

> Biolampen <

Leuchtstofflampen mit tageslichtähnlichem Spektrum und Strahlungsanteilen im UV – und IR – Bereich

Betrachtung zum Einsatz in Arbeitsräumen
Auswirkung auf Wahrnehmung und Gesundheit

architektur + LICHT

Ing. Johannes Breitschuh, MLL - Linzerstr. 61 - 4810 Gmunden
Mobiltel. 0650 / 450 88 53

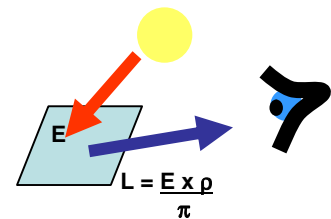
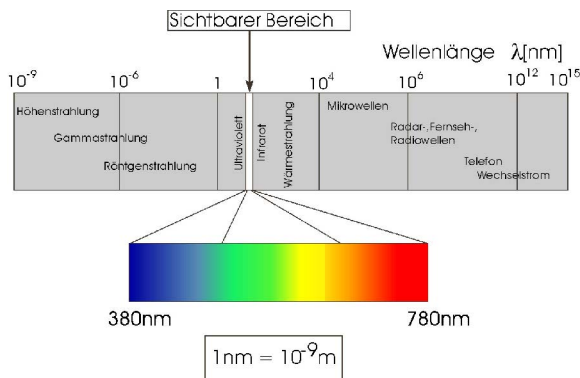
Juni / Juli 2006

Übersicht

1.	Farbspektrum und Sehen	3
2.	Circadianer Rhythmus und Gesundheit	4
3.	Empfinden	5
4.	Farbwiedergabe	6
5.	Sonne und solares Spektrum	6
6.	Ultraviolett – Strahlung	7
6.1	UV – C	7
6.2	UV – B	8
6.3	UV – A	8
7.	Infrarot – Strahlung	9
8.	Energie und Kosten	9
9.	Zusammenfassung	10

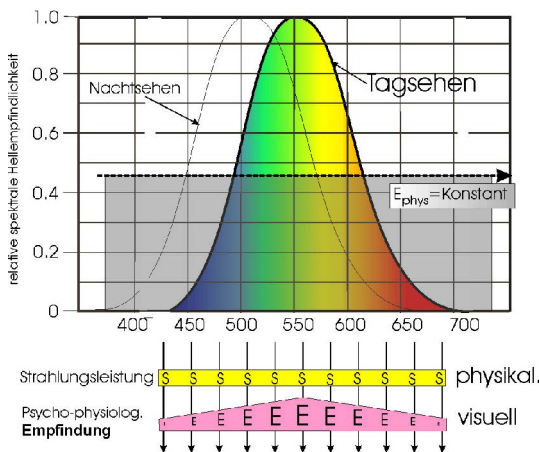
1. Farbspektrum und Sehen

Die Sehleistung des menschlichen Auges ist optimal an das Tageslicht angepasst. Die Wellenlängenbereiche der elektromagnetischen Strahlung von 380 – 780 nm werden als Licht (und Farbe) gesehen. Die gesehene Farbe entspricht dem Spektralanteil, der von Gegenständen reflektiert wird, alle anderen Wellenlängenanteile des Lichtes werden de facto absorbiert und in Wärme umgewandelt. Das bedeutet, dass sich nicht nur die Farbtemperatur (Farbe) des Lichtes, sondern auch in besonderem Maß die Farbe der Umgebung auswirkt, da Licht durch Vielfachreflexionen in Lichtgeschwindigkeit in seinem Spektrum moduliert und letztlich vollständig absorbiert wird.



Licht ist nicht sichtbar, Licht macht sichtbar. Dabei ist nicht Beleuchtungsstärke, sondern Leuchtdichte maßgeblicher Parameter. Farbsehen beginnt ab 5-10 cd / m², optimales Farbsehen >100 cd / m². Die Beleuchtungsstärke E ist die (unsichtbare) Strahlungsleistung, die auf einen Gegenstand einwirkt. Die Leuchtdichte L ist der gesehene Helligkeitseindruck eines Gegenstandes und ist materialabhängig (Reflexionsgrad k).

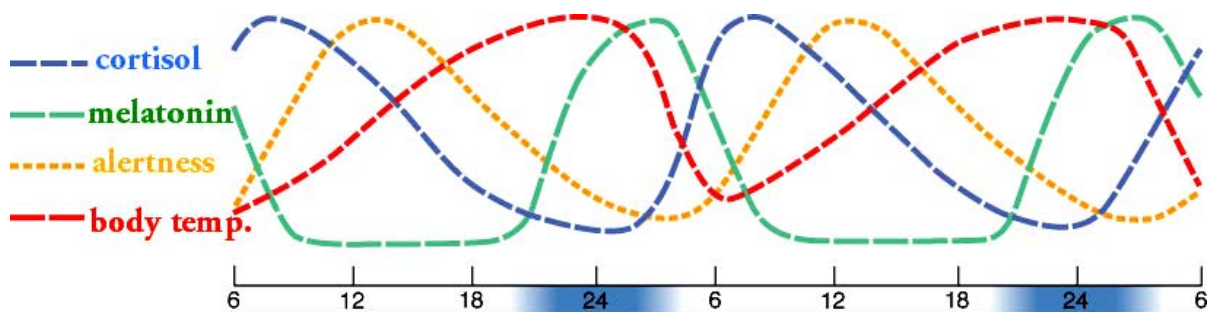
Die physikalische Strahlungsleistung wird vom menschlichen Sehapparat nach unterschiedlichen Wellenlängenbereichen gewichtet, wobei das Maximum für Tagsehen bei 555 nm liegt (grün) und für Nachtsehen bei 505 nm. Das bedeutet, die physikalische Strahlungsleistung muss mit der V(λ) – Kurve bewertet werden, um die Empfindung auf das Auge darzustellen.



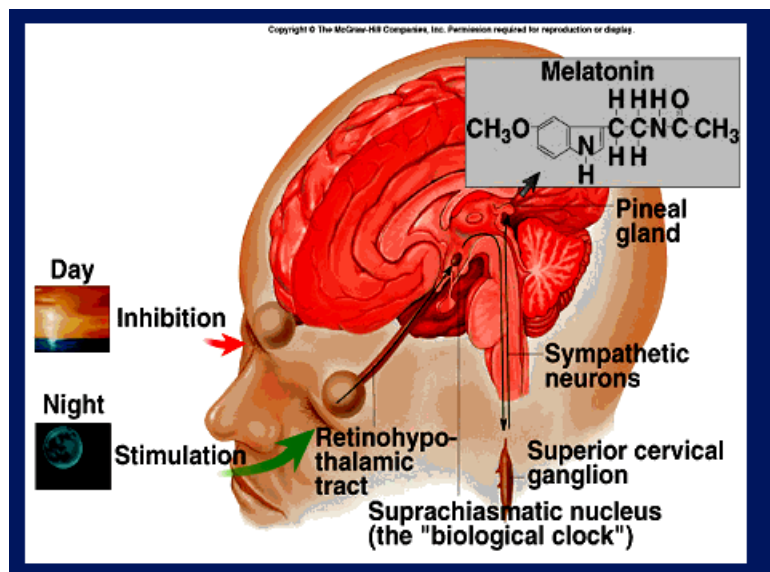
2. Circadianer Rhythmus und Gesundheit

Neben der Funktion für die Wahrnehmung ist Licht ein Steuerungselement für den Circadianen Rhythmus, der u. a. die Hormonbildung von Melatonin (Nacht, Reparaturfunktion) und Serotonin (Tag, Aktivfunktion) verantwortlich ist. Dieser Prozess wird nicht über die Rezeptoren des Auges gesteuert, sondern über eigene Ganglienzellen auf der Netzhaut. Für diese Vorgänge ist die Beleuchtungsstärke (Helligkeit) verantwortlich. Derzeit wird von Mindestbeleuchtungsstärken von 1.000lx ausgegangen, die diese Prozesse in Gang setzen. Eingriff in diesen natürliche Ablauf erfolgt z.B. durch Jet Lag, Schichtarbeit, Sommer- / Winterzeit und führt zu Depression, Leistungsverlust, Konzentrationsstörung und Unfallgefährdung.

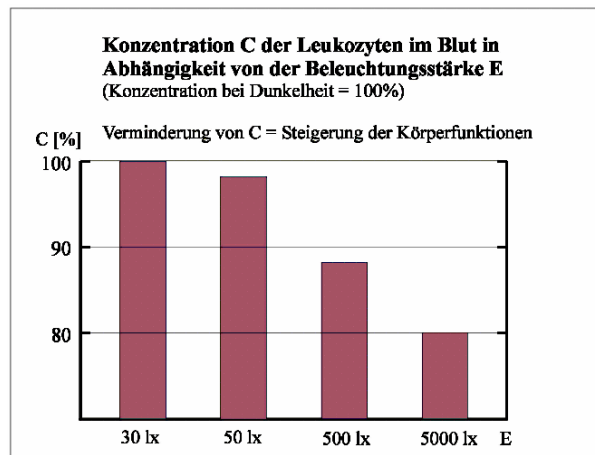
Circadianer Rhythmus unter Normalbedingungen.



Bei Lebens- und Arbeitsgewohnheiten, welche uns die meiste Zeit in Innenräumen verbringen lassen, sind die Helligkeitsniveaus zu überdenken, welche sich bei Kunstlicht derzeit im Bereich von 300 – 500lx bewegen. Zum Vergleich liegt ein bedeckter Himmel im Freien bei ca. 10.000lx und bei Sonne bis 100.000lx. Damit bewegen wir uns in Innenräumen häufig in Zonen künstlicher Dämmerung. Die Beleuchtungsstärken reichen für den Sehkomfort, die Hormonsteuerung wird jedoch nicht angeregt. Mit zunehmendem Lebensalter wird die Melatoninproduktion geringer.

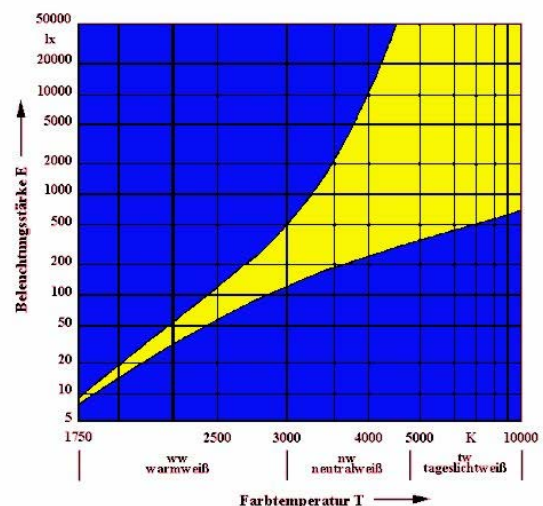
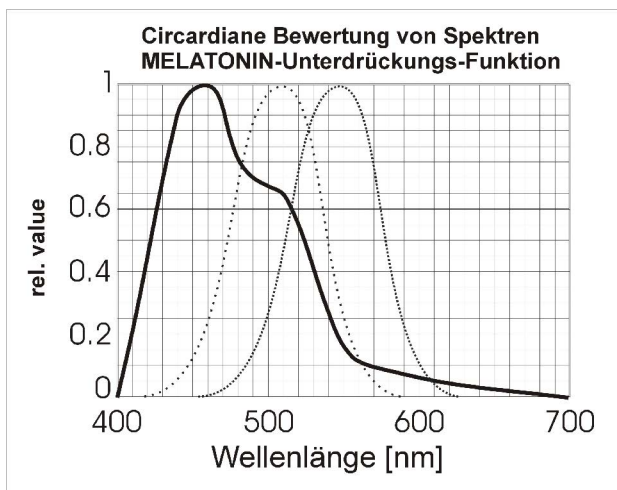


Der Einfluss der Beleuchtungsstärke E auf die Leukozyten im Blut.



3. Empfinden

Das Empfinden ist eine subjektive und nicht ohne weiteres messbare Größe. Der Einfluß von Licht und Farbe auf das Empfinden von Behaglichkeit besteht. Lichtquellen mit höheren Farbtemperaturen werden meist nur bei gleichzeitig hohem Helligkeitsniveau >1000lx als angenehm beschrieben, abends oder nachts werden Farbtemperaturen um 3000K bevorzugt. Dies könnte auch auf eine archaische Prägung zurückzuführen sein, man spricht in diesem Zusammenhang auch vom „Feuerlicht“ oder „Melatoninlicht“. Jedenfalls ist der Zusammenhang von Helligkeitsniveau und Farbtemperatur auf das Empfinden gegeben. Dass mit „Feuerlicht“ (Farbtemperatur < 3000K) die Melatoninproduktion nicht gestört wird, ist nachgewiesen.



Kruithoff'sche Behaglichkeitskurve

4. Farbwiedergabe

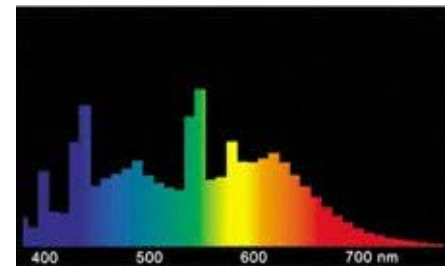
Das Spektrum von Kunstlicht ist dem von Tageslicht immer nur angenähert. Der Schwarze Strahler ist bei Farbtemperaturen bis 5000K Referenz für den Farbwiedergabe - Index (Ra), über 5000K das natürliche Tageslicht. Maximum Farbwiedergabewert $R_a = 100$.

Tageslicht hat sehr unterschiedliche spektrale Zusammensetzungen, abhängig z.B. von Sonnenstand oder Bewölkung, vergleichend kann das Spektrum D65 (Normlichtart) mit einer Farbtemperatur von 6500K herangezogen werden. Damit ergibt sich eine Diskrepanz bei der Farbwiedergabe allein durch die Referenzbewertung.

Unter Tageslicht werden die Veränderungen des Lichtspektrums von der visuellen Wahrnehmung ausgeglichen, es besteht eine Farbkostanz, das heißt die Farben werden auch unter geänderten Lichtbedingungen als konstant wahrgenommen. Unter Kunstlicht kann dieser Effekt nicht festgestellt werden, hier kann es durch fehlende oder geringe Spektralanteile zur optischen Täuschung kommen (scheinbare Farbgleichheiten, etc.).

Leuchtstofflampen in Fünfbanden - Ausführung besitzen den sehr guten Farbwiedergabe - Index von $R_a > 90$ (1A), Dreibanden - Ausführung haben den guten Index von $R_a = 80 - 89$ (1B). Spezielle Leuchtstofflampen mit verbessertem Spektrum sind die Gruppe sogenannter „Biolampen“, wie Osram BIOLUX oder ähnliche.

Spektrum Osram BIOLUX, Lichtfarbe 965 (6500K), $R_a > 95$

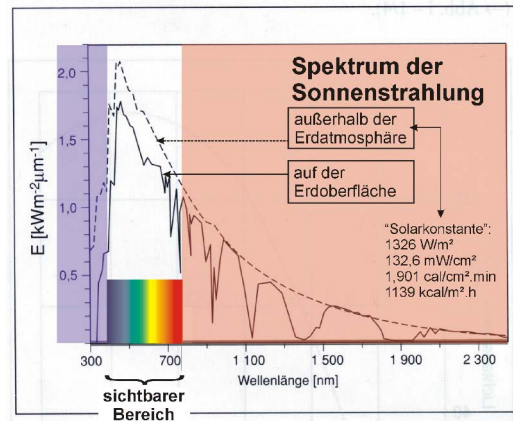


Lichtfarbe 965 BIOLUX®

5. Sonne und solares Spektrum

Auf der Erde auftreffendes Sonnenlicht beinhaltet neben den visuell nutzbaren Strahlungsanteilen im Wesentlichen Ultraviolett- und Infrarotanteile. Die gesamte kosmische Strahlung enthält zudem einen deutlich größeren Strahlungsbereich an elektromagnetischen Wellen. Die Farbtemperatur des direkten Sonnenlichtes beträgt ca. 6000K.

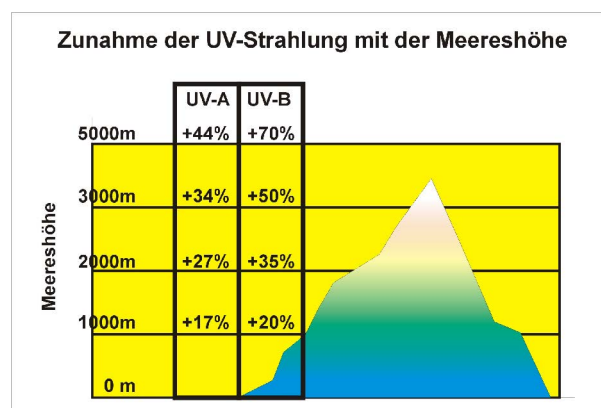
Der Einfluss von UV – und IR – Strahlung auf den menschlichen Organismus ist nachweislich vorhanden.



„Biolampen“ versuchen, ein sonnenähnliches Spektrum herzustellen, das heißt die Wellenlängenbereiche über die visuellen Anteile des Lichtes hinaus zu vergrößern. Damit werden zusätzlich zu den sichtbaren Anteilen eben UV – und IR – Anteile freigesetzt, die folgend einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

6. Ultraviolett - Strahlung

Bestandteil der Sonnenstrahlung, wird von der Erdatmosphäre teilweise absorbiert, vor allem der hochfrequente Bereich (UV-C). UV – Strahlung ist mitverantwortlich für die Ozonschicht in der Stratosphäre. UV – B und UV – A Strahlung (einschließlich blauem Licht bis 400nm) kann vor allem bei Kleinkindern bis zu zwei Jahren eine Netzhautschädigung hervorrufen. Gute Sonnenbrillen schützen im gesamten UV - Bereich. Im Museumsbereich wird der Anteil der UV – Strahlung aus konservatorischen Gründen generell möglichst vollständig herausgefiltert.



6.1 UV – C (100 – 280nm)

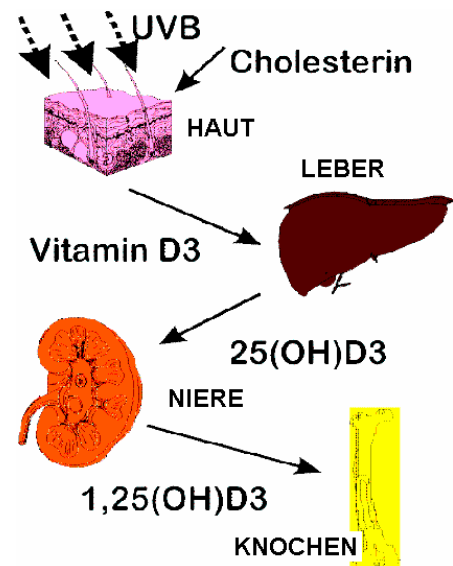
Wird im Wesentlichen in der Ozonschicht absorbiert. UV – C ist lebensfeindlich und besitzt v. a. im Bereich von 265nm stark keimtötende, zellzerstörende Wirkung.

UV – C Strahlung wird im medizinischen Bereich wegen der keimtötenden Wirkung verwendet. Generell ist ein Einfluss durch UV – Strahlung auf die menschliche Gesundheit gegeben.

6.2 UV – B (208 – 315nm)

Wird in der Erdatmosphäre teilweise absorbiert in Abhängigkeit von der Meereshöhe, die Intensität wird durch Reflexion auf Schnee oder Wasser deutlich gesteigert.

UV – B Strahlung ist verantwortlich für Sonnenbrand, DNA – Schäden und Hautkrebs, aber auch für die körpereigene Produktion von Vitamin D (knochenbildend). Die gesundheitsbeeinflussende Wirkung ist abhängig von Strahlendosis und Intensität. Im Normalfall ist der 2 – 3 malige Aufenthalt pro Woche im Freien mit Bestrahlung von Gesicht und Händen ausreichend für den Vitaminhaushalt.

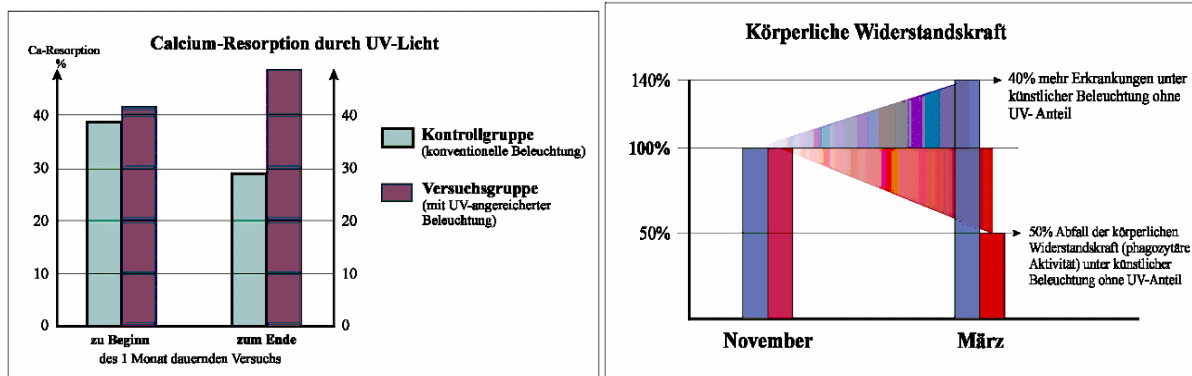


6.3 UV – A (315 – 380nm)

Wird in der Erdatmosphäre teilweise absorbiert in Abhängigkeit von der Meereshöhe, die Intensität wird durch Reflexion auf Sand, Schnee oder Wasser deutlich gesteigert.

UV – A Strahlung ist verantwortlich für Hautbräunung ohne Sonnenbrand, kann aber auch Immunsuppression, vorzeitige Hautalterung, Bildung freier Radikale und toxische Reaktionen hervorrufen.

Zusammenhänge UV – Strahlung und Gesundheit unter Testbedingungen.



7. Infrarot - Strahlung

Wärmestrahlung im Bereich von 780 – 1 Mio. nm. Wird häufig zur Beheizung von Hallen eingesetzt, weil die Strahlung Wärme spendend wirkt, ohne dass die Luft erwärmt werden muss. Diese Art der Wärme wirkt besonders angenehm auf das Empfinden (Kachelofen) und ist durch die Tiefenwirkung gesundheitsfördernd. Die als Heizung oder in der Infrarot – Therapie verwendeten Lampen werden eigens für diesen Zweck konzipiert. Die Wärmestrahlung von Leuchtstofflampen ist generell gering (auch z.B. im Vergleich zu Halogenlampen) und damit wenig relevant. Zu beachten ist der zusätzliche Wärmeeintrag in das Gebäude besonders mit der sommerlichen Gesamtkühllast.

8. Energieverbrauch und Kosten

Der Lichtausbeute von konventionellen Leuchtstofflampen liegt bei ca. 100 lm / W. Die Verbesserung der spektralen Zusammensetzung verringert die Lichtausbeute und erhöht somit den Energieverbrauch bei gleicher Beleuchtungsstärke. Zusätzlich ist die Lichtfarbe zu berücksichtigen, dass bei höherer Farbtemperatur eine höhere Beleuchtungsstärke als angenehm empfunden wird. Das Spektrum der Biolampen liegt bei einer Farbtemperatur von 6500K, Leuchtstofflampen mit der Bezeichnung Warmweiß bei 3000K oder Interna bei 2700K.

Beispiel: Osram Lumilux ca. 90 lm / W zu Osram Lumilux Biolux ca. 56 lm / W bedeutet einen um ca. 1/3 geringere Lichtausbeute bei gleichem Energieeinsatz.

Sowohl in den Anschaffungs- wie auch den Verbrauchskosten liegen Beleuchtungsanlagen mit Biolampen über den Kosten konventioneller Leuchtstoffbestückung, ein Vergleich ist auf den Einzelfall bezogen darstellbar.

9. Zusammenfassung

Die Annäherung des sichtbaren Spektrums von Leuchtstofflampen an das Tageslicht ist positiv und bietet im Bezug auf Farberkennung, Farbwiedergabe und unter Umständen auf das Kontrastsehen deutliche Vorteile. Für Farbsehen sind jedoch auch das allgemeine Beleuchtungsniveau und sich daraus ergebenden Leuchtdichten entscheidend. Für Sehaufgaben, die nicht unmittelbar mit bester Farberkennung zusammenhängen, ist der Vorteil in Bezug auf Farbwiedergabe mit dem Nachteil in der Anschaffung und im Energieverbrauch abzustimmen, weil eine höhere Bestückung mit Lampen zum Erreichen der gleichen Beleuchtungsstärke erforderlich ist.

Der Circadiane Rhythmus wird nicht über die Farbrezeptoren des Auges, sondern über eigene Ganglienzellen durch die Beleuchtungsstärke beeinflusst. Dazu ist das Helligkeitsniveau und nicht die spektrale Zusammensetzung entscheidend. Allerdings nimmt der Einfluss auf die Melatoninunterdrückung mit Licht im roten (langwelligen) Spektralbereich ab und ist als positiv für Abend- und Nachtbeleuchtung anzusehen. Auch das subjektive Empfinden bevorzugt eher „wärmere“ spektrale Zusammensetzungen bei geringerem Helligkeitsniveau.

Die benötigten Anteile im UV – Bereich sind besser durch Aufenthalt im Freien zu erreichen als durch Innenraumbeleuchtung. Die für unsere Gesundheit nötige Strahlungsdosis ist gering, dass schon eine kurze Verweildauer zur Bedarfsdeckung ausreicht. Gleichzeitig wird auch der Circadiane Rhythmus durch die wesentlich höheren Beleuchtungsstärken bestens stimuliert. Zum Beispiel können Pausen- und Aufenthaltsräume durch ein Beleuchtungsniveau von $E > 1000\text{lx}$ (eventuell Tageslicht!) förderlich auf die Gesundheit sein.

Die IR – Anteile der Biolampen sind vom gesundheitlichen Aspekt als vernachlässigbar zu bewerten. Hier ist anzumerken, dass durch Beleuchtung generell ein zusätzlicher Wärmeeintrag im Raum entsteht, der zu sommerlicher Überhitzung bzw. einem Mehraufwand für Klimatisierung führen kann.

Resumee:

Der Einsatz von Leuchtstofflampen mit „Tageslichtspektrum“ ist im Hinblick auf die genannten Punkte fallbezogen zu überlegen und die Vorteile sind mit den Nachteilen im Einzelfall abzustimmen. Eine generelle Empfehlung kann nicht abgegeben werden. Durch unterschiedliche Rezepturen sind die angebotenen Produkte unterschiedlich in der spektralen Verteilungskurve.

Wesentlich vorteilhafter im Zusammenhang mit Tageslichtspektren ist der Einsatz von natürlichem Tageslicht in Innenräumen, der zusätzlich zu den genannten Vorteilen auch einen Bezug nach außen ermöglicht. Zur Vermeidung von Problemen im Bezug auf Blendung, Wärmeeintrag, stabile Wahrnehmung und Raummilieu ist jedenfalls eine Tageslichtplanung zu empfehlen.