

Vollspektrum-Tageslicht

1. Vollspektrum-Licht und Farblicht-Spektren

VOLLSPEKTRUMLICHT ist künstliches Licht, das im Hinblick auf seine spektrale Zusammensetzung dem natürlichen Sonnenlicht im sichtbaren Bereich und im UV-Bereich (A und B) sehr nahe kommt (bis zu 96% Übereinstimmung) und die positiven Eigenschaften des natürlichen Sonnenlichts für den menschlichen Organismus aufweist.

Die Lichtindustrie beurteilt Lichtqualität in erster Linie nach dem Faktor Helligkeit und schreibt in DIN-Normen für die Beleuchtung bestimmte Lux-Zahlen vor (1).

Jede Lichtquelle zeichnet sich aber neben ihrer optisch wahrnehmbaren Lichtfarbe durch ein ganz spezielles Spektrum aus. **Sonnenlicht umfasst das ganze Spektrum** im sichtbaren Bereich von violett über blau, grün gelb, orange bis rot (380-780nm) sowie die nicht sichtbaren Ultraviolett (290-380nm)- und Infrarot(700-770nm)- Anteile (siehe Graphik), (2). Im Gegensatz dazu geben nahezu alle herkömmlichen Lichtquellen eine Strahlung ab, die mehr oder weniger vom natürlichen Sonnenlicht abweicht.

Das **Licht der Glühbirne** hat ein ähnliches Farbspektrum wie die untergehende Sonne (vor allem Gelb- und Orange-Anteile) und wird als angenehm und beruhigend empfunden. Es ist als Arbeitslicht daher ungeeignet, weil es ermüdend wirkt.

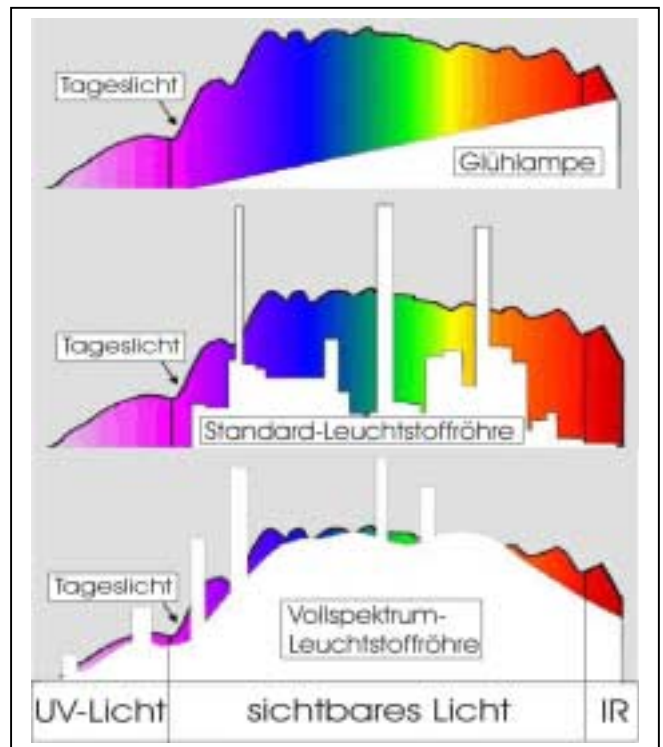


Abb. 1: Spektralkurven verschiedener Leuchtmittel

Konventionelle Leuchtstoffröhren (3-Banden-Röhren), enthalten drei Phosphorverbindungen, die ein kühl-weißes Licht mit nicht überlappenden Farbspektren erzeugen. Im Gegensatz zum Sonnenlicht, das recht gleichmäßig alle Bereiche des Farbspektrums enthält, haben herkömmliche Leuchtstoffröhren in einigen Bereichen "Licht-Gipfel" (Abb. 1 und 3), in anderen aber Defizite, vor allem im **UV-A und -B - Bereich** des Sonnenspektrums, der von Luxmessungen nicht erfasst wird, aber **der biologisch aktivste Anteil** des Tageslichts ist (3). Gerade in den Bereichen, wo die Sonnenstrahlen am stärksten sind, weisen konventionelle Leuchtstoffröhren die größten Defizite auf: im Rot- und Blau-Violett-Bereich (4). Bei solchem Licht muss unser Gehirn automatisch ein purpurfarbenes Filter dazuschalten, um das Licht dann weiß wahrzunehmen. Diese Zusatzleistung bedeutet Stress. Die bisherigen Standard-Röhren können somit aus gesundheitlichen Gründen die weitaus teuerste und unwirtschaftlichste Lösung sein.

Spezielle **Vollspektrum-Leuchtstofflampen** bestehen im Gegensatz zu konventionellen Röhren aus einem UV-durchlässigen Quarzkolben, in dessen Innerem mit Hilfe von 5 bzw. 6 Phosphorverbindungen und 3 verschiedenen Edelgasen ein bandenüberlappendes Vollspektrumlicht erzeugt wird. Dieses beinhaltet auch UV- und IR-Anteilen, (siehe Spektrum).

2. Unterschiede von Vollspektrumlicht gegenüber konventionellen künstlichen Lichtquellen

Lichtfarbe allein ist kein Qualitätskriterium

Zur Bestimmung der Lichtfarbe werden unterschiedliche Spektralfarben addiert. Gemessen wird die Lichtfarbe in Kelvin. Eine wichtige Kenngröße zur Charakterisierung des Lichts ist die sogenannte **Farbtemperatur** (5).

Man bedient sich dabei des physikalischen Modells eines schwarzen Strahlers (5), dessen Spektrum in eindeutigen Zusammenhang mit seiner Temperatur steht. Die Erhöhung der Temperatur hat zur Folge, dass auch die wahrnehmbare Farbe sich verändert. Je heißer der Strahler, desto weißer das abgestrahlte Licht, je kälter der Strahler, desto rötlicher. Trotzdem wird das thermisch kühlere Licht optisch als wärmer empfunden, weil Rot mit Wärme assoziiert wird. Man zieht nun denjenigen Temperaturwert in Kelvin, bei dem ein schwarzer Körper Licht einer bestimmten Farbe emittiert, heran, um auch die Lichtfarbe anderer Lichtquellen zu kennzeichnen. Auf diese Weise ergibt sich folgende Einteilung:

Abkürzung	Lichtfarbe	Farbtemperatur
ww	warm-weiß	< 3300 K
nw	neutral-weiß	3300-5000 K
tw	tageslicht-weiß	> 5000 K

Tab. 1: Lichtfarbe nach DIN 5035-1 (6)

Die Farbtemperaturbestimmung ergibt aber eine Zahl, die nicht erkennen lässt, welche Lichtquelle gemessen wurde und wie deren spektrale Zusammensetzung ist. So gilt eine Leuchte mit Werten über 5000 Kelvin als "tageslichtweiß" obwohl es gravierende Unterschiede der Fabrikate verschiedener Hersteller in der Übereinstimmung der spektralen Verteilung mit Sonnen-Tageslicht gibt. Die Spektren und somit die Qualität verschiedener Lampen können sich jedoch trotz gleicher Farbtemperatur unterscheiden. Es ist also nicht ausreichend, Lichtfarbe allein nach den Normen der Lichtindustrie zu bewerten.

Es ist unbedingt zu empfehlen, die Datenblätter von Tageslicht-Röhren zu vergleichen, denn nicht jedes künstliche Tageslicht ist gleich Vollspektrumlicht! Nur Licht, das wirklich das volle Spektrum des Sonnenlichtes enthält, wirkt auf den menschlichen Körper physiologisch und psychologisch wie Sonnenlicht.

Vergleich von Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Leuchtmitteln

Licht und Farbe bestimmen das Farbklima eines Raumes. Die Lichtindustrie empfiehlt (7) aufgrund der Ergebnisse von Erhebungen bezüglich subjektiver Bewertungen des Lichtklimas in Arbeitsräumen in erster Linie die Verwendung von warmweißen oder neutralweißen Leuchtmitteln, ganz unabhängig von deren physiologischen und psychologischen Auswirkungen.

Es ist jedoch aus den im noch folgenden angeführten Vorteilen zu empfehlen, dass gerade in den Arbeits- und Wohnbereichen, in denen man aktiv tätig sein möchte, Beleuchtung mit Tageslicht-Qualität eingesetzt werden sollte. Dabei ist zu beachten, dass besonders bei künstlichem Tageslicht eine nicht zu geringe Beleuchtungsstärke eingesetzt wird, um eine angenehme Lichtatmosphäre zu schaffen.

Kruithof - Kurve: Bevorzugte Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke

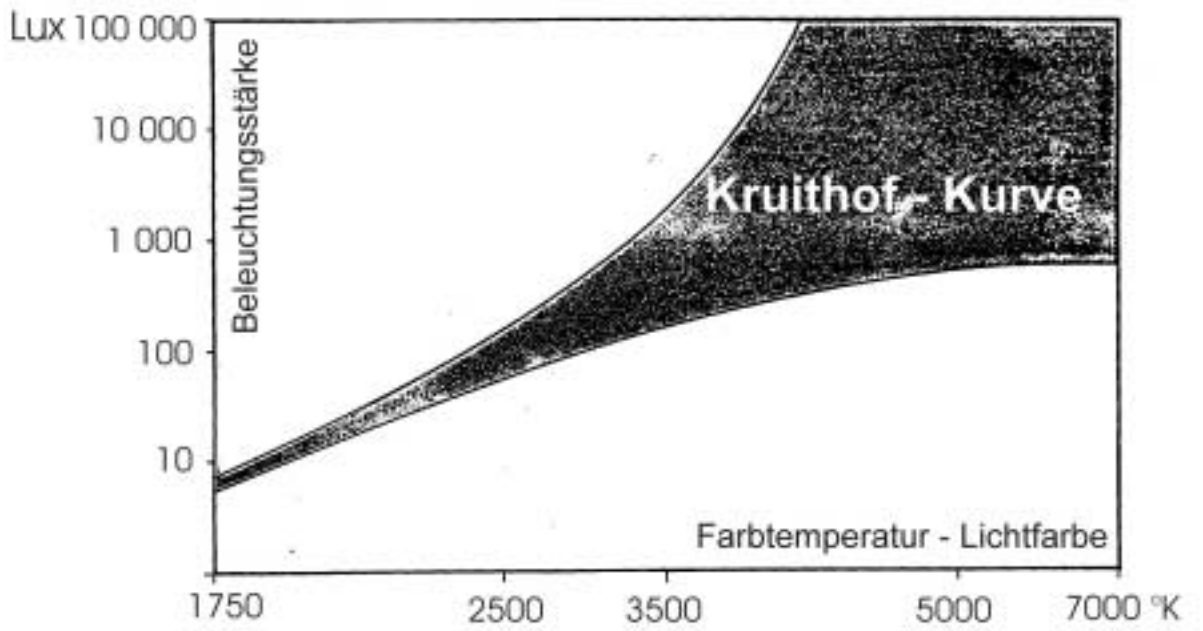


Abb. 2: Kruithof-Kurve

Entsprechend der Kruithof-Kurve muss die Beleuchtungsstärke um so höher sein, je höher die Farbtemperatur des Leuchtmittels ist. Dadurch wird ein Raum bezüglich Lichtklima als angenehm empfunden. Bei niedriger Farbtemperatur, z.B. 2500 K (Glühlampe), genügt eine niedrigere Beleuchtungsstärke (< 100lx), um ein Wohlbefinden im Raum zu schaffen. Bei höherer Farbtemperatur, z.B. Tageslicht (>5000K), ist eine höhere Beleuchtungsstärke nötig, um ein angenehmes Raumklima zu bewirken.

Vollspektrum-Leuchtstoffröhren erzielen wegen ihrer breiten spektralen Farbverteilung (auch in optisch nicht sichtbaren Bereichen) niedrigere Beleuchtungsstärken. Die eingehende elektrische Energie wird zur Erzeugung des vollen Farbspektrums genutzt und nicht, wie bei 3-Banden-Röhren, zur maximalen Lichtausbeute. Konventionelle Leuchtstoffröhren erreichen höhere Lumen - Werte, weil lediglich die Spektralbereiche, in denen das menschliche Auge besonders hellempfindlich ist, überproportional intensiv sind.

Erfahrung aus der Praxis: Trotz messtechnisch niedrigerer Beleuchtungsstärke erhöht sich die optische Wahrnehmung beim Einsatz vollspektraler Tageslichtröhren.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass photometrische Messungen (Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte) mittels **Luxmeter** sich fast ausschließlich auf einen Standard-Temperaturstrahler mit einer Farbtemperatur von ca. 2900K beziehen (5). D.h. photometrisch bewertete Strahlungsleistungen von Tageslichtquellen ergeben bezogen auf diesen Standard keine korrekten Werte.

3. Vorteile von Vollspektrumlicht gegenüber konventionellen künstlichen Lichtquellen

Neue Untersuchungen über das Zusammenspiel des gesamten Spektrums des Tageslichts widerlegen die Behauptungen der heimischen Lichtindustrie, dass das Auge die Farben des Lichtes gar nicht unterscheiden kann, sondern immer nur die Summe des Lichtes wahrnimmt (9). Die Fachleute der Lichtindustrie erforschten genau, wie hell die Beleuchtung für die unterschiedlichen Bedürfnisse sein muss. Ihre Maxime, die sich auch in der **DIN-Norm für die richtige Beleuchtung am Arbeitsplatz** (1) wiederfindet, lautet: Hauptsache, es ist hell genug.

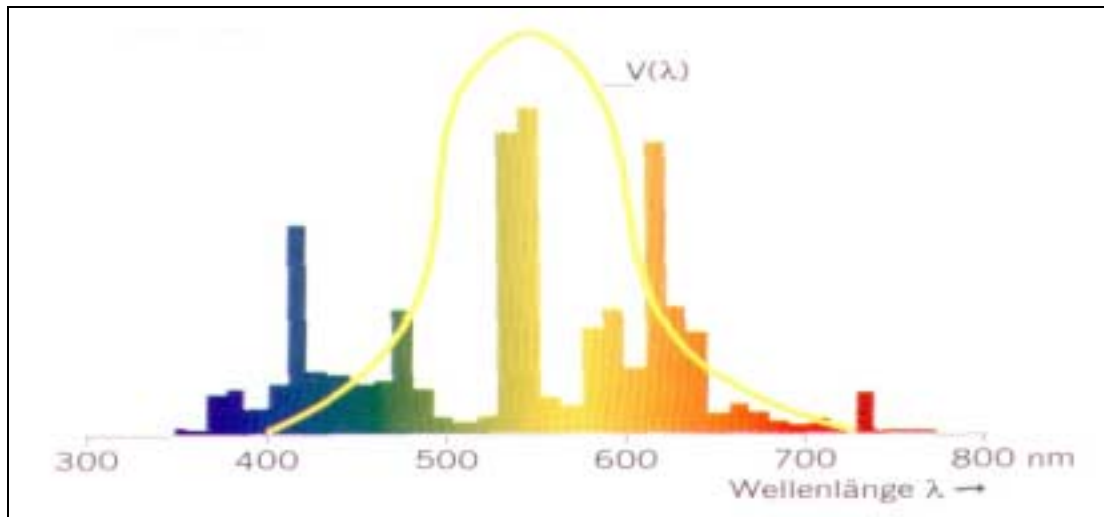


Abb. 3: Spektrum von Dreibandröhren, bei denen drei Spektralbereiche höherer Intensität auftreten. Zum Vergleich ist der Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ des menschlichen Auges schematisch dargestellt (6).

Obwohl die Erkenntnisse über die unterschiedlichen Wirkungen von herkömmlichem Kunstlicht und Vollspektrum-Lampen mittlerweile weltweit anerkannt sind, verteidigte die heimische Lichtindustrie bislang konsequent ihre herkömmlichen Leuchtmittel. Die positive Rolle der unsichtbaren Strahlen des Sonnenlichts, die bei normalen Leuchtstoffröhren völlig fehlen, wurde ebenfalls übersehen.

Vollspektrumlicht....

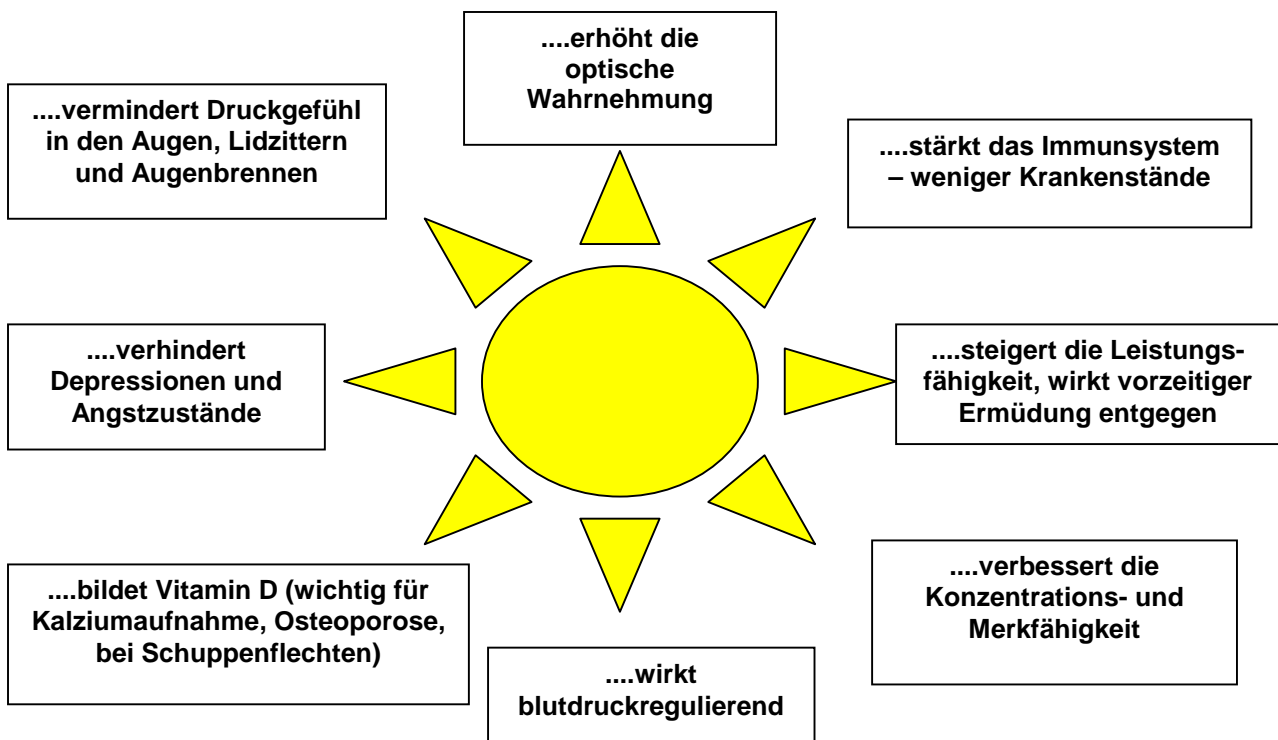
- ☺ ermöglicht besseres Kontrastsehen
- ☺ höhere Farbwiedergabe
exakte und absolut naturgetreue Wiedergabe der Farben und beleuchteter Gegenstände wie unter natürlichem Sonnenlicht (4, 8).
- ☺ Scharfes und exaktes Wahrnehmen im Raum
erhöhte Sehschärfe und Detailgenauigkeit bei vollkommener räumlicher Wahrnehmung (9).
- ☺ verhindert nachteilige Mischlichtzonen zwischen Tages- und Kunstlicht. Tageslicht, durch Fenster oder Oberlichtern, kann übergangslos mit Vollspektrumlicht kombiniert werden, ohne dass sich der Sehmechanismus auf ein neues Spektrum umzustellen braucht (7).
- ☺ ist das ergonomisch richtige Licht mit positivem Einfluss auf das physische und psychische Wohlbefinden des Menschen. Dadurch wird Leistungsbereitschaft und -wille gefördert, die Arbeitsfehlerquote reduziert (7, 18, 19).

☺ Wissenschaftliche Untersuchungen belegen erhöhtes Sehvermögen bei Vollspektrumlicht im Vergleich zu herkömmlicher „neutralweißer“ Beleuchtung bei gleicher Beleuchtungsstärke (10).

☺ Vorteile im allgemeinen Wohlbefinden

Erhöhung der körpereigenen Abwehrkräfte, richtige Steuerung der Körperhormone, Verbesserung der emotionalen Ausgeglichenheit, Verbesserung der Stressbewältigung, Verhinderung von saisonalen Depressionen (SAD, Winterdepression) (9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17).

natürliches Sonnenlicht.....



4. Ruhiges Licht

EVG (Elektronik Vorschalt Gerät)

In einem weiteren Bereich wird die Sehleistung und die Gesundheit erheblich beeinträchtigt: durch das 50-Hz-Wechselstrom-Flimmern. Optisch nimmt das Auge nur etwa 15-100Hz wahr, das Gehirn „sieht“ aber bis 1000 Hz und wandelt das Gesehene dann in ein scheinbar ruhiges Licht oder fließendes Bild (Film/Bildschirm) um.

In Wirklichkeit muss das Gehirn aber jede Sekunde Schwerstarbeit vollbringen. Dies führt zu Augen- und Kopfschmerzen, hohen Stressbelastungen (z.B. Cortisol-Ausschüttungen) mit all seinen krankmachenden Auswirkungen. Darum empfehlen wir zum Betrieb von Vollspektrum - Röhren Elektronik Vorschaltgeräte (EVG) = flimmerfreies Licht + 20 % Stromkostensparnis (anstelle des herkömmlichen KVG („Drossel“)).

5. Anwendungsbereiche für Vollspektrumlicht

- ☑ In Schulen und Kindergärten zur Steigerung des Wohlbefindens, zur Erhöhung der Konzentration (8) und Verminderung von Krankheitsfällen (Infektionskrankheiten, Karies), (9, 10,18).
- ☑ In Geschäfts- und Arbeitsräumen (insbesondere Bildschirm-Arbeitsplätzen) zur Erhöhung der Konzentration, weniger Ermüdungserscheinungen und höhere visuelle Genauigkeit (9, 10,18).
- ☑ Im privaten Bereich zur Erhöhung des allgemeinen Wohlbefindens und zur Steigerung des Sehvermögens (9).
- ☑ In Therapieleuchten zur Vorbeugung und Behandlung von saisonal bedingten Depressionen (SAD, Winterdepression), Neugeborenenengelbsucht, Rachitis, Neurodermitis, Psoriasis, Allergien, Nesselsucht und vielen anderen Krankheiten (9, 11-17).
- ☑ In Atelier- und Objektleuchten zur Beleuchtung von und zur Arbeit an Objekten, wo es auf exakte Farbwiedergabe und Farbbrillanz ankommt (4, 8).
- ☑ In Museen und Ausstellungen zur naturgetreuen Beleuchtung der Ausstellungsstücke (4,8).
- ☑ In allen Arbeitsbereichen, wo es auf Exaktheit des Sehens oder Farbtreue ankommt (das gilt für Dentallabors, und Zahnarztpraxen genauso wie für Künstler, technische Zeichner, Druckereien u.a.). In medizinischen und therapeutischen Einrichtungen wie Krankenzimmern, Altersheimen, Sanatorien und Rehabilitationszentren zur Unterstützung des Genesungsvorganges und zur Steigerung des Wohlbefindens (4, 8, 12, 17).

6. Die unterschiedlichen Wege des Lichtes im menschlichen Körper

Licht und Leben

Der amerikanische Zoologe S.O. Mast hat schon 1916 am Beispiel der Scholle überzeugend demonstriert, dass der Lichteinfall in das Auge den Wechsel der Hautfarbe, also einen hormonellen Vorgang, steuert.

Darüber hinaus konnte Prof. Hollwich, ehem. Direktor der UNI-Augenklinik Münster, beim Frosch zeigen, dass nach Ausschaltung des Lichteinflusses durch Vernähen der Augenlider ein Farbwechsel der Haut unterbleibt. Hingegen kommt der Farbwechsel auch dann noch zustande, wenn das Sehzentrum ausgeschaltet, der Frosch also blind ist (11).

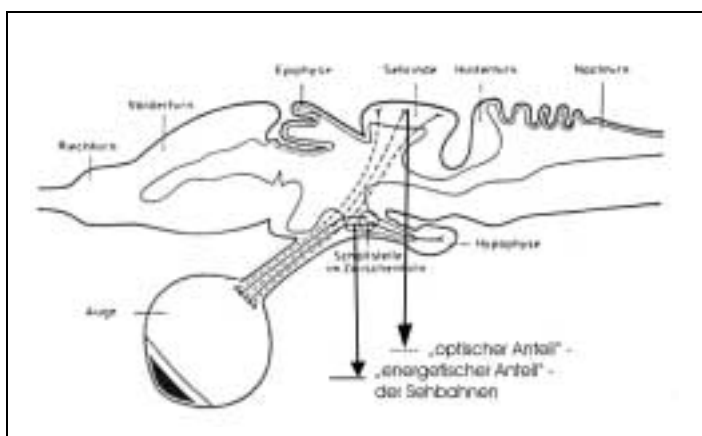


Abb.4 Die Sehbahnen des Lichtes (Quelle:11)

Damit konnte praktisch bewiesen werden, dass **in das Auge eintretendes Licht auf zwei verschiedenen Bahnen verläuft**: der **optische Anteil** vermittelt den Sehvorgang und verläuft von der Netzhaut zum Sehzentrum. Der **energetische Anteil** verläuft über die rektion-hypothalamische Bahn und ist für hormonelle Vorgänge verantwortlich (hier Hautverfärbung des Frosches).

Entwicklungsgeschichte des Vollspektrumlichtes

Gesundheitliche Schäden, die bei U-Boot-Besatzungen in verstärktem Maß auftraten, wie die Neigung zu Schlafstörungen, Fettsucht, Depressionen, Schwächen des Immunsystems, Neurosen, Bluthochdruck, Herz- und Kreislaufschwächen, Muskel- und Gelenkerkrankungen, Zuckerkrankheiten und vieles mehr, wurden nach Untersuchungen von Ärzten neben anderen Faktoren auf das fehlende Sonnenlicht zurückgeführt, da sich die Mannschaften ein halbes Jahr und länger unter Wasser aufhielten (2, 9).

Das brachte die **Weltraumbehörde NASA** dazu, eine Lichtquelle zu entwickeln, die so exakt wie möglich das gesamte Spektrum der Sonne auch im ultravioletten Bereich abstrahlt. Die neuen Röhren wurden bald darauf nicht nur von der NASA eingesetzt, sondern auch von Krankenhäusern, Büros, Arztpraxen. Licht- und Farbtherapeuten etc. genutzt (14).

Das Licht besteht, je nach Art der Lichtquelle, aus einer oder mehreren Farben, auch wenn unser Auge das nicht wahrnehmen kann.

Was am Auge fehlgeleitet wird, trifft den ganzen Körper!

Bestimmte Farben lösen unterschiedliche Reaktionen im Körper aus.

Langwelliges orangerotes Licht ("warmes Licht") regt die Zirbeldrüse, an Melatonin auszuschütten. Dies wirkt beruhigend und schlaffördernd. Unter Glühbirnen, Halogen oder bei Warmton-Standard-Leuchtstoffröhren-Licht wird dadurch schon untertags die Melatoninproduktion angeregt. **Folge: frühzeitige Ermüdung** (13).

Die Erforschung lichtgesteuerter biologischer Rhythmen gehört zu den aktuellsten Forschungsgebieten der Medizin. Die Biophotonenforschung zeigt darüber hinaus, dass Licht als Informationsträger in und zwischen Organismen auftritt.

Die Veränderung der Lebensgewohnheiten hat mit sich gebracht, dass die Menschen in den Industrieländern 90% ihrer Zeit in geschlossenen Räumen verbringen und hauptsächlich von künstlichem Licht umgeben sind. Da sich der Mensch von der Entwicklungsgeschichte her an die Gegebenheiten des Tageslichtes wie z.B. Rhythmik, Dynamik und Lichtfarbe angepasst hat, ist es um so bedeutender, die Lebensräume des Menschen so zu gestalten, dass sie möglichst an natürliche Verhältnisse adaptiert sind, nicht umgedreht.

Untersuchungen Hollwichts bei Blinden und Sehenden bzw. bei Patienten mit Star-Operationen, die vor und nach der Operation untersucht wurden, bewiesen, dass das hormonelle System des menschlichen Organismus um so mehr gestört ist, je stärker das Spektrum der Lichtquelle vom Sonnenspektrum abweicht.

Zusammenfassung der Wirkungen des UV-Lichtes



Wir sind herausgefordert, Beleuchtungsanlagen einzusetzen, die an unseren natürlichen Rhythmen angepasst sind, die die Phasen des menschlichen Leistungsvermögens unterstützen, um Motivation und somit die Gesundheit am Arbeitsplatz zu fördern.

Wer die Lichtoptimierung nur unter dem Blickwinkel betreibt, den Ort der Handlung mit kleinstem Energieaufwand möglichst hell zu beleuchten, verkennt die fundamentale Bedeutung des natürlichen Vollspektrumlichtes.

Literaturquellen:

1. Künstliche Beleuchtung von Innenräumen
ÖNorm 01040, 1984, S. 1-36
Begriffsbestimmungen und allgemeine Anforderungen
2. "Licht schenkt Leben", E.Brandmayer, Dr. med. B. Köhler, fit fürs Leben Verlag, 1997
3. H.A. Fischer, Max-Planck-Institut für Gehirnforschung München, zitiert in: "Licht schenkt Leben", E.Brandmayer, Dr. med. B. Köhler, fit fürs Leben Verlag, 1997
4. True Lite im Test: Im Schatten der Kunstlichtwelt“, Öko-Test Magazin 3, März 1990
5. „Handbuch für Beleuchtung“ Girardet-Verlag Essen, 1975
6. Trilux Handbuch der Beleuchtungsplanung, Lichttechnik - Elektrotechnik, Technische Information, Arnsberg 1997
7. Dr. A.E. Cakir: "Gesundheits- und Befindlichkeitsstörungen bei der Büro- und Bildschirmarbeit", eine Untersuchung zum Stand der Beleuchtungstechnik in deutschen Büros; Ergonomic-Institut für Arbeits- und Sozialforschung, Berlin, 1990
8. J.E. Lange, J.A. Morez, O.W. Richards : „Cool-White, Ultralume und True-Lite im Vergleich für Farbentests“, Pacific University, College of Optometry, Forest Grove, Oregon
9. Dr. Jacob Liberman: "Die heilende Kraft des Lichtes - der Einfluß des Lichtes auf Psyche und Körper", Piper Verlag München, Zürich, 1998, S.98
10. Technisches Merkblatt Nr. 13, Duro-Test
Ermüdungsauswirkungen bei spektralen Unterschieden in der Beleuchtung
J.B. Maas, J.K. Jayson, D.A. Kleiber
11. Bedeutung des Lichtspektrums des künstlichen Lichtes auf den menschlichen Organismus
Prof. Dr. Dr. Hollwich, em. Dir. Der UNI-Augenklinik Münster
12. Separatdruck, Epidemiologische und therapeutische Studie, Nationalfondprojekt: „Behandlung saisonaler Depressionen mit künstlichem Licht“, A. Wirz-Justice, Basel, in: „Schweizerische Ärztezeitung“, Band 65, 1984, Heft 38
13. "Licht gibt Leben", Dr. med. Sabine Thor-Wiedemann, Knaur-Verlag, 1996
14. Roland Kaiser, Natur & Heilen 10/93
siehe auch NATUR & HEILEN 12/87, "Eine neue Therapie mit True-Lite. Eine Lampe vertreibt Depressionen").
Cornell Universität, Zentrum für Verbesserungen in Grundschulen
15. „Neue Resultate der Behandlung saisonaler Depressionen mit Licht“, A. Wirz-Justice, A.C. Schmid, P. Graw, P. Kieholz, W. Pöldinger, H.U. Fisch, C. Buddeberg" in: Wissenswertes für den Arzt", 1995
16. „J. Zulley, A. Wirz-Justice: "Licht-Therapie", Roderer-Verlag Regensburg, 1995
17. Dr. Norman E. Rosenthal, Prof. Siegfried F. Kasper: "Licht-Therapie - Das Programm gegen Winterdepression", Heyne-Verlag München, 1998
18. „Technisches Merkblatt Nr. 6, Duro-Test, Philip C. Hughes: „Humanere Beleuchtung in der Schule - Eine psychologische Untersuchung“
19. H. Wohlfahrt, S.C. Wohlfahrt: " The effect of color-psychodynamic enviromental modification upon psychophysiological behavior reactions of severely handicapped children", International Journal of Biosocial Research, 3, Nr.1, 1982, S.10-38
20. H. Wohlfahrt, A. Schultz: " The effect of color-psychodynamik enviromental modification on sound noise levels in elementary schools", International Journal of Biosocial Research, 5, Nr.1, 1983, S.12ff.
21. H. Wohlfahrt, " The effect of color-psychodynamic enviromental modification on disciplinary incidences in elementary schools over one school year, a controlled study", International Journal of Biosocial Research, 6, Nr.1, 1984, S.44 ff.
22. H. Wohlfahrt, " The effect of color-psychodynamic color and lighting modification in elementary schools on blood pressure and mood, a controlled study", International Journal of Biosocial Research, 7, Nr.1, 1985, S.9 ff.