichkeit des Photodetektors (z. B. SiC Photodiode eines Erythem-Empfängers) bestimmt wird. Zudem muss man beim Einsatz der Radiometer auch den Einfluss der möglicherweise vorhandenen Out-of-Band Response berücksichtigen. Deshalb bietet es sich an, die Kalibrierung des Radiometers bzgl. seiner Empfindlichkeit spektral aufgelöst durchzuführen.

Prinzipiell bestehen für die Kalibrierung physikalischer Radiometer zwei alternative Wege: die strahlergestützte oder aber die empfängergestützte Kalibrierung. Im ersten Fall wird das Radiometer mit Hilfe eines rückführbar kalibrierten Strahlertransferrnormales bzgl. seiner Empfindlichkeit auf die Strahlungsgröße (Bestrahlungsstärke, aktinisch wirksame Bestrahlungsstärke, Strahldichte oder auch Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte, etc.) unter festgelegten Bedingungen (Messgeometrie, elektrische Parameter des Strahlers, Umgebungsbedingungen) direkt kalibriert. Da das Radiometer ein breitbandiges Messinstrument ist, ist eine solche Kalibrierung nur für die Messungen an solchen Messstrahlern gültig, die die gleiche spektrale Verteilung wie der Kalibrierstrahler aufweisen. Um diese Randbedingung zu überwinden, kann man die so genannte spektrale Fehlanpassung anwenden. Dies aber bedeutet, dass man sowohl die relative spektrale Empfindlichkeit des Radiometers als auch die spektrale Verteilung des Messstrahlers kennen muss. Deshalb wäre ein besser geeigneter und praktikablerer Weg zur Kalibrierung des physikalischen Radiometers die empfängergestützte spektrale Kalibrierung mit Hilfe der Substitutionsmethode. Hier wird das Messsignal des Radiometers mit dem Signal des kalibrierten Empfängertransferrnormals unter der Strahlungseinwirkung verglichen. Um dies zu ermöglichen, braucht man eine bezüglich der Wellenlänge durchstimmbare monochromatische (schmalbandige) Strahlungsquelle, die gewisse geometrische und andere messtechnisch relevante Randbedingungen erfüllt. Normalerweise werden monochromator-basierte Aufbauten dafür verwendet. Jedoch sind solche Monochromatoraufbauten in Hinsicht auf die Anforderung des typischerweise sehr hohen dynamischen Bereichs des Radiometers nicht immer in der Lage, diese Randbedingungen zu erfüllen. Insbesondere gilt dies für den UV Spektralbereich, wo die Auswahl geeigneter Strahler sehr beschränkt ist. Daher bietet ein mit der Wellenlänge durchstimmbarer Laseraufbau einen entscheidenden Vorteil für die empfängergestützte Kalibrierung physikalischer Radiometer. In der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig wurde ein solcher Aufbau für die spektral aufgelöste Kalibrierung von Radiometern sowie Photometern vor einigen Jahren in Betrieb genommen.

Hier hat man mit der Wellenlänge durchstimmbare Laserstrahlung mit hoher Leistung über den Spektralbereich von ca. 360 nm bis 950 nm zur Verfügung. Um spektrale Lücken zu füllen und um den Spektralbereich der Radiometerkalibrierungen zu erweitern, wird momentan ein neues quasi-CW Lasersystem eingesetzt. Mit dem neuem Laseraufbau wird es möglich sein, die spektral aufgelösten Kalibrierungen der Radiometer lückenlos im gesamten Spektralbereich von ca. 220 nm bis zu 3000 nm durchzuführen. Besonders die Kalibrierung von UV-Radiometern, die bis jetzt typischerweise nur bei einzelnen Hg Emissionslinien (z.B. 254 nm oder 365 nm) kalibriert werden konnten, wird davon profitieren.

# Chemische Aktinometrie im UV

## Grundlagen und Anwendungsbeispiele

Anke Drewitz, W.-D. Schmidt, GMBU e.V.

Für die Messung strahlungsphysikalischer Größen ist es unter bestimmten Bedingungen sinnvoll, chemische Aktinometer einzusetzen. Mittels chemischer Aktinometrie werden Strahlungsparameter unter Ausnutzung ausreichend charakterisierter photochemischer Reaktionen bestimmt.

Der umfangreichste Überblick inklusive einer Bewertung gängiger Aktinometer für unterschiedlichste Anwendungsbereiche (fest, flüssig, gasförmig, mikroheterogen) wurde in einem technischen Report der IUPAC von Kuhn et al. zusammengestellt [1]. Gut handhabbare Aktinometer werden häufig UV/VIS-spektroskopisch verfolgt. Die kinetischen Grundlagen für spektroskopische Auswertungen wurden von Gauglitz und Hubig erarbeitet [2].

Im UV-Bereich, wo eine der häufigsten Anwendungen die Trinkwasserdesinfektion ist, wurden einige interessante Aktinometersysteme etabliert. Neben dem Peroxodisulfat- und dem Iodid/Iodat-Aktinometer [3]-[5] erwies sich das von Sonntag und Schuchmann entwickelte Uridin-Aktinometer [6] als relativ kostengünstig und einfach im Umgang. Uridin eignet sich durch seine Absorptionseigenschaften besonders für die aktinometrische Charakterisierung von Reaktoren, die für die Trinkwasserdesinfektion eingesetzt werden. Mit dem Uridin-Aktinometer konnte erfolgreich eine Bewertung von Reaktoren mit neu entwickelten Strahlungsquellen durchgeführt werden, bei denen aufgrund von Strahlungsanteilen  $<240$  nm zusätzlich eine Anpassung durch den Einsatz innerer Filter notwendig wurde.

Einen anderen Anwendungsbereich der chemischen Aktinometrie stellt die Beurteilung der Bestrahlungshomogenität von Flächenstrahlern dar, die im medizinischen UVB-Bereich eingesetzt werden sollen. Für die Charakterisierung eines neu entwickelten Flächenstrahlers wurde ein kommerziell erhältliches Dosimetersystem zu einem Flächenaktinometer mit einer einfachen Auswertemöglichkeit durch Scannen weiterentwickelt.

### Literatur

- [1] H. J. Kuhn, S. E. Braslavsky, R. Schmidt; Chemical Actinometry (IUPAC Technical Report); Pure Appl. Chem. 76(12) (2004) 2105-2146
- [2] G. Gauglitz, S. Hubig; Photokinetische Grundlagen moderner chemische Aktinometer; Zeitschrift für Physikalische Chemie Neue Folge 139 (1984) 237-246
- [3] G. Mark, M. N. Schuchmann, H. P. Schuchmann, C. von Sonntag; A chemical actinometer for use in connection with UV treatment in drinking-water processing; J. Water SRT-Aqua 39(5) (1990) 309-313
- [4] O. Hoyer, R. Kryschi, I. Piecha, G. Mark, M. N. Schuchmann, H. P. Schuchmann, C. von Sonntag; UV fluence rate determination of the low-pressure mercury arc in the UV disinfection of drinking water; J. Water SRT-Aqua 41(2) (1992) 75-81
- [5] R. O. Rahn, M. I. Stefany, J. R. Bolton, E. Goren, P. Shaw, K. R. Lykke; Technical Note: Quantum Yield of the Iodide-Iodate Chemical Actinometer: Dependence on Wavelength and Concentration; Photochemistry and Photobiology 78(2) (2003) 146-152
- [6] C. von Sonntag, H-P. Schuchmann; UV disinfection of drinking water and by-product formation - some basic considerations; J. Water SRT-Aqua 41(2) (1992) 67-75; siehe auch: DVGW Technische Regel W294, Oktober 1997, Anhang A

## **Desinfektion durch große UVC-Bestrahlungsstärken für kurze Verweilzeiten**

*Karl-Heinz Meyer, uv-technik Speziallampen, Wümbach*

Kurzwellige UVC-Strahlung hat eine intensive keimtötende Wirkung und wird deshalb für die chemiefreie Desinfektion von Oberflächen, Wasser und Luft technisch eingesetzt. Die bakterizide Wirkung beruht auf der Absorption der UVC-Strahlung. Die effektivste Keimreduktion ist bei Bestrahlung mit Licht zwischen 250...270 nm zu verzeichnen. Insbesondere in der chemiefreien Desinfektion von Packstoffen für leicht verderbliche Lebensmittel hat sich das Verfahren der UVC-Bestrahlung schon vielfach bewährt.

Moderne Abfüll- und Verpackungsmaschinen werden heute mit bis zu 35 Takten pro Minute betrieben. Um die erforderliche UVC-Dosis zur Desinfektion von Packstoffen in den sehr kurzen Verweilzeiten zu applizieren, sind große Bestrahlungsstärken der verwendeten Module erforderlich. Leistungsstarke Hg Niederdruck-Strahler bilden das Herzstück derartiger Oberflächenmodule. Ein Vergleich verschiedener UVC-Strahlungsquellen hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Effizienz wird vermittelt. Geeignete UVC-Hochleistungssysteme zur Desinfektion von Packstoffen werden vorgestellt. Die verfahrenstechnische Auslegung von UVC-Bestrahlungssystemen zur Entkeimung von Oberflächen wird gezeigt.

# **Aktinische Radiometer**

*Wolfgang Heering, Lichttechnisches Institut, Universität Karlsruhe, Karlsruhe*

In vielen therapeutischen und kosmetischen Anwendungen optischer Strahlung gilt es die applizierte Strahlung quantitativ zu erfassen, zu überwachen und zu dosieren. Hierfür sind mit gewissen Einschränkungen aktinische Radiometer geeignet, die eine bestimmte photobiologische oder photomedizinische Wirkung, meist eine Schwellenreaktion, nach einer bestimmten Strahlungsexposition voraussagen erlauben. Direkt gemessen werden mit aktinischen Radiometern zunächst einmal aktinische Strahlungsgrößen, wie z.B. die erythemwirksame Bestrahlungsstärke oder die Blue-Light-Hazard-Strahldichte. Das Konzept aktinischer Strahlungsgrößen beruht auf Aktionsspektren, die die Abhängigkeit biologischer Effekte von der Wellenlänge der Strahlung beschreiben. Standardisierte Spektren der photobiologischen Wirkung auf Menschen, Pflanzen und Mikroorganismen werden vorgestellt und die Prämissen [1] für die Einführung aktinischer Strahlungsgrößen diskutiert.

Für Feldmessungen aktinischer Bestrahlungsstärken genügen in der Regel integralmessende Breitbandradiometer, deren spektrale Empfindlichkeit an das Wirkungsspektrum mit gewissen Abweichungen angepasst ist [2]. Messungen aktinischer Strahlungsgrößen mit deutlich niedriger Messunsicherheit, wie sie zum Beispiel für die Klassifizierung von Sonnenbänken erforderlich sind, werden mit scannenden Spektralradiometern, die einen Doppelmonochromator beinhalten, durchgeführt. Breitbandradiometer liefern keine spektrale Information. Ihr Kalibrierfaktor ist wegen einer gewissen Fehlanpassung abhängig vom Spektrum der zu messenden Strahlungsquelle und dem des Kalibrierstandards. Zudem wird für jedes Aktionsspektrum ein passender Detektor benötigt. Spektralradiometer auf der Basis eines Doppelmonochromators sind meist schwere und große Geräte, die eine sorgfältige Handhabung und relativ lange Messzeiten in der Größenordnung von Minuten erfordern. Eine Alternative zu den gebräuchlichen aktinischen Radiometern sind die Minispektralradiometer, über deren optische Anordnungen und Eigenschaften und insbesondere deren Fähigkeiten der Erfassung aktinischer

Strahlungsgrößen berichtet wird [3,4]. Die sich dabei stellende zentrale Frage, ob die Messunsicherheit für eine bestimmte aktinische Messung klein genug ist, kann erst nach sorgfältiger Spezifikation des einzusetzenden Minispektralradiometers, beantwortet werden. Wellenlängenabweichung der Spektralmessung, spektrale Bandbreite, Abweichung von der Linearität und Streulichtunterdrückung haben einen maßgebenden Einfluss auf das Messergebnis.

Wesentlich für die Einsetzbarkeit aktinischer Breitbandradiometer sind auch geeignete Kenngrößen, mit denen solche Geräte gemäß DIN 5031-11 [5] charakterisiert werden. Die zentrale Kenngröße  $f_{1,z}$  wird diskutiert. Sie beschreibt das Maß spektraler Anpassung der Radiometerempfindlichkeit an das jeweilige Aktionsspektrum für verschiedene Strahlungsquellen mit unterschiedlichen spektralen Strahlungsverteilungen.

- [1] J. Kiefer, *Methodik und Möglichkeiten der biologischen Aktionsspektroskopie*, S. 194-206 aus PTB-Opt-24, Braunschweig 1986
- [2] W. Heering, *Radiometrie aktinischer Strahlungsgrößen*, 2. Symposium „Licht und Gesundheit“, Berlin 22.-23.02.2001, Tagungsband S. 83 - 100
- [3] W. Heering, R. Daub, *Minispektralradiometer zur Messung aktinischer Strahlungsgrößen*, 5.Symposium „Licht und Gesundheit“, Berlin 23.-24.02.2006, Tagungsband S. 36 - 53
- [4] W. Heering, *Aktinische Radiometrie*, Wirkung des Lichts auf Menschen, DIN-Expertenforum, Berlin 25.06.2008
- [5] DIN 5031-11 (2008), Radiometer zur Messung aktinischer Strahlungsgrößen – Begriffe, Eigenschaften und deren Kennzeichnung

## **Trinkwasserdesinfektion mit UV-Strahlung – hygienische und technische Aspekte**

*Oluf Hoyer, Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg*

Eine der wesentlichen Anforderungen an Wasser für den menschlichen Gebrauch – kurz Trinkwasser, obwohl nur ein geringer Teil tatsächlich konsumiert wird – ist die mikrobiologisch-hygienisch einwandfreie Beschaffenheit. Krankheitserreger dürfen nicht in einer Konzentration enthalten sein, die eine Infektion erwarten lassen – auch bei gesundheitlich geschwächten Personen. Dabei ist anzumerken, dass für eine Infektion immer eine spezifische Anzahl von Krankheitserregern übertragen werden muss um die körperlichen Barrieren, insbesondere das Immunsystem zu überwinden.

Eine Infektion über das Wasser kann durch die Magen-Darm Passage, Schleimhäute, Wunden oder die Lunge erfolgen. Insofern muss „Trinkwasser“ auch in Bezug auf die Reinigung von Körper und Gebrauchsgegenständen (Bad, Toilette, Essgeschirr, Kleidung) hygienisch einwandfrei sein. Übliche Infektionen erfolgen in Deutschland praktisch nie über das Trinkwasser, sondern fast immer durch „Tröpfchen-Infektion“ (Niesen) sowie direkten oder indirekten Kontakt (Schmier-Infektion). Grund dafür ist das Einhalten die hohen hygienischen Anforderungen, die in der Trinkwasserverordnung festgelegt sind.

Das Wasserdargebot und die Wassergewinnungssituation sind in Deutschland so günstig, dass überwiegend Grundwasser zur Trinkwasserversorgung genutzt werden kann und somit 50% der deutschen Wasserwerke keine Desinfektion vornehmen müssen, weil dies die Untergrundpassage erledigt. Lediglich wenn das Wasser nur kurze Verweilzeiten (< 100 Tage) von der Oberfläche zur Wasserfassung hat, ist eine Desinfektion, meist mit vorhergehender Aufbereitung zur Entfernung von Partikeln, erforderlich.

Als Desinfektionsverfahren setzt sich hier mehr und mehr – insbesondere bei kleinen und mittelgroße Wasserversorgungsanlagen – die Desinfektion mit UV-Strahlung durch, da sie im Vergleich mit den chemischen Verfahren einfacher zu betreiben ist und hinsichtlich der Abtötung eine größere Wirksamkeit hat. Voraussetzung sind dazu entsprechend geprüfte Geräte, die sachgerecht betrieben werden. Das aktuelle technische Regelwerk dazu ist das 2006 erschienene, 3-teilige DVGW-Arbeitsblatt W294, das Eigenschaften, Prüfung und Anwendung von UV-Desinfektionsgeräten für die Trinkwasserversorgung beschreibt und festlegt. Nur gemäß W294 geprüfte UV-Geräte sind in Deutschland zulässig.

Der Vortrag stellt die UV-Desinfektion im Vergleich mit den chemischen Verfahren vor, erläutert die technischen Anforderungen, das Prüfverfahren, konstruktive Besonderheiten sowie Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung.

# **Desinfektion von Packstoffen – schnell, kalt und ohne Chemikalien mit BlueLight® UV-Kassetten**

*Volker Adam, Heraeus Noblelight GmbH, Hanau*

Kurzwellige UV-Strahlung hat eine intensive bakterizide Wirkung.

Mikroorganismen wie Viren, Bakterien, Hefen und Pilze werden in Sekunden ohne Zugabe von Chemikalien abgetötet. Desinfektion mit ultraviolettem Licht ist eine wirtschaftliche und umweltfreundliche Alternative zu häufig angewendeten chemischen Prozessen.

Hygiene und Keimfreiheit ist bei der Herstellung, Verarbeitung, Abfüllung und Abpackung von Lebensmitteln unabdingbar. Desinfektion mit ultraviolettem Licht ist eine wirtschaftliche und umweltfreundliche Alternative zu häufig angewendeten chemischen Prozessen. Kurzwellige UVC-Strahlung hat eine intensive bakterizide Wirkung. Mikroorganismen, wie Viren, Bakterien, Hefen und Pilze werden mit UV-Strahlung in Sekunden abgetötet.

UV-Licht ist vielseitig einsetzbar zur Behandlung von Wasser, Luft und Oberflächen. Durch Belichten mit kurzwelliger UVC-Strahlung werden Keime auf Oberflächen, wie Packstoffen, Arbeitsflächen und einigen Lebensmitteln,  $\sqrt$ in der Milchindustrie eingesetzt, um die Haltbarkeit der Lebensmittel zu verlängern.

## **UV-Lampen für die Desinfektion von Oberflächen**

**Packstoffe** in Abfüllanlagen wie z.B. Deckel, Becher, Deck- und Verpackungsfolien für Getränke, Milchprodukte und Lebensmittel in der Kühlkette. UV-Lampen von Heraeus tragen zur Verlängerung der Haltbarkeit von Lebensmitteln bei.

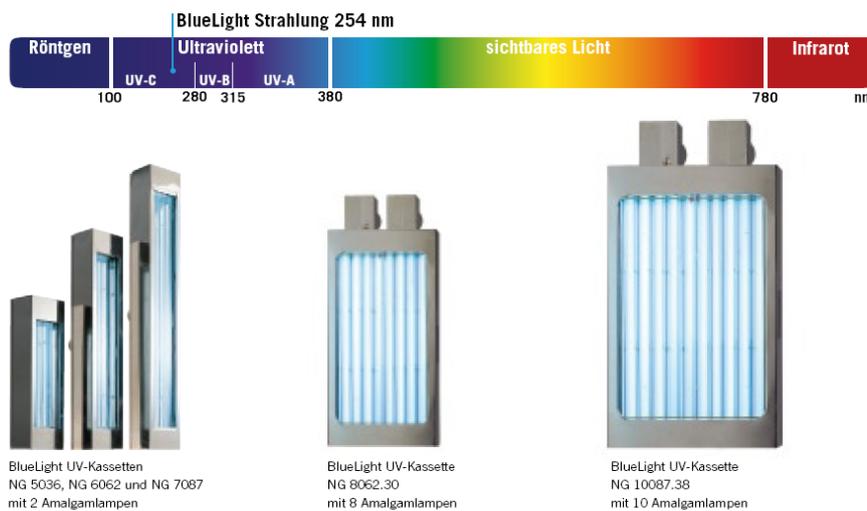
**Fließbänder** zum Transport von Fleisch, Fisch, Kartoffelprodukten, Obst und Gemüse. BlueLight UV-Desinfektion tötet bis zu 99,9 % der Gesamtkeime auf den Bändern. Ein wirtschaftlicher Schritt für mehr Hygiene in der Lebensmittelverarbeitung.

**Lebensmittel:** Oberflächenentkeimung von Lebensmitteln, z.B. von Obst- und Gemüse-Erzeugnissen und Hartkäse. Ein Grundstein für die lange Haltbarkeit der Lebensmittel.

## **BlueLight UV-Kassetten – Eigenschaften und Vorteile:**

- ✓ BlueLight-Kassetten von Heraeus sind mit intensiven UV-Amalgamlampen ausgestattet. Die Kassetten emittieren intensive und kalte UV-Strahlung, die besonders für die Desinfektion von wärmeempfindlichen Verpackungsmaterialien geeignet ist.

- ✓ Desinfektion mit BlueLight UV-Strahlung ist wirtschaftlich: niedrige Investitions- und Betriebskosten
- ✓ UV-Desinfektion ist ein ökologisches Verfahren: die Zugabe von Chemikalien ist nicht erforderlich.  
Die Umwelt wird nicht belastet.
- ✓ Die Entkeimungswirkung wurde am Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, zertifiziert.
- ✓ Bestrahlungszeit von Folien: ca. 2 Sekunden Bestrahlungszeit von Bechern: bis zu 6 Sekunden
- ✓ Die Intensität der BlueLight UV-Kassette kann mit einem UVC-Messgerät einfach überprüft werden.
- ✓ UVC-Strahlung kann schon mit Transparenten Materialien (wie dem Kunststoff Makrolon®) abgeschirmt werden.
- ✓ Die kompakte Bauweise erlaubt einfaches Nachrüsten in vorhandene Füll- und Verschleißmaschinen. Um eine höhere UV-Dosis zu erreichen, können mehrere UV-Kassetten installiert werden.



# Einsatz optischer Strahlung in der Lebensmittelindustrie

*Helmut Halfmann, Markus Roth, OSRAM GmbH, Wipperfürth*

## **Zusammenfassung**

Der Vortrag stellt gängige chemische Desinfektionsverfahren in der Lebensmittelindustrie vor und stellt diesen die Entkeimung mittels UV Strahlung gegenüber. Darüber hinaus werden Forschungsergebnisse im Hinblick auf die Wellenlängenempfindlichkeit unterschiedlicher Mikroorganismen aufgezeigt und ein Ausblick auf die Umsetzung in der Praxis gegeben.

## **Stand der Technik**

Lebensmittelbehälter müssen vor dem Befüllen gereinigt werden. In der Lebensmittelindustrie ist die Verwendung chemischer Desinfektionsverfahren üblich. Hierbei werden Chemikalien (Wasserstoffperoxid oder Peressigsäure) und Wasser zur anschließenden Reinigung der Lebensmittelbehälter eingesetzt. In Zeiten eines steigenden Umweltbewusstseins ist es ein Ziel, den Einsatz von Chemikalien im Prozess zu vermeiden. Zudem kann im weit verbreiteten Verpackungsmaterial Polyethylenterephthalat (PET) ein geringer, absorbiertes Rest des Sterilants zurück bleiben

Um die Nachteile der chemischen Desinfektion zu vermeiden, wird ein Verfahren benötigt, das rückstandsfrei Mikroorganismen abtötet und dabei für die gängigen Verpackungsgeometrien anzuwenden ist, sowie weder eine längere Prozesszeit noch einen größeren Platzbedarf hat.

## **Forschung**

Ergebnisse aus Forschungsarbeiten zeigen, dass die Reduzierung vermehrungsfähiger Mikroorganismen von der Wellenlänge der UV-Strahlung abhängt. Es hat sich gezeigt, dass Schimmelpilzsporen (z. B. verschiedene Stämme des *A. niger*) sehr sensitiv auf Strahlung unterhalb von 200 nm reagieren. Bakteriensporen (z. B. *B. atrophaeus*, *Geob. stearothermophilus*) hingegen reagieren stärker auf UV-Strahlung im Wellenlängenbereich 200 nm - 275 nm.

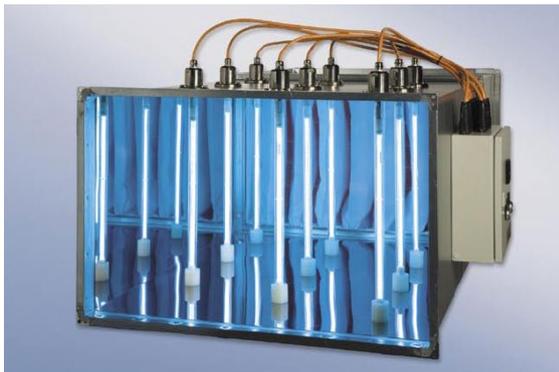
## **Entwicklung**

Heute sind UV-Strahler in verschiedenen Geometrien und Wellenlängenbereichen verfügbar, die den Anforderungen des Desinfektionsprozesses gerecht werden (z. B. OSRAM Puritec®, Xeradex® und RXC® Lampen). Aktuelle Lampenentwicklungen ermöglichen die Behandlung der verschiedenen Verpackungsgeometrien unter Berücksichtigung der Anforderungen an Prozesszeit, Temperaturbelastung der Verpackung sowie Anschaffungs- und laufender Kosten.

# UV-Luftentkeimung im medizinischen und technischen Bereich

*Bastian Engel, UV-Consulting Peschl e.K. Mainz*

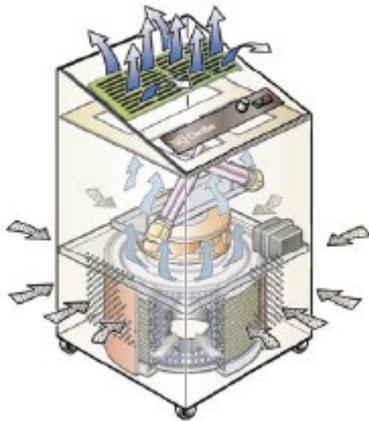
Die Luftdesinfektion in Raumlufttechnischen Anlagen sowie in Labor- und Produktionsräumen mittels UV-Einheiten ist eine wesentliche Voraussetzung zur Erfüllung der definierten Hygieneanforderungen. Die Ultraviolett-Einheit ist als physikalischer „Filter“ für Mikroorganismen anzusehen und erzeugt keinen relevanten Druckverlust. Mit der Integration der UV-Lampen in Räume sowie Luftkanäle werden signifikante Luftkeimpegelsenkung erreicht.



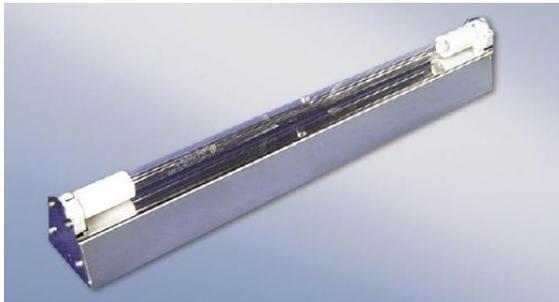
Die Ultraviolett-Desinfektion ist eine äußerst zuverlässige, wirtschaftlich sinnvolle und einfache Methode der Luftdesinfektion in RLT-Anlagen. Das innovative Deconta Luftdesinfektionskonzept, basierend auf den modularen Deconta Tauchlampen, erlaubt Anlagenbauern die einfache Integration von UV-C Lampen in neue oder bestehende RLT Anlagen.

Die modularen, installationsbereiten UV-Einheiten werden immer in Kombination mit konventioneller mechanischer Filtertechnik eingesetzt. Dies ist notwendig und sinnvoll, um die UV-Lampe vor Verschmutzungen durch Staubpartikel (und damit einhergehender Mikroschattenbildung) zu schützen, sowie die notwendige Letaldosis bei Hefen und Schimmelpilzsporen zu erreichen. Weiterhin wird das UV-Modul mit hochglanzpoliertem Aluminiumreflektorblech ausgekleidet, um die Sekundärinaktivierung durch Reflexion auszunutzen. Die Strahlungsleistung sowie die Anordnung im Lüftungskanal sind ausschlaggebend für die Funktion, Effektivität und Wirtschaftlichkeit.

Zudem finden Umluftdesinfektionsgeräte für Räume mit ständigem Personenaufenthalt UV-Desinfektion & mechanische Partikelfiltration



sowie Freistrahrende Ganzraumdesinfektions-Geräte je nach Anwendungsbereich ebenfalls Verwendung.



Diese Strahlerleisten zur Raumluft- und gleichzeitiger Oberflächen-desinfektion in trockenen Räumen, sorgen für eine schnelle Keimpegelsenkung in Zeiten ohne Personenaufenthalt mittels direkter Desinfektion, z.B. während der Nacht oder in geschlossenen Bereichen und Gehäusen.

## Typische Anwendungsbereiche für diese Strahlerleisten sind:

- Direkte Desinfektion von Laborräumen
- Gesamtdesinfektion in Laminar Flow Geräten • Keimpegelsenkung in Produktionsräumen
- Desinfektion innerhalb Maschinen und von Maschinenbauteilen
- Desinfektion in Materialschleusen
- Zum Einbau in Desinfektionsschränke, Schubladen und Gestelle zur Aufbewahrung
- Schutz vor Rückverkeimung gereinigter Gegenstände

# **Bekämpfung von menschlichen und tierischen Parasiten mit Hilfe photodynamischer Effekte**

*Donat-P. Häder, Friedrich-Alexander Universität, Erlangen-Nürnberg*

Tropische und subtropische Infektionskrankheiten wie Malaria, Gelbfieber, Denguefieber, Leishmaniose und Bilharziose haben in den letzten Jahren stark zugenommen und die Zahl der Opfer ist gestiegen. Häufig werden die Krankheiten in den betroffenen Ländern nicht oder nur unzureichend behandelt und die verursachenden Parasiten bekämpft, da die Kosten dafür untragbar hoch wären.

Viele dieser Krankheiten werden durch Parasiten wie Moskitos übertragen, die aquatische Lebensstadien besitzen. Dort könnte man die Larven z.B. durch Gifte angreifen. So wurden Moskitos mit DDT bekämpft, das heute trotz der enormen ökologischen Probleme in Afrika wieder eingesetzt wird. Alternativ wird in diesem Beitrag gezeigt wie man mit sehr preisgünstigen, völlig ungiftigen, biologischen Mitteln viele dieser Parasiten bekämpfen kann, indem man photodynamische Reaktionen hervorruft: Man bringt einen biologischen Farbstoff aus, der von den Moskitolarven aufgenommen wird. Unter Sonnenstrahlung produziert die Substanz Singlet Sauerstoff, der hochreaktiv die Parasiten schädigt und abtötet.

Diese Reaktion kann auch zur Bekämpfung von tierischen Parasiten z.B. bei Fischkrankheiten eingesetzt werden.

## **Der DLR-Biofilm – Funktion und Anwendung**

*Elke Rabbow, Petra Rettberg, Günter Reitz, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin , Strahlenbiologie, Köln.*

Um die Auswirkung solarer oder artifizieller UV-Strahlung auf lebende Organismen oder die menschliche Gesundheit zu ermitteln, sind genaue und zuverlässige Messsysteme und Methoden notwendig, die die spektrale Bestrahlungsstärke entsprechend dem betrachteten biologische Effekt wichten. Die Notwendigkeit der biologischen Wichtung ist auf die Wellenlänge-Abhängige UV-Empfindlichkeit biologischer Systeme, ausgedrückt in Form von UV-Wirkungs- oder Aktionsspektren, zurückzuführen. Wellenlängen- und zeitintegrierende biologische UV-Dosimeter, die direkt die einfallenden UV-Anteile der Solarstrahlung bzw. der Strahlung künstlicher UV-Quelle entsprechend ihrer biologische Wirksamkeit wichten, können physikalische UV-Messungen sinnvoll ergänzen. Die biologischen UV-Dosimeter wichten die UV-Strahlung dabei in Bezug auf die jeweiligen Wellenlängen und deren möglichen Wechselwirkungen. Der DLR-Biofilm ist ein aus immobilisierten Sporen des Bakteriums *Bacillus subtilis* hergestelltes biologisches UV-Dosimeter. Nach der UV-Messung erfolgen Kalibrier- und Prozessierschritte, um dann die biologisch effektive UV-Dosis anhand der verbliebenen biologischen Aktivität der Sporen bestimmen zu können. Dieses DLR-Biofilm- Verfahren ist vielseitig anwendbar, von Feldversuchen über die Personendosimetrie bis hin zur Ermittlung der biologisch effektiven extraterrestrischen UV-Strahlung in Weltraumexperimenten. Der DLR-Biofilm, seine Herstellung, Prozessierung und Auswertung, werden dargestellt sowie ausgewählte Anwendungsgebiete und Messkampagnen vorgestellt.

# Fluoreszenztechnische Methoden in der Weltraummedizin

*Claudia Ulbrich, Jessica Pietsch, Kriss Westphal, Henrik DF Winkler,  
Daniela Grimm, Charité Berlin*

Das Team von Daniela Grimm erforscht seit Jahren das Verhalten von menschlichen Zellen unter Schwerelosigkeit. Schwerelosigkeit wird auf der Erde mittels einer *"Random Positioning Machine"* (RPM) simuliert. Ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchungen ist, dass simulierte Schwerelosigkeit auf Zellen sowohl frühe, aber nur kurzzeitig zu beobachtende, als auch späte, jedoch lang anhaltende Effekte haben kann.

Im Rahmen des ESA Spheroids-Projektes soll auf der Internationalen Raumstation ISS die Wirkung realer Schwerelosigkeit auf menschliche Endothelzellen (Gefäßwandzellen) über zehn Tage studiert werden. Es ist jedoch aus praktischen Gründen nicht möglich, den Weltraumaufenthalt zum Studium der Kurzeiteffekte (wenige Sekunden) realer Schwerelosigkeit auf Zellen zu nutzen.

Zum Studium der Kurzeiteffekte realer Schwerelosigkeit ist ein Parabelflug wesentlich geeigneter. Die hierbei auftretenden Veränderungen in den Zellen können wichtige Erkenntnisse im Bereich der Tumorforschung liefern. Mithilfe spezieller tragbarer Inkubatoren lassen sich im Parabelflugzeug Zellen kultivieren. Weiterhin sind auch Kontrollexperimente in einer 1g-Zentrifuge möglich. Unsere AG mithilfe von Vitalitätstests und einem Apoptosescreeing eine 100%ige Vitalität der Zellen nach dem Parabelflug fest.

Wir konnten im Rahmen der 12. DLR-PF-Kampagne zeigen, dass es bereits nach 22 Sekunden zu Veränderungen des Zytoskeletts (Tubulin, Vimentin, Cytokeratin, F-Aktin) von Endothelzellen und Schilddrüsenkarzinomzellen kommt. Mithilfe von GeneArrays wurde die Veränderung einer Vielzahl an Genen nachgewiesen. Die hierbei erzielten Ergebnisse werden aktuell ausgewertet und sollen mithilfe der Proben aus der 13. PFC-Kampagne der DLR verifiziert und mittels TaqMan PCR vertiefend untersucht werden.

Zur Untersuchung der Proben helfen uns verschiedene Fluoreszenztechniken, die hier kurz aufgeführt werden sollen. Zum einen werden Lebendfärbungen mittels der Farbstoffe Acridine Orange und DAPI durchgeführt. Weitere Färbungen, so genannte Immunfluoreszenzfärbungen, geben Aufschluss über Veränderungen des Zytoskeletts, hierbei wichtig sind die Farbstoffe FITC, Rhodamin-Phalloidin und Propidium Jodid, welches als Kerngegenfärbung eingesetzt wird.

In der TaqMan PCR werden ebenfalls Fluoreszenzfarbstoffe eingesetzt, welche von einem Light Cycler ausgewertet werden können (z.B. SYBRGreen). Somit ist eine Untersuchung auf Genebene möglich.

Mittels einer Annexin V Färbung können lebende Zellen von apoptotischen und nekrotischen Zellen unterschieden werden, hierzu wird Annexin V mit FITC gekoppelt, als zweiter Fluoreszenzfarbstoff dient Propidium Jodid. Gemessen wird dies in einem Durchflusszytometer.

Proteine werden ebenfalls mittels Durchflusszytometrie untersucht, auch hier spielen Fluoreszenzfarbstoffe eine wichtige Rolle. So genannte Sekundärantikörper werden mit dem Farbstoff FITC gekoppelt, welchen das Gerät detektieren und auswerten kann.

# Puls-Amplituden-Modulation (PAM) zur Messung von Photosyntheseparametern

Erhard Pfündel, Heinz Walz GmbH, Effeltrich

Die Bestimmung der Photosyntheseaktivität mithilfe der Chlorophyllfluoreszenz nahm ihren Anfang mit der Studie von H. Kautsky und A. Hirsch im Jahre 1931 (Naturwissenschaften 19: 964) und wurde anschließend in Speziallabors weitergeführt. Die Entwicklung des PAM-Chlorophyll-Fluorometers durch Dr. Ulrich Schreiber und dessen anschließende Markteinführung durch die Heinz Walz GmbH im Jahre 1985 machte die Fluoreszenzanalyse einer breiten Forschergemeinde zugänglich.

Ein PAM-Fluorometer unterscheidet sich von einem konventionellen Fluorometer dadurch, dass es Fluoreszenz mit einer modulierten Lichtquelle anregt und nur die daraus resultierende modulierte Fluoreszenz misst. Die PAM-Geräte sind unempfindlich gegenüber Umgebungslicht und Fluoreszenz, die durch das Umgebungslicht verursacht wird (siehe Kasten rechts).

Diese speziellen Eigenschaften des PAM-Fluorometers gestatten die Bestimmung der relativen Quantenausbeute der Fluoreszenz in Gegenwart künstlicher Lichtquellen und unter natürlichen Strahlungsbedingungen im Freien.

Weiterhin können PAM-Fluorometer durch starke Lichtpulse die Photosynthese sättigen („Sättigungs-Puls-Analyse“). Mithilfe dieser Sättigungs-Puls-Analyse werden Informationen über die photosynthetische Nutzung absorbierter Lichtenergie durch das Photosystem II sowie über die Umwandlung absorbierter Lichtenergie in Wärme gewonnen.

Heutzutage sind PAM-Fluorometer für sehr unterschiedliche Anwendungen verfügbar: Es gibt unter anderem Geräte für den Unterricht an Schulen und Universitäten (JUNIOR-PAM), für die Untersuchung terrestrischer (PAM-2500) und aquatischer Organismen (DIVING-PAM), sowie für Langzeitmessungen in der Ökophysiologie (MONITORING-PAM). Weiterhin ermöglichen die bildgebenden IMAGING-PAM-Fluorometer eine Darstellung der Heterogenität der Photosynthese der Blattfläche. Die neueste Generation von PAM-Geräten misst zusätzlich Absorptionsänderungen zur Bestimmung der Photosystem I-Aktivität oder des elektrochemischen Gradienten in den Chloroplasten.



Übersichtsarbeit zum Thema: Schreiber U (2004) Pulse-amplitude-modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: an overview. In: Papageorgiou GC and Govindjee (eds) Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration, vol 19. Springer, Dordrecht, pp 279-319

# Monitoring der Trinkwasserdesinfektion

*Alexander Cabaj, Veterinärmedizinische Universität Wien, Österreich*

## Einleitung

Die Desinfektion von Trinkwasser mittels UV-Strahlung ist bereits eine gut etablierte Methode und ist immer noch deutlich im Zunehmen begriffen. Es existieren Normen (ÖNORM, CEN), Arbeitsblätter (DVGW) und Empfehlungen (EPA) dafür, wie derartige UV-Anlagen biosimetrisch geprüft werden. In fast allen Vorschriften (ausgenommen CEN, dort in Teilbereichen) ist das Vorhandensein eines Überwachungsradiometers vorgesehen. Durch das oder die Radiometer wird die sogenannte Referenzbestrahlungsstärke gemessen, die durch die Strahlerleistung, die UV-Durchlässigkeit des Wassers und die geometrische Anordnung der Strahler, in geringerem Ausmaß durch das Reflexionsvermögen der Innenseite des Reaktors, beeinflusst wird. Während der Typprüfung der UV-Anlage wird die minimale Referenzbestrahlungsstärke festgestellt bei der noch eine Reduktionsäquivalente Fluenz (REF) von mindestens 400 J/m<sup>2</sup> erreicht wird. Der Begriff REF entspricht ungefähr einem herkömmlichen Dosisbegriff.

## Eigenschaften von UV-Radiometern für UV-Anlagen

Die geometrischen Eigenschaften von Sensoren für UV-Radiometer sind in den Normen in Europa gut definiert, sodass ein Austausch leicht möglich ist. Die für die Vergleichbarkeit der Messwerte sehr wichtige Eintrittsoptik ist ebenfalls genormt, es haben sich hauptsächlich zwei Typen der Eintrittsoptik entwickelt, jene nach ÖNORM M5873-1:2001 und jene nach DVGW W294 Teil 3:2006. Die Eintrittsoptik nach ÖNORM (Abbildung 1) besitzt einen breiten Empfindlichkeitsbereich bezüglich des Einfallswinkels der UV-Strahlung. Nach DVGW existieren zwei Typen, die Eine ist identisch mit der Eintrittsoptik nach ÖNORM, die zweite Type der Eintrittsoptik nach DVGW (Abbildung 2) besitzt nur Empfindlichkeit in einem engen räumlichen Bereich nach vorne. Außer diesem Parameter, der Richtungsempfindlichkeit, sind unter anderem noch festgelegt: Die Linearität, die Temperaturempfindlichkeit, der Messbereich, für Sensoren für Niederdruckstrahler die Selektivität und für Sensoren für Mitteldruckstrahler ihre spektrale Empfindlichkeit.



*Abb. 1 (links):  
Sensor mit  
Eintrittsoptik  
nach ÖNORM.*

*Abb. 2 (rechts):  
Sensor mit  
Eintrittsoptik  
nach DVGW.*

Bisher wurden etwa fünf UV-Radiometer einer Typprüfung nach ÖNORM M 5873-1:2001 (Anlagenradiometer und Referenzradiometer für Hg-Niederdruckstrahler) und etwa drei einer Typprüfung nach ÖNORM M 5873-2:2003 (Anlagenradiometer und Referenzradiometer für Hg-Mitteldruckstrahler) unterzogen.

Ein Bericht über erfolgte Überprüfungen von Anlagenradiometern in Wasserwerken wird gegeben.

# Messnetze für Solarstrahlung

*Gunther Seckmeyer, Institut für Meteorologie, Hannover*

In Meßnetzen für Solarstrahlung wird meist die Globalbestrahlungsstärke auf eine horizontal stehende Fläche bestimmt, also die Summe aus direkter Sonnenstrahlung und diffuser Himmelsstrahlung. Der untersuchte Wellenlängenbereich richtet sich dabei nach dem Anwendungszweck. Während Meßnetze für die totale Bestrahlungsstärke, also dem Integral der Bestrahlung von etwa 300-3000 nm schon sehr lange existieren, sind Meßnetze zur Messung der spektralen Bestrahlungsstärke im UV-Bereich noch vergleichsweise jung. So sind die ältesten kontinuierlichen zuverlässigen Meßreihen noch keine 20 Jahre lang, was für meteorologische Meßreihen ein vergleichsweise kurzer Zeitraum ist.

Welt- und europaweit werden Meßnetze von verschiedenen Organisationen koordiniert. Bei der Totalstrahlung soll die Rolle des Baseline Radiation Network (BSRN) hervorgehoben werden. Als wichtiges Ergebnis innerhalb dieses qualitätsorientierten Meßnetzes können die Untersuchungen zum global dimming bis zu Beginn der 1990er Jahre, sowie die sich darin anschließende Phase des „global brightening“ angesehen werden. Bezüglich der UV-Strahlung werden die Meßstationen des Network for Detection of atmospheric composition change (NDACC) vorgestellt. Im Rahmen des Global Atmosphere Watch Programm der World Meteorological Organisation (WMO-GAW), wird der Versuch unternommen sehr viele Meßstationen und Gerätetypen zu koordinieren. Damit verbunden sind die Aktivitäten der world UV database in Toronto sowie die European UV database in Helsinki, die im Rahmen von großen EU Projekten entstanden ist und qualitätsgesicherte spektrale Daten von mehr als 35 Meßstationen aus etwa 20 europäischen Ländern enthält.

Obwohl sich die Ziele dieser Meßnetze etwas unterscheiden, gibt es auch viele Gemeinsamkeiten. Die technischen Anforderungen für diese Messgeräte hinsichtlich Wellenlängenpräzision, Cosinusfehler, Streulicht und Schlitzfunktion werden diskutiert. Hingewiesen wird dabei insbesondere auf eine Serie von WMO-Publikationen, die neben den Spezifikationen vor allem umfangreiche Richtlinien zur Gerätecharakterisierung und Qualitätskontrolle enthalten [1] [2] aufweisen.

Der Vortrag geht ferner auf einige Highlights der Ergebnisse der Meßnetze ein.

## Literatur:

- (1) Seckmeyer G., Bais A., Bernhard G., Blumthaler M., Eriksen P., McKenzie R.L., Roy C., Miyauchi M.: Instruments to measure solar ultraviolet radiation, part 1: spectral instruments, WMO-GAW report No.126, 2001
- (2) Seckmeyer G., Bais A., Bernhard G., Blumthaler M., Booth C.R., Lantz K., McKenzie R.L.: Instruments to measure solar ultraviolet radiation, part 2: Broadband instruments measuring erythemally weighted solar irradiance, WMO-GAW report, 2005
- (3) Seckmeyer G., Glandorf M., Wichers C., McKenzie R.L., Henriques D., Carvalho F., Webb A., Siani A.-M., Bais A., Kjeldstad B., Brogniez C., Werle P., Koskela T., Lakkala K., Gröbner J., Slaper H., denOuter P, Feister U.: Europe's darker atmosphere in the UV-B, Photochem. and Photobiol. Sci., 2008, 7, 925 – 930, 2008

# **Prozesssteuerung mit optischer Messtechnik und Bildverarbeitung in der Massenfertigung**

*Dr. Michael Steyer, Osram GmbH, Augsburg*

Moderne Produktionsverfahren sind heute ohne umfangreiche Sensorik nicht mehr vorstellbar. Berührungslose Messtechnik hat aufgrund der Vermeidung von mechanischen Störeinflüssen und weitgehende Verschleißfreiheit besonderen Stellenwert. Neben geometrischen Abmaßen sind Messgrößen optischer Verfahren photometrische Parameter (Farbe, Luminanz), Temperatur, Position, Transparenz, Oberflächenqualität, Schichtdicke und vieles mehr.

Vielfach herrscht das Bild von Sensoren als Sortierhilfe am Ende der Produktionskette vor.

Im Sinne von Ausschussvermeidung ist dies nicht die richtige Position: das fehlerhafte Bauteil wurde vielleicht nach Entstehung des Fehlers noch veredelt, die Fehlerentstehung liegt zeitlich u.U. weit zurück, sodass mit weiteren schlechten Produkten zu rechnen ist, bevor der Fehler behoben ist.

Bei Sortieraufgaben ist es besonders schwierig Kundenzufriedenheit zu erreichen. Bildverarbeitungssysteme werden z.B. stets mit der extrem leistungsfähigen menschlichen visuellen Kompetenz verglichen. Es ist kaum zu vermitteln, dass ein angelernter Mitarbeiter sofort Klebereste auf einer Leiterplatte erkennt, die Kamera dies aber selbst nach mehrtägiger Programmoptimierung nicht sicher bewältigt. Fehlfunktion führt bei schnellen Produktionsprozessen in kurzer Zeit zu hohem Pseudoausschuss, für den Anwender nicht nachvollziehbare Beurteilungen zu geringer Akzeptanz.

Bei quantitativen Merkmalen (Dimension) wiederum ergibt sich u.U. die Notwendigkeit der Messmittelfähigkeit nach DIN, die im Produktionsumfeld häufig kaum zu erreichen ist.

Die optimale Antwort auf diesen Konflikt liegt in der frühzeitigen Regelung von Maschinen und Produktparametern anhand von Messungen. Umwelteinflüssen wie Temperaturschwankung, Dejustierung oder Abnutzung von Werkzeugen kann so frühzeitig entgegengewirkt werden; der Anwender lernt das Sensorsystem als wertvolles Hilfsmittel schätzen.

Der Vortrag behandelt anhand von Beispielen aus der Leuchtmittelindustrie Themen wie Auswahl und Positionierung von Sensorsystemen, Algorithmik und Visualisierung von Regelmechanismen sowie Messmittelbewertung.

# **Chemische Information durch Licht: ein Spaziergang durch die faszinierende Welt analytischer Geräte**

*Gerhard Schlemmer, Analytik Jena AG, Jena*

Analytik ist allgegenwärtig. Nicht nur in den naturwissenschaftlichen Disziplinen, sondern auch in der industriellen Wertschöpfungskette und auf vielen Gebieten des gesellschaftlichen Lebens sind analytische Informationen über Produkte und Dienstleistungen unverzichtbar geworden. Die Analytik liefert Daten für die Entscheidungsträger in Politik, Medizin, Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Erkenntnis über die Bedeutung des Lichts als wesentliche Quelle für physikalische und chemische Information stammt ursprünglich aus der Astronomie. Spätestens im 19. Jahrhundert wurde die spektrale Information von Himmelskörpern zur wichtigsten astronomischen Wissensquelle. Die Verbindung von Licht und chemischer Analytik begann etwa Mitte des vergangenen Jahrhunderts. Die optische Spektroskopie entwickelte sich in den vergangenen 5 Jahrzehnten zum wahrscheinlich wichtigsten Werkzeug der modernen Analytik.

Das für die moderne Analytik verwendete Licht beginnt weit unterhalb des für den Menschen sichtbaren Bereich im fernen UV und endet bei langen Wellen im fernen Infrarotbereich. Dazwischen können mit sehr unterschiedlichen und doch verwandten analytischen Systeme Oberflächen und Werkstoffeigenschaften, Atome, kleine und große Moleküle bis hin zu den Proteinen qualitativ und quantitativ bestimmt und ihre Wechselwirkungen und Bindungszustände verstanden werden. Die daraus entwickelten mannigfaltigen analytischen Instrumente, die alleine im Laborbereich eingesetzt werden, generieren einen jährlichen Umsatz im zweistelligen Milliarden Euro Bereich.

In diesem Beitrag wird zunächst ein Überblick über die wichtigsten Verfahren der optischen Spektroskopie, ihren Einsatz in Bioanalytik, Materialwissenschaft und Umwelt, und die Verwandtschaft unter den Techniken gegeben. Aus dem Bereich eigener Entwicklungen werden moderne Verfahren, insbesondere der Atomspektrometrie, vorgestellt. Der Zusammenhang zwischen neuen Entwicklungen im Bereich der Strahlungsquellen, der Strahlungsdetektion, der Elektronik und ihre Auswirkung auf die eingesetzten optischen Lösungen wird am Beispiel der hochauflösenden Atomspektroskopie erläutert.

## Das SkinControl® System

### Die Messung von Bestrahlungsstärke und Hautzustand

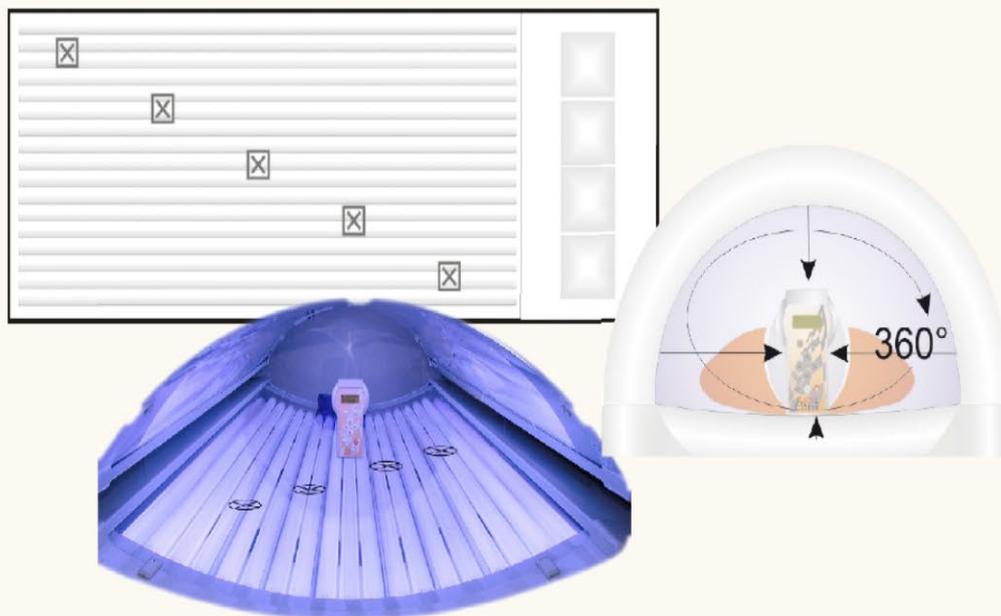
SkinControl® empfiehlt die optimale Besonnungszeit. Hierfür werden zwei Informationen benötigt:

- Welche Bestrahlungsstärke haben die Sonnenbänke?
- Wie ist der aktuelle Hautzustand (wie hoch ist der Eigenschutz der Haut gegen UV-Licht)?

Maßgeblich für die Bestrahlungsstärke der Lampen im Solarium sind nicht nur die Werte der Lampe selbst (UV-A und UV-B Anteil). Eine Rolle spielt der Bräunungstunnel des Solariums (wie dicht befindet sich die Lampe am Körper des Solariennutzers), welche Betriebstemperatur liegt vor (stark abhängig von der Kühlung des Solariums und dem Abluftverhältnis), etc.

### Die UV-Messung der Solarien mit SkinControl®

SkinControl®-SOL misst die Bestrahlungsstärke der Lampen in der Sonnenbank und das innerhalb weniger Minuten. Durchgeführt wird eine Radialvermessung. Dabei wird das SkinControl®-SOL an drei bis fünf verschiedenen Stellen auf der Liegefläche des Solariums positioniert. Vier Messaugen (oben, unten und an den Seiten) ermitteln die für die Besonnung entscheidende Intensität der erythem-wirksamen Strahlungsstärke (die Stärke und den Anteil der UV-Strahlung, welche den Sonnenbrand hervorruft).



In ausführlichen Tests wurden die Ergebnisse dieser Radialvermessung mit SkinControl®-SOL den Ergebnissen der Spektralvermessung gegenübergestellt. Die Ergebnisse beider Messungen ergaben nahezu identische Werte. Ein spektakuläres Ergebnis, wenn man bedenkt, dass eine UV-Messung der Solarien mit SkinControl®-SOL lediglich wenige Minuten Zeit in Anspruch nimmt. Im Gegensatz zu einer Spektralvermessung, welche im Sonnenstudio viel zu aufwendig wäre, kaum durchführbar ist.

## Die UV-Messung der Haut mit SkinControl®

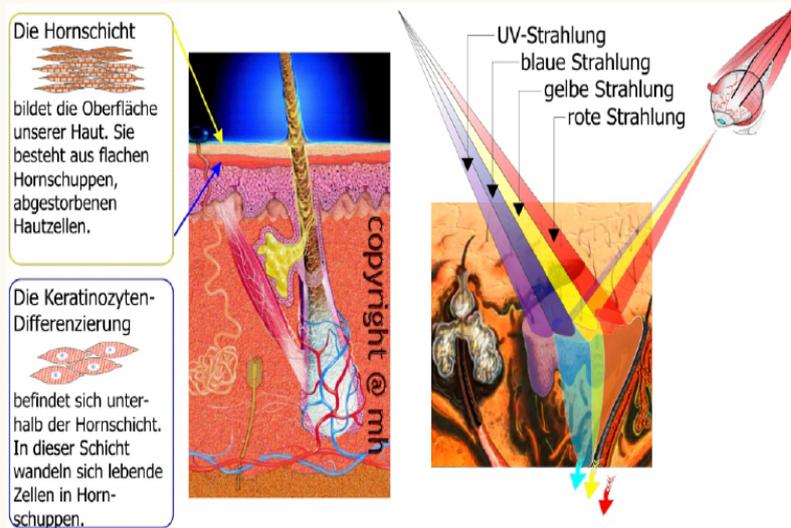
### Wie schützt sich unsere Haut gegen UV-Strahlung?

#### Die Lichtschwiele

Trifft UV-Strahlung auf die Haut, reagiert diese, um sich zu schützen, mit einer Verdickung der obersten Hautschicht, der für uns nicht sichtbaren Lichtschwiele.

#### Die Bräune

Auch die Pigmentzellen unter der Hornhaut bilden einen Schutzschild gegen das Sonnenlicht. Das Pigment bildet sich kappenförmig über dem Zellkern aus und absorbiert die Strahlung, welche auf die Zelle trifft. Das Pigment schützt somit die Zelle. Je größer das Pigment, desto mehr Strahlung wird absorbiert, desto geschützter ist der Zellkern. Die Pigmentzellen bilden den Hautfarbstoff Melanin, der die Bräune hervorruft, die Schutzbräune unserer Haut.



Die relevante, durch SkinControl® hergeleitete Messung, beschränkt sich zum Einen nur auf die für die UV-Abwehr verantwortlichen Zellschichten und beruht nicht auf einer reinen Absorptionsmessung. SkinControl® misst den aktuellen Hautzustand und nicht die Hautfarbe. Gemessen wird, in wie weit die Haut bereits einen eigenen Schutz gegen UV-Licht aufgebaut hat. Folglich misst SkinControl® die Dicke der Lichtschwiele und die Größe der Pigmente. Veränderungen durch äußere Einflüsse, z.B. erhöhte UV-Empfindlichkeit durch Medikamenteneinnahme oder durch sehr trockene Haut, werden berücksichtigt und erkannt.



**1.**  
Handrücken  
ca. 5 cm Richtung  
Aussenseite Unterarm



**2.**  
Handgelenk  
ca. 5 cm Richtung  
Innenseite Unterarm



**3.**  
Armbeuge (Innenseite)  
ca. 5 cm unterhalb  
der Elle

## **Sauberes Wasser für unsere Welt**

*Wolfgang Riggers, HeliosAquaPlus Technology AG, Bremen*

Seit ihrer Gründung im Jahre 2007 konnte die HeliosAquaPlus Technology AG die Wasserreinigung revolutionieren. Dem jungen Unternehmen ist es gelungen, seine Technologie zur Marktreife zu entwickeln, mehrere Patente europaweit anzumelden und wichtige Gebrauchsmuster eintragen zu lassen. Seitdem befreit die Technologie das Wasser von biologisch abbaubaren Stoffen und ist gegenwärtig die fortschrittlichste Art, Wasser aufzubereiten.

Während herkömmliche Anlagen ausschließlich UV-Licht verwenden, konnte die HeliosAquaPlus-Technologie ein einzigartiges Verfahren entwickeln, das durch die Kombination von UV-Licht mit Ultraschall-Technik deutlich bessere Werte erzielt. Durch die optimale Anordnung und die spezielle Geometrie der Anlage wird die Wirkung zusätzlich verstärkt. Ohne den Einsatz von Chemie werden pathogene organische Stoffe wie Bakterien, Viren und Pilze im Wasser inaktiviert und zerlegt – selbst bei hoher Trübung.

Das Unternehmen gliedert sich in mehrere Bereiche: Der Vertrieb sorgt für eine fachgerechte Beratung und Implementierung des Systems in Ihrem Unternehmen. In der Produktion und Fertigung werden die Anlagen zur Wasseraufbereitung von Fachpersonal konfektioniert. Des Weiteren verfügt die HeliosAquaPlus Technology AG über einen Forschungs- und Entwicklungsbereich. Ein betriebsinternes Labor stellt die Effektivität unserer fortschrittlichen Technologie unter Beweis. Lebensmitteltechnologien, Biologen und Chemiker analysieren jede Wasserprobe und stellen die Funktionalität der Anlagen sicher. Zertifizierungen und ständige Kontrollen sowohl unserer Geräte als auch unseres Betriebes garantieren die hohe Qualität unserer Produkte.

# Photo- & radiometrische Datenerfassung mit präzisen tragbaren Messstationen

Zeynep Özver-Krochmann, PRC-Krochmann, Berlin

Universelle Handmessgeräte mit PC-Schnittstellen sind in Kombination mit einem kleinen und leichten Netbook als tragbare Messstationen zur parallelen und präzisen Erfassung photometrischer und radiometrischer Daten hervorragend geeignet.

So können mehrere Handmessgeräte quasi parallel oder nacheinander gesteuert werden. Mit verschiedenen Sensoren und dank einer flexiblen Software lassen sich zahlreiche Größen bestimmen wie:

## photometrisch:

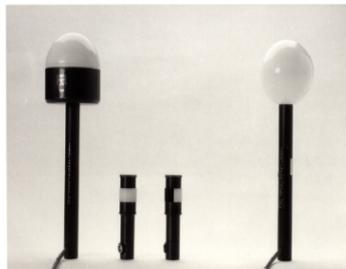
- Beleuchtungsstärke  $E$  [lx]
- vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  [lx]
- zylindrische Beleuchtungsstärke  $E_z$  [lx]
- Raumbeleuchtungsstärke  $E_o$  [lx]
- circadiane Beleuchtungsstärke  $E_c$
- skotopische Beleuchtungsstärke  $E^-$
- Leuchtdichte  $L$  [ $\text{cd cm}^{-2}$ ]
- Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärken  $g$
- Expositionsdauer [sec], Tageslichtquotient  $D$

## radiometrisch:

- Bestrahlungsstärke  $E$  [ $\text{W m}^{-2}$ ]
- effektive Bestrahlung  $H_{\text{eff}}$  [ $\text{J m}^{-2}$ ]
- circadianer Wirkungsfaktor  $acv$
- Expositionsdauer [sec]
- u.a.



RadioLux 111, Version Advanced



Sonderphotometerköpfe für  $E_{2h}$ ,  $E_z$ ,  $E_{zh}$ ,  $E_o$



Radiometerköpfe

Das RadioLux 111 mit seiner einzigartigen Temperaturanzeige und -kompensation ist mit seiner seriellen Schnittstelle optimal zur Verwendung in mobilen Systemen geeignet. Es erkennt die angeschlossenen Köpfe automatisch und kann auch mit Sonderphotometerköpfen sowie allen Radiometerköpfen arbeiten.

## EINSATZBEISPIELE FÜR MESSGERÄTE FÜR LICHT UND STRALUNG

### als Luxmeter:

- Beleuchtungsmessungen am Arbeitsplatz, in Krankenhäusern, Sportstätten, Straßen und Tunneln und in der Botanik
- Bestimmung der zulässigen Expositionsdauer in Museen und Galerien
- Messung von Sicherheits- und Notbeleuchtung
- Tageslichtmessungen:
  - bei Modellmessungen mit Hilfe von Mini-Photometerköpfen
  - Tageslichtquotient  $D$
  - Leuchtdichte, Leuchtdichte der Verbauung, Himmelleuchtdichte, Fensterfaktor, Verschmutzungsgrad  $k_2$
  - winkelabhängiger Transmissionsgrad der Fenster
- Erfassung der künstlichen Beleuchtungsverteilung am Tage

### als Radiometer:

- Messung der Bestrahlungsstärke im Labor, im Außenbereich und am Arbeitsplatz
- Überprüfung der zulässigen Expositionsdauer von Bestrahlungsgeräten wie Solarien, UV- und Infrarotstrahlern
- in medizinischen Bereichen zur Bestimmung von UVA, UVB, UVC, IRA, ACGIH, Bilirubin, Blue-Light-Hazard, direkte Pigmentierung, Vitamin-D-Bildung, UV-253,7 bei Entkeimungsanlagen

## Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter I. und II. Block

<b>Name</b>	<b>Anschrift</b>	<b>Telefon Fax E-Mail</b>
<b>Prof. Dr. –Ing. Wolfgang Heering</b>	<b>Universität Karlsruhe Lichttechnisches Institut Kaiserstr.12 76131 Karlsruhe</b>	<b>0721 6082538 0721 6082590</b> <a href="mailto:Wolfgang.heering@lti.uni-karlsruhe.de">Wolfgang.heering@lti.uni-karlsruhe.de</a>
Dr. Saulius Nevas	Physikalisch-Technische Bundesanstalt Albert-Einstein-Bau 205 Bundesallee 100 38116 Braunschweig	+49 531 592 4115 +49 531 592 69 4115 <a href="mailto:saulius.nevas@ptb.de">saulius.nevas@ptb.de</a>
Dipl.-Chem. Anke Drewitz	Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelt- Technologien e.V. Felsbachstraße 7 07745 Jena	+49 3641 366 742 +49 3641 366 777 <a href="mailto:drewitz@gmbu-jena.de">drewitz@gmbu-jena.de</a>
Dr. W.-D. Schmidt	Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelt- Technologien e.V. Felsbachstraße 7 07745 Jena	+49 3641 366 710 +49 3641 366 777 <a href="mailto:schmidt@gmbu-jena.de">schmidt@gmbu-jena.de</a>
Dipl.-Ing. Karl-Heinz Meyer	uv-technik Speziallampen GmbH Gewerbegebiet Ost 1 98704 Wümbach	+49 36785 520 0 +49 36785 520 21 <a href="mailto:karl-heinz.meyer@uvtechnik.com">karl- heinz.meyer@uvtechnik.com</a>
<b>Prof. Dieter Kreysig</b>	<b>Dozent u. wissensch. Berater Pfarrer-Jungklaus-Str.13 13189 Berlin</b>	<b>+49 304 725 204 +49 304 725 204</b> <a href="mailto:d.kreysig@arcor.de">d.kreysig@arcor.de</a>
Dipl.-Chem. Oluf Hoyer	WahnbachWasser GmbH Siegelknippen 53721 Siegburg	+49 2241 128 303 +49 2241 128 306 <a href="mailto:oluf.hoyer@uv-labor.de">oluf.hoyer@uv-labor.de</a>
Herr Volker Adam	Heraeus Noblelight Heraeusstrasse 12-14 63450 Hanau	+49 6181 359 925 +49 6181 359 926 <a href="mailto:volker.adam@heraeus.com">volker.adam@heraeus.com</a>
Dr. Marcus Roth	Osram GmbH Dr. Eugen-Kersting-Straße 6 51688 Wipperfürth	+49 226 781 201 +49 226 781 465 <a href="mailto:M.Roth@radium.de">M.Roth@radium.de</a>
Herr Bastian Engel	UV-Consulting Peschl e.K. Weberstraße 19 55130 Mainz	+49 6131 986 759 +49 6131 986 763 <a href="mailto:b.engel@uv-consulting.de">b.engel@uv-consulting.de</a>

## Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter III. und IV. Block

Name	Anschrift	Telefon Fax E-Mail
<b>Prof. Dr. Donat – P. Häder</b>	<b>Friedrich-Alexander-Universität Ökophysiologie Institut für Biologie Staudtstr. 5 91058 Erlangen</b>	<b>+49 9131 852 8216 +49 9131 852 8215</b>  <a href="mailto:dphaeder@biologie.uni-erlangen.de">dphaeder@biologie.uni-erlangen.de</a>
Dr. rer. nat. Elke Rabbow	Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Strahlenbiologie Linder Höhe 51147 Köln	+49 2203 601 3146 +49 2203 601 3146  <a href="mailto:Elke.Rabbow@dlr.de">Elke.Rabbow@dlr.de</a>
Frau Claudia Ulbrich	Charité Berlin Garystr. 5 14195 Berlin	+49 30 45052 5549 +49 30 45052 5962  <a href="mailto:claudia.ulbrich@charite.de">claudia.ulbrich@charite.de</a>
Dr. Erhard Pfündel	Heinz Walz GmbH Eichenring 6 91090 Effeltrich	+49 913 377 6530 +49 913 353 95  <a href="mailto:Epfuendel@walz.com">Epfuendel@walz.com</a>
<b>Prof. Kleinschmidt</b>	<b>Prof. Dr. Dr. Jürgen Kleinschmidt LMU München Marchionistr. 15 81377 München</b>	<b>+49 89 7095 8829</b>  <a href="mailto:juergen.kleinschmidt@uni-muenchen.de">juergen.kleinschmidt@uni-muenchen.de</a>
Dipl.-Ing. Alexander Cabaj	Veterinärmed. Universität Wien Veterinärplatz 1 01210 Wien	+43 1 2507 74322 +43 1 2507 74390  <a href="mailto:Alexander.Cabaj@speed.at">Alexander.Cabaj@speed.at</a>
Prof. Gunther Seckmeyer	Institut für Meteorologie Herrenhäuser Str. 2 30419 Hannover	+49 511 762 4022 +49 511 762 4418  <a href="mailto:seckmeyer@muk.uni-hannover.de">seckmeyer@muk.uni-hannover.de</a>
Dr. Michael Steyer	Osram GmbH T&S ET EBT Berliner Allee 65 86153 Augsburg	+49 821 588 4196 +49 821 588 54196  <a href="mailto:m.steyer@osram.de">m.steyer@osram.de</a>
Dr. Gerhardt Schlemmer	Analytik Jena AG Konrad-Zuse-Straße 1 07745 Jena	+49 3641 778 604 +49 3641 778 249  <a href="mailto:g.schlemmer@analytik-jena.de">g.schlemmer@analytik-jena.de</a>

## Anschriften der Autoren - Postervorträge

<b>Name</b>	<b>Anschrift</b>	<b>Telefon Fax E-Mail</b>
Manfred Holtkamp	Manfred Holtkamp Elektronik GmbH Südstraße 40 49084 Osnabrück	+49 541 971 20 0 +49 541 971 20 40 <a href="mailto:info@holtkamp.de">info@holtkamp.de</a>
Wolfgang Riggers	Helios Aqua Plus Technology AG Louis-Leitz-Str. 1 28355 Bremen	+49 421 436 6881 +49 421 436 6887 <a href="mailto:info@heliosaquaplus.com">info@heliosaquaplus.com</a>
Dipl.-Ing. Zeynep Özver - Krochmann	PRC Krochmann Am Sandwerder 47 14109 Berlin	+49 30 751 70 07 +49 30 751 01 27 <a href="mailto:prc@prc-krochmann.de">prc@prc-krochmann.de</a>





Geschäftsstelle der DAfP  
c/o TU Ilmenau-FG Lichttechnik  
Matthias Menz  
Schatzmeister  
PF 100565  
98684 Ilmenau

Telefon: 03677 693738

Telefax: 03677 693733

E-Mail: [matthias.menz@tu-ilmenau.de](mailto:matthias.menz@tu-ilmenau.de)