

Anthrophophile Beleuchtung in „Mondscheinstärke“. Theorie und Apparat

G M Drygas 2007

Die Erfindung betrifft die Beleuchtung im häuslichen und Außenbereich, die in ihrer niedrigen Beleuchtungsstärke, dem Mondschein vergleichbar, die Dunkeladaptation des menschlichen Sehorgans erlaubt.

Theorie: Der Einsatz von technischem Licht kann der Gesundheit schaden. Allgemeine Erläuterungen und Begründung in Anhang A.

Definition: „Anthrophophile Beleuchtung“ beruht auf dem Postulat, die Beleuchtung sollte sich nach der Notwendigkeit des erreichbaren Visus unter möglicher Ausnutzung der Adaptation richten und dabei so wenig wie nötig von den natürlichen Beleuchtungsstärken Tageslicht, Mondlicht und Sternenlicht abweichen. Allgemeine Erläuterungen und Begründung in Anhang B.

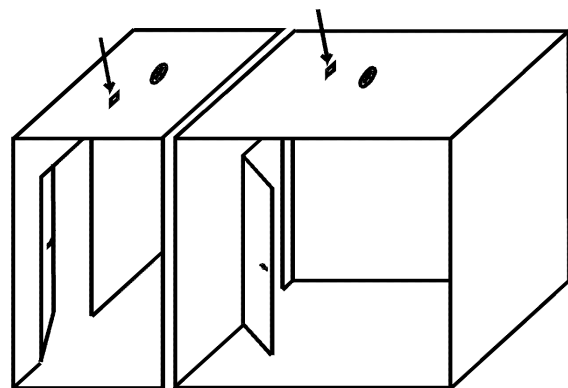
Theorie: Künstliche Beleuchtung ist ökologisch bedenklich. Die übermäßige Anwendung technischen Lichts bei Nacht verursacht neben den Abfallprodukten der Energieerzeugung eine ökologisch aktive Streulichtglocke („Lichtsmog“), deren Einfluss kritisch betrachtet wird.

Theorie: Künstliche Beleuchtung ist a priori unökonomisch. Mit anthropophilen Überlegungen lässt sich die Beleuchtungsstärke ermitteln, das den höchsten Quotienten Komfortabilität / Preis hat. Weitere Erläuterungen in Anhang C.

Der Stand der Technik kennt Methoden der Erzeugung geringer Beleuchtungsstärken. Kein kommerzielles Produkt deklariert den erzeugten Lichtfluss oder zieht Vergleiche mit natürlichen Beleuchtungsstärken oder die Auswirkung auf die Adaptation und somit ist der resultierende Adaptationstatus zufällig und unbekannt. Generelle und spezielle Erläuterungen in Anhang D. Ein typischer Vertreter des Standes der Technik ist der Artikel „SpotOn“ vertrieben von Philips Lighting, NL.

Die folgenden bisherigen Eigenschaften werden in der Erfindung verbessert: Das abrupte Einschaltverhalten, das Einschaltverhalten in Abhängigkeit von der Umgebungsbeleuchtung, der erzeugte Lichtstrom in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung, sowie das abrupte Ausschaltverhalten. Weiterhin wird die Lichtstromausbeute sehr deutlich erhöht.

Anwendung



Das Gerät sollte an der Decke im Raum mit Tendenz zum Zugang befestigt werden. Hervorragend geeignet für Badezimmer und Flure, gut geeignet für Küchen und Wohnbereiche. Nicht direkt über Bett installieren, aber auch brauchbar für Schlafzimmerzugang.

Anhang A

Theorie zum Zusammenhang von Helligkeitseindruck und physiologischen und psychologischen Vorgängen

Grundlagen

Leuchtdichte ist das Maß für den Helligkeitseindruck, den eine bestimmte Fläche erzeugt.

Die Beleuchtungsstärke ist das Maß des Lichtstroms auf einer Fläche, Einheit Lux (lx).

Der Lichtstrom, Einheit Lumen (lm), wird von einer Lichtquelle erzeugt, die wiederum Energie verbraucht, Einheit Watt (W).

Die Adaptation ist die Fähigkeit des menschlichen Sehorgans, bei veränderlichen Leuchtdichten sehen zu können. Anpassung an Unterschiede von 1:100 Milliarden sind möglich. Obwohl alle Anpassungsvorgänge gemeint sind, wird das Wort Adaptation meist nur im Zusammenhang mit der Anpassung an geringe Leuchtdichten, der sogenannten „Dunkelheitsadaptation“ verwendet.

Das Auge hat einen anatomischen Aufbau. Die relevanten Teile für die Adaptation befinden sich in der Iris und im Augenhintergrund. Die Iris wird von einem Reflex mehr oder weniger geöffnet gesteuert, was eine kurzfristige Adaptation ermöglicht. Die Effektivität ist sehr altersabhängig. Alle anderen Adaptationsvorgänge finden im Augenhintergrund statt. Dort befinden sich zwei Sorten von Rezeptoren, Zapfen und Stäbchen. Unter einer typischen Leuchtdichte von $1/20 \text{ cd/m}^2$ sind die Zapfen funktionsuntüchtig, die Stäbchen übernehmen die Rezeptorfunktion, sind aber wesentlich weniger dicht im Augenhintergrund als Zapfen im Zentrum der Retina verteilt und sind nicht in der Lage, Farben zu unterscheiden. Physiologisch bedingt ist die Geschwindigkeit der Vollfunktionsfähigkeit der Rezeptoren. Zapfen erreichen volle Funktion ausgehend vom Dunkeln in zwei Stufen, in 0,05 Sekunden und 6 Minuten. Stäbchen erreichen ausgehend vom Hellen ihre volle Funktion in zwei Stufen, in 5 Minuten und 30 Minuten; ausgehend vom Dunkeln (Erwachen) in wenigen Minuten.

Der Visus ist das Maß des kleinsten erkennbaren Abstands. Er ist abhängig von anatomischen, physikalischen, psychischen Funktionen sowie von der Leuchtdichte des Gesehenen.

Für jedes Auge kann eine Messung Visus/Beleuchtungsstärke vorgenommen werden. Ein typisches Resultat zeigt ausgehend von völliger Dunkelheit einen flachen Anstieg bis zu einem typischen Visus von $1/10$, um ab einer typischen Beleuchtungsstärke von 1 Lux steil auf einen Visus von 1 bei 500 Lux anzusteigen, um ab einer individuell sehr unterschiedlichen Beleuchtungsstärke bei 10-100 Tausend Lux wieder abzunehmen; der Effekt der Blendung. Das hohe Visusniveau (1) - der Visus bei Tageslicht- hat bei menschlichen Aktivitäten Motivation fördernden Effekt. Das niedrigere Visusniveau ($1/10$) bei Mondlicht ist außer von Verkehrsophthalmologen wenig untersucht worden.

Die Adaptation des menschlichen Auges an unterschiedliche Beleuchtungsstärken ist zwar seit langem bekannt und beschrieben, wobei Messungen sich auf objektive Messwerte wie den Visus beschränken. Eine andere Betrachtungsweise ist die -individuell unterschiedliche- Bewertung einer vorhandenen Beleuchtungsstärke. Hierbei stellt sich heraus, dass Visus und Bewertung nicht über den ganzen Helligkeitsbereich korrelieren, besonders auffällig ist die positive Bewertung bei 0,7-2 lx, der Mondscheinstärke.

Ganz allgemein gibt es einen Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und möglicher Aktivität und dem Grad des gefühlten Wohlbefindens.

Experiment

Die Relationen zwischen Empfindung und Beleuchtungsstärke haben eine große individuelle Streuung. Nichtsdestotrotz kann man typische Aussagen feststellen. In einem individuellen (auch Gedanken-) Experiment kann fast jeder Mensch beschreiben, welche Empfindung er bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke empfindet.

Bei völliger Dunkelheit -vor allem bei Personen, die ihr wenig ausgesetzt waren- stellen sich unangenehme Gefühle der Beklemmung, Angst bis zur Panik ein. Selbst geringste Beleuchtungsschimmer reduzieren das Risiko starker negativer Emotionen und ein Schlafbedürfnis wird unterstützt. Steigt nun die Beleuchtung bis zum Mondscheinniveau, so schwingt die Stimmung oft ins Wohlfühl. Eine Reihe von Aktivitäten können problemlos erledigt werden, z.B. Toilettenbesuch, Einnahme befindungsverbessernder Substanzen, Kontrolle von Haus und Hof und Kinder, oder der Versuch welche zu machen. Allerdings ist die Vollmondbeleuchtung für das Schlafbedürfnis nicht förderlich- vermutlich weil Steinzeitmänner dann zur Jagd gingen. Alle Beleuchtungsstärken darüber behindern das Einschlafen, verbessern aber nicht die Stimmung, sondern geben einer ungeduldigen Rastlosigkeit Platz. Weitere Erhöhung der Helligkeit auf über 500 lux machen der Tagesstimmung Raum. Schlaf ist nur noch für Geübte möglich. Die Abnahme von Beleuchtung hat ebenfalls eine typische Folge von Begleitstimmungen.

Sinkt die Beleuchtung unter einen bestimmten Wert, stellt sich Unwohlsein ein, speziell dann, wenn die Helligkeit zu schnell für die Adaptation sinkt oder eine ausgeübte Tätigkeit aufgrund des Visusverfalls behindert wird. Durch Erfahrung oder Ausbildung kann man dieses Unwohlsein bis zur Einsetzung der Adaptation überbrücken. Selbst weitere Reduktionen der Helligkeit geben meist keine negativen Emotionen, solange der fortschreitende Visusverfall nicht erwünschte Aktivitäten verhindert. Zuletzt kommt man in den Bereich der völligen Dunkelheit, wo Emotionen nur mit Training emotional neutralisiert werden kann. Ein Sonderfall ist der Stimmungsumschwung bei einem sehr starken Beleuchtungsabfall, zum Beispiel der Eintritt in einen dunklen Raum. Wiederum macht sich Beklemmung und Angst breit, obwohl man bekanntermaßen nur eine temporäre 'Blindheit' erfährt.

Schlussfolgerungen

Obwohl beschriebene Emotionen psychologische Prozesse sind, basieren sie auf neuronalen Vorgängen, die wiederum von Hormonen und Neurotransmittern abhängen. Es ist unstrittig, dass die Störung des Gleichgewichts dieser Stoffe pathologischen Prozessen Raum lassen. Die zivilisatorische und zum Teil unnötige Vermeidung von Adaptation hat sehr wahrscheinlich Auswirkungen auf die chrono-physiologische Balance und in der Konsequenz auf die Psyche. Die Schlussfolgerung:

Der falsche Einsatz von technischem Licht kann der Gesundheit schaden.

Als Befindlichkeitsstörung bekannt sind lediglich der Jet-lag (Flugreisen) und die Winterdepression (SAD, vermutlich durch zu geringe Tageshelligkeit verursacht), die mit exzessivem Licht behandelt werden. Die Tatsache, dass 10% der Bevölkerung an chronischer und 50% an vorübergehender Schlafstörung leiden sowie das hohe und steigende Vorkommen an Depressionen in industrialisierten Gebieten könnten Anzeichen gestörter Systeme sein, die vermutlich von zu wenig Adaptationsmöglichkeiten verursacht werden. Die Wiedereinführung der Beleuchtungsstärken, die die Menschheit seit Adam und Eva und Lucy kennt- Sonnenschein, Mondschein, Sternenlicht- korrigiert möglicherweise einen fundamentalen Irrweg des 20sten Jahrhunderts.

Anhang B

Anthropophile Beleuchtung

Seit der Beherrschung des Feuers ist Beleuchtung ein ziemlich hochrangiges menschliches Bedürfnis. Alle bisherigen Bemühungen, besonders die des zwanzigsten Jahrhunderts, waren jedoch von der technologischen und ökonomischen Verfügbarkeit diktiert. Ob Kienspan, Kerze, Gaslaterne oder elektrische Konstruktion, der infrastrukturelle Aufwand sowie der Abbrand der planetaren Ressourcen, einhergehend den unbewältigten Abfallproduktproblemen, stieg stetig mit den Komfort- und Sicherheitsbedürfnissen. Die Forderung,

die Beleuchtung sollte sich nach der Notwendigkeit des erreichbaren Visus unter möglicher Ausnutzung der Adaptation richten, und dabei möglichst wenig von den natürlichen Beleuchtungsstärken Sonnenschein, Mondschein und Sternenlicht abweichen

ist nie in den Vordergrund geraten. Der Stand der Technik ist nicht in der Lage, eine Beleuchtung zu schaffen, die vom menschlichen Benutzer gar nicht bemerkt wird, da sie der Situation angepasst ist. Dazu wäre ein gewisses Maß an Gedankenlesen erforderlich. In den industrialisierten Gebieten des Planeten hat die Beleuchtungseuphorie zur Folge, dass ein erheblicher Teil der Bevölkerung nie die Adaptation des Sehorgans an niedrige Beleuchtungsstärken benutzt. Man geht von fast taghellem Licht zu fast vollständiger Dunkelheit und schließt die Augen fast wie reflektorisch. Eine Art Dunkeladaptation tritt trotzdem in einigen Minuten ein, da ist man jedoch schon eingeschlafen. Bei jedem Aufwachen, erwünscht oder nicht, schockt man die Dunkeladaptation tot, indem man Beleuchtung Typ „Tageslicht“ anschaltet, am besten noch bevor man die Augen aufmacht.

Eine einfache Methode, die Adaptation auszunutzen, ist, bei einsetzender Dämmerung zusätzliches Licht zur Orientierung einzusetzen. Wichtig ist dabei, keine Schalt- oder Blendeffekte zuzulassen. Solange die Aufmerksamkeit von der sich vermindernden Beleuchtungssituation ferngehalten wird, treten wenig emotionale Nebeneffekte auf, die eine aktive Veränderung der Beleuchtung nach sich ziehen würde. Weiterhin ist eine direkte Blicklinie in eine Lichtquelle, insbesondere in Glüh- und LED-Leuchten, zu vermeiden. Da die Adaptation beim Blick in punktuelle Lichtquellen mit Totzeiten verringerter Wahrnehmungsfähigkeit reagiert, ist gerade bei Dunkelheit die richtige Positionierung der Lichtquellen entscheidend für die Erhaltung der Adaptation.¹

¹Von diesem Standpunkt aus gesehen, ist die Strassenausleuchtung mit Automobilen in die Irre gegangen. Alternativen sind jedoch schwer vorstellbar.

Ähnlich sollte man vorgehen, wenn man im Zustand der Dunkeladaptation ist, also typischerweise in der Nacht erwacht. Wiederum sollte die Lichtquelle nicht geschaltet, sondern hochgedimmt werden, und statt Ausschalten sehr langsam heruntergedimmt werden. Lässt man diese Funktion von einem Bewegungssensor auslösen, hat sich herausgestellt, dass es meist nicht störend ist, wenn diese Art Beleuchtung selbst auf die unwillkürlichen Bewegungen im Schlaf reagiert.

Anhang C

Ökonomie und Beleuchtung

Beleuchtung ist vermutlich einer früher Luxus der Menschheit, gefolgt von der Verwendung von Unterhaltungsdrogen. Obwohl nicht zum Überleben notwendig, werden erhebliche Mittel zur Beschaffung aufgewendet. Während beim Drogenkonsum klare Erkenntnisse der Schädlichkeit existieren, ist der Lichtkonsum kritikfrei, die unerwünschten Nebenprodukte der Energieerzeugung werden als Probleme der Produktion dargestellt. Trotz massiven Gebrauchs ist Beleuchtung a priori unökonomisch, man kann z.B. einem Produkt nicht ansehen, ob es mit oder ohne Beleuchtung produziert wurde, und man kann sich Freizeitgestaltung mit sehr wenig künstlicher Beleuchtung vorstellen. Erst seit dem zwanzigsten Jahrhundert ist Beleuchtung für Produktivitätssteigerung menschlicher Tätigkeit in großem Umfang eingesetzt worden, die Risiken und Nebenwirkungen werden auf das Individuum abgewälzt. Auch die Ineffizienz der existierenden Leuchtmittel ist vollständig dokumentiert. Jedoch die Annahme, dass hohe Helligkeit überall notwendig ist, ist falsch. Jeder Mensch kann bei direkter Vollmondbeleuchtung sich ohne Schwierigkeiten im Freien orientieren und navigieren. Es gibt keinen Grund, warum dies in Innenräumen nicht der Fall sein soll. Um eine Beleuchtung von 1 Lux auf 16 Quadratmeter zu erzeugen, benötigt man theoretisch eine Lichtquelle von 16 Lumen, das Equivalent von 1-2 Kerzen. Mehrere Umstände konspirieren dagegen, dies mit der notwendigen Energiemenge von $16/683 = 0,024$ Watt zu erzeugen. Kerzen oder Glühlampen benötigen 40-60mal, Leuchtstofflampen 6-10 mal, LED-Lampen 3-10mal soviel Energie. Glühlampen und Leuchtstofflampen verlieren außerdem 20-60% Licht bis zur Benutzungsebene durch Reflexion des produzierten Lichtes an Lampe, Decke und Wänden und Boden. LED-Lampen können auch 90% direkte Beleuchtung produzieren. Die Effizienz bekannter Leuchtquellen liegt also zwischen 0,3% (indirekte Glühlampenbeleuchtung), 7% für Leuchtstofflampen und maximal 30% für präzise fokussierte LED-Lampen, immerhin schon eine 100fache Effizienzsteigerung zur schlechtesten Methode. Für 1 Lux/16m² benötigt man also zwischen 8 Watt und 80mWatt. Interessanterweise können die gleichen 16 Lumen eine Fläche von 320 cm² (18 mal 18 cm) mit 500 Lux beleuchten, eine Arbeitsbeleuchtung in der Größe eines DIN A5 Blattes.

Der Preis von Beleuchtung errechnet sich aus der Summe des Anschaffungspreis für das Leuchtmittel und den Kosten der Energieverbrauchs. In industrialisierten Gebieten sind die Kosten der Infrastruktur meist nicht mehr aus dem Staatswesen heraus zurechnen, in insulären Energieverbrauchsgebieten schlagen sie zu Buche. Deshalb kann die Geldflussmenge für

eine Kilowattstunde zwischen 0,05 (politischer Wirtschaftsförderungspreis) und 200 (Einweg-Alkalibatterien) betragen. In ersteren Gebieten sind die Verbrauchskosten für eine LED-Leuchte mit 240 mWh/Tag (Preis 0,05/kWh*240mWh = 0,000012 /Tag) vernachlässigbar, für letztere Gebiete (Preis 200/kWh*240mWh=0,048/Tag) können sie die einzig erschwingliche Beleuchtungsquelle sein. Zum Beispiel verbrauchen in einem Haushalt 5 LED-Leuchten mit 240 mWh zu je 2 Stunden $240\text{mWh} \times 5 \times 2 = 2,4 \text{ Wh}$ pro Tag, oder 0,88 kWh im Jahr, was mit jeder Handkurbel oder 0,1 Quadratmeter Solarzelle erzeugbar wäre. Eine Volkswirtschaft mit 30 Millionen Haushalten würde mit 26.400MWh pro Jahr belastet. Eine Vollbeleuchtungsversion Leuchtstofflampen 8W x5 x2 könnte 80Wh pro Tag, 29,2 kWh im Jahr x30mio Haushalte, also 876.000MWh verbrauchen. Die Beleuchtung mit Glühlampen 60W x5 x2h verbraucht 0,6kWh pro Tag, 216kWh pro Jahr, also 6.480.000MWh/Land/Jahr. Allerdings sind LED-Leuchten mit 240 mWh/Tag kein Ersatz für letzteres Beispiel, greift aber in eine physiologisch-psychologische Ressource, die den Einsatz von Vollbeleuchtungsmitteln mit großer Wahrscheinlichkeit vermindern wird. Der Begriff des "Energiesparens" ist oft irreführend. Die Einführung jeder neuen Technologie verbraucht zunächst weitere Rohstoff- und Energieresourcen. Mit dem Einsatz von adaptationskonformen Beleuchtungsquellen in Haushalt und Infrastruktur ist mit der vorhandenen Technologie die größte denkbare Verbrauchersparnis unter Beibehaltung oder sogar Vergrößerung des empfundenen Komforts erreichbar.

Anhang D Elektrische Beleuchtung und Adaptation

Wie in Anhang A erläutert, ist Beleuchtung, die Adaptation zulässt, vermutlich erstrebenswert. In Anhang C wird erläutert, dass man für 1 Lux/16m² zwischen 8 Watt (indirekte Beleuchtung mit 10lm/W) und 80mWatt (fokussierte direkte Beleuchtung mit 200lm/W) benötigt. Indirekte Beleuchtung hat den Vorteil für die Orientierung, dass Innenräume gleichmäßig hell erscheinen, während direkte Lichtquellen, die nur den Boden beleuchten, eine Art Freigeländeeffekt erzeugen- der Raum erscheint dunkel, trotzdem ist die Navigation nur geringfügig beeinträchtigt. Man könnte annehmen, dass es ein ideales Leuchtmittel dem passenden Lichtstrom gibt. Dies wäre eine 2,5W-8W Glühlampe, 0,4W-1,1W Leuchtstofflampe, oder 80mW-240mW LED. Lediglich letztere sind ohne Schwierigkeiten kommerziell erwerbbar. Glühlampen verdanken lediglich der Tatsache, dass sie Jahrzehnte früher als alle anderen Leuchtmittel verfügbar waren und somit produktionstechnisch ausgereift -billig- sind, ihre ubiquitäre Verbreitung. Betreibt man sie mit zu geringer Spannung -dimmen- produzieren sie oranges Licht dem Kerzenlicht ähnlich. Die Farbbalance ist gewohnt aber unnatürlich. Ähnliches gilt für alle Niedervoltleuchtmittel auf Glühfadenbasis, z.B. Halogenlampen. Diese haben den Vorteil des direkte Betriebs aus einer Autobatterie: es ist keine stationäre Infrastruktur wie Kraftwerke und Leitungen und Transformatoren notwendig, um beträchtliche Beleuchtung zu erzielen. Leuchtstofflampen sind trotz aller Anstrengungen der letzten Jahre die unförmigsten Leuchtmittel, da sie ein Rohr zur Beheimatung des Entladungsgases brauchen. Erst im letzten Jahrzehnt sind die Fluoreszenzmaterialien so verbessert worden, dass „angenehmes“ Licht produziert werden kann. Diese Lampen können jedoch mit Kilohertz Frequenz ein und ausgeschaltet werden, Dimmung ist also in einem weiten Bereich möglich. Leuchtdioden, auch LED (Light Emitting Diode) genannt, haben noch Ihre Entwicklung in technischer und preislicher Hinsicht noch vor sich. In allen Bereichen wie Größe, Gewicht, Dimmbarkeit, Fokussierbarkeit und Effizienz sind sie den anderen Leuchtmitteln überlegen.

Es ist ein politisches Problem, den Übergang der Technologien zu forcieren, da die Marktkräfte und menschliche Angewohnheitsträgheit den Beibehalt selbst riskanter und unökonomischer Technologien favorisieren. Weiterhin kann nur dringend empfohlen werden, die LED-Technologie als Neuanfang und nicht als Ersatz zu betrachten.

Um das Problem der niedrigen oder variablen Beleuchtungsstärke zu lösen, werden Dimmertechnologien eingesetzt. Dimmung kann durch Reduktion der Spannung oder des fließenden Stroms oder der Zeit, in der Strom fließt, erreicht werden. Nur letzteres hat sich als nachhaltig erwiesen. Für Glühlampen werden seit Jahrzehnten Triacschaltungen eingesetzt. Trotz notorischer Schwächen wie Anfälligkeit zum Flackern und Erzeugung unerwünschter Radiowellenemissionen wird dies -weil billig- die einzige dem Publikum zu gängige Technologie sein (z.B.

IKEA Produkt DIMMA). Es sind neue Ansätze beschrieben worden, wie die Funktionalität von Triacs verbessert werden kann, aber dies ist allerdings nicht die einzige denkbare Technologie. Da Glühlampen genauso gut mit Gleichstrom funktionieren, ist die Gleichrichtung und Taktung mittels MOSFET technologisch überlegen. Für Halogenlampen gab es keine preiswerten Dimmertechnologien. Mit der Markteinführung sogenannter MOSFET- Treiberbausteine ist es jetzt möglich, höchste Ströme zu takten und somit Halogenlampen im Gleichstrombetrieb zu dimmen. Für Leuchtstofflampen gab es überraschenderweise lange keine Dimmertechnologien. Das Prestige der „Neonröhre“ als Billig- und Arbeitsbeleuchtung hat dies wohl verhindert. Allerdings beinhaltet jedes elektronische Vorschaltgerät, auch die in Schraub- und Bajonettssockeln integrierten, die Konstruktion des 'synchronous buck converter', einer Dimmerkonstruktion, die nur verändert werden muss, um variable Dimmung zu erreichen. Für LED's ist die Dimmung mit PWM (Pulsweitenmodulation) machbar, allerdings erst mit der Markteinführung sehr einfacher MCU's (Micro Control Unit -Kleinstcomputer-) ist PWM preiswert geworden.

Anhang E Feldversuch

Zur Überprüfung der Behauptungen der psychologischen Auswirkungen niedriger Beleuchtungsstärken wurde im Sommer 2007 ein Feldexperiment durchgeführt. Benutzt wurde ein alleinstehendes Haus in einer deutlichen Entfernung von einer dörflichen Gemeinschaft. Es existiert keine Strassenausleuchtung. In der Wohnfläche mit 2 Schlafzimmern, 2 Badezimmern, einem TV-Zimmer und einem grossen Multifunktionsraum kamen 8 stationäre Deckenleuchten mit Typ Michaels modif SpotOn mit 3LED, 1 Campleuchte mit 60 LED und 2 mobile Tischlampen mit 2 LED zum Einsatz. Ziel ist die Aufzeichnung der emotionalen Befindlichkeiten bei verschiedenen Aktivitäten in Relation zur Beleuchtungsstärke und Lampentyp.

Markenname	Ruhestrom	Spannung nominal	Strom	Verbrauch	Batterie hält
OSRAM Dot-it	1mA	4,5 V	64mA/50%	140mW	12,5 Tage
PHILIPS SpotOn	80µA	4,5 V	44mA/100%	200mW	16 Tage
Michaels modif SpotOn	42µA	3,6 V	135mA/3.7%	22mW	140 Tage
Michaels modif Cam- pingleuchte	90µA	4,8 V	600mA/17%	500mW	7 Tage

Der grundlegende Eindruck ist, dass es dunkel ist. Dies ändert sich nicht, wenn man in den Erfassungsbereich eines Sensors kommt und die Beleuchtung sich einschaltet. Durch den graduellen Einsatz der Beleuchtung hat man lediglich den Eindruck, im Dunkeln sehen zu können. Es ist, wie beabsichtigt, dem Aufenthalt im Mondschein sehr ähnlich. Ohne Probleme kann man sich durch Flure oder Badezimmer orientieren. In letzterem erscheint die Beleuchtungsstärke sogar als genau richtig. In der Küche ist die Orientierung erst mit 3 Leuchten zufriedenstellend, dann allerdings kann man auch recht problemlos sich ein warmes Getränk bereiten. Im Raum mit Television fällt auf, dass das Fernsehgerät recht grell erscheint. Ob man daraus eine Energieersparnis oder Funktionsdauer gewinnen könnte, wurde nicht erprobt. In grossen Räumen fällt auf, dass es lästig ist, wenn der Sensor einen zu kleinen Raumwinkel erfasst. Dies gilt selbst für das Schlafzimmer, da das Licht nicht als störend empfunden wird. Ein besonderer Gewinn ist der Einsatz von Kerzenlicht, das als eine willkommene Ergänzungsbeleuchtung zum „Mondlicht“ empfunden wird.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Einsatz der o.Leuchten ganz unmerklich die Hemmschwelle zum Drang des Einschaltens der konventionellen Beleuchtung senkt, und etwa in 90% der Zeit eine ausreichend komfortable Beleuchtung erreicht wird, wobei die Anzahl der Leuchten als etwas zu niedrig empfunden wurde. Es gab Situationen, bei denen eine bis 3 weitere Leuchten vermutlich den Komfort verbessert hätte.

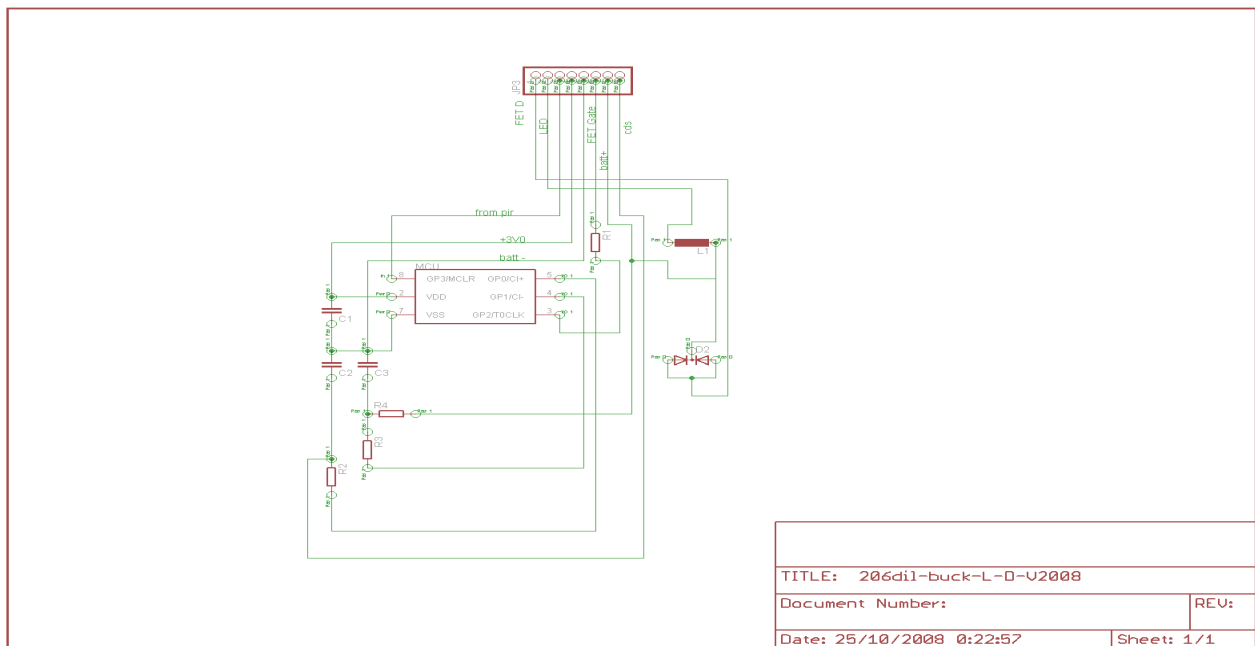
Schlussfolgerung: Es handelt sich um die ökonomisch und psychologisch minimalste Beleuchtung. In Gebieten ohne elektrische Leitungsinfrastruktur eine grosse Komfortverbesserung.

Anhang F Technische Ausführung

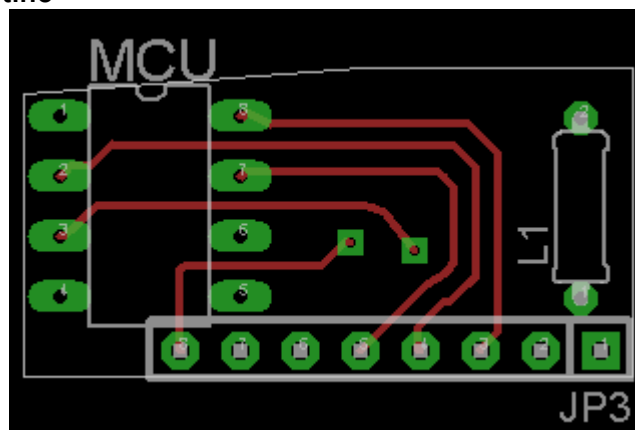
Der Umbau eines handelsüblichen SpotOn Gerätes ist wie folgt möglich:

1. Entfernen der Abdeckplatte, Entfernen der PIR-Platine
2. Auslöten des Basiswiderstands ($1k\Omega$), des Brückenwiderstands (0Ω) und Ersetzen der 3 LED-Vorwiderstände (100Ω) durch 1Ω Widerstände.
3. Eine Platine mit programmiertem Microprozessor MICROCHIP 10F206 nach Dateien C:\EAGLE-5.1.0\projects\SpotOn\ 206dil-buck-L-D-V.brd, 206dil-buck-L-D-V.bom und HI3.asm fertigen.
4. Bohrungen anbringen a) Transistor Kollektor b) LEDs Kathodenseite c) Ausgang PIR-Sensor d) 3,0V Ausgang Spannungsstabilisator e) Batterie Minus f) Transistor Basis g) Batterie Plus h) CDS-Widerstand LDR07
5. Verbinden a) mit Pin 1 , b) mit Pin 2 und so weiter bis h) mit Pin 8, der andere Anschluss des Fotowiderstand wird mit 3,0V verbunden.
6. Aufbohren der PIR-Sensoröffnung auf 15mm.
7. Einsetzen der PIR-Platine, Unterbringung der Prozessorplatine und des Fotowiderstands, anschrauben der Abdeckplatte.

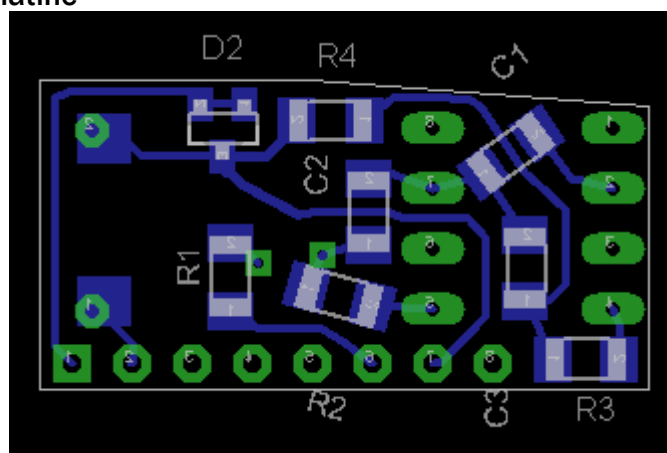
Schaltplan



Mögliche Oberseite Platine



Mögliche Unterseite Platine



Partlist

Exported from 206dil-buck-L-D-V2008.sch at 22/10/2008 15:04:28

EAGLE Version 5.1.0 Copyright (c) 1988-2008 CadSoft

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
C1	0u1	C-EUC1206	C1206	rc1	1
C2	0u1	C-EUC1206	C1206	rc1	1
C3	0u1	C-EUC1206	C1206	rc1	1
D2	BAS70-06	BAS70-06	SOT23	diode-1	1
JP3		PINH-1X8	1X08	pinhead(2)	1
L1		L-EU0207/7	0207/7	rc1	1
MCU	PIC10F206P	PIC10F206P	DIL8	microchip-3	1
R1	800	R-EU_R1206	R1206	rc1	1
R2	150	R-EU_R1206	R1206	rc1	1
R3	150	R-EU_R1206	R1206	rc1	1
R4	220k	R-EU_R1206	R1206	rc1	1

Programm für Microprozessor MICROCHIP PIC 10F206

Line	Address	Opcode	Disassembly
1	000	663	BTFSC 0x3, 0x3
2	001	A0D	GOTO 0xd
3	002	908	CALL 0x8
4	003	6E3	BTFSC 0x3, 0x7
5	004	ABF	GOTO 0xbf
6	005	783	BTFSS 0x3, 0x4
7	006	AB8	GOTO 0xb8
8	007	A0D	GOTO 0xd
9	008	CFB	MOVLW 0xfb
10	009	006	TRIS 0x6
11	00A	C47	MOVLW 0x47
12	00B	002	OPTION
13	00C	800	RETLW 0
14	00D	EFE	ANDLW 0xfe
15	00E	025	MOVWF 0x5
16	00F	C00	MOVLW 0
17	010	026	MOVWF 0x6
18	011	908	CALL 0x8
19	012	C77	MOVLW 0x77
20	013	027	MOVWF 0x7
21	014	ADE	GOTO 0xde
22	015	2F5	DECFSZ 0x15, F
23	016	A15	GOTO 0x15
24	017	003	SLEEP
25	018	6F6	BTFSC 0x16, 0x7
26	019	A6C	GOTO 0x6c
27	01A	7E1	BTFSS 0x1, 0x7
28	01B	A20	GOTO 0x20
29	01C	616	BTFSC 0x16, 0
30	01D	A24	GOTO 0x24
31	01E	516	BSF 0x16, 0
32	01F	A24	GOTO 0x24
33	020	716	BTFSS 0x16, 0
34	021	A24	GOTO 0x24
35	022	416	BCF 0x16, 0
36	023	2BC	INCF 0x1c, F
37	024	7BC	BTFSS 0x1c, 0x5
38	025	A6E	GOTO 0x6e
39	026	A6C	GOTO 0x6c
40	027	0F7	DECf 0x17, F
41	028	C0D	MOVLW 0xd
42	029	097	SUBWF 0x17, w
43	02A	703	BTFSS 0x3, 0
44	02B	A38	GOTO 0x38
45	02C	C80	MOVLW 0x80
46	02D	033	MOVWF 0x13
47	02E	217	MOVF 0x17, w
48	02F	0B3	SUBWF 0x13, F
49	030	703	BTFSS 0x3, 0
50	031	AB1	GOTO 0xb1
51	032	3EA	INCFSZ 0xa, F
52	033	A2F	GOTO 0x2f
53	034	3EB	INCFSZ 0xb, F
54	035	A2F	GOTO 0x2f
55	036	2AC	INCF 0xc, F
56	037	A2F	GOTO 0x2f
57	038	940	CALL 0x40
58	039	1EA	ADDWF 0xa, F
59	03A	703	BTFSS 0x3, 0
60	03B	AB1	GOTO 0xb1
61	03C	3EB	INCFSZ 0xb, F
62	03D	AB1	GOTO 0xb1
63	03E	2AC	INCF 0xc, F
64	03F	AB1	GOTO 0xb1
65	040	0D7	DECf 0x17, w
66	041	1E2	ADDWF 0x2, F
67	042	8FF	RETLW 0xff
68	043	8D2	RETLW 0xd2
69	044	869	RETLW 0x69
70	045	846	RETLW 0x46
71	046	834	RETLW 0x34
72	047	82A	RETLW 0x2a
73	048	823	RETLW 0x23
74	049	81E	RETLW 0x1e
75	04A	81A	RETLW 0x1a
76	04B	817	RETLW 0x17
77	04C	815	RETLW 0x15
78	04D	813	RETLW 0x13
79	04E	811	RETLW 0x11
80	04F	06A	CLRF 0xa
81	050	06B	CLRF 0xb
82	051	06C	CLRF 0xc

83	052	076	CLRF 0x16
84	053	5F6	BSF 0x16, 0x7
85	054	AB1	GOTO 0xb1
86	055	000	NOP
87	056	000	NOP
88	057	000	NOP
89	058	000	NOP
90	059	000	NOP
91	05A	000	NOP
92	05B	000	NOP
93	05C	217	MOVF 0x17, W
94	05D	035	MOVWF 0x15
95	05E	2F5	DECFSZ 0x15, F
96	05F	A5E	GOTO 0x5e
97	060	21B	MOVF 0x1b, W
98	061	1E2	ADDWF 0x2, F
99	062	A18	GOTO 0x18
100	063	546	BSF 0x6, 0x2
101	064	000	NOP
102	065	546	BSF 0x6, 0x2
103	066	000	NOP
104	067	546	BSF 0x6, 0x2
105	068	000	NOP
106	069	546	BSF 0x6, 0x2
107	06A	000	NOP
108	06B	546	BSF 0x6, 0x2
109	06C	546	BSF 0x6, 0x2
110	06D	446	BCF 0x6, 0x2
111	06E	2F8	DECFSZ 0x18, F
112	06F	AA5	GOTO 0xa5
113	070	2F9	DECFSZ 0x19, F
114	071	A57	GOTO 0x57
115	072	2FA	DECFSZ 0x1a, F
116	073	A59	GOTO 0x59
117	074	7F6	BTFSS 0x16, 0x7
118	075	A9B	GOTO 0x9b
119	076	6D6	BTFSC 0x16, 0x6
120	077	A80	GOTO 0x80
121	078	C01	MOVLW 0x1
122	079	097	SUBWF 0x17, W
123	07A	743	BTFSS 0x3, 0x2
124	07B	A27	GOTO 0x27
125	07C	4F6	BCF 0x16, 0x7
126	07D	C38	MOVLW 0x38
127	07E	02C	MOVWF 0xc
128	07F	AB1	GOTO 0xb1
129	080	CF0	MOVLW 0xf0
130	081	097	SUBWF 0x17, W
131	082	643	BTFSC 0x3, 0x2
132	083	A15	GOTO 0x15
133	084	2B7	INCF 0x17, F
134	085	C0D	MOVLW 0xd
135	086	097	SUBWF 0x17, W
136	087	703	BTFSS 0x3, 0
137	088	A8B	GOTO 0x8b
138	089	C07	MOVLW 0x7
139	08A	A8C	GOTO 0x8c
140	08B	940	CALL 0x40
141	08C	0AA	SUBWF 0xa, F
142	08D	603	BTFSC 0x3, 0
143	08E	AB1	GOTO 0xb1
144	08F	22B	MOVF 0xb, F
145	090	643	BTFSC 0x3, 0x2
146	091	A94	GOTO 0x94
147	092	0EB	DECf 0xb, F
148	093	AB1	GOTO 0xb1
149	094	22C	MOVF 0xc, F
150	095	643	BTFSC 0x3, 0x2
151	096	A99	GOTO 0x99
152	097	0EC	DECf 0xc, F
153	098	A92	GOTO 0x92
154	099	06A	CLRF 0xa
155	09A	AB1	GOTO 0xb1
156	09B	6B6	BTFSC 0x16, 0x5
157	09C	AB0	GOTO 0xb0
158	09D	5F6	BSF 0x16, 0x7
159	09E	5D6	BSF 0x16, 0x6
160	09F	C05	MOVLW 0x5
161	0A0	02A	MOVWF 0xa
162	0A1	C0D	MOVLW 0xd
163	0A2	02B	MOVWF 0xb
164	0A3	06C	CLRF 0xc
165	0A4	AB1	GOTO 0xb1
166	0A5	766	BTFSS 0x6, 0x3
167	0A6	A58	GOTO 0x58
168	0A7	6D6	BTFSC 0x16, 0x6
169	0A8	AAB	GOTO 0xab
170	0A9	5B6	BSF 0x16, 0x5
171	0AA	A5C	GOTO 0x5c
172	0AB	4D6	BCF 0x16, 0x6
173	0AC	06A	CLRF 0xa

174	0AD	06B	CLRF 0xb
175	0AE	06C	CLRF 0xc
176	0AF	A27	GOTO 0x27
177	0B0	4B6	BCF 0x16, 0x5
178	0B1	28A	INCF 0xa, w
179	0B2	038	MOVWF 0x18
180	0B3	28B	INCF 0xb, w
181	0B4	039	MOVWF 0x19
182	0B5	28C	INCF 0xc, w
183	0B6	03A	MOVWF 0x1a
184	0B7	A5C	GOTO 0x5c
185	0B8	A15	GOTO 0x15
186	0B9	000	NOP
187	0BA	2F3	DECFSZ 0x13, F
188	0BB	AB9	GOTO 0xb9
189	0BC	2F4	DECFSZ 0x14, F
190	0BD	AB9	GOTO 0xb9
191	0BE	800	RETLW 0
192	0BF	AC0	GOTO 0xc0
193	0C0	2F5	DECFSZ 0x15, F
194	0C1	ABF	GOTO 0xbf
195	0C2	766	BTFSS 0x6, 0x3
196	0C3	A15	GOTO 0x15
197	0C4	506	BSF 0x6, 0
198	0C5	CFA	MOVLW 0xfa
199	0C6	006	TRIS 0x6
200	0C7	C04	MOVLW 0x4
201	0C8	030	MOVWF 0x10
202	0C9	2F0	DECFSZ 0x10, F
203	0CA	AC9	GOTO 0xc9
204	0CB	004	CLRWDI
205	0CC	CFB	MOVLW 0xfb
206	0CD	006	TRIS 0x6
207	0CE	071	CLRF 0x11
208	0CF	070	CLRF 0x10
209	0D0	706	BTFSS 0x6, 0
210	0D1	AD8	GOTO 0xd8
211	0D2	3F0	INCFSSZ 0x10, F
212	0D3	AD0	GOTO 0xd0
213	0D4	3F1	INCFSSZ 0x11, F
214	0D5	AD0	GOTO 0xd0
215	0D6	0F1	DECF 0x11, F
216	0D7	0F0	DECF 0x10, F
217	0D8	C05	MOVLW 0x5
218	0D9	091	SUBWF 0x11, w
219	0DA	703	BTFSS 0x3, 0
220	0DB	A15	GOTO 0x15
221	0DC	CF0	MOVLW 0xf0
222	0DD	037	MOVWF 0x17
223	0DE	CF0	MOVLW 0xf0
224	0DF	037	MOVWF 0x17
225	0E0	426	BCF 0x6, 0x1
226	0E1	C71	MOVLW 0x71
227	0E2	027	MOVWF 0x7
228	0E3	CF9	MOVLW 0xf9
229	0E4	006	TRIS 0x6
230	0E5	C01	MOVLW 0x1
231	0E6	030	MOVWF 0x10
232	0E7	2F0	DECFSZ 0x10, F
233	0E8	AE7	GOTO 0xe7
234	0E9	CFB	MOVLW 0xfb
235	0EA	006	TRIS 0x6
236	0EB	567	BSF 0x7, 0x3
237	0EC	070	CLRF 0x10
238	0ED	6E7	BTFSS 0x7, 0x7
239	0EE	AF2	GOTO 0xf2
240	0EF	3F0	INCFSSZ 0x10, F
241	0F0	AED	GOTO 0xed
242	0F1	0F0	DECF 0x10, F
243	0F2	467	BCF 0x7, 0x3
244	0F3	C09	MOVLW 0x9
245	0F4	03B	MOVWF 0x1b
246	0F5	C58	MOVLW 0x58
247	0F6	090	SUBWF 0x10, w
248	0F7	703	BTFSS 0x3, 0
249	0F8	B11	GOTO 0x111
250	0F9	0FB	DECF 0x1b, F
251	0FA	0FB	DECF 0x1b, F
252	0FB	C6E	MOVLW 0x6e
253	0FC	090	SUBWF 0x10, w
254	0FD	703	BTFSS 0x3, 0
255	0FE	B11	GOTO 0x111
256	0FF	0FB	DECF 0x1b, F
257	100	0FB	DECF 0x1b, F
258	101	C7E	MOVLW 0x7e
259	102	090	SUBWF 0x10, w
260	103	703	BTFSS 0x3, 0
261	104	B11	GOTO 0x111
262	105	0FB	DECF 0x1b, F
263	106	0FB	DECF 0x1b, F
264	107	C88	MOVLW 0x88

265	108	090	SUBWF 0x10, W
266	109	703	BTFSS 0x3, 0
267	10A	B11	GOTO 0x111
268	10B	0FB	DECf 0x1b, F
269	10C	0FB	DECf 0x1b, F
270	10D	C91	MOVLW 0x91
271	10E	090	SUBWF 0x10, W
272	10F	603	BTFSC 0x3, 0
273	110	0FB	DECf 0x1b, F
274	111	A4F	GOTO 0x4f