



DAfP

Deutsche Akademie
für Photobiologie und
Phototechnologie e.V.

Gesellschaft für technische und medizinische Anwendungen optischer Strahlung

V O R T R A G S M A P P E

DAfP

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

Gesellschaft für technische und medizinische
Anwendung optischer Strahlung

18. Symposium der DAfP

„Möglichkeiten und Risiken optischer Strahlung“

am 23. und 24.05.2013

Hotel Mercure
Parkstr. 66
58509 Lüdenscheid

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Joachim Reill, OSRAM Regensburg LED und Halbleiterlaser | 3 |
| Dr. Rainer Kling, KIT Karlsruhe Plasmastrahler | 4 |
| Dr. Ulrich Henger, Eichenau Energieeffizienz moderner Lichtquellen | 5 |
| Prof. Dr. Christoph Schierz, TU Ilmenau Farbwiedergabe | 6 |
| Prof. Dr. Thomas Jüstel, FH Münster LED in der Kosmetik und Medizin | 7 |
| Prof. Dr. Wolfgang Heering, KIT Karlsruhe Laser in der Medizin | 8 |
| Dr. Peter Bocionek, JW Holding GmbH Sonnenbänke | 9 |
| Dipl. -Des. Carsten Hohmann, Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt Technologie und Design - Neuartige Erscheinungsbilder von Signalfunktionen | 10 |
| Prof. Dr. D. van Norren, Utrecht Blue Light Hazard | 11 |
| Günter Ott, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund Risiken von Laserstrahlung | 12 |
| Prof. Dr. Dr. Donat-P. Häder, Möhrendorf Biologische Schädigung | 13 |
| Dr. Harald Siekmann, IFA Bonn Haut- und Augenschäden durch optische Strahlung | 14 |
| Prof. Dr. Jörg Reichrath, Uniklinik Homburg UV-Exposition, Hautkrebs und Vitamin D - Wieviel Sonne braucht der Mensch? | 15 |

| | |
|--|-----------|
| Alexander Wunsch, Arzt Heidelberg Retina-Regeneration durch Nahinfrarot | 16 |
| PD. Dr. Dieter Kunz, St. Hedwig Krankenhaus Berlin Chronobiologie | 17 |
| Dr. Dieter Kockott, DK UV-Technik, Hanau Normen als Wegbereiter für einheitliche Prüfergebnisse | 18 |
| Postervortrag 1 | |
| Cornelia Ruhrmann Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz von Plasmalampen | 19 |
| Postervortrag 2 | 20 |
| Benjamin Herden, Adrian Geschwentner, Thomas Jüstel, FH Münster Egon Seelbach, Thomas Berger, Berger GmbH, UV-Lampen auf Basis einer leuchtstoffkonvertierten Xe-Excimerentladung | |
| Anschriften der Autoren | 21 |

LED und Halbleiterlaser

Joachim Reill Senior Director LED Applications Engineering,
OSRAM Opto Semiconductors GmbH, Visible LED Applications Engineering

Der Vortrag präsentiert die grundsätzliche Funktion von LED und Halbleiterlasern, zeigt den aktuellen Stand der Technik auf, geht auf die bestehenden Anwendungen ein und welche weiteren Möglichkeiten es durch Halbleiterlichtquellen gibt.

Plasmastrahler

Dr. Rainer Kling, Lichttechnisches Institut LTI, Karlsruher Institut für Technologie KIT

Das Plasma, auch als der vierte Aggregatzustand mit freien Ladungsträgern wie Elektronen und Ionen bezeichnet, umfasst als Hauptkenngrößen die Temperatur und den Druck. Diese reichen im Plasma von Raumtemperatur bis zu >10000 K im heißesten Bereich des Plasmas, wobei ein Druckbereich von $10^1 - 10^8$ Pa umfasst wird. Bei den kleinen Druckwerten findet sich das Niederdruckplasma, das ein Plasma im Nichtgleichgewichtszustand ist, weil nur die Elektronen deutlich höhere Temperaturen und Energien als die Ionen besitzen. Es wird auch als „Kaltes Plasma“ bezeichnet. Bei höheren Drücken bildet sich das Hochdruckplasma aus. Hier sind lokal Elektronen und Ionen bei vergleichbaren Temperaturen, d. h. im thermischen Gleichgewicht. Dieses Plasma bezeichnet man deshalb auch als „Thermisches Plasma“.

Die Plasmatechnik umfasst den Einsatz von Nieder- und Hochdruckplasmen für technische Applikationen. Dazu zählt z. B. die Beschichtungstechnik, die Oberflächenaktivierung und -Funktionalisierung, die Reinigung, das Ätzen, die Entkeimung, die Lichterzeugung, die Abgasreinigung oder die Stoffsynthese.

Dieser Vortrag typisiert die Plasmastrahler, die ein gerichtetes Plasma auf Oberflächen einsetzen. Hier gilt es einerseits zwischen „heißen“ Plasma Bögen bei Atmosphärendruck zu unterscheiden, die zum Schneiden und Beschichten eingesetzt werden. Andererseits treten die Niederdruck-Plasmastrahler, auch „Plasma Jets“ genannt, die in diesem Druckbereich ein kaltes Plasma aufweisen, eine erfolgreiche Kommerzialisierung an.

Mit diesen „Plasma Jets“ kann man auch empfindliche Oberflächen, z. B. mit energetischen Elektronen, beaufschlagen. Dazwischen gibt es noch die atmosphärischen Nichtgleichgewichtsentladungen wie „Dielektrische Barrieren Plasma Jets“, die auch am LTI untersucht werden. So können durch das Plasma Radikale und UV Strahlung bei geringen mittleren Plasmatemperaturen erzeugt werden.

Es werden die Anwendungsgebiete der Plasmastrahler wie die Oberflächen-Modifikation vorgestellt. Dies geht von der Funktionalisierung bis zur Entkeimung. Als Beispiel sind hier die Haut- und Katheter-Sterilisierungen in der Medizintechnik, die Wundbehandlung und die Packstoffentkeimung zu nennen.

Energieeffizienz moderner Lichtquellen

Dr. Ulrich Henger, Eichenau

Für eine effiziente Beleuchtung sind je nach Anwendung verschiedene Faktoren maßgeblich. Neben dem Wirkungsgrad der Leuchten, bedarfsgerechten Lichtsteuerungen, Nutzung des Tageslichts und weiteren Einflussfaktoren, ist die Auswahl der Lichtquellen von entscheidender Bedeutung. Lichtquellen bzw. die zugrunde liegenden Technologien der Lichterzeugung werden durch eine Vielzahl an Eigenschaften charakterisiert, an vorderster Stelle die Lichtausbeute. Nicht von ungefähr zielen Energieeinsparprogramme wie En.Lights, das Licht-Effizienzprogramm der UNEP, oder auch die europäische Gesetzgebung auf die Lichtausbeute ab und nehmen sie als Maß für die Charakterisierung von Effizienzklassen bzw. für die Einteilung in Energy Labels.

Die Verordnung 1194/2012 vom 12. Dezember 2012 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG präzisiert Vorgaben zum EEI (Energy Efficiency Index) die stufenweise zu den Stichtagen 1.9.2013, 1.9.2014 und 1.9.2016 in Kraft treten. Die Verordnung 874/2012 vom 2. Juli 2012 definiert die Energieeffizienztikettierung neu und führt mit A+ und A++ zwei weitere Energy Labels mit höheren Effizienzanforderungen ein.

Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die wichtigsten Technologien der Lichterzeugung. Bei den thermischen Strahlern werden aufgrund der Verschärfung der Vorgaben in Europa nicht nur Glühlampen sondern auch ein Großteil der Halogenglühlampen in naher Zukunft vom Markt verschwinden.

Bei den gerichteten bzw. gebündelten Lichtquellen werden Verbote auch andere Lichttechnologien treffen. Hier werden nur noch die effizientesten NV-Halogen-Lampen, HID oder LED-Strahler erlaubt sein. Der Vergleich der gesetzlichen Vorgaben mit den aktuell erreichten Daten sowie dem Potential der diversen Lichttechnologien soll einen Ausblick auf die Zukunft der Lichterzeugung geben.

Farbwiedergabe

Univ.-Prof. Dr. Christoph Schierz, TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Lichttechnik

Wer schon einmal im Kleidergeschäft eingekauft hat, kennt das Problem: Wie sehen die Farben der angebotenen Kleidungsstücke „tatsächlich“ aus? Eine mögliche Methode zur Beurteilung ist, damit ans Tageslicht zu gehen. Aber ist das auch das richtige Licht, wenn der Anzug nur abends im Theater getragen wird? Offensichtlich kann künstliche Beleuchtung die Farben von Gegenständen verfälschen, auch wenn es sich um weißes Licht handelt. Das liegt daran, dass im Lichtspektrum aus Technologie-, Effizienz- und Kostengründen Wellenlängenbereiche fehlen, ohne dabei das Licht zu verfärben. Wie gut die Farbwiedergabe einer Lichtquelle ist, wird derzeit mit dem allgemeinen Farbwiedergabeindex beschrieben.

Mit dem Aufkommen von LEDs als Lichtquellen für Beleuchtungszwecke wird die Gültigkeit dieses Indexes angezweifelt. Drückt er wirklich die Farbwiedergabegüte aus, welche ein menschlicher Beobachter wahrnimmt?

Berechnungsmethode

Der allgemeine Farbwiedergabeindex wurde in den 1960er Jahren von der CIE definiert. Er berechnet sich als Mittelwert der Farbverschiebungen von acht Testfarben, welche entstehen, wenn statt eines Bezugs-Lichtspektrums das zu kennzeichnende Test-Lichtspektrum zur Beleuchtung der Testfarben verwendet wird. Als Testfarben sind acht Farbproben geringer Farbsättigung mit definiertem spektralem Reflexionsgrad vorgegeben. Die Bezugslichtart ist je nach Farbtemperatur der Testlichtart entweder ein Temperaturstrahler (ähnlich Glühlampe) oder Tageslicht. Dabei wird die Bezugslichtart so ermittelt, dass die Farbtemperatur mit der Testlichtart übereinstimmt; zusätzliche kleine Farbabweichungen zwischen Bezugs- und Testlichtart werden durch Adaptations-transformationen berücksichtigt. Neben dem allgemeinen Farbwiedergabeindex lassen sich 14 spezielle Indices ermitteln (z.B. R9 für rot) welche auch gesättigte Farben beinhalten.

Probleme des Farbwiedergabeindex

Mit dem Auftreten der LEDs wurde in einigen Experimenten festgestellt, dass die von den Testpersonen wahrgenommene Farbwiedergabequalität besser ist, als der Farbwiedergabeindex vorhersagt. Deswegen wird seit einigen Jahren in der Forschung untersucht, wie ein besserer Index konstruiert werden könnte. Die Problematik beim bisherigen Index werden in folgenden Punkten gesehen: Unrealistische Bezugslichtart; Auswahl von anderen und mehr Testfarben, Farbraum und Adaptationstransformation veraltet; Mittelwert der Farbverschiebungen zu tolerant. Auch wird diskutiert, ob das Konzept der Farbverschiebung generell überdacht werden muss und zum Beispiel eine Verbesserung der „Schönheit“ der Farben oder die Farberwartung auch zu berücksichtigen sind.

Aktuelle Forschungsergebnisse und Bewertungsvorschläge

In dem Referat werden ein paar Forschungsergebnisse präsentiert, die unter anderem an der TU Ilmenau entstanden sind. Alternative zur Zeit diskutierte Methoden werden kurz vorgestellt. Möglicherweise wären auch anwendungsspezifische Farbwiedergabeindices hilfreich (z.B. für Lebensmittel, Textilbranche, Farbdruk, Medizin).

LED in der Kosmetik und Medizin

Thomas Jüstel, Fachhochschule Münster, Stegerwaldstr. 39, D-48565 Steinfurt

Optische Strahlungsquellen auf der Basis von thermischen oder Lumineszenzstrahlern werden seit Mitte des 20. Jhdts. für kosmetische, diagnostische und therapeutische Zwecke eingesetzt. Dabei lassen sich therapeutische Wirkungen über die Haut, über das Auge oder auch über die Blutgefäße erreichen, wobei zur Modulation der Blutgefäße eine ausreichend hohe Eindringtiefe gewünscht ist, so dass hierfür häufig NIR-Strahlung eingesetzt wird. Diagnostik mit Hilfe optischer Strahlungsquellen ist insbesondere im NIR-Bereich wegen der hohen Eindringtiefe von NIR-Strahlung von Interesse, wobei hier neben der morphologischen Diagnostik auch die analytische Bestimmung von Glukose, Harnsäure, Bilirubin und anderer stoffwechselrelevanter Moleküle im Fokus steht.

In den letzten 20 Jahren sind nun eine Reihe neuer Technologien, wie z.B. Hg-freie Entladungslampen sowie anorganische und organische LEDs entwickelt worden, mit denen einerseits optische Strahlung mit nie erreichter Effizienz erzeugt werden kann und andererseits völlig neue Spektren vom UV- bis zum NIR-Bereich zur Verfügung stehen.

Mit diesen neuartigen Strahlungsquellen lassen sich sowohl etablierte Anwendungen optischer Strahlung, wie der Bräunung, Vitamin D-Bildung, Entkeimung, Bilirubin-Abbau oder der Schmerztherapie, verbessern als auch völlig neue Anwendungsfelder erschließen. Dazu gehört z.B. eine Wundauflage, die mit Hilfe eines geeigneten Strahlungsspektrums den Heilungsprozess unterstützt ("OLED-Pflaster").

In dem Vortrag wird auf die Funktionsweise und die Eigenschaften der neuen Strahlungsquellen eingegangen und darauf aufbauend Optionen für deren Einsatz in der Kosmetik und Medizin kritisch diskutiert.

Laser in der Medizin

Wolfgang Heering, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Lichttechnisches Institut

Heute werden eine Vielzahl verschiedenartiger Laser für therapeutische und kosmetische Behandlungen erfolgreich eingesetzt. Für unterschiedliche Wechselwirkungen der Laserstrahlung mit dem Gewebe stehen passende medizinische Lasersysteme zur Verfügung. Die Wirkung des Lasers ist nicht nur abhängig von der Wellenlänge sondern vor allem von der Höhe der Bestrahlungsstärke und der Expositionszeit bzw. Pulsdauer. Die Vorteile des Lasers gegenüber anderen Werkzeugen in der Medizin sind u.a. die Vorgabe und Wahl der Läsionsart und –geometrie, die selektive Wechselwirkung und die Schmerzreduktion.

Photochemische Lasereffekte, genutzt u.a. in der photodynamischen Therapie und zur Biostimulation, werden mit relativ geringen Bestrahlungsstärken und langen Expositionsauern erzielt, vornehmlich mit rot emittierenden Farbstoff- und Diodenlasern. Thermische Wirkungen bei Bestrahlungsstärken von bis zu 10^6 W/cm² und Pulsauern von länger als 1 μ s werden mit CO₂, Nd:YAG, Er:YAG, Ho:YAG Lasern sowie mit Argonionen- und längerwelligeren Diodenlasern erzeugt. Behandlungen mit solchen Lasern sind u.a. indiziert bei Ablösungen der Retina, zur lokalen Tumorkoagulation sowie zur Zahnbearbeitung. Mit noch höheren Bestrahlungsstärken von mehr als 10^7 W/cm² und Pulsauern von weniger als 100 ns wird eine präzise und definierte Photoablation oder gar eine plasmainduzierte Ablation der Augenhornhaut ohne Koagulation möglich. Für eine solche refraktive Korrektur der Hornhaut setzt man gewöhnlich Excimerlaser ein. Die Photodisruption, genutzt u.a. zur Linsenfragmentierung, erfordert weit höhere Pulsenergiedichten. Der Ti-Saphir-Laser ist hierfür ein geeignetes Instrument.

In der Augenheilkunde, Orthopädie, Neurochirurgie, Zahnheilkunde und Dermatologie ist der Laser inzwischen ein unverzichtbares Werkzeug, das teilweise das Skalpell ersetzt.

1. *Boulnois, J.-L., Lasers Med. Sci. 1 (1986), 47 - 66*
2. *Niemz, M., Laser-Tissue Interactions, Springer 2002*
3. *Meschede, D., Optik, Licht und Laser, Teubner 2005*

Sonnenbänke

Peter Bocionek, JW Holding GmbH, Stuttgart

Bei der Anwendung von Sonnenbänken bzw. Solarien aller Art steht für die Nutzerinnen und Nutzer bestimmungsgemäß die Hautbräunung im Vordergrund. Die Motivation zur Anwendung geht jedoch oftmals darüber hinaus, wobei einerseits eine belebende, andererseits aber auch eine entspannende Wirkung erwartet wird.

Im Hinblick auf die Hautbräunung werden praktisch alle marktüblichen Solarien den Erwartungen gerecht. Anders als bei natürlichen Sonnenbädern wird sogar die Sofortbräunung oder Pigmentdunkelung nach kurzen Expositionszeiten bei einmaliger Nutzung ausgelöst, was auf die vergleichsweise hohe UVA-Bestrahlungsstärke zurückzuführen ist. Die Effizienz für die Pigmentbildung, die Voraussetzung für eine langanhaltende und intensive Bräunung ist, wird von den verschiedenen Solarien unterschiedlich angeregt. Insbesondere seit Einführung der gesetzlich festgelegten Höchstgrenze der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke auf $0,3 \text{ W/m}^2$ ist aufgrund der Ähnlichkeit der Wirkungsspektren für das UV-Erythem und für die Pigmentbildung (Melanogenese) zumeist diese Wirkung weniger stark ausgeprägt. Unter Ausnutzung der unterschiedlichen Zeitverläufe beider Reaktionen ist es aber trotzdem möglich, unter Umgehung des Sonnenbrandes zu bräunen.

Eng verknüpft mit der Hautbräunung ist die Aktivierung der natürlichen Lichtschutzmechanismen. Neben der Bräunung gehören hierzu in erster Linie die sog. Lichtschwiele sowie die Bildung und Isomerisierung der Urocaninsäure. Obwohl theoretisch ein Lichtschutzfaktor von insgesamt bis zu 40 erreichbar erscheint, zeigen Studien mit Solarien deutlich geringere Schutzwirkungen, die lediglich einem Schutzfaktor von 2 bis 4 entsprechen. Daher wird die Effektivität der Vorbräunung mit Solarien, beispielsweise vor einem Urlaub in sonnigen Gegenden, von vielen Dermatologen als zweck- und wirkungslos angesehen, was allerdings nicht gerechtfertigt erscheint.

Als weitere, ebenfalls teilweise umstrittene, aber tatsächlich vorhandene Wirkung von Solarien ist die Vitamin D-Synthese zu nennen, bei der zunächst vor allem durch Einwirkung von UVB-Strahlung in der Haut aus 7-Dehydrocholesterol das Prävitamin D_3 gebildet wird. Über Vitamin D_3 (Cholecalciferol) erfolgen danach in der Leber und Niere Hydroxylierungen zu den eigentlichen Wirkformen. Die natürliche Sonnenstrahlung gilt eine der besten Vitamin D-Quellen überhaupt und weist ein Verhältnis von Vitamin D- und erythemwirksamer Bestrahlungsstärke von nahezu 2 auf. Obwohl dieses Verhältnis in der Regel von Solarien nicht erreicht wird, ist nicht nur die Vitamin D-Bildung, sondern auch die daraus resultierenden Folgewirkungen wie z.B. auf die Knochengesundheit und das Herz-Kreislaufsystem in zahlreichen Studien nachgewiesen.

Die psychisch aufhellende oder sogar antidepressive Wirkung hat ihren Ursprung in der Strahlungsabsorption an Rezeptoren in den Augen. Nachdem jedoch die Augen während einer Sonnenbanksitzung üblicherweise geschützt und geschlossen sind, scheinen derartige Wirkungen offenbar ausgeschlossen zu sein. Trotzdem berichten Solariennutzer immer wieder darüber.

Bei verschiedenen Hautkrankheiten werden UV-Bestrahlungen therapeutisch erfolgreich genutzt. Dementsprechend überrascht es nicht, dass dermatologische Erkrankungen wie die Schuppenflechte oder Neurodermitis sich in der Regel durch Solariumexpositionen bessern lassen. Wie bei allen anderen Therapien ist allerdings auch hier zu beachten, dass eine regelmäßige ärztliche Kontrolle bzw. Aufsicht unabdingbar ist.

Technologie und Design - Neuartige Erscheinungsbilder von Signalfunktionen

Dipl.-Designer Carsten Hohmann, HELLA KGaA Hueck & Co.
L-DL-PRE Lighting Predevelopment

Signalfunktionen in der Automobilbeleuchtung haben sich im Laufe der letzten Jahre von rein technischen Umsetzungen zu zentralen Designelementen gewandelt und werden zunehmend ein Merkmal der Markenidentität.

Durch die Möglichkeit die Lichtverteilung allein über Reflektoren und nicht wie bisher über die Streuoptiken in der Außenscheibe zu generieren, wandelten sich Scheinwerfer und Heckleuchten zu "Schaufenstern", die einen zuvor nicht sichtbaren Raum zur Betrachtung und Gestaltung freigaben.

Mit dem Einzug der LED-Technologie vergrößerte sich dieser neugewonnene Gestaltungsspielraum enorm. Nach ersten Umsetzungen mit Reflektoren eröffnete gerade die Kombination mit Lichtleittechnik nahezu unbegrenzte Möglichkeiten. Mit Hilfe von Prismenstäben oder Flächenlichtleitern wie LightCurtain und EdgeLight können nun selbst komplexeste Signaturen erzeugt werden.

Neben schmalen Signaturbändern und homogen leuchtenden Flächen gibt es aktuell einen Trend zu dreidimensionalen Erscheinungsbildern, die z.B. durch den Einsatz von Effekt-Gewebe oder Spiegelsystemen erzeugt werden können.

Der Dreidimensionalität von Signal- und Hauptlichtfunktionen wird versucht auch noch den Faktor Zeit hinzuzufügen. So variieren die Position oder der Beleuchtungszustand von Lichtfunktionen, so dass die Animation oder Bewegung die Wahrnehmung noch weiter verstärkt. Ein Beispiel hierfür wäre das sequenzielle oder "wischende" Blinklicht, bei dem durch zeitversetzte Ansteuerung einer Reihe von LEDs der Eindruck von bewegtem Licht entsteht.

Zur Zeit stehen 2 neue Lichtquellen vor dem Einzug in die Automobilbeleuchtung. So rückt gerade die OLED-Technologie in den Fokus der Signalbeleuchtung, deren Vorteile, wie die homogene Ausleuchtung oder die flache Bauweise, aber zur Zeit noch einige Probleme, wie die begrenzte Leuchtstärke und geringe Lebensdauer, gegenüberstehen.

Durch die Präsentation eines Konzeptfahrzeugs rückte BMW auch den Blick auf die LASER-Technologie. Vor- und Nachteile dieser Lichtquelle werden von Zulieferern und OEM gerade untersucht. Ob diese Lichtquelle eine Zukunft in der Automobilbeleuchtung hat, wird sich erst noch zeigen müssen. Zum einen sind LASER verglichen mit LEDs noch recht teuer, zum anderen erfüllen sie zur Zeit noch keine notwendigen Automotive-Spezifikationen. Für die Hauptlichtfunktionen wie Abblend- und Fernlicht wird besonders die Umwandlung von blauem LASER-Licht in weißes Licht, sowie die nötige Systemsicherheit eine große Herausforderung sein.

Blue Light Hazard

Prof. em. Dirk van Norren

1. The Blue Light Hazard is an appropriate name for the phenomenon of photochemical light damage of the human retina. It emphasizes that the action spectrum peaks in the blue part of the visible spectrum. At the retinal level, thus with the lens of the eye removed, the action spectrum peaks in the ultraviolet.
2. Photochemical light damage should be discerned from thermal damage that has totally different properties, like a flat action spectrum and a significant local rise in temperature of the irradiated retinal area.
3. The history of photochemical damage starts in 1966 with Noell's discovery that rats exposed to long exposures of relatively low levels of fluorescent light showed retinal damage. The action spectrum was identical to the absorption spectrum of rhodopsin. About 10 years later Ham exposed macaque monkeys to much shorter (minutes), high light levels, and found the action spectrum to peak in the blue. For decennia this discrepancy in action spectra was ascribed to a range of possible causes. A recent review, however, revealed that none of these arguments holds. Actually, all data on action spectra for all mammals fit with Ham's Blue Light Hazard. The exception are Noell's original publication and a confirmation in 1983. Are these findings simply wrong?
4. The retinal mechanism of photochemical damage is most likely based on absorption of light in photoproducts of all trans retinal, itself a bleach product of rhodopsin.
5. The practical consequences of the Blue Light Hazard are limited. Retinal damage is found when people watch the sun, in particularly at the occasion of a (partial) eclipse. Long eye operations are also hazardous because of strong retinal illumination. The danger can be reduced by blocking the short wavelengths. ICNIRP has published formula and tables to calculate the maximum exposure time of any lamp in any condition.

Risiken von Laserstrahlung

Günter Ott, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund

Laser finden zunehmend im beruflichen und privaten Bereich Anwendung.

Im beruflichen Bereich werden Laser auch mit höherer Leistung beispielsweise in der Materialbearbeitung, in der Mess- und Prüftechnik, in der Analytik, im Bauwesen, in der Informations- und Kommunikationstechnik, in der medizinischen Diagnostik und Therapie sowie bei Shows und sonstigen Vorführungen eingesetzt. Solche Laser dürfen nur mit geschultem und unterwiesenem Personal bei Beachtung von speziellen Maßnahmen sicher betrieben werden.

Im privaten Bereich finden Laser zunehmend Anwendung, z. B. als Laserpointer, Justierlaser und Distanzmessgeräte. Diese werden oftmals von Personen ohne ausreichende Kenntnisse über die Gefährdungen durch Laserstrahlung eingesetzt. Die Technische Spezifikation für Laser als Verbraucherprodukte konkretisiert die Anforderungen des Produktsicherheitsgesetzes und regelt das Inverkehrbringen von Laserprodukten.

Die Laserstrahlung unterscheidet sich von der Strahlung anderer künstlicher Strahlungsquellen, wie z. B. Glühlampen oder Licht emittierenden Dioden, im Wesentlichen durch die folgenden Eigenschaften:

- **Kohärenz:** Zeitlich und räumlich feste Phasenbeziehung der Wellen;
- **Monochromasie:** Die Laserstrahlung weist exakt eine Wellenlänge auf („Einfarbigkeit“, Schmalbandigkeit);
- **Parallelität:** Der Laserstrahl weist eine äußerst geringe Divergenz auf
- **hohe Bestrahlungsstärke (Leistungsdichte).**

Bei der Gefährdung durch Laserstrahlung hat der Schutz der Augen den höchsten Stellenwert, da durch die Linse der gebündelte Laserstrahl zusätzlich stark auf der Netzhaut fokussiert wird. Dadurch wird die Strahlung im sichtbaren- und nahen Infrarotbereich 400 000-fach verstärkt.

Die Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) gilt zum Schutz der Beschäftigten am Arbeitsplatz vor tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch optische Strahlung aus künstlichen Quellen. Sie betrifft direkte Gefährdungen der Augen und der Haut und berücksichtigt auch die indirekten Gefährdungen (z. B. Blendung, Brand- und Explosionsgefahr). Mit der OStrV liegen verbindliche Grenzwerte für künstliche Strahlungsquellen einschließlich Laserstrahlung vor.

Technische Regeln konkretisieren die OStrV und berücksichtigen neue wissenschaftliche Erkenntnisse hinsichtlich der Wirkung von Laserstrahlung.

Biologische Schädigung

Prof. Dr. Dr. h.c. Donat-P. Häder, Neue Str. 9, Möhrendorf

Genauso wie Menschen werden auch andere Organismen durch energiereiche, kurzweilige Strahlung geschädigt. Während die meisten Tiere durch Federn oder Haare geschützt sind, zeigen sie an exponierten Stellen, wie den Augen oder Lippen, UV-induzierte Schäden, die wie bei Menschen zum Hautkrebs führen können. Bei Fischen sind Symptome des Sonnenbrandes nachgewiesen worden. Solare UV Strahlung setzt auch den Entwicklungserfolg von Eiern, wie bei Forellen oder Kabeljau herab und wird zum Teil für den weltweiten Rückgang von Amphibien (Frösche, Kröten, Lurche) verantwortlich gemacht. [1] Eine Vielzahl von Untersuchungen zeigt massive Einflüsse von solarer UV-B (280 – 315 nm) Strahlung auf höhere Pflanzen. Unter ihrem Einfluss ändert sich die Blattgröße und –dicke sowie die Morphologie und sogar das Wurzelsystem. Die photosynthetische Quantenausbeute - und damit die Biomasseproduktion - verringert sich und es treten Schäden an der Erbsubstanz (DNA) auf. Allerdings scheint es keine massiven Einbrüche in der landwirtschaftlichen Produktion zu geben, da die genetische Plastizität den UV Stress abfangen kann. [2]

Massive Einflüsse erhöhter solarer UV Strahlung sind in aquatischen Ökosystemen gefunden worden. Die Primärproduzenten in den Weltmeeren (Algen und Phytoplankton) synthetisieren genauso viel Biomasse wie alle terrestrischen Ökosysteme zusammen. Sie sind auch für die Hälfte der CO₂ Aufnahme aus der Atmosphäre verantwortlich und reduzieren somit die globalen Klimaänderungen, die durch anthropogenen Eintrag dieses Treibhausgases durch Verbrennung fossiler Brennstoffe und die tropische Brandrodung hervorgerufen werden. Die Temperaturerhöhung in den oberen Wasserschichten der Weltmeere verringert die Dicke der Durchmischungsschicht (mixing layer), so dass die Phytoplanktonorganismen näher an die Wasseroberfläche gedrängt werden, was zu einer höheren Exposition von solarer UV Strahlung, aber auch zu intensiver sichtbarer Strahlung (PAR) führt. [3]

1. Häder, D-P; Kumar, HD; Smith, RC; Worrest, RC (2007). Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 6, 267-285..
2. Caldwell, MM; Ballaré, CL; Bornman, JF; Flint, SD; Björn, LO; Teramura, AH; Kulandaivelu, G; Tevini, M (2003). Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation and interactions with other climatic change factors. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2, 29-38..
3. Häder, D-P (2011). Does enhanced solar UV-B radiation affect marine primary producers in their natural habitats? *Photochem. Photobiol.* 87, 263–266.

Haut- und Augenschäden durch optische Strahlung

Dr. Harald Siekmann, IFA Bonn

Wirkt optische Strahlung auf den menschlichen Körper ein, dann kann sie positive und negative Wirkungen hervorrufen. Welche Wirkungen erzeugt werden, hängt u.a. von der Höhe und der Dauer der Strahleneinwirkung, der Wellenlänge, dem bestrahlten Organ und seiner Empfindlichkeit ab. Optische Strahlung kann auf die Haut und das Auge einstrahlen und dort direkte Wirkungen hervorrufen. Wegen der starken Absorption der Strahlung in der Körperoberfläche wirkt sie nicht auf innere Organe ein. Es gibt aber auch systemische Wirkungen auf den ganzen Körper, die durch die Haut und das Auge vermittelt werden.

An welcher Stelle eine direkte Wirkung erzeugt wird, hängt von der Eindringtiefe der Strahlung in die Haut und in das Auge ab und ist daher von der Wellenlänge abhängig. Zu unterscheiden ist zwischen akuten Schädigungen und Langzeitschäden. Zu den akuten Schädigungen der Haut gehören vor allem das Hauterythem (Sonnenbrand) und die Pigmentierung durch UV-Strahlung sowie die Verbrennung der Haut durch sichtbare und infrarote Strahlung. Langzeitschäden durch UV-Strahlung sind u.a. eine beschleunigte Alterung der Haut und der Hautkrebs in verschiedenen Formen und Vorstufen. Die Empfindlichkeit der Haut gegenüber akuten Schäden und gegenüber Langzeitschäden ist individuell unterschiedlich und hängt vom Hauttyp ab. Die Empfindlichkeit kann durch die Aufnahme bestimmter Stoffe in den Körper, die in Medikamenten oder Kosmetika enthalten sind, gesteigert werden.

Auch die möglichen Schädigungen des Auges sind über die Eindringtiefe von der Wellenlänge abhängig. Zu den akuten Schädigungen durch UV-Strahlung gehören die Bindehautentzündung (Photokonjunktivitis) und die Hornhautentzündung (Photokeratitis). Ultraviolette und sichtbare Strahlung kann eine photochemische Schädigung der Netzhaut verursachen, die sog. Blaulichtschädigung. Eine starke sichtbare und (teilweise) infrarote Strahlung führt zu einer Verbrennung der Netzhaut; IR-Strahlung mit größeren Wellenlängen führt zu einer Verbrennung der Hornhaut. An Langzeitschäden sind in erster Linie Trübungen der Augenlinsen (Grauer Star, Katarakt) zu nennen. Sie können (neben anderen Ursachen) durch langfristige Einwirkung von UV-Strahlung oder von IR-Strahlung verursacht werden.

Haut- und Augenschädigungen durch optische Strahlung treten sehr häufig auf und müssen entsprechend beachtet werden. Sonnenbrände gibt es jedes Jahr sicher millionenfach in verschiedenen Ausprägungen. Jedes Jahr werden ca. 500.000 – 600.000 Staroperationen durchgeführt, bei denen eine getrübte Augenlinse gegen eine künstliche Linse ausgetauscht wird. Neuerkrankungen an Hautkrebs treten pro Jahr etwa 200.000mal auf. Und zwischen 3.000 und 5.000 Personen sterben in Deutschland jedes Jahr an den Folgen von Hautkrebs. Zur Vermeidung solcher Erkrankungen und Schädigungen sollten die Haut und die Augen vor übermäßiger Strahlungseinwirkung geschützt werden. Dies gilt sowohl für einen ausreichenden Schutz vor Sonneneinstrahlung als auch für den Schutz vor starker optischer Strahlung aus künstlichen Quellen.

UV-Exposition, Hautkrebs und Vitamin D – Wieviel Sonne braucht der Mensch?

Jörg Reichrath. Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie; Universitätsklinikum des Saarlandes, 66421 Homburg/Saar, Deutschland.

Zahlreiche Untersuchungen belegen, daß niedrig dosierte, chronische Sonnenlichtexposition (im Gegensatz zu kurzzeitiger intensiver Sonnenlichtexposition) keinen Risikofaktor für die Entwicklung des malignen Melanoms darstellt. Übermäßige UV-Exposition ist aber ein wesentlicher Risikofaktor für die Entstehung von hellem (epitheliale) Hautkrebs (Basalzellkarzinome, Plattenepithelkarzinome der Haut). Deshalb stellen Maßnahmen zum Sonnenschutz einen wichtigen Bestandteil vieler Programme zur Prävention von Hautkrebs dar. Allerdings wissen wir heute, dass eine unzureichende UV-Exposition der Haut mit schwerwiegenden gesundheitlichen Risiken assoziiert ist. So muß ca. 90% des vom menschlichen Organismus benötigten Vitamin D in der Haut unter UV-B-Einwirkung gebildet werden – ein ernsthaftes Problem da ein Vitamin D Mangel entgegen der früheren Ansicht nicht ausschließlich für den Kalzium- und Knochenstoffwechsel von Bedeutung ist. Neben zahlreichen weiteren positiven Effekten (u.a. auf Muskulatur und Herz-Kreislaufsystem; protektive Wirkung gegen Autoimmunerkrankungen, Steigerung der Infektabwehr) wird der kutanen Vitamin D – Synthese inzwischen auch eine krebsprotektive Wirkung zugeschrieben. In diesem Beitrag wird das Spannungsfeld zwischen positiven und negativen Effekten der UV-Strahlung unter Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse erörtert. Zusammengefasst kann nach dem heutigen wissenschaftlichen Kenntnisstand davon ausgegangen werden, daß bei einer maßvollen, nicht intensiven Sonnenlichteinstrahlung die protektiven gegenüber den mutagenen Effekten überwiegen.

Retina-Regeneration durch Nahinfrarot

Alexander Wunsch, Arzt, Heidelberg

Die Frage nach der biologischen Verträglichkeit sowie Toxizität von Licht kam erstmals in der Antike auf (Lukrez, 1. Jahrh. v. Chr.). Damals war es in erster Linie das Sonnenlicht, das im Mittelpunkt des Interesses stand. In der heutigen Zeit verbringen die Menschen über 90 % ihrer Lebenszeit in geschlossenen Räumen, womit das künstlich erzeugte Licht den wichtigsten Strahlungseinfluss darstellt. Moderne Kunstlichtquellen unterscheiden sich in ihrer Spektralcharakteristik grundlegend von natürlichen Lichtquellen. Letztere folgen in ihrer Spektralverteilung dem Planck'schen Kurvenzug, sie stellen thermische Lichtquellen dar. Modernes Kunstlicht sowie durch Fenster gefiltertes Tageslicht hingegen weist zumeist eine nicht-thermische Strahlungscharakteristik auf, da das Energieeffizienzbestreben zu einer Eliminierung der Infrarot-Anteile geführt hat, die in der Lichttechnik lediglich als Abfallstrahlung verstanden werden. Mit jeder neuen Kunstlichtquelle, die sich in ihrer Spektralverteilung so grundsätzlich von natürlichem Licht unterscheidet, muss die Frage nach der biologischen Verträglichkeit erneut gestellt und eine befriedigende Antwort gefunden werden, insbesondere wenn man davon ausgeht, dass sich das Auge im Laufe der Evolution an die natürliche Strahlungsumgebung optimal adaptiert hat.

Die Lichttechnik betrachtet bei Licht für die Allgemeinbeleuchtung nur den Wellenlängenabschnitt zwischen 380 nm und 780 nm. Lichtwirkungen durch Ultraviolett sowie Infrarot werden dadurch von der Bewertung ausgeschlossen. Das Sonnenspektrum hingegen reicht vom kurzwelligen UV bis in den Infrarotbereich, wobei der Nahinfrarot-Anteil (700 nm - 1500 nm) über 40% der gesamten Strahlungsenergie ausmacht. Der Ultraviolettanteil spielt hingegen praktisch keine Rolle, da die vorderen Augenmedien durch ihre Filterwirkung verhindern, dass nennenswerte UV-Anteile die Netzhaut überhaupt erreichen können, da das menschliche Auge nur für den Spektralbereich zwischen 380 nm und 1500 nm optisch transparent ist. Findet der Sehvorgang unter dem Einfluss natürlichen Lichtes statt, wirkt speziell im Nahinfrarot ein deutlich breitbandigeres Spektrum auf die Netzhaut ein als bei nicht-thermischer künstlicher Beleuchtung, die meistens keine längerwellige Strahlung als 630 nm aufweist.

Die Stelle des schärfsten Sehens in der Netzhaut (Makula lutea) befindet sich permanent in einem Zustand physiologischer Ischämie, da sie nicht direkt über Blutgefäße, sondern nur durch Diffusion versorgt wird. Dies ist bemerkenswert, da die Stoffwechsellanforderungen hier sogar besonders hoch sind. Der funktionierende Stoffaustausch zwischen Photorezeptoren, Müllerzellen und retinalem Pigmentepithel ist nicht nur Grundvoraussetzung für den eigentlichen Sehvorgang, sondern auch für den lebenslangen Erhalt der komplexen Zellfunktionen und gutes Sehvermögen bis ins hohe Alter.

Der Vortrag macht die physiologischen Vorgänge in der Netzhaut anschaulich und diskutiert die unterschiedlichen Einflüsse von thermischen und nicht-thermischen Strahlungsquellen auf die metabolischen Abläufe in der menschlichen Retina auch vor dem Hintergrund, dass das Wassermolekül ein wichtiges Chromophor für die Wechselwirkung mit Nahinfrarotstrahlung repräsentiert. Am Beispiel der Altersbedingten Makula-Degeneration (AMD), der gesundheitswirtschaftlich bedeutsamsten Netzhautdegeneration, werden Mechanismen aufgezeigt, über die der kurzwellige Spektralbereich zur potentiellen Schädigung des Gewebes führt sowie die langwelligen Anteile optischer Strahlung zur Zellregeneration und Stoffwechselverbesserung beitragen können.

Chronobiologie

PD Dr. Dieter Kunz, Intellux Berlin GmbH
Klinik für Schlafmedizin, St. Hedwig-Krankenhaus, Berlin
Institut für Physiologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin, CBF
Deutsches Herzzentrum Berlin DHZB

Die Erdrotation und –Neigung haben Einfluss auf die Natur durch vorhersehbar wiederkehrende Veränderungen: den täglichen Wechsel von Hell und Dunkel, von Warm und Kalt sowie den jährlichen Wechsel von Winter und Sommer. Das evolutionäre Ergebnis dieser für das Leben dramatischen Veränderungen ist ein System von inneren Uhren, die die rhythmischen Veränderungen antizipieren. Dieses circadiane System steuert und/oder moduliert die 24-Stunden-Variation sämtlicher physiologischer und psychologischer Parameter sowie deren Abstimmung untereinander. Es besteht, einem komplizierten Uhrweg gleich, aus vielen schwingenden Rädern, die fein aufeinander abgestimmt werden. Störungen dieses Systems sind wie Sand im Uhrwerk. Die individuelle Sollbruchstelle bricht und es kommt zu Störungen aus jedem Bereich der Medizin wie Depression, Herzinfarkt, Immunerkrankung oder Krebs.

Forschungsarbeiten, die in den 80er und 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts begonnen haben, führten zu Anfang dieses Jahrhunderts zur Entdeckung von direkt photosensitiven retinalen Ganglienzellen im Auge von Säugetieren. Diese Ganglienzellen sind am stärksten sensitiv auf sichtbares blaues Licht und benutzen Melanopsin als Photopigment. Sie projizieren zur „master clock“ und synchronisieren das System innerer Uhren – das circadiane System – mit dem äußeren Hell-Dunkel Zyklus.

Das übergeordnete Wissenschaftsgebiet der Chronobiologie wird in den kommenden Jahren zu substantiellen Veränderungen unseres täglichen Lebens führen. Ein Hauptziel wird es sein, das circadiane System zu stärken durch die Anwendung von dynamischem Licht. Im Wesentlichen geht es darum, durch das Einbringen von Tageslicht oder die Anpassung von Beleuchtungssystemen an das Tageslicht die Leistungsfähigkeit von Arbeitern und die Lernfähigkeit von Kindern zu stärken bzw. die Gesundheit zu verbessern von Menschen in Pflegeheimen oder Krankenhäusern. Auf der anderen Seite wird die Verringerung des Blauanteiles in künstlichem Licht in den Abend- und Nachtstunden dazu führen, dass Schichtarbeiter seltener krank werden oder aber Schlafstörungen mit deren Konsequenz in der Allgemeinbevölkerung seltener auftreten.

Das Thema Licht und Gesundheit ist aufgrund seiner Komplexität, aber gleichzeitigen Einfachheit in Bezug auf das allgemeine Leben faszinierend. Klinische Chronobiologen, Lichtindustrie und Architekten haben die Chance, durch gemeinsame Anstrengungen wesentliche Beiträge zur Verbesserung der Gesundheit, der Arbeitsfähigkeit und wahrscheinlich auch der Energieersparnis durch den Einsatz von biologisch optimiertem Licht zu leisten.

Normen als Wegbereiter für einheitliche Prüfergebnisse, erläutert an zwei Beispielen aus der Photodermatologie und der Prüfung organischer Werkstoffe.

Dieter Kockott, Hanau

Materialeigenschaften werden im Allgemeinen nach einschlägigen Normen oder Prüfvorschriften geprüft. Wichtig ist dabei, dass in verschiedenen Laboratorien gleiche Prüfergebnisse (mit akzeptabler Toleranz) erzielt werden. Die Einheitlichkeit der Prüfergebnisse hängt wesentlich davon ab, wie gut – oder schlecht – die Prüfbedingungen in den Normen beschrieben und festgelegt werden. Das fängt bei der Probenauswahl und Probenpräparation an und reicht bis zu den Expositionsbedingungen. In diesem Beitrag wird an zwei Beispielen erläutert, wie eine detaillierte Normung der simulierten Sonnenstrahlung zu einer besseren Einheitlichkeit der Prüfergebnisse auch bei Benutzung unterschiedlicher Sonnensimulatoren führt.

1. „Referenz-Sonne“

Leider gibt es z.Zt. noch keine international genormte „Referenz-Sonne“. Aus historischen Gründen werden in den verschiedenen Sachgebieten leicht unterschiedliche „Referenz-Sonnen“ verwendet.

2. Sonnensimulation für die in vivo SPF-Bestimmung von Sonnenschutzmitteln

Eine wichtige Schutzwirkung eines Sonnenschutzmittels ist der Schutz der Haut vor erythemwirksamer Strahlung. Der SPF (sun protection factor) wird in vivo an Probanden bestimmt. Dabei wird simulierte UV-Sonnenstrahlung benutzt. Die kurzwellige Kante der Spektralverteilung der Sonnenstrahlung einerseits und das Wirkungsspektrum für das Erythem andererseits haben einen sehr steilen und gegenläufigen Verlauf in dem Spektralbereich $290 \leq \lambda \leq 310$ nm. Das bedeutet, dass kleine Abweichungen der simulierten Sonnenstrahlung von der Spektralverteilung der „Referenz-Sonne“ zu großen Unterschieden in den in vivo SPF-Werten führen. Daher legen die einschlägigen Normen nicht die Spektralverteilung der simulierten Sonnenstrahlung fest, sondern definieren eine relative aufsummierte erythemwirksame Bestrahlungsstärke in verschiedenen Wellenlängenbereichen und legen Toleranzen dafür fest. Das ist eine sehr strenge technische Forderung.

3. Sonnensimulation für die Prüfung der Wetterbeständigkeit von organischen Materialien

Bei der Prüfung der Wetterbeständigkeit von organischen Werkstoffen werden die Proben mehreren Wittereinflüssen ausgesetzt. Ein wichtiger Parameter ist dabei die simulierte Sonnenstrahlung im UV + VIS. Die Güte der Anpassung an eine „Referenz-Sonne“ wird bisher nur verbal beschrieben (gut, sehr gut,.....) oder die Spektralverteilungen der „Referenz-Sonne“ und des Sonnensimulators werden graphisch dargestellt, und es ist dem Benutzer überlassen, den Grad der Anpassung für seinen Anwendungsfall zu beurteilen. In DIN 5031-11 (2011) wird u.a. ein Verfahren beschrieben, das die Güte der Anpassung der spektralen Empfindlichkeit eines integralen Empfängers an ein vorgegebenes Wirkungsspektrum quantitativ beschreibt. Dieses Verfahren ist grundsätzlich auch geeignet, die Anpassung der Spektralverteilung eines Sonnensimulators an eine „Referenz-Sonne“ quantitativ in verschiedenen Wellenlängenbereichen zu beschreiben. Wenn das Wirkungsspektrum eines Alterungsprozesses eines bestimmten Werkstoffes bekannt ist, kann die Güte der Anpassung auch für diesen speziellen Fall quantitativ beschrieben werden. Ein Vergleich verschiedener Sonnensimulatoren bezüglich der Anpassung der Spektralverteilung an eine „Referenz-Sonne“ wird durch diese quantitative Beurteilung sehr viel einfacher und zweckdienlicher.

Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz von Plasmalampen

C. Ruhrmann¹, T. Höbing¹, A. Bergner¹, J. Suijker², J. Mentel¹, P. Awakowicz¹

¹ Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik (AEPT), Ruhr Universität Bochum

² Philips Lighting, Category Prof. Lamps,

Metallhalogendampf-Entladungslampen (MH-Lampen) sind sehr effiziente und wirtschaftliche Lichtquellen mit hoher Lichtausbeute, einer langen Lebensdauer und einer guten Farbwiedergabe. Beispielsweise weist die Keramik-MH-Lampe MASTERColour CDM-T Evolution aus dem Hause Philips (Abbildung 1, Links) einen Farbwiedergabeindex von > 90 , eine Farbtemperatur von 3.000 K, eine Lichtausbeute von bis zu 120 Lm/W, einen Lichtstrom von 4.400 Lm sowie eine mittlere Lebensdauer von 20.000 Stunden auf. Dennoch ist die Steigerung der Energieeffizienz ein besonderes Anliegen der aktuellen Forschung an MH-Lampen. Sie kann durch eine Reduktion der Elektrodentemperatur durch den Gasphasen-Emitter-Effekt erreicht werden. Mit ihm lässt sich auf der Elektrodenoberfläche eine Monolage elektropositiver Atome verschiedenster Emitter-Elemente erzeugen. Diese Monolage reduziert die effektive Austrittsarbeit der Wolfram-Elektrode und damit die Potentialbarriere für Elektronen, die von der Elektrode emittiert werden. Die Emitter-Elemente werden der Lampenfüllung als Iodide (z.Bsp. CeI_3) hinzugefügt und dienen zudem der Einstellung der Lichtfarbe und der Farbtemperatur.

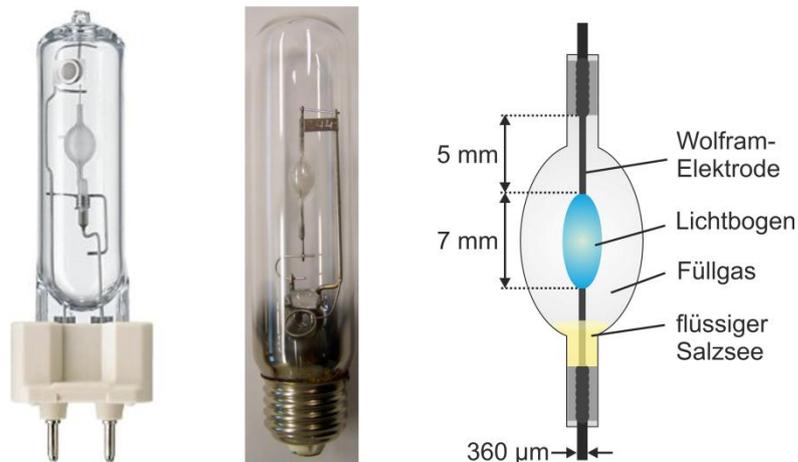


Abbildung 1: Links: Foto einer kommerziellen MH-Lampe (Philips MASTERColour CDM-T Evolution); Mitte: Foto einer MH-Lampe für Forschungszwecke; Rechts: Schemazeichnung des Lampen-Entladungsgefäßes.

Optische Untersuchungen werden an speziellen MH-Forschungslampen mit transparentem Lampenkolben aus Yttrium-Aluminium-Granat (YAG) durchgeführt (Abbildung 1, Mitte). Die Quantifizierung des Emitter-Effekts erfolgt durch orts- und phasenaufgelöste Aufnahmen des Bogenansatzes auf der Elektrode, Elektrodentemperatur- und Teilchendichte-Messungen mittels absolut kalibrierter Pyrometrie und optischer Emissions- und Absorptionsspektroskopie vor der Elektrode und in der Mitte der Entladung.

- gefördert durch Philips Lighting, NL, und die Research School der Ruhr Universität Bochum -

UV-Lampen auf Basis einer leuchtstoffkonvertierten Xe-Excimerentladung

Benjamin Herden¹, Adrian Geschwentner¹, Egon Seelbach², Thomas Berger² und Thomas Jüstel¹
¹Münster University of Applied Sciences, ²Berger GmbH & Co. KG,

Eine Vielzahl von chemischen oder biochemischen Anwendungen erfordert den Einsatz von UV-Strahlung mit definierter Wellenlänge, Intensität und Abstrahlcharakteristik. Herkömmliche UV-Strahler basieren dabei häufig auf Quecksilberdampf lampen und erfüllen diese Anforderungen nur teilweise, was oftmals den zusätzlichen Einsatz von Filtern und Reflektoren notwendig macht oder eine wirtschaftliche Nutzung überhaupt verhindert. Dieses gilt insbesondere im Bereich der sehr energiereichen UV-Strahlung, d.h. im UV-C sowie im Vakuum-Ultraviolett (VUV).

Die Entwicklung einer effizienten, leuchtstoffbeschichteten Xe-Excimerlampe und eines dafür geeigneten elektronischen Betriebsgeräts bietet eine bis dato einzigartige quecksilberfreie Alternative zu den kommerziellen UV-Lampen. Diese Lampen können hinsichtlich Spektrum, Intensität und Formgebung optimal an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf medizinischen Anwendungen, welche maßgeblich im UV-B und UV-A aber auch im sichtbaren Wellenlängenbereich zu finden sind.

Die Xe-Excimerentladung arbeitet dabei nach dem DBE-Prinzip (Dielektrisch-Behinderte-Entladung), wobei die Emissionswellenlänge der Xe₂^{*}-Excimere bei 172 nm liegt. Bei den Leuchtstoffen handelt es sich um ausgesuchte Verbindungen, welche hinsichtlich Effizienz, Stabilität und Lebensdauer gute Eigenschaften besitzen. Beispiele für die Konvertierung in den UV-B Wellenlängenbereich sind Lu₃Al₅O₁₂:Pr³⁺ und LaPO₄:Ce³⁺ und für den UV-A Wellenlängenbereich LaMgAl₁₁O₁₉:Ce³⁺ und YPO₄:Tm³⁺.

In der hier vorgestellten Untersuchungsreihe wurden Lampen konstruiert und erste Prototypen mit den oben genannten Leuchtstoffen entwickelt. Von den jeweiligen Lampen wurden Emissionsspektren im Wellenlängenbereich zwischen 200 und 800 nm vermessen und über einen Zeitraum von mehreren 100 h die Lebensdauer ermittelt.

Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter I. und II. Block

| Name | Anschrift | Telefon Fax E-Mail |
|--|---|--|
| Dr. Rainer Kling | Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Kaiserstr. 12 76131 Karlsruhe | 0721 6084 2537 0721 6084 2590 rainer.kling@kit.edu |
| Dr. Joachim Reill | Osram Opto Semiconductors Leibnitzstr. 4 93055 Regensburg | 0941 8501 070 0941 850 444 1070 joachim.reill@osram-os.de |
| Dr. Ulrich Henger | Allinger Str. 75 82223 Eichenau | 08141 226 221 uh@henger-online.de |
| Prof. Dr. Christoph Schierz | TU Ilmenau Postfach 100565 98684 Ilmenau | 03677 693 731 03677 693 733 christoph.schierz@tu-ilmenau.de |
| Prof. Dr. Wolfgang Heering | Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Engesser Str. 13, Geb. 30.34 76131 Karlsruhe | 07216 0842 538 07216 0842 590 wolfgang.heering@kit.edu |
| Prof. Dr. Thomas Jüstel | Fachhochschule Münster Stegerwaldstr. 48565 Steinfurt | 02551 962 205 tj@fh-muenster.de |
| Dr. Peter Bocionek | JW Holding GmbH Kölner Str. 8 70376 Stuttgart 24 | 0 711 5400 480 0 711-5400424 peter.bocionek@jw-holding.de |
| Dipl. -Des. Carsten Hohmann | Hella KGaA Hueck & Co. Rixbecker Straße 75 59552 Lippstadt | 02941 3831 479 02941 3831 479 carsten.hohmann@hella.com |
| Prof. Dr. Dr. h.c. Donat-P. Häder | Neue Str. 9 91096 Möhrendorf | 0913 148 730 donat@dphaeder.de |
| Prof. Dr. D. Van Norren | Lindenlaan 5 NL-3831 XN Leusden | d.vannorren@gmail.com |
| Günter Ott | Bundesamt f. Arbeitsschutz u. Arbeitsmedizin Friedrich-Henkel-Weg 1-25 44149 Dortmund | 0231 9071 2317 0231 9071 2364 ott.guenter@baua.de |

Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter III. und IV. Block

| Name | Anschrift | Telefon, Fax, E-Mail |
|---|---|--|
| Dr. Harald Siekmann | Institut für Arbeitsschutz (IFA) Eichendorffstr. 35 53227 Bonn | 0228 462 842 harald.siekmann@gmx.de |
| Prof. Dr. Jörg Reichrath | Klinik für Dermatologie am Universitätsklinikum des Saarlandes 66421 Homburg/Saar | 06841 1623 802 06841 1623 830 joerg.reichrath@uks.eu |
| Alexander Wunsch | Hirschgasse 11 69120 Heidelberg | 0179 6915 123 wunschart@gmail.com |
| Dr. Dieter Kunz | St. Hedwig Krankenhaus Gr. Hamburger Str. 5-11 10115 Berlin | 030 2311 2900 030 2311 2913 dieter.kunz@charite.de |
| Dr. Dieter Kockott | DK UV-Technik Vogelsbergstr. 27 63456 Hanau | 06181 659 162 06181 659 175 kockott@t-online.de |
| Dipl.-Ing. Cornelia Ruhrmann | Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik (AEPT) Ruhr-Universität Bochum Universitätsstrasse 150 44801 Bochum | 0234-32-27670 0234-32-14230 ruhrmann@aept.ruhr-uni-bochum.de |
| T. Höbing, A. Bergner J. Mentel, P. Awakowicz ¹ | (AEPT) Ruhr-Universität Bochum Universitätsstrasse 150 44801 Bochum | |
| J. Suijker | Philips Lighting, Category Prof. Lamps P.O.Box 80020, NL-5600 JM Eindhoven | |
| Benjamin Herden Adrian Geschwentner | Münster University of Applied Sciences Stegerwaldstraße 39 48565 Steinfurt | |
| Egon Seelbach Thomas Berger | Berger GmbH & Co. KG Friedrichstraße 80 47475 Kamp-Lintfort | |



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