

# 7.8.16

Lizenziert für LIA.nrw.  
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

baua: **LASI**  
Basi LIA.nrw

67. Jahrgang  
Juli/August 2016  
ISSN 2199-7330  
1424

# sicher ist sicher

www.SISdigital.de

[www.ARBEITSSCHUTZdigital.de/info/](http://www.ARBEITSSCHUTZdigital.de/info/)



Jetzt  
GRATIS  
testen

ARBEITSSCHUTZdigital

Startseite Themen Arbeitshilfen Recht & Regeln Medien Stellenmarkt Bestellen

**Nachrichten**

Weiterbildung  
**Veranstaltungen im Arbeits- und Gesundheitsschutz**  
In dieser Rubrik stellen wir Ihnen ausgewählte Fortveranstaltungen aus dem Bereich Arbeits- und Gesundheitsschutz vor mehr ...

Arbeitschutzrecht  
**Psychische Gesundheit am Arbeitsplatz – Arbeitgeber nehmen Verantwortung nicht wahr**  
Die rechtlichen Rahmenbedingungen bieten längst eine

ARBEITSSCHUTZdigital  
Gute betriebliche Praxis

- 4 Wochen testen gratis und unverbindlich
- Mehr über... Was bietet Ihnen ARBEITSSCHUTZdigital?
- Jetzt bestellen
- Newsletter... Ihre E-Mail-Adresse Anmelden

Extra-aurale Wirkungen von  
Lärm am Arbeitsplatz 362

Schutz vor solarer UV-Strahlung 374  
Barrieren auf dem Weg zur Inklusion 380

**ESV** ERICH  
SCHMIDT  
VERLAG

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2016 - (http://www.sisdigital.de) 17.08.2016 - 11:34  
587013053879



REINHARD RACK

# Biologisch wirksames Licht am Arbeitsplatz

Licht dient nicht allein dem guten Sehen. – Der spektrale Blauanteil von Tageslicht ist biologisch wirksam. Er hat modulierenden Einfluss auf die zentrale zirkadiane Regulation im Gehirn („innere Uhr“) und wirkt somit steuernd auf den Tag-Nacht-Rhythmus in allen Zellen des Organismus ein. Biologisch wirksames Licht fördert Leistungsfähigkeit, Motivation und Wohlbefinden; dessen Mangel bzw. Dunkelheit bereiten die Gehirn- und Körperzellen auf Entspannung, Nachtruhe und Regeneration vor. Tageslicht ist die wichtigste Lichtquelle am Arbeitsplatz und ist grundsätzlich künstlicher Beleuchtung vorzuziehen. Diese liefert nur eingeschränkt biologische Lichtwirkung; moderne dynamische Lichttechnik, die den natürlichen Tagesverlauf nachahmt, wird zukünftig das Tageslicht in Arbeitsstätten besser ergänzen können.

## Im Tag-Nacht-Rhythmus der Natur

Die Drehung der Erde um ihre eigene Achse bewirkt seit ca. 4,5 Milliarden Jahren die Periodik von Tag und Nacht. Durch den Wechsel von Tageslicht und Dunkelheit ist damit auch die biologische Rhythmik für die Pflanzen- und Tierwelt festgelegt. Auch der Mensch bzw. seine „Vorfahren“ sind in ihrer evolutionären Entwicklung seit mehreren Millionen Jahren durch diesen Tag-Nacht-Rhythmus geprägt und haben ihn in ihrem Erbgut verankert. So wird das Zeitgefühl von Testpersonen auch dann „weitergeführt“,

wenn sie unter Versuchsbedingungen von der Außenwelt abgeschirmt sind und ohne Uhr leben. Hierbei wird bildhaft von der „inneren Uhr“ gesprochen. In der Regel dauert der biologische Tag-Nacht-Zyklus ungefähr 24 Stunden und wird daher als zirkadianer Rhythmus (circa diem, d. h. rings um den Tag) bezeichnet.

## Die „innere Uhr“ als Taktgeber des Organismus

Die „innere Uhr“ steuert nicht allein den Schlaf-Wach-Rhythmus, sondern u.a. auch die Phase,

in der wir besonders konzentriert und leistungsfähig sind, die längste Reaktionszeit haben, die Muskelkraft am größten ist oder in der persönliche Sorgen am bedrohlichsten wirken. Auch Herzschlagfrequenz, Höhe des Blutdrucks, Cortisol-Ausschüttung, Nierenfunktion, Bildung von Verdauungssekreten, Körpertemperatur u.v.m. zeigen eine zirkadiane Rhythmik. Damit der menschliche Organismus den Anforderungen des Lebens optimal begegnen kann, muss jedoch die „innere Uhr“ des Menschen täglich neu mit der Außenwelt synchronisiert werden. Hierzu sind das Tageslicht und die nächtliche Dunkelheit die wichtigsten Taktgeber.

### **Sinneszellen für biologisch wirksames Licht**

Licht ist der sichtbare Teil der elektromagnetischen Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 380 und 780 Nanometer (nm). Das Spektrum des Lichts weist kontinuierliche Übergänge von Violett über Blau, Grün, Gelb, Orange bis Rot auf, wobei die Gesamtheit des Farbspektrums beim Sehprozess den Eindruck von weißem Licht entstehen lässt. Erst seit dem Jahr 2002 ist bekannt, dass sich in der Netzhaut des menschlichen Auges neben den Zapfen und Stäbchen eine dritte Art von lichtempfindlichen Zellen (intrinsisch photosensitive retinale Ganglienzellen) befindet, die als Melanopsinzellen bezeichnet werden. Sie vermitteln dem Gehirn Informationen zur Grundhelligkeit in der Umwelt, wobei sie am stärksten von Licht mit einer Wellenlänge von 460 bis 484 nm angeregt werden. Die maximale Empfindlichkeit dieser Rezeptoren liegt somit im blauen Bereich des sichtbaren Lichtspektrums. Entsprechende Lichtreize werden in Steuerzentren (sog. Kerngebiete) des Gehirns weitergeleitet und haben dadurch einen bedeutenden Einfluss auf den gesamten menschlichen Organismus. Daher wird Licht mit hohen Blauanteilen als „biologisch wirksam“ bezeichnet.

### **Die Wirkung von Tageslicht auf Steuerzentren des Gehirns**

Im Auge des Menschen sind die melanopsinhaltigen Fotorezeptoren über die gesamte Netzhaut verteilt, wobei die Melanopsinzellen im unteren Netzhautbereich besonders empfindlich reagieren. Somit wirkt Licht, das von oberhalb der Horizontalen in das Auge fällt, besonders stark. Melanopsinzellen erfassen die Grundhelligkeit (bzw. die blauen Lichtanteile) und leiten die Informationen in Form von Impulsen über spezifische Nervenbahnen (Tractus retinohypothalamicus) ins Gehirn. Zielpunkte sind der Suprachiasmatische Kern, der Hypothalamus und die Zirbeldrüse (Epiphyse).

Der Suprachiasmatische Kern (SCN) gilt als „Master-Clock“ des Menschen. Er hat entschei-

dende Bedeutung für die zentrale Regulation der zirkadianen Rhythmen in allen Zellen des Organismus. Diese „Haupt-Uhr“ läuft isoliert von der „Außenzeit“ im 24-stündigen Tag-Nacht-Rhythmus, wobei biologisch wirksames Licht modulierend einwirkt. Der SCN liegt im Hypothalamus, der wiederum das oberste Regulationszentrum für alle vegetativen und endokrinen Vorgänge bildet. So werden u.a. Blutdruck, Blutzuckerspiegel, Körpertemperatur, Sexualverhalten sowie Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme durch die „innere Uhr“ und das Tageslicht dirigiert. Auch der Schlaf-Wach-Rhythmus wird durch den SCN gesteuert und durch biologisch wirksames Licht moduliert, indem die Zirbeldrüse bei Dunkelheit angeregt wird, das Hormon Melatonin zu bilden und in die Blutbahn auszuschütten.

### **Schlaf und Erholung durch den Einfluss von Dunkelheit**

Die Zirbeldrüse beginnt in den frühen Abendstunden bzw. mit zunehmender Dunkelheit damit, Melatonin, das sog. „Schlafhormon“, auszuschütten. Der Spiegel im Blut erreicht gegen zwei bis drei Uhr nachts seinen höchsten Stand und fällt zum Morgen hin deutlich ab. In den frühen Morgenstunden bzw. mit zunehmender Helligkeit wird die Melatoninproduktion der Zirbeldrüse gehemmt und verbleibt daher tagsüber auf niedrigstem Niveau.

Ein mit zunehmender Dunkelheit ansteigender Melatoninspiegel im Blut bewirkt eine Erweiterung der peripheren Blutgefäße, macht müde und bereitet somit das Gehirn- und die Körperzellen auf Entspannung und Nachtruhe vor. Melatonin kann in alle einzelnen Körperzellen eindringen. Daher kann es nachts den Stoffwechsel in den Organen auf zellulärer Ebene reduzieren sowie Regenerations- und Reparaturvorgänge in den Körperzellen ermöglichen.

### **Hellwach und konzentriert durch den Einfluss von biologisch wirksamem Licht**

Der Hypothalamus ist das oberste Steuerorgan des endokrinen Systems. Er steht in enger Verbindung zum Suprachiasmatischen Kern. So lässt sich leicht erklären, dass fast alle Hormone charakteristische Konzentrationsschwankungen im 24-Stundenverlauf aufweisen. Das gilt auch für das Cortisol. Es ist ein Stresshormon, das nahezu entgegengesetzt zum Melatonin wirkt und den Körper auf den Tagesbetrieb einstellt. Cortisol wird ab etwa drei Uhr nachts in der Nebennierenrinde gebildet und zum Morgen hin mit deutlich ansteigender Tendenz ins Blut ausgeschüttet. Nachdem die höchste Blutkonzentration um ca. neun Uhr morgens erreicht wird, fällt der Cortisolspiegel langsam bis in die Nacht ab. Cortisol steigert die Wachheit, Aufmerksamkeit,

Konzentration und Leistungsbereitschaft. Auch der Serotoninspiegel wird zeitabhängig durch den Hypothalamus gesteuert. Die verstärkte Ausschüttung wirkt stimmungsaufhellend, motivierend und steigert das Wohlbefinden.

### Die zirkadiane Leistungskurve des Menschen

Wie oben dargestellt, wird der Aktivierungsgrad des Menschen durch die innere Uhr und natürliches Licht bzw. biologisch wirksames Kunstlicht maßgeblich gesteuert. Eine allgemeingültige Leistungskurve für alle Menschen gibt es jedoch nicht, da jeder sein individuelles Leistungsprofil entwickelt. Für die meisten Menschen ist jedoch anzunehmen, dass sie in einer „Anlaufphase“ von 8 bis 10 Uhr die Konzentration und Leistungsbereitschaft steigern, um zwischen 10 und 12 Uhr die maximale Produktivität zu erreichen. Mittags, also zwischen 12 und 14 Uhr, verliert der Mensch zumeist vorübergehend an Konzentration und Kraft, um zwischen 14 und 16 Uhr erneut an Leistungsbereitschaft zuzulegen. Ab ca. 16 Uhr lässt dann die Leistungsfähigkeit zu Gunsten der Erholung und Regeneration bis in die Morgenstunden kontinuierlich nach. Wer seine persönliche Leistungskurve in seine Tagesarbeitsplanung einbezieht, wird die Effizienz seiner Arbeit mit Sicherheit steigern können. Dies gilt insbesondere für chronobiologische Früh- oder Spättypen, die umgangssprachlich als „Lerchen“ oder „Eulen“ bezeichnet werden. Während der „frühe Chronotyp“ bereits früh morgens aktiv ist und abends früh zu Bett geht, finden der „späte Chronotyp“ abends spät ins Bett und hat Schwierigkeiten morgens früh aufzustehen. Dabei ist die Leistungskurve im Prinzip immer gleich und entspricht dem „normalen Chronotyp“, jedoch in der Zeitachse deutlich in die Morgen- bzw. Abendstunden verschoben.

### Gestörter Gleichlauf von innerer Uhr und äußeren Zeitgebern

Aus entwicklungsgeschichtlicher Sicht war ursprünglich das natürliche Licht nahezu alleiniger Taktgeber unserer inneren Uhr. Mit zunehmender Industrialisierung und verändertem Freizeitverhalten wirken heute jedoch viele zusätzliche Faktoren auf unsere innere Uhr ein. Beispiele hierzu sind regelmäßiges Klingeln des Weckers vor Sonnenaufgang, das Nutzen von künstlichem Licht mit hohem Blauanteil bis in den späten Abend, der Mangel an biologisch wirksamem Licht (Arbeitsplätze ohne oder mit wenig Tageslicht) und die Umstellung von Sommer- auf Winterzeit. Kleinere Abweichungen zwischen innerer Uhrzeit und Ortszeit führen bei vielen Menschen zu Befindlichkeitsstörungen wie leichtes Unwohlsein, Mattigkeit und verminderte Achtsamkeit.

Abweichungen von mehreren Stunden, wie sie beim Langstreckenflug über mehrere Zeitzonen oder bei Nachtschicht entstehen, bewirken, dass der Auf- und Untergang der Sonne zur gefühlt „falschen“ Zeit stattfindet. Hier ist die Synchronisation von innerer Uhr und Ortszeit deutlich gestört. Dieses „Jetlag“ führt häufig zu körperlichen und psychischen Beeinträchtigungen wie stärkeres Unwohlsein, Müdigkeit, Schwindelgefühl und Leistungsminderung. Oftmals sind sogar erhöhte Unfallrisiken, gesundheitliche Beschwerden wie Magen- und Verdauungsprobleme sowie Ein- und Durchschlafstörungen die Folge. Eine Neusynchronisation von innerer Rhythmik und Ortszeit erfordert natürliches oder nahezu naturidentisches Licht und dauert in der Regel mehrere Tage, oftmals auch Wochen.

### Im Rhythmus der Jahreszeiten – Die saisonal-affektive Depression

Nicht nur die Drehung der Erde um ihre eigene Achse hat erhebliche Auswirkungen auf den Menschen, sondern auch die jährliche Kreisbewegung der Erde um die Sonne. Weil die Rotationsachse der Erde („Tag-Nacht-Drehachse“) schräg zur Sonne steht, entstehen auf der Nord- und Südhalbkugel Jahreszeiten. Im Sommer fallen die Sonnenstrahlen steil von oben auf die Erdoberfläche, die Tage sind lang und weil das Licht nur einen kurzen Weg durch die Atmosphäre zurücklegt, ist die Sonneneinstrahlung intensiv. Im Winter zeigt sich entsprechend das Gegenteil, nämlich kurze Tage mit schwächerer Sonneneinstrahlung. Hier wird dem SCN auch tagsüber durch die Melanopsinzellen eine geringe Grundhelligkeit in der Umwelt gemeldet, sodass vermehrt Melatonin und vermindert Cortisol und Serotonin ausgeschüttet werden. In der Folge wird der Mensch tendenziell antriebschwächer und müder, die Stimmung ist getrübt. Hier handelt es sich zumeist „nur“ um eine Befindlichkeitsstörung, die die Lebensfreude mindert. Manche Menschen reagieren jedoch deutlich stärker auf Lichtmangel: Sie leiden an einer saisonal-affektiven Depression (SAD), die auch als Winterblues oder Winterdepression bezeichnet wird. Diese ernst zu nehmende Erkrankung ähnelt in vielerlei Hinsicht einer „klassischen Depression“, geprägt durch Angstzustände, dem Gefühl der inneren Leere und Hoffnungslosigkeit. In diesem Zustand ist die Lebensqualität stark beeinträchtigt, die Arbeitsleistung ist vermindert; Pflichtvernachlässigung und sogar Arbeitsunfähigkeit können die Folge sein.

### Tageslicht bildet den „Goldstandard“

Das Spektrum des Sonnenlichts bzw. des Tageslichts weist kontinuierliche Übergänge über alle Regenbogenfarben auf; der blaue Spektralanteil

#### DER AUTOR



**Dr. med. Reinhard Rack**

Gewerbearzt

Landesinstitut für Arbeitsgestaltung des Landes Nordrhein-Westfalen – LIA.nrw  
Fachgruppe 1.2 Physische und Physikalische Faktoren  
Ulenbergstraße 127–131,  
40225 Düsseldorf  
Reinhard.Rack@lia.nrw.de  
[www.lia.nrw.de](http://www.lia.nrw.de)

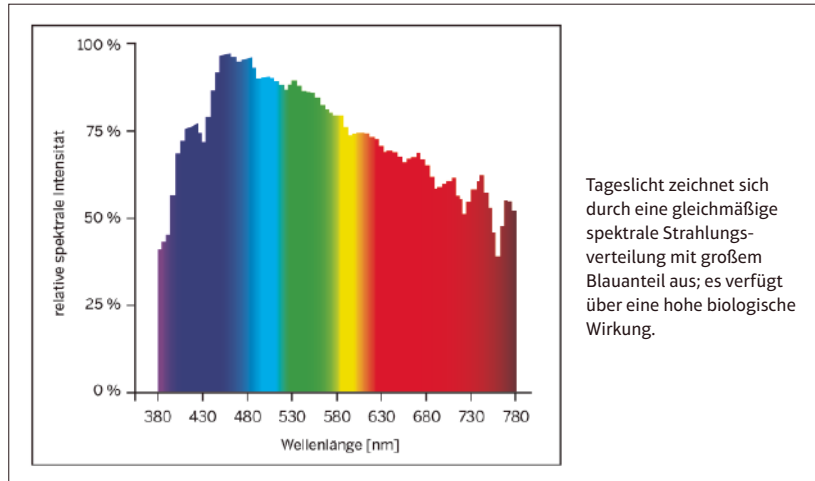


Abb. 1: Das Spektrum von Tageslicht

© LIA.nrw

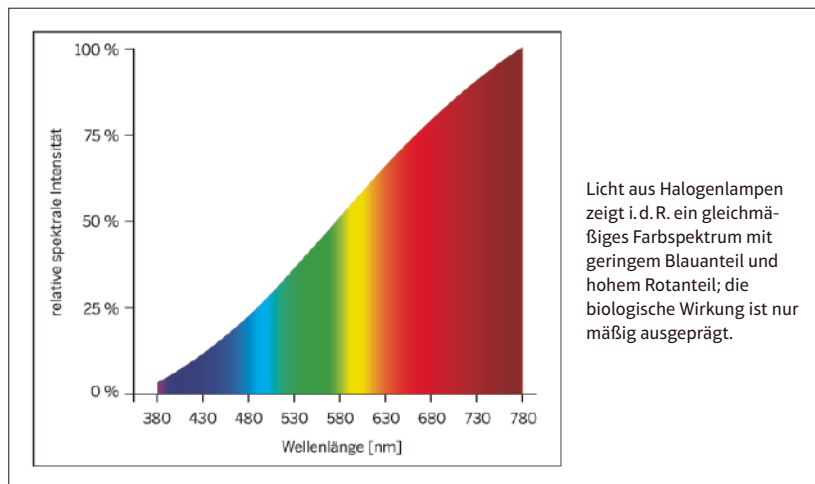


Abb. 2: Beispiel für das Spektrum von Halogenlampen

© LIA.nrw

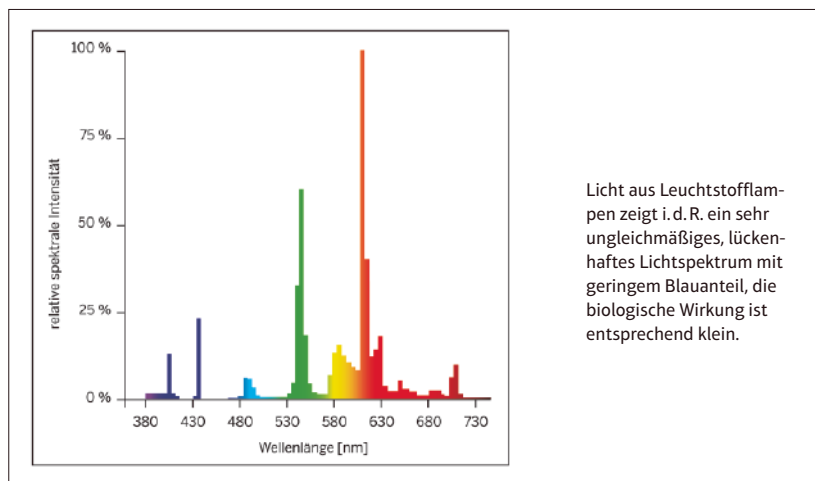


Abb. 3: Beispiel für das Spektrum von Leuchtstofflampen

© LIA.nrw

Strahlungsarten zeigen jedoch auch biologische Wirkung. Beispielsweise ist die UV-Strahlung an der Bildung des wichtigen Vitamins D3 beteiligt, während die IR-Strahlung Heilungsprozesse fördert.

Ein weiteres wesentliches Merkmal des Tageslichts ist die hohe Beleuchtungsstärke, gemessen in Lux (lx), verbunden mit einer hohen Variationsbreite. Sie reicht von ca. 3.000 lx an einem trüben Wintertag bis zu ca. 100.000 lx an einem sonnigen Sommertag. Außerdem verändert sich die spektrale Zusammensetzung des Lichts vom Sonnenaufgang bis zu deren Untergang kontinuierlich, wobei das Tageslicht zumeist großflächig von oberhalb der Horizontalen ins Auge fällt.

### Das richtige künstliche Licht zur richtigen Zeit

Seit Erfindung der Glühlampe durch T. Edison im Jahr 1897 hat künstliche Beleuchtung aus technischer Sicht enorme qualitative Entwicklungen durchlaufen und hat permanent an Bedeutung gewonnen. Künstliches Licht wird heutzutage zumeist noch durch Glühlampen, Halogenlampen, Leuchtstofflampen, Hochdruck- und Niederdruck-Entladungslampen erzeugt, wobei Licht emittierende Dioden (LED) zunehmend an Bedeutung gewinnen. Für den Nutzer unterscheiden sich diese Leuchtmittel neben dem Anschaffungspreis und der Energieeffizienz insbesondere durch den Farbeindruck des jeweils erzeugten Lichts. Er wird als Farbtemperatur bezeichnet und in Kelvin (K) angegeben, wobei sich der Farbeindruck auf die Temperatur eines strahlenden Glühkörpers bezieht. Je kleiner der Wert ist, desto „wärmer“ wirkt die Farbe, je höher der Wert desto „kälter“. Je nach Beleuchtungsquelle beinhaltet künstliches Licht unterschiedlich große Anteile des blauen Spektralbereichs, das chronobiologisch aktivierend wirkt.

Wie die Abbildungen 2 bis 4 zeigen, gibt es in Bezug auf künstliches Licht erhebliche Unterschiede bezüglich der Spektren und deren biologischer Wirkung. Bei der Nutzung von künstlichem Licht kommt es somit darauf an, das richtige Licht zur richtigen Zeit einzusetzen, damit die Tag-Nacht-Rhythmik des Menschen möglichst unterstützt und nicht gestört wird.

### Studie zur Wirkung von künstlichem „optimiertem“ Licht

Um die Wirkung von biologisch optimierter Beleuchtung zu erforschen, hat die Firma OSRAM AG in Zusammenarbeit mit dem Transferzentrum für Neurowissenschaft und Lernen im Winter des Jahres 2011 an Schulen in Ulm eine gemeinsame Studie durchgeführt [1]: Die Lichtstudie wurde an einem technischen Gymnasium und einer Berufsoberschule realisiert, wobei jeweils ein

ist hoch. Beim Sehen entsteht der Eindruck von weißem Licht. Demgegenüber gehören sowohl ultraviolette (UV-) Strahlung wie auch infrarote (IR-) Strahlung (Wärmestrahlung) für den Menschen zum nicht sichtbaren Spektrum. Beide

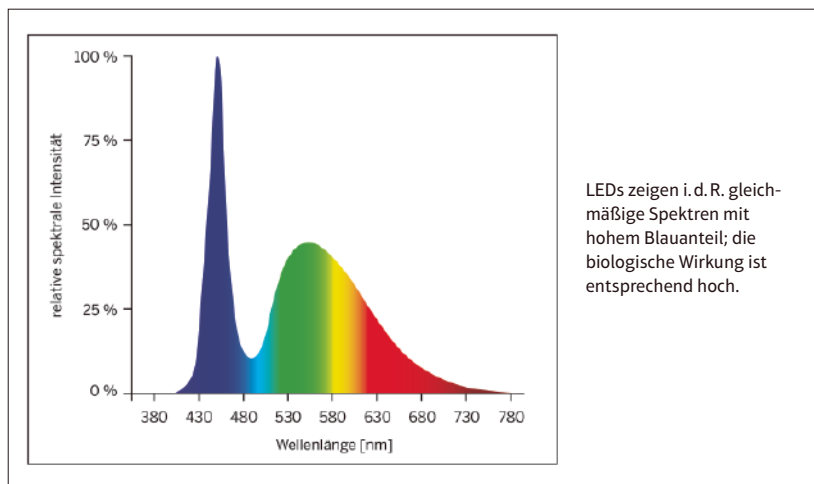
Schulraum beleuchtungstechnisch umgestaltet wurde (Interventionsklassenraum) während der angrenzende baugleiche Klassenraum unverändert blieb (Standardklassenraum). Als zentrale Merkmale biologisch optimierter Beleuchtung wurden Farbtemperatur, Flächigkeit und Lichtrichtung sowie tageszeitliche Lichtdynamik betrachtet: Im Rahmen der Studie wurden in den Interventionsklassenräumen abgedunkelte direkt strahlende LED-Leuchten mit einer Farbtemperatur von 4.000 K (Neutralweiß) installiert und die Raumdecke indirekt mit Licht einer Farbtemperatur von 14.000 K (Kaltweiß) beleuchtet. Beleuchtungsstärken und Farbtemperaturen wurden entsprechend der Tageszeit dynamisch geregelt. Im Standardklassenraum erfolgte die Beleuchtung unverändert durch Leuchtstofflampen mit einer Farbtemperatur von 4.000 K bzw. 5.000 K (Neutralweiß). Die Helligkeit im Interventions- und Standardklassenraum unterschieden sich nicht.

Die Studie konnte anhand von standardisierten Leistungstests zeigen, dass biologisch optimierte Beleuchtung gegenüber Standardbeleuchtung bei Schülern nach sechswöchigem Unterricht zu einem deutlich größeren Zuwachs an Konzentration und kognitiver Leistungsgeschwindigkeit führen kann [1].

### Anforderungen an natürliches Licht am Arbeitsplatz

Wie die vorangegangenen Ausführungen zeigen, dient gutes Licht nicht allein dem guten Sehen. Es ist auch durch seine chronobiologische Wirkung für die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit unverzichtbar. Daher ist eine gute Beleuchtung ein bedeutender Faktor für die Planung und Gestaltung von Arbeitsstätten. In diesem Sinne hat auch die Arbeitsstättenverordnung besondere Anforderungen an das Einrichten und Betreiben der Beleuchtung von Arbeitsstätten gestellt [2], die in den Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) konkretisiert sind.

In der ASR „A3.4 Beleuchtung“ (in der noch gültigen Fassung) wird dem Tageslicht eine zentrale Bedeutung beigemessen, indem herausgestellt wird, dass Arbeitsstätten möglichst ausreichend Tageslicht enthalten müssen und eine Beleuchtung mit Tageslicht einer Beleuchtung mit ausschließlich künstlichem Licht vorzuziehen ist [3]. Als Güte Merkmale des Tageslichts werden Dynamik, Farbe, Richtung und Menge des Lichts genannt [3]. In Bezug auf den Lichteinfall wird angesprochen, dass Tageslicht durch Fenster, Dachoberlichter und lichtdurchlässige Bauteile in das Gebäude gelangen kann, wobei Fenster zusätzlich eine Sichtverbindung nach außen ermöglichen und Dachoberlichter eine gleichmä-



LEDs zeigen i. d. R. gleichmäßige Spektren mit hohem Blauanteil; die biologische Wirkung ist entsprechend hoch.

Abb. 4: Beispiel für das Spektrum von Licht emittierenden Dioden

© LIA.nrw

ßige Lichtverteilung ermöglichen können [3]. Mit Hilfe des Tageslichtquotienten können Arbeitsräume entsprechend den Anforderungen der o.g. ASR auf ausreichendes Tageslicht hin geprüft werden. Der Quotient ist ein Maß für die Tageslichtversorgung von Innenräumen (in%). Zur Berechnung wird das Verhältnis der Beleuchtungsstärke an einem bestimmten Punkt im Innenraum zur Beleuchtungsstärke im Freien bei vollständig bedecktem Himmel gleichzeitig gemessen. Die Anforderungen an ausreichendes Tageslicht sind für Arbeitsräume erfüllt, wenn der Tageslichtquotient am Arbeitsplatz größer als 2% ist und bei Räumen mit Dachoberlichtern 4% erreicht [3]. Alternativ muss das Verhältnis von lichtdurchlässiger Fenster-, Tür oder Wandfläche bzw. Oberlichtfläche zur Raumgrundfläche zumindest 1 zu 10 betragen [3]. Für Fenster und Oberlichter sind farbneutrale Verglasungen vorgeschrieben, um möglichst geringe Veränderungen des Farbeindrucks zu erreichen.

### Anforderungen an künstliches Licht am Arbeitsplatz

In den allgemeinen Anforderungen bezüglich künstlicher Beleuchtung nach ASR „A3.4 Beleuchtung“ (in der noch gültigen Fassung) wird herausgestellt, dass wenn Tageslicht örtlich und zeitlich nicht in ausreichendem Maße vorhanden ist, Arbeitsstätten mit angemessener künstlicher Beleuchtung ausgestattet sein müssen. Hierzu sind bezüglich der Beleuchtungsstärken in zwei tabellarischen Anhängen der ASR umfassende Mindestanforderungen für Arbeitsräume und -bereiche sowie für Arbeitsplätze und Tätigkeiten zusammengestellt [3]. Diese Vorgaben beziehen sich jedoch primär auf gutes Sehen ohne speziell auf die biologische Lichtwirkung einzugehen.

Da mit zunehmendem Alter des Menschen eine Verminderung des Sehvermögens verbun-

den sein kann, können höhere Beleuchtungsstärken erforderlich werden, um gutes Sehen zu ermöglichen. So haben Untersuchungen gezeigt (Kontrast von 90%), dass im Alter von 20 Jahren ca. 4.000 lx erforderlich sind, um einen Visus von 1 (gute Sehschärfe) zu erreichen; im Alter von 40 Jahren sind hierzu bereits ca. 6.000 lx erforderlich und mit 60 Jahren ca. 10.000 lx [4]. Auch die Empfindlichkeit gegenüber Blendung kann im Alter erhöht sein. Grundsätzlich hat der Arbeitgeber die Arbeitsplätze auch in Bezug auf künstliche Beleuchtung im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen und ggf. erforderliche Maßnahmen zur Erhaltung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten durchzuführen.

## Der verantwortungsvolle Umgang mit chronobiologisch wirksamem Licht ist anzumahnen: Lichtsysteme sollten unbedingt entsprechend dem natürlichen „Vorbild“ eingesetzt werden.

### Entkopplung von Tageslicht und Arbeitsplatz

Es gibt nur wenige spezielle Arbeitsstätten an denen kein Tageslicht genutzt werden kann oder wo es sogar störend wirken würde. Für die weit aus meisten Beschäftigten bietet jedoch natürliches Licht die ideale Beleuchtung am Arbeitsplatz. Eine flächendeckende Statistik zur Beleuchtungssituation an Arbeitsplätzen ist leider nicht verfügbar. Dennoch wissen wir aus unserer persönlichen Erfahrung, dass viele Supermärkte und Discounter, Fabrikhallen und Lager wenig oder nahezu kein natürliches Licht aufweisen. Beispielsweise sind selbst moderne Verkaufsräume mit Leuchtstofflampen ausgestattet. Solche Lichtverhältnisse können besonders dann trügerisch sein, wenn die künstliche Beleuchtung ausreicht um gutes Sehen zu ermöglichen, aber die Arbeitsstätten mit Leuchtmitteln ausgestattet sind, die kaum über biologische Wirkung verfügen. Häufig ist auch, dass im Kassenbereich der Verkaufsräume zwar großflächige Glasfronten eingebaut wurden, diese aber durch aufgeklebte Werbeplakate fast flächendeckend „verdunkelt“ werden. Auch in Fabrikhallen ist die Bedeutung von Tageslicht zumeist nicht erkannt. Sofern Fenster und Oberlichter bestehen, werden diese nur selten gereinigt und verlieren so ihre Funktion als Lichtquelle. Wenn die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter morgens noch bei Dunkelheit zu ihrem Arbeitsplatz kommen, dort in Räumlichkeiten ohne oder bei nur spärlichem Tageslicht arbeiten und abends wiederum bei Dunkelheit nach Hause gehen, sind gesundheitliche Beein-

trächtigungen durch fehlende chronobiologische Lichtwirkung wahrscheinlich. Tagesmüdigkeit, Konzentrationsmangel, verminderte Leistungsfähigkeit und erhöhte Unfallrisiken können die Folge sein. Dies gilt insbesondere für die Herbst- und Wintermonate, in denen die Tage kurz und trübe sind.

### Das Tageslicht am Arbeitsplatz optimal nutzen

Die meisten Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer verbringen ihren Arbeitstag überwiegend in Gebäuden. Daher ist es besonders wichtig, möglichst viel Tageslicht in die Räumlichkeiten zu bringen. Bei älterer Bausubstanz ist die Fenstergröße oftmals sehr „sparsam“ bemessen. Daher ist es hier besonders wichtig, den Arbeitsplatz möglichst in direkter Fensternähe einzurichten, denn je weiter sich der Arbeitsplatz in der Raumtiefe befindet, desto weniger Licht erreicht die Arbeitsfläche [5]. Unsaubere Glasflächen sind regelmäßig zu reinigen, da Schmutzpartikel unnötig Licht absorbieren. Auch große, dichtwachsende Pflanzen auf Fensterbänken nehmen dem Raum Tageslicht; sie sind natürlich auch für das Wohlbefinden bei der Arbeit wichtig, sollten aber einen anderen dekorativen Platz im Raum finden. Helle Wände und Möbel können die Nutzung von Tageslicht unterstützen, weil der Raum durch Reflektionen aufgehellert wird. Moderne Gebäude bieten zumeist große Fenster, die oftmals sogar deckenhoch eingebaut sind und dadurch Tageslicht bis weit in den Raum gelangen lassen. Daher wäre bei einer Neuvermietung oder einem Neukauf von Räumlichkeiten der Aspekt von möglichst viel Tageslicht immer zu berücksichtigen; ein Zuviel an Licht und Wärmeeinstrahlung könnte durch Außenjalousien relativ leicht geregelt werden, ein Mangel kann jedoch nur durch Kunstlicht und Heizung ausgeglichen werden.

Um Produktionshallen mit Tageslicht zu versorgen sind Dachoberlichter (Lichtkuppeln) sehr gut geeignet [5]. Sofern möglich sollte dieses bautechnische Element großzügig genutzt werden. Der gleichmäßige Lichteinfall von Tageslicht ist angenehm für die Beschäftigten und erspart langfristig auch Energiekosten. Zunehmend häufig werden in Gebäuden auch Systeme zur Tageslichtlenkung (Lichtleitsysteme) verbaut, die das Licht auf Dachebene aufnehmen und in darunterliegende Räumlichkeiten leiten.

### Künstliches Licht als Ergänzung zum Tageslicht am Arbeitsplatz

Gesundes, effektives und sicheres Arbeiten stellt hohe Anforderungen an die Lichtverhältnisse am Arbeitsplatz. Da Tageslicht nicht immer wie erforderlich zur Verfügung steht, muss künstliches Licht ausschließlich oder zusätzlich zum Tages-

licht für angemessene Lichtverhältnisse sorgen. Wichtige Qualitätskriterien sind dabei blendfreie Beleuchtung, keine Spiegelungen, keine Reflexionen, kein Flimmern und insbesondere ausreichend helles Licht, das entsprechend der Tätigkeit und den individuellen Bedürfnissen angepasst werden kann. Als ideal wird eine Kombination von direkter und indirekter Beleuchtung angesehen, die durch eine Arbeitsplatzleuchte bzw. eine Schreibtischleuchte ergänzt wird.

Seit einigen Jahren findet eine zunehmend kritische Auseinandersetzung mit den häufig an Arbeitsplätzen eingesetzten Beleuchtungsmitteln statt. Dabei wird deutlich, dass die herkömmlichen Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchten an Geltung verlieren. Kritikpunkte sind insbesondere die unnatürliche Farbwiedergabe und die bauartbedingte Verwendung von Quecksilber, das ausgediente Leuchtmittel zu Sondermüll macht. Die LED-Lampen gewinnen trotz des relativ hohen Anschaffungspreises immer mehr an Stellenwert; positiv werden hier der geringe Energieverbrauch und die sehr lange Lebensdauer bewertet. Künstliche Beleuchtung und insbesondere LED-Lampen sind in unterschiedlichen Lichtfarben erhältlich und können, sofern das Licht einen hohen spektralen Blauanteil aufweist, aktivierend und leistungssteigernd auf den Menschen wirken.

### Verantwortungsvoller Umgang mit künstlichem chronobiologisch wirksamem Licht

Wie eingangs ausführlich dargestellt beeinflusst Tageslicht die zirkadiane Rhythmik des Menschen erheblich. Gleiches gilt auch für künstliches Licht, das durch einen hohen spektralen Blauanteil die Melanopsinzellen aktiviert und somit auf das Nervensystem und den Hormonhaushalt einwirkt. In diesem Zusammenhang sei an die zirkadiane Leistungskurve des Menschen und das beschriebene Schulexperiment mit optimiertem künstlichem Licht erinnert. Demgegenüber kann ein Mangel an biologisch wirksamem Licht die Leistung mindern, die Stimmung trü-

ben, das Unfallrisiko erhöhen und in den Wintermonaten sogar zur SAD führen.

Die Lichtforschung zeigt, dass eine moderne dynamische Beleuchtungstechnik die Lichtveränderungen in Gebäuden vom Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang sehr naturgetreu simulieren kann und dabei Beleuchtungsstärke, Einfallswinkel und Farbe des Lichtes einbeziehen kann [6]. Es ist sicherlich keine Utopie, dass solche Entwicklungen in einigen Jahren „bezahlbar“ werden und in größerem Umfang Anwendung finden. Solche Entwicklungen dürften günstige Auswirkungen auf Wohlbefinden, Gesundheit und Leistung der Beschäftigten haben. Dabei ist der verantwortungsvolle Umgang mit chronobiologisch wirksamem Licht anzumahnen: Lichtsysteme sollten unbedingt entsprechend dem natürlichen „Vorbild“ eingesetzt werden. Arbeitsstätten mit ausschließlich aktivierendem Licht einzurichten wäre sicherlich genauso falsch, wie Kunstlicht ohne biologische Wirkung zu verwenden. Das richtige Licht muss zur richtigen Zeit zur Verfügung stehen! Auf eine Periode von Aktivität und Leistung sollte daher immer eine Phase zur Erholung und für Reparaturvorgänge in den Körperzellen folgen, damit die natürliche Balance erhalten bleibt. ■

### LITERATUR

- [1] Keis, O., & Hille, K. *Wirkung biologisch optimierter Beleuchtung auf die kognitive Leistung von Schülern. Paper presented at the 6. DIN-Expertenforum: Wirkung des Lichts auf Menschen, Berlin (2012).*
- [2] *Arbeitsstättenverordnung/Anhang: Anforderungen an Arbeitsstätten nach § 3 Abs. 1/3.4 Beleuchtung und Sichtverbindung unter [www.juris.de](http://www.juris.de)*
- [3] *Technische Regel für Arbeitsstätten/ASR A3.4 Beleuchtung/unter [www.baua.de/asr](http://www.baua.de/asr)*
- [4] Herbst, C.. *Der Einfluss des Lichtes auf den arbeitenden Menschen. Elektrizität 11, (1968), S. 284–300.*
- [5] *Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. BGI/GUV-I 7007, Tageslicht am Arbeitsplatz-leistungsfördernd und gesund. Die Handlungshilfe für die betriebliche Praxis, (2009)*
- [6] *Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation. Light Fusion Research/Dynamisches Licht/unter <http://www.vt.iao.fraunhofer.de>, (2016)*