

# Kunstlicht und Gesundheit

Text: Alexander Wunsch

Neue Erkenntnisse aus dem Bereich der Photobiologie machen es notwendig, unser Verständnis der anatomischen Funktionen von menschlichem Auge und Gehirn neu zu definieren. Die menschliche Photo-Endokrinologie ist weitaus komplexer, als es Mediziner und Lichttechniker bislang angenommen hatten. Seitdem R.G. Stevens im Jahr 1987 seine Melatonin-Hypothese aufgestellt hat, haben viele Wissenschaftler ihr Augenmerk auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Verwendung künstlicher Lichtquellen und der Gefahr, an bestimmten Krebsarten zu erkranken, gerichtet. Aber die Nutzung von künstlichem Licht in modernen Industriegesellschaften kann nicht nur zu Krebs führen, sondern auch die Entstehung einer Reihe anderer Zivilisationskrankheiten, wie beispielsweise Herz-Kreislauf-Erkrankungen, fördern. In diesem Beitrag sollen die Wirkungsmechanismen und Hintergründe dieser beunruhigenden Feststellungen erörtert werden.



Alexander Wunsch ist niedergelassener Arzt in Heidelberg. Nach dem Studium der Humanmedizin an den Universitäten Kiel, Gießen und Heidelberg entwickelte er Geräte für die Elektromedizin und Lichttherapie. Seit seinem Studium liegt der Interessenschwerpunkt auf dem Gebiet biophysikalischer Therapiemethoden. Seine Tätigkeitsfelder und Forschungsinteressen sind die Geschichte der Lichtbiologie, Lichtwirkung auf Zellebene sowie die Photoendokrinologie und Anwendung der Photomedizin beim Menschen. Alexander Wunsch ist Mitglied der Lichttechnischen Gesellschaft und seit 2007 Präsident der International Light Association, einer internationalen Organisation zur Förderung der Lichttherapie mit Sitz in Belgien.

[www.international-light-association.org](http://www.international-light-association.org)  
[www.lichtbiologie.de](http://www.lichtbiologie.de)

**Gefahr durch künstliches Licht**  
 Licht ist auf diesem Planeten lebensnotwendig. Die Evolution des Lebens vollzog sich unter äußerst spezifischen Lichtbedingungen: Der sich unablässig wiederholende Wechsel von Tag und Nacht prägte allen Lebensformen diesen Rhythmus ein, vom Einzeller bis zum Menschen trägt alles Leben diesen Lichttakt in sich. Die spezielle Beschaffenheit des Sonnenlichts sowie die Besonderheiten der verschiedenen Schichten von Sonne und Erdatmosphäre spielen eine wichtige Rolle für die einzigartigen Eigenschaften des Tageslichts. Die aktuellen Befunde legen nahe, dass jede Abweichung von der spektralen Zusammensetzung des Sonnenlichts eine Kunstlichtquelle zu einer potentiellen Gefahr für die Gesundheit werden lässt.

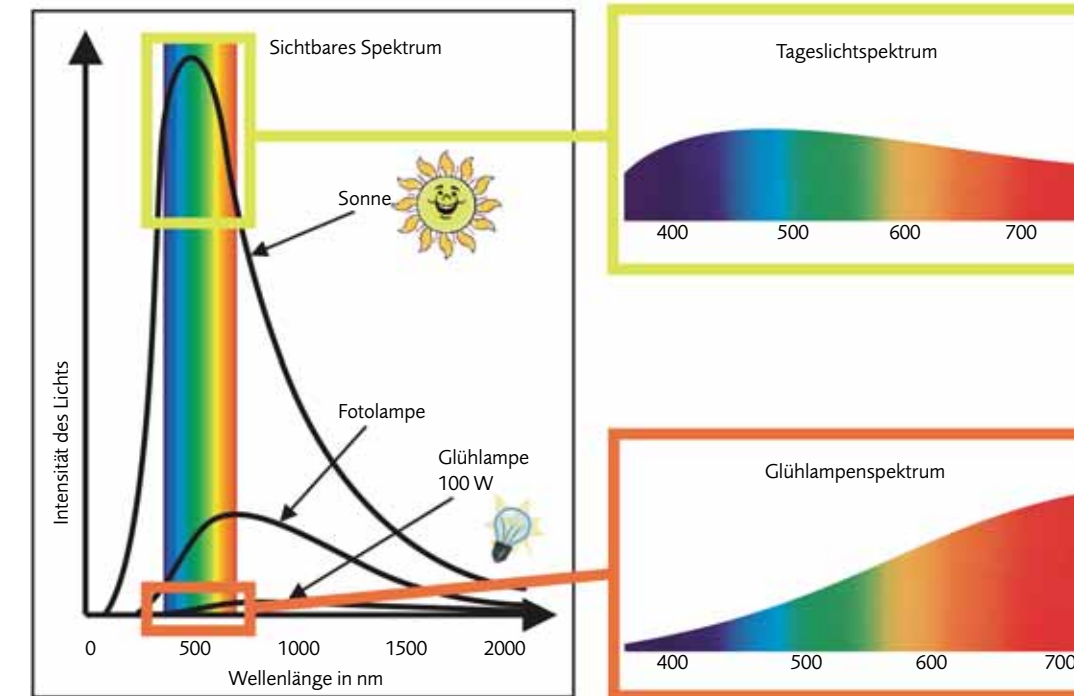
**Sonnenphysik**  
 Von welchen Abweichungen ist hier die Rede, und welche Sinne unseres Körpers sind dafür verantwortlich, diese zu registrieren? Wollen wir dies verstehen, müssen wir uns zunächst die außergewöhnliche photonische Beschaffenheit des Sonnenlichts selbst ansehen. Astronomen wissen, dass es rund eine Million Jahre dauert, um die Photo-

nen zu erzeugen, die wir in diesem Moment empfangen und verbrauchen. Nachdem ein Lichtquant im Zentralgebiet der Sonne durch den bekannten Fusionsprozess generiert wurde, wobei Wasserstoffatome zu Helium verschmelzen und Photonenenergie freisetzen, ereignen sich zahllose Interaktionen mit anderen Teilchen in Form von Kollisionen und Streuungen, bevor dieses Lichtquant die Sonnenoberfläche erreicht. Die ursprünglich todbringende Energie eines jeden Photons, die sich in seiner hohen Frequenz ausdrückt, wird so auf dem Weg vom Sonnenkern nach außen vermindert und die Frequenz in den optischen Spektralbereich transformiert: mehr als 40 Prozent der abgestrahlten Solarenergie liegt im Bereich des sichtbaren Spektrums. In einer einfachen Darstellung kann man den Sonnenaufbau wie folgt beschreiben: im Inneren liegt das Zentralgebiet, dem die Photosphäre folgt, welche schließlich von der Chromosphäre umhüllt ist. In den Schichten der Photosphäre liegt die Photonenstrahlung als kontinuierliches Vollspektrum vor, das keine Lücken oder Diskontinuitäten aufweist. In der Chromosphäre hingegen ist eine Reihe von schwereren chemischen Elementen in ähnlicher Verteilung wie in der

Erdkruste vorhanden. Diese Elemente absorbieren ihre typischen Spektrallinien aus dem kontinuierlichen Spektrum der Photosphäre, was zu der Bildung der Fraunhoferschen Linien führt. Diese element-spezifischen Aussparungen im Sonnenspektrum sind mit bloßem Auge nicht zu erkennen, aber schon mit einem einfachen Spektroskop kann man diese schwarzen Linien sehen. Natürliches Sonnenlicht zeigt also ein so genanntes Absorptionsspektrum, das als Vollspektrum minus Elementfrequenzen definiert werden kann.

## Farbtemperatur

Licht und Farben sind die Folgen von Wärme. Wird zum Beispiel ein Metalldraht erhitzt, emittiert er elektromagnetische Strahlung. Zuerst können wir die Wärme spüren, danach sehen wir, dass der Draht in verschiedenen Farben glüht: zunächst in Rot, dann in Orange und in Gelb, bis schließlich weißes Licht zu sehen ist. Die Physik hat dieses Phänomen schon im 19. Jahrhundert genau untersucht und hierbei den Begriff des idealisierten Schwarzen Körpers formuliert (Kirchhoff, 1860). Ein Schwarzer Körper absorbiert jegliche Strahlung, die auf ihn trifft und emittiert Strahlung, die nur von sei-



Spektrum eines glühenden schwarzen Körpers bei den Temperaturen einer normalen Glühlampe, einer Fotolampe und der Sonne.

ner Temperatur abhängt. Die Sonne verhält sich annähernd wie ein Schwarzer Körper mit einer Temperatur von 5.700 Kelvin. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch: ein Schwarzer Körper von 5.700 Grad Kelvin erzeugt eine vollkommen kontinuierliche Strahlung ohne Fraunhofersche Linien. Aus diesem Grund ist es bereits eine Vereinfachung, wenn wir sagen, dass Sonnenlicht eine Farbtemperatur von 5.700 Kelvin aufweist, da hierbei die innere spektrale Zusammensetzung nicht berücksichtigt wird. Die Farbtemperatur ist ein photometrischer Begriff, der in der Lichttechnik häufig benutzt wird, um einer künstlichen Lichtquelle die Sonnenähnlichkeit zu attestieren.

## Lücken im Spektrum

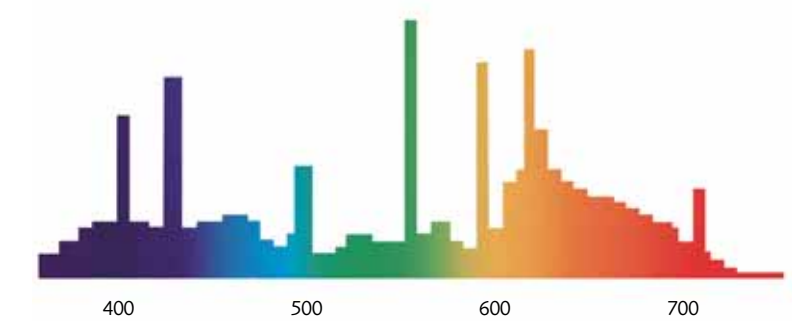
Was hat es überhaupt mit den Fraunhoferschen Linien auf sich? Wie können sie für den Körper von Bedeutung sein, wenn sie mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind? Es lässt sich definitiv sagen, dass Licht nicht nur über das Auge aufgenommen wird. Die menschliche Haut ist lichtdurchlässig. Sogar die kurzen Wellenlängen der UV-Strahlen erreichen jene Hautschichten, in denen die feinen Kapillargefäße gelegen sind. Alle Pigmente

und Moleküle mit chromophoren Gruppen in unserem Körper absorbieren Photonen und geben im Rahmen des Stoffwechsels, der ja von chemischen Reaktionen getragen wird, auch Lichtquanten ab. Jedes einzelne Atom hat eine Eigenschaft, die wir photonischen Metabolismus nennen könnten. Licht ist die Sprache der Materie, Photonen geben über alles Auskunft, was einem Atom oder Molekül widerfährt; jeder Wechsel des Energieniveaus, jede chemische Reaktion führt zu einer Strahlungsaktivität auch im Frequenzbereich des optischen Spektrums.

## Der lichtelektrische Effekt

Erinnern wir uns nun, warum Einstein 1921 den Nobelpreis für Physik erhalten hat – nicht für seine Relativitätstheorie, sondern für die Erklärung des lichtelektrischen Effekts. Dieser Effekt tritt auf, wenn zum Beispiel eine Metallelektrode mit Licht bestrahlt wird. Ist die Quantenenergie des Lichtes groß genug, werden Elektronen aus der Metalloberfläche herausgelöst. Die Geschwindigkeit der freiwerdenden Elektronen hängt hierbei von der Farbe des verwendeten Lichtes ab. Dieser Versuch ist eines der Schlüsselexperimente zur Begründung der Quantenphysik

und tritt sicher nicht nur an Metallelektroden auf. Man beobachtet derartige lichtelektrische Phänomene auch bei Halbleitern und photonischen Kristallen. Es ist somit auch nahe liegend, dass ein ähnlicher Effekt an biologischen Membranen auftreten kann, da diese ja vielfach ebenfalls Halbleitereigenschaften aufweisen und wie photonische Kristalle aus alternierenden Schichten unterschiedlichem optischem Brechungsindex aufgebaut sind. Es ist durchaus denkbar, dass die Linienverteilung im Sonnenlicht in den äußeren Hautschichten des menschlichen Körpers zum Beispiel Einfluss auf die Ionenverteilung an biologischen Membranen nimmt. In den Kapillarschichten der Haut finden in



Entladungslampenspektrum.

erheblichem Umfang Diffusionsprozesse statt, bei denen es wahrscheinlich ist, dass sie von den Spektrallinien eintreffenden Lichts beeinflusst werden: während eine Absorptionslinie die Membranpassage eines Ions erleichtert, wird der Durchtritt durch eine Emissionslinie erschwert. Die Fraunhoferlinien könnten somit eine Sogwirkung für entsprechende Moleküle haben, während die Emissionslinien von Elementen eine Art „Lichtdruck“ ausüben. In jedem Fall stellen die Absorptionslinien im Sonnenlicht eine spezifische Information bezüglich der Verteilung bestimmter chemischer Elemente dar, die Wirkungen auf unseren Stoffwechsel haben können. Während dieser hypothetische Mechanismus zwar noch nicht nachgewiesen ist, ist er doch im Lichte quantenoptischer Forschungsergebnisse durchaus plausibel und würde auch zwanglos erklären können, warum eine gut durchgeführte Heliotherapie, also die medizinische Behandlung mit Sonnenlicht, immer ausgleichend auf den betreffenden Körper wirkt, unabhängig davon, ob es sich bei der Erkrankung um eine Überfunktion oder Unterfunktion von Stoffwechselvorgängen handelt.

## Glühlampen

Es gibt viele verschiedene Arten von Lichtquellen, dieser Artikel behandelt jedoch nur die drei Wichtigsten: Glühlampen, Leuchtstofflampen und LEDs. Wenn wir chronologisch vorgehen, müssen wir mit den Glühlampen beginnen. Einer nicht bewiesenen Legende zufolge entwickelte der deutsche Uhrmacher Heinrich Göbel diese elektrische Lichtquelle im Jahr 1854, sechs Jahre nachdem

er in die USA ausgewandert war, er konnte sie jedoch nicht erfolgreich vermarkten. So dauerte es nochmals 25 Jahre, bis Edison dieses Leuchtmittel nachweislich erfand und ihm zum Durchbruch verhalf. Ohne die Beteiligung eines zweiten Pioniers der Elektrotechnik, Nikola Tesla, wäre dieses Vorhaben jedoch gescheitert: die Glühlampe konnte nur im Verbund mit über weite Strecken transportierbarer Elektroenergie ihren Siegeszug über den Globus antreten. In den ersten Jahrzehnten der elektrischen Beleuchtung hatte niemand ein Problem mit dem einzigen wirklichen Nachteil von Glühlampen – dem hohen Energieverbrauch. Im Gegenteil, die Energieproduzenten waren froh um jeden zusätzlichen Verbraucher, denn sie wollten ja Strom verkaufen. In diesem Sinne war die Glühlampe sogar ideal, denn nur fünf Prozent der eingesetzten Energie strahlt als Licht zurück, der Rest wird in Wärme verwandelt. Die Glühlampe ist übrigens das einzige Leuchtmittel, dessen Strahlung die Bezeichnung „Vollspektrumlicht“ verdient, da sie alle Wellenlängen emittiert, ohne Lücken oder Energiespitzen im Spektrum aufzuweisen. Wenn eine Glühbirne mit Gleichstrom betrieben wird, erzeugt sie ein völlig reines Licht, ohne Modulationsfrequenzen und Flackern.

**Leuchtstofflampen**

Lassen Sie uns nun einen Blick auf Quecksilberdampflampen werfen, die in den dreißiger Jahren die lichttechnische Bühne betraten und sogleich genutzt wurden, um die Vorzüge moderner Technologien während der Weltausstellung in New York plakativ zu demonstrieren. Diese Leuchtstofflampen enthalten Quecksilberatome, die durch Elektronen, die zwischen den Kathoden beschleunigt werden, in einen Anregungszustand versetzt werden. Wenn die angeregten Quecksilberatome wieder in den Grundzustand zurückfallen, emittieren sie Photonen in den quecksilberspezifischen Wellenlängen. Diese Photonen wiederum haben exakt das Energiepotential, um andere Quecksilberatome, denen sie auf ihrem Weg begegnen, ebenfalls in einen

Anregungszustand zu versetzen. Grundsätzlich können nur angeregte Atome in chemische Reaktionen eingetretten. Das Licht aus Fluoreszenzlampen weist in seinem Spektrum also immer die quecksilbertypischen Emissionslinien auf, eine Tatsache, die sogar einer der Väter der so genannten Vollspektrum-Beleuchtung, John Nash Ott, als ein wichtiges Problem ansah, das gegen alle Vorteile dieser Technik abgewogen werden müsse. Heute wissen wir, dass sichtbares Licht über die Haut in den menschlichen Körper gelangt und ohne Probleme das Fettgewebe erreicht; sogar der Schädel und das Gehirn sind für Licht transparent. Das Fett ist die Substanz, in der wir dasjenige Quecksilber wiederfinden, welches über die Nahrung, Atemluft oder durch Amalgamfüllungen in den Zähnen in den Körper gelangt ist. Quecksilber ist ein giftiges Schwermetall, dessen Aufnahme man nicht vermeiden kann und dessen Ausscheidung sehr langsam vonstatten geht. Daher versucht der Körper, es in Gewebearbeiten einzulagern, in denen nur ein geringer Stoffwechselumsatz stattfindet, im so genannten bradytrophischen Gewebe. Daher treten hohe Quecksilberkonzentrationen zum Beispiel in den Fettschichten unter der Haut, in den Haaren und im neuronalen Stütz- und Isolationsgewebe von Gehirn und Nervensystem auf.

Quecksilber-Licht gelangt durch die Haut und Knochen in den Körper und wirkt dem Bestreben des Organismus entgegen, diese belastende Substanz zu entgiften. Während Sonnenlicht mit den Fraunhofer'schen Linien eine Sogwirkung auf die Emissionslinien von Elementen ausübt, üben die Spektrallinien, hier am Beispiel von Quecksilber, einen "Lichtdruck" aus, wirken also genau gegensätzlich. Sonnenlicht wirkt auf die Reagibilität chemischer Elementen dämpfend, Quecksilberlicht hingegen aktiviert Quecksilberatome für chemische Reaktionen.

**Leuchtdioden**

LED-Lichtquellen sind Lumineszenz-Strahlungsquellen, die in verschiedenen Farben erhältlich sind. Sie werden oft als monochromatische Lichtquellen bezeichnet, was jedoch

nicht wirklich stimmt. Je nach Wellenlänge oder Farbe besitzen sie ein mehr oder weniger schmales Spektrum, aber sie strahlen kein monochromatisches Licht aus, wie dies zum Beispiel bei einem Laser der Fall ist. Die Leistung von LED-Lichtquellen verbessert sich in einem rasanten Tempo, so dass davon auszugehen ist, dass diese Technik in Zukunft eine große Rolle auch für allgemeine Beleuchtungszwecke spielen wird, momentan liegt der wichtigste Einsatzbereich jedoch in der ökonomischen Erzeugung von farbigem Licht. Der Vorteil der LEDs liegt in ihrem niedrigen Energieverbrauch, wobei ein gravierender Nachteil hingegen oft in der Art der elektronischen Ansteuerung zu finden ist.

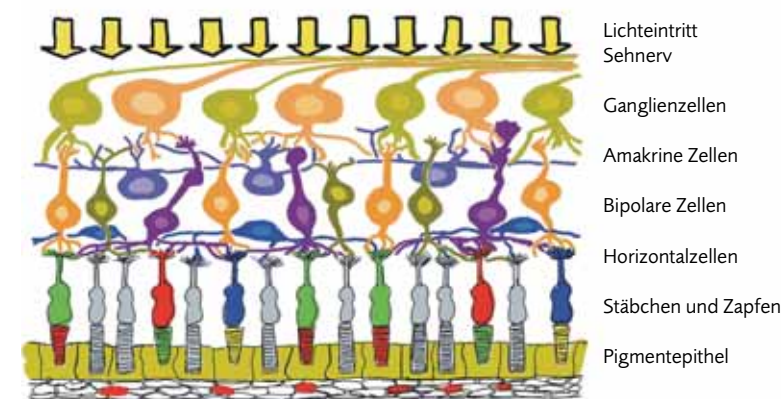
Die sogenannte PWM-Steuerung (Pulsweitenmodulation) ist die gängigste Methode, um die Lichtstärke von zumeist farbwechselnden Produkten zu regulieren und wird oft mit niedrigen Frequenzen (um 100 Hz) betrieben. Da LEDs, ähnlich wie Entladungslampen, keine Trägheit beim Ein- beziehungsweise Ausschaltvorgang zeigen, entsteht selbst noch bei Frequenzen um 500 Hz ein Flackereffekt, der unter bestimmten Bedingungen, besonders bei Augenbewegungen oder im peripheren Gesichtsfeld ins Bewusstsein rückt, vielfach aber nur durch Messungen nachgewiesen werden kann. Flackerndes Licht kann auch bei Frequenzen, die nicht bewusst wahrgenommen werden, zu Kopf-

schmerzen und Unwohlsein führen und sollte daher bei qualitativ hochwertiger künstlicher Beleuchtung nicht auftreten. Obwohl gerade in Bereichen der Fertigung festgestellt wurde, dass Flackerlicht bei sich bewegenden Gegenständen besonders nachteilig ist, macht sich derzeit im Automobilbau (Autos bewegen sich ja auch!) die Unsitte breit, Rücklichter und Armaturenbeleuchtungen mit zu niedrigen Pulsweitenmodulations-Frequenzen zu betreiben, was zu lästigen Stroboskopeffekten führt, die sicher nicht im Sinne der Verkehrssicherheit sind. Die LED-Technologie findet hier auch deswegen Erwähnung, da sie zur Lichtbehandlung der Winterdepression eingesetzt werden kann; blaues

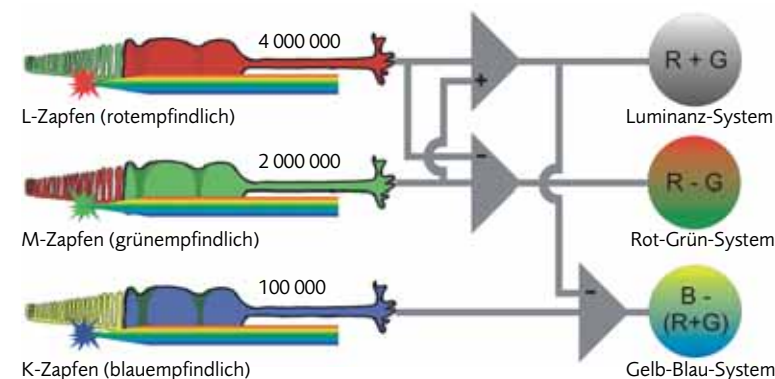
LED-Licht im Bereich von 460 nm ist hierbei weniger belastend, wesentlich energiesparender und selbst bei geringerer Helligkeit deutlich effektiver als weißes Licht aus Leuchtstofflampen, wenn es darum geht, die circadianen Rhythmen über eine Hemmung der Melatoninproduktion zu beeinflussen.

**Energetische Signalwege und Innere Uhr**

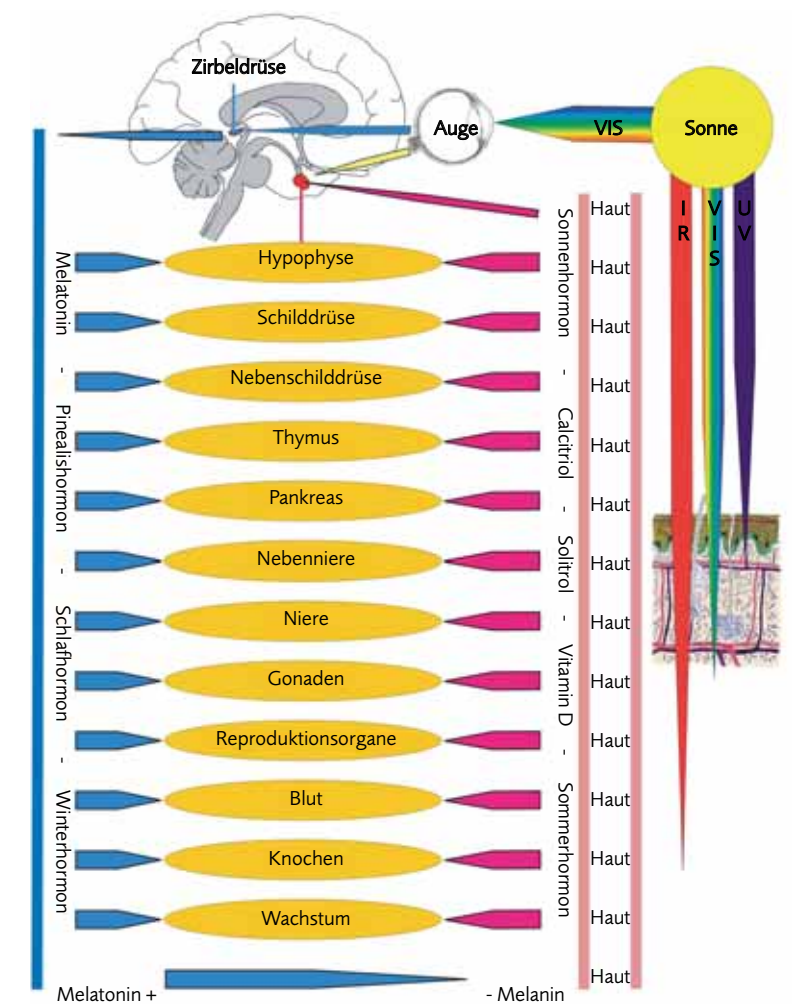
Wenn Licht auf den menschlichen Körper trifft, entfaltet es unterschiedliche Wirkungen; wir nutzen Licht für die zeitliche und räumliche Orientierung, als Energiequelle und zu informativen Zwecken. Unser Körper muss wissen, ob es Tag oder Nacht ist, Sommer oder Winter, ob



Lichtverarbeitende Schichten der Netzhaut.



Prinzipielle Logik der Verschaltung farbempfindlicher Rezeptoren in der menschlichen Netzhaut.



Der Einfluss von Licht auf Haut, Auge und Hormonsystem beim Menschen.

Gefahr droht oder er sich in Sicherheit befindet. Seitdem die Menschen ihren haarigen Pelz abgelegt haben, musste sich der Körper anpassen und eine Reihe spezifischer Lichtreaktionen entwickeln, um die nackte Haut in die Lage zu versetzen, mit der Sonnenwirkung umzugehen. Dazu mussten Haut, Auge, Gehirn und Hormonsystem miteinander koordiniert und in ihren Lichtreaktionen aufeinander abgestimmt werden. Dies geschieht über den retino-hypothalamischen Trakt, eine Nervenbahn, die die Netzhaut des Auges mit dem Hypothalamus verbindet. Die Aufgabe des Hypothalamus ist die Koordination von Nervensignalen und Hormonausschüttung im Rahmen der Kontrolle des autonomen Nervensystems, also dem Teil, der die überlebenswichtigen Körperfunktionen regelt, die glücklicherweise auch dann funktionieren, wenn wir nicht daran denken. Zur hormonellen Kontrolle des Organismus stehen zwei antagonistische Drüsen im Dienst des Hypothalamus, nämlich die Hypophyse und die Zirbeldrüse. Während die Hypophyse mit dem Hypothalamus auch in direkter räumlicher Verbindung steht und hauptsächlich Aktivierung, Stressreaktionen und Sexualfunktionen steuert, ist die Zirbeldrüse über kompliziertere Signalstrecken mit diesem verschaltet und steuert Erholungsfunktionen und Schlaf. Während man noch vor einem Jahrzehnt davon ausgegangen war, dass nur die Helligkeitswerte, die auf der Netzhaut des Auges auftreten, für die Steuerung der circadianen Funktionen und der Inneren Uhr verantwortlich zeichnen, hat die Entdeckung eines neuen Rezeptorsystems in der Netzhaut des Auges in den letzten Jahren Furore gemacht. Es handelt sich dabei um Ganglienzellen, die ein Pigment namens Melanopsin beinhalten, das im Blaubereich um 460 nm Wellenlänge sensibel ist. Zu der Umgebungshelligkeit kommt nach den Ergebnissen der neuesten Forschungen also noch der Blaugehalt hinzu, der ebenfalls vom Gehirn ausgewertet wird, um sich einen Eindruck über die Lichtbedingungen in der Außenwelt zu verschaffen. Die Forscher haben offenkundig ein Detektorsystem im

menschlichen Auge entdeckt, das in der Lage ist, die Farbtemperatur im Umgebungslicht zu ermitteln. Auch wenn sich die Lichttechnik in den letzten fünf Jahren in diesem Zusammenhang hauptsächlich der Zirbeldrüse und dem von ihr produzierten Melatonin gewidmet hat, darf man nicht vergessen, dass auch die Funktionen der Hypophyse lichtgesteuert und dem Melanopsin-Rezeptorsystem angekopelt sind. Jeder Lichtreiz, der die Zirbeldrüse beeinflusst, hat zuerst auch Auswirkungen auf die Hypophyse, denn beide Drüsen sind die Effektoren eines antagonistischen Systems und man begehrt einen Fehler, wenn man versucht, ein solches System in seine Bestandteile aufzulösen und diese isoliert zu betrachten.

**Blaues Licht ist anders**

Blaues Licht spielt im Auge eine ganz besondere Rolle. Beim Sehvorgang behindert blaues Licht scharfes Sehen aufgrund der chromatischen Aberration der optischen Medien des Auges, daher bedient sich die Natur einiger Tricks, um uns dennoch einen scharfen Blick zu ermöglichen. So werden beispielsweise überschüssige Blauanteile in der Stelle des schärfsten Sehens durch das gelbe Pigment Lutein ausgefiltert, zudem sind die Rezeptoren für Blau kaum im Gelben Fleck selbst, sondern eher in dessen Peripherie zu finden. Insgesamt gibt es in der Netzhaut nur etwa 100.000 Rezeptoren für Blau, jedoch zwei Millionen Grün- und vier Millionen Rot-Rezeptoren. Während blaues Licht den eigentlichen Sehvorgang behindert, hat es den stärksten Einfluss auf die hormonellen Regelvorgänge, die sich im Rahmen circadianer und jahreszeitlicher Anpassung vollziehen. Im Jahreslauf verändert sich das Sonnenlicht am stärksten in den Randbereichen des Spektrums, besonders bezüglich Blau- und UV-Gehalt. Während wir die Wärmeanteile der Strahlung unmittelbar spüren und darauf reagieren können, trifft dies für den UV-Anteil so nicht zu. Wenn wir hier etwas spüren, ist es für eine Reaktion meist schon zu spät. Die Evolution hat sich zur Sicherung menschlichen Überlebens einen



Kunstgriff ausgedacht, um aus der Ermittlung sichtbarer Blauanteile im Sonnenlicht auf den Gehalt an Ultraviolett zu schließen, denn im Sonnenlicht hängen Blau und UV über die Beziehung der Strahlungsverteilung eines Schwarzen Körper zusammen. Wir haben es hierbei wieder mit einem cleveren System zu tun, das unter der Annahme, Licht sei immer wie Sonnenlicht zusammengesetzt, aus der Messung des Blauanteils auf den Ultraviolettgehalt extrapoliert. Hohe UV-Anteile im umgebenden Licht haben gravierende Auswirkungen für den Organismus. Schon 20 Minuten Sonnenlicht, auf den ganzen Körper einwirkend, bilden bis zu 25.000 internationale Einheiten des Sonnenhormons Vitamin D, während zugleich die meisten Hypophysenhormone, die im Blut zirkulieren, von der UV-Strahlung angegriffen und zum Teil abgebaut werden; die UV-Strahlung sorgt außerdem für eine Hautentzündung, die sich bei entsprechend langer Einwirkung als Sonnenbrand bemerkbar macht. Würde der Körper einfach abwarten, bis sich all diese Wirkungen eingestellt haben, bevor er Gegenmaßnahmen ergreift, kämen diese nicht nur zu spät, sondern es würde dieses Abwarten auch dem Zweck jeder circadianen Steuerung widersprechen. Die circadianen Funktionen haben ja gerade den tieferen Sinn, bestimmte Ereignisse und Konsequenzen vorherzusehen, um angemessen und gegebenenfalls auch schnell agieren zu können. Im Fall der Lichtreaktionen sehen die Aktivitäten kurz zusammengefasst so

Tabelle 1: Wirkungen von Sonnenlicht und künstlichem Licht auf den Menschen

Sonnenlicht (5.700K)			
Wirkort	ACTH	Stereoid	Vitamin D
ZNS	↑	↑	-
Haut	↓	↓	↑
Künstliches Licht (5700K)			
Wirkort	ACTH	Stereoid	Vitamin D
ZNS	↑	↑	-
Haut	-	-	-

ACTH = Adrenocorticotrophes Hormon (Stresshormon-Cocktail),  
ZNS = Zentrales Nervensystem

aus, dass Hypophysenhormone verstärkt ausgeschüttet werden müssen, um den höheren Bedarf abzudecken und die Bildung von Melatonin in der Zirbeldrüse gestoppt werden muss, da es ein Gegenspieler des Sonnenhormons Vitamin D und der Stresshormone und Sexualhormone ist.

#### Kunstlicht trickst das Gehirn aus

So gut dieses System der extrapolativen Messung im Sonnenlicht funktioniert, so nachhaltig wird es von vielen künstlichen Lichtquellen getäuscht und fehlgeleitet. Die hohe Farbtemperatur zeitgemäßer Quecksilberdampf-Entladungslampen und Weißlicht-LEDs sagt aufgrund einer vereinfachten Definition der Farbtemperatur durch die CIE-Norm 1931 nichts über den Gehalt bzw. das Fehlen von UV-Strahlung aus und wird damit den lichtbiologischen Ansprüchen nicht gerecht. Während derzeit ein Trend zu beobachten ist, eine hohe Farbtemperatur

mit gesundem Licht gleichzusetzen, so lassen die physiologischen Zusammenhänge Anderes vermuten. Es trifft wahrscheinlich sogar das Gegenteil zu: je höher die Farbtemperatur, desto schädlicher ist das Licht. Der Mechanismus ist folgender: dem Auge wird über den hohen Blauanteil das Vorhandensein hoher Konzentrationen von UV-Licht in der Umgebung suggeriert, was die Reaktionskaskade auf hormoneller Ebene mit Erhöhung der Hypophysenhormone und Unterdrückung der Melatoninbildung triggert. Es vollzieht sich eine Anpassung an Bedingungen, die tatsächlich nicht gegeben sind. Solche Fehlanpassungen führen zu Verschiebungen und Störungen im Hormonhaushalt, die sich dann besonders langfristig über die begünstigte Entstehung bestimmter Krankheitsbilder bemerkbar machen. So fördern die Stresshormone der Hypophyse etwa Herz-Kreislauferkrankungen, Fettstoffwechselerkrankungen, Diabetes

und Immunstörungen, während die Erhöhung von Östrogen zum Beispiel die Bildung von Brustkrebs begünstigt. Die folgende Tabelle zeigt einige hormonelle Synthese- und Abbauvorgänge in Gehirn und Haut unter dem Einfluss von Sonnenlicht und Quecksilberdampf-Licht mit numerisch gleicher Farbtemperatur.

#### Gesundes Licht

Es ist gut, dass wir nicht auf die Erfindungen von morgen warten müssen: vielmehr können wir direkt damit beginnen, die künstliche Beleuchtung zu verbessern, sofern wir die chronobiologische Wirkung der verschiedenen Lampenarten berücksichtigen. Der Ausdruck „chronobiologisch wirksam“ ist, wie wir gesehen haben, keineswegs mit gesund gleichzusetzen, daher ist es je nach Einsatzbereich oftmals besser, chronobiologisch neutrale Lichtquellen zu verwenden. Als Faustregel kann man sagen, dass Quecksilberlampen und weiße LEDs vermieden werden sollten, da beide Lichtquellen hohe Farbtemperaturen aufweisen und somit eine hohe circadiane Effizienz zeigen. Ein weiterer Hinweis für unnatürliches Licht ist der Unterschied zwischen angegebener Farbtemperatur und tatsächlicher Temperatur, über die die zweite Tabelle Aufschluss gibt. Je stärker eine künstliche Weißlichtquelle von der Spektralverteilung eines Schwarzen Strahlers abweicht, desto problematischer ist sie in Bezug auf die zu erwartenden biologischen Wirkungen beim Menschen.

Tabelle 2: Eigenschaften künstlicher Lichtquellen

Eigenschaften künstlicher Lichtquellen			
Art der Lichtquelle	Farbtemperatur in Grad Kelvin	Reale Temperatur in Grad Celsius	Chronobiologische Wirksamkeit
Rote LED	1.000	< 100	---
Orange LED	1.500	< 100	--
Gelbe LED	2.000	< 100	-
Kerze	1.500	1.230	-
Glühlampe	2.000 - 2.600	1.730 - 2.330	0
Halogenglühlampe	2.600 - 3.300	2.330 - 3.030	+
Leuchtstofflampe	2.700 - 4.000	< 100	++
Vollspektrumlampe	4.000 - 6.000	< 100	+++
Weißer LED	4.500 - 10.000	< 100	++++
Blaue LED	> 12.000	< 100	+++++

## Internationale Beleuchtungsmesse

Ein einzigartiger Moment für das Licht für alle, die Licht machen und für diejenigen, die von Licht leben

gleichzeitig mit dem

Salone Internazionale del Mobile  
Internationale Einrichtungszubehörmesse  
SaloneSatellite

Neues Mailänder Messegelände, Rho

Cosmit spa  
Foro Buonaparte 65  
20121 Milano, Italien  
+ 39 02725941  
+ 39 0289011563 fax  
www.cosmit.it  
e-mail info@cosmit.it

fieramilano



FIERA MILANO

# 18/23-04-07

# Light for all