

HEILIG, P. und G. RIEGER: Künstliches Licht. Unerwünschte Nebenwirkungen auf Natur und Gesundheit – Lichthygiene als Prophylaxe

**Arzneimittel-, Therapie-Kritik & Medizin und Umwelt** (2012/Folge 1)  
Hans Marseille Verlag GmbH München

## Künstliches Licht

### Unerwünschte Nebenwirkungen auf Natur und Gesundheit – Lichthygiene als Prophylaxe

P. HEILIG und G. RIEGER

Klinik für Augenheilkunde und Optometrie der Universität Wien und Paracelsus-Gesellschaft für Balneologie und Jod-Forschung, Bad Hall

*Gesundheit – Lichthygiene – Tagfahrlicht (DRL) – Kinderrechte – Weltkulturerbe Sternenhimmel*

*»Denn die Natur ist so subtil und scharf in ihren Dingen, dass sie nicht ohne große Kunst angewendet werden mag.«*

THEOPHRASTUS BOMBASTUS VON HOHENHEIM,  
genannt PARACELSUS

### Einleitung

Ein etwas behutsamerer Umgang mit dem Licht, einem Geschenk des Prometheus (des »Vorausdenkenden«), täte not. Seine Warnung vor dem Öffnen der Büchse der Pandora schlug Epimetheus (der »zu spät Erkennende, zu spät Bedenkende«), der Mensch des Industriezeitalters, in den Wind. »Das Übel kam über den Menschen«. Bedenkenlos – als gäbe es kein Morgen – wird Energie verschwendet, so auch das Licht. Ein »Zuviel« an Licht verursacht Nebenwirkungen unterschiedlicher Ausprägung.

Ein trüber Lichtsmog liegt über der Erde und verschleiert den Blick auf den Sternenhimmel. Als Lichtverschmutzung oder »Light Pollution«, »Waste Light« etc. (1, 2) wird dieses Phänomen bezeichnet: Licht am falschen Ort, zur falschen Zeit, mit dem falschen Spektrum, aggressiv strahlend, womöglich in die falsche Richtung und oft zu hoch dosiert, kaltweiß.

Mit dem Trend zum ultrakurzwellig bläulichem Licht strahlt das Licht in der »Schönen Neuen Welt«, hell und noch heller, in Industriestaaten nahezu flächendeckend, zu Lasten von Ökologie, Ökonomie und Artenvielfalt (3). Unter dem wenig bekannten Begriff »Lichthygiene« (4) sind prophylaktische Maßnahmen zu verstehen, welche unerwünschte Nebenwirkungen des künstlichen Lichtes verhindern oder verringern könnten.

Über das Wesen und die Grenzen sinnlicher Wahrnehmung philosophierte schon GIORDANO BRUNO:

*»Die Wahrheit wird gesucht wie ein unzugängliches Ding, wie ein Gegenstand, der nicht nur unbegreiflich, sondern auch nicht zu vergegenständlichen ist, denn niemand hält es für möglich, in die Sonne zu schauen, den allerleuchtenden*

*Apollo, in das seine höchste und vorzüglichste Wesensgestalt absolute Licht; wohl aber in ihren Schatten, ihre Diana, die Welt, das Universum, die Natur, die in den Dingen ist, das Licht, das in der undurchsichtigen Materie ist, jenes nämlich, das in der Finsternis leuchtet.*«

Astronomen warnen seit jeher davor, dass der Sternenhimmel von fehlgeleitetem künstlichem Licht vernebelt wird. Es droht »Das Ende der Nacht« (5). Über mehr als 100 km im Umkreis reicht der trübe Schein der Kunstlichtkuppeln und Dunstlichtglocken unserer Städte. Staub, Feinstaub und Aerosole streuen das Licht in alle Richtungen. So manches Stadtkind kennt die Milchstraße nur vom Hörensagen. Auch in ländlichen Gebieten breiten sich taghell beleuchtete Flächen nahezu schrankenlos aus. Lichtabfall wird ins All entsorgt«.

#### **Ein »Science-Fiction«-Gipfel absurder Entwicklungen**

*»Die negative Krönung könnten aber Satelliten sein, wie die bereits von Russland getesteten Solarreflektoren, welche weite Landstriche mit umgelenktem Sonnenlicht beleuchten.«*

Prof. KERSCHBAUM (6), Leiter des Instituts für Astronomie der Universität Wien

Lichtdesigner, Lichtarchitekten, Lichtingenieure und Lichtkünstler machen die Nacht zum Tag. Im Boden (auch in Parks) eingelassene Scheinwerfer strahlen unnütz ins All. »Dynamische« Lichtreklamen flackern, irritieren, lenken ab. Denkbar ungeeignete, längst erneuerungsbedürftige Außenbeleuchtungen (Kugelleuchten etc.), Schmuckbeleuchtungen und Anstrahlungen von Gebäuden, Hochhäusern und Brücken, Flutlichtanlagen, aufdringliche Lichtwerbung, Nachtskipisten, Skybeamer, Lasershows, monströse Feuerwerke und Landschaftsilluminationen lizitieren einander hoch (Abb. 1 und 2).

Zahllose Weihnachtslichter, Lichtshows, bonbonfarben kitschig illuminierte Wasserfälle (z.B. Niagarafälle), »Sons et Lumières«, »Projection Bombing« (»Hooligan-Fun«)

(Abb. 3), strahlen ins Nirgendwo. Als blendender Regieeinfall wird Licht (auch mit Laserpointer!) ohne Vorwarnung in die Augen des Theaterpublikums gejagt. In Diskotheken wurde es Standard (state-of-the-art), mit der Droge »Diskolicht« (auch ultraviolett) rücksichtslos in Pupillen zu »zielen«. Immer häufiger wird über kriminelle (kein Lausbubenstreich) Laserattacken (Körperverletzung) auf die Augen von Sportlern, Kraftfahrzeuglenkern und Piloten (7) berichtet.

Städte werden im großen Stil mit Licht und Lichtern »behübscht«, finanziert aus öffentlichen Ressourcen. Fahrzeugbeleuchtungen, Scheinwerfer, Nebelschlusslichter, Tagfahrlichter (Daytime Running Lights [DRL]) etc., heller als es das Auge erträgt (Blendungen bis zum »Disability Glare«), intensiver als es das Gesetz erlaubt, strahlen in die Augen wehrlos ausgelieferter, vor allem »schwächerer« Verkehrsteilnehmer. Einige Berufsschauffeure quitierten bereits ihren Job, weil sie den immer aggressiveren Blendungen durch Xenon-, Bi-Xenon-, HID-Scheinwerfer etc., und HILED-Tagfahrlichter, grelle Brems- und Nebellichter etc. nicht mehr gewachsen waren (8).

Verkehrssampeln, Mautstellenbeleuchtungen, Signal- und blinkende Warnlichter (Baustellen, Straßendienstfahrzeuge etc.) wurden sukzessive heller, sodass bereits – seit vielen Jahren – auch junge Verkehrsteilnehmer, mit gesunden, noch nicht (durch Licht) geschädigten Augen (9), über Irritationen und Blendung klagen.

Die Intensitäten des Blaulichts und der Blink- sowie Springlichter von Einsatzfahrzeugen werden ständig erhöht, damit sie nicht im Lichtchaos grell-blauweiß isotroper (in alle Richtungen strahlender) Tagfahrlichter und fehladjustierter (schieflender) Scheinwerfer übersehen werden (»Inattentional Blindness« und verwandte Phänomene). In zunehmendem Maße wurden seit der Einführung von »Licht am Tag« Fußgänger, vor allem Kinder am Schutzweg übersehen bzw. nicht wahrgenommen.

○ »Die Zwischenfälle auf Zebrastreifen haben seit 2003 um rund 40 Prozent zugenommen« (ORF.at, 25.8. 2010, Verkehrsstadtrat R. SCHICKER).

○ Das Kuratorium für Verkehrssicherheit (KFV) berichtete über »mehr Unfälle mit Kindern auf Schutzwegen, Experten stehen vor einem Rätsel« (Bericht über die Unfallbilanz, 9. 6. 2006).

○ »Alle 2 Stunden verunglückt ein Kind« (KfV 3. 2. 2009).

○ »401 Kinder wurden im Jahr 2009 bei Verkehrsunfällen am Schulweg verletzt« (KfV).

○ »3 Kinder verunglückten 2009 am Weg in die Schule tödlich.« »Fußgänger sind die am meisten gefährdeten Verkehrsteilnehmer« (ORF, 21. 9. 2010).

○ »Im 1. Halbjahr 2010 wurden in Wien mehr Kinder am Schulweg beim Überqueren eines Zebrastreifens in Verkehrsunfälle verwickelt als noch im Jahr davor« (Die Presse, 3. 8. 2010).

○ »Von 1. Jänner bis 3. April 2011 starben 6 Kinder im Straßenverkehr, 2010 waren es im gleichen Zeitraum null. 2011 kamen bisher 24 Fußgänger im Straßenverkehr ums Leben, 2010 waren es im Vergleichszeitraum 21« (O. BRUCKNER, Verkehrsdienst, österreichisches Innenministerium).

○ Mehr Unfälle und Verletzte (Unfallbilanz des Innenministeriums Österreichs für das Osterwochenende 2011). 401 Verkehrsunfälle von Karfreitag bis Ostermontag sind um 44,2% mehr als 2010 (278 Unfälle). Bei den Verletzten gab es eine Steigerung um 32,4% von 376 auf 498.

○ Stuttgart (dapd-bwb). Die Zahl der Verkehrsunfälle über Ostern ist im Vergleich zum Vorjahr deutlich gestiegen. Von Gründonnerstag bis Ostermontag gab es 2559 Unfälle, 477 mehr als im Vergleichszeitraum 2010, wie das Innenministerium Baden-Württemberg in Stuttgart mitteilte. 596 Verkehrsteilnehmer wurden verletzt, 5 von ihnen tödlich. Im vergangenen Jahr hatte es in diesem Zeitraum 388 Verletzte und keinen Toten gegeben.

Der National Highway Traffic Safety Administration(NHTSA)-Report 2008 (Effectiveness of Daytime Running Lights for Passenger Vehicles) berichtete über die

Wirkungslosigkeit von Daytime Running Light/Licht am Tag (DRL/LAT):

*»No significant results are found. In addition to glare there are concerns that DRLs might make motorcycles, pedestrians, pedal-cyclists less conspicuous and that DRLs would increase fuel consumption and have an adverse impact on the environment.«*

Weltweit »Licht am Tag« bedeutete zusätzliche, vermeidbare, Umweltbelastungen von Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> (und anderen Schadstoffen).

NHTSA-SUMMARY: *This document denies a petition for rulemaking submitted by General Motors on December 20, 2001. The petitioner requested that the agency amend the Federal motor vehicle safety standard (FMVSS) on lamps, reflective devices, and associated equipment to require their installation of daytime running lamps on passenger cars, multipurpose passenger vehicles, trucks, and buses that have a gross vehicle weight rating under 4,536 kilograms (10,000 lbs). NHTSA has reviewed the petition and performed an extensive analysis of real world crash data. Based on the results of our study we were unable to find solid evidence of an overall safety benefit associated with daytime running lamps and are therefore denying the petition for rulemaking (N. BEUSE, Director, Office of Crash Avoidance Standards; Issued: June 23, 2009).*

Allen Verkehrsteilnehmern (Fußgänger, Behinderte, einspurige Fahrzeuge etc.), die nicht durch den Gebrauch von Scheinwerfern bei Tageslicht oder DRL vermehrt »auffallen« – im Gegensatz zu DRL-Fahrzeugen – droht permanent die Gefahr »übersehen« (nicht wahrgenommen) zu werden.

**Oberstes Gebot der Prägnanz: Es werden bevorzugt Gestalten wahrgenommen, die sich von anderen durch ein bestimmtes Merkmal abheben. Alle anderen treten dadurch in den Hintergrund (Gestalt-Gesetze) (10).**

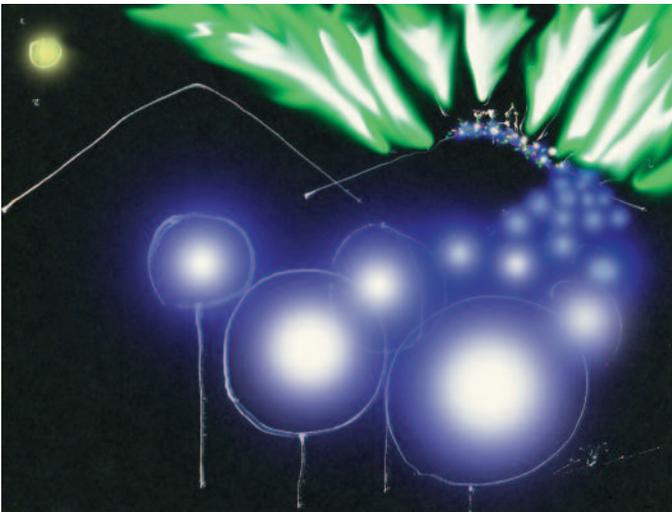
Laborexperimente der Unfallforschung der Versicherer (UDV, GDV) lieferten erwartungsgemäß die Erkenntnis, dass Tagfahrlicht (DRL) keine Vorteile für die Ver-

kehrssicherheit bringt. DRL gefährde jedoch schwache Verkehrsteilnehmer und Einspurige nicht. Hier irrt die UDV.

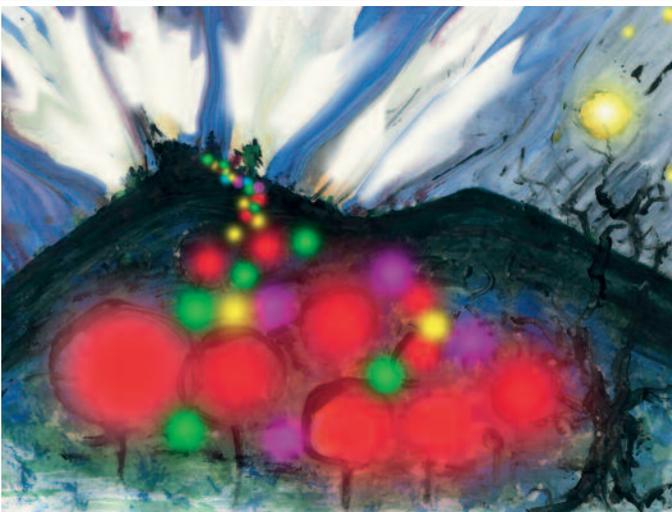
Mögliche Ablenkung durch DRL sollte nicht ausschließlich via Blick-Bindungs-Analysen bewertet werden. Das binokuläre periphere Gesichtsfeld und das Blickfeld werden im Straßenverkehr pausenlos von bewegten (Licht-)Stimuli bombardiert. Die Summe aller Ablenkungen kann kapazitive Überforderung visueller Kurzzeit-

speicher (visual short term memory, working memory) verursachen.

Ab einer kritischen Anzahl bewegter peripherer Stimuli kann es zur nicht selten auftretenden »Inattentional Blindness« und verwandten Phänomenen kommen, ohne dass foveal (Fovea centralis, Netzhautmitte) der ablenkende Stimulus fixiert werden müsste. Wenn kritische Lichtintensitäten (DRL, Scheinwerfer etc.) überschritten werden, steigt die Gefahr



**Abb. 1**  
Landschaftsillumination  
(landscape illumination)



**Abb. 2**  
»Behübschung«

**Abb. 3**  
»Projection Bombing«



von Unfällen durch Irritation, Ablenkung und Blendung noch zusätzlich (11–14).

Die UDV wurde beim Deutschen Kinder-Medien-Festival mit dem »GOLDENEN SPATZ« ausgezeichnet (9. 6. 2011, Halle an der Saale).

Tagfahrlicht (DRL) verstößt gegen:

- The Convention Concerning The Power of Authority;
- The Law in Respect of the Protection of Infants (1969);
- The Bond of Protection;
- The Principle of Equality;
- Declaration of Human Rights (1948) Article Three;
- The Laws of Logic;
- Public Ethics and Morals.

*Eine EU-Tagfahrlicht-Richtlinie wäre schwerlich mit der Erklärung der Rechte des Kindes vom 20. November 1959 in Einklang zu bringen, nach der Kinder besonderen Schutz genießen. Auch Art. 2 Abs. 1 des Internationalen Paktes vom 19. Dezember 1966 über bürgerliche und poli-*

*tische Rechte räumt jedem Kind das Recht auf diejenigen Schutzmaßnahmen durch die Gesellschaft und den Staat ein, die seine Rechtsstellung als Minderjähriger erfordert. Eine Gefährdung insbesondere von Kindern durch das zwingende, staatlich angeordnete Fahren mit Taglicht könnte diesen Schutzpflichten und -rechten widersprechen (Attorney-at-Law Dr. G. G. SANDER, M.A., Mag. rer. publ.).*

Die akustischen Warnsignale (Folgetonhorn etc.) der Einsatzfahrzeuge wurden seit Jahren immer lauter, gesteigert nahezu bis zur Schmerzschwelle. Es ist mit Recht zu befürchten, dass Lärm (auch Dauerlärm), vor allem überdosierte Schallattacken, nicht nur bei älteren Personen unerwünschte Nebenwirkungen hervorrufen (15–17).

Weltweit werden Lichtintensitäten massiv erhöht, ohne dass sich eine vernünftige Erklärung dafür fände. Das Ausmaß der Blendungen durch überdosierte Lichtintensitäten (Xenon, Halogen-/Bi-Xenon, HI-LED etc.) überschreitet immer öfter die Grenze zwischen Irritation (Discomfort

Glare) und schwerer funktioneller Beeinträchtigung (Disability Glare).

Es ist zu befürchten, dass unphysiologische Anpassungen und unvermeidliche Gewöhnung an überdosiertes Licht langfristig weitertradiert (transmitted, epigenetic imprinting) werden (18).

Blendungen können sehbehinderten Menschen qualvolle Probleme bereiten. Auch zarte Medientrübungen der Augen (Hornhaut, Linse, Glaskörper) und Störungen des komplexen, besonders störanfälligen Zusammenwirkens aller Lichtrezeptoren (Zapfen- und Stäbchenapparat der Netzhaut [ipRGC]) können sich, vor allem im Straßenverkehr, fatal auswirken. Welche Rolle die »intrinsically photosensitive retinalen Ganglienzellen« (ipRGC) (19) in diesem Zusammenhang spielen, ist nicht bekannt.

Verlängerte Wiedererholungszeiten der Netzhaut (Retinal Recovery Time) nach Lichtstress (»Fahren wie in einem schwarzen Tunnel«) nehmen mit dem steigenden Durchschnittsalter der Verkehrsteilnehmer zu (20). Die »Inattentional Blindness« (gestörte Wahrnehmung durch »Ablenker«, wie bewegte Lichtreize, z. B. DRL) wirkt sich bei älteren Verkehrsteilnehmern deutlich stärker aus als bei Jüngeren (21, 22).

»Rottweiler«-Licht (aus dem Angloamerikanischen: »bissig«-grelles Licht) wird immer öfter eingesetzt, um die Sicherheit zu erhöhen. Dem ist jedoch, wie sich zeigte, nicht so (2). Hell beleuchtete Objekte locken nicht nur nachtaktive Insekten an. Es hat sich nicht bewährt, private Gärten und Gebäude durchgehend während der Nacht bis in die frühen Morgenstunden zu beleuchten – von unerwünschten Einflüssen auf Flora und Fauna abgesehen (23, 24). Sog. intelligente Lichtkontrollsysteme (mit Bewegungssensoren) leisten in dieser Hinsicht bessere Dienste (25, 26).

### Light Trespassing

Darunter ist eine Art »Hausfriedensbruch« mit Licht zu verstehen. Wenn störende

Lichtstrahlen »über den Zaun« oder gar in Schlafräume eindringen, kann dies den nachbarlichen Frieden, vor allem die Nachtruhe, empfindlich beeinträchtigen. Dieses Thema, besonders die Frage nach der maximal erlaubten Intensität, beschäftigt Lichtexperten (Normenausschüsse für Lichttechnik, Lichttechniker, Physiker etc.), Chronobiologen, Scotobiologen, aber auch immer mehr Juristen.

Blinkende, bewegte (dynamische) Lichtwerbung kann auch bei niedriger Intensität – am falschen Ort, zur falschen Zeit – Probleme schaffen. Eine Chronodisruption könnte u. U., auch bei geringer Helligkeit des störenden Lichtes, gesundheitliche Schäden verursachen (27).

### Indoor Light Pollution

Überdosierte Lichtbelastungen des Innenraums (Waste-Light, Lichtabfall). Zu hohe Intensitäten, blauweiß-grell (kaltweiß) – blendendes Licht wird immer mehr zur Plage. In Einkaufstempeln, Supermärkten, Kindergärten, Schulen, Büros, Apotheken, Altersheimen, Tunnels und Fabrikhallen wird in zunehmendem Maße extrem helles, kaltes Licht eingesetzt. Ein etwa 70-jähriger Patient fühlte sich beim Betreten eines Einkaufszentrums von kaltweißem Licht dermaßen geblendet, dass er prompt seinen geplanten Einkauf unterließ.

Reflexionen von Arbeitsflächen, Verkaufspulten und anderen spiegelnden Flächen multiplizieren unerwünschte und störende Blendeffekte: »Doktor, meine Augen brennen, tränen, schmerzen, sie sind ständig gereizt, müde und trocken«.

Harmlos wirkende batteriegespeiste Kinderspielzeuge (Projektoren) und Speziallämpchen (Innenbeleuchtung für Schränke) für Senioren werden bereits mit extrem hellen LED-Lichtern bestückt.

Nach kurzen Blicken in derartige Lichtquellen kann es zu Sehstörungen (ähnlich wie beim Laserpointer) kommen. Die Warnung »nicht direkt in die Lichtquelle schauen« findet man auch nach längerer Suche nur schwer in den kleingedruckten Beipacktexten. Die Erzeugerfirmen liefern

Unbedenklichkeitszertifikate. Der Konsumentenschutz bedauert!

Experimentelle Untersuchungen der »Melanopsin-exprimierenden intrinsisch photosensitiven retinalen Ganglionzellen« (ipRGC oder mRGC), die via Nucleus suprachiasmaticus (SCN) und Glandula pinealis (Corpus pineale, Zirbeldrüse) den Melatoninspiegel über die Oszillationen zirkadianer »Metronome« die innere Uhr steuern und modulieren (28), wurden ursprünglich mit blauen (monochromatischen) Stimuli durchgeführt. Seither wird immer öfter überdosiert helles bläulichweißes (kaltweißes) Licht eingesetzt, denn es erhöhe die Vigilanz, steigere Arbeitsleistung und Kauflust, verbessere das Kontrastsehen (29) und erleichtere das Erwachen am Morgen (Blaulicht-Wecker) (30). Sogar die senile Demenz versuchte man mit »Blaulicht-Brillen« (helle Blaulicht-Quellen am Brillenrahmen) zu bessern.

In späteren Untersuchungen zeigte sich (31), dass polychromatisches Licht (z. B. Sonnenlichtspektrum) die ipRGC und chronobiologische Vorgänge stärker beeinflusst als bläuliches Licht (32, 33).

Die ipRGC können der Neurodegenerationsapoptose bei mitochondrialen neuronalen Dystrophien erfolgreich widerstehen (34) und steuern auch bei fehlender Zapfen- und Stäbchenfunktion unbeeinträchtigt zirkadiane physiologische Prozesse. Dies erklärt manch unerwartetes Resultat im Zusammenhang mit Untersuchungen möglicher karzinogener Wirkung nächtlich eingeschalteten Lichtes (Chronodisruption, Karzinomhäufigkeit in Nachtdienstteams), verglichen mit der altersstandardisierten Inzidenz solcher Malignome in Vergleichsgruppen mit blinden Personen (19, 28).

Die ipRGC wurden mit Glaukom, mit Gen-Varianten des Melanopsin-Gens (OPN4) und seinem Einfluss auf die Herbst-Winter-Depression (Seasonal Affective Disorder [SAD]) und mit Photophobie-beeinflussenden sowie auslösenden Faktoren der mRGC bei Migräne sowie mit einer Reihe von ungeklärten zirkadianen Störungen in Zusammenhang gebracht (35). Blinde Mäuse, deren Retinae weder funktionsfähige Zapfen noch funktionstüchtige Stäbchen enthielten, waren imstande, mithilfe der mRGC Muster zu sehen (pat-



Schutz vor zu starkem Lichte. Wirkt zu starkes Licht, besonders nach vorgangegangener Dunkelheit, auf die Augen kleiner Kinder, so kann bleibende Schwäche, von der man lange gar keine Ahnung hat, die traurige Folge sein, wo nicht gänzliche Blindheit. Dies ist um so mehr zu berücksichtigen, als die armen Kleinen noch nicht im Stande sind, sich gegen diesen Feind zu schützen.

Abb. 4 und 5  
Pflege der Augen

tern vision) und diese von einem Hintergrund gleicher integraler Helligkeit (equiluminant) zu unterscheiden (36).

Die photosensitiven Ganglionzellen reagieren über das Photopigment Melanopsin direkt auf Licht und steuern dadurch, im Zusammenspiel mit den »klassischen« retinalen Photorezeptoren, zirkadiane Prozesse (photoentrainment) sowie Pupillenkonstruktionen. Ursprünglich wurden die mRGC als einheitliche Population (uniform) be-

**Abb. 6**  
Natürliche Lichttherapie



schrieben. Unerwarteterweise fanden sich später gravierende Unterschiede auf molekularer, zellulärer und funktioneller Ebene (37).

**Es wäre daher verfrüht, verbindliche Schlussfolgerungen (auch bezüglich Chronodisruption und Karzinogenese etc.) zu ziehen. Über »Paradoxical opsin expressing cells in the inner retina« wurde berichtet (38). Ihre Zahl nimmt kompensatorisch zu, wenn es zum Verlust äußerer Photorezeptoren (z. B. bei retinalen Dystrophien) kommt (39).**

Neugeborene Mäuse weisen eine negative Phototaxis (das Abwenden von hellem Licht) auf, noch bevor ihr Zapfen- und Stäbchenapparat funktionelle Aktivitäten erkennen lässt (40). Bei photographischen Aufnahmen von Neugeborenen und Kleinkindern (besonders aus nächster Nähe) sollte die Blitzfunktion der Kameras unbedingt ausgeschaltet bleiben (klare Medien, UV-durchlässig, noch nicht ausgereifte Netzhaut) (Abb. 4 und 5).

Krebs durch Licht in der Nacht infolge Chronodisruption (Nachtschichtarbeit): Argumentative Verkürzungen dieser Art können solch komplexen Problemen nicht gerecht werden (41). Schlafentzug, Stress, Raumklima, soziale (Partnerschaft-)Proble-

me, die so gut wie immer ungesunde Ernährung (Snacks im Nachtdienst), ungewohnte Zeiten der Nahrungsaufnahme (Entrainment-Effekt) etc., beeinflussen immunologische Prozesse und Hormonsysteme ungünstig und schwächen möglicherweise körpereigene Abwehrkräfte.

Wieweit der eine oder andere Faktor bzw. deren Zusammenspiel die entscheidende Rolle als Auslöser oder Kausalfaktor (Multi-stepkarzinogenese, Epigenetik?) spielt, ist nicht bekannt (42). Ob allerdings Licht (als alleinige und ausschließliche Ursache) tatsächlich Immunsysteme und Infekt- sowie Malignomabwehr schwächen kann, lässt sich nicht mit Sicherheit beantworten.

Lichthygiene und Zeitgeberhygiene (3), d. h. ein wohlüberlegter und behutsamer Umgang mit Licht als bisher, wäre indiziert; »Night-Shift-Splitting« die Nachtdienstpflicht – sollte möglichst nicht im vollen Umfang bis zum Pensionsalter der Betroffenen aufrecht erhalten werden. Reduktion der Intensität überdosierter Lichter und die des immer mehr dominierenden Blau-Anteiles im Spektrum künstlicher Lichtquellen wären angezeigt (30, 43, 44).

## Outdoor Light Pollution

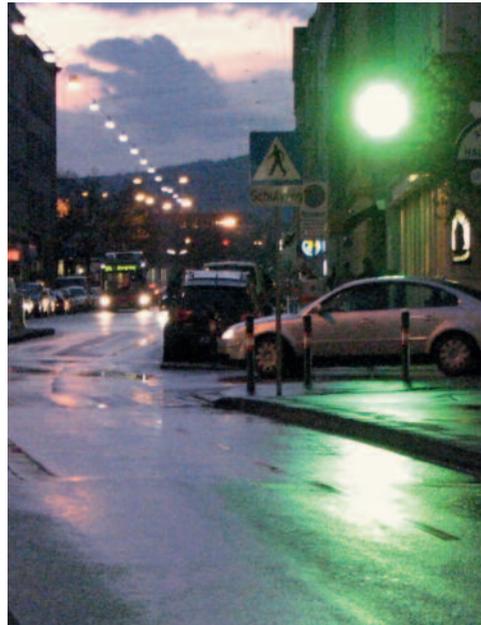
Ein einziges Photon löst messbare Reaktionen in retinalen Lichtrezeptoren aus (45). Ein einziger Lichtstimulus (z. B. durch einen modernen Autoscheinwerfer) kann bewirken, dass der Steady State des Bestandpotenzials menschlicher Augen erst nach mehr als 2 Stunden erreicht wird

(46). Diese beiden Beispiele illustrieren eindrucksvoll Sensibilität und daraus resultierende mögliche Vulnerabilität neuroretinaler Strukturen.

Überdosiertes Licht (Over-Illumination) hämmert jedoch, gleichsam wie mit Dampfhämmern auf hochempfindliche Netzhäute und deren Lichtrezeptoren ein

**Abb. 7**

Blendende Werbung, zu grelle Lichtwerbung (Signalfarbe). Das Problem wurde bereits behoben (mit freundlicher Genehmigung von Ing. F. ROTH). ▷



**Abb. 8**

»Zebra Crossing«

**Abb. 9**

»Crossed Zebra«



(9) – zu allem Überdross nun auch bei Tageslicht.

Ab Februar 2012 gilt in der gesamten EU die Pflicht zur Ausstattung mit Tagfahrleuchten für alle neuen Fahrzeugmodelle (einschließlich Busse und Leichtlastkraftwagen (Tagfahrlichter, Daytime Running Lights [DRL]).

Grell bläulich-weiße Tagfahrlichter (isotrope HI-LED-Strahler, gezielt in die Augen Entgegenkommender strahlend, als Werbeeffekt) blenden, lenken ab und lösen »Inattentional Blindness« mit fatalen Folgen aus. Störungen kognitiver Prozesse, kapazitive und andere Überforderungen visueller Kurzzeitspeicher, Arbeitsspeicher (Visual Short Term Memory [VSTM], Working Memory) etc., können Unfälle verursachen, vor allem unter den schwächsten Verkehrsteilnehmern (Kinder am Schutzweg, Fußgänger, Behinderte, Fahrer einspuriger Fahrzeuge) (13, 14).

China (dort sind Tagfahrlichter [DRL] noch immer bei Strafe verboten), Indien, Brasilien etc., werden bald um hunderte Millionen Kraftfahrzeuge mehr im Einsatz haben. Die Berichte über die Klimawechselkatastrophen hätten längst schon überfällige Sparmaßnahmen und effizientes Gegensteuern einleiten müssen.

**Das Vermeiden jeden Funkens überflüssiger – wider alle Vernunft verschwendeter – Energie zum Wohle dieser und aller kommenden Generationen ist die beste Prävention zur Vermeidung irreversibler, vom Menschen verursachter Schäden.**

## Lichtquellen

Gestaltung und Spektren vieler Außenbeleuchtungsanlagen bedürfen eines längst fälligen Re-Designs und einer systematischen Neugestaltung (24). Spezielle »Full-Cut-off«-Leuchten (und andere, neue, besonders schonende Leuchten) sind Kugelleuchten und ähnlichen Fehlkonstruktionen vorzuziehen. Licht sollte ausschließlich dorthin strahlen, wo es gebraucht wird und dürfte sich nicht in den Sternen-

himmel verirren (47). Der etwas problematische »Blau-Trend«, die Zunahme kurzwelliger Lichtanteile in den Gesamtspektren vieler Lichtquellen wird immer mehr (auch von den Jungen) als grob störend empfunden und dürfte, so ist jedenfalls zu hoffen, in absehbarer Zeit wieder abebben.

Sehbehinderte werden durch Scheinwerfer, die im Boden eingelassen sind, geradezu »außer Gefecht gesetzt«. Die extrem hohe Lichtintensität künstlicher Beleuchtungsquellen und grell-bläulichweiße Licht- und Streueffekte können störende Sensationen nach Kataraktoperationen (Lichtschäden, nicht getönte Intra-Okularlinsen [9], erworbene Dyschromatopsien [Farbensinnstörungen] als Folge), bei diversen Netzhaut- und Sehnervenkrankungen, Degenerationen und Dystrophien etc., verursachen. Photophobien von Patienten mit Aniridie, Achromatopsie, Albinismus und Hypopigmentierungen etc., werden durch die immer häufiger verwendeten grell-bläulichweißen Beleuchtungsarten bis zum »Disability Glare« verstärkt. Dadurch werden zunehmend Beinaheunfälle (near missings) und Unfälle im Straßenverkehr und in Arbeitsprozessen provoziert, ausgelöst oder verursacht.

**Auswirkungen verirrter Lichtstrahlen (47) auf Fauna und Flora**

Lepidopterologen, Ornithologen und Entomologen berichten seit langem über besorgniserregende Beobachtungen im Zusammenhang mit unerwünschten schädlichen Lichteinflüssen auf die Tierwelt. Schildkröten, desorientiert durch Kunstlicht (übermäßig helle Straßenbeleuchtungen, überflüssigerweise beleuchtete menschenleere Promenadenwege, weithin strahlende Hotelanlagen und Städte) finden nicht ins rettende Meer. Sie verenden nach dem Schlüpfen am Strand.

Nachtaktiven Insekten, wie z. B. Nachtfaltern, aber auch Fledermäusen (9), Zugvögeln, Reptilien, den Meeresschildkröten etc., fügt die »Light Pollution« irreparable Schäden zu. Eine falsche Licht-

quelle im Außenbereich kann innerhalb von Wochen ganze Landstriche von nachtaktiven Insekten »säubern«. Diese Tiere bestäuben viele verschiedene Pflanzen, auch solche, die auf »Roten Listen« stehen.

Gentechnische Nebenwirkungen präparierter landwirtschaftlicher Produkte und diverse Pestizide (auch in kaum nachweisbaren Spuren) haben unerwünschte neurotoxische Nebenwirkungen (gestörte Orientierung und Navigation, fatalerweise auch die der Bienen!) und wirken mehrfach schädigend. Die Summe all dieser gedankenlosen und kurzsichtigen Eingriffe auf Ökosysteme wird – oder wurde bereits – zu einem ernststen globalen Problem.

Pflanzen haben ein Gedächtnis. Ein Mehr an Licht auf Blättern (Anstrahlen der Sträucher und Bäume, besonders ungünstig von unten) wird registriert, gespeichert und verarbeitet (Einfluss auf Wachstumszyklen). In der Folge werden Blätter später abgeworfen, Frostschäden können sich manifestieren. Besonders bedenklich ist: Licht an Gewässern, am Meeresufer, an Binnenseen, Teichen, Strömen, Flüssen und Bächen.

## Prophylaxe

Slowenien hat ein Gesetz gegen »Light Pollution« erlassen. Länderkompetenz im Verein mit fehlender Bundesharmonisierung kann jedoch eine Pattstellung schaffen. Auch wenn (oder vielmehr falls) Politiker zur Ansicht gelangten, dass die massiv überhand nehmende globale Lichtflut eingedämmt werden müsse, so geschieht de facto im Sinne derer nichts, denen wir einen lebenswerten Planeten zurücklassen wollen. Es wäre wünschenswert zunächst einmal zumindest in Naturschutzgebieten das »Ende der Nacht« (5) zu verhindern. Als bescheidener Beginn.

Eine Rückkehr zu Lichtspektren und -intensitäten, welche die sinnesphysiologischen Grenzen und Gegebenheiten be-

rücksichtigen, wäre anzustreben – eine »Rückkehr zum Natürlichen«. Der gegenwärtige Trend laboriert an der Philosophie der Superlative:

»Licht ist gut, helleres Licht besser, maximal helles Licht kann nicht schaden«. Dem ist leider nicht so. Die menschliche Netzhaut hat die Fähigkeit der Adaptation – über viele logarithmische Einheiten – bis zu gewissen Grenzen, die keinesfalls überschritten werden sollten.

Mancher Lichttherapeut beginnt allmählich zu zweifeln, ob das Anstarren geradezu schmerzhaft heller Lichtfelder die ersehnten Behandlungserfolge bringt. Nur 5 Minuten Bewegung im Grünen, am besten in der Nähe von Wasser – im natürlichen Licht (Abb. 6) – wirken sich laut naturwissenschaftlicher Erkenntnis günstig auf Psyche und Soma aus (48) – schon die Großeltern meinten: »Jeden Tag mit dem Hund spazieren gehen, gleichgültig ob man einen hat oder nicht«.

Der vielfach unterschätzte saisonale Vitamin-D-Mangel trägt zusätzlich einiges zur Herbst-Winter-Depression (SAD) bei, der Mangel an Bewegung im Freien nicht minder.

Die von der EU oktroyierte Sparlampe ist kein besonders gutes Beispiel für eine wünschenswerte Entwicklung. Quecksilbergehalt (ausgediente Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen gehören in den Sondermüll – diese Empfehlung wird leider zu wenig befolgt), UV-Emissionen und elektromagnetische Felder um die »Compact Fluorescence Lamp« (CFL), mageres Spektrum, raschere Alterung als dies von der Industrie behauptet wird, früher Intensitätsabfall etc. sprechen gegen dieses massiv beworbene Produkt. Die Panikmache hinsichtlich angeblich krankmachender Wirkung ist jedoch unbegründet.

CFL schaden genauso viel oder so wenig wie Leuchtstoffröhren – enge Verwandte der CFL. Diese sind über ein halbes Jahrhundert im Gebrauch, ohne dass über messbare und dokumentierbare Schäden berichtet wurde (49).

Die empfohlenen (CH-Studie etc.) 30 Zentimeter Sicherheitsabstand von der CFL sind im Grunde bei nahezu jeder künstlichen Lichtquelle von Vorteil. Elektromagnetische Felder verlieren mit zunehmender Entfernung (z. B. von der CFL) ihre potenziell schädliche Wirkung; gegen Ultraviolettmissionen wurden für besonders empfindliche Augen (z. B. genetische Belastung) spezielle Gläser entwickelt, die das gesamte von der CFL emittierte UV filtern können.

## Fazit für die Praxis

**Vor allen anderen Überlegungen: Blendung muss immer vermieden werden.**

○ **Im Straßenverkehr:** Moderne blau-stichige Scheinwerfer und Zusatzlichter irritieren und blenden: darüber klagen mittlerweile nahezu hundert Prozent aller befragten Patienten. Grelle Ampeln, Warnlichter, Blau- und Blinklichter von Einsatzfahrzeugen liegen schmerzlich weit über den erforderlichen Intensitäten.

○ **Lichtwerbung (Abb. 7)** darf niemals ablenken, die Lichtintensität muss möglichst niedrig dosiert werden.

○ **Tagfahrlichter (DRL):** eine böse Fehlentwicklung mit Folgen.

○ **Arbeitsprozess:** überdosiertes Licht ist unphysiologisch.

○ **Schulen, Kindergärten, Alters- und Pflegeheime etc.:** wärmeres Licht wäre wünschenswert. Der Trend zu aggressivem, kaltweißen Licht wird hoffentlich bald in Vergessenheit geraten.

○ **Freizeit und Sport:** Kunstlicht darf weder ablenken (»Inattentional Blindness« und verwandte Phänomene) noch blenden – Beispiel Stuntmanunfall in einer TV-Show.

○ **Sicherheit:** Lichtsensorgesteuerte Systeme sind einem Dauerlicht (besonders in Gärten) vorzuziehen.

**Welche Lichtquelle soll nach all diesen Überlegungen gewählt werden:**

○ **Innenräume:** warmes Licht hat Vorrang. Gelb verbessert das Kontrastsehen.

○ **Straßenverkehr:** der Trend zum grellen Blau wird über kurz oder lang abklingen. Auch junge Patienten mit gesunden Augen klagen bereits darüber, dass sie Fußgänger zu spät erkennen – ob ihre Augen nachgelassen hätten, wollen sie vom Augenarzt wissen.

○ **Natur:** das Optimum wären »Full-Cut-Off«-Leuchten (kein verirrter Lichtstrahl darf über die Horizontale nach oben gelangen), keine UV-Emission, wenig Blauanteil im Gesamtspektrum.

○ **Energiesparlampe:** dieses Produkt ist – so sehen es bereits auch die Hersteller – bloß eine Übergangslösung (49, 50).

○ **Das Entsorgen toxischer Produkte (Quecksilber etc.)** in Sondermülldeponien erinnert ein wenig an die Philosophie der Atomtechniker (Abteilung Reaktorsicherheit) in den 1960er-Jahren: »Man wird schon eine Lösung finden – eines Tages.«

○ **Gesetzliches:** Die »Gubernatores« wären gut beraten einem »Light-Pollution«-Gesetz (siehe Slowenien) zuzustimmen, überflüssige Lichtquellen in der Dämmerung und bei Nacht abzuschaffen und ein verbindliches »Aus« für Kunstlicht bei Tage anzuordnen, vor allem das »Aus« für Tagfahrlichter (DRL) von Kraftfahrzeugen.

○ **»Licht am Tag« (DRL):** eine Schutzpflichtverletzung, Gewalt gegen Kinder (51, 52) welche mit Rechtsethik unvereinbar ist. Rechte der Kinder (The Law in Respect of the Protection of Infants [1969]) werden seit jeher kaum berücksichtigt. Seit »Licht am Tag« kommen Kinder vermehrt unter die Räder – besonders am Schutzweg (Abb. 8 und 9). Der »übersehene« (nicht wahrgenommene) Passant am Zebrastreifen wurde Teil der täglichen Berichterstattung. Das Aufstellen von Warn-dreiecken nach Unfällen wurde zum Akt

für Bravados. Am Boden liegende Unfall-  
opfer werden – so furchtbar dies klingt –  
mehrmals überrollt.

Kognitive Systeme und Prozesse werden  
durch DRL überfordert und Dekompensa-  
tion kann gegebenenfalls die Folge sein.  
Der »Gist« of a Scene« (53), das gedan-  
kenschnelle Erfassen des Wesentlichen,  
des Entscheidenden in komplex-dynami-  
schen Verkehrssituationen, funktioniert nur  
dann, wenn jedem verkehrsrelevanten  
Objekt exakt gleich viel Aufmerksamkeit  
gewidmet werden kann. »Überakzentuie-  
rungen« (DRL, Scheinwerfer bei Tages-  
licht) verursachen Störungen.

○ **Lichthygiene** könnte unerwünschte  
Gewöhnungen oder eine Daueradaptation  
an immer höhere, unphysiologische Licht-  
intensitätsniveaus verhindern.

○ **Erste Erfolge:** Der rar gewordene  
Anblick von Sternen am Nachthimmel  
oder gar der Milchstraße – nahezu ohne  
Lichtsmog – wurde bereits in einem klei-  
nen Ort unweit von Wien zu einem Touris-  
tenmagnet (<http://kuffner-sternwarte.at>).

## Zusammenfassung

Lichtsmog, überdosiertes Licht, »Licht am  
Tag« (DRL) und anderer Lichtabfall unse-  
res fiebrig strahlenden Planeten lässt sich  
nicht entsorgen. Er müsste – prophylak-  
tisch – vermieden werden. Zum Wohle  
von Ökologie, Ökonomie, Artenvielfalt und  
Gesundheit. Ohne Lichtsmog könnte der  
Sternenhimmel – ein Weltkulturerbe –  
wieder in alter Pracht erstrahlen.

---

HEILIG, P. and G. RIEGER: Artificial light.  
Undesired side-effects – light hygiene

**S u m m a r y:** Light pollution, like »Daytime Run-  
ning Lights« (DRL), and other »lightmare«-exam-  
ples of our feverish gleaming, glowing and radiat-  
ing planet need to be avoided prophylactically –  
for the sake of ecology, economy, biodiversity,

human health and – for the magnificence of the  
world heritage starry sky.

**Key words:** *Health – light hygiene –  
Daytime Running Light (DRL) – children’s rights –  
starry sky*

---

## Literatur

1. Karagiozidis PS. Photopollution impacts and side effects on the ecosystem as well as on the economy. JEPE 2010; 11: 130–136.
2. Mizon B. Light Pollution. Responses and Remedies. Patrick Moore’s Practical astronomy Series. Heidelberg: Springer; 2001.
3. Navara KJ, Nelson RJ. The dark side of light at night: Physiological, epidemiological, and ecological consequences. J Pineal Res 2007; 43: 215–224.
4. Erren TC, Reiter RJ. Light Hygiene: Time to make preventive use of insights – old and new – into the nexus of the drug light, melatonin, clocks, chronodisruption and public health. Med Hypotheses 2009; 73: 537–541.
5. Posch T, Freyhof A, Uhlmann T. Das Ende der Nacht. Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Weinheim: Wiley-VCH; 2009.
6. Kerschbaum F, Posch T. Schützt unseren Himmel. Astronomie + Raumfahrt 2002; 5: 4–7.
7. Hirschberg A. Massiv mehr Laser-Attacken auf Piloten. Internet ([www.t-online.de](http://www.t-online.de)); 12. 9. 2011.
8. Perham K. BBC News 20. 4. 2011.
9. Heilig P, Rozanova E, Godnic-Cvar J. Retinal light damage. Spektrum Augenheilk 2009; 23: 240–248.
10. Staudinger MR, et al. Gestalt perception and the decline of global precedence in older subjects. Cortex 2011; 47: 854–862.
11. Abe G, et al. Effects of cognitive distraction on driver’s visual attention. Nihon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C 2010; 76: 1662–1668.
12. Bendak S, Al-Saleh K. The role of roadside advertising signs in distracting drivers. Int J Industrial Ergonomics 2010; 40: 233–236.
13. Lavie N. The role of perceptual load in visual awareness. Brain Research 2006; 1080: 91–100.
14. Todd J, Fougny D, Marois R. Visual short-term memory load suppresses temporo-parietal junction activity and induces inattention blindness. Psych Sci 2005; 16: 965–972.
15. Regecová V, Kellerová E. Effects of urban noise pollution on blood pressure and heart rate in preschool children. J Hypertens 1995; 13: 405–412.

16. Huss A, et al. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 2010; 21: 829–836.
17. Hoffmann B, et al. Residential traffic exposure and coronary heart disease: Results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Biomarkers* 2009; 14: 74–78.
18. Jablonka E, Lamb MJ. *Evolution in Four Dimensions. Genetic, Epigenetic, Behavioral, and symbolic Variation in the History of Life.* Cambridge: Bradford Books/The MIT press; 2005.
19. Blask DE. Melatonin, sleep disturbance and cancer risk. *Sleep Med Rev* 2009; 13: 257–264.
20. Freund PR, et al. Differential changes in retina function with normal aging in humans. *Doc Ophthalmol* 2011; 122: 177–190.
21. Park SW, et al. Association between unsafe driving performance and cognitive-perceptual dysfunction in older drivers. *PM R* 2011; 3: 198–203.
22. Wagner JT, et al. Cognition and driving in older persons. *Swiss Med Wkly* 2011; 140: 131–136.
23. Kempnaers B, et al. Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Curr Biol* 2010; 20: 1735–1739.
24. Stone EL, Jones G, Harris S. Street lighting disturbs commuting bats. *Curr Biol* 2009; 19: 1123–1127.
25. Schreuder D. *Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception.* Heidelberg: Springer; 2008.
26. Lewis AL. Basic Concepts in environmental lighting. In: Pitts DG, Kleinstein RN, editors. *Environmental vision.* Boston: Butterworth-Heinemann; 1993. p. 137–150.
27. Shubon D, Yan L. Nighttime dim light exposure alters the response of the circadian system. *Neuroscience* 2010; 170: 1172–1178.
28. Benarroch EE. The melanopsin system: Phototransduction, projections, functions, and clinical implications. *Neurology* 2011; 76: 1422–1427.
29. Rieger G. Improvement of contrast sensitivity with yellow filter glasses. *Can J Ophthalmol* 1992; 27: 137–138.
30. Heilig P. Light Pollution. *Spektrum Augenheilkd* 2010; 24: 267–270.
31. Østergaard J, Hannibal J, Fahrenkrug J. Synaptic contact between melanopsin-containing retinal ganglion cells and rod bipolar cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 3812–3820.
32. Revell VL, Skene DJ. Light-induced melatonin suppression in humans with polychromatic and monochromatic light. *Chronobiol Int* 2007; 24: 1125–1137.
33. Smith MR, Eastman CI. Phase delaying the human circadian clock with blue-enriched polychromatic light. *Chronobiol Int* 2009; 26: 709–725.
34. La Morgia C, et al. Melanopsin retinal ganglion cells are resistant to neurodegeneration in mitochondrial optic neuropathies. *Brain* 2010; 133: 2426–2438.
35. La Morgia C, et al. Melanopsin-expressing retinal ganglion cells: implications for human diseases. *Vision Res* 2011; 51: 296–302.
36. Ecker JL, et al. Melanopsin-expressing retinal ganglion-cell photoreceptors: cellular diversity and role in pattern vision. *Neuron* 2010; 67: 49–60.
37. Schmidt TM, Chen SK, Hattar S. Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: many subtypes, diverse functions. *Trends Neurosci* 2011; 34: 572–580.
38. Semo M, Vugler AA, Jeffery G. Paradoxical opsin expressing cells in the inner retina that are augmented following retinal degeneration. *Eur J Neurosci* 2007; 25: 2296–2306.
39. Vugler AA, et al. Survival and remodeling of melanopsin cells during retinal dystrophy. *Vis Neurosci* 2008; 25: 125–138.
40. Johnson J, et al. Melanopsin-dependent light avoidance in neonatal mice. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2010; 107: 17374–17378.
41. Wang XS, et al. Shift work and chronic disease: the epidemiological evidence. *Occup Med (Lond)* 2011; 61: 78–89.
42. Abou-Rjaily GA, et al. CEACAM1 links metabolism to epidermal growth factor-dependent cell proliferation. A potential connection between obesity and cancer. *J Clin Invest* 2004; 114: 944–952.
43. Erren TC, Reiter RJ. Preventing cancers caused by chronodisruption: Blocking blue light alone is unlikely to do the trick. *Med Hypotheses* 2009; 73: 1077–1078.
44. Lerchl A, et al. Indirect blue light does not suppress nocturnal salivary melatonin in humans in an automobile setting. *Pineal Res* 2009; 47: 143–146.
45. Rieke F, Baylor DA. Origin of reproducibility in the responses of retinal rods to single photons. *Biophys J* 1998; 75: 1836–1857.
46. Thaler A, Heilig P. The steady state in EOG. XIth ISICERG Symposium (1973) in Bad Nauheim. *Docum Ophthalmol Proc Ser* 1974; 4: 211–216.
47. Heilig P. Verirrte Lichtstrahlen. *Österr Forum Arb Medizin* 2011; 11: 15–23.
48. Barton J, Pretty J. What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health? A multi-study analysis. *Environ Sci Technol* 2010; 44: 3947–3955.
49. Heilig P. Energiesparlampen und Gesundheit. *internist prax* 2010; 50: 219–230.
50. Johnson NC, et al. Mercury vapor release from broken compact fluorescent lamps and in situ capture by new nanomaterial sorbents. *Environ Sci Technol* 2008; 42: 5772–5778.
51. Bartholet E. Ratification by the United States of the convention on the rights of the child: Pros and cons from a child's rights perspective. *AAPSS* 2011; 633: 80–101.

52. Maurās M. Public policies and child rights: Entering the third decade of the convention on the rights of the child. AAPSS 2011; 633: 52–65.

53. Oliva A, Torralba A. Building the gist of a scene: the role of global image features in recognition. Prog Brain Res 2006; 155: 23–36.

---

## Links

### Allgemein

<http://www.nightsky.at/Obs/LP/> (Lichtverschmutzung in Österreich)

<http://lichtverschmutzung.de> (Lichtverschmutzung in Deutschland)

[http://kuffner-sterne.at/hms/wiki/uploads/Uredba\\_4162\\_DE%2BV0.doc](http://kuffner-sterne.at/hms/wiki/uploads/Uredba_4162_DE%2BV0.doc) (Slowenisches Lichtverschmutzungsgesetzes)

[http://www.michaelbach.de/ot/mot\\_mib/](http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/)

<http://www.hellenot.org/>

<http://darksky.org>

### Kinderrechte

<http://www.kinderrechte.gv.at/home/>

<http://www.kija.at/index.php/kinderrechte>

<http://plato.stanford.edu/entries/rights-children/>

### Vögel

<http://www.flap.org>

<http://www.birdlife.at>

### Insekten

<http://www.wien.gv.at/umweltschutz/pool/pdf/lichtquelle.pdf>

[http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt1/eisenbeis/Homepage\\_Licht\\_Umwelt.htm](http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt1/eisenbeis/Homepage_Licht_Umwelt.htm)

## Astronomie

[http://kuffner-sterne.at/2010/Welterbe\\_Sternfest\\_Grossmugl.html](http://kuffner-sterne.at/2010/Welterbe_Sternfest_Grossmugl.html)

<http://www.stargazer-observatory.com/print/LV.pdf>

<http://www.nytimes.com/articles.html>

<http://light.datenscheibe.org>

<http://www.sternhell.at>

## Öffentliche Beleuchtung

<http://www.ltg.at>

<http://www.strassenlicht.de>

## Straßenverkehr

[www.lightmare.org](http://www.lightmare.org)

<http://www.wimp.com/cooltest/>

[http://nachrichten.t-online.de/laser-attacken-auf-piloten-haeufen-sich-problem-fuer-deutschen-flugverkehr/id\\_20190354/index](http://nachrichten.t-online.de/laser-attacken-auf-piloten-haeufen-sich-problem-fuer-deutschen-flugverkehr/id_20190354/index)

[http://www.gdv.de/Presse/Pressemeldungen\\_2011\\_Uebersichtsseite/inhaltsseite28237.html](http://www.gdv.de/Presse/Pressemeldungen_2011_Uebersichtsseite/inhaltsseite28237.html)

<http://www.youtube.com/watch?v=6up-24tFFPI&feature=related>

Gender: im Sinne besserer Lesbarkeit.

Illustrationen: P. HEILIG

**Interessenkonflikt:** Die Autoren erklären, dass bei der Erstellung des Beitrags keine Interessenkonflikte im Sinne der Empfehlungen des International Committee of Medical Journal Editors bestanden.

Prof. Dr. P. HEILIG  
Nußberggasse 11/C  
A-1190 Wien

[peter.heilig@univie.ac.at](mailto:peter.heilig@univie.ac.at)