



PETER HEILIG
UNIVERSITÄTSKLINIK
FÜR AUGENHEIL-
KUNDE UND
OPTOMETRIE
WÄHRINGER GÜRTEL
18–20, A-1090 WIEN
PETER.HEILIG@
UNIVIE.AC.AT

**Dominanz kurzwelliger
Lichtanteile bei laufend
erhöhten Intensitäten**

**Lichtsmog sorgt für
„Das Ende der Nacht“**

**Fehlgeleitetes Licht
kann Unfälle verur-
sachen**

VERIRRTE LICHTSTRAHLEN

Schlüsselwörter: Gesundheit – Lichthygiene – Tagfahrlicht – Kinderrechte.

Key words: Health, Light-Hygiene, Daytime Running Light (DRL), Children's Rights.

Zusammenfassung

Fehlgeleitetes Licht kann Schäden anrichten. Unter anderem Arbeits- und Verkehrsunfälle sowie Schlafstörungen („Chrono-Disruption“) samt Folgen. Lichthygiene dient dem Wohle von Ökologie, Biodiversität, Ökonomie und – vor allem – menschlicher Gesundheit.

Summary

Uncontrolled light, scattered widely = “Light Pollution” – “Daytime Running Lights” (DRL), and other “Lightmare” – examples cannot be discounted. “Light Pollution” has to be prevented – for the sake of ecology, economy, biodiversity and human health.

No conflict of interest

*„Wir leben in einer Industriegesellschaft. Sogar das Licht ist ein Industrie-Produkt. Es kommt von allen Seiten: von Straßenlaternen, Leuchtreklamen, Autoscheinwerfern. In dieser Welt gibt es keinen Schatten mehr.“
Fernand Léger*

Einleitung

Verirrte Lichtstrahlen, ein wenig beachtetes Phänomen

Fehlgeleitetes Licht kann Arbeitsunfälle, Straßenverkehrsunfälle, aber auch Schlafstörungen samt Folgen verursachen. Licht steht auf Knopfdruck überall und jederzeit wesentlich einfacher und billiger als früher zur Verfügung. In immer größerem Umfang wird immer helleres Licht –

mit Steigerungen der Intensität bis zu Blendungseffekten – abgestrahlt. Direkte und indirekte Lichtnebenwirkungen sind zu wenig bekannt und werden vielfach unterschätzt.

„Light Pollution“

Licht zur falschen Zeit, am falschen Ort und – nicht selten – fehlgeleitet in die falsche Richtung abstrahlend. Synonyma: Photo-Pollution, Light-Smog, Waste-Light etc. Der deutsche Terminus „Lichtverschmutzung“ trifft nicht recht ins Schwarze. Allmählich veränderten sich die Intensitäten und die spektralen Verteilungen künstlicher Lichtquellen. Die Lichtintensitäten wurden laufend erhöht und die kurzwelligen Anteile in Gesamtspektren begannen in auffallender Weise zu dominieren (1).

Himmel

Über Städten wölben sich mächtige Wärme-, Dunst- und Lichtkuppeln (Radius etwa 100 km und mehr). Staub, Feinstaub und Aerosole streuen das Licht zusätzlich immer weiter, in alle Richtungen. In stärker urbanisierten Arealen konfluieren diese „Light-Pollution“-Areale in zunehmendem Maße. Auch im ländlichen Raum finden sich nur mehr wenige Gebiete (z. B. Großmugl, s. Link), welche in der Nacht einigermaßen dunkel bleiben, sodass dort mit freiem Auge einigermaßen ungestört das „Weltkulturerbe“ Sternenhimmel bewundert werden kann. Astronomen waren die Ersten, welche „Das Ende der Nacht“ beklagten (2). Der Sternenhimmel wird vom „Lichtsmog“ verschleiert, die Milchstraße geht in einer Art Licht(sint-)flut unter.

Erde

Vom Weltall aus betrachtet, glüht und strahlt die Erde gleißend hell, vor allem über den industrialisierten Gebieten. Ver-

„Gutes“ Licht wird unreflektiert mit „hellem“ Licht gleichgesetzt

Grenzen der Belastbarkeit des Auges

Häufig überdosiertes Licht

Blendungen sollten vermieden werden

irrt Lichtstrahlen aus einer Unzahl falsch konzipierter Außenbeleuchtungen, wie zum Beispiel Kugelleuchten oder im schlimmsten Fall Bodenstrahlern, gelangen nicht nur dorthin, wo das Licht Wege und Straßen erhellen sollte. Ungenützter und nutzloser Licht-„Abfall“ verliert sich ins All. Lichtkünstler, -designer, -architekten und -ingenieure kreieren um teures Geld „Lichtlandschaften“ und verzieren Gebäude, Brücken etc. mittels „Effekt“- und „Schmuck“-Illuminationen. Bodenleuchten strahlen wirkungslos in den Himmel. Städte werden als „Gesamtlichtkunstwerke“ gestaltet, Landschaften mit bunten Lichtinstallationen „behübscht“. Wenig „ausgelastete“ Nachtskipisten reflektieren ihr Licht in den Himmel, Wasserfälle erstrahlen nächstens in kitschigen Farben (z. B. Niagarafälle). Lichtreklamen, „dynamische“, blinkende und bewegte, flackern und strahlen in alle Richtungen. Flutlichtanlagen, Lasershows, Sky-Beamer, immer häufigere, immer monströser („Mega“-)Feuerwerke, zunehmend blendend helle Verkehrsampeln, Signal- und Warnlichter, violett-bläulich-weiße Mautstellenstrahler, all das summiert sich zu einem kaum überbietbaren Lichtchaos.

„Die negative Krönung: Russland hat bereits Solar-Reflektoren getestet, welche mit umgelenktem Sonnenlicht weite Landstriche beleuchten können.“

Prof. Kerschbaum, Leiter des Instituts für Astronomie der Universität Wien

Arbeitsmedizinisches

„Gutes Licht“ ist eine selbstverständliche Voraussetzung für jeden Arbeitsplatz. Die Optimierung von Sichtbedingungen und das Vermeiden von Arbeitsunfällen durch ausreichende Ausleuchtung des Arbeitsplatzes sind unter anderem Forderungen der Arbeitsmedizin. Mit diesen Ziel- und Wunschvorstellungen setzen sich speziell geschulte, „zertifizierte“ Lichttechniker auseinander. Die vorliegende Publikation behandelt in erster Linie Situationen, in denen mit Lichtinstallationen über das Ziel hinausgeschossen wurde, Szenarios bei denen des Guten zu viel getan wurde. Bestes Beispiel: Der zunehmend von blendenden Lichtern überstrahlte „Ar-

beitsplatz Lenkrad“ (3), ein besonders sensibles Kapitel.

„Gutes“ Licht wird unreflektiert mit „hellem“ Licht gleichgesetzt. Frühere Generationen warnten davor, dass *man sich mit „schlechtem Licht“ die Augen verderben könne*. Gemeint war damit Licht, welches – ohne dass sich dies quantifizieren ließ – scheinbar nicht ausreichend hell war. In Zeiten, in denen „phototoxische“ Schäden der Netzhaut und Macula-Degenerationen zum Problem geworden sind, gilt die Sorge eher der Vermeidung von Lichtschäden (4). Das Auge und seine Adaptationsfähigkeit, welche sich über viele logarithmische Einheiten erstreckt, sollte – weit mehr als bisher – den Lichtingenieuren als Maßstab dienen – das empfindliche Licht-Sinnesorgan Auge und das visuelle System, die gedankenschnelle Wiedererholung nach Licht-„Stress“, die Anpassung an rasch wechselnde Lichtbelastungen und die Fähigkeit, komplexe, ständig wechselnde Informationen fehlerfrei zu verarbeiten. Besondere Beachtung verdienen die Grenzen der Belastbarkeit des Auges, der Netzhaut und der Kapazität höherer visueller Zentren. Falls diese naturgegebenen Grenzen überschritten werden, drohen Unfälle und Schäden im Arbeitsbereich und im Straßenverkehr.

Schon ein einziges Photon löst in Netzhautstäbchen elektrophysiologisch messbare Reaktionen aus und in der Folge Kaskaden weiterer Reizverarbeitungen (5, 6). Dies ist ein eindrucksvoller Hinweis auf die hohe Empfindlichkeit und Vulnerabilität der menschlichen Netzhaut. Dessen ungeachtet wird dem Auge in zunehmendem Maße häufig zu viel zugemutet. Die Augen werden mit „überdosiertem“ Licht geradezu bombardiert. Kraftfahrzeug, (KFZ)-Scheinwerfer wurden heller, als es das Gesetz erlaubt, und greller, als es das Auge erträgt. Kurzwelliges Licht (Blau und bläuliches Licht blendet und streut wesentlich stärker, reduziert die Kontrastsehschärfe) dominiert immer mehr die Spektren künstlicher Lichtquellen.

Blendungen

Blendungen sollten immer vermieden werden – während der Arbeitsprozesse und ganz besonders im Straßenverkehr.

Ein objektives Kriterium für den Grad der Irritation durch Blendung existiert nicht

Licht-Messungen sagen wenig über die Effekte des Lichtes auf Sensorik, kognitive Verarbeitung und etwaige Irritation

Es werden bevorzugt Gestalten wahrgenommen, die sich von anderen durch ein bestimmtes Merkmal abheben

Abb. 1

Auch junge Patienten mit gesunden, noch nicht durch Licht oder andere Noxen geschädigten Augen klagen über Blendungen durch „moderne“ KFZ-Scheinwerfer und vielfältige weitere „überdosierte“ Lichtreize im Straßenverkehr. Einige Berufsschaufreure quittierten bereits (wegen „unerträglicher“ Blendungen) ihren Dienst. Die Beurteilung durch Arbeitsmediziner, Lichttechniker* oder Ophthalmologen gestaltet sich deshalb besonders schwierig, weil es kein objektives Kriterium für den Grad der Irritation durch Blendung gibt. Die interindividuell in hohem Grade unterschiedliche Sensibilität des visuellen Systems und Störanfälligkeit komplexer visuell-kognitiver Prozesse entziehen sich jedem noch so wohlgemeinten Quantifizierungsversuch. Messinstrumente der Lichttechniker sind im Grunde genommen „indolent“ (d. h. schmerzunempfindlich, „unsensibel“, verglichen mit visuellen Systemen). Die durch Lichtmessungen ermittelten Werte sagen weniger Wertbares über Einflüsse des untersuchten Lichtes auf Sensorik, kognitive Verarbeitung und etwaige Irritation durch Blendung, Flackern des Lichtes etc. aus, als dies jeweils erhofft wird.

* Ein Wort zur Terminologie:

Disability Glare wird üblicherweise und vereinbarungsgemäß in Lichttechniker-Kreisen mit „physiologische“ Blendung übersetzt, *Discomfort Glare* mit „psychologische“ Blendung. Erstere Wortschöpfung ist in sich widersprüchlich. Der Begriff „unphysiologisch“ wäre in diesem Zusammenhang eher angezeigt. Der Ausdruck *psychologische Blendung* ist schlichtweg irreführend – im Klartext: falsch.



Besser wäre:

1. **Schwere Blendung:** *Disability Glare* – *passagerer Funktionsausfall, bis zur Überschreitung von Schmerzschwellen; vorübergehend „blind“ (refraktäre Phase des Systems während der Netzhaut-Wiedererholungszeit; retinal recovery time).*
2. (Irritierende) **Blendung:** *Discomfort Glare* – *Irritation, Ablenkung – kann bis zu „Inattentional Blindness“ (kognitive Ausfälle infolge kapazitiver Überlastung der Visual Short Term Memory und Working Memory Prozesse etc.) führen.*

Systemfehler „Nummer Eins“ im Straßenverkehr: Das so genannte Tagfahrlicht (Daytime Running Lights/DRL). Mit High Intensity Light Emitting Diodes (HI-LED) bestückte Tagfahrleuchten strahlen bläulich-grell-weißes Licht „isotrop“, das heißt in alle Richtungen. Diese „verirrten“ Lichtstrahlen gelangen in die Augen anderer Verkehrsteilnehmer (Abbildung 1), blenden, irritieren und lenken ab. Mögliche Folge:

Inattentional Blindness (IB)

IB und eine Reihe weiterer verwandter Phänomene sind nicht als Fehlverhalten zentral-nervöser Funktionen und kognitiver Prozesse einzuordnen. Sie sind „*geradezu die Norm*“ (7). Nur ein Bruchteil aller sensorischen Informationen dringt – vernünftigerweise – zum Bewusstsein vor und wird perzipiert; das ist auch sinnvoll, denn:

“Only those items which I notice shape my mind – without selective interest, experience is utter chaos.”

William James, 1890

Inattentional Blindness und Auffälligkeit: Auffälliges (DRL) wird naturgemäß eher wahrgenommen und lenkt zwangsläufig von Objekten geringerer Auffälligkeit ab – mit möglichen fatalen Folgen (8).

Erstes **Gesetz der Prägnanz:** Es werden bevorzugt Gestalten wahrgenommen, die sich von anderen durch ein bestimmtes Merkmal abheben. Alle anderen treten dadurch in den Hintergrund.

Jedes „verkehrsrelevante“ Objekt verdient das gleiche Maß an Aufmerksam-

Über-Akzentuierungen und Ablenkungen müssen vermieden werden

Tagfahrlichter – häufig heller als es das Gesetz erlaubt

Unerträgliche Blendungen durch KFZ-Scheinwerfer

Problem „verirrte Lichtstrahlen“

Inattentional Blindness gewinnt immer mehr Bedeutung für die Arbeitsmedizin

keit, da es ansonsten „übersehen“, genauer – nicht wahrgenommen (IB) wird. Daher müssen „Überakzentuierungen“ (z. B. durch DRL) und Ablenkungen jeglicher Art vermieden werden. Mancher Unfall (durch Blendung, Ablenkung etc.) in diversen Arbeitsbereichen und im Straßenverkehr ließe sich so ohne großen Aufwand vermeiden.

Ablendscheinwerfer sollten – ohne zu blenden – das „Vorfeld“, die Straße und alle „verkehrsrelevanten Objekte“ und die Verkehrsflächen vor dem Fahrzeug beleuchten (anisotrop – das heißt, ohne in störender Weise in andere Richtungen, speziell in die Augen dadurch gefährdeter Verkehrsteilnehmer abzustrahlen). Sinnesphysiologische Gegebenheiten und vor allem die Grenzen der Belastbarkeit des Sehorgans und der visuellen Systeme müssen hinkünftig mehr als bisher berücksichtigt werden. Dies ist bedauerlicherweise immer weniger der Fall. Intensität, Geometrie und Farbtemperatur der „modernen“ Lichter veränderten sich im Lauf der Zeit mit dem Resultat, dass KFZ-Scheinwerfer immer öfter kaum erträgliche bis unerträgliche Blendungen verursachen. Auf Kuppen, in Kurven, beim Schlingern, Stampfen und Rollen des Fahrzeugs kommen diese Effekte vermehrt zur Geltung. Schlecht eingestellte (auch durch: „*misuse of scroll switch*“ – vom Fahrer falsch eingestellt), defekte, „schielende“ und „einäugige“ KFZ-Scheinwerfer, ungeeignete Ersatzbirnen etc. (Billigangebote, Ersatzteilhandel: „Super Bright DRL“) beeinflussen die Verkehrssicherheit dementsprechend ungünstig. So genannte „intelligente“ Produkte, „mitlenkende“ Scheinwerfer erfassen in Kurven die Augen Entgegenkommender mit ihren „verirrten“ Strahlen noch früher, als dies bei herkömmlichen Produkten der Fall ist.

Blendung als Irritation (*Discomfort Glare*) oder als schwere funktionelle Beeinträchtigung (*Disability Glare* oder „*Veiling Disability, Dazzle Disability, Scotomatic disability*“, nach Mainster): Extreme Blendung kann Schmerzen auslösen (*Blendung als Folter*). Reflexartig kommt es zur Lidspalten-Verengung bis zum Lidschluss (im Extremfall), zur Pupillenkonstriktion, zur Augen- und Kopfabwendung samt (schattenspendender) schützender manueller

Abwehrbewegung. Derartige nicht oder kaum unterdrückbarer Reaktionen gefährden die Verkehrssicherheit und stellen ein weitgehend unterschätztes Risiko auch im Arbeitsprozess dar. Tagfahrlichter (DRL), häufig heller als es das Gesetz erlaubt, bleiben neuerdings auch – als „Schmuck- und Effekt“-Beleuchtung, als Werbeträger („branding“) – bei Nachtfahrten eingeschaltet. Die EU fordert – unbeeindruckt von der nachweislich damit verbundenen Gefährdung „schwächerer“ Verkehrsteilnehmer (quod erat demonstrandum) –, dass innerhalb der EU jedes neu hergestellte Fahrzeug mit Tagfahrlichtern (DRL) ausgerüstet sein muss:

„Ab 7. Februar 2012 gilt die Pflicht zur Ausstattung mit Tagfahrleuchten für alle neuen Fahrzeugmodelle einschließlich Busse und Leichtlast-Kraftwagen!“

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*

Attorney-at-Law Dr. Gerald G. Sander, M.A.
Mag rer. publ.

Unfallforscher, Risikoforscher, Versicherungsexperten, Verkehrsjuristen, Exekutive und vor allem die Entscheidungsträger, wie (nicht ausreichend oder nicht korrekt informierte) Politiker, haben sich mit dieser Thematik zu wenig beziehungsweise so gut wie nicht auseinandergesetzt. Auch für die Arbeitsmedizin gewinnt das Problem *Inattentional Blindness* durch Ablenkung (vor allem durch störende, vermeidbare Lichtstimuli) immer mehr an Bedeutung.

Unfälle

Blendungen und Ablenkungen (s. oben) dürfen weder im Arbeitsprozess noch in Straßenverkehr-Szenarios zum kritischen Störfaktor werden. Ab einer gewissen Lichtintensität und ab einer gewissen kriti-

Störungen visueller und kognitiver Prozesse

Lichtintensitäten über den Grenzen sinnesphysiologischer Belastbarkeit

schen Anzahl diverser Ablenker (z. B. DRL), abhängig von verschiedenen Begleitumständen, kommt es unweigerlich zu Störungen visueller und kognitiver Prozesse. Naturgemäß lenken beleuchtete bewegte Objekte mehr ab als andere – sie lenken die Aufmerksamkeit wie beabsichtigt an sich (Beispiel: „dynamische“ Werbung). Neben dem mit Tagfahrlicht (DRL) auffälliger gemachten KFZ wird das unbeleuchtete Kind (am „Schutz“-Weg) zwangsläufig weniger auffällig – das Kind wird möglicherweise „übersehen“, das heißt nicht wahrgenommen (Abbildung 2).

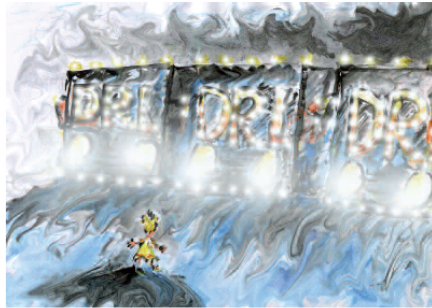


Abb. 2

„Noise-Pollution“ und erhöhte Myocard-Häufigkeit

Blendungen und Ablenkungen haben als Kausalfaktoren Teil- oder Mitschuld an einer Reihe scheinbar ungeklärter bis „rätselhafter“ Unfälle: An den immer häufigeren Unfällen am unbeschränkten Bahnübergang, an „ungewöhnlichen“ oder unerklärlichen Kollisionen zwischen Tram und Bus etc., aber vor allem an den Kollisionen und Unfällen mit Einsatzfahrzeugen (jüngste Meldung: Kind querte bei Grün die Fahrbahn und wurde von einem Einsatzfahrzeug erfasst). In dem oben erwähnten Lichtchaos konnten sich die opti-

schen und akustischen Warnsignale bei Noteinsätzen nur durch weitere Steigerungen der Intensitäten durchsetzen. Die Intensitätsspirale dürfte sich allerdings nicht mehr weiter nach oben schrauben, da bereits Schmerzschwellen überschritten wurden. KFZ-Scheinwerfer (Abbildung 3), DRL, Bremslichter, Nebellichter, Ampellichter (ihre Intensität wird bereits wieder heruntergeregelt), Mautstellenbeleuchtungen (auch diese Intensitäten und Spektren werden – so hieß es von der zuständigen Stelle – geändert), Warnlichter aller Art etc. hoben das durchschnittliche Lichtintensitätsniveau über die Grenzen sinnesphysiologischer Belastbarkeit. Besonders lichtempfindliche Straßenverkehrsteilnehmer (genetische Belastung, Pigmentarmut, Augenleiden etc.) geraten dadurch unweigerlich in gefährliche Situationen. Grundsätzlich ist abzuwägen, ob die durch Folgetonhorn, Blaulicht, grelle Springlichter etc. möglicherweise ausgelösten Ablenkungen samt nicht ganz auszuschließender fataler Folgen für jeden Einsatz riskiert werden müssen.

„Noise-Pollution“ wird mit erhöhter Myocard-Häufigkeit in Verbindung gebracht (9). Auch international wird bereits Kritik an der Intensität der Einsatzfahrzeug-Folgetonhörner laut: Das Erschrecken mancher älterer Personen durch die extrem hohen Lautstärken akustischer Warnsignale kann unerwünscht böse Folgen nach sich ziehen (10).

„Nebst Feuerwehr und Polizei dürfen auch Fahrzeuge der Sanität mit Blaulicht und Wechsel-Klanghorn ausgerüstet werden.“ „Per Definition ist ein Einsatzfahrzeug nur dann ein Einsatzfahrzeug im Sinne der Straßenverkehrsordnung (StVO) und des Kraftfahrzeuggesetzes (KFG), wenn und solange es Blaulicht und/oder Folgetonhorn führt und verwendet“ (§ 2 Abs. 1 Z 25 StVO).

„Blaulicht ist ein Sonderzeichen und wird verwendet, wenn Gefahr in Verzug ist, um den Ort der dringenden Hilfeleistung zu erreichen bzw. aus Gründen der Verkehrssicherheit. Blaulicht signalisiert drohende Lebensgefahr.“

Straßenbahngarnituren an der Endstelle, komplett abgeschottet und baulich (durch Schwellen etc.) getrennt vom übrigen Verkehr, benötigen keine ununterbrochen eingeschalteten Scheinwerfer – sie blenden Entgegenkommende. Metergroße orangefarbige „Warn“-Lichter für Fahrzeuge spe-

Einsatz-Scheinwerfer häufiger als notwendig



Abb. 3

Helle Lichtsignale können retinale Adaptationsveränderungen und -störungen verursachen

Verkehrsplaner beginnen bereits einzulenken

Bewegte Lichtstimuli können Ausfälle in visuellen Kurz-Zeit-Speichern hervorrufen

Hilfe durch „Intelligente Lichtkontroll-Systeme“

zieller Sightseeingtours ließen sich durchaus „wegrationalisieren“. Nicht eingeschaltet – etwa als Dekorelement – verursachen sie mit Sicherheit weniger Ablenkungen. Die kaum zu übersehenden Bundesheerfahrzeuge, falls nicht im akuten Einsatz, kämen gut ohne Scheinwerfer bei Tageslicht zurecht, das E-Werk, das Gaswerk, die Tierrettung, die von Polizeieskorten mit Blaulicht etc. flankierten Luxuslimousinen bedeutender und weniger bedeutender Politiker, „Mautaufsicht“ („Pickerl“-Kontrolle), das Warnlicht des Baustellen-PKW (des vor seiner Baustelle plaudernden Poliers – er entschuldigte sich artig), der blinkende Liliput-Heurigen-Express etc. lenken ab – gleichgültig, ob es sich um einen mehr oder weniger gerechtfertigten „Einsatz“ handelt. Auch Straßen-, Kehr- und Spritzfahrzeuge erhelten neuerdings ganze Straßenzüge mit offensichtlich überdosiert intensiven Blinkf-

fekten. So manches Autobahnbaustellen-Warnlicht blitzt mit gezielt in die Augen der herankommenden Lenker gerichteten geradezu schmerzhaft hellen Lichtsignalen, sodass dadurch massive retinale Adaptationsänderungen bis -störungen (bei besonders lichtempfindlichen Straßenverkehrsteilnehmern) auftreten.

Im Sinne eines höheren „öffentlichen Interesses“ wären derartige Warnsignale nur dann einzuschalten, wenn der jeweilige akute Notfalleinsatz dies samt theoretischer und praktischer unvermeidlicher Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer unbedingt erfordert. Über die optimalen Intensitäten sind die Kapitel allerdings noch nicht geschlossen. Die über dieses Problem informierten Verkehrsplaner beginnen bereits einzulenken und versuchen „zukünftige Licht-„Überdosierungen“ zu vermeiden.

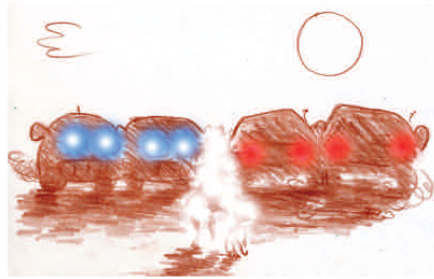


Abb. 4

„Lichthygiene“

Zu verstehen sind darunter alle Arten von prophylaktischen Maßnahmen, durch welche unerwünschte direkte oder indirekte Nebenwirkungen des Lichtes auf Mensch und Natur vermieden oder zumindest reduziert werden können.

Ab einer kritischen Anzahl und ab einer kritischen Intensität von ablenkenden, insbesondere bewegten (womöglich blinkenden etc.) Lichtstimuli kommt es zu Ausfällen in visuellen Kurzzeitpeichern (Visual Short Term Memory/VSTM und „working memory“). Beispiel: „Übersehenes“ Kind am Zebrastreifen [Abb. 4]. Ein weltweites Verbot von DRL und vor allem ein behutsamerer oder sparsamerer Einsatz von Warnlichtern wären Beispiele für erfolgversprechende „Lichthygiene“. Störungen kognitiver Prozesse wie Inattentional Blindness und verwandte Phänomene ließen sich durch Reduktion von Ablenkern (DRL, zu helle, insbesondere dynamische, Leucht-Reklame [Abb. 5]) vermeiden.

Aus Gründen der Sicherheit werden Gärten und Gebäude immer länger (während der gesamten Nacht) und immer heller (bis zu „bissigen Rottweiler“-Lichtintensitäten) beleuchtet. Es zeigte sich, dass sogenannte intelligente Lichtkontrollsysteme“ (mit Bewegungsmeldern



Abb. 5

Reduktion der Gesamtintensität und des Blauanteils des Lichtes wären von Vorteil

Gelbes Licht wirkt günstiger auf die menschliche Psyche als „kälteres“ blaustichiges Licht

Unterbrechung lichtgesteuerter Tag-Nacht-Rhythmen

Erhöhtes Krebsrisiko durch „Licht in der Nacht“?

etc.) in dieser Hinsicht bessere Dienste leisten (11, 12) als die nächtlich-taghell „Dauerlichtbestrahlungen“. Derartige Maßnahmen könnten sich segensreich auf Natur und Biodiversität auswirken.

„Full-cut-off-Leuchten“, deren Licht in erster Linie die Straßenverkehrsflächen und Wege ausleuchten sollte, wären ebenso wünschenswert. Auch eine Reduktion des Blau-Anteils im Gesamtspektrum vieler künstlicher Lichtquellen wäre dringend zu empfehlen, denn: Gelbliches Licht verbessert das Kontrastsehen (13), lockt weniger nacht-aktive Insekten an und wirkt sich – dies ist nicht zu unterschätzen – unter anderem günstiger auf die menschliche Psyche aus als „kälteres“, blaustichiges Licht.

J. W. Goethe, *Zur Farbenlehre* (1808–1810):

„769. Diesen erwärmenden Effekt kann man am lebhaftesten bemerken, wenn man durch ein gelbes Glas, besonders in grauen Wintertagen, eine Landschaft ansieht. Das Auge wird erfreut, das Herz ausgedehnt, das Gemüt erheitert; eine unmittelbare Wärme scheint uns anzuwehen.“

Prophylaktisches

Innenbeleuchtung

Der Schreibtisch: Ständig einfallendes reflektiertes Licht kann besonders störend sein. In Architektenentwürfen sollte dies jedenfalls berücksichtigt werden. Fix eingebaute Leuchten (Deckenleuchte z. B.) können zum problematischen Systemfehler werden (Beispiel: störende, nicht korrigierbare Reflexionen am Arbeitsplatz).

Monitor: Stunden- und tagelanges Arbeiten am PC (Arbeit, Freizeit): Die integrale Helligkeit des Bildschirms summiert sich über derart lange Zeiten auf Netzhautebene. Lichtempfindliche Personen und Patienten mit Augenkrankheiten werden nicht müde darüber, zu klagen. Dunkler Hintergrund mit heller Schrift schafft Abhilfe.

Raumlicht: Generell besteht weniger der Trend zur Optimierung, sondern eher zu unmotivierter Maximierung der Lichtintensität in Innenräumen. Außerdem nehmen Blauanteile des Lichtes im Gesamtspektrum ständig zu. Die Klagen Be-

troffener häufen sich dementsprechend. Reduktion der Gesamtintensität und des Blauanteils wären von Vorteil.

„**Light-Trespassing**“: Unerwünschte, „verirrte“ Lichtstrahlen, welche als eine Art Licht-„Hausfriedensbruch“ zum Störfaktor werden, haben weder in Arbeits- noch in Privat- und schon gar nicht in Schlafräumen (s. Chrono-Disruption) etwas verloren. Auch geringe Lichtintensitäten können sich störend bis ungünstig auswirken.

Öffentlich zugängliche Räume: Überdosiert bläulich-weiß-grelles Licht wird immer mehr zum Störfaktor. Weder erhöhte Sicherheit noch gesteigerte Kauflust noch vermehrter Fleiß während der Arbeit lässt sich in diesem Zusammenhang mit *Evidenz-basierten* Methoden nachweisen. „Weniger wäre mehr.“ Ein Patient (er stand unter Chemotherapie) berichtete, wie sehr ihm das neu installierte „übertrieben helle“ Licht im Inneren eines Shoppingcenters zusetzte. Er brach deshalb die geplante Shoppingtour auf der Stelle ab.

Chrono-Disruption: Licht „zur falschen Zeit“. In Stichworten: Intrinsic-Melanopsin-exprimierende Retinale Ganglienzellen (mRGC oder iRGC), verbunden mit den „Metronomen“ des suprachiasmatischen Nucleus (SCN) beeinflussen, chronobiologische Vorgänge (Photo-Entrainment – Glandula pinealis – Melatonin-Stoffwechsel – zirkadiane Rhythmen) (14, 15, 16). „Unphysiologische“ Unterbrechungen lichtgesteuerter Tag-Nacht-Rhythmen (Chrono-Disruption) können sich daher entsprechend störend auswirken.

Nachtschichtarbeit: Vermehrte Karzinomhäufigkeit durch „Licht in der Nacht“ (insbesondere durch bläulich-weißes Licht) wurde zu einem vieldiskutierten Thema. Ein wichtiges Kapitel – unter anderem auch für die Arbeitsmedizin. Dem Licht wurde – als möglicher Kausalfaktor – die entscheidende Rolle zugeschrieben. Schritt um Schritt wurden und werden alle in Frage kommenden Faktoren untersucht (17). Dabei kam es zu etwas verwirrenden, zunächst nicht interpretierbaren Resultaten: Trotz prinzipiell korrekter Fragestellung und Studienplanung erlaubte das Ergebnis dennoch keine „brauchbare“ Schlussfolgerung. Bei einigen der untersuchten blinden Patienten verhielt sich die zirkadiane Dynamik der Melato-

Lichthygiene wäre das Ziel

Von allen Arten der Umweltverschmutzung ist „Light-Pollution“ am einfachsten zu beheben

Gesetzliche Regelungen sind erforderlich

Tagfahrlicht ist nie und nirgends indiziert

nin-Sekretion merkwürdigerweise anders als erwartet (18). Bald darauf war das Rätsel gelöst: iRGC widerstehen neurodegenerativen apoptotischen Prozessen mitochondrialer Neuropathien (20). „Paradoxical Opsin Expressing Cells“ und iRGC können sich sogar „kompensatorisch“ vermehren, wenn neuroretinales Gewebe zugrunde geht (21, 22). Dies erklärt die scheinbar verblüffende Melatonin-Suppression durch Lichtstimulation in manchen klinisch blinden Probanden.

Ein „*Night-Shift-Splitting*“ wurde vorgeschlagen als vorbeugende Maßnahme; das hieße, die Nachtdienstpflicht bliebe nicht in vollem Umfang (auch bis zum Pensionsalter) des jeweiligen Nachtdienstteams aufrecht.

Außenbeleuchtung

Full-cut-off-Leuchten sind weniger geeigneten Modellen (Kugelleuchten etc.) vorzuziehen. Das Licht soll nicht über die Horizontale nach oben strahlen; der Blaulichtanteil sollte in Grenzen gehalten werden (23, 24).

Ohne gesetzliche Regelung werden sich vorbeugende Maßnahmen gegen „Light-Pollution“ nur schwer verwirklichen lassen. Slowenien hat als erstes Land der Erde ein solches Gesetz erlassen (s. Link). Österreichs fehlende „Bundesharmonisierung“ erschwert vergleichbare sinnvolle und wünschenswerte Maßnahmen.

Abgesehen von gesetzlichen und anderen „Imponderabilien“:

Blendungen müssen immer vermieden werden, im Arbeitsprozess und – von entscheidender Bedeutung – im Straßenverkehr: Zu grelle Ampeln, Warnlichter, Werbetafeln etc. blenden, lenken ab und erhöhen die Gefahr von Unfällen.

Autoscheinwerfer dürfen nie blenden. Intensitäten und Blauanteil liegen bei so gut wie allen „modernen“ Modellen zu hoch. Tagfahrlichter gefährden die „schwächeren“ Verkehrsteilnehmer; am stärksten gefährdet sind Kinder (25). DRL ist nie und nirgends indiziert. Weltweit. Bei schlechter Sicht müssen Abblendscheinwerfer eingeschaltet werden (Nebellicht bei Nebel etc.), damit die Fahrbahn und *alle* darauf befindlichen „verkehrsrelevanten“ Objekte rechtzeitig gesehen und wahrgenommen werden können.

Resümee

Rückkehr zu einem umsichtigeren und behutsameren Prozedere in der Lichttechnik, die Berücksichtigung sinnesphysiologischer Limits des Auges und kapazitiver Grenzen kognitiver visueller Systeme – in summa – Lichthygiene wäre das Ziel.

Epilog

Von allen Arten diverser Umwelt-„Verschmutzungen“ lässt sich die „Light-Pollution“ am einfachsten beheben. Auf Knopfdruck. Der Ausstoß von Millionen Tonnen CO₂ ließe sich dadurch vermeiden. Allein durch das Aus für Licht am Tag zum Beispiel.

Literatur

1. Heilig, P. (2010). Light Pollution. Spektrum Augenheilkd 24: 267–270.
2. Posch, T., Freyhof, A., Uhlmann, T. (2009). Das Ende der Nacht. Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-VCH.
3. Heilig, P. (2007). Arbeitsplatz Lenkrad. Österr Forum Arb Med 1, 16–19.
4. Heilig, P., Rozanova, E., Godnic-Cvar, J. (2009). Retinal light damage Spektrum Augenheilkd 23, 240–248.
5. Dunn, F.A., Rieke, F. (2008). Single-Photon Absorptions Evoke Synaptic Depression in the Retina to Extend the Operational Range of Rod Vision. Neuron 57 (6), 894–904.
6. Berntson, A., Smith, R.G., Taylor, W.R. (2004). Transmission of single photon signals through a binary synapse in the mammalian retina. Visual Neuroscience 21 (5), 693–702.
7. Green, M. (2002). Inattention Blindness. Occup Health and Safety Canada (1) 24–29.
8. Heilig, P. (2006). Das Auge in der Arbeitsmedizin. Vermeidung von Unfällen und Folgeschäden. Österr Forum Arb Med 2, 4–9.
9. Huss, A., Spoerri, A., Egger, M., Rössli, M. (2010). Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. Epidemiology 21 (6), 829–836.
10. Hoffmann, B., Moebus, S., Dragano, N., Möhlenkamp, S., Memmesheimer, M., Erbel, R., Jöckel, K. H. (2009). Residential traffic exposure and coronary heart disease: Results from the Heinz Nixdorf Recall Study. Biomarkers 14,1, 74–78.
11. Schreuder, D. (2008). Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception. Springer.
12. Lewis, A.L. (1993). Basic Concepts in Environmental Lighting. In Pitts DG, Kleinstein RN (Ed) Environmental Vision. Butterworth-Heinemann, Boston. 137–150.

13. Rieger, G. (1992). Improvement of contrast sensitivity with yellow filter glasses. *Can J Ophthalmol* 27(3): 137–8.
14. Revell, V.L., Skene, D.J. (2007). Light-induced melatonin suppression in humans with polychromatic and monochromatic light. *Chronobiol Int* 24(6): 1125–37.
15. Ecker, J.L., Dumitrescu, O.N., Wong, K.Y., Alam, N.M., Chen, S.K., LeGates, T., Renna J.M., Prusky, G.T., Berson, D.M., Hattar, S. (2010). Melanopsin-expressing retinal ganglion-cell photoreceptors: cellular diversity and role in pattern vision. *Neuron* 67(1): 49–60.
16. La Morgia, C., Ross-Cisneros, F.N., Hannibal, J., Montagna, P., Sadun, A.A., Carelli, V. (2011). Melanopsin-expressing retinal ganglion cells: implications for human diseases. *Vision Res* 51(2): 296–302.
17. Erren, T.C., Reiter, R.J. (2009). Preventing cancers caused by chronodisruption: Blocking blue light alone is unlikely to do the trick. *Medical Hypotheses* 73 (6): 1077–1078.
18. Czeisler, C.A., Shanahan, T.L., Klerman, E.B., Martens, H., Brotman, D.J., Emens, J.S., Klein, T., Rizzo, III J.F. (1995). Suppression of melatonin secretion in some blind patients by exposure to bright light. *New England Journal of Medicine* 332(1) 6–11.
19. Erren, T.C., Reiter, R.J. (2009). 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. *Medical Hypotheses* 73, (4): 537–541.
20. La Morgia, C., Ross-Cisneros, F.N., Sadun, A.A., Hannibal, J., Munarini, A., Mantovani, V., Barboni, P., Cantalupo, G., Tozer, K.R., Sancisi, E., Salomao, S.R., Moraes, M.N., Moraes-Filho, M.N., Heegaard, S., Milea, D., Kjer, P., Montagna, P., Carelli, V. (2010). Melanopsin retinal ganglion cells are resistant to neurodegeneration in mitochondrial optic neuropathies. *Brain* 133(8): 2426–38.
21. Semo, M., Vugler, A.A., Jeffery, G. Paradoxical opsin expressing cells in the inner retina that are augmented following retinal degeneration. *Eur J Neurosci* (2007) 25(8): 2296–2306.
22. Vugler, A.A., Semo, M., Joseph, A., Jeffery, G. (2008). Survival and remodeling of melanopsin cells during retinal dystrophy. *Vis Neurosci* 25(2): 125–38.
23. Schreuder, D. (2008). *Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception*. Springer.
24. Lewis, A.L. (1993). Basic Concepts in Environmental Lighting. In Pitts DG, Kleinstein RN (Ed) *Environmental Vision*. Butterworth-Heinemann, Boston, 137–150.
25. Bartholet, E. (2011). Ratification by the United States of the convention on the rights of the child: Pros and cons from a child's rights perspective. *Annals of the American Academy of Political and Social Science* 633 (1): 80–101.

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_%2BVO.doc
(Slowenisches Lichtverschmutzungsgesetz)
<http://www.starlight2007.net/pdf/StarlightDeclarationEN.pdf>
http://www.michaelbach.de/ot/mot_mib/
<http://www.hellenot.org/>
<http://darksky.org>

Ornithologie

<http://www.flap.org>
<http://www.birdlife.at>

Entomologie

<http://www.wien.gv.at/umweltschutz/pool/pdf/lichtquelle.pdf>
http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt1/eisenbeis/Homepage_Licht_Umwelt.htm

Astronomie

http://kuffner-sterne.at/2010/Weltherbe_Sternfest_Grossmugl.html
<http://www.stargazer-observatory.com/print/LV.pdf>
www.sternhell.at
<http://light.datenscheibe.org>

Öffentliche Beleuchtung

<http://www.ltg.at>
<http://www.strassenlicht.de>

Straßenverkehr

* www.lightmare.org