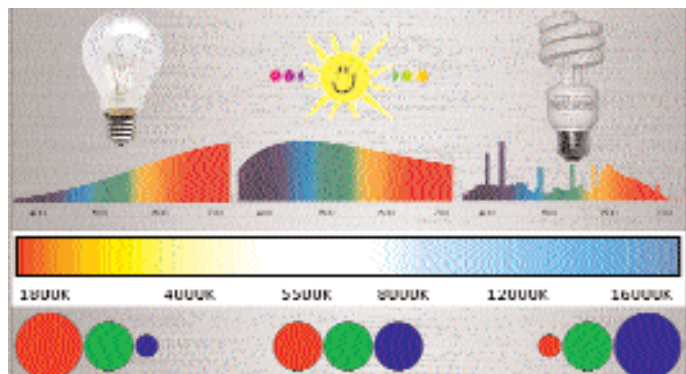


Glühlampenlicht und Gesundheit

Ein medizinisches Plädoyer für gesundes Licht

Li9T10_Wunsch_hö

Alexander Wunsch



1 Spektrale Strahlungsverteilung von Glühlampe, Sonnenlicht und Energiesparlampe.

1 Einleitung

Die Tage der Glühlampe sind gezählt – das prophezeien zumindest Politik, Umweltorganisationen und Lichttechniker in diesen Zeiten einstimmig. Aber handelt es sich dabei wirklich um einen Fortschritt auf ganzer Ebene, oder gibt es vielleicht Aspekte, die in der Argumentation bisher vernachlässigt wurden? Ist die Energieeffizienz eines Leuchtmittels der einzige Parameter, der in Betracht gezogen werden soll, oder gibt es andere Eigenschaften von Licht, z.B. in der spektralen Energieverteilung, die bei einer solchen Entscheidung ebenfalls eine Rolle spielen müssen? Tragen Energiesparlampen ihren Namen überhaupt zurecht und sind Glühlampen wirklich nur reine Energieverschwender? Das alles sind Fragestellungen, deren Beantwortung einiges Wissen voraussetzt, will man seriös dazu Stellung nehmen. Die Diskussion wurde schon in den vergangenen Jahren recht einseitig geführt, da die Stimme der Lichtindustrie sehr mächtig ist, wohingegen der Verbraucher meist zu wenig Wissen besitzt, um sein Gefühl auch zu begründen oder zu artikulieren. Fakt ist jedenfalls, dass die Interessen der Lichtindustrie und der Verbraucher in der Frage »Energiesparlampen – ja oder nein?« diametral entgegengesetzt positioniert sind: Die Industrie will die Energiesparlampen verkaufen, der Verbraucher tut sich hingegen schwer, dies zu akzeptieren, da ihm das Licht aus Glühlampen einfach besser gefällt. Wäre dies nicht so, könnte man sich die massiven Werbekampagnen für die Energiesparlampe, die seit vielen Jahren geführt werden, schließlich sparen. Der Druck auf den Bürger, der weiter die Glühlampe verwenden will, nimmt jedoch immer mehr zu, denn nun wird er als Umweltsünder gebrandmarkt, wenn er weiter auf seine innere Stimme hört, die ihm sagt: »Glühlampenlicht ist doch viel gemütlicher und angenehmer«. Die Entscheidung spitzt sich dahingehend zu, dass ihm von Umweltorganisationen, Politik und Lampenherstellern suggeriert wird, er solle das Weltklima gefälligst nicht seinem Hang zur Gemütlichkeit opfern.

2 Was ist ein natürliches Spektrum?

Es gibt in der Natur zwar verschiedene Arten der Lichterzeugung, z.B. Biolumineszenz, Chemolumineszenz, Polarlichter usw., diese sollen hier jedoch nicht besprochen werden, da sie für die meisten Lebensvorgänge nicht relevant sind. Die wichtigste natürliche Lichtquelle für den Menschen ist die Sonne, danach kommt das Feuer, das die menschliche Entwicklung seit etwa 1,5 Millionen Jahren

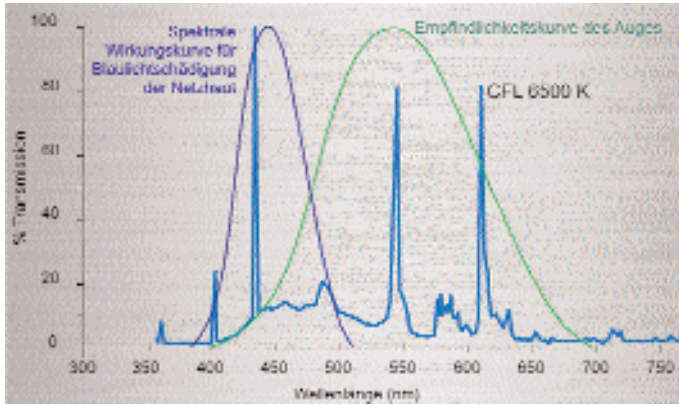
ebenfalls begleitet hat. Diese Lichtquellen unterscheiden sich zwar in der Spektralverteilung, haben jedoch auch Vieles gemeinsam: Beide weisen sie ein natürliches Spektrum auf, denn sie liegen auf der Planck'schen Strahlungskurve. Diese Kurve definiert die temperaturabhängige Strahlungsverteilung, wie sie bei einem Schwarzen Körper beobachtbar wäre. Der Schwarze Körper ist eine Idealvorstellung, die zwar in der Realität nicht exakt nachzubilden ist, dennoch folgen diesem Prinzip eine Reihe von Lichtquellen in ihrem Strahlungsverhalten mit guter Annäherung, darunter eben Sonne, Feuer, Kerze, Glühlampe und Halogenleuchte.

Das Praktische an diesem natürlichen Strahlungsverlauf ist die Eindeutigkeit: Kennt man die Temperatur einer solchen Lichtquelle, kennt man auch die Art der elektromagnetischen Strahlung, die sie abgibt und kann z.B. ausrechnen, wieviel Prozent der Strahlung im UV-, im sichtbaren und im Infrarot-Bereich liegen. Abbildung 1 stellt die Spektren von Glühlampe, Sonnenlicht und Kompaktleuchtstofflampe nebeneinander dar.

3 Warmton = gemütlich?

Die Glühlampe macht ein warmes, gemütliches Licht – »das kann die Energiesparlampe doch auch!« So lautet die Aussage derer, die sich in diesen Tagen für die Abschaffung der Glühlampe stark machen. Kompaktleuchtstoff-Lampen gibt es schließlich in verschiedenen Lichtfarben – wem also das Standardmodell ein zu kühles Licht erzeugt, dem bietet sich die Warmton-Variante an. Doch vergleicht man die Spektren der Glühlampe und der Warmton-Energiesparlampe, erkennt man sofort, dass hier ein gewaltiger Unterschied besteht. Nach der Theorie der Internationalen Beleuchtungskommission sollte das menschliche Auge zwar nicht in der Lage sein, diesen Unterschied wahrzunehmen – jedoch grau ist alle Theorie, oftmals gar fernab der Wirklichkeit. Numerisch haben beide Lichtquellen die gleiche Farbtemperatur, nämlich 2700 Kelvin, wo liegt also das Problem? Es fängt damit an, dass es zwei unterschiedliche Arten gibt, die Farbtemperatur zu messen: Entweder so, wie es in der Physik üblich ist, in Form einer kontinuierlichen Messung über den gesamten interessierenden Spektralbereich, oder aber so, wie es in der Lichttechnik seit 1931 üblich ist, in Form einer Dreibereichsmessung, der Festlegung des Normbetrachters folgend. Dieser Normbetrachter hat laut Definition bei drei Wellenlängen die höchste Empfindlichkeit für Farbsehen, und zwar bei 700 nm für Rot, 546,1 nm für Grün und 435,8 nm für Blau. Die beiden letzten Wellenlängen sind hierbei auf zwei Spektrallinien von Quecksilber einjustiert, womit man eigentlich sagen kann, dass der Normbetrachter zu 66 Prozent auf Quecksilber geeicht ist. Alles in allem kann man sehen, dass das auf dem Normbetrachter beruhende System nach CIE1931 sehr viele Vereinfachungen enthält.

Alexander Wunsch, Humanmediziner,
Heidelberg; www.lichtbiologie.de
Abbildungen: Alexander Wunsch



2

chungen und Eingeständnisse in sich birgt. Es verwundert daher nicht, wenn es sich aus medizinisch-biologischer Sicht nicht dazu eignet, Lichtquellen so zu beschreiben, dass die physiologischen Reaktionen und Wahrnehmungen vollumfänglich damit erfasst werden können. Solange jemandem klar ist, dass die Angabe einer Farbtemperatur auf der Verpackung einer Leuchtstofflampe nichts über die biologische Qualität des damit erzeugten Lichtes aussagt, gibt es auch kein Problem. Sobald aber die korrelierte Farbtemperatur dazu verwendet wird, jemandem zu erklären, die Spektren einer Glühlampe und einer Sparlampe mit Warmton seien vergleichbar, beginnt die Irreführung, weil praktisch Äpfel mit Birnen verglichen werden. Der Gipfel der Irreführung wird dann erreicht, wenn Quecksilberlicht als gesundes »Bio-Licht« vermarktet wird. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Spektren von zwei modernen hochpreisigen Energiesparlampen aus dem Baumarkt, wobei jeweils die Empfindlichkeitskurve des Auges in Grün und die spektrale Wirkungskurve für Blaulichtschädigung der Netzhaut in Blau mit eingezeichnet ist. Die Spektralmessungen wurden mit einem MCS 210 der Firma Zeiss durchgeführt.

4 Farbwiedergabe

Ein weiterer Wert, der nicht vertrauenswürdig ist, ist der Farbwiedergabeindex. Hier wird unter anderem davon ausgegangen, die Farbwiedergabe des Auges sei konstant, was natürlich nicht stimmt. Während Glühlampen tatsächlich eine gute Farbwiedergabe ermöglichen, wird oftmals behauptet, das eher rötliche Licht stünde einer guten Farbdarstellung entgegen. Wer so argumentiert, vernachlässigt, dass das Auge unwillkürlich eine Art automatischen Weißabgleich durchführt. Dies kann jeder selbst beobachten, der nächtens auf der Autobahn in den Rückspiegel schaut: solange kein Xenon-Scheinwerfer zum Vergleich existiert, erscheinen die normalen Halogenscheinwerfer nachfolgender Fahrzeuge weiß – erst im

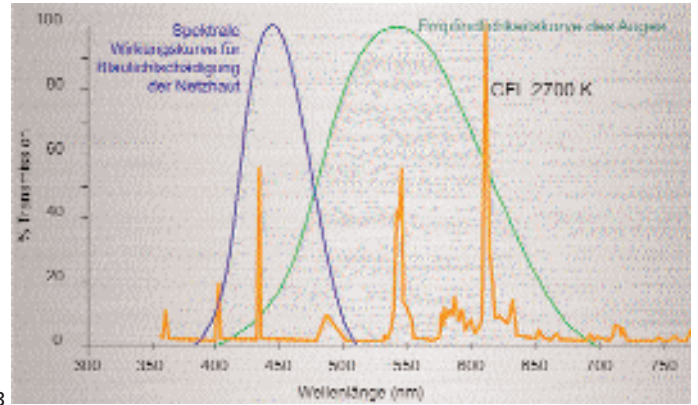
direkten Vergleich mit einer bläulichen Lichtquelle wirkt das Licht von Standard-scheinwerfern gelblich. Fazit: Die Farbtemperatur spielt für die Farbwahrnehmung keine große Rolle, da das Auge dies ausgleichen kann. Bleibt noch die spektrale Verteilung, die einen wesentlich größeren Einfluss auf die korrekte Farbwiedergabe hat: Pigmente können nur zurückstrahlen, was im Licht auch vorhanden ist. Hier müssen also alle Lichtquellen, die ein Linienspektrum aufweisen, systembedingt schlechter abschneiden als ein Leuchtmittel mit kontinuierlichem Spektralverlauf. Nun ist die Glühlampe das einzige Leuchtmittel, das die Bezeichnung »Vollspektrum« für den Bereich des sichtbaren Lichtes verdient hat, daher bietet sie auch die besten Voraussetzungen für eine natürliche Farbwiedergabe. Abbildung 4 macht deutlich, dass von der LED bezüglich Farbwiedergabe derzeit keine Wunder erwartet werden dürfen.

5 Vollspektrum-Licht

Die Bezeichnung »Vollspektrumlampe« kommt nicht etwa daher, dass ein solches Leuchtmittel tatsächlich ein volles Spektrum erzeugen würde: Davon kann man sich leicht durch einen Blick in ein Spektroskop überzeugen. Diese Benennung geht vielmehr auf einen Irrtum zurück, der sich nur etablieren konnte, weil das System der melanosinhalten Ganglienzellen der Netzhaut und dessen Einfluss auf das Hormonsystem noch unbekannt war. Das Siegel »Vollspek-

4 Spektrum einer Weißlicht-LED mit starker Betonung im kurzwelligen Bereich.

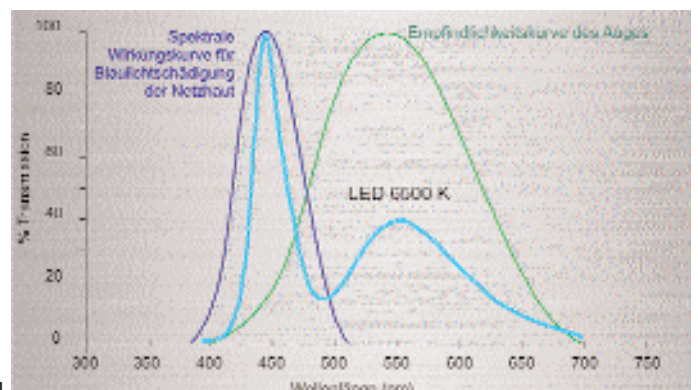
3



2 Spektrum einer Kompaktleuchtstofflampe mit der Bezeichnung »Nature Color« mit einer Farbtemperatur von 6500 K und einem angeblichen Farbwiedergabeindex von RA (92), laut Herstellerangaben auch für »Therapeutische Anwendungen« geeignet, allerdings ohne therapeutische CE-Kennzeichnung.

3 Kompaktleuchtstofflampe des selben Herstellers in »Warmton 2700 K«.

trum« bezog und bezieht sich bei Quecksilberdampflampen auf einen zusätzlichen Strahlungsanteil im Ultraviolettbereich A. Dies ist jedoch ein Widerspruch in sich, denn für das Auge sind Ultraviolett-Anteile nicht nur nutzlos, sondern sogar schädlich, da sie die Entstehung des Grauen Stars fördern. Für die Haut sind die UVA-Anteile ebenfalls problematisch, da sie zwar das Bindegewebe und Hautzellen schädigen, ohne jedoch zu einer Produktion des wichtigen Sonnenhormons, das besser als Vitamin D bekannt ist, beizutragen. Hierzu wären nämlich stärkere Anteile von UVB erforderlich, besonders im Bereich zwischen 290 und 320 nm Wellenlänge, was aber nicht der Fall ist. Da die »Vollspektrum«-Lampen neben einem höheren UVA-Anteil auch eine höhere Farbtemperatur aufweisen, lassen sich Effekte, die man in früheren Untersuchungen beobachtet und als positiv interpretiert hat, aus heutiger Sicht eher mit dem erhöhten Blauanteil erklären, der bei solchen Leuchtmitteln ebenfalls vorhanden ist. Ob die Effekte aber auf lange Sicht betrachtet wirklich positiv sind, sei noch dahingestellt. Man kann mit Licht ein Doping erreichen, das sich über die



4

Aktivierung der Hypophyse bei gleichzeitiger Dämpfung der Zirbeldrüse vollzieht. Hierbei handelt es sich jedoch um einen schwerwiegenden Eingriff in das Hormonsystem, der den Organismus unter Dauerstress setzt. Die systemische Stressreaktion führt naturgemäß zu kurzfristigen Verbesserungen in der Performance, ob man nun Schüler, Fabrikarbeiter oder Legehennen untersucht: Ein Hormoncocktail aus der Hypophyse sorgt dafür. Wäre dies jedoch auch langfristig so gesund, wie es in der ersten Phase der Anpassung anmutet, dürfte die Gesellschaft nicht immer kränker werden, je mehr sie dem Quecksilberlicht ausgesetzt ist.

6 Biologische Besonderheiten

Licht hat nicht nur positive Wirkungen, es kann auch toxisch, also giftig sein. Seit Paracelsus wissen wir, dass allein die Dosierung festlegt, ob ein Ding ein Gift sei – *dosis sola facit venenum*. Nun gilt diese Aussage in erster Linie für biologische Systeme, die man in der Betrachtung strikt von physikalischen Systemen trennen muss. Zwischen Physikern und Biologen wie auch zwischen Lichttechnikern und Medizinern können leicht Missverständnisse entstehen, da sie fachgebunden von unterschiedlichen Voraussetzungen ausgehen müssen: Maschinen können sich (noch) nicht selbst reparieren, Zellen und Organismen hingegen schon. Während in der rein physikalischen Welt der beobachtbare Schaden eindeutig mit dem schädigenden Einfluss zusammenhängt, verhält es sich in biologischen Systemen, die zur Selbstreparatur fähig sind, grundlegend anders: Der beobachtbare Schaden ergibt sich aus der Schädigung abzüglich der stattgefundenen Reparatur! Als Gleichung würde das so aussehen:

Schaden = Schädigung – Reparatur

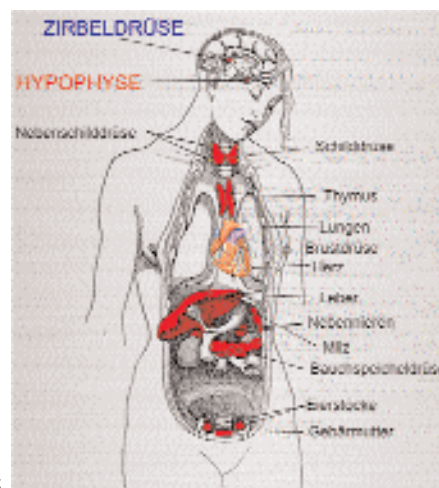
Daraus folgt, dass man sämtliche Reparaturmechanismen und deren Umfang genau kennen muss, wenn man ein Schädigungspotenzial ermitteln will. Da sich die Reparaturmechanismen in vielen Fällen z.B. auf der Ebene der genetischen Ausstattung bewegen, wird hier schon ersichtlich, dass sehr viele Risikoabschätzungen nicht zuverlässig durchgeführt werden können, da nicht alle

Variablen bekannt sind. Während z.B. die Handy-Industrie sich in diesem Rahmen nur auf tatsächlich innerhalb einer überschaubaren Zeitspanne auftretende Störungen stützt (in der Manier von Physikern), halten ihnen die Kritiker Zellversuche entgegen, die sehr wohl negative Einflüsse erkennen lassen (bei Zellkulturen finden weniger Reparaturvorgänge statt als in komplexen Organismen). Beide Positionen kämpfen dann meist so lange ergebnislos gegeneinander, bis man nach einigen Jahrzehnten die epidemiologischen Daten hinzuziehen kann – für alle in dieser Zeitspanne Erkrankten kommt dies jedoch zu spät, verstreichen doch bei vielen Krebsarten zwischen der ersten Zellentartung und dem Auftreten des Tumors zwischen zehn und 20 Jahren. In diesem Szenario kommt erschwerend hinzu, dass die Mediziner seit geraumer Zeit nicht mehr in der Kunst des Heilens unterwiesen werden, sondern angehalten sind, streng wissenschaftlich, also eher physikalisch orientiert, zu arbeiten und zu denken – mit der Konsequenz, dass die Biologische Gleichung in ihren Betrachtungen in den Hintergrund zu treten droht. Dazu passt ein Zitat von Thure von Uexküll: »Die Physiker glauben längst wieder an den lieben Gott – nur die Mediziner glauben noch an die Physiker.«

7 Licht als Gift

Die toxischen Wirkungen von Licht kann man somit am besten entweder aus Zellversuchen oder aus epidemiologischen Ent-

wicklungen ablesen, sofern es sich nicht um eindeutige Sofortwirkungen handelt, wie man sie z.B. im Rahmen eines Sonnenbrandes beobachtet. Da sich moderne Zivilisationen in erster Linie unter Kunstlicht aufhalten (> 95 Prozent der Zeit), stellt sich als erste Frage, ob man die Sonne wirklich als den einzigen entscheidenden Faktor gelten lassen kann. Dies ist aber seit vielen Jahren guter Brauch auch unter Medizinern, bei lichtbedingten Schäden zuallererst die Sonne zu bezichtigen. Das geschieht z.B. im Zusammenhang mit Hautkrebs, bei der Entwicklung von Grauem Star und bei der Entstehung der AMD (altersbedingte Makuladegeneration), von der mittlerweile über 30 Prozent der über 65-jährigen Bevölkerung in Industrienationen betroffen ist. Die Sonne erfährt in den letzten Jahren eine Art Freispruch, da sich die Erkenntnisse bezüglich ihrer gesundheitsfördernden Wirkungen deutlich mehrten. Die Rolle, die das Kunstlicht für unsere Gesundheit spielt, ist dagegen erschreckend wenig untersucht, wenn man bedenkt, dass es sich um den bei weitem dominierenden Lichteinfluss handelt. Hierbei fehlen insbesondere Untersuchungen, die die Wirkung von Entladungslampen auf Quecksilberbasis den Wirkungen von Glühlampen gegenüberstellen. Da es hier kaum Untersuchungen gibt, macht es Sinn, über epidemiologische Betrachtung der Fragestellung näher zu kommen. Wenn also das Quecksilberlicht so gesund wäre, dann sollte man erwarten, dass typische zivilisationsbedingte Erkrankungen in ihrem Fortschreiten zumindest stagnieren – das Gegenteil ist jedoch der Fall. Genau diejenigen Erkrankungen, die auf Störungen des Hormonhaushaltes zurückzuführen sind, wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes oder Krebs, nehmen immer mehr zu. Was ebenfalls immer mehr zunimmt, ist die Verbreitung von Quecksilberdampf-Entladungslampen in allen erdenklichen Formen. Was hingegen immer mehr abnimmt, ist die Verwendung von Glühlicht. Dies allein wäre natürlich noch kein Grund, hier einen Zusammenhang konstruieren zu wollen. Es sind aber in den vergangenen Jahren Erkenntnisse hinzugekommen, die einen Zusammenhang dennoch nahe legen: Einerseits wurde ein Rezeptorsystem im Auge ent-



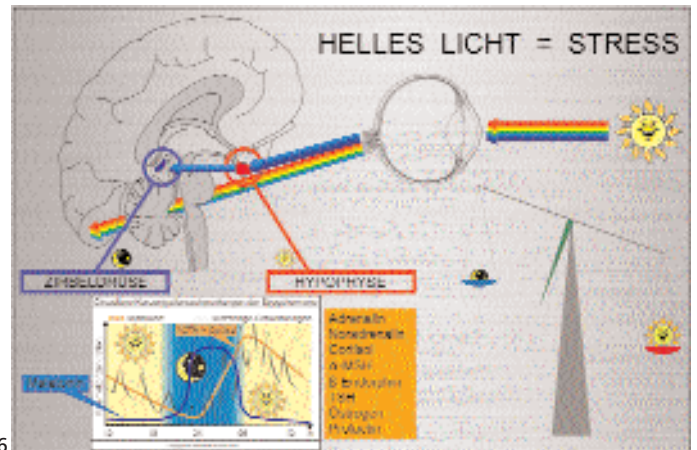
5 Lichtabhängige Organe und Drüsen.

deckt, das auf den Blaugehalt von Licht empfindlich reagiert [1, 2], andererseits wurden Studienergebnisse veröffentlicht, die auf eine mögliche Verbindung zwischen Kunstlicht und Brustkrebsentstehung hinweisen [3, 4]. Weitere Verdachtsmomente bestehen auch für einen Zusammenhang mit der Entstehung von Dickdarm- und Prostata-Krebs. Abbildung 5 zeigt die lichtabhängigen Organe und Drüsen im Körper, die unter der Kontrolle von Zirbeldrüse und Hypophyse stehen.

8 Hormonaktives Licht

Dass Licht auf den Hormonhaushalt wirkt, weiss man seit der Entdeckung der ersten Hormone. Schon im Jahre 1925 beschrieb R. Greving erstmals ein Nervenfaserbündel [5], das heute als retino-hypothalamischer Trakt bekannt ist, in dem Lichtsignale von der Netzhaut zum Hypothalamus und zur Hypophyse geleitet werden. Obschon in den darauf folgenden Jahrzehnten weitere Forscher – Frey (1935 - 1955), Becher (1955), Knoche (1956), Blumcke (1958) und andere – mit gleichlautenden Ergebnissen aufwarten konnten, dauerte es bis in die 1970er Jahre, bis die Existenz des retino- hypothalamischen Traktes durch autoradiografische und elektronenmikroskopische Untersuchungen so sicher nachgewiesen worden war, dass sie nicht weiter bezweifelt werden konnte und schließlich anerkannt werden musste. Diese in Rede stehende Nervenverbindung zwischen der Netzhaut und dem Hypothalamus birgt einiges an pathophysiologischer Sprengkraft, schließlich ist der Hypothalamus die zentrale Schaltstelle, von der vegetative Nervenimpulse und Hormonsignale ihren Ausgang nehmen [6]. Für die Hormonseite ist die Hypophyse verantwortlich, die als Hirnanhangdrüse am Hypothalamus hängt. Betrachtet man die Reihe der Hormone, die über die Hypophyse reguliert werden, so wird verständlich, warum sich die Lichtindustrie diesen physiologischen Signalweg, der anatomisch den Zusammenhang zwischen Licht und Lebensfunktionen beschreibt, nur ungern auf die Werbeflächen schreiben würde, wenngleich sie die produktionsfördernden Eigenschaften hellen Lichtes gerne propagiert: Schilddrüsenhormone, Stresshormone, Mineral- und Glucocortico-

6 Der Blauanteil in hellem Licht sorgt für eine hormonell gesteuerte Stressreaktion über eine Stimulation der Hypophyse und über eine Dämpfung der Melatoninproduktion in der Zirbeldrüse.

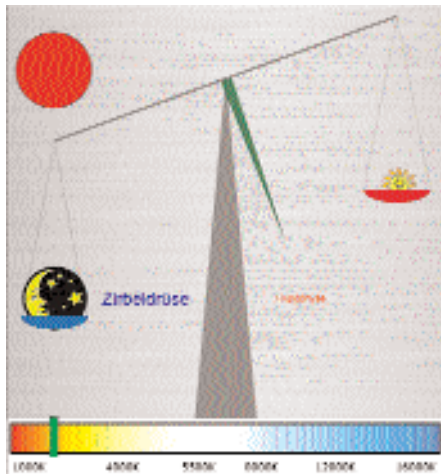


ide, blutdruckwirksame Substanzen und Hormone zur Regulation des Wasserhaushaltes, Sexualhormone – die Liste der Stoffe, die die Hypophyse ausschüttet, ist nicht nur lang, sondern macht auch nachdenklich. Jedwede Zivilisationskrankheit, die heute eine wichtige Rolle spielt, geht mit der Störung eines oder mehrerer Hormone aus der vorangegangenen Aufzählung von Hypophysenhormonen einher: Störungen der Schilddrüsenhormone führen zu Schilddrüsenerkrankungen; Sexualhormone z.B. sind bei der Entstehung von Brustkrebs und anderen Krebserkrankungen beteiligt; Stresshormone wie Adrenalin und Noradrenalin lassen den Blutdruck steigen und führen bei Erhöhung auf lange Sicht zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen; Cortisol, das auch als Stresshormon bezeichnet wird, wirkt auf den Blutzuckerspiegel, dämpft die Immunabwehr, fördert bei länger andauernder Erhöhung also die Entstehung chronisch entzündlicher Erkrankungen und begünstigt die Entstehung von Osteoporose und Diabetes.

Cortisol und Adrenalin/Noradrenalin entstehen aus ACTH, dem Adrenocorticotropen Hormon, das in der Hypophyse gemeinsam mit MSH, dem melanozyten-stimulierenden Hormon, aus POMC (pro-opio-Melanocortin) gebildet wird. Eine Erhöhung des MSH hat nicht nur eine vermehrte Stimulation von Melanozyten zur Folge, es nimmt wie auch die Schilddrüsenhormone Einfluss auf den Grundumsatz. Ist dieser gestört, kann z.B. Übergewicht als Folge auftreten. Übrigens entstehen die bösartigen Melanome, wie der Name schon nahelegt, aus Melanozyten. Einer einfachen Logik folgend ist es zumindest kein Widerspruch, wenn man annimmt, dass aus einer stimulierten Population von Melanozyten auch mehr Melanome entstehen können. Abbildung 6 zeigt die endokrinen Aspekte der lichtinduzierten systemischen Stressreaktion.

9 Licht und Melatonin

Solange in der Forschung nur der Zusammenhang zwischen Auge und Hypophyse eine Rolle spielte, war das Thema »Licht und Gesundheit« nicht wirklich ergiebig für die Lichtindustrie, da die Erkenntnisse genauso gut in einen Slogan »Kunstlicht und Krankheit« hätten umgemünzt werden können. Erst als Mediziner damit begannen, die Lichttherapie zur Behandlung der Winterdepression einzusetzen, wurde das Thema wieder interessant, denn hierbei wurde möglichst viel Licht gebraucht, das aus Quecksilberdampflampen stammte – eine neue Produktlinie war geboren, die sogar dazu dienen konnte, den Leuchtstofflampen den Weg in die Haushalte zu ebnen und ihr Licht als gesundes Licht darzustellen. Schließlich wurde dann im Jahre 2001 ein neues Rezeptorsystem entdeckt [1, 2], das über eine Verbindung zwischen Netzhaut und Zirbeldrüse in Wirkung tritt. Dies war die Chance, über Licht und Hormone reden zu können, ohne sich mit so kritischen Produkten wie denen der Hypophyse belasten zu müssen: Die Zirbeldrüse produziert schließlich in Abhängigkeit von den Lichtbedingungen nur zwei Hormone, nämlich Melatonin und Serotonin. Melatonin ist als Schlafhormon bekannt, das zudem vor manchen Krebsarten schützen soll; Serotonin wird populär oft als »Glückshormon« bezeichnet, was allerdings eine unzulässige Vereinfachung darstellt, da es eine Vielzahl von Funktionen zeigt, je nachdem, in welchem Teil des Gehirns oder im Körper es zur Wirkung kommt. Beide Hormone sind jedenfalls in einer antagonistischen Koppelung an der Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus beteiligt (Abbildungen 7 und 8). Beschäftigt man sich mit aktuellen Publikationen zur Wirkung von Licht auf den Hormonhaushalt, ist praktisch immer nur vom Melatonin die Rede [8], die ganze Palette der anderen lichtabhängigen Hormone kommt so gut wie nie zur Sprache.

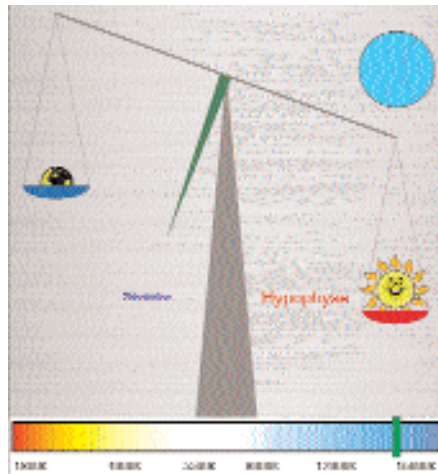


7

Die Wirkung von Licht wird weitgehend auf die Funktion, die Melatoninbildung zu unterdrücken, reduziert und dieser Effekt wird als »gesund« klassifiziert.

10 Wirksam = gesund?

Die Definition dessen, was gesund ist, sollte sorgfältig durchgeführt werden, um keine Missverständnisse aufkommen zu lassen: Eine Gleichsetzung von *therapeutisch wirksam* mit *gesund* ist in höchsten Maße irreführend, dennoch lässt sie sich durch die neuere Geschichte der Lichttherapie hindurch verfolgen. Kaum hatte man festgestellt, dass Sonnenlichtbestrahlung als Therapie für verschiedene Dunkelkrankheiten wie Rachitis oder Tuberkulose eingesetzt werden kann, machte man sich daran, herauszufinden, welche Bereiche des Sonnenspektrums dafür verantwortlich seien. Dies war augenscheinlich der UV-Bereich, jedoch – bezogen auf die Vitamin D-Bildung – nur ein bestimmter Ausschnitt. Also wurde das Aktionsspektrum der Vitamin D-Bildung ermittelt, das weitgehend mit der Erythemkurve übereinstimmt. Als nächstes suchte man nach Lichtquellen, die diesen Bereich zwischen 290 und 320 nm ausfüllen konnten und wurde bei der Quecksilberdampf-Entladung fündig. Die Festlegung des Aktionsspektrums führte schließlich zu einer immer ausgedehnteren Anwendung von konzentriertem UV-Licht, wobei durch ausgedehnte Werbekampagnen beim Verbraucher nicht nur der Eindruck erweckt wurde, man könne sich die Schweizer Höhensonne sozusagen ins Wohnzimmer holen, sondern auch, dass die konzentrierte UV-Strahlung aus der quecksilbergefüllten Quarzglasröhre gesund sei. In der naiven Ansicht der damaligen Zeit herrschte vielfach die Überzeugung vor, dass dieses konzentrierte Surrogat sogar gesünder als das Sonnenlicht selbst sei. Erst die folgenden Jahre brachten die Erkenntnis, dass durch die Fokussierung auf einen engen Abschnitt des Sonnenspektrums in er-



8

ster Linie die Schädlichkeit, z.B. in Hinblick auf die Hautkrebsbildung, verstärkt worden war. Hier wird eine Parallele zur heutigen Zeit erkennbar, in der nach Entdeckung eines Rezeptorsystems im Auge wieder von Wissenschaftlern ein Aktionsspektrum ermittelt wurde und sich die Lichtindustrie aufmacht, diesen definierten Spektralbereich mit Leuchtmitteln zu bedienen, wobei wieder einmal beim Verbraucher der Eindruck erweckt wird, das in Rede stehende Kunstlicht sei in seiner Qualität dem Sonnenlicht überlegen.

Circadian bzw. biologisch wirksames Licht wird als gesundes Licht angepriesen, ohne darauf hinzuweisen, dass lediglich in einigen Studien belegt ist, dass Licht mit hoher Farbtemperatur in der Lage sein kann, gesundheitliche Störungen, wie sie z. B. im Schichtbetrieb auftreten, zu begegnen. Damit ist jedoch weder bewiesen, dass solches therapeutisch wirksames Licht auch wirklich gesund ist, noch ist dadurch belegbar, dass solches Licht auch Menschen außerhalb von Schichtarbeits-Bedingungen förderlich ist. Einmal mehr soll hier darauf hingewiesen werden, dass die Menschen in ihrer genetischen Ausstattung und individuellen Reaktionslage viel zu verschieden sind, als dass man von Seiten der Lichtindustrie planen dürfte, aus Arbeitsstätten und öffentlichen Bereichen kollektive Lichttherapie-Räume zu machen.

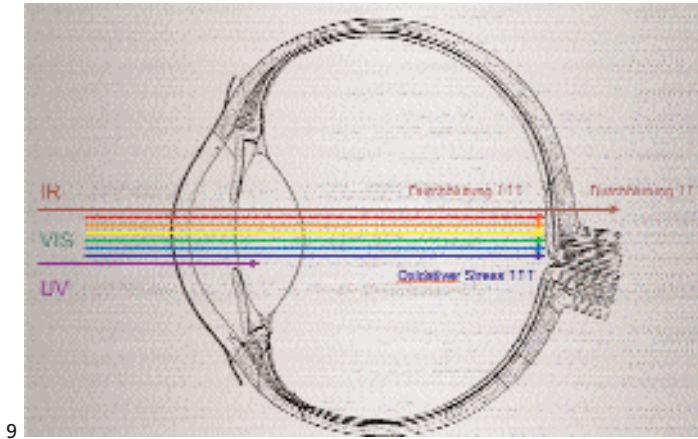
11 Kunstlicht und Augenerkrankungen

Licht hat nicht nur toxische Wirkungen auf das Hormonsystem, sondern auch auf das Auge. Seit langem ist bekannt, dass UV-Strahlung zu einer Eintrübung der Augenlinse führt und damit die Entstehung des Grauen Stars fördert. Nachdem sich pro Jahr über 600 000 Patienten einer Staroperation allein in Deutschland unterziehen müssen, liegt hier entsprechend umfangreiches Datenmaterial vor. Nach heutiger Erkenntnis

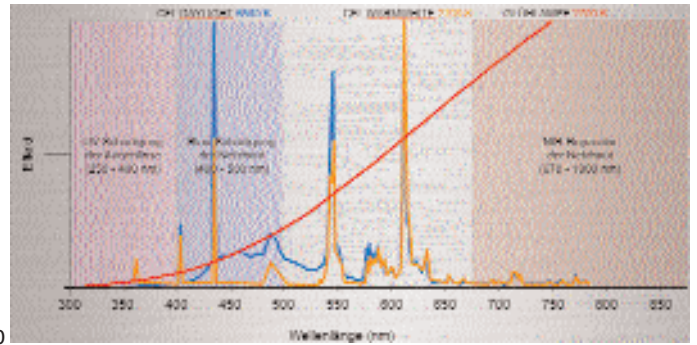
7 Dunkles bzw. rotes Licht veranlasst die Zirbeldrüse zur Melatoninbildung.

8 Helles blauhaltiges Licht stimuliert die Hypophyse, fördert die Serotoninbildung und hemmt die Melatoninbildung in der Zirbeldrüse.

hat die eingetrübte Augenlinse jedoch nicht nur Nachteile für den Betreffenden, sondern schützt durch ihre verminderte Durchlässigkeit auch die Stelle des schärfsten Sehens, die so genannte Makula Lutea. Nun ist in den vergangenen Jahren auffällig geworden, dass Patienten in den fünf Jahren nach einer Staroperation mit Austausch der getrübbten Linse durch eine transparente Kunstlinse statistisch signifikant häufiger eine altersbedingte Makuladegeneration (AMD) entwickeln. Diese bislang unheilbare Augenerkrankung führt zu einer fortschreitenden Zerstörung der Stelle des schärfsten Sehens und endet meist mit Erblindung. Die AMD ist mit 50 Prozent die häufigste Ursache für erworbene Blindheit in Deutschland. Etwa 30 Prozent der untersuchten Personen über 65 Jahre zeigen heute bereits erste Anzeichen der Makuladegeneration. Die Ursache der Erkrankung gilt als unbekannt, wobei aber hohes Alter, Sonnenexposition sowie Herz-Kreislauferkrankungen begünstigend wirken sollen. In einer Vielzahl von Zellversuchen wurde festgestellt, dass blaues Licht die Rezeptorzellen der Netzhaut oxidativ schädigt und die Entwicklung der AMD vorantreiben kann. Daher werden an verschiedenen Zentren bei Staroperationen anstatt farbloser Ersatzlinsen mittlerweile gelb gefärbte Kunstlinsen eingesetzt, um über das Ausfiltern der kurzwelligen Strahlungsanteile die Makula zu schützen. Patienten mit farblosen Ersatzlinsen werden häufig gelbe Schutzbrillen empfohlen, um das Vorschreiten zu verzögern. Für die Netzhaut ist blaues Licht gefährlicher als UV-Strahlung, da die ultravioletten Anteile bereits in den vorderen Augenabschnitten wie Hornhaut und Linse herausgefiltert werden. Sichtbares kurzwelliges Licht hingegen dringt ungehindert bis zur Netzhaut vor und erzeugt dort oxidativen Stress, wobei besonders die Mitochondrien (Zellkraftwerke) der Photorezeptoren betroffen sind. Licht mit einer Wellenlänge über 650 nm kann durch



9



10

eine Stimulation der Cytochrom-Oxidase, einem wichtigen Enzym der Energiegewinnung in den Mitochondrien, derartige oxidative Schäden wieder kompensieren. Abbildung 9 zeigt die Durchlässigkeit des Auges für optische Strahlung. Abbildung 10 stellt die Wellenlängenbereiche dar, die für Schädigungen von Augenlinse und Netzhaut verantwortlich sind, sowie den so genannten Nah-Infrarot-Bereich (NIR), für den in einer Reihe von Untersuchungen gezeigt werden konnte, dass Bestrahlung mit Licht aus diesem Abschnitt des Spektrums zu einer Verbesserung der Wundheilung und Optimierung der Energiegewinnung in Mitochondrien führt [9, 10]. Diese Effekte werden bereits therapeutisch genutzt, z. B. zur Behandlung von Schleimhautläsionen unter Chemotherapie oder Förderung der Wundheilung in sauerstoffarmer Umgebung wie z.B. U-Booten oder Raumstationen [11, 12]. Man kann in der Abbildung deutlich sehen, dass Quecksilberdampf-Lampen in diesem »Reparaturbereich« unabhängig von der Farbtemperatur praktisch keine Aktivität aufweisen, wohingegen sie im kurzwelligen Abschnitt je nach Farbtemperatur hohe bis sehr hohe Strahlungsintensitäten erzeugen, die zudem genau im Blaulicht-Schädigungsbereich der Netzhaut gipfeln. Das Spektrum der Glühlampe, das ebenfalls eingezeichnet ist, erscheint dagegen viel augenfreundlicher, da es kaum kurzwellige Anteile besitzt, aber im förderlichen Nah-Infrarot ihr volles Potenzial entfaltet.

12 Kunstlicht und gutes Sehen

Nicht nur im Prisma, sondern auch im Auge erfahren die kürzeren Strahlungsanteile eine stärkere Brechung, was als chromatische Aberration oder Farbfehler bezeichnet wird. Dies führt im Auge zur Entstehung verschiedener Schärferebenen für die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts: Wenn Grün genau in die Rezeptorebene fokussiert ist, bündeln sich die roten Strahlungsanteile geringfügig dahinter, die Blauanteile jedoch

deutlich davor (Abbildung 11). Der Blauanteil im Licht ist daher für die Entstehung von Farbsäumen und Unschärfe verantwortlich und führt zu einer Abnahme des Kontrastes. Weil Blau scharfes Sehen erschwert, gibt es im Zentrum der Stelle des schärfsten Sehens nur sehr wenige Rezeptoren für kurzwelliges Licht. Wie aus der obigen Abbildung ersichtlich, ist es wichtiger, die Blaustrahlung eher peripher zu detektieren, da die Strahlung in der Schärferebene der Netzhaut bereits divergent ist, wenn die anderen für den Sehvorgang wichtigeren langwelligen Anteile scharfgestellt sind.

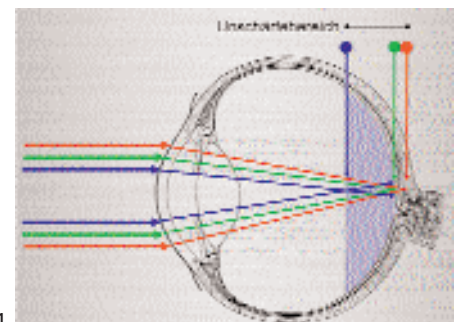
Zudem ist die Makula mit einem gelben Pigment, dem Lutein, eingefärbt, das überschüssige Blauanteile ausfiltert und darüber hinaus auch noch antioxidative Wirkung zeigt. Wenn man sich nun in der Natur umsieht, wird man feststellen, dass die Farbe Blau in ihrer gesättigten Form nur sehr selten vorkommt, wenn man vom Himmel und großen Wasserflächen absieht, die allerdings kein gesättigtes Blau darstellen. Weder beim Himmel noch beim Wasser besteht die Notwendigkeit, zu fokussieren, womit das Scharfstellen von Blau unter natürlichen Bedingungen ein seltener Vorgang ist. Während die Natur mit dem magischen Blau sehr geizt, können wir in unserer modernen Welt eine inflationäre Verwendung dieser Farbe beobachten, was dazu führt, dass das Auge wesentlich öfter und in hoher Dosierung mit diesem Spektralabschnitt konfrontiert wird. Die Verwendung von kräftig blauen Pigmenten, aber auch reinweiße Flächen (Wände, Papier usw.) führen dazu, dass unsere Stelle des schärfsten Sehens mit kurzwelligen Photonen geradezu bombardiert wird, was leicht zu einer Überlastung der Filterkapazität des gelben Pigmentes führen kann.

Wenn man nun die Spektren von Glühlampe 12 und Quecksilberdampf-Entladungslampe miteinander vergleicht, wird offenkundig, dass das Glühlampenlicht wesentlich bessere

9 Je nach Wellenlänge dringt Licht unterschiedlich tief in den Augapfel ein.

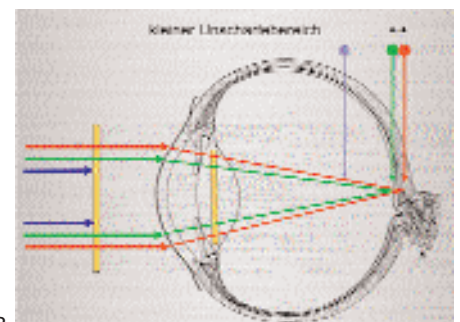
10 Schädigungsbereiche von Augenlinse und Netzhaut, Reparaturbereich der Netzhaut, Spektren von Kompaktleuchtstofflampen mit 6500 K und 2700 K sowie Glühlicht mit 2700 K.

Voraussetzungen für scharfes, kontrastreiches Sehen bietet und durch den niedrigen Anteil an kurzwelliger Strahlung das Auge schont. Selbst eine Fluoreszenzlampe mit numerisch niedriger Farbtemperatur hebt die Mechanismen der Blaureduktion im Auge durch den hohen Blaugehalt aus. Bezüglich der antioxidativen Kapazität des Gelben Flecks spielen nicht nur die kurzwelligen Photonen eine Rolle, die von Pigmenten und weißen Flächen reflektiert werden:

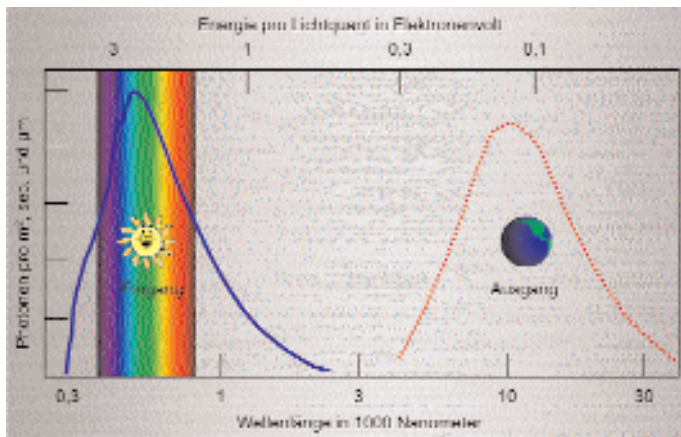


11

11 Abb. 11: Die chromatische Aberration im Auge führt zu verschiedenen Schärferebenen für die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts.



12 Reduktion der chromatischen Aberration durch Ausfiltern der kurzwelligen Strahlungsanteile.



13 Die blaue Kurve zeigt die Frequenzen der solaren Strahlung, die die Erde in rhythmischer Weise empfängt, die rote Kurve zeigt den Spektralverlauf der kontinuierlich abgegebenen »Abfall«-Strahlung.

13

Da alle modernen TFT-Bildschirme mit einer Quecksilberdampf-Hintergrundbeleuchtung ausgestattet sind, unabhängig davon, ob es sich um LCD-Fernseher, Computer- oder Laptop-Monitore handelt, nimmt die Blaulastung der Netzhaut in erschreckendem Maße zu, da die Anwender in den genannten Fällen in eine aktive Lichtquelle mit unnatürlich hohem Blaugehalt blicken. Abbildung 12 zeigt die Schärfeebene bei Verwendung eines Bildschirmschutzfilters beziehungsweise einer gelblich getönten Augenlinse.

13 Fehlerkorrekturen

In der Diskussion um das beste Leuchtmittel wird immer wieder angeführt, dass die Glühlampe ein echter Energieverschwender sei, da sie nur 5 Prozent Licht, aber 95 Prozent Wärme abgibt. Zuerst wollen wir uns fragen, ob diese Aussage so überhaupt zutrifft. Eine normale Glühlampe strahlt angenähert in der Charakteristik eines Schwarzen Körpers mit einer Temperatur von etwa 2700 Kelvin. Hierbei liegt das Strahlungsmaximum bei 1074 nm, 94,9 Prozent der Strahlung wird im IR-Bereich abgegeben, 0,1 Prozent entfallen auf den UV-Anteil und übrig bleiben exakt 5 Prozent für das sichtbare Licht. Wie verändern sich nun diese Werte bei einer Glühlampe, die wie eine Halogenlampe mit höherer Brenntemperatur betrieben wird? Bei einer Temperatur von 3200 Kelvin steigt der UV-Anteil auf 0,4 Prozent an, der IR-Anteil sinkt auf 89,1 Prozent ab, während der sichtbare Bereich mit 10,5 Prozent nun mehr als doppelt so intensiv ist. Die Strahlungsintensität gipfelt in diesem Beispiel bei 902 nm. Die Lichtausbeute einer normalen Halogen-Glühbirne ist also schon doppelt so hoch verglichen mit einer Standard-Glühlampe. Nun gibt es seit einigen Jahren auch noch Halogen-Glühlampen mit Wärmerückgewinnungs-Technologie, wobei weniger Energie zum Erreichen der Glühtemperatur aufgewendet werden muss, was zu einem weiteren Anstieg der Effizienz in der Grö-

ßenordnung von 30 bis 40 Prozent führt, wenn man den Angaben der Hersteller vertraut. Solche Niedervolt-Halogenlampen weisen eine Lebensdauer zwischen 3000 und 5000 Stunden auf und haben noch weitere Vorteile, die mit der Wendelgeometrie zusammenhängen. Während der Draht für die Wendel bei einer Hochvolt-Glühlampe sehr lang und dünn sein muss, um den entsprechenden Widerstand zu erreichen, ist der Glühdraht einer Niedervolt-Lampe deutlich kürzer und dicker. Daraus ergibt sich ein wesentlich kleineres und einheitlicheres Leuchtbündel, dessen Licht naturgemäß viel leichter über Reflektoren zu lenken ist. Wenn es also darum geht, Licht in bestimmte Richtungen zu dirigieren, gelingt dies mit Niedervolt-Reflektorlampen wesentlich einfacher als mit Kompakt-Leuchtstoffröhren oder Standard-Glühlampen, deren große Wendelgeometrie den effektiven Einsatz von Reflektoren erschwert. Obwohl es also große Unterschiede bei den Glühlampen gibt, wird den Verbrauchern immer nur eine Rechnung aufgemacht, die die »beste« Energiesparlampe mit der »schlechtesten« Glühlampe vergleicht.

14 Ist Wärme mit Abfall gleichzusetzen?

Wenn man elektromagnetische Strahlung nach thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten betrachtet, gibt es einen Aspekt, der in der Diskussion meist unberücksichtigt bleibt, nämlich die Entropie. Dieser Begriff lässt sich nicht nur auf Wärmekraftmaschinen, sondern auch auf biologische Systeme anwenden. Der schwedische Photobiologe Lars Olof Björn formuliert dies in seinem Lehrbuch »Photobiologie« sinngemäß wie folgt: Der Ordnungs- bzw. Informationsgehalt sowie der Energiegehalt elektromagnetischer Strahlung ist um so höher, je kürzer die jeweilige Wellenlänge ist. Die Umwandlung von Strahlung vollzieht sich statistisch signifikant von hoher zu niedriger Frequenz, wofür es in der Natur eine Vielzahl von Beispielen gibt: Organismen nehmen hochfrequentes

Licht auf und geben nach der energetischen Ausbeutung niedrigfrequente Wärme wieder ab. Die Sonnenstrahlung nährt und speist die Lebensvorgänge auf der Erde mit ihrer hochfrequenten Lichtstrahlung mit einem Gipfel bei etwa 500 nm, wohingegen die Erde elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von etwa 10 000 nm kontinuierlich wieder abstrahlt (Abbildung 13).

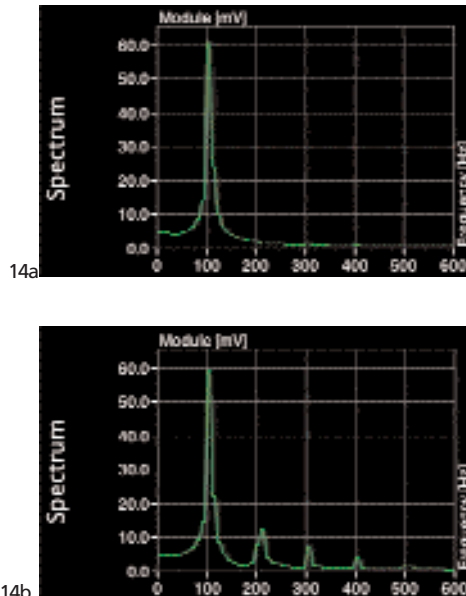
15 Der Spielraum des Lebens

Diese Ordnungs- und Informationsdifferenz ist laut Björn der thermodynamische »Spielraum des Lebens auf der Erde«. Während also die Atome, die an den Lebensprozessen beteiligt sind, immer wieder verwendet werden können, wird die Quantenenergie der beteiligten elektromagnetischen Strahlung immer nur in einer Richtung verändert, nämlich von hoher Quantenenergie zu niedriger Quantenenergie. Betrachten wir nun verschiedene Wärmequellen unter diesem Aspekt, so wird deutlich, dass z.B. das Wasser in einer Zentralheizung bei einer Temperatur von 60 Grad Celsius (= 333 Kelvin, Strahlungsmaximum bei 8712 nm) eine minderwertigere, ungeordnetere Strahlungsenergie abgibt als eine Glühlampe mit 2700 K (Strahlungsmaximum bei 1074 nm). Wer also behauptet, Wärme sei gleich Abfall, der irrt nicht nur, sondern setzt sich über grundlegende Gesetzmäßigkeiten hinweg, die für elektromagnetische Strahlung gelten.

16 Elektromagnetische Eigenschaften von Kompaktleuchtstoff-Lampen

Die als Ersatz für Glühlampen empfohlenen »Energiesparlampen« sind nicht nur bezüglich ihres Lichtspektrums minderwertiger, sondern verunreinigen mit ihren eher simpel aufgebauten integrierten elektronischen Vorschaltgeräten das Stromnetz in erheblichem Umfang. Während für Lampenströme normalerweise gilt, dass der Oberschwingungsstrom 3. Ordnung etwa ein Drittel, der Oberschwingungsstrom 5. Ordnung 10 Prozent des Grundschwingungsstromes nicht überschreiten darf, gelten für Energiesparlampen mit einer Leistung kleiner 25 Watt folgende Grenzwerte für die Oberschwingungsströme: 3. Ordnung kleiner 86 Prozent, 5. Ordnung kleiner 61 Prozent. Damit »verunreinigen« die Kompaktleuchtstoff-

14 Modulationsspektren von Glühlampe (14a) und Kompaktleuchtstofflampe (14b).



lampen das Leitungsnetz etwa dreimal so stark verglichen mit sonst üblichen Leuchtmitteln. Die elektromagnetische Verträglichkeit und die Rückwirkungen in das Leitungsnetz sind aber noch nicht alles: Abbildung 14 zeigt die Lichtmodulationsspektren einer Glühlampe und einer Energiesparlampe im Vergleich. Hierbei wurde der Flackeranteil mit einem E.SmogScout LUX der Firma GlobalMIND gemessen und die Frequenzzusammensetzung über ein Echtzeit-Frequenzanalyse-Programm errechnet und dargestellt. Man kann deutlich erkennen, dass die Glühlampe praktisch nur bei 100 Hz flackert, wohingegen das Licht der Energiesparlampe bei 100, 200, 300 und 400 Hz pulsiert. Während man bei einer Glühlampe die Modulation bei Verwendung von Gleichstrom völlig eliminieren kann, besteht diese Option bei der Energiesparlampe nicht. Das Fehlen von Modulationsfrequenzen ist ein Qualitätsmerkmal von Kunstlicht, dem nach Ansicht des Verfassers bisher viel zu wenig Beachtung geschenkt wird.

17 Effektive Einsparungen

Laut Angaben des Bundesumweltamtes aus dem Jahr 2006 verbrauchen private Haushalte etwa 27 Prozent der gesamten Energie, der Rest entfällt auf Verkehr, Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Landwirtschaft. In der dritten Ausgabe »Fakten. Informationen für Journalisten« des VDEW (Verband der Elektrizitätswirtschaft) findet man auf Seite 13 eine Liste der zehn besten Spartipps, auf deren erstem Platz sich die Anweisung findet: »Verwenden Sie Energiesparlampen und Leuchtstoffröhren«. Auf Seite 17 ist dann eine Tortengrafik dargestellt, die den Energieverbrauch in Haushalten in Deutschland einschließlich der PKW-Nutzung zeigt. Auffällig ist, dass für die Beleuchtung nur 1 Prozent der Primärenergie verbraucht wird. Orientiert man sich bei Wikipedia, so verbrauchen deutsche Haushalte hingegen 11 Prozent der Energie zur Lichterzeugung, was allerdings eher den Gesamtverbrauch für Beleuchtung in Deutschland bezieht. Da es nicht einfach ist, hier an wirklich verlässliche Daten zu gelangen, soll die nachfolgende Abschätzung von einem Anteil von 5 Prozent ausgehen, der für die Beleuchtung in Haushalten benötigt wird.

5 Prozent des Energieverbrauchs für Beleuchtung in Haushalten entsprechen 1,25 Prozent Anteil am gesamten Energieverbrauch. Wenn man nun alle Glühlampen durch so genannte Energiesparlampen ersetzen würde, hätte diese Maßnahme ein Einsparpotenzial bezogen auf den gesamten Energieverbrauch in der Größenordnung von weniger als 1 Prozent. Es handelt sich hierbei also um einen Bereich, der zwar großspurig mit 80 Prozent (bezogen auf das Verbrauchssegment Beleuchtung in Haushalten) beziffert werden kann, realiter aber einer der Bereiche mit dem geringsten Gesamt-Einsparpotenzial ist.

Wesentlich höhere Einsparpotenziale liegen hingegen in allen Bereichen, wo Wärme erzeugt werden muss, z.B. beim Kochen, Heizen und der Warmwasser-Erzeugung. Diese Bereiche schlagen mit etwa 50 Prozent des Strombedarfs von Haushalten zu Buche. Eigentlich sollte für die Erzeugung von Wärme überhaupt kein Strom eingesetzt werden, da nur ein Drittel der Primärenergie dabei genutzt wird! Kochen und Heizen mit Gas bzw. Öl spart also systembedingt mehr als 60 Prozent der Primärenergie ein. Hier finden wir also einen Zukunftsmarkt, der ein riesiges Entwicklungspotenzial zeigt.

Es gibt heute schon so genannte Passivenergie-Häuser, die über gute Isolierung und Wärmerückgewinnung im Belüftungssystem praktisch auf eine Raumheizung verzichten können. In ein solches zukunftsträchtiges Konzept eingebunden können Glühlampen mit ihrer hochwertigen Strahlungswärme, die sie neben dem Licht abgeben, im Winter zur Heizung derartiger Häuser beitragen, während die Abwärme im Sommer bei entsprechender Nutzung von Wärmetauscher-

Zur Info:

»Private Haushalte nutzen natürliche Ressourcen – wie Rohstoffe, Flächen und Energie – direkt, beispielsweise beim Heizen, und indirekt: Denn Bürgerinnen und Bürger konsumieren Waren und Dienstleistungen, deren Herstellung andernorts natürliche Ressourcen beansprucht.« Obwohl die privaten Haushalte nur etwa ein Viertel der gesamten Energie verbrauchen, heißt es weiter: »Vor allem die privaten Haushalte verbrauchen noch zu viel Energie. ... Die Erzeugung des Stroms ist mit erheblichen Umwandlungsverlusten verbunden. Diese können bis zu zwei Drittel der Primärenergie ausmachen, die die Kraftwerke einsetzen. Dies zeigt, dass – vor dem Hintergrund der notwendigen Einsparung knapper Primärenergieträger – Strategien zur Strom-einsparung eine sehr hohe Priorität haben.«

Aus einem Hintergrundpapier des Umweltbundesamtes aus dem Jahre 2006

Systemen zur Bereitstellung von Warmwasser, z.B. zum Duschen dienen kann.

18 Ökologie ist, wenn der Müll woanders entsteht?

Wir haben in Europa sehr viele Fortschritte gemacht, wenn man Bereiche wie Arbeits- oder Umweltschutz betrachtet. Das hat jedoch auch seinen Preis: Die Löhne und Nebenkosten sowie die Kosten für das Gesundheitswesen sind auch dadurch derart gestiegen, dass es sich für viele Hersteller nicht mehr lohnt, in Europa zu produzieren. Sie haben sich darauf verlegt, die Produktionsanlagen in Niedriglohnländer zu verlagern bzw. zu verkaufen und dort produzieren zu lassen. Mit Ökologie oder Menschenfreundlichkeit hat das jedoch wenig zu tun, hier wird der »Schwarze Peter« einfach ins Ausland verschoben. Wenn man sich überlegt, was es bedeutet, wenn eine Baumarktkette eine Energiesparlampe für 1,49 EUR verkauft, stößt man auf einige Widersprüche, besonders bezüglich des Labels »ökologisch«. Direkt übersetzt bedeutet dieses Wort »die Lehre vom Haushalt der Natur«. Wenn also ein Unternehmen Gewinne mit einem Produkt aus Fernost machen kann, das zu einem derart niedrigen Preis angeboten wird, so kann man sich leicht ausrechnen, was der Hersteller dieses Produktes nach Abzug von Gewinnspanne, Transportkosten, Verpackungskosten usw. dafür noch bekommt. Hier wird schnell klar, dass weder die Energie zur Herstellung so sauber erzeugt werden konnte, wie dies den europäischen Standards entspräche, noch die Menschen, die in den Produktionsablauf dieses toxischen Erzeugnisses mit einbezogen sind, fair für ihre Arbeit entlohnt wurden. Die Produktionsstrasse wird vermutlich schon abgeschrieben sein, muss sich offenkundig nicht

mehr amortisieren und entspricht daher sicher auch nicht dem neuesten Standard, was z.B. im Bereich der Dosiereinrichtung für das Quecksilber leicht dazu führen kann, dass die Menge von 3 mg pro Leuchtmittel mehr oder weniger stark überschritten wird. Auch kann man davon ausgehen, dass der Arbeitsschutz und die Sicherungsmaßnahmen für die Gesundheit der Beschäftigten in solchen Betrieben eher klein geschrieben werden. Die Energiesparlampen, die z.B. in China produziert werden, belasten bei der Herstellung den Energiehaushalt und die Atmosphäre der Erde sehr viel stärker, als wenn sie unter den strengen Auflagen z.B. in Deutschland hergestellt worden wären.

19 Ökologiepfand für Giftmüll

Das Leben einer Energiesparlampe hat drei Phasen: Herstellung, Betrieb und Entsorgung. Durch die Auslagerung der Produktion in Länder, deren Bedingungen wir nicht wirklich kennen können, entfällt eine entsprechende herstellungsbedingte Umweltbelastung bei uns, was unsere eigenen Kohlendioxid-Ausstoß-Kontingente natürlich schon – die Atmosphäre kennt jedoch keine Grenzen. Wir müssen uns innerhalb unserer eigenen Grenzen also »nur« noch um die Energie- und Umwelt-Aspekte während des Betriebs und der Entsorgung kümmern. Was die Betriebszeit anbelangt, so ist die Energiesparlampe tatsächlich zwischen zwei- und fünfmal effizienter, wenn man die reinen lichttechnischen Messwerte zugrunde legt. Differenziert man jedoch zwischen einer objektiven (messbaren) und einer subjektiven (gefühlten) Helligkeit, kann dieses Verhältnis schon wieder anders aussehen. Was nun die Entsorgung der Energiesparlampen anbetrifft, so liest sich alles wesentlich einfacher, als es schließlich in der Realität ist. Natürlich gibt es mittlerweile Entsorgungsstrassen, also Fabriken, die eine umweltschonende Wiederverwertung sicherstellen sollen – funktioniert das aber auch in der Praxis so gut, wie es theoretisch anmutet? Jeder, der schon einmal dem nächsten kommunalen Wertstoffhof einen Besuch abgestattet hat, kann feststellen, wie unrealistisch es ist, davon auszugehen, dass die empfindlichen Glasröhren, die die Giftstäube und das leicht flüchtige Quecksilber enthal-

Ausgewählte Literatur

- 1 BRAINARD G C et al.: Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor, *J. Neurosci.* 21, pp. 6405-6412, 2001
- 2 THAPAN K, ARENDT J & SKENE D J: An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans, *J. Physiol.* 535, pp. 261-267, 2001
- 3 SCHERNHAMMER E S et al.: Rotating night shifts and risk of breast cancer in women participating in the nurses' health study, *J. Natl. Cancer Inst.* 93, pp. 1563-1568, 2001
- 4 STEVENS R G: Electric power use and breast cancer: a hypothesis, *Am. J. Epidemiol.* 125, pp. 556-561, 1987
- 5 GREVING R: Beiträge zur Anatomie des Zwischenhirns und seiner Funktion, der anatomische Verlauf eines Faserbündels des N. opticus beim Menschen (Tr. supraopticothalamicus), zugleich ein Beitrag zur Anatomie des unteren Thalamusstiels, *Graefes Arch.* 115, 523, 1925
- 6 JORES A: Aenderungen des Hormongehaltes der Hypophyse mit dem Wechsel von Licht und Dunkelheit, *Klin. Wschr.* 14, 1713-1716, 1935b
- 7 HOLLWICH F: The Influence of Ocular Light Perception on Metabolism in Man and Animal. New York: Springer 1979
- 8 REA, M et al.: A model of phototransduction by the human circadian system. *Brain Res Rev* 50, 213-228, 2005
- 9 EELLS J T et al.: Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy, *Mitochondrion* 4, pp. 559-567, 2004
- 10 EELLS J T et al.: Therapeutic photobiomodulation for methanol-induced retinal toxicity, *PNAS Vol.* 100 No. 6, pp. 3439-3444, 2003
- 11 WHELAN HT et al.: Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing, *J Clin Laser Med Surg.* 2001 Dec; 19(6), 305-314. 2001
- 12 WHELAN HT et al.: NASA light-emitting diodes for the prevention of oral mucositis in pediatric bone marrow transplant patients, *J Clin Laser Med Surg.* 2002 Dec; 20(6), 319-324, 2002

Weitere Literaturangaben auf Anfrage an: wunschart@mac.com

ten, die Behandlung und den Transport in Behältern von mehreren Kubikmetern Fassungsvermögen unbeschadet überstehen. Dies wäre jedoch die Voraussetzung dafür, dass wirklich keine Schadstoffe in die Umwelt gelangen.

Wenn man diesen Aspekt konsequent zu Ende denkt, müsste jede Leuchtstoffröhre und jede Energiesparlampe mit einem unzerbrechlichen und dichten Schutzbehälter ausgeliefert werden, der beim Verbraucher so lange aufbewahrt werden muss, bis das Leuchtmittel zu entsorgen ist. Damit der Verbraucher sich auch wirklich an die Entsorgungsvorschriften hält, wäre ein eher hoch anzusetzendes Pfand vonnöten, um der Bequemlichkeit der versehentlichen Hausmüllentsorgung vorzubeugen. Erst wenn sicher gewährleistet ist, dass selbst bei der unsanftesten Behandlung keine Giftstoffe freigesetzt werden, kann man wirklich von einer umweltgerechten Entsorgung sprechen. Bei einer solchen Vorgehensweise treten wiederum andere Faktoren auf die Bühne, die ihrerseits berücksichtigt sein wollen, nämlich die Umweltverträglichkeit und die logistischen Aspekte solcher Schutzbehälter, die ja auch allen denkbaren Bauformen von Energiesparlampen Rechnung tragen müssen, um ihre Aufgabe sinngemäß erfüllen zu können. Zur Überwachung der Entsorgungsvorgänge wäre darüber hinaus eine Art Umwelt-Pass vorzusehen, der Auskunft über Käufer, Kaufdatum, entrichtetes Pfand und vollzogene Entsorgung Auskunft gibt, bevor der Verbraucher aus der Verantwortung genommen werden kann. Der Verwaltungsauf-

wand für eine solche Form der Kontrolle ist ebenfalls mit ins Kalkül zu ziehen, wenn man verlässliche Daten für ein Life Cycle Assessment generieren will.

20 Fazit

Licht ist nicht nur Helligkeit, Licht ist ein Lebensmittel, das zeigen die Erkenntnisse der Lichtbiologie der letzten 100 Jahre immer deutlicher. Die aktuelle Diskussion über ein mögliches Verbot der Glühlampe gibt Gelegenheit, die biologische Verträglichkeit von Kunstlicht aus der heutigen Sicht der Wissenschaft nochmals zu überdenken, wobei es wichtig ist, die Erkenntnisse der letzten fünf Jahre ebenso mit einzubeziehen wie die beunruhigenden epidemiologischen Aspekte, die auf einen Zusammenhang zwischen Kunstlichtexposition und Krebsentstehung hinweisen. Es ist an der Zeit, nach einem halben Jahrhundert unter Leuchtstofflampen, Bilanz zu ziehen und sich zu fragen, ob die Entwarnungen und Beschwichtigungen der Lichtindustrie berechtigt waren, die die Karriere des Quecksilberlichtes seit jeher begleitet haben. Verantwortung zeigt sich nicht dadurch, dass man keine Fehler macht, sondern dadurch, dass man bereit ist, die gemachten Fehler zu korrigieren. Aus ganzheitsmedizinischer Sicht wäre es jedenfalls ein gravierender Fehler, die einzige hormonneutrale und augenschonende Lichtquelle, die dem Verbraucher für die Beleuchtung seines privaten Umfeldes momentan zur Verfügung steht, per Verbot zu entziehen, da die gesundheitlichen Konsequenzen derzeit nicht überschaubar sind.