

# Biologische Wirkungen von Licht

## Fedor Benisowitsch

Institut für Licht und Gesundheit

Kilchbergstrass 19a

CH – 8134 Adliswil

+41 44 715 42 11 / +41 79 666 90 35

[www.lichtinstitut.ch](http://www.lichtinstitut.ch) / [info@lichtinstitut.ch](mailto:info@lichtinstitut.ch)

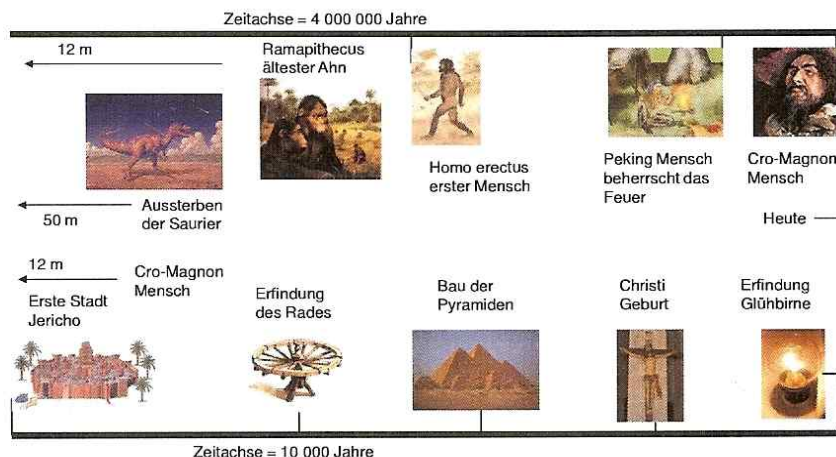
## Hintergrund

In der Schweiz, aber auch in anderen europäischen Ländern, wird zurzeit über ein Verbot der Leuchtmittel der Energieklassen F & G, später auch E diskutiert. Die Verteidiger der Glühlampe führen viele Argumente ins Feld. Weniger Energie bei der Produktion, problemlose Entsorgung (Glas) also kein Sondermüll, der Stromspareffekt der Kompaktlampen ist von der Brenndauer abhängig, Glühlampen verbreiten eine angenehme Atmosphäre (Candle-Light-Dinner), die Wirkung des Verbots ist ein Tropfen auf den heissen Stein etc. Das Bundesamt für Energie in der Schweiz will 300-500 von knapp 60 000 Gigawattstunden einsparen. Ansonsten möchte ich aber auf diese Argumente nicht eingehen. Hingegen werden aber auch gesundheitliche Vorteile von Glühlampen und entsprechende Nachteile der Kompaktlampen proklamiert. Ziel dieses Reviews ist es, diese Aspekte auf der Basis der aktuellen Literatur zusammenzufassen.

## Geschichte

Nimmt man eine Achse von 5m Länge und an deren Ausgangspunkt das Aussterben der Dinosaurier, dann erscheinen die ersten Vorfahren von uns (Ramapithecus), die es gewagt haben von den Bäumen zu klettern, nach ca. 3,8m. Auf den letzten 2 mm finden wir den aufrecht gehenden Menschen, später den Menschen der das Feuer beherrscht. Der moderne Mensch (Cro-Magnon) erscheint auf dieser Skala gerade mal auf den letzten 2mm! Auf der kleineren Achse wäre dann der moderne Mensch 12m entfernt. Hier findet sich dann die ganze bekannte Entwicklungsgeschichte des Menschen über die alten Ägypter, Christi Geburt und das Mittelalter bis hin zur Neuzeit. Wiederum auf den letzten 2mm sehen Sie dann die Erfindung der Glühbirne durch Edison. (Slide 1)

## Die Evolution auf der Erde



**Die Evolution des Homo sapiens ist für das Leben mit dem Wechsel von Tageslicht und Nacht, aber nicht für das Leben mit Kunstlicht gemacht.**

Haaf G.: Adam und Eva – Ursprung und Entwicklung des Menschen; Praesentverlag Heinz Peter (S 20 - 21) 1982

Der Mensch hat sich also in der Evolution über 50 Mio. Generationen vom Ramapithecus bis zum Homo sapiens entwickelt, immer unter dem Einfluss von Tages- oder Sonnenlicht und Nacht. Wir Menschen, aber auch alle anderen Lebewesen und Pflanzen, sind also optimal diesem Licht angepasst, sonst hätten wir, oder sie nicht bis zur Neuzeit überlebt, das ist das Gesetz der Evolution. Erst seit ca. 5 Generationen gibt es Kunstlicht mit einem Energie – Spektrum, v.a. bei Glühbirnen das sehr weit von dem des Sonnenlichts abweicht. Bei Menschen die sich im Winter fast ausschliesslich unter Kunstlicht aufhalten, z.B. Angestellte in einem Shoppingcenter die über Mittag nicht ins Freie gehen, herrscht ein akuter Mangel an Tageslicht, wodurch gesundheitlich Probleme auftreten können. Das bekannteste ist die klassische Winterdepression.

## Nachgewiesene Wirkungen

Die biologischen Wirkungen von Licht sind für unsere Gesundheit von grosser Bedeutung. Das Hormon Melatonin, das uns müde macht, das Hormons Serotonin das uns glücklich macht und Vitamin D3, welches multiple Wirkungen auf unseren Organismus hat, werden durch Licht beeinflusst. Dazu kommt noch das Sehen als solches. Je besser das Licht, desto weniger muss sich das Auge anstrengen um zu Sehen, desto geringer ist das Risiko für Augenbrennen, desto kleiner die Wahrscheinlichkeit zu ermüden, denn auch das Auge leistet Arbeit, ausgezeichnete Arbeit, und das ohne dass wir es merken.

## 1. Melatonin

Untersuchungen, dass Licht die Freisetzung von Melatonin hemmen kann, gibt es schon seit einiger Zeit. Brainard und Kollegen haben in einer Publikation 2001 berechnet, dass die optimale Wellenlänge zur Hemmung der Melatoninfreisetzung bei 464 nm liegt. Lockley und Kollegen haben darauf eine weitere Untersuchung gemacht und zwar bei 16 (ansonsten) blinden Menschen. Diese wurden in einer parallelen Untersuchung Licht von entweder 460 oder 555nm Wellenlänge ausgesetzt. Die Resultate zeigen eine signifikant bessere Unterdrückung des Melatonins bei 460 nm was auf Grund der Untersuchung von Brainard zu erwarten und hiermit bestätigt wurde. Interessant ist auch die Feststellung, dass diese Wirkung nichts mit der optischen Wahrnehmung zu tun hat, die untersuchten Personen waren ja blind. (Slide 2).

## Hemmung von Melatonin

### Einfluss der Wellenlänge auf die Unterdrückung der Melatonin Sekretion

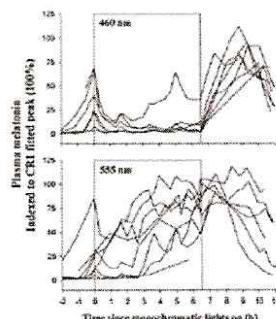


Figure 2. Individual melatonin profiles 2 h prior to, during (boxed area) and 4 h after 6.5 h exposure to monochromatic light, normalized to each individual's fitted peak value during the first melatonin cycle on CR1 (25% DLMO<sub>2</sub>%).

Randomisierte Studie (n=16) zur Untersuchung der Verzögerung der Melatonin Freisetzung bei Licht mit verschiedenen Wellenlängen.

Die Exposition bei 460nm führte zu einer beinahe doppelt so langen Verzögerung im Vergleich zu gleich starkem Licht mit einer Wellenlänge von 555nm. ( $p < 0.0006$ )

Schlussfolgerung der Autoren:  
„Der lx – Wert als Standard für die Messung der Beleuchtungsstärke ist ungenügend wenn es um die Steuerung des zirkadianen Rhythmus geht“

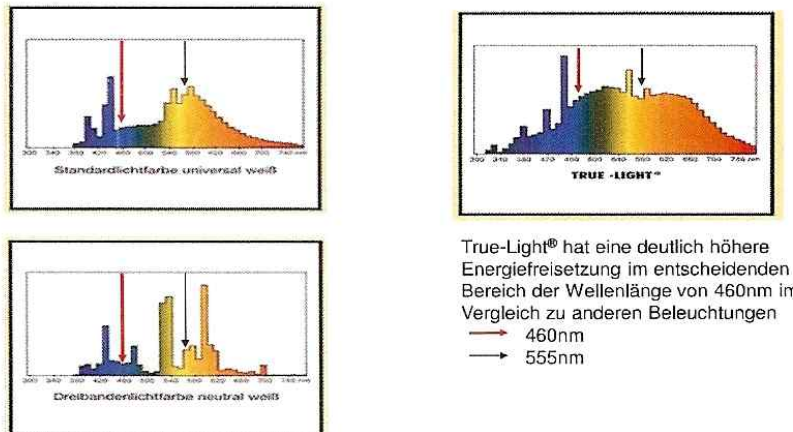
**Licht mit einer Wellenlänge von 460nm hat eine signifikant bessere Wirkung auf die Unterdrückung der Melatonin – Sekretion als 555nm**

Lockley S W, Brainard G C, Czeisler C A: High Sensitivity of the Human Circadian Melatonin Rhythm to Resetting by Short Wavelength Light; The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 88(9) (4502 - 4505) 2003



Leider haben viele Leuchtmittel, vor allem Glühbirnen, kaum oder nur eine geringe Energiefreisetzung auf dieser Wellenlänge. (Slide 3)

#### Energiefreisetzung von Kunstlicht bei 460nm und 555nm Wellenlänge



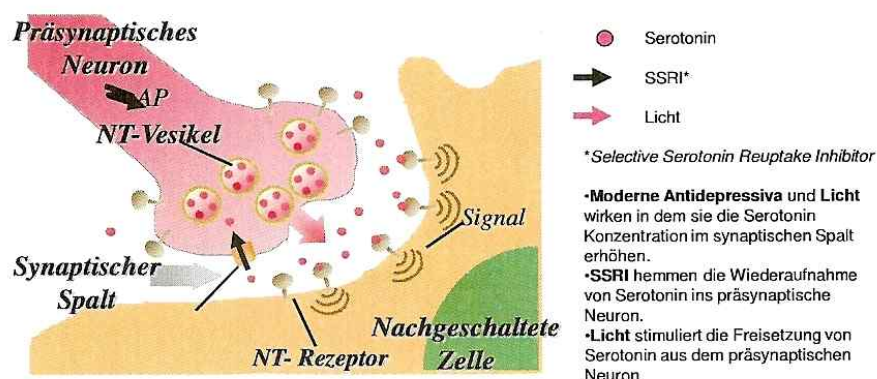
**TRUE-LIGHT® Lampen wirken auch dort (hohe Energiefreisetzung) wo der zirkadiane Rhythmus gesteuert wird**

## 2. Serotonin

Für unser Wohlbefinden spielt Serotonin eine entscheidende Rolle. Es ist ein Neurotransmitter, welcher durch verschiedene Mechanismen aus dem präsynaptischen Neuron in den synaptischen Spalt freigesetzt wird um danach mit einem Signal auf die nachgeschaltete Zelle zu wirken. Der genaue Mechanismus der zu einer manifesten Depression führt ist zwar nicht endgültig geklärt, hingegen kann auf Grund der klinischen Ergebnisse darauf geschlossen werden, dass eine hohe Konzentration von Serotonin und anderen Neurotransmittern sich günstig auf das Befinden des Menschen auswirken. Moderne Antidepressiva, die sogenannten SSRI (Selektive Serotonin Reuptake Inhibitors) vermindern die Wiederaufnahme von Serotonin in das präsynaptische Neuron während Licht die Freisetzung von Serotonin aus dem präsynaptischen Neuron stimuliert. Das Resultat ist in beiden Fällen das gleiche, die Konzentration im synaptischen Spalt steigt. (Slide 4).

## Stimulierung von Serotonin

#### Wirkmechanismus von SSRI und Licht bei Depressionen

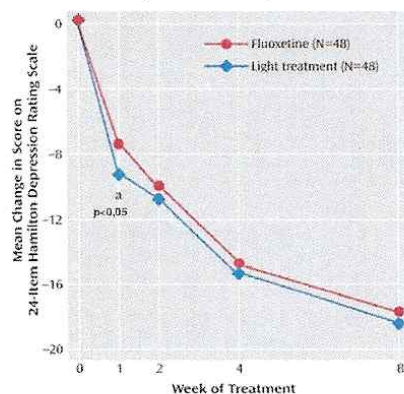


**Moderne Antidepressiva und Lichttherapie wirken beide durch Erhöhung der Serotonin Konzentration im synaptischen Spalt**

Im Jahre 2006 wurde in den USA die CAN-SAD Studie durchgeführt und zwar mit 96 Patienten die an einer schweren saisonalen Depression litten. Es war eine kontrollierte randomisierte Doppelblindstudie. Eine Gruppe wurde mit einer Lichttherapie (30 Min. 10 000 Lux und einer Placebo Tablette behandelt, die andere Gruppe erhielt für 30 Min. schwaches Licht und eine Tablette à 20mg Fluoxetin (SSRI). Nach 8 Wochen Behandlung hatte sich der primäre Messparameter, der weltweit anerkannte Hamilton-Depression-Scale in beiden Gruppen signifikant um rund 18 Punkte verbessert. Nach der ersten Woche der Behandlung war Licht ( $p < 0,05$ ) besser als das Medikament, ansonsten gab es bezüglich Wirksamkeit keine signifikanten Unterschiede. Wie nicht anders zu erwarten war hingegen die Verträglichkeit der Lichtbehandlung besser als diejenige mit Fluoxetin. (Slide 5)

Die Behandlung der Winterdepression mit Licht ist in der Schweiz anerkannt und wird von den Krankenkassen erstattet.

#### Lichttherapie im Vergleich mit Fluoxetin (SSRI) bei SAD



Randomisierte doppelblinde Placebo kontrollierte Studie bei schwerer SAD (Hamilton Scale  $\geq 23$ , Ø 29,9) über 8 Wochen (n=96). Es wurde eine Lichttherapie mit 10 000 lx über 30 Minuten mit einer Behandlung mit 20mg Fluoxetin verglichen

Nach einer Woche war die Wirkung von Licht signifikant besser, danach gab es keine Unterschiede mehr

**Die Lichttherapie war besser verträglich,** Schlafstörungen, Agitation und Herzklopfen traten unter Fluoxetin signifikant häufiger auf als unter Lichttherapie

#### Vergleichbare Wirksamkeit der Lichttherapie bei SAD im Vergleich zum Referenz SSRI Fluoxetin, bei besserer Verträglichkeit

Lam R W et al.: The Can SAD Study: A Randomized Controlled Trial of the Effectiveness of Light Therapy and Fluoxetine in Patients With Winter Seasonal Affective Disorder; Am J Psychiatry 163 (805-812) 2006

### 3. UV-B und Vitamin D3

Der UV-B Anteil im Licht stimuliert die Freisetzung von Vitamin D3 aus der Haut. Vitamin D3 ist notwendig für die Resorption von Kalzium aus dem Magen-Darm-Trakt. Kalzium ist ein ganz wichtiges Element bei der Entwicklung von Adoleszenten, Kinder in Schulen mit Vollspektrum Tageslicht mit UV Anteil erbringen eine bessere Leistung und haben einen besseren Gesundheitszustand.

Der volkswirtschaftlich wichtigste Aspekt aber sind die direkten und indirekten Folgen der Osteoporose (Knochenschwund). Eine geringe Vitamin D3 Konzentration im Blut korreliert signifikant mit der Knochendichte und die Kalzium Resorption wird mit Vollspektrum Licht im Vergleich zu konventionellem Kunstlicht signifikant verbessert.

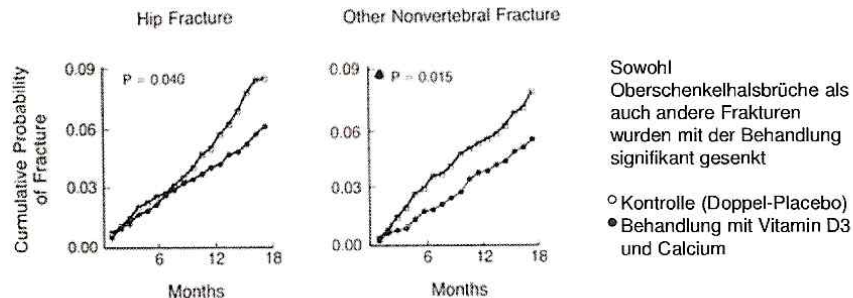
Die kontrollierte, randomisierte Doppelblindstudie von Chapuy et. al. wurde bei 3270 Patienten mit manifester Osteoporose durchgeführt. Diese erhielten entweder 2 x Placebo Tabletten oder eine kombinierte Behandlung mit Vitamin D3 plus Kalzium. Die Studie wurde 1992 im „New England Journal of Medicine“ publiziert und zeigte äusserst deutliche Resultate. Das Risiko für Frakturen wurde signifikant gesenkt und zwar sowohl in Bezug auf die gefürchteten Hüftfrakturen als auch in Bezug auf andere nicht vertebrale Frakturen. (Slide 6)



# Freisetzung von Vitamin D3

## Wirkung von Vitamin D3 in Kombination mit Calcium auf das Frakturrisiko

Randomisierte doppelblinde (Doppel) Placebo kontrollierte Studie über 18 Monate (n=3270)

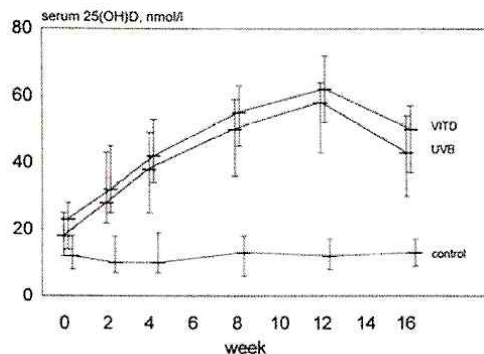


**Eine Vitamin D3 Behandlung in Kombination mit Calcium Substitution führt zu einer signifikanten Senkung des Frakturrisikos**

Chapuy M C et. al.: Vitamin D3 and calcium to prevent hip fractures in elderly women; New England Journal of Medicine 327 (1637-1642) 1992

Chel et. al. untersuchte bei 45 Patienten die Wirkung von Licht oder oraler Substitution von Vitamin D3 Substitution auf die Blutspiegel von Vitamin D3. Diese Studie zeigte, dass die Wirkung von Licht absolut vergleichbar war mit derjenigen des Medikaments. (Slide 7)

## Vitamin D3 Konzentration; Vergleich UVB, Substitution und Kontrolle



Randomisierte kontrollierte Studie (n=45) über 16 Wochen

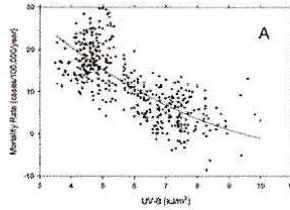
Vitamin D Substitution und UVB Bestrahlung (halbe minimale erythematöse Strahlung) erhöhten die Konzentration, in der Kontrollgruppe gab es keine Veränderung

**Die Wirksamkeit einer UVB Bestrahlung (im sicheren Bereich) auf Vitamin D3 ist vergleichbar mit einer oralen Substitution**

Chel VGM et. al.: Ultraviolet irradiation corrects vitamin D deficiency and suppresses secondary hyperparathyroidism in the elderly; J Bone Miner Res 13 (1238-1242) 1998

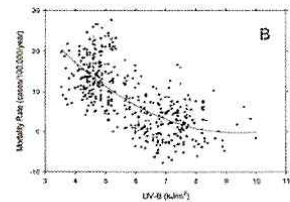
UV-B Strahlung, es wird vermutet über den Mechanismus von Vitamin D3, scheint auch bei der Krebserkrankung eine wichtige Rolle zu spielen. Grant et. al. untersuchten in den vereinigten Staaten im Juli 1992 die Korrelation zwischen UV-B und Krebsmortalität bei Männern und Frauen. An verschiedenen geografischen Orten wurde die UV-B Strahlung gemessen und die Krebsmortalität an den entsprechenden Orten erfasst. Sowohl bei Männern als auch bei Frauen konnte eine signifikante Korrelation zwischen Krebsmortalität und Mangel an UV-B Strahlung ermittelt werden. Hingegen muss festgehalten werden, dass keine Untersuchungen gemacht worden sind welche die Wirkung einer Lichttherapie auf die Krebsinzidenz untersucht haben. (Slide 8)

## Wirkung von UV Bestrahlung auf die Krebs – Mortalität in der USA



**Korrelation zwischen UV-B Bestrahlung** (July 1992 DNA-weighted ultraviolet B (UV-B) radiation by use of a total ozone mapping spectrometer). **und Krebsmortalität bei Frauen**

Untersuchung der Gesamtpopulation an verschiedenen geografischen Orten.



**Korrelation zwischen UV-B Bestrahlung** (July 1992 DNA-weighted ultraviolet B (UV-B) radiation by use of a total ozone mapping spectrometer). **und Krebsmortalität bei Männern**

Untersuchung der Gesamtpopulation an verschiedenen geografischen Orten.

**Eine ungenügende UV-B Bestrahlung ist mit einem erhöhten Krebsrisiko verbunden**

Grant WB: An estimate of premature cancer mortality in the U.S. due to inadequate doses of solar ultraviolet-B radiation. Cancer 94 (1867-75) 2002

## Negative Wirkungen

Es ist bekannt das Licht den Augen auch schaden kann. In grosser Höhe auf dem Gletscher z.B. (bei geschätzten 25000 lx) muss man die Augen mit einer Sonnenbrille schützen um nicht Schneeblind zu werden. In der Literatur ist aber nichts zu finden, das darauf hindeutet, dass Kunstlicht mit einem hohen Blauanteil (bei 500 – 1000 lx) zu einer Makuladegeneration oder anderen negativen Auswirkungen führen könnte.

## Schlussfolgerungen

Aus gesundheitlicher Sicht ist das optimale Kunstlicht also dasjenige welches dem natürlichen Sonnenlicht am nächsten kommt. Es mag viele andere Argumente geben die der Verteidigung der Glühbirne dienen, gesundheitlich positive Wirkungen der Glühbirne im Vergleich zu anderen Lichtquellen auf die Gesundheit gehören aber ganz sicher nicht zu diesen Argumenten.

## Referenzen:

- 1.) Haaf G.: Adam und Eva – Ursprung und Entwicklung des Menschen; Praesentverlag Heinz Peter (S 20 - 21) 1982
- 2.) Smith K A, Schoen M W, Czeisler C A: Adaptation of Human Pineal Melatonin Suppression by Recent Photic History; The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 89(7) (3610 – 3614) 2004
- 3.) Lockley S W, Brainard G C, Czeisler C A: High Sensitivity of the Human Circadian Melatonin Rhythm to Resetting by Short Wavelength Light; The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 88(9) (4502 - 4505) 2003
- 4.) Brainard G C et.al.: Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor; The Journal of Neuroscience 21 (16) (6405 – 6412) August 15, 2001
- 5.) Eastman C I et. al.: Bright light treatment of winter depression: a placebo-controlled trial; Arch Gen Psychiatrie Oct; 55 (10) (883-889) 1998
- 6.) Lam R W et. al.: The Can-SAD Study: A Randomized Controlled Trial of the Effectiveness of Light Therapy and Fluoxetine in Patients With Winter Seasonal Affective Disorder; Am J Psychiatry 163 (805-812) 2006
- 7.) Ooms M E: Osteoporosis in elderly woman; vitamin D deficiency and other risk factors; PhD thesis. Amsterdam: Vrije Universiteit 1994
- 8.) Chel VGM et. al.: Ultraviolet irradiation corrects vitamin D deficiency and suppresses secondary hyperparathyroidism in the elderly; J Bone Miner Res 13 (1238-1242) 1998
- 9.) Neer RM: A paper presented at the National Technical Conference of the Illumination Engineering Society (IERI Symposium); The Massachusetts General Hospital Boston Massachusetts (3-7) 1971
- 10.) Chapuy M C et. al.: Vitamin D3 and calcium to prevent hip fractures in elderly women; New England Journal of Medicine 327 (1637-1642) 1992
- 11.) Grant W B: An estimate of premature cancer mortality in the U.S. due to inadequate doses of solar ultraviolet-B radiation. Cancer 94 (1867-75) 2002
- 12.) Karpen D: A Study into the Effects of Types of Light on Children: A Case of Daylight Robbery; Full-Spectrum Lighting Effects on Performance, Mood, and Health Veith, J.A.: Internal Report, Institute for Research in Construction, (IRC-IR) June 1994