

# Licht und Hormone

## Physiologische Aspekte des Bühnenlichtes

Von Prof. Dipl.-Ing. Dr. Tadeusz Krzeszowiak

- Höhere Technische Bundes-, Lehr- und Versuchsanstalt  
Laboratorium für Lichttechnik, Wiener Neustadt
- Institut für Theaterwissenschaft, Universität Wien

Der Autor dankt herzlich den Studenten der Theaterwissenschaft der Universität Wien, die als Probanden bei der Forschung zur Verfügung standen.

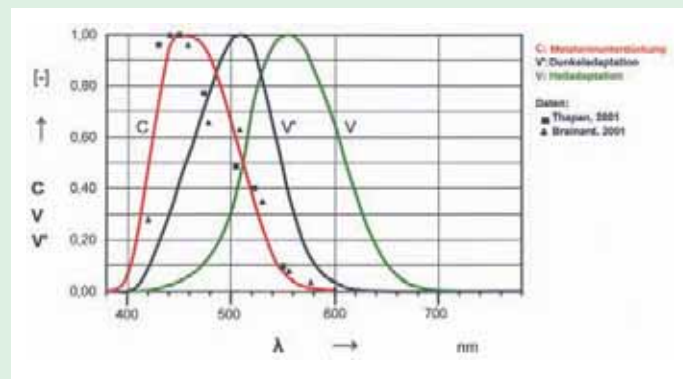
In der letzten Ausgabe von „Prospect“ haben wir ausführlich über die „Bühnentechnische Fachtagung 2004“ berichtet, die vom 5. bis 7. Mai in Baden bei Wien stattgefunden hat. Von den im Rahmen dieser Tagung gehaltenen Fachvorträgen wollen wir Ihnen diesmal den hochinteressanten Vortrag von Prof. Dipl.-Ing. Dr. Tadeusz Krzeszowiak präsentieren, der sich mit den neuesten Forschungsergebnissen betreffend den physiologischen Einfluss des Bühnenlichtes auf die Befindlichkeit sowohl der auf der Bühne agierenden Schauspielern als auch der Zuschauer befasst. Seine intensive Arbeit auf diesem Gebiet – vor allem in den letzten drei Jahren – im Laboratorium für Lichttechnik an der HTBLuVA in Wr. Neustadt hat großes Aufsehen und Interesse bei allen Theaterschaffenden geweckt.

### 1. Einführung

Nach der im Jahr 2001 von den zwei unabhängig arbeitenden Forschern George Brainard (USA) und Kavita Thapan (GB) gemachten sensationellen medizinischen Entdeckung einer **neuen fünften Art von Licht-Rezeptoren** im menschlichen Auge, die als direkte Verbindung von der Netzhaut zum Hypothalamus-Hypophyse-Zentrum (Hypothalamus = vegetative Zentralsteuerung, Hypophyse = Hirnanhangdrüse) und zur Epiphyse (Zirbeldrüse) nachgewiesen wurde, widmet man sich nun intensiv der Erforschung der physiologischen Wirkung von Licht und Farbe auf den Menschen. Auch die spektrale Wirkungskurve dieser neuen Licht-Rezeptoren wurde ermittelt.

Es ist damit nicht nur eine qualitative, sondern eine quantitative Beschreibung der biologischen

Vorgänge im Organismus möglich. So konnte nachgewiesen werden, dass besonders Licht im Wellenlängenbereich von etwa 430 nm bis rund 470 nm einen direkten Einfluss auf die Bildung



**Abb. 1: Spektrale Empfindlichkeitskurve und circadiane Wirkungskurve des menschlichen Auges: V und V' – für die visuelle Bahn, C – für die vegetative Bahn.**

des Hormons „Melatonin“ im menschlichen Körper hat, welches als ausgesprochenes „Müde-macher-Hormon“ gilt (Abb.1).

Der menschliche Organismus bewegt sich in einem 24-Stunden-Rhythmus – dem sogenannten „circadianen Rhythmus“ – mit Aktivität am Tag und Ruhephase in der Nacht. Dieser Ablauf unseres Lebensrhythmus wird vom Licht synchronisiert. Die Lichtempfindung für die Steuerung des Tag-Nacht-Ablaufes im Organismus erwies sich bei Menschen als unabhängig von den schon im 19. Jahrhundert entdeckten Farbpfindlichkeits- und Helligkeits-Rezeptoren im Auge, welche für die bildhafte Erfassung der Umwelt zuständig sind.

Bis vor kurzem waren also nur vier Rezeptoren im Auge bekannt, die ausschließlich dem Sehen dienen und zwar:

- drei Arten von farbächtigen Zäpfchen, die auf Rot, Grün und Blau reagieren und
- eine Art von Stäbchen, die nur in Graustufen die Umgebung wahrnehmen.

Die neuen „circadianen“ Lichtrezeptoren, die in der Netzhaut (Retina) eingebettet sind und ihre

direkten Nervenverbindungen zum Hypothalamus-Hypophyse-Zentrum und zur Epiphyse über das Ganglien-Netzwerk herstellen, steuern mit der aufgenommenen Lichtenergie die Produktion bestimmter Hormone im menschlichen Körper. Die circadianen Lichtrezeptoren sind über die gesamte Netzhaut verteilt. Ein Bild der Außenwelt kann von diesen Lichtrezeptoren aber nicht erstellt werden.

Blockiert man pharmakologisch sämtliche Synapsen (= Kontaktstelle zwischen zwei Neuronen, zwei Nervenzellen) in der Netzhaut, so lässt sich eine solche „circadiane“ Ganglienzelle durch Licht erregen. Dies ist unter den gleichen Bedingungen bei der großen Mehrheit der Zellen der Netzhaut, die dem visuellen System zuzurechnen sind, nicht der Fall.

In erster Linie wird die Produktion des lichtabhängigen Hormons Melatonin in der Zirbeldrüse gesteuert. Und dieses wiederum hat einen direkten Einfluss auf die Ausschüttung der Hormone der anderen endokrinen Drüsen, wie z.B. das Adrenalin oder das Cortisol.

Die endokrinen Drüsen geben ihre Wirkstoffe (Hormone) direkt in die Blutbahn ab, die nach Ankunft in ihrem Zielorgan eine hemmende oder stimulierende Wirkung auf dieses Organ ausüben.

Somit hat die durch das Auge aufgenommene Lichtenergie einen wesentlichen Einfluss auf den Hormonhaushalt im Blutkreislauf des menschlichen Körpers. Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass auch das durch die Haut eindringende Licht die Blutstoffe verändern kann.

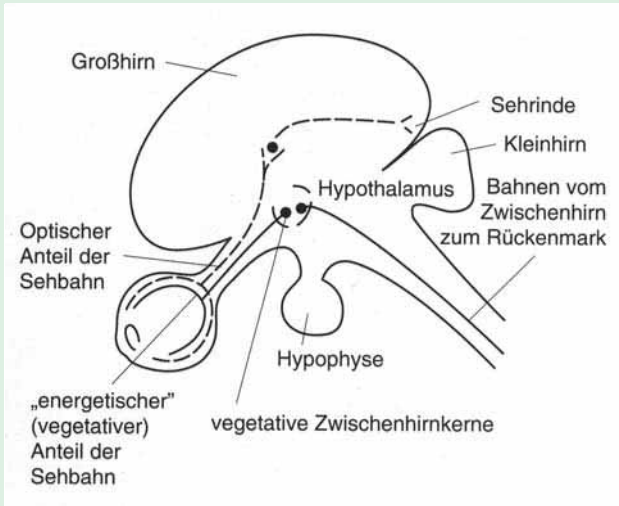


Abb. 2: Optischer und energetischer Anteil der Sehbahn.

Aus diesen Forschungsergebnissen lässt sich unschwer folgern, dass die Wahl von Farbe und Lichtstärke beim Theaterlicht eine bisher nicht einmal erahnte Wirkung auf die Akteure haben muss. Die Schauspieler, Sänger und Tänzer, aber auch die Zuschauer, die allerdings im geringeren Maße als die Agierenden auf der Bühne durch die Lichtbestrahlung betroffen sind, unterliegen alle diesen hochinteressanten physiologischen Licht-Phänomenen.

## 2. Licht und Hormone

Das vom Auge aufgenommene Licht wird über zwei voneinander unabhängige Sehbahnen geleitet (Abb. 2). Die erste „optische“ (visuelle) Bahn dient dem Sehen und endet in der Sehrinde des Gehirns. Die zweite „energetische“ (vegetative) Bahn leitet die mit dem Licht transportierte Energie bis zur Zirbeldrüse (Epiphyse), die in der Hirnhemisphäre angelegt ist.

Die Retina, die Netzhaut des Auges, ist durch Nervenfasern über den Hypothalamus direkt mit der Zirbeldrüse verbunden. Diese Drüse ist eine endokrine Hormondrüse, die ihr Sekret Melatonin direkt in den Blutstrom abgibt, der es in alle Teile des Körpers trägt. Die Produktion des Hormons Melatonin, das den Wach-Schlaf-Rhythmus des Menschen steuert, wird also durch die Lichtenergie kontrolliert.

Beim energiereichen Lichteinfall während des Tages wird die Produktion des „Müdemacher-Hormons“ gehemmt, in der „biologischen“ Nacht, wenn die Lichtenergie unter bestimmten Schwellenwert liegt, steigt die Aktivität des Melatonin an (Abb. 3). Dieses Hormon ist für den Tag-Nacht-Rhythmus verantwortlich und die Zirbeldrüse wird daher als „dritte Auge“ bezeichnet. Als Gegenhormon wird in der Zirbeldrüse, wenn es hell wird, das Serotonin ausgeschüttet und der Mensch wird munter. Es beeinflusst die Kontraktion des Herzmuskels,

wirkt auf die Körpertemperatur und die Nahrungsaufnahme.

Verlängert man künstlich die Wirkung des energiereichen Tageslichtes, z. B. durch das Einschalten der elektrischen Lampen, baut die Leber das Melatonin ab und der Mensch wird nicht schläfrig (Abb. 4).

Das Licht wirkt über die Augen auch auf das Gehirnzentrum, nämlich auf den Hypothalamus-Hypophysen-Komplex. Die Hypophyse (Hirnanhangdrüse), eine kleine Drüse an der Unterseite des

Hypothalamus (vegetative Zentralsteuerung) im Zwischenhirn, scheidet eine Anzahl unterschiedlicher Hormone aus, die für die Erhaltung vitaler Funktionen des Körpers angelegt sind, wie z. B. das Melanotropin und Thyreotropin.

Fast alle Hormone, die von Gehirnzentren gebildet werden, sind deshalb in ihrer Ausschüttungsmenge lichtabhängig.

Die Hypophyse produziert auch eine Reihe von „Vermittlerhormonen“ (z. B. Adrenocorticotropin

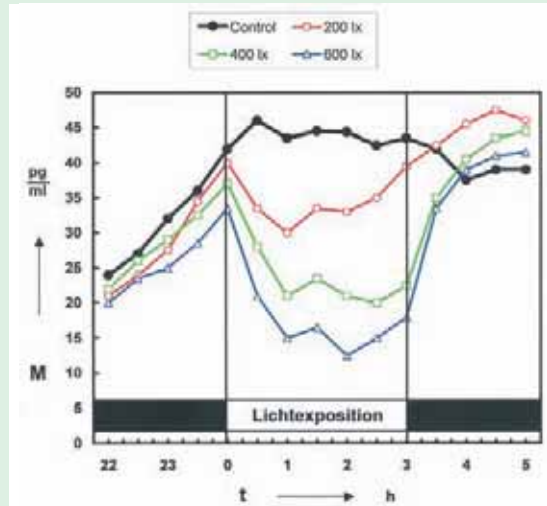


Abb. 4: Melatonin-gehalt im Blutserum bei 3 Lichtexpositionen in der Nacht von 0.00 bis 3.00 Uhr. (Schwarze Kurve – ohne Bestrahlung)

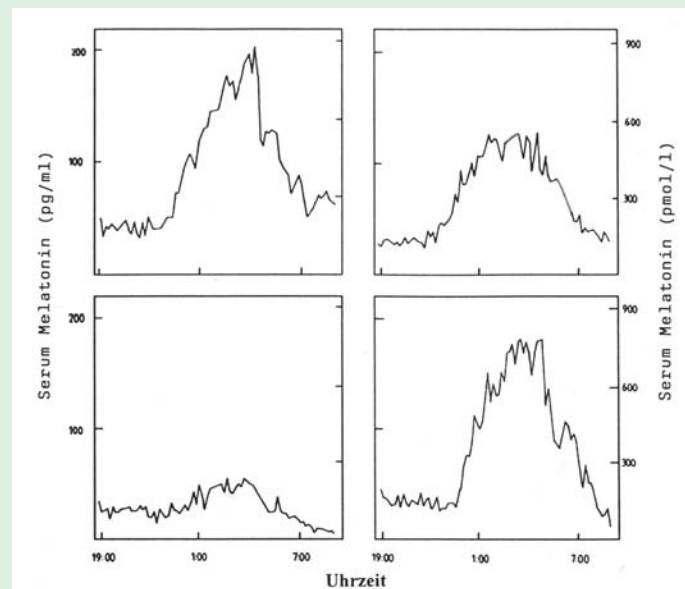
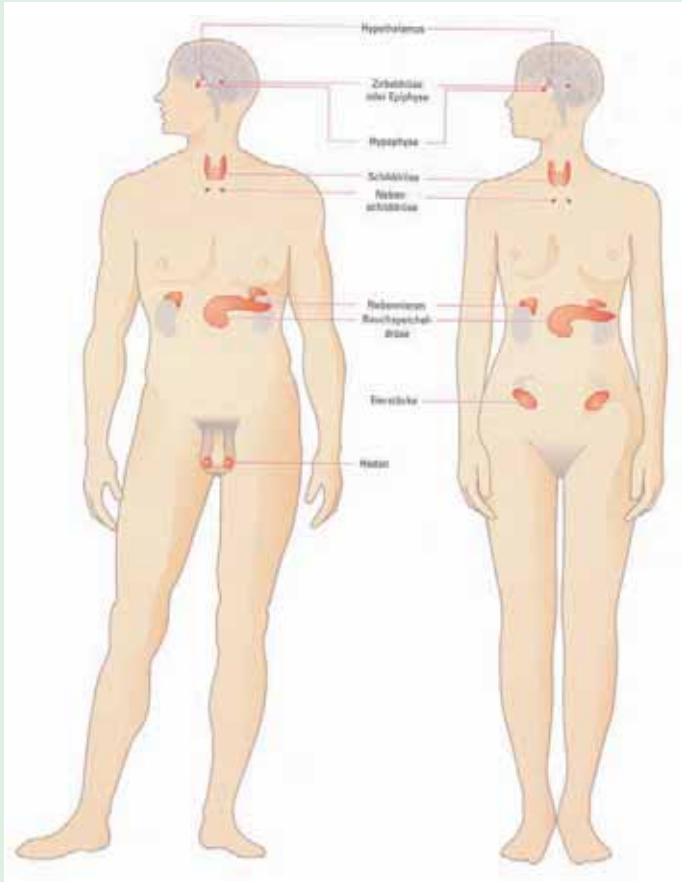


Abb. 3: Nächtliche Serumkonzentration von Melatonin bei 4 Probanden (20–30-jährig) in 10-minütigen Intervallen. Die maximale Konzentration wird zwischen 1.00 Uhr und 5.00 Uhr in der Nacht erreicht.





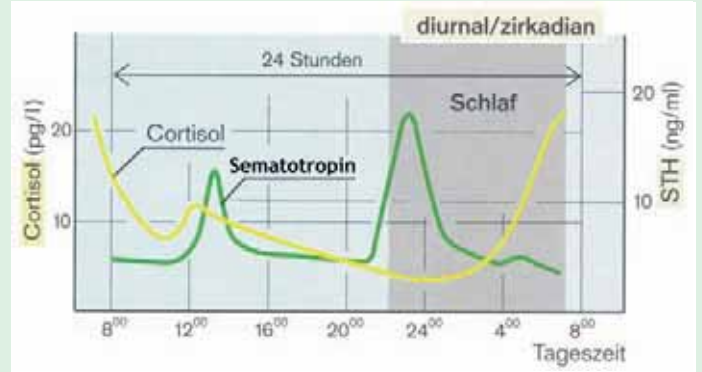
**Abb. 5: Die wichtigsten endokrinen Drüsen bei Mann und Frau.**

oder Gonadotropin), die direkt auf andere endokrine Drüsen einwirken – das sind also jene Drüsen die ihre Sekrete unmittelbar in die Blutbahn ausscheiden –, um deren Funktion anzuregen. Das freigesetzte Adrenocorticotropin gelangt auf dem Blutweg zu den Nebennieren und das Gonadotropin zu den Keimdrüsen. Somit lösen die Hormone aus der Hirnanhangdrüse auch Hormone aus, die von den endokrinen Drüsen außerhalb der Gehirnzentren ausgeschüttet werden, sei es tagsüber oder auch nur in der Nacht. Hauptsächlich sind das folgende Drüsen: **Schilddrüse, Bauchspeicheldrüse, die Nebennieren** sowie die **Keimdrüsen** (Abb. 5).

**Die Schilddrüse** produziert das Trijodthyronin und Thyroxin, die den Basisstoffwechsel regulieren und für die Entwicklung des Nervengewebes und der Knochen von großer Bedeutung sind. **Die Bauchspeicheldrüse** erzeugt

zwei Arten von Protein-hormonen: Insulin und Glukagon. Das Insulin fördert die Aufnahme von Traubenzucker in den Zellen und reguliert die Traubenzuckermenge im Blut. Die Wirkung des Glukagon ist der des Insulins entgegengesetzt. **Die Nebennieren** als paarig angelegte Drüsen, gegliedert in Mark- und Rindenschicht, liefern lebenswichtige Hormone: das Mark erzeugt das **Adrenalin** und die Rinde das **Cortisol**. Da der Auf- und Abbau dieser Hormone sehr schnell erfolgt, ist auch ihre Wirkung auf den Organismus eine relativ schnelle.

Das **Adrenalin**, das durch die Blutgefäße im ganzen Körper rasch transportiert wird, wirkt physiologisch auf Herz und Kreislauf, bewirkt eine Steigerung der Herzfrequenz und eine Verengung der Blutgefäße, führt zu einem Anstieg des Schlagvolumens sowie zu einem Anstieg des systolischen Blutdruckes. Dazu kommen noch



**Abb. 6: Plasmakonzentration und Sekretionsdynamik des Hormons über Tag-Nacht-Rhythmus: Cortisol – Stoffwechselformon, Somatotropin (STH) – Wachstumshormon.**

eine Atem- und Pulsbeschleunigung wie auch eine Pupillenerweiterung im Auge. Die normale Konzentration des Hormons Adrenalin im Blutplasma liegt im Bereich von 40 ng/l bis 90 ng/l und ist stark von Stresssituationen abhängig.

Das **Cortisol** bewirkt nachweisbar ein Absenken von Puls und Blutdruck. Es wirkt weiters regulierend auf den Fett-, Kohlehydrat- und Eiweißstoffwechsel, erhöht die Glukosekonzentration im Blut und wirkt gegen Rheumatismus (Abb. 6).

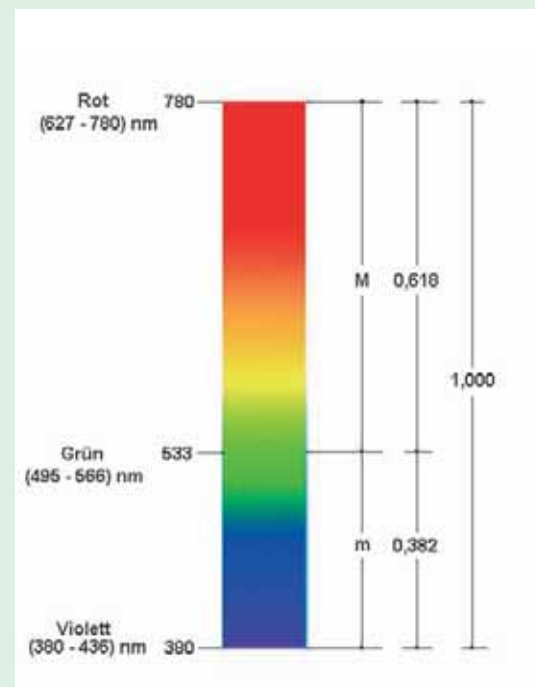
Wie die Untersuchungen erwiesen haben, kommt es bei **rotem Licht** zur vermehrten **Produktion von Adrenalin**. **Blaues Licht** dagegen **produziert verstärkt Cortisol** und die Adrenalinproduktion wird gebremst. **Grünes Licht**, welches im „goldenen Schnitt“ (ein 3:5 Verhältnis) des sichtbaren Spektrums liegt, sorgt für die ausgeglichene

Produktion von Adrenalin und Cortisol zugleich (Abb. 7).

Ähnliche Wirkung wie beim grünen Licht wurde beim **weißen Licht** (alle Anteile des sichtbaren Spektrums vorhanden) festgestellt.

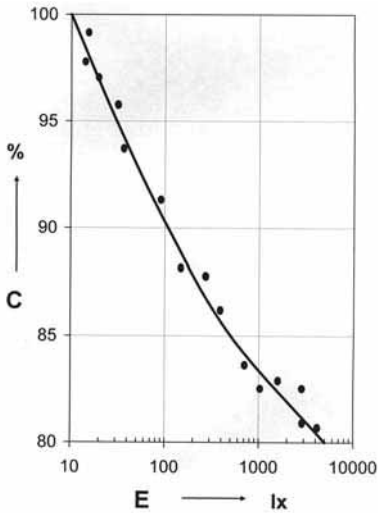
**Fazit:** Das Rot wirkt also anregend, das Blau macht melancholisch bis hin zu depressiv und das Grün wie auch das Weiß wirken gesund und beruhigend auf den Organismus eines Menschen.

Das Licht wirkt unmittelbar auf Stoffwechsel, Kreislauf und Enzyymbildung ein. Es ist nachgewiesen, dass das weiße Licht (mit einem vollständigen, kontinuierlichen Spektrum) einen Einfluss auf



**Abb. 7: Der Goldene Schnitt (die Goldene Mitte) des sichtbaren Spektrums von 380 nm bis 780 nm liegt bei der Wellenlänge von 533 nm, was der Mitte der Farbe Grün entspricht.**





**Abb. 8: Konzentration C der eosinophilen Leukozyten der weißen Blutkörperchen im Blut, abhängig von der Beleuchtungsstärke E. Konzentration bei Dunkelheit = 100 %.**

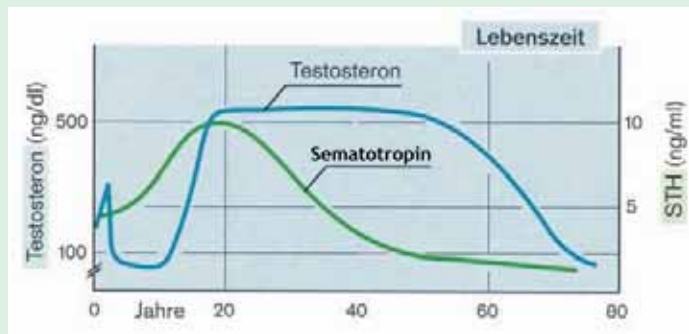
die Konzentration der eosinophilen Leukozyten, eine Art von weißen Blutkörperchen, hat (Abb.8). Die Verminderung der Konzentration dieser Leukozyten, nur aber bis zu einem gewissen Grad, bewirkt die Aktivierung der Körperfunktionen, womit auch die Leistungsbereitschaft des Menschen wächst.

**Die Keimdrüsen** (Gonaden = Hoden und Ovarien = Eierstöcke), die auch paarig angelegt sind, erfüllen bei beiden Geschlechtern eine doppelte Funktion: Sie produzieren die Sexualhormone und die Geschlechtszellen, genannt auch Fortpflanzungszellen (Gameten = Spermien oder Eier). Zu den Sexualhormonen gehören bei Männern die androgenen Hormo-

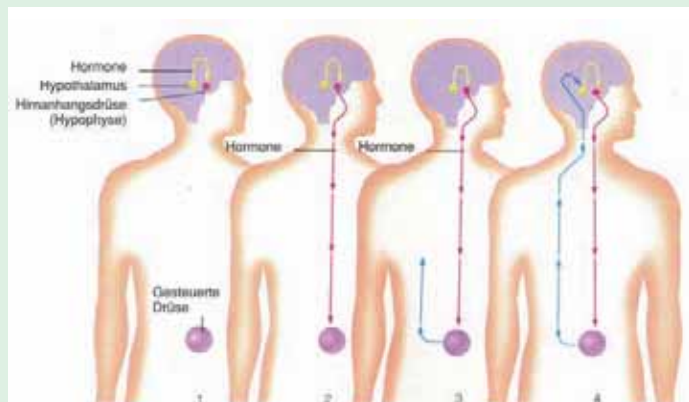
ne, vor allem das **Testosteron** und das **Androsteron** und bei Frauen auch zwei Hormone – das **Östrogen** und das **Progesteron** (Abb. 9). Es ist nachgewiesen worden, dass mit steigender Sonnenenergie die Ausschüttung vom Melatonin drastisch gedrosselt wird und somit die Produktion der Keimdrüsen-Hormone von ihrer Unterdrückung befreit wird. Es kommt zur einen Kettenreaktion der Hormone (Abb. 10).

Die Untersuchungen mit männlichen Probanden (19- bis 30-Jährige) haben gezeigt, dass die Konzentration des Lutropin-Hormons, eines zur Testosteron-Produktion nötigen Hormons, nach einer einstündigen Bestrahlung des nackten Körpers mit starkem weißem Licht im Urin um rund 70 Prozent höher lag als ohne Bestrahlung.

**Das Licht** wirkt – wie schon erwähnt – auch **über die Haut** auf den menschlichen Organismus. Die Keimschicht der Haut ist durch von unten hineinragende Papillen der Lederhaut vielfach gebuchtet und bietet dadurch dem Licht eine stark vergrößerte Oberfläche (Abb. 11). Die Keimschicht ist zwar gefäßlos, doch das Zellgefüge ist mit ausgedehnten Lymphräumen durchsetzt. Diese Keimschichtlymphe befindet sich in einem lebhaften Stoffaustausch mit dem Blut der unmittelbar darunter liegenden Lederhaut. Alle Blutstoffe können ständig der Keimschicht zugeführt, dort durch das eindringende Licht verändert und schließlich wieder in das Blut zurückgeführt werden. Dabei verursacht das rote Licht vor allem eine Wärmeempfindung und das blaue energiereichere

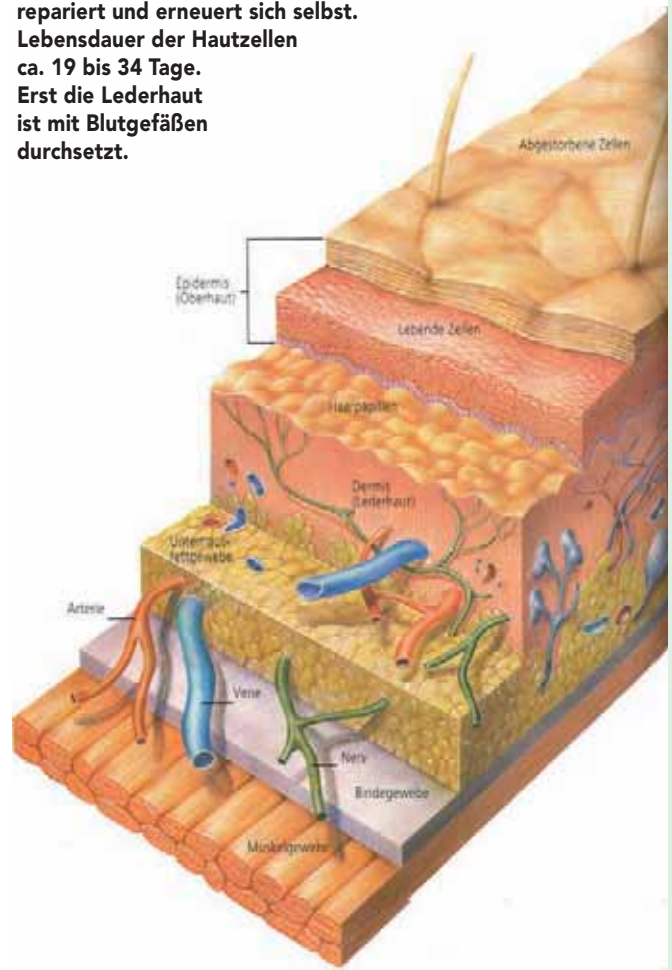


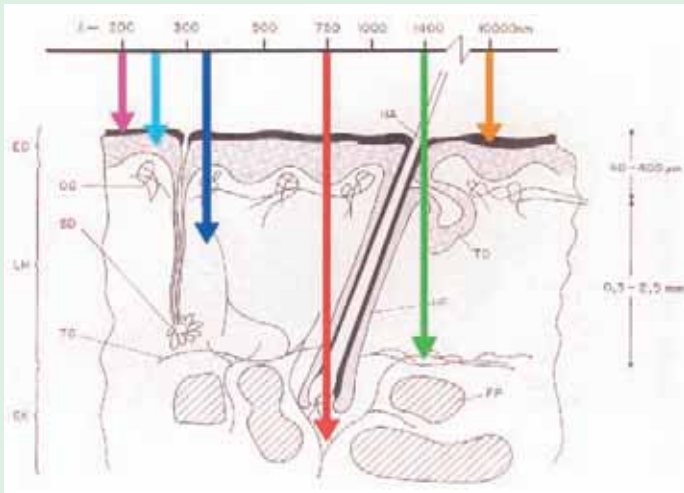
**Abb. 9: Plasmakonzentration und Sekretionsdynamik des Hormons über Lebenszeit: Somatotropin (STH) – Wachstumshormon, Testosteron – Sexualhormon.**



**Abb. 10: Kette der hormoneller Reaktionen. Hypothalamus-Hormon (1) löst die Abgabe eines Hypophyse-Hormons (2) aus. Dieses gelangt über den Blutkreislauf zu einer entfernten im Körper Drüse (3) und regt sie an, ein eigenes Hormon auszuschütten, das ebenfalls über den Blutkreis seinen Zielort erreicht. Gleichzeitig kommt das Hormon aber auch mittels der Rückkopplung (4) zum Zwischenhirn und reguliert die Produktion der Hypophyse.**

**Abb. 11: Aufbau der menschlichen Haut. Sie ist dünn, fest, elastisch, sehr empfindlich, repariert und erneuert sich selbst. Lebensdauer der Hautzellen ca. 19 bis 34 Tage. Erst die Lederhaut ist mit Blutgefäßen durchsetzt.**





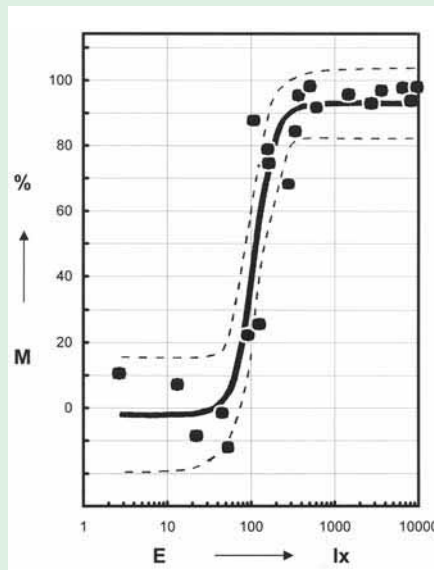
**Abb. 12:** Eindringtiefe vom Licht in die Haut. ED – Epidermis (Oberhaut), LH – Lederhaut, SK Subkutis (Unterhaut), OG – Oberflächliches Gefäßnetz, TG – Tiefes Gefäßnetz, HA – Haar, TD – Talgdrüse, HF – Haarfollikel, FP – Fettpolster, SD – Schweißdrüse. Am tiefsten dringt das rote Licht (Wellenlänge ca. 750 nm) in die Haut ein.



kurzwellige Licht löst photochemische Reaktionen aus, die über die Atmungsenzyme auf den Gewebestoffwechsel wirken und die Produktion des sehr wichtigen Vitamins D3 fördern (Abb. 12). Man vermutet unbekannte Lichtrezeptoren in der Haut oder in den darunter liegenden Organen. Deshalb wird die Haut als das „vierte Auge“ betrachtet (Abb. 13).

**Abb. 13 (li.):** Der nackte Körper und die lichtempfindlichsten Stellen der Haut mit unmittelbar darunter liegenden Blutgefäßen – Schläfe, Halsschlagader, Oberarmschlagader, Handgelenk, Leisten, Kniekehle, Fußgelenk, Sprunggelenk.

**Abb. 14 (re.):** Relative Melatoninreduktion im Blutserum, abhängig von der Beleuchtungsstärke der Hornhaut des Auges. Die Reduktion beginnt mit ca. 50 lx wirksam zu werden, bei rund 100 lx wird es zu 50 % reduziert und bei ca. 300 lx erreicht die Reduktion ihr Maximum.



der vegetativen Reaktionszeit liegen.

Die neuesten Untersuchungen haben gezeigt, dass bei einer vertikalen Hornhaut-Beleuchtungsstärke am Auge von rund 100 lx die Produktion von Melatonin („Müdemacher“) um 50 % reduziert wird (Abb. 14). Dieser Wert von rund 100 lx ist daher **jener Schwellenwert**, der die „**biologische Nacht**“ vom „**biologischen Tag**“ trennt. Bei unter 100 lx Beleuchtungsstärke sind noch immer die Voraussetzungen für die Ausübung optischer Tätigkeit (wie z. B. Schreiben, Lesen) gegeben, obwohl die biologischen Vorgänge im Organismus – die sonst durch das Licht stimuliert werden – nicht mehr stattfinden können.

### 3. Resümee

Die oben angeführte Betrachtung der Wirkung des Lichtes auf die Aktivität von Hormonen bezieht sich auf Laboruntersuchungen verschiedenster Art, die von der Lichtsituation auf der Bühne während einer Aufführung mehr oder weniger abweichen.

Die Labor-Ergebnisse lassen sich daher nicht 1:1 in die Bühnenpraxis übertragen. Jedoch die Tendenz der Aktivität der Hormone und ihre spezifische Wirkung im menschlichen Körper werden auch beim Bühnenlicht und seinen Lichtstimmungen den im Labor erforschten Gesetzmäßigkeiten entsprechen. Somit ruft das Bühnenlicht wichtige biologische Vorgänge nicht nur im Organismus des Zuschauers sondern vor allem im Organismus der agierenden Personen auf der Bühne (Sänger, Schauspieler, Tänzer...) hervor.

Entscheidend für die Wirkung des Bühnenlichtes auf die Hormone ist die Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut des Auges oder auf dem nackten Körper, sowie die Einwirkungsdauer der Lichtstimmung, die gerade auf der Bühne herrscht. In einigen Fällen beträgt die horizontale oder die vertikale Beleuchtungsstärke auf der Bühne bis zu 30.000 lx. Der andere bedeutungsvolle Faktor ist die Frequenz des verwendeten Lichtes, welche die Farbe des Lichtes bestimmt. Anders gesagt: Es muss genügend Strahlung ins Auge kommen oder auf die nackte Haut fallen und die Dauer der Bestrahlung nicht unter

In Sinne der oben vorgestellten Forschungsergebnisse erweist sich nunmehr das **Bühnenlicht als ein Instrument und Werkzeug** in den Händen von Lichtdesignern und Regisseuren, Bühnenbildnern und Dirigenten, das es ihnen jetzt ermöglicht, ganz gezielt die Emotionen und Empfindungen, Gefühle und physiologischen Reaktionen der Agierenden auf der Bühne und der Zuschauer zu steuern. Musste man sich bisher auf seine Erfahrung stützen, so kann man nun auf die Forschungsergebnisse zurückgreifen und Stimmungen präziser planen als man das bis jetzt konnte. Man kann im Grenzfall den menschlichen Organismus durch Licht „abkühlen“ oder ihn „aufheizen“, ohne dass die betroffene Person sich dessen bewusst wird.

Bei rötlichem Licht also kann man ein dynamischeres Agieren nicht nur erwarten, sondern sogar gezielt bewirken. Bei bläulichem Bühnenlicht hingegen werden die Akteure wenig dynamischer, manchmal sogar gehemmt agieren und sich wesentlich härter tun, herausragende Leistungen zu erbringen. Grünes und weißes Licht aber belebt den Organismus, hält ihn im physiologischen Gleichgewicht und wird die Akteure locker agieren lassen.



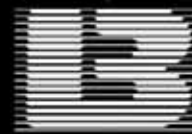
#### 4. Literatur

- 1) Brainard, G.: Action Spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *Journal of Neuroscience*, Nr. 21(16), 2001, S. 6.405–6.412
- 2) Thapan K.: An action spectrum for melatonin suppression, evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *Journal of Physiology*, Nr. 535.1, 2001, S. 261–267
- 3) Zeitzer, J.: Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *Journal of Physiology*, Nr. 526.3, S. 695–702
- 4) Langer, M.: Melatonin bei Menschen. *Wiener Klinische Wochenschrift*, Nr. 109/18, 1997, Springer Verlag Wien, S. 707–713
- 5) Saletu, B.: Melatonin – ein natürliches Schlafmittel? *Wiener Klinische Wochenschrift*, Nr. 109/18, 1997, Springer Verlag Wien, S. 714–721
- 6) Kivela, A.: Serum and Amniotic Fluid Melatonin during Human Labor. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Nr. 4, Vol. 69, S. 1.065–1.068
- 7) Berson, D.: Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, Nr. 295, 2002, S. 1.070–1.073
- 8) Lange, H.: *Handbuch der Beleuchtung*, SLG, LiTG, LTG, NSVV, 5. Auflage, Ecomed-Fachverlag, Landsberg, 1999
- 9) Krzeszowiak, T.: „Bühnenbeleuchtungstechnik“, Diplomarbeit, Techn. Universität Posen, März 1979
- 10) Benner, K.: „Der Körper des Menschen“, *Weltbild Verlag*, Augsburg 1991
- 11) Zimbardo, P.: „Psychologie“, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1983
- 12) Sommer, K.: „Der Mensch – Anatomie, Physiologie, Ontologie“, Volk und Wissen Verlag, Berlin 1979
- 13) Heller, E.: „Wie Farben wirken“, Rowohlt Verlag, Reinbek/Hamburg 1995
- 14) Küller, R.: „The effects of indoor lighting on wellbeing and the annual rhythm of hormones“, CIE 21 st session, Venice 1987
- 15) Schierz, Ch.: „Leben wir in der biologischen Dunkelheit?“, 15. Gemeinschaftstagung – Licht, Maastricht, 22.–25. Sept. 2002
- 16) Krzeszowiak, T., Berger, W.: „Farbe – elektromagnetische Strahlung und ihre psychophysiologische Wirkung“, *Int. Farbtagung, Farbe – 1999*, BAM Berlin, 4.–6. Nov. 1999
- 17) Krzeszowiak, T.: „Psycho-physiologische Untersuchungen zur Verschmelzungsfrequenz des menschlichen Auges“, *Int. Farbtagung, Farbe – 2000*, Bauhaus Universität Weimar, 5.–7. Okt. 2000
- 18) Krzeszowiak, T.: „Die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges“, *Int. Farbtagung, Farbe – 2002*, BAM Berlin, 21.–23. Nov. 2002
- 19) Hollwich, F.: „The Influence of Ocular Light Perception on Metabolism in Man and Animal“, Springer Verlag, Berlin–Heidelberg, 1979
- 20) Bachem, A.: „Die Lichtdurchdringung der menschlichen Haut“, *Strahlentherapie* 39, S. 30–56, 1931
- 21) Radnot, M.: „Die Wirkung der Beleuchtung auf die vegetativen Funktionen des Menschen“, *CIE*, Vol. 6, Wien, 1963
- 22) Krzeszowiak, T.: Psycho-physiologische Aspekte des Bühnenlichtes, *Internationales Symposium – Licht und Gesundheit – Technische Universität Berlin*, 26.–27. Februar 2004, S. 198–211
- 23) Fercher, F.: *Medizinische Physik*, 2. Auflage, Springer Verlag, Wien, New York, 1999
- 24) Kahle, W.: *Nervensystem und Sinnesorgane, Taschenatlas der Anatomie*, Thieme Verlag, Stuttgart, New York 2002
- 25) Austin, Ch.: *Der Mensch, Körper, Psyche, Gesundheit*. Bertelsmann Verlag, München 1984
- 26) Whitfield, P.: *Der menschliche Körper*. Tosa Verlag, Wien 2003
- 27) Cerver, F.: *Menschliche Anatomie*. Könenmann Verlag, Köln 2000
- 28) Abel von, D.: *Mein Körper – Mein Leben*. Das Beste Verlag, Stuttgart-Zürich–Wien 1988
- 29) Schmidt R.: *Physiologie kompakt*. 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2001
- 30) Klink R.: *Lehrbuch der Physiologie*. 4. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart, New-York 2003
- 31) McIntyre, I.: Quantal melatonin suppression by exposure to low intensity light in man. *Live Sciences, Pergamon*, Vol.45, 1989, S.327–332

## IHR KOMPETENTER PRODUKTPARTNER FÜR



- Professionelle Videotechnik
- Film- und Lichttechnik
- Projektions- und Präsentationstechnik



**LB-electronics**

LB-electronics Ges.m.b.H.

A-1190 Wien, Döblinger Hauptstraße 95

Tel.: (01) 360 30 21, Fax: (01) 369 84 43

e-mail: video@lbe.co.at

www.lb-electronics.at