



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

15. Symposium der DAfP

„Licht und Umwelt“

am 17.06. und 18.06.2010

Mercure Hotel
54292 Trier

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Dipl.-Ing. Stefan Gramm, Universität Berlin | |
| Vielfalt des Tageslichtes | 5 |
| Dipl.-Ing. Cornelia Moosmann, Universität Karlsruhe | |
| Lichthaushalt eines Gebäudes | 7 |
| Dipl.-Ing. Günther Volz, Ingenieurbüro Ehningen | |
| “Optische Gebäudeelemente - Tageslichtsysteme für verbesserten Tageslichteintrag in Gebäude, Sonnenschutz und Blendschutz“ | 9 |
| Sebastian Hesse, NARVA Lichtquellen | |
| Solarkollektor-Vakuurröhren für Kälte-, Wärme- und Stromerzeugung | 11 |
| Dipl.-Ing. Klaus Hennecke, Deutsches Zentrum f. Luft- und Raumfahrt | |
| Konzentriertes Sonnenlicht für Energietechnische Anwendungen | 12 |
| Dr. Alexander Colsmann, Karlsruhe Institute of Technology | |
| Druckbare Kunststoff-Solarzellen | 14 |
| Dr. Peter Richter, Universität Erlangen | |
| Lichtanpassung von Tieren und Pflanzen | 15 |
| Dipl.-Ing. Karl-Heinz Meyer, uv-technik Speziallampen GmbH Wümbach | |
| Ökologisches Licht für Nutztiere und Nutzpflanzen | 16 |
| Dr. Andreas Wojtysiak, Osram GmbH München | |
| Gesundes Licht für den Menschen – Unterstützung für unsere innere Uhr | 17 |
| Dipl.-Ing. Matthias Fassian, Philips Lighting Hamburg | |
| Angenehmes und stimulierendes Licht | 19 |
| Dr. Helmut Piazena, Charité Berlin | |
| Steuerung der Melatonin-Suppression durch Licht bei Personen unterschiedlichen Alters | 21 |
| Prof. Dr. sc. Nat. Christoph Schierz, Universität Ilmenau | |
| Blendung durch Licht | 23 |
| Dipl.-Ing. Andreas Walkling, Universität Ilmenau | |
| Beurteilung, Vermeidung und Verringerung von Luftverschmutzung | 25 |

| | |
|---|-----------|
| Prof. Dr. Gerhard Eisenbeis, Universität Mainz | |
| Künstliche Beleuchtung und Umwelt | 26 |
| Dipl.-Phys. Rainer Kindel, Landesamt f. Natur, Umwelt u. Verbraucherschutz | |
| Licht aus Sicht des Immissionsschutzes | 27 |
| | |
| Postervortrag 1 | |
| Mirko Krüger, G.L.E. Gesellschaft für lichttechnische Erzeugnisse mbH, Berlin | 29 |
| | |
| Postervortrag 2 | |
| Frank Dolp, Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik | 30 |
| | |
| Anschriften der Autoren | 31 |

Vielfalt des Tageslichts

- Stefan Gramm -

Die Sonne als natürliche Lichtquelle bietet mit dem Tageslicht die besten Möglichkeiten zur Beleuchtung. Durch die Absorptions- und Streuungseinflüsse der Atmosphäre wird die Sonnenstrahlung spektral verändert und teilweise in der Richtung umgelenkt. Abhängig von der Jahres- und Tageszeit, dem Grad der Bewölkung und der Trübung der Atmosphäre ist das Tageslicht ständig veränderlich. Dabei ändern sich sowohl die Beleuchtungsstärken als auch die spektrale Zusammensetzung des Lichts zu jeder Zeit. An wolkenlosen Sommertagen können in Berlin Horizontalbeleuchtungsstärken über 100.000 lx bei ähnlichsten Farbtemperaturen des Nordhimmels von bis zu 25.000 K auftreten. An bewölkten Tagen im Winter steigt mitunter die Horizontalbeleuchtungsstärke nicht über 10.000 lx wobei der Himmel eine Farbtemperatur von 5.000 K aufweisen kann. Daher sind für licht- und strahlungstechnische Messungen des Tageslichts verschiedene Himmelszustände definiert, die vergleichende Untersuchungen ermöglichen.

Durch diese Veränderung des natürlichen Lichts über den Tag und über das Jahr wird die „Innere Uhr“ der meisten Lebewesen synchronisiert, worüber der Tag-/Nachtrhythmus und viele weitere Körperfunktionen gesteuert werden.

Mit dem Einzug der Leuchtstofflampe in die elektrische Beleuchtung in den 1950er Jahren wurde das Tageslicht in Gebäuden nicht mehr als Beleuchtungsmöglichkeit akzeptiert. Der Komfortverlust durch eine zu hohe Schattigkeit in den fensternahen Zonen führte zu einer vermehrten Beleuchtung in diesen Bereichen. Teilweise wurden die Anlagen als dauerhafte Beleuchtung realisiert, ohne Schalter für Nutzereingriffe. In den 1960er Jahren wurden sogar Schulen mit im Gebäudeinneren gelegenen Klassenräumen ohne Fenster gebaut!

Heutzutage regeln die EU-Richtlinie 89/654/EWG bzw. die daraus hervorgegangene Arbeitsstättenverordnung ArbStättV 2004 eine „möglichst ausreichende“ Tageslichtversorgung an Arbeitsplätzen. Durch Tageslicht beleuchtete Räume erscheinen hell und freundlich, gleichzeitig ist die unverzichtbare Sichtverbindung nach außen gegeben. Ebenfalls wird es den Nutzern ermöglicht, die dynamischen Veränderungen des Tageslichts mitzerleben.

Die künstliche Beleuchtung dient mittlerweile der Sicherstellung der Mindestbeleuchtungsstärken für Zeiten, in denen nicht genügend Tageslicht zur

Verfügung steht. Damit werden die physiologischen Anforderungen für ein ermüdungsfreies Sehen sichergestellt und gleichzeitig die psychologischen Aspekte berücksichtigt.

Parallel dazu ermöglicht es das Tageslicht, die in der EU-Richtlinie 2002/91/EG „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ geforderten und in der Energieeinsparverordnung 2007 in nationales Recht umgesetzten Energieeinsparungen für die Beleuchtung zu erreichen. Die in der EnEV 2009 verschärften Anforderungen können nur durch vermehrte Tageslichtnutzung in Kombination mit einer künstlichen Beleuchtungsanlage mit intelligenter Regelungstechnik erreicht werden. Das tageslichtabhängige Dimmen der künstlichen Beleuchtung mit kombiniertem präsenzabhängigem Ausschalten der Anlage wird für neu errichtete Anlagen Standard werden.

Das Tageslicht hat vielfältige Bedeutungen für den Menschen. In Gebäuden ermöglicht es durch seine vielfältigen Eigenschaften optimale Nutzungsmöglichkeiten. Es stellt mittlerweile die eigentliche Beleuchtung dar, die elektrische Beleuchtung dient lediglich der Ergänzung.

Lichthaushalt eines Gebäudes

Cornelia Moosmann, Karlsruher Institut für Technologie KIT, Fachgebiet Bauphysik und Technischer Ausbau (fbta), cornelia.moosmann@kit.edu

Mit der Energieeinsparverordnung EnEV 2007 wurden erstmals Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden festgelegt, die bei Nichtwohngebäuden auch den Energiebedarf für Beleuchtung berücksichtigt. Der Grenzwert des zulässigen Primärenergiebedarfs eines Gebäudes wurde 2009 um ca. 30% gesenkt und soll mit der nächsten Überarbeitung 2012 nochmals deutlich reduziert werden.

Der Anteil des Kunstlichtstrombedarfs am Energiebedarf von Gebäuden ist hoch: Bei einem beispielhaft untersuchten fiktiven Bürogebäude, dessen Ausführung dem Referenzfall nach EnEV entspricht, beträgt der Anteil des Kunstlichtes am Primärenergiebedarf 25%. Wird dieses Gebäude mit effizienterer Gebäudetechnik ausgeführt, so kann der Anteil des Kunstlichtes auf ca. 17% sinken, wenn auch eine sehr effiziente Kunstlichtanlage geplant wird, oder – im Falle einer „Standardplanung“ der Beleuchtung – auf ca. 35% steigen.

Faktoren, die den Strombedarf einer Kunstlichtplanung beeinflussen und die auch in der EnEV berücksichtigt werden, sind das eingesetzte Leuchtmittel, die Lichtverteilung und der Wirkungsgrad der verwendeten Leuchte sowie die Steuerung bzw. Regelung der Kunstlichtanlage (Präsenzmelder, tageslichtabhängige Regelung).

Ein weiterer Faktor, der bei vielen Nutzungen einen großen Einfluss auf den Strombedarf der Beleuchtung hat, ist die Tageslichtversorgung, die von der Gestaltung der Fassade abhängig ist und von der Wahl des Sonnen- oder Blendschutzsystems. Diese nicht-technische Möglichkeit, den Strombedarf zu beeinflussen, wird in der aktuellen Gesetzgebung nur teilweise berücksichtigt und kann über das Rechenverfahren gemäß DIN V 18599 nicht optimiert werden.

Wie hoch der Kunstlichtstromverbrauch eines Gebäudes tatsächlich ist, hängt neben der Effizienz der Kunstlichtanlage primär vom Verhalten der Nutzer ab. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass der Kunstlichtstromverbrauch der einzelnen Büroräume eines Gebäudes bei gleichen Bedingungen um Faktor 2 bis 10 voneinander abweichen kann. Die gemessenen Extremwerte des Einsatzes von Kunstlicht liegen bei einem Anteil an der Präsenzzeit des Nutzers von 15% (Minimum) bzw. 149% (Maximum). Im letzteren Fall war das Kunstlicht in einem Jahr an 544 h eingeschaltet, während denen das Büro überhaupt nicht genutzt wurde.

Neben dem Schaltverhalten der Nutzer wird der Stromverbrauch – sofern die technische Möglichkeit vorhanden ist –

von dem gewählten Dimm-Niveau beeinflusst. Hier wurden Abweichungen vom Durchschnitt zwischen -44% und +60% gemessen.

Quellen:

DIN V 18599, Energetische Bewertung von Gebäuden. Teil 1 bis 10. 2007

K. Voss, S. Herkel, G. Löhnert, A. Wagner, M. Wambsganß: Bürogebäude mit Zukunft - Konzepte, Analysen, Erfahrungen. 2005

M. Kleber, Th. Gropp, A. Wagner: Neubau "Ostarkade" der KfW Bankengruppe, Monitoring und Betriebsoptimierung. Abschlussbericht. 2006

M. Wambsganß: Bericht „Monitoring ThyssenKrupp“. 2009

"Optische Gebäudeelemente - Tageslichtsysteme für verbesserten Tageslichteintrag in Gebäude, Sonnenschutz und Blendschutz."

Referent: Günther Volz, Beratender Ingenieur, Ehningen

Tageslicht wirkt stimulierend und ist im Vergleich zur künstlichen Beleuchtung wesentlich abwechslungsreicher. Tageslichttechnik bietet mehr und besseres Licht mit weniger Strom. Auch der Energiehaushalt von Gebäuden wird stark von der Tageslichtnutzung beeinflusst. Tageslichtnutzung ist die edelste Form erneuerbarer Energie! Die Herausforderung für uns ist, diese "kostenlose" Edelenergie auf Nutzflächen in die Raumtiefe weiterzulenken.

Innovative Systeme zur Tageslichtlenkung erlauben sowohl die Versorgung mit direktem Sonnenlicht als auch mit Diffuslicht. So kann Solarenergie auf direktem Weg mit hervorragendem Wirkungsgrad genutzt werden. Bei gesamtheitlicher Betrachtung und Planung zeigen sich gewerkeübergreifende Zusammenhänge zwischen Tageslichttechnik, Sonnenschutz, Blendschutz, Raumklima, künstlicher Beleuchtung sowie deren Auswirkungen auf thermische und visuelle Behaglichkeit. Notwendig ist, dass die mit verbesserter Tageslichtnutzung einher gehenden Probleme wie Blendung, Wärmeeintrag usw. gewerkeübergreifend gelöst werden.

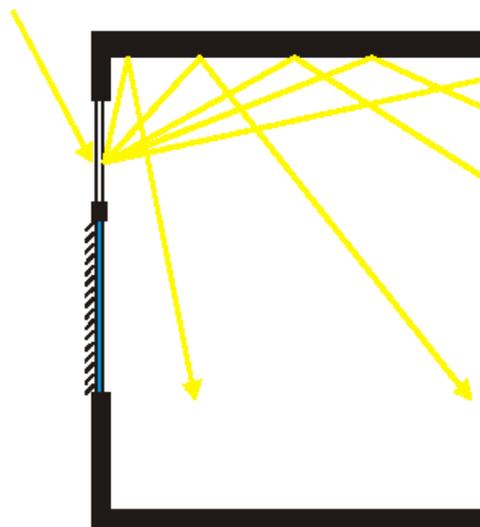
Grundsätzliche

Unterscheidungsmerkmale von Tageslichtsystemen:

- Statische Systeme mit starrer Anordnung der lichtlenkenden Elemente
- Selbstregulierende Systeme mit richtungselektiven Eigenschaften, starr angeordnet
- Wegfahrbare Systeme
- Einachsige oder zweiachsige nachführbare Systeme.

Weiterhin wird unterschieden in:

- Oberer Bereich des Fensters
- Unterer Bereich des Fensters
- Brüstungsbereich
- Dachoberlichter



Funktionen von Tageslichtsystemen:

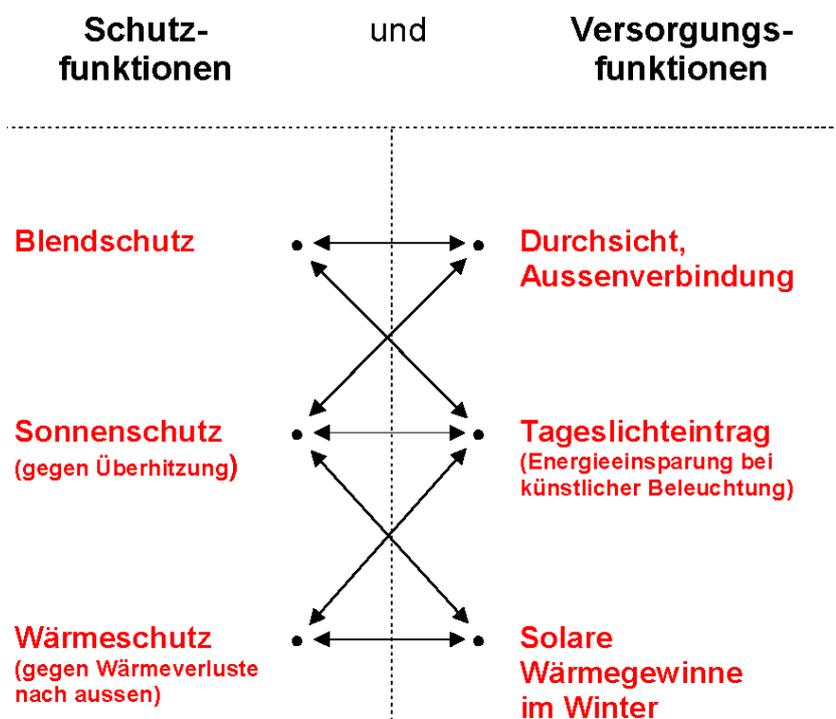
Der Fensterbereich liefert das Tageslicht primär dem fensternahen Arbeitsplatz. Hier soll trotz Sonnenschutz die vorgeschriebene Außenverbindung, d.h. Sichtverbindung gewährleistet werden. Über den oberen Fensterbereich kann das Licht flach in den Raum einstrahlen und damit die Raumtiefe ausleuchten. Während die Beleuchtungsstärke ohne besondere Maßnahmen der Lichtlenkung

zur Raumtiefe hin stark abfällt, kann mit Hilfe von Lichtlenkmaßnahmen ein gleichmäßigerer Verlauf ermöglicht werden. Durch Lichtlenktechnik kann Tageslicht vom fensternahen Bereich in die Raumtiefe gebracht werden, wie Bild zeigt.

Zusätzlich kann die zu hohe Einstrahlung im Fensterbereich reduziert werden.

In der technischen Umsetzung des Zieles "verbesserte Tageslichtnutzung" entstehen aufgrund physikalischer Gesetze Konflikte und Gegenläufigkeiten zwischen Schutzfunktionen und Versorgungsfunktionen, wie Bild 2 zeigt:

Konflikte und Gegenläufigkeiten in der Tageslichtnutzung aufgrund physikalischer Gesetze



Autor: Günther Volz · Beratender Ingenieur VBI · VDI · VDE · LiTG

Vorsitzender FiTLicht – Fördergemeinschaft innovative Tageslichtnutzung e.V. ·
www.fitlicht.de

Vorsitzender FG Elektro- & Lichttechnik des VBI - Verband Beratender Ingenieure
Ingenieurbüro für Elektrotechnik + Lichttechnik

Im Letten 26 · 71139 Ehningen · Telefon 07034 - 93470

e-mail: volz@fitlicht.de · www.volz-planung.de

Solarkollektor-Vakuurröhren für Kälte-, Wärme- und Stromerzeugung

Sebastian Hesse, NARVA Lichtquellen

In Anbetracht des Klimawandels, knapper werdender fossiler Energieträger und steigender Energiekosten gewinnen Erneuerbare Energien stetig an Bedeutung.

Innovative Technologien im Bereich Solarthermie und deren vielfältige Anwendung können einen wesentlichen Beitrag zur weiteren Erschließung bisher ungenutzter Potentiale liefern.

Die NARVA-Solarkollektor-Vakuurröhren erreichen aufgrund ihrer konstruktiven Merkmale gerade bei hohen Differenzarbeitstemperaturen (hohe Temperaturanhebung) einen hohen Wirkungsgrad. Damit erschließen sich Arbeitsgebiete der Solarthermie, die weit über die bekannte Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung im privaten und kommunalen Bereich hinaus gehen. Im Rahmen eines EU-Projektes wird die NARVA-Solarkollektor-Vakuurröhre so weiterentwickelt, dass sie in dezentralen Kraft-Wärmekopplungsanlagen mit konzentrierenden Solarthermiesystemen als Antriebsenergie eingesetzt werden kann. Bestandteil dieses Projektes ist auch eine Adsorptions-Kältemaschine, bei der die Regeneration des Adsorbentmaterials mittels solarer Wärme erfolgen soll.

Zu den besonderen Merkmalen der NARVA-Solarkollektor-Vakuurröhren gehören insbesondere die durch ein eigenes Patent geschützte Glas-Metall-Verbindung und die Beschichtung des Glashüllrohres. Die Glas-Metall-Verbindung garantiert die Langzeitstabilität des Vakuums in den Solarkollektorröhren.

Neben den direkt durchflossenen Solarkollektor-Vakuurröhren wurde auch ein Heatpipe-Solarkollektor-Vakuurröhr entwickelt. Eine besondere Eigenschaft dieser Heatpipe ist das sichere Abschalten im Stagnationsfall bei einer definierten Maximaltemperatur.

Bisher wird die Solarthermie nicht entsprechend ihres Potentials im Verbund der Erneuerbaren Energien in die Ausrüstung privater und kommunaler Gebäude integriert. Wie kann das Leistungsvermögen solarthermischer Systeme und insbesondere der Solarkollektor-Vakuurröhren zukünftig besser genutzt werden? Stellen Sie sich Systemplaner vor, die den Kunden komplette Anlagen bestehend aus hocheffizienten, standardisierten und optimal aufeinander abgestimmten Komponenten anbieten und dabei von Architekten unterstützt werden, denen es gelingt, in einem funktionellen Design Modernität und Effizienz darzustellen. Auf diesem Weg kann die Attraktivität und damit Akzeptanz der Solarthermie als zuverlässige Technologie zur Energieversorgung erreicht werden.

Konzentriertes Sonnenlicht für Energietechnische Anwendungen

Solarthermische Kraftwerke nutzen nachgeführte, punkt- oder linienfokussierende Spiegelsysteme um aus direkter Sonnenstrahlung Hochtemperaturwärme für thermodynamische Kreisprozesse zur Umwandlung von Wärme in mechanische Energie bereitzustellen.

Stand der Technik sind Parabolrinnenkraftwerke, in denen einachsige nachgeführte, Rinnenspiegel mit parabolischem Querschnitt das Sonnenlicht auf in der Brennlinie angeordnete, selektiv beschichtete Absorberrohre konzentrieren. Die Absorber sind mit Glashüllrohren umgeben, der Zwischenraum ist evakuiert. Die Konzentratorspiegel sind aus Modulen mit einer Aperturweite von rund 6m und einer Länge von rund 12m zu Kollektoren mit einer Gesamtlänge von bis zu 150m zusammengesetzt. Mehrere Kollektoren bilden einen Loop, in dem Thermoöl von knapp 300°C auf knapp 400°C erhitzt wird. Über Sammler wird das Thermoöl zu einer Reihe von Wärmeüberträgern geführt, in denen Dampf für einen Rankine-Kreislauf erzeugt und überhitzt wird. Parallel zum Dampferzeuger kann auch Wärme an ein Speichermedium übertragen werden. Üblich ist eine in diesem Temperaturbereich flüssige Mischung aus Kalium- und Natriumnitratsalzen, die zwischen einem 290°C „kalten“ und einem 390°C heißen Tank gepumpt wird. Das erste dieser Kraftwerke, Andasol 1 hat bei einer Kollektorfläche von rund 400.000 m² eine Leistung von 50 MW und eine Speicherkapazität von 8 Volllaststunden. Die Investitionskosten betragen 300 Mio. €. Wirtschaftlich ist dieser Kraftwerkstyp durch die in Spanien gewährte Einspeisevergütung in Höhe von bis zu 26 ct/kWh, die einen wahren Bauboom ausgelöst hat.

Solarturmkraftwerke sind punkt-fokussierende Systeme mit dem Potenzial, deutlich höhere Temperaturen mit gutem Wirkungsgrad bereit zu stellen. Zweiachsig nachgeführte Spiegel mit langer Brennweite, so genannte Heliostate, konzentrieren das Sonnenlicht auf einen Strahlungsempfänger (Receiver), der zur Vermeidung von gegenseitiger Abschattung der Spiegel auf einem Turm angebracht ist. Dort können Temperaturen von über 1000 °C technisch nutzbar gemacht werden. Abgesehen von zwei Anlagen in Spanien mit 10 MW bzw. 20 MW Leistung und Sattedampferzeugung im Receiver gibt es noch keine kommerziellen Solarturmkraftwerke. Allerdings gibt es verschiedene marktnahe Entwicklungen mit Salzschnmelze oder Luft als Wärmeträgermedien, sowie direkte Dampferzeugung und Überhitzung im Receiver. Gemeinsam ist diesen, dass

letztlich ein Dampfturbinenprozess mit versorgt wird, so dass das Temperatur- und Wirkungsgradpotenzial der Turmtechnologie noch nicht ausgeschöpft wird.

Mittelfristig wird angestrebt, den hohen Umwandlungswirkungsgrad der kombinierten Gas- und Dampfkraftwerke (GuD) solar zu nutzen. Der spezifische Wärmebedarf zur Stromerzeugung könnte um bis zu 30% gesenkt werden, was eine entsprechende Reduzierung der Heliostatfeldfläche und damit eine erhebliche Investitionskosten senkung bedeuten würde. Ein experimentelles Hybridsystem, bei dem die Luft aus dem Kompressor einer Gasturbine zunächst zum Vorwärmen durch einen Solarreceiver und dann in die Brennkammer geleitet wird, wurde bereits erfolgreich auf der Plataforma Solar de Almería (PSA) betrieben.

Hochtemperaturprozesse können auch genutzt werden, Solarenergie in chemischer Form speicher- und transportfähig zu machen. In der Entwicklung sind beispielsweise thermochemische Kreisprozesse, mit denen Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird. Erste Demonstrationen im 100 kW Maßstab laufen bereits auf der PSA. Die Entwicklung optimierter Prozesse für kommerzielle Anwendungen birgt aber noch erheblichen Forschungsbedarf.

Angaben zum Autor:

Dipl.-Ing. Klaus Hennecke, Jahrgang 1955

1975-78 Studium Luft- und Raumfahrttechnik an der Hochschule der Bundeswehr in München, anschl. Einsatz als Marineoffizier.

Seit 1989 im DLR, zunächst Projektleiter für F&E-Projekte im Bereich solarthermischer Kraftwerke,

seit 2003 Fachgebietsleiter in der Abteilung Solarforschung des Instituts für technische Thermodynamik

Aufgabe: Unterstützung der Markteinführung solarthermischer Kraftwerkstechnologien (Demonstrationsprojekte in Zusammenarbeit mit Industriepartnern, Beratungsleistungen, Spin-offs)

Druckbare Kunststoff-Solarzellen

Alexander Colsmann, Andreas Pütz, Michael Klein, Manuel Reinhard, Uli Lemmer

Lichttechnisches Institut
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
76131 Karlsruhe, Germany
alexander.colsmann@kit.edu

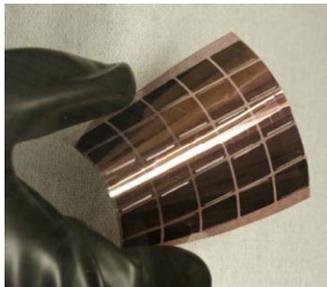


Abbildung 1: Ein am KIT hergestelltes, flexibles organisches Solarzellenmodul.

Der organischen ("Plastik-") Elektronik steht eine rosige Zukunft bevor. Betrug das Weltmarktvolumen im Jahr 2007 noch US\$ 1,18 Mrd., so wird es bis zum Jahr 2027 auf US\$ 330 Mrd. angewachsen sein.

Während Leuchtdioden aus organischen Halbleitern (OLEDs) bereits wirtschaftliche Relevanz erlangt haben, befindet sich die organische Photovoltaik noch im Forschungsstadium. Im Wesentlichen unterscheidet man prozesstechnisch die beiden Ansätze, organische Halbleiter im Vakuum oder aber aus der Flüssigphase abzuscheiden. Die Flüssigphasen-Applikation eignet sich perspektivisch zur großindustriellen Umsetzung in preisgünstigen Rolle-zu-Rolle Druckverfahren, die der organischen Photovoltaik – trotz derzeit noch relativ geringer Wirkungsgrade – einen interessanten Markt eröffnen können (Abbildung 1). Die besten flüssigapplizierten organischen Solarzellen weisen im Labor derzeit eine Effizienz von über 7% auf [1,2].

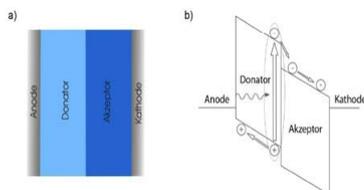


Abbildung 2: Bandschema einer organischen Solarzelle.

Das Funktionsprinzip von organischen Solarzellen auf der mikroskopischen Größenskala ist jedoch grundlegend anders als bei den anorganischen photovoltaischen Bauelementen. Die durch die Absorption von Licht auf einem Polymer angeregten Exzitonen besitzen eine sehr hohe

Bindungsenergie. Erst durch das Einbringen eines starken Elektronen-Akzeptors, typischerweise ein Fulleren, können die Ladungen voneinander getrennt werden und zu den Elektroden wandern (Abbildung 2). Ein einer anorganischen Solarzelle ähnlicher pn-Übergang findet demnach in organischen Solarzellen keinen Einsatz.

Aufgrund der spektral limitierten Absorption organischer Halbleiter könnte eine künftige Schlüssel-Applikation für organische Solarzellen die Integration von semi-transparenten Bauelementen in Fenster, Fassaden oder elektrische Schaltungen sein.

Ein derzeit viel diskutiertes und erfolgversprechendes Konzept zur Steigerung der Effizienz organischer Solarzellen ist die Architektur der Stapel- und Tandemzellen, die durch eine geeignete Wahl von spektral komplementär absorbierenden organischen Subzellen einen breiteren spektralen Bereich des Sonnenlichtes in Strom umsetzen können [3,4].

Die vollständige Flüssigprozessierung von Solarzellen erfordert neben den aktiven Schichten zur Umwandlung von Licht in elektrische Energie auch vollkommen neue Konzepte für druckbare Elektroden. Hier haben sich in der Vergangenheit unter anderem Polymerelektroden aus poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonat) (PEDOT:PSS) hervorgetan, die zumindest in kleiner lateraler Ausdehnung bereits heute gleichermaßen wie Metall- oder kostenintensive Indiumzinnoxid- (ITO) Elektroden eingesetzt werden können [5-7].

REFERENCES

- [1] Y. Liang, Z. Xu, J. Xia, S.-T. Tsai, Y. Wu, G. Li, C. Ray, and L. Yu, *Adv. Mater.* 22 (2010) 1
- [2] H.Y. Chen, J. Hou, S. Zhang, L. Yu, Y. Wu, G. Li, Y. Liang, G. Yang, and Y. Yang, *Nat. Photon.* 3 (2009) 649
- [3] A. Colsmann, J. Junge, T. Wellinger, C. Kayser, and U. Lemmer, *SPIE-Eur. Conf. Proc.*, Strasbourg 6192 (2006) 6195
- [4] A. Colsmann, J. Junge, C. Kayser, U. Lemmer, *Appl. Phys. Lett.* 89 (2006) 203506
- [5] A. Colsmann, F. Stenzel, G. Balthasar, H. Do, and U. Lemmer, *Thin Solid Films* 517 (2009) 1750
- [6] H. Do, M. Reinhard, H. Vogeler, A. Pütz, M.F.G. Klein, W. Schabel, A. Colsmann, and U. Lemmer, *Thin Solid Films* 517 (2009) 5900[7] F. Nickel, A. Puetz, M. Reinhard, H. Do, C. Kayser, Alexander Colsmann, and Uli Lemmer, *Org. Electron.* 11 (2010) 535

Lichtanpassung von Tieren und Pflanzen

Peter Richter und Donat-Peter Häder, Institut für Biologie, Staudtstr. 5,
91058 Erlangen

Sonnenlicht spielt für die belebte Welt eine unverzichtbare Rolle. Photosynthetische Aktivität von Pflanzen, Algen und Blaualgen ermöglicht eine ständige Neuproduktion organischer Materie und stellt damit die Grundlage für höheres Leben auf der Erde dar. Licht spielt aber auch bei vielen weiteren biologischen Prozessen eine wichtige Rolle. Tiere haben mehr oder weniger komplexe Augen entwickelt, welche Licht wahrnehmen können wodurch eine Orientierung im Raum möglich ist. Je nach Lichtqualität und -quantität im Lebensraum sind Augen unterschiedlich ausgebildet. So liegt das Farbspektrum von Tiefseefischen meist im Blaubereich. Nachtaktive Tiere sehen oft keine Farben. Besonders interessant ist die Ausbildung eines Magnetsinns, z.B. von Zugvögeln, der wahrscheinlich darauf beruht, dass die Zeitdauer lichtangeregter Zustände bestimmter Photorezeptormoleküle (wahrscheinlich Cryptochrome) je nach Lage im Magnetfeld verändert wird. Auch Pflanzen, Algen, Blaualgen und Pilze besitzen Photorezeptoren mit deren Hilfe sie sich orientieren können oder z.B. auch Tageslichtlängen messen können, was u. a. für die Induktion der Blütenbildung eine wichtige Rolle spielt. Viele einzellige Algen werden mit Hilfe ihrer Photorezeptoren in Bereiche der Wassersäule geleitet, welche optimale Licht- und Lebensbedingungen bieten. Auch spielt Sonnenlicht eine Rolle für die Synthese, bzw. Destruktion von Vitaminen. So wird Vitamin D3 mit Hilfe solare UV-Strahlung in der menschlichen Haut synthetisiert, andererseits wird durch UV wichtige Folsäure zerstört. Dies ist wahrscheinlich der Hauptgrund für die Ausbildung verschiedener Hauttypen bei Menschen in unterschiedlichen geographischen Regionen.

Solare Strahlung hat vor allem durch ihren UV-Anteil auch sehr beeinträchtigende Wirkung auf Organismen. Aus diesem Grund haben Lebewesen, welche unter voller Solarstrahlung leben effektive Mechanismen entwickelt, um die nachteiligen Folgen solare Bestrahlung zu reduzieren. Dazu gehören z.B. UV-absorbierende Pigmente oder ein effizientes System intrazellulärer Radikalfänger.

Ökologisches Licht für Nutztiere und Nutzpflanzen

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Meyer, uv-technik Speziallampen GmbH,
98704 Wümbach

Bereits im Altertum wussten die Menschen um die Bedeutung des Sonnenlichts als Lebensspender der Natur, aber auch um die Wirkung des Lichtes auf die mentale Situation der Menschen.

So wurden bei Dunkelheit Fackeln, sowie Kerzen und Öllampen eingesetzt, nicht nur zur Beleuchtung sondern auch um positive Gefühle und Stimmungen zu erzeugen.

Die Erfindung der Glühlampe und der Entladungslampe um die Jahrhundertwende des 20. Jahrhunderts war ein großer Schritt der Menschheit, sowohl zu Beleuchtungszwecken aller Art als auch für zahlreiche chemische, physikalische, biologische und medizinische Anwendungen. Es entstand ein großer Industriezweig der Licht- und Strahlungstechnik in den Bereichen der optischen Strahlung: UV, Licht und Infrarot.

Die Evolution der Natur über Millionen Jahre fand unter dem Einfluss der natürlichen Sonnenstrahlung statt (ab ca. 300 nm, je nach Lage und Höhe des Ortes). Daher liegt es nahe, dass das Wachstum von allen Lebewesen wie Pflanzen, Tiere und Menschen am besten unter sonnenähnlichem Licht ist.

Ebenso bewirkt diese Lichtqualität auch positive psychische Effekte.

So fühlen sich die Arbeiter einer Nachtschicht unter Tageslichtspektrum wohler, arbeiten effizienter und machen weniger Fehler als unter Kunstlicht.

Daher hat man speziell in den Bereichen Leuchtstofflampen, Xenonlampen und Metaldampflampen geforscht und entwickelt, um ein sonnenähnliches Spektrum zu erzeugen, damit Pflanzen und Tiere optimal unter natürlichen Bedingungen gedeihen können.

Eine neuartige Lichtquelle ist die Schwefellampe. Sie emittiert ein sonnenähnliches Spektrum. Lediglich im blau- violetten Bereich strahlt sie schwächer und im UV- Bereich so gut wie gar nicht. Das ist sehr positiv, da die kurzwellige UVA- Strahlung und erst recht die UVB- Strahlung, die im Sonnenspektrum vorhanden ist, Pflanzen und Tieren in hoher Dosis schädigt.

Da Schwefel kein Metaldampf ist, wird die Lampe mit Mikrowellen, so wie sie in haushaltsüblichen Geräten verwendet werden, betrieben.

Über das Magnetron werden bis zu 1400 W eingespeist, von denen mehr als 60 % in sichtbares Licht umgewandelt werden. Durch die hohe Lichtausbeute zeichnet sich die Lampe als besonders ökologische Lichtquelle aus, die bereits seit über 2 Jahren im wissenschaftlichen Bereichen im Einsatz ist und an der Schwelle zur kommerziellen Nutzung steht.

Es sind sehr gute Erfolge in der Anzucht und Aufzucht von Pflanzen erzielt worden, sowohl bezüglich des Wachstums und des Ertrages als auch des Aromas.

Die Gartentomate schmeckt beispielsweise deshalb so gut, weil sie unter natürlichen Bedingungen (Erde und Sonnenlicht) aufwächst.

Die Tomate aus dem Gewächshaus ist zwar sehr schön und ertragreich, ihr fehlt aber das Aroma, weil sie künstlich ernährt und beleuchtet wird, wenn die Sonne nicht scheint.

GESUNDES LICHT FÜR DEN MENSCHEN - UNTERSTÜTZUNG FÜR UNSERE INNERE UHR

Andreas Wojtysiak und Dieter Lang,

OSRAM GmbH, München, Deutschland

Wie die große Mehrheit der bekannten Organismen nützt auch der Mensch das Licht um seine Lebensvorgänge sinnvoll mit den Umgebungsbedingungen abzustimmen. Seit vielen Jahren ist der Retinohypothalamische Trakt bekannt, der Informationen von der Netzhaut des Auges an den Suprachiasmatischen Kern im Zwischenhirn und damit an unsere zentrale innere Uhr vermittelt. Lange Zeit ging man dabei von der Annahme aus, dass, auch wenn dies nichts mit einem Sehvorgang zu tun hat, die Informationen über das Niveau des Umgebungslichts von den Sehzellen des Auges aufgenommen werden. Erst seit ca. 10 Jahren hat sich die Erkenntnis herausgebildet, dass diese Funktion als chronobiologischer Photorezeptor von einem Teil der retinalen Ganglienzellen mit eigener Lichtempfindlichkeit übernommen wird. Seit dieser Zeit wurde die Erforschung dieses biologischen Systems forciert und hat vielfältige Verknüpfungen zwischen Chronobiologie und Gesundheit des Menschen offenbart. Neben zahlreichen wissenschaftlich interessanten Fragen haben aktuelle Studien aus verschiedenen Applikationsfeldern bereits positive Ergebnisse erzielt, obwohl die Erkenntnislage für eine umfassende Definition der relevanten Lichtparameter noch unzureichend ist. Daher hat sich bereits jetzt die Einschätzung verfestigt, dass für eine gesunde Lichtumgebung nichtvisuelle wie visuelle und emotionale Wirkungen von Licht in einem Gesamtkonzept berücksichtigt werden müssen.

Der Beitrag geht daher auf die Bedeutung verschiedener Licht- und Beleuchtungsparameter für das nichtvisuelle System des Menschen ein und zeigt Empfehlungen auf, wie diese in der Anwendung berücksichtigt werden sollten, um positive gesundheitliche Effekte zu fördern.

Das biologische System

Die Entdeckung des dritten Fotorezeptors neben Stäbchen und Zapfen in der menschlichen Augennetzhaut führte zu zahlreichen Studien über diese lichtsensiblen retinalen Ganglienzellen (ipRGC). Es konnte gezeigt werden, dass ihre nervösen Entladungen in den Zentren für die innere Uhr verarbeitet werden. Neben den zentralnervösen Verarbeitungsgebieten unterscheidet sich das nichtvisuelle System vom Sehsystem auch in den Eigenschaften des Lichts, die zu einer effektiven Stimulation führen. Die ipRGC haben u. A. eine andere spektrale Empfindlichkeit und räumliche Verteilung.

Außerdem ist das Gesamtsystem von der Zeit und Dauer der Stimulation und von der Phase der inneren Uhr des Nutzers abhängig. Aus den Eigenschaften des Systems ist zu folgern, dass das Licht des Himmels der natürliche Stimulus für die Rezeptoren ist und dass dieser Reiz regelmäßig benötigt wird. Chronobiologische und psychologische Forschung zeigen, dass „Entrainment“, also die Abstimmung der körpereigenen Rhythmen mit denen der natürlichen Umwelt der Schlüssel zu Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Gesundheit ist.

Folgerungen für die Beleuchtung

Um von den wissenschaftlichen Ergebnissen zu profitieren müssen die Erkenntnisse in die Lichtplanung und Architektur transferiert werden. Es ist notwendig, die Funktionen von Licht vor dem Hintergrund der Tageszeit zu hinterfragen. Am Tag, wenn Aktivität, Leistungsbereitschaft und Wachheit gefordert sind, sollte die innere Uhr mittels des Lichts „auf Tag gestellt“ werden. Die ipRGC müssen dementsprechend von natürlichem oder künstlichem Licht stimuliert werden, wobei v. A. das Spektrum, die räumliche Verteilung und die zeitliche Anordnung des Lichts berücksichtigt werden müssen. Am späten Abend und in der Nacht sollte ein solcher Reiz auf die retinalen Ganglienzellen vermieden werden, damit eine optimale Erholung für den Körper ermöglicht wird. Licht, wenn notwendig, sollte zu diesen Zeiten möglichst nur das visuelle System ansprechen. Um eine lichttechnisch „gesunde“ Umgebung bereitzustellen, sollten Architekten und Lichtplaner auch die eingesetzten Materialien, Raumelemente, Wandfarben sowie besonders auch Möglichkeiten zur Anpassung an die individuellen Bedürfnisse der Nutzer einbeziehen.

Schlagworte: Lichtplanung; nichtvisuelle Wirkungen, Chronobiologie; Circadianer Rhythmus

Angenehmes und stimulierendes Licht – Erfahrungen von realisierten Projekten mit Dynamischem Licht – Nutzerakzeptanz und Energiebetrachtungen

Matthias Fassian¹, Hans-Hasso Lange²

Dynamisches Licht mit der Möglichkeit der Änderung der Farbtemperatur und der Beleuchtungsstärke wurde in den letzten Jahren dazu verwendet, nicht-visuelle oder biologischen Wirkungen des Lichts zu nutzen und somit die Aufmerksamkeit und Leistung des Menschen zu unterstützen.

Typischerweise haben Lösungen mit Dynamischem Licht eine zwei- bis dreimal höhere installierte Leistung im Vergleich zu einer normalen, statischen Beleuchtung. Der tatsächliche Energieverbrauch ist jedoch deutlich niedriger, da die Beleuchtung dynamisch geregelt wird. Abhängig von dem gewählten Lichtkonzept und der verwendeten Lichtsteuerung kann der Energieverbrauch erheblich reduziert werden.

Im Prinzip gibt es zwei Konzepte für dynamisches Licht:

- **Personal Light:** Der Nutzer stellt die Beleuchtung in Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke je nach seiner persönlichen Präferenz mit einer Fernbedienung ein, um sie seinen Arbeitsbedingungen, seiner Situation und Stimmung anzupassen. Personal Light ist in der Regel eine Beleuchtungslösung für Einzelbüros, Kombibüros und Konferenzräume.
- **Dynamic Ambiance:** Nach einem programmierten Rhythmus wird die Beleuchtung durch Änderung der Farbtemperatur und der Beleuchtungsstärke im Raum bzw. am Arbeitsplatz gesteuert. Der aktivierende Licht Rhythmus bietet den Mitarbeitern zum Beispiel zu jeder Zeit des Tages das richtige Licht für die Arbeit, welches motiviert, das Wohlbefinden steigert und für gute Konzentration sorgt. Dieses Beleuchtungskonzept wird verwendet, um die Dynamik des Tageslichts in ein Gebäude zu bringen. Es eignet sich besonders für größere Räume mit wenig oder keinem Tageslicht.

Bis heute sind eine ganze Reihe von Projekten mit dynamischer Beleuchtung realisiert und evaluiert worden. Es sollen 8 Projekte mit dynamischem Licht im Detail besprochen werden: zwei Schulen, zwei Bürogebäude, zwei Pflegeheime sowie zwei Leitstellen. Die Projekte unterscheiden sich im gewählten Lichtkonzept, dem Einsatz von Licht-Steuerung und anderen anwendungsspezifischen Merkmalen.

Jedes Projekt wird unter folgenden Gesichtspunkten beschrieben:

- die Anwendbarkeit des gewählten Konzepts,
- die geschätzten Energieverbrauch im Vergleich zu einer normalen statischen Lösung, sowie
- die Akzeptanz der Beleuchtungslösung.

In vier der acht vorgestellten Projekte sind Langzeitstudien durchgeführt und die Wirkung des dynamischen Lichts auf das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit auf den Nutzer analysiert worden.

Zusammenfassend werden die wichtigsten Erkenntnisse der realisierten Projekte dargestellt. Daneben werden Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs von dynamischem Licht beschrieben.

Stichworte: dynamisches Licht, realisierte Projekte, Energieverbrauch, Nutzerakzeptanz

1 Philips Lighting, Lübeckertordamm 5, 20099 Hamburg, Germany, email: matthias.fassian@philips.com

2 Philips Lighting, Lübeckertordamm 5, 20099 Hamburg, Germany, email: hanshasso.lange@philips.com

LIGHT-CONTROLLED MELATONIN SUPPRESSION CONSIDERING PERSON'S AGE

Piazena, H.1, Franke, L.1, Uebelhack, R.1, Kockott, D.2 and Völker, S.3
1Charité – Universitätsmedizin Berlin, AG Medizinische Photobiologie, Berlin,
Germany, 2DK UV-Technik, Hanau, Germany, 3TU Berlin, FB Lichttechnik, Berlin,
Germany

ABSTRACT

The paper deals with the control of melatonin suppression in dependence of person's age by using white light sources of different spectra and geometry considering the needs to prevent glare.

Keywords: Melatonin suppression, circadian rhythm, threshold values, glare.

1. INTRODUCTION

The discovery of retinal photoreceptors responsible for melatonin suppression and of their spectral sensitivity by Brainard et al. (2001) and Thapan et al. (2001) allows to develop both effective and energy-efficient light sources to stimulate the individual circadian rhythms based on age-depend spectral sensitivity of the eyes, on time of the day, on the needs to fulfil visual functions as well as on the needs for health protection. The circadian efficacy of light sources is sufficiently described by the spectrum, the irradiance, the geometry of exposure and the radiance.

2. METHODS

We exposed healthy volunteers of different ages and with free pupil adaptation to polychromatic (white) light sources of different spectra and determined the individual effective (circadian weighted) threshold irradiance responsible for melatonin suppression. In addition, we analyzed the effects of both different solid angles of exposure and of radiance.

3. RESULTS AND CONCLUSIONS

In case of exposure in 2p geometry, the effective (circadian weighted) threshold irradiance for getting saturation of melatonin suppression ranged between $E_{cm} \gg (0.3 \pm 0.1) \text{ W m}^{-2}$ for young adults and $E_{cm} \gg (0.6 \pm 0.2) \text{ W m}^{-2}$ for seniors. In addition, we have to take into consideration the threshold luminance concerning glare L_vG . Assuming a value of $L_vG = 500 \text{ cd m}^{-2}$ as defined in DIN 5035-1, the relative circadian effectiveness ($k_{cv} = E_c/E_v$) – or equivalently the Correlated Colour Temperature (CCT) – of white light sources has to exceed values k_{cv} of about $0.13 \text{ W m}^{-2} \text{ klx}^{-1}$ (or equivalently $\text{CCT} \geq 1450 \text{ K}$) for young adults and of about $0.25 \text{ W m}^{-2} \text{ klx}^{-1}$ (or equivalently $\text{CCT} \geq 1700 \text{ K}$) for seniors for getting sufficient melatonin suppression below the threshold value of glare (E_c - effective (weighted) circadian irradiance, E_v - illuminance). In case of light exposures using threshold irradiance E_{cm} but with reduced solid angles (W) and adequately increased radiances, melatonin suppression decreased significantly in the range $0.1 \text{ sr} \leq W \leq 0.5 \text{ sr}$ due to significant reduction of the number of exposed receptors on the retina whereas melatonin concentration increased for solid angles below about 0.1 sr . Moreover, increase of radiance is limited by glare. Thus, the criterion $k_{cv} \times W > E_{cm}/L_vG$ has to be met in order to get sufficient melatonin suppression without glare.

REFERENCES

Brainard, G.C., Hanifin, J.P., Greeson, J.M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E. and M.D. Rollag: Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor.- *J. Neurosci.* August 15, 2001, 21(16) 6405-6412.

DIN 5035-1: Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 1: Begriffe und allgemeine Anforderungen.- Beuth-Verlag, Berlin, 1990.

Thapan, K., Arendt, J. and D.J. Skene: An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans.- *J. Physiol.* 535.1, 2001, 261-267.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Projektträger des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) for generous support of the investigation (Project No. 13N 8709).

Blendung durch Licht

Univ.-Prof. Dr. Christoph Schierz
TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Lichttechnik
PF 100 565; 98684 Ilmenau (Thür.)
christoph.schierz@tu-ilmenau.de

Der Schutz vor Blendung ist eines der wichtigsten Kriterien für gute Lichtqualität. Sie entsteht durch unangepasste hohe Leuchtdichten im Gesichtsfeld oder durch zu große Kontraste. Man unterscheidet *physiologische Blendung* von *psychologischer Blendung*. Im ersten Fall werden die Sehfunktionen dadurch beeinträchtigt, dass sich das Licht der Blendquelle im Auge streut und damit das Bild der Sehobjekte auf der Netzhaut überlagert. Dadurch wirkt das Bild „verwaschen“ bzw. seine Kontraste vermindern sich. Das Streulicht auf der Netzhaut wird durch die äquivalente Schleierleuchtdichte beschrieben. Werden Tätigkeiten wie Entspannung, Ausruhen, Telefonieren, Radiohören etc., bei denen eine Sehaufgabe keine Rolle spielt, behindert, werden sie als störend oder lästig empfunden. Zu diesen Störungen gehört die psychologische Blendung.

Physiologische und psychologische Blendung können je einzeln oder gemeinsam auftreten. Ihre Stärke wächst, je dunkler die Umgebung ist, auf die das Auge adaptiert, je heller und je größer die Blendquelle ist und je näher sich die Blendquelle zur Blickrichtung befindet. Die funktionalen Zusammenhänge unterscheiden sich aber für die beiden Blendungsarten. Ein Beispiel ist die Flutlichtanlage, welche nachts ins nahe Fenster strahlt. Blendung durch kleine Lichtquellen (z.B. LEDs) ist derzeit noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.

▪ **Straßenverkehr**

Für die Straßenbeleuchtung wird ein maximal erlaubter Wert der sogenannten Schwellenerhöhung TI festgelegt. Ein ohne Blendung gerade noch wahrnehmbarer Kontrast muss mit Blendung um den Faktor $(1 + TI / 100\%)$ erhöht werden, damit er wiederum gerade noch wahrgenommen werden kann. TI -Werte unter 2% können vernachlässigt werden. Für stark befahrene Straßen werden TI -Werte von 10%, für weniger stark befahrene von 15% vorgeschrieben. Die Schwellenkontraste dürfen sich somit durch Blendung auf höchstens 110% bzw. 115% erhöhen.

▪ **Sportstätten**

Physiologische Blendung durch Licht von Sportstätten-Außenanlagen und von Arbeitsplätzen im Freien wird mit dem sogenannten „Glare Rating“ GR beschrieben. Es wird ausgehend von der äquivalenten Schleierleuchtdichte ermittelt. Die GR -Skala bedeutet: 90: unerträglich; 70: störend; 50: gerade zulässig; 30: merkbar; 10: nicht merkbar. Für Sportstätten-Außenanlagen

werden je nach Wettbewerbsniveau und Beobachtungsentfernung Maximalwerte von 50 oder 55 gefordert; für Arbeitsplätze im Freien 40, 45, 50 und 55 – je nach Schwierigkeit der Tätigkeit.

▪ **Innenraumbelichtung**

Der in den 1950er Jahren von Hopkinson in Großbritannien eingeführte „glare factor“ G ist eine Skala der subjektiven Bewertung psychologischer Blendung. Die Grenze zwischen „nicht-störend“ und „störend“ wird auch BCD-Kriterium genannt („borderline between comfort and discomfort“). Bei einem gegebenen Skalenwert G beurteilen 15% der untersuchten Population die Blendung so wie die Skalenbezeichnung oder als schlimmer. Daraus wurde das heute in der Innenraumbelichtung verwendete „Unified Glare Rating“ UGR abgeleitet. Es bedeutet: UGR = 28: etwas störend, 25: gerade störend, 22: deutlich bemerkbar, 19: etwas bemerkbar, 16: gerade bemerkbar, 13: unbemerkbar.

▪ **Tageslicht**

Blendung durch Fenster im Innenraum ist bei ungeeignetem Blend- bzw. Sonnenschutz problematisch. Es gibt einige Vorschläge, z.B. mittels des „daylight glare index“ DGI diese Blendung zu quantifizieren. Von der Allgemeingültigkeit ist man aber noch nicht überzeugt und diese Verfahren haben sich noch nicht in den Normen niedergeschlagen.

Beurteilung, Vermeidung und Verringerung von Lichtverschmutzung

Dipl.-Ing. Andreas Walkling, TU Ilmenau

Ein Zuviel an künstlicher Himmelsaufhellung wird richtigerweise mit dem Begriff der Lichtverschmutzung beschrieben, die über einer Stadt beispielsweise in Form einer sogenannten Lichtglocke nachts sichtbar wird. Der Begriff der Lichtverschmutzung stammt ursprünglich vom englischen *light pollution* ab. Sie kann als eine neue Form der Umweltverschmutzung angesehen werden, da sie die natürliche nächtliche Dunkelheit verschmutzt.

Die Lichtverschmutzung des Nachthimmels über Deutschland ist stetig ansteigend, die hauptsächlich von Beleuchtungsanlagen des Außenraumes verursacht wird. Der jährliche mittlere Zuwachs wird auf bis zu 10 % in Industrieländern geschätzt. In Mitteleuropa gibt es heute schon keinen wirklich dunklen Himmel mehr. So formieren immer mehr Sternenfreunde und Astronomen den Widerstand gegen den Lichtsmog am Himmel, aber auch Ökologen, Lichtingenieure und Schlafmediziner kämpfen mit. Diese nächtliche Beeinflussung wirkt sich nicht nur auf den Menschen, sondern auch auf die Tierwelt und damit nicht zuletzt auf ganze Ökosysteme negativ aus.

Deutschland ist beim Thema Lichtverschmutzung bisher weniger aktiv als andere Länder gewesen. Ein deutsches Lichtverschmutzungsgesetz wurde bisher noch nicht erlassen, um damit generelle bundesweite Grenzwerte für Lichtemissionen einzuführen. In diesem Jahr wird immerhin die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft LiTG e.V. eine Schrift zum Thema veröffentlichen, die LiTG-Stellungnahme 12.3. Sie wird aufzeigen, welche Richtwerte zur Begrenzung der Himmelsaufhellung in Deutschland einzuhalten sind.

Der Vortrag stellt die Grundlagen der Lichtverschmutzung und die gängigen Minderungsmaßnahmen zur Begrenzung der Himmelsaufhellung vor. Des Weiteren geht er auf alte und neue Bewertungsmethoden ein.

Künstliche Beleuchtung und Umwelt

Gerhard Eisenbeis

Die Themenbereiche:

- 1 Konflikte in der Umwelt ohne den Einfluss von Licht – zum Schaden der Tierwelt
- 2 Licht als Umweltfaktor – mit Lichtimpressionen aus der freien Landschaft bis Los Angeles
- 3 Bemerkungen zum Stand des Lichtmonitorings, global und für Zentraleuropa
- 4 Zur Bandbreite von Licht und Strahlung in der Umwelt / das Beziehungsgeflecht Licht und Umwelt
- 5 Licht und Tierwelt
- 6 Warum stehen die Insekten im Brennpunkt der Diskussion? / Insekten – die 'Loser' am Licht
- 7 Unsere Insektenflugstudie 2008 am Fleher Deich in Düsseldorf - Haben die LED's, das Potenzial, zum insektenfreundlichen Leuchtmittel der Zukunft zu werden?
- 8 Zusammenfassung

Tiere verfügen über ein weites Spektrum an Sinnesorganen, wobei die Wahrnehmung des sichtbaren Lichts und weiterer spezifischer Strahlungsqualitäten oft eine Schlüsselrolle für ihre Biologie spielt. Das Thema meines heutigen Vortrags ist jedoch eingebettet in ein Phänomen, das in dem kürzlich erschienenen Buch 'Der Verlust der Nacht' beschrieben wird. Es geht um die zunehmende künstliche Beleuchtung in weiten Teilen der Erde, die in ihren Auswirkungen als astronomische und ökologische Lichtverschmutzung bezeichnet wird. Letztere fokussiert vor allem auf die Störung der circadianen Rhythmik von Tag und Nacht mit Konsequenzen für fast alle Organismen, besonders der nachtaktiven Tiere. Als Modellgruppe für das Fehlverhalten von Tieren am Licht gelten die nachtaktiven Insekten, da sie in ungeheuren Mengen von Lichtquellen angezogen werden und sich ihr Schicksal im Lichtkegel der Lampen besonders gut beobachten lässt. Alles spricht dafür, dass die künstliche Nachtbeleuchtung zu einer Verarmung der Tierwelt beiträgt.

Betrachtet man die technische Entwicklung von Lampen und Leuchten, so gilt die Einführung der Natriumdampfhoch/Niederdrucklampen bisher als Quantensprung im Hinblick auf Insektenfreundlichkeit und Energieeffizienz. Wahrscheinlich sind wir derzeit Zeuge einer weiteren Revolution der Beleuchtung im Freiraum durch die stürmische Entwicklung der LED Technik, die mittlerweile schon für die Straßenbeleuchtung eingesetzt wird. Unsere Insektenflugstudie 2008 am Fleher Deich in Düsseldorf, bei der wir klassische und moderne Leuchtmittel hinsichtlich ihrer Insektenaktivität verglichen haben, liefert hierzu erste Ergebnisse.

Licht aus Sicht des Immissionssschutzes

Rainer Kindel

Licht zählt zu den Emissionen und Immissionen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes von 1974. Anders als z.B. bei Lärm besteht bisher keine gesetzliche Beurteilungsvorschrift. In der Praxis hat sich zur Beurteilung der Störwirkung in der Nachbarschaft die Vorschrift „Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Beleuchtungsanlagen“ („Licht-Leitlinie“) herausgebildet, die aus behördlichen Erfahrungen in der Praxis seit den 70er-Jahren entwickelt wurde, und die den zuständigen Immissionsschutzbehörden vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) 1993 erstmals in der bis heute im Kern gültigen Form empfohlen wurde. Fachliche Basis ist die parallel entstandene Publikation 12 der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LitG), z.Z. in der Aktualisierung zur Version 12.3. Die derzeitige Version 12.2 wurde als Fachgrundlage der Licht-Leitlinie, Stand 2000, übernommen. In NRW und Brandenburg ist die Vorschrift in Form gemeinsamer Runderlasse der Landesministerien gültig.

Die Licht-Leitlinie wurde für die objektivierte Beurteilung von Beschwerdesituationen entwickelt und gilt schwerpunktmäßig für die messtechnische Beurteilung bestehender Beleuchtungsanlagen. Als Beurteilungskriterien werden die von einer Beleuchtungsanlage verursachte Raumaufhellung bzw. deren psychologische Blendung am Immissionsort herangezogen. Besondere auffälliges farbiges Licht oder zeitlich veränderliche Lichtabstrahlung werden ggf. durch Bewertungsfaktoren berücksichtigt.

Die Raumaufhellung wird anhand der Beleuchtungsstärke am Immissionsort bestimmt. Die Messung erfolgt i.d.R. vertikal in der Fensterebene des betroffenen Raumes unter Verwendung marktüblicher kalibrierter Luxmeter. Für die Raumaufhellung bestehen Immissionsrichtwerte zwischen 1 und 15 Lux, abhängig vom Gebietscharakter und der Beurteilungszeit.

Die Beurteilung der psychologischen Blendung von Lichtquellen stützt sich auf deren Leuchtdichte aus Sicht des Immissionsortes; oberhalb einer bestimmten Leuchtdichte wird die Schwelle zur erheblichen Belästigung überschritten. Die Schwelle hängt auch von der Helligkeit der Umgebung (Umgebungsleuchtdichte) und der vom Immissionsort aus wahrgenommenen Größe der Leuchtfläche (Raumwinkel der Lichtquelle) ab. Diesem Sachverhalt wird durch den Immissionsrichtwert für Blendung der Lichtquelle Rechnung getragen, welcher je nach Gebietscharakter und Beurteilungszeit zwischen 32 und 160 liegt.

Die Blendmessung ist in der Praxis i.d.R. erheblich schwieriger als die der Raumaufhellung, u.a. weil mehrere Beurteilungsparameter parallel und u.U. für viele Einzellichtquellen vor Ort bestimmt werden müssen. Hier ist neben der

gerätetechnischen Ausstattung mit geeigneten kalibrierten Leuchtdichtemessgeräten und Hilfsmitteln die Erfahrung des Messpersonals von wesentlicher Bedeutung für die Beurteilungsqualität.

In NRW liegen langjährige Erfahrungen bzgl. Nachbarbeschwerden vor. Die Minimierung störender Lichtimmissionen wird seit Jahren bei der Planung und Genehmigung von Anlagen zunehmend berücksichtigt. Aus LANUV-Sicht hat sich die Licht-Leitlinie bzgl. der Beurteilung der Raumaufhellung bei der Überwachung und auch Planung von Anlagen in der Praxis im Kern bewährt. Dies gilt grundsätzlich auch für die Blendung, wo sich jedoch die Überwachung schwieriger gestaltet. Besonderheiten gelten bei Skybeamern, neuen LED-Lichtquellen oder -Displays. Gerichtsurteile haben die Licht-Leitlinie grundsätzlich bestätigt. Im Einzelfall sind jedoch auch weitere wesentliche Beurteilungsaspekte wie z.B. die Zumutbarkeit immissionsseitiger Minderungsmaßnahmen mit zu berücksichtigen.

Bei der Aktualisierung der LitG-Publikation 12.3 ist neben der Anpassung an den Stand der Beurteilungstechnik eine Erweiterung des Regelungsinhaltes bzgl. Einwirkungen auf die „Allgemeinheit“ vorgesehen. Der Schutz von Insekten und Vögeln wird bislang nur in Hinweisform berücksichtigt.

Konflikte durch Lichteinwirkungen treten mitunter auch bei Tage auf. Der periodische Schattenwurf des bewegten Rotors bei Windenergieanlagen wurde hinsichtlich der Einwirkungsdauer an Immissionsorten zeitlich auf max. 30 Jahresstunden begrenzt. Zeitweise störende Sonnenlichtreflexionen, z.B. durch Metalldächer, verspiegelte Fassaden oder bei Photovoltaikanlagen, unterliegen bislang der Beurteilung im Einzelfall.

G.L.E. Gesellschaft für lichttechnische Erzeugnisse mbH Speziallampen

Mirko Krüger

Unser Produktspektrum:

| Lampentyp | Anwendungen |
|---|---|
| Hohlkathodenlampen HKL | Atomabsorptionsspektroskopie |
| Quecksilber- Höchstdrucklampen HGBO | Mikroskopie Floureszenzmikroskopie Photolithographie |
| Quecksilberstrahler für Tauchrohranwendungen HUV | Wasserbehandlung (Photooxidation) |
| kleinwattige Kaltkathodenlampen UVS 2 ; UVU 5 mit Quecksilber oder Neonfüllung | Ozonmesstechnik sonst. Analytik Wellenlängenkalibrierung |
| Mikrowellenlampen | Photooxidation in der Probenvorbehandlung (Reduktion der T.O.C.) |
| Xenonimpulslampen XIO | spezielle Anwendungen |



Ohne Verluste durch die Phasengrenze, Strategien bei der Lichtleitung in Aquarien

Die Strahlungsleistung des gefilterten Solarspektrums auf der Erde erreicht maximal 1367 W/m^2 . In mitteleuropäischen Breiten ergibt sich über den Winkel des Sonnenstandes während der Jahreszeiten ein Wert zwischen 700 W/m^2 im Sommer und 247 W/m^2 im Winter. Berge mit Höhen über 3000m werden mit durchschnittlich 1000 W/m^2 bestrahlt. Diese Strahlungsleistung wird in der Regel weiter abgeschwächt durch Aerosole, Wassertröpfchen oder direkte Abschattung.

Zusätzliche Veränderung erfährt die terrestrische Solarstrahlung im spektralen Bereich. Unterschiedliche Wellenlängen werden beim Durchgang durch die Atmosphäre unterschiedlich stark gestreut, absorbiert oder reflektiert.

Diese Effekte führen zu Erscheinungen wie dem Regenbogen, dem blauen Himmel aber auch der azurblauen Farbe des klaren Ozeanwassers.

Der Aquarianer versucht bei der Hälterung von Pflanzen und Tieren diese natürlichen Werte möglichst genau am Becken vorzuhalten. Dabei wurde in der Vergangenheit stets versucht, durch geeignete Lichtquellen, die besten Parameter der Bestrahlung unter Wasser zu erreichen. Die Lichttechnik wurde dabei, ähnlich der Sonne, mit enormen Verlusten installiert. So finden sich Strahlungsleistungen von etwa 1000 W/m^2 über den meisten Aquarien.

Die benötigte wirksame Strahlungsleistung im Wasser ist dabei weitaus geringer.

Eine weit einfachere und energiesparende Methode ist der Einsatz von Lichtleitern. Diese nutzen, ähnlich wie herkömmliche Lichtleiter, den Effekt der Totalreflektion. Durch Dimensionierung, Kombination von verschiedenen Materialien und durch spezifisches Oberflächendesign lassen sich spektrale Lösungen energieeffizient für die Aquakultur bereitstellen.

Frank Dolp

Institut fuer Lasertechnologien in der Medizin

und Messtechnik an der Universität Ulm

Helmholtzstr. 12

D-89081 Ulm, Germany

Tel.: +49 (0)731 1429-28

Fax.: +49 (0)731 1429-42

frank.dolp@ilm.uni-ulm.de

www.uni-ulm.de/ilm <<http://www.uni-ulm.de/ilm>>

Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter I. und II. Block

| Name | Anschrift | Telefon Fax E-Mail |
|---|---|--|
| Prof. Dr. sc. Nat. Christoph Schierz | Universität Ilmenau Postfach 100565 98684 Ilmenau | +49 3677 693 731 +49 3677 693 733 christoph.schierz@tu-ilmenau.de |
| Dipl.-Ing. Stefan Gramm | Technische Universität Berlin Einsteinufer 19 10857 Berlin | +49 30 314 24143 +49 30 314 22161 stefan.gramm@tu-berlin.de |
| Dipl.-Ing. Cornelia Moosmann | Karlsruher Institut f.Technologie Englerstr. 7 76131 Karlsruhe | +49 721 608 6442 +49 721 608 6092 cornelia.moosmann@kit.edu |
| Dipl.-Ing. Günther Volz | Ingenieurbüro G. Volz Elektrotechnik u. Lichttechnik Im Letten 26 71139 Ehningen | +49 7034 934 70 +49 7034 9347 49 volz@impuls-programm.de |
| Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Heering | Universität Karlsruhe Kaiserstr. 12 76128 Karlsruhe | +49 721-6082538 +49 721-6082590 wolfgang.heering@lti.uni-karlsruhe.de |
| Dipl.-Ing. Sebastian Hesse | NARVA Lichtquellen GmbH & Co. KG Erzstraße 22 09618 Brand-Erbisdorf | +49 3732 217 324 +49 3732 217 203 s.hesse@narva-bel.de |
| Dipl.-Ing. Klaus Hennecke | Deutsches Zentrum f. Luft- und Raumfahrt e.V. Linder Höhe 51147 Köln | +49 2203 601 3213 +49 2203 601 4141 klaus.hennecke@dlr.de |
| Dr. -Ing. Alexander Colsmann | Karlsruher Institut für Technologie Engesserstr. 13 76131 Karlsruhe | +49 721 608 8587 alexander.colsmann@kit.edu |

Anschriften der Autoren und Sitzungsleiter III. und IV. Block

| Name | Anschrift | Telefon Fax E-Mail |
|--|---|--|
| Prof. Dr. Donat – P. Häder | Friedrich-Alexander-Universität Ökophysiologie Institut für Biologie Staudtstr. 5 91058 Erlangen | +49 9131 852 8216 +49 9131 852 8215 dphaeder@biologie.uni-erlangen.de |
| Dr. Peter Richter | Universität Erlangen Institut für Biologie Staudtstr. 5 91058 Erlangen | +49 9131 852 8222 +49 9131 852 8215 prichter@biologie.uni-erlangen.de |
| Dipl.-Ing. Karl-Heinz Meyer | uv-technik Speziallampen GmbH Gewerbegebiet Ost 1 98704 Wümbach | +49 36785 520 0 +49 36785 520 21 karl-heinz.meyer@uvtechnik.com |
| Dr. rer nat. Andreas Wojtysiak | Osram GmbH Hellabrunner Str. 1 81543 München | +49 89-6213 2172 +49 89-6213 2590 A.Wojtysiak@osram.de |
| Dipl.-Ing. Matthias Fassian | Philips GmbH Lübeckertordamm 5 20099 Hamburg | +49 402 899 4623 +49 402 899 4621 Matthias.fassian@philips.com |
| Dr. Helmut Piazena | Charité – Universitätsmedizin Berlin Weissenseer Weg 110 10369 Berlin | +49 304 5051 7216 +49 304 5051 7909 helmut.piazena@charite.de |
| Prof. Dr. Dr. Jürgen Kleinschmidt | Schäßburger Str. 12 81829 München | / +49 3212 102 5018 info@prof-kleinschmidt.de |
| Prof. Dr. sc. Nat. Christoph Schierz | Universität Ilmenau Postfach 100565 98684 Ilmenau | +49 3677 693 731 +49 3677 693 733 christoph.schierz@tu-ilmenau.de |
| Dipl.-Ing. Andreas Walkling | Universität Ilmenau PF 100565 98684 Ilmenau | +49 3677 693 743 +49 3677 693 733 andreas.walkling@tu-ilmenau.de |

| Name | Anschrift | Telefon Fax E-Mail |
|-----------------------------|--|---|
| Prof. Dr. Gerhard Eisenbeis | Universität Mainz Becherweg 9 55128 Mainz | +49 6131 392 2574 +49 6131 392 5444 Geisenbe@mail.uni-mainz.de |
| Dipl.-Phys. Rainer Kindel | Landesamt f. Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Wallneyer Str. 6 45133 Essen | +49 201 7995 1557 +49 201 7995 51557 rainer.kindel@lanuv.nrw.de |

Anschriften der Autoren - Postervorträge

| Name | Anschrift | Telefon Fax E-Mail |
|--------------|---|--|
| Mirko Krüger | NARVA Lichtprodukte G.L.E. Ges. f. lichttechnische Erzeugnisse mbH Herzbergstraße 26 10365 Berlin | +49 30 557 66 0 +49 30 557 66 499 m.kruger@narva-gle.com |
| Frank Dolp | Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik an der Universität Ulm Helmholtzstr. 12 89081 Ulm | +49 731 1429-28 +49 731 1429-42 frank.dolp@ilm.uni-ulm.de |



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