

# TENDENZEN IN DER LICHTTECHNIK / LICHTPLANUNG

## November 2015



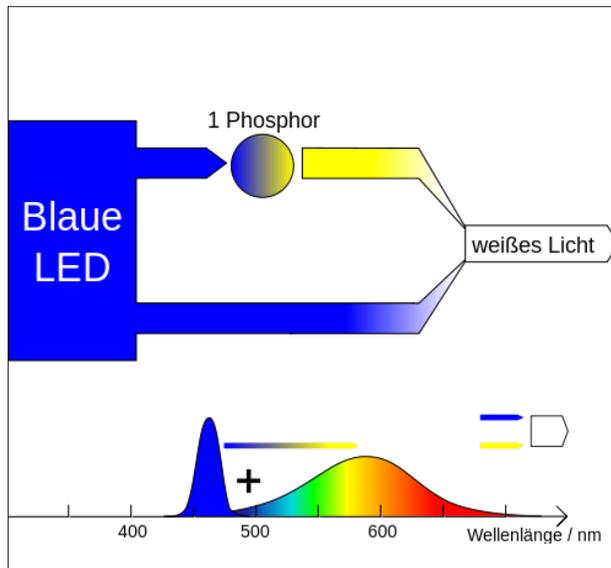
# THEMENÜBERSICHT

- 1** Lichtqualität / Weisses Licht / Farbwiedergabe
- 2** Blendungsbewertung von LED-Leuchten
- 3** Flicker, Beurteilung und Folgen
- 4** Zirkadiane Lichtsteuerungen / Human Centric Lighting
- 5** Lightscores

# 1 LICHTQUALITÄT / WEISSES LICHT / FARBWIEDERGABE

# BEURTEILUNG MIT HEUTIGER NORM

## Lichtfarbe und CRI (Color Rendering Index Ra)



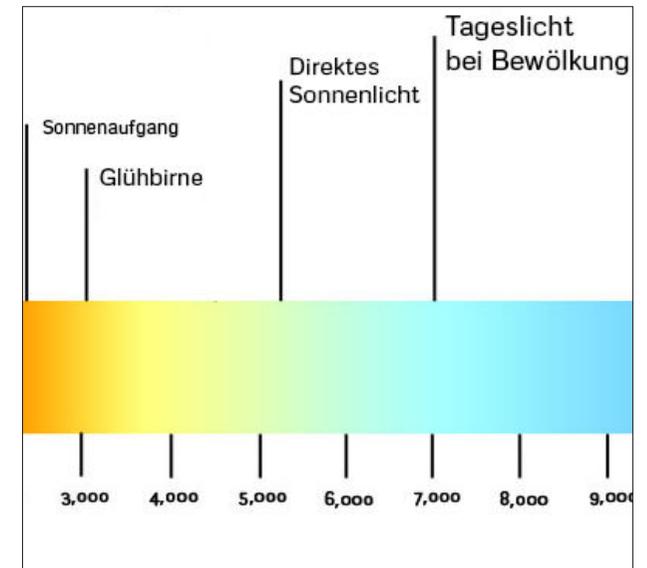
### LED und weisses Licht

LED erzeugt blaues Licht.  
Die Phosphorschicht erzeugt daraus weisses Licht.



### Farbwiedergabe / Farbtabelle CRI

Messung der Farbwiedergabe mit ungenügender Farbpalette  
CRI hat nur 8 Grundfarben, ergänzt mit 6 gesättigten Farben.  
Bei LED und Leuchtstofflampen ist der Wert für R9 oft sehr schlecht.



### Lichtfarbe / Farbtemperatur

Die Farbtemperatur gibt Hinweise zur Erscheinung der Lichtquelle.  
z.B. Warmweiss, Kaltweiss....  
Die Angaben sagen nichts über allfällige „Farbstiche“, was bei LED häufig beobachtet wird.

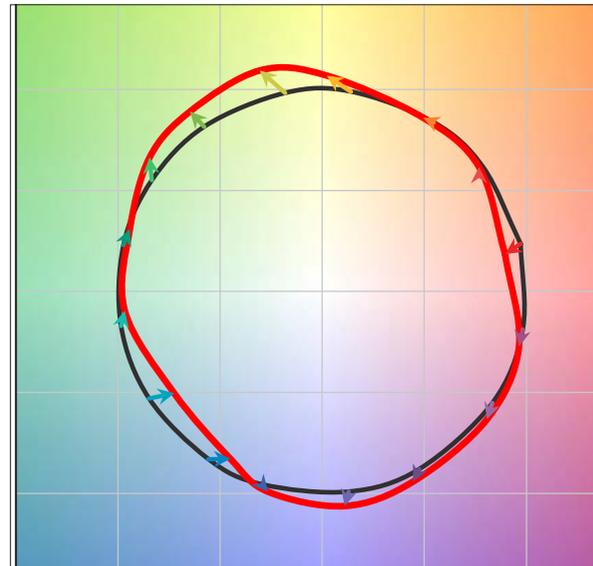
# NEUER VORSCHLAG ZUR BEURTEILUNG (IES\_TM30-15)

## CCT:Lichtfarbe, $R_f$ :Farbtreue, $R_g$ :Gammut und Vektorgrafik

CES 1	CES 2	CES 3	CES 4	CES 5	CES 6	CES 7	CES 8
Type C	Type C	Type A	Type A	Type D	Type C	Type E	Type D
CES 9	CES 10	CES 11	CES 12	CES 13	CES 14	CES 15	CES 16
Type F	Type G	Type C	Type A	Type F	Type E	Type B	Type C
CES 17	CES 18	CES 19	CES 20	CES 21	CES 22	CES 23	CES 24
Type C	Type B	Type E	Type F	Type D	Type D	Type D	Type F
CES 25	CES 26	CES 27	CES 28	CES 29	CES 30	CES 31	CES 32
Type A	Type C	Type A	Type G	Type C	Type A	Type D	Type C
CES 33	CES 34	CES 35	CES 36	CES 37	CES 38	CES 39	CES 40
Type D	Type G	Type G	Type A	Type A	Type A	Type F	Type F
CES 41	CES 42	CES 43	CES 44	CES 45	CES 46	CES 47	CES 48
Type C	Type F	Type C	Type F	Type B	Type E	Type C	Type D
CES 49	CES 50	CES 51	CES 52	CES 53	CES 54	CES 55	CES 56
Type D	Type F	Type F	Type F	Type E	Type F	Type G	Type G
CES 57	CES 58	CES 59	CES 60	CES 61	CES 62	CES 63	CES 64
Type C	Type D	Type A	Type G	Type F	Type C	Type F	Type E
CES 65	CES 66	CES 67	CES 68	CES 69	CES 70	CES 71	CES 72
Type F	Type E	Type E	Type F				
CES 73	CES 74	CES 75	CES 76	CES 77	CES 78	CES 79	CES 80
Type F	Type C	Type F	Type F	Type A	Type F	Type C	Type G
CES 81	CES 82	CES 83	CES 84	CES 85	CES 86	CES 87	CES 88
Type A	Type C	Type C	Type F	Type A	Type C	Type F	Type F
CES 89	CES 90	CES 91	CES 92	CES 93	CES 94	CES 95	CES 96
Type A	Type E	Type D	Type A	Type D	Type C	Type A	Type A
CES 97	CES 98	CES 99					
Type F	Type A	Type E					

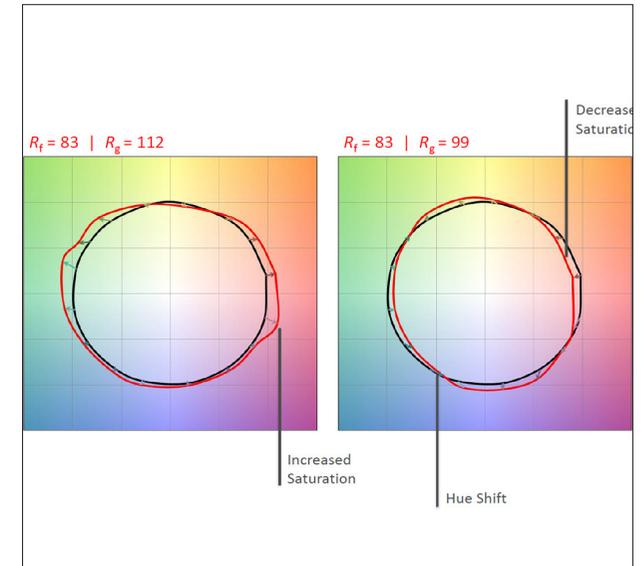
### Erweiterte Farbpalette

99 relevante Testfarben



### $R_f$ Farbtreue, $R_g$ Gammut

$R_f$  kann von 0 - 100 sein, wie CRI und bezeichnet die Farbtreue.  
 $R_g$  kann weniger oder auch mehr als hundert sein, mehr als hundert bedeutet eine grössere Sättigung der Farben. Die Grafik zeigt es auf.



### Vektorgrafik

Die Werte zeigen den Durchschnitt, in der Grafik können einzelne Farben beurteilt werden nach:

- Farbtreue  $R_f$
- Sättigung  $R_g$
- Farbabweichungen „Farbstich“

# 2 Blendungsbewertung von LED-Leuchten

# Blendungsbewertung nach UGR und weiteren heutigen Verfahren Für LED Leuchten schwierig



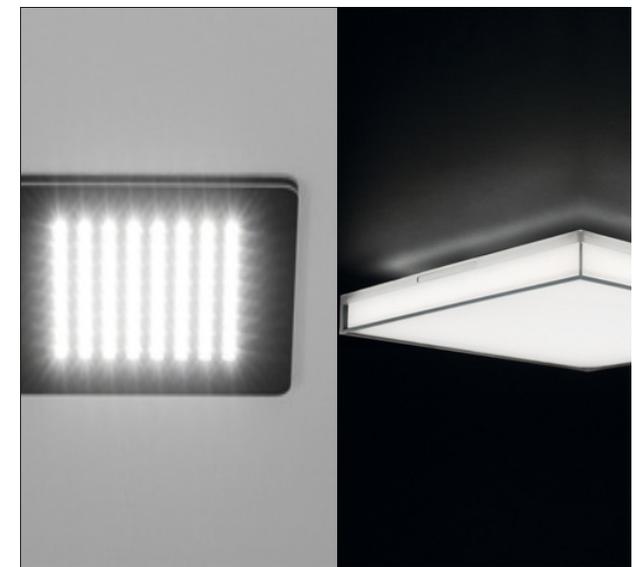
## Grundlagen

UGR beurteilt Leuchtdichten im Raum und setzt Sie in Bezug zur mittleren Lichtquellenleuchtdichte. Heutiges System zur Beurteilung von Beleuchtungsanlagen.



## Grenzen der Verfahren

Die meisten Verfahren gelten nur für homogen ausstrahlende Leuchten. Für Leuchten mit einzelnen Lichtpunkten sind sie nicht geeignet.



## Hauptschwierigkeit

Eine diffus strahlende LED-Leuchte und eine Leuchte mit sichtbaren LED-Punkten und gleicher Grösse wird gleich bewertet, obschon die Blendung sehr unterschiedlich ist. Am schwierigsten bei Mastleuchten für Fussgängerwege

# Blendungsbewertung

## Möglichkeiten Heute und in Zukunft



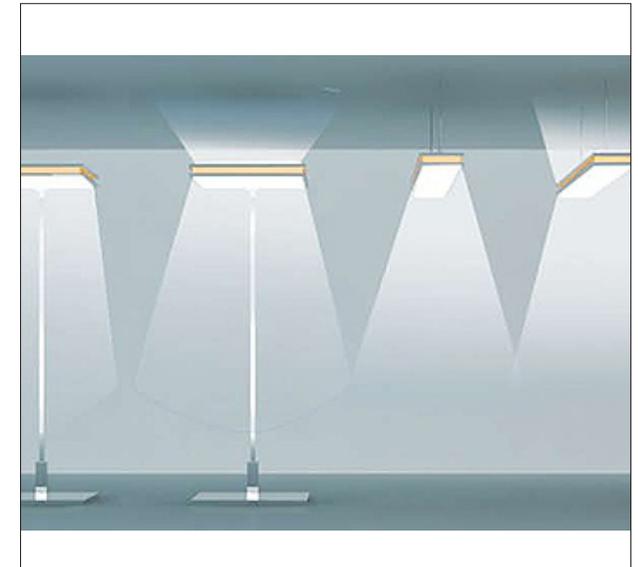
### Musterung

Auch nach einer Berechnung gemäss UGR sollten wichtige Leuchten immer bemustert werden. Die Beurteilung mit dem Auge ist sehr wichtig, aber besonders bei Aussenanlagen schwierig und aufwändig.



### Leuchtdichten im Raum messen

Die Beurteilung ist nur nach der Realisation möglich. Kameras und auch Messgeräte haben zum Teil noch zu wenig Auflösung um die LED-Punkte genau zu erfassen.



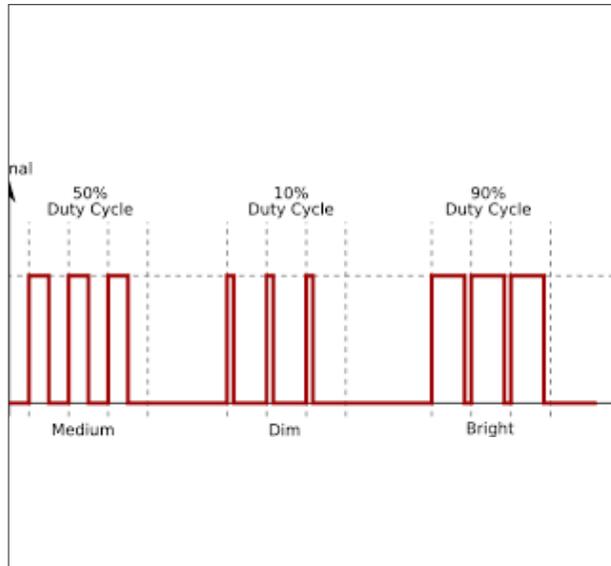
### Mögliche Zukunft

Das UGR System wird überarbeitet - einige Fragezeichen bleiben. Oder die geforderten Beleuchtungsstärken in Abhängigkeit der Blendung angeben. Also eine sogenannte physiologisch wirksame Beleuchtungsstärke fordern. Das was an der Netzhaut ankommt.

# 3 Flicker, Beurteilung und Folgen

# Flicker, Beurteilung und Folgen

## Auftreten von Flicker, Folgen



### Bei Dimmung von LED's

Beim Dimmen wird oft Pulsweitenmodulation (PWM) angewendet. D.h. die LED's werden je nach Dimmstufe dauernd kurz ein- und ausgeschaltet.  
meist in Frequenzen unter 500Hz



### Betrieb mit billigem Betriebsgerät oder Hochvolt-LED

Bei Hochvolt - LED's oder billigen Betriebsgeräten kann Flicker auch in ungedimmten Zustand auftreten

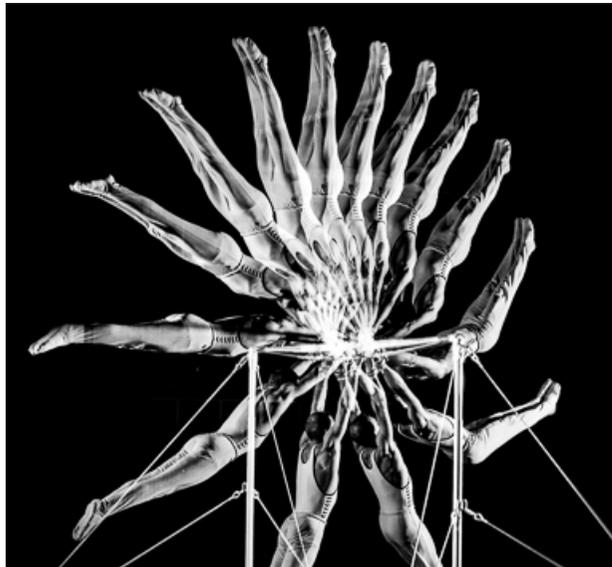


### Mögliche Folgen für Menschen

Störung der Konzentration  
Müdigkeit der Augen  
Allgemeine Müdigkeit  
Epileptische Effekte  
Kopfschmerzen

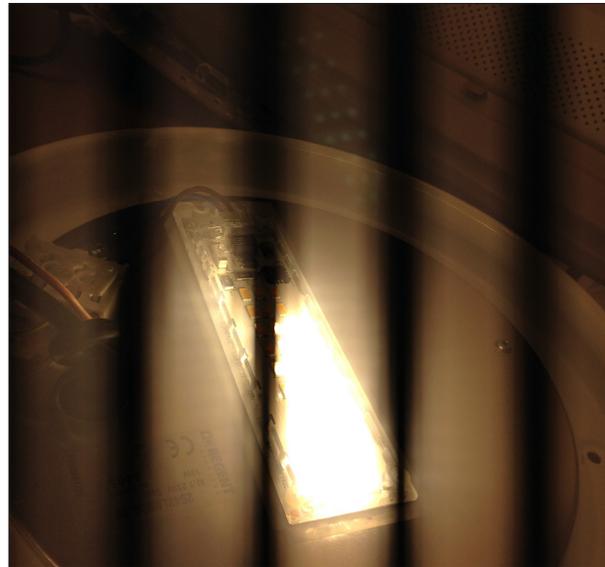
# Flicker

## Messung und Verhinderung



### schnelle Bewegung

Beim Dimmen wird oft die Pulsweitenmodulation angewendet. D.h. die LED's werden je nach Dimmstufe mit einer Frequenz unter 500 Hz ein/ausgeschaltet. Der Stroboskopeffekt kann mit Handbewegungen, Kreisel oder Ventilatoren sichtbar gemacht werden.



### Digitalkamera, Handykamera

Durch die grossen Amplitutenänderung des Lichtstromes entstehen beim Fotografieren und Filmen schwarze Streifen. Ein einfacher Test mit dem Handy (nah ran und Foto/Video) zeigt es deutlich! Profis messen mit Oszilloskop.



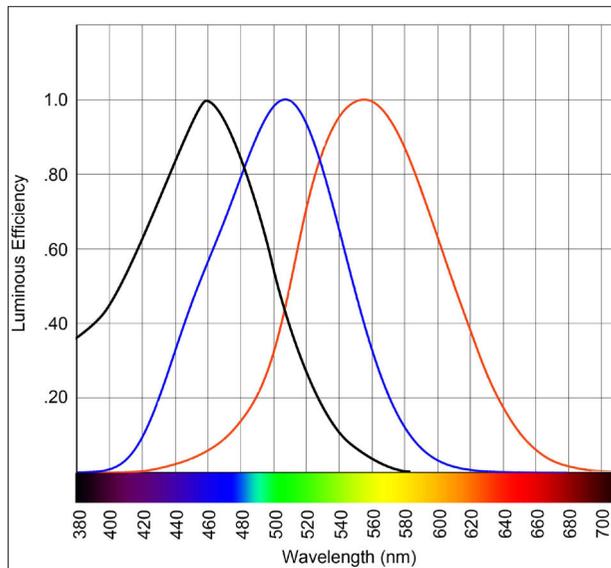
### Verhinderung

Bei Leuchten immer nachfragen, und belegen lassen, dass beim Dimmen kein PWM verwendet wird (Besser ist Amplitudendimmung) Hochvoltchips (230V) sind kritisch. Datenblatt des Betriebsgerätes! Selber Messen/Beurteilen.

# 4 Zirkadiane Lichtsteuerung / Human Centric Lighting

# ZIRKADIANE LICHTSTEUERUNG / HUMAN CENTRIC LIGHT

## Grundlagen und Idee



### Lichteinfluss auf Menschen

#### Die Empfindlichkeitskurven

- Tagessehen
- Nachtsehen
- Melatoninunterdrückung steuert den Tagesablauf

### Steuerung der Lichtfarbe und Intensität im Tagesverlauf

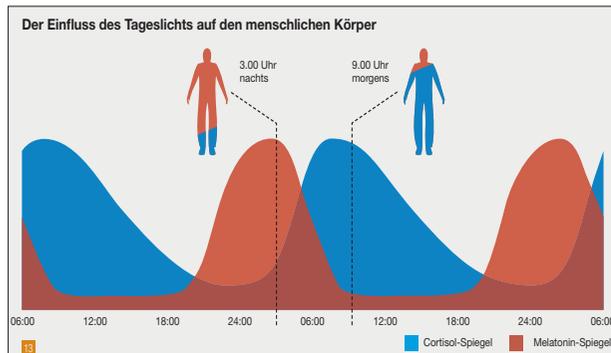
Simulieren des Aussenlichtes ist in Ansätzen möglich. Intensität und Spektrum kann nicht genau imitiert werden. Falls immer möglich sollte trotzdem genügend Tageslicht „konsumiert“ werden.

### Anwendungen

Arbeitsplatz, Gesundheitswesen, Bildung, Privatbereich. Das Wach-Schlafverhalten kann verbessert (verändert) werden. Im Gesundheitswesen können allenfalls Schlafmedikamente verringert werden.

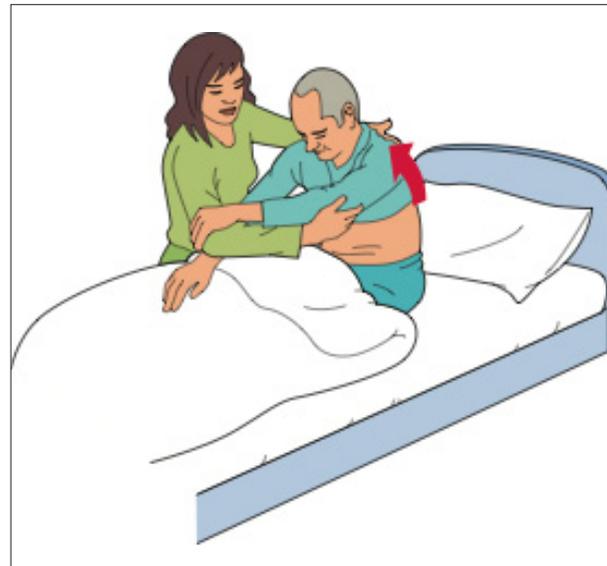
# ZIRKADIANE LICHTSTEUERUNG / HUMAN CENTRIC LIGHT

## Gesundheitswesen



### Forschungsergebnisse

Die Anwendung ist vor allem in stationären Einrichtungen sinnvoll. Tagsüber wird kühles Licht zur Aktivierung eingesetzt. Abends dann eher warmes Licht. Der Blauanteil im Licht ist am Abend auch in kleinen Dosen störend.



### Anwendungen

Für Personen, die an den Innenraum gebunden sind, macht diese Lichtsteuerung am meisten Sinn. Prioritär bleibt der Gang ins Freie, kein Kunstlicht kann diese Wirkung ganz ersetzen.



### Erfahrungen aus Heimsituationen

Tagsüber ist sehr viel Licht mit blauanteil (ca 2000lx) erforderlich. Abends soll gänzlich auf blaues Licht verzichtet werden.

- verbessertes Schlafverhalten
- wacher am Tag, Sozialverhalten

Leider sind bisher nur wenige unabhängige Studien vorhanden.

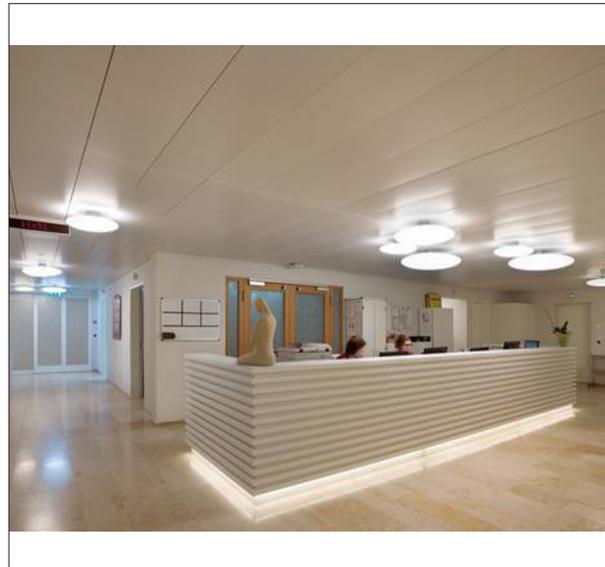
# ZIRKADIANE LICHTSTEUERUNG / HUMAN CENTRIC LIGHT

## Beispiele



### Sonnweid, Wetzikon

Ergebnisse der Studie:  
Eine positive Wirkung hatte nicht allein die neu geregelte Beleuchtung – das Tageslicht und die Mobilität der Bewohner spielte ebenfalls eine wesentliche Rolle.  
(Zumtobel)



### Geburtsklinik, Bethesda, Basel

Die LED-Leuchten werden im Tagesablauf in der Intensität und Lichtfarbe von 2700 (30%-Abend) - 5400°K (100% am Mittag) geregelt.  
(Regent)



### Seniorenwohnpark Isar-Loisach

Demenzkrankenheim. Die Leuchten wurden mit dem „biologisch wirksamen“ Lichtmanagementsystem ausgestattet und entsprechend gesteuert.  
(Waldmann)

# Raumwahrnehmung / Lichtsensorik für Blinde Menschen

## Beispiel Lightscores



### Licht und Farbe entdecken

Die Sensoren am Körper erkennen Farbe und Lichtintensität und laden zum Bewegen und Spielen ein.



### Bewegung, Raum erkunden

Durch die Bewegungen der Körpersensoren gegenüber dem Licht können Töne und Tonfolgen erzeugt werden. Mehrere Personen können über Töne miteinander kommunizieren.



### Sensoren für Farbe und Licht

Die Sensoren erkennen Lichtintensität und Farbe. Jedem Sensor können Töne zugeordnet werden.

[www.allesoderlicht.com](http://www.allesoderlicht.com)  
[www.odilien.at](http://www.odilien.at)