

**Tageslicht und künstliche  
Beleuchtung intelligent verbinden**



**LiTG-Tagung LiLe 2013 – Licht- und Lebensqualität**  
23. bis 24. April 2013 in Weimar

**ABSTRACTS**

**LiTG**

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.**

# Impressum

## Veranstalter

### Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG)

Burggrafenstraße 6, D-10787 Berlin

### LiTG-Bezirksgruppe Thüringen-Nordhessen

Stützpunkt Weimar, Washingtonstraße 53a, D-99423 Weimar

## Kooperationspartner

Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e. V. (WBA)

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauklimatik

Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik

Lichttechnische Gesellschaft Österreichs (LTG)

FiTLicht e. V. Ehningen

Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e. V., Detmold

Technische Textilien-Rollladen-Sonnenschutz e.V., Mönchengladbach

## Medienpartner

Zeitschrift LICHT | Zeitschrift HIGHLIGHT

## Herausgeber

© LiTG e.V. | Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. | 2013

Herausgeber der vorliegenden Dokumentation sind die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) in Zusammenarbeit mit der Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. (WBA).

Es wird darauf hingewiesen, dass das Urheberrecht sämtlicher Manuskripte und Grafiken in dieser Dokumentation bei den jeweiligen Autoren und das Urheberrecht der Dokumentation als Sammelwerk bei den Herausgebern liegt.

Jede Form der Vervielfältigung auf drucktechnischem oder elektronischem Weg – auch auszugsweise – bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Herausgeber sowie des Verfassers des jeweiligen Beitrages. Für die Inhalte der Beiträge sind die Verfasser verantwortlich.

ISBN 978-3-927787-44-5

## Dienstag, 23. April 2013

- 10:05 Einführungsvortrag  
Prof. Kurt Kießl, Bauhaus-Universität Weimar
- 10:15 Tageslichttechnische Bestimmungen im Spiegel energieeffizienten Bauens  
Wolfgang Cornelius, FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V.
- 10:40 Praxisrelevante Bewertung von Tageslicht in Innenräumen:  
Etablierte und neue Konzepte  
Dr. Jan de Boer, Fraunhofer IBP Stuttgart
- 11:05 Die Bewertung der Beleuchtung in aktuellen Zertifizierungssystemen – ein Überblick  
Dr. Heide Schuster
- 11:30 Die LiTG bietet mehr:  
Vorstellung der LiTG-Schriften „Lichtqualität“ und „Tageslicht kompakt“  
Birthe Tralau, Zumtobel Lighting Dornbirn  
Dr. Jan de Boer, Fraunhofer IBP Stuttgart
- 11:55 Entscheidungskriterien für den Einsatz einer Lichtsteuerung –  
Bericht aus dem CIE TC 3-49  
Peter Dehoff, Zumtobel Lighting Dornbirn  
Diskussion

### 12:20 Pause

- 13:20 Workshop „Was bedeutet: Die Anlage ist tageslichtabhängig zu regeln?“

### 15:00 Kaffeepause

- 15:30 Workshopfortsetzung  
Diskussion

### 17:00 Ende der Tagesveranstaltung

- 17:30 Rahmenprogramm
- 19:00 Festvortrag  
LICHT – RAUM – BÜHNE  
Lichtsprachen, Lichtkonzepte, Lichtqualitäten in der heutigen Kunst  
Herbert Cybulska, Cybulska+Partner Lichtgestaltung/Lichtplanung Herbert Cybulska. PLDA Dipl.-Ing.  
Christian Uitz

### 19:30 Abendveranstaltung und Erfahrungsaustausch

# Programm

## Mittwoch, 24. April 2013

- 9:00 Übersicht über Fassadensysteme für Tageslichtbeleuchtung, Sonnenschutz und Blendschutz  
Prof. Dr. Helmut F. O. Müller, Green Building Research & Development
- 9:40 Strahlungsoptische Eigenschaften von Fenstersystemen – Eine Feldstudie  
Prof. Dr. Sven Steinbach, Hochschule Anhalt Dessau
- 10:05 Tageslichtabhängige Regelung im Büroraum – Messungen in der Fassadenversuchsanlage  
Johannes Zauner, Prof. Mathias Wambsganß, F. Feldmeier, HS Rosenheim

### 10:30 Kaffeepause

- 11:00 Entwicklung einer integralen Steuerung für Tages- und Kunstlicht unter Berücksichtigung energetischer Effizienz  
Robert Weitlaner, Bartenbach LichtLabor GmbH Aldrans
- 11:25 Wirkung der Lichtfarbe bei intelligenten Lichtmanagementsystemen  
Birthe Tralau, Zumtobel Lighting Dornbirn
- 11:55 Komfortgewinn und Steigerung des Wohlbefindens für Passagiere auf Langstreckenflügen –  
Psychophysiologische Untersuchung des Einsatzes aktivierenden LED-Lichts in der Flugzeugkabine  
Achim Leder, Bergische Universität Wuppertal
- 12:20 Projekt „Living Place“  
Prof. Roland Greule, HAW Hamburg

### 12:40 Mittagspause

- 13:40 Tageslichtnutzung und thermische Behaglichkeit  
Sascha Buchholz, alware GmbH Braunschweig
- 14:05 Anwendung von dynamischen Licht in der KITA Regenbogenland Bad Salzungen  
Jens Thasler, freier Architekt, Bad Langensalza
- 14:30 Kunstlicht als Tageslichtergänzung in Sakralräumen  
Dr. Eva-Maria Kreuz, KREUZ + KREUZ Stuttgart
- 14:55 Effizienz von tageslichtabhängigen Systemen  
Bernhard Mittermeier, Duschl Ingenieure Rosenheim
- 15:20 Tageslichtkonzeption für ein CO<sub>2</sub>-neutrales Wohnhaus  
Dr. Renate Hammer, Donau-Universität Krems
- 15:45 Integrative Planung mit Tageslicht und Kunstlicht – Theorie und Praxis  
Arne Hülsmann, Büro Andres, Beratende Ingenieure für Lichtplanung Hamburg

### 16:10 Schlusswort und Verabschiedung

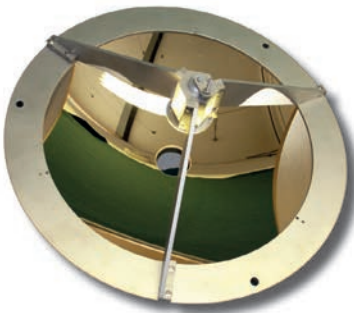
Anzeige



**WILHELM  
WEULE**

OPTISCHE BAUELEMENTE • LINSEN • SONDERANFERTIGUNGEN

## Konzentratoren für Tageslichtsysteme



*präzise und effektiv  
hoher Wirkungsgrad*

Konzentratoren aus Glas Ø 1.000 mm

- präzise und effektiv
- Beschichtung optimiert für natürliches Sonnenlicht
- 45-fache Konzentration



Wilhelm Weule GmbH & Co.  
Im Schleeke 40 · D-38642 Goslar

Telefon +49 (0) 53 21 / 2 30 97  
Telefax +49 (0) 53 21 / 2 15 58

Email [info@weule.com](mailto:info@weule.com)  
[www.weule.com](http://www.weule.com)



<b>Impressum</b> .....	2
<b>Programm</b> .....	3
<b>Abstracts</b>	
<b>Einleitende Gedanken</b>	
Prof. em. Dr.-Ing. Kurt Kiebl, vormals: Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauklimatik .....	10
<b>Tageslichttechnische Bestimmungen im Spiegel energieeffizienten Bauens</b>	
Wolfgang Cornelius, FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V. ....	12
<b>Praxisrelevante Bewertung von Tageslicht in Innenräumen – Etablierte und neue Konzepte</b>	
Dr. Jan de Boer, Fraunhofer IBP Stuttgart .....	14
<b>Die Bewertung der Beleuchtung in aktuellen Zertifizierungssystemen – ein Überblick</b>	
Dr. Heide Schuster .....	16
<b>Die LiTG bietet mehr</b>	
<b>Vorstellung der LiTG-Schriften „Lichtqualität“ und „Tageslicht kompakt“</b>	
Birthe Tralau (Zumtobel Lighting Dornbirn); Dr. Jan de Boer (Fraunhofer IBP Stuttgart) .....	18
<b>Entscheidungskriterien für der Einsatz einer Lichtsteuerung – Bericht aus dem CIE TC 3-49</b>	
Dipl.-Ing. Peter Dehoff, Zumtobel Lighting GmbH .....	20
<b>Workshop; Was bedeutet: Die Anlage ist tageslichtabhängig zu regeln?; LICHT – RAUM – BÜHNE</b>	
<b>Lichtsprachen, Lichtkonzepte, Lichtqualitäten in der heutigen Kunst</b>	
Herbert Cybulska, Cybulska+Partner Lichtgestaltung/Lichtplanung Herbert Cybulska. PLDA Dipl.-Ing. Christian Uitz .....	26
<b>Übersicht über Fassadensysteme für Tageslichtbeleuchtung, Sonnenschutz und Blendschutz</b>	
Prof. Dr. Helmut F. O. Müller, Green Building Research & Development .....	28
<b>Strahlungsoptische Eigenschaften von Fenstersystemen – Eine Feldstudie</b>	
Prof. Dr. Sven Steinbach, Hochschule Anhalt Dessau .....	30
<b>Tageslichtabhängige Regelung im Büroraum – Messungen in der Fassadenversuchsanlage</b>	
Johannes Zauner, Mathias Wambsganß, Franz Feldmeier; Hochschule Rosenheim .....	32
<b>Entwicklung einer integralen Steuerung für Tages- und Kunstlicht unter Berücksichtigung energetischer Effizienz</b>	
David Geisler-Moroder <sup>[1]</sup> , Christoph Mai <sup>[3]</sup> , Matthias Werner <sup>[2]</sup> , Robert Weitlaner <sup>[1]</sup> , Rainer Pfluger <sup>[2]</sup> , Ralf Müller <sup>[4]</sup> , Bert Junghans <sup>[4]</sup> , Davide Siciliano <sup>[4]</sup> , Christian Knoflach <sup>[1]</sup> , Wilfried Pohl <sup>[1]...34; [1]</sup> Bartenbach LichtLabor GmbH; <sup>[2]</sup> Univ. Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften: Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen, <sup>[3]</sup> Tridonic GmbH & Co KG, <sup>[4]</sup> Zumtobel Lighting GmbH .....	34
<b>Wirkung der Lichtfarbe bei intelligenten Lichtmanagementsystemen</b>	
Birthe Tralau (Zumtobel Lighting Dornbirn) .....	36

# Inhalt

<b>Komfortgewinn und Steigerung des Wohlbefindens für Passagiere auf Langstreckernflügen – Psychophysiologische Untersuchung des Einsatzes aktivierenden LED-Lichts in der Flugzeugkabine</b>	
Achim Leder, Jarek Krajewski; Bergische Universität Wuppertal .....	38
<b>Projekt „Living Place“</b>	
Prof. Dr.-Ing. Roland Greule, HAW-Hamburg, Fakultät DMI, Department Medientechnik.....	40
<b>Tageslichtnutzung und thermische Behaglichkeit</b>	
Andreas Lahme, alware GmbH.....	42
<b>Anwendung von dynamischen Licht in der KITA Regenbogenland Bad Salzungen/Thüringen</b>	
Jens Thasler, Diplom Designer, Innenarchitekt BDIA.....	44
<b>Kunstlicht als Tageslichtergänzung in Sakralräumen</b>	
Dr.-Ing. Eva Maria Kreuz, Kreuz + Kreuz Freie Architekten/Lichtplaner .....	46
<b>Effizienz von tageslichtabhängigen Steuerungen Lohnt sich automatisiertes Energiesparen bei der Beleuchtung von Schulen?</b>	
Bernhard Mittermeier .....	48
<b>Tageslichtkonzeption für ein CO<sub>2</sub>-neutrales Wohnhaus</b>	
Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Renate Hammer, MAS, Department für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems .....	50
<b>Wahrnehmungsbasierte Lichtplanung – Theorie und Praxis</b>	
Arne Hülsmann, Büro Peter Andres Lichtplanung .....	52
<b>Ausstellerliste</b> .....	56
<b>Sponsoren</b> .....	57





## Einleitende Gedanken

**Prof. em. Dr.-Ing. Kurt Kießl, vormals: Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauklimatik**

Eine verstärkte und bewusstere Nutzung von Tageslicht in unseren Wohn- und Nutzgebäuden wird nach heutigen Erkenntnissen zu einem erweiterten, begründeten Anspruch, wie auch gleichermaßen zu einer komplexen technischen Aufgabe. Dabei stehen sehr wohl die sich entwickelnden Erkenntnisse zur physiologisch/psychologischen Wirkung des Lichtes im privaten wie im Arbeitsumfeld als Maßstab im Fokus, auch für lichttechnische Anforderungen.

Der Beitrag des Tageslichts zum raumklimatischen Empfinden, für gesundheitsförderliche Effekte, für Steuerungsfunktionen im hormonell/physiologischen Bereich, zur Steigerung von Lern- und Leistungsfähigkeit, um nur einige Aspekte anzusprechen, ist heute unumstritten. Die praktische Nutzung dieser Effekte bedeutet jedoch eine nicht mehr triviale Planungs- und Realisierungsaufgabe.

### **Diesbezügliche Aspekte zum Thema „Tageslicht“:**

- ◆ Präferenz für höchstwertige optische Wahrnehmung infolge physiologischer Adaption des Sehvermögens an das solare Intensitätsspektrum
- ◆ heutige Aufenthaltsdauer in Innenräumen von ca. 80 bis 90 % unserer Zeit im Mittel
- ◆ psychologische Wirkung der Tageslichtversorgung über Fenster im Zusammenhang mit dem Phänomen des notwendigen Außenbezuges sowie mit den circadianen Wirkfunktionen
- ◆ unterschiedliche Filterwirkung trennender Verglasungen in unterschiedlichen spektralen Bereichen

### **Diesbezügliche Aspekte zum Thema „Tageslicht und Kunstlichtergänzung“:**

- ◆ Tageslichtnutzungsgrade beim Fenster im Zusammenspiel mit erforderlicher Kunstlichtergänzung, abhängig von Tageszeit, Jahreszeit, Raumgeometrie, Transmissionseigenschaften der Gläser, spektralen Leuchtmiteleigenschaften, Arbeitsplatzanforderungen, usw.
- ◆ Nutzung moderner Leuchtmitteltechnologien nach spektralen Erfordernissen, nach primären Möglichkeiten der Tageslichtversorgung und nach regelungstechnischer Zweckmäßigkeit

### **Diesbezügliche Aspekte zum Thema „Baukörper und Energieeinsatz für Beleuchtung“:**

- ◆ Zusammenspiel zwischen Architektur der Gebäudehülle, energetischen Konsequenzen für den Raum und resultierendem technischen Aufwand zur Erfüllung raumklimatischer Anforderungen
- ◆ Abwägung von Energieeinsatz und Kosten für Kunstlichtergänzung (bis zu 40% Endenergieanteil)
- ◆ raumlufttechnische und wirtschaftliche Konsequenzen im Zusammenhang mit winterlichen und sommerlichen Wärmeschutzanforderungen (siehe z.B. EnEV, DIN 4108-2, etc.)

Aus der gezielten Integration von Tageslicht und künstlicher Beleuchtung resultiert letztendlich ein komplexes Zusammenspiel zwischen Nutzungs-, Energie- und Kosteneffizienz. Dies aufzugreifen ist z.B. auch Anliegen der Bauhaus-Universität hier am Standort Weimar. Erkenntnisse und Erfahrungen in Forschung und technischer Umsetzung auf diesem Gebiet als Ziel dieser Tagung zusammen-zuführen, hat daher für Weimar einen besonderen Bezug.

Ein besonderer historisch begründeter Bezug besteht in Weimar nicht zuletzt auch durch – natürlich – den Herrn von Goethe. Seine letzten Worte am 22. März 1832 werden, wie wahr auch immer, mit „Mehr Licht!“ überliefert, was hier einen indirekten „Tageslicht“-Anknüpfungspunkt herstellen könnte.

# Notizen

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Tageslichttechnische Bestimmungen im Spiegel energieeffizienten Bauens**

**Wolfgang Cornelius, FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V.**

Tageslichttechnische Anforderungen an Gebäude sind seit vielen Jahren in Deutschland in den Bauordnungen nicht über lichttechnische Größen wie etwa die Beleuchtungsstärke an einem bestimmten Punkt sondern über eine Mindestfenstergröße in Abhängigkeit von der Raumgrundfläche geregelt. Auch die einschlägigen Normen, wie DIN 5034, regeln im Wesentlichen die Anordnung von Fenstern (z. B. durch die Höhe des Fenstersturzes bzw. die Brüstungshöhe). Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über die gegenwärtigen Regelungen in den verschiedenen Landesbauordnungen sowie über die Anforderungen an Arbeitsstätten zur Versorgung von Innenräumen mit Tageslicht. Daneben werden auch die vorhandenen normativen Regelungen vorgestellt.

Die Energiekrisen der Vergangenheit haben dazu geführt, dass der bautechnischen Ausführung von Gebäuden mit besonderem Blick auf die Verringerung der Wärmeverluste eine erhöhte Bedeutung beigemessen wird. In der Regel wird dann von der „Energieeffizienz“ eines Gebäudes gesprochen. Ein Schwachpunkt mit Blick auf die Wärmeverluste ist schon immer das Fenster oder das Dachoberlicht als transparentes Bauteil gewesen, da die U-Werte dieser Bauteile deutlich größer sind als die der benachbarten Wand oder der umliegenden Dachfläche. Insofern hat man in der Vergangenheit speziell bei den Verglasungen Lösungen gesucht, die insbesondere den Wärmefluss durch ein Fenster einschl. Rahmen verringern sollten. Über eine Doppel- bzw. Dreifachverglasung, Gasfüllungen im Scheibenzwischenraum sowie Metallbeschichtungen der Glasoberfläche hat man zwischenzeitlich die U-Werte deutlich senken können. Diese Maßnahmen haben aber auch das lichtdurchlässige Medium, nämlich die Verglasung, betroffen, da die spektrale Durchlässigkeit sich veränderte, d. h. verringert hat. Allein bei einer klaren Dreifachverglasung müssen nach den Gesetzen von Fresnel mindestens 24 % an Durchlässigkeitsverlust infolge der Brechung berücksichtigt werden.

Nun haben die nichtvisuellen Wirkungen des Lichts auf den Menschen eine große Bedeutung für die Gesundheit und das Wohlbefinden, wie viele Untersuchungen aus der jüngeren Vergangenheit gezeigt haben. Die oben genannten Verbesserungen hinsichtlich des U-Wertes besonders über Oberflächenbeschichtungen haben zu einer deutlichen Verringerung der Transmissionsseigenschaften auch in biologisch relevanten Spektralbereichen geführt. Hier muss nachgefragt werden, ob wir das langfristig tolerieren wollen?

Nicht nur beim Neubau soll energieeffizient gebaut werden, auch bei Sanierungen soll darauf geachtet werden, dass möglichst wenige Energieverluste auftreten. Der Beitrag stellt exemplarisch ein Objekt vor, bei dem die Maßnahmen an den Einzelbauteilen (Fenster, Rahmen, Versprossung, Verglasung) detailliert festgehalten und die lichttechnischen Auswirkungen vor und nach der Sanierungsmaßnahme gegenübergestellt wurden. Im Ergebnis ist hier zu konstatieren, dass in diesem Fall die erfolgreiche und sorgfältige energetische Sanierung dazu geführt hat, dass die Versorgung der Innenräume mit Tageslicht nachher etwa 20 % schlechter ausfällt als vorher.

Dies lässt den Schluss zu, dass bei allen Anstrengungen zur Energieeinsparung nicht übersehen werden darf, für wen Gebäude überhaupt gebaut werden und warum wir eine ausreichende Tageslichtversorgung brauchen, nämlich für Menschen, die sich in unseren Breiten lange Zeit darin aufhalten (müssen).



## **Praxisrelevante Bewertung von Tageslicht in Innenräumen – Etablierte und neue Konzepte**

**Dr. Jan de Boer, Fraunhofer IBP Stuttgart**

Tageslicht ist hinsichtlich der visuell guten, gesamtenergetisch effizienten und biologisch wirksamen Lichtversorgung von Innenräumen von zentraler Bedeutung. Evolutionär ist Tageslicht die vom Menschen präferierte Lichtquelle. Die Bereitstellung der Sichtverbindung von innen nach außen ist psychologisch für das Wohlbefinden extrem wichtig. Des Weiteren stellt Tageslicht die maßgebliche regenerative Quelle zur Senkung der Stromverbräuche für Beleuchtung dar – weltweit ca. 19 % des Gesamtstromverbrauchs.

Um den Anforderungen an eine gute Tageslichtversorgung sowohl vor dem Hintergrund der Lichtwirkung als auch der sich weiter verschärfenden energetischen Anforderungen (z.B. Ziel der „Nearly Zero Energy Buildings“ ab 2020 in der EU) gerecht zu werden, d.h. Planungen entsprechend zu analysieren und zu optimieren, sind geeignete Bewertungskonzepte für die Planungspraxis in hohem Maße relevant.

Bei der Bewertung der Raumbelichtung kann generell zwischen Kennzahlen, welche die Beleuchtungsverhältnisse statisch zu ausgewählten Zeitpunkten und Größen, welche die natürlichen Beleuchtungsverhältnisse integral über definierte Zeitintervalle beschreiben, unterschieden werden.

Ein etablierter Bewertungsansatz ist vor allem wegen seiner Einfachheit der „Tageslichtquotient“. Aufgrund zahlreicher Einschränkungen (gültig nur bei bedeckten Himmeln, nicht aussagekräftig bzgl. der Ausbildung der Fassade und des Lichtmanagements) ist dieses Konzept durch weitergehende Konzepte wie die „Nutzbelichtung“ (auch als Tageslichtautonomie bezeichnet) und „Aufwandszahlen für Beleuchtung“ ergänzt worden. Dank dieser neuen Bewertungsansätze wurde Tageslicht mittlerweile zu einer beziffer- und planbaren energetischen Substitutionsquelle – bereits verankert in praxisrelevanten Normen und Verordnungen. Im Bereich der Blendung (visuelle Wirkung) sind entsprechende neue Kennzahlen, die eine Systembewertung über längere Betrachtungszeiträume gestatten, entwickelt worden.

In diesem Beitrag werden ausgewählte zentrale Bewertungskonzepte für die Tageslichtversorgung in Gebäuden vorgestellt und anhand von Anwendungsbeispielen illustriert. Hinweise auf verfügbare Werkzeuge zur Berechnung der Größen werden gegeben.

# Notizen

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Die Bewertung der Beleuchtung in aktuellen Zertifizierungssystemen – ein Überblick**

**Dr. Heide Schuster, Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau**

Welche Gründe führen zu einer so genannten „Green Building“ Zertifizierung und welche Rolle spielt das Tageslicht in den verschiedenen Systemen, die weltweit auf dem Markt sind? Der Beitrag beleuchtet neben dem deutschen System DGNB (Deutsches Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen) auch weitere wie beispielsweise das amerikanische System LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Gemeinsamkeiten wie auch wesentliche Unterschiede insbesondere in der Gesamtbewertung der Systeme werden aufgezeigt.

Welchen Beitrag können diese Systeme im nachhaltigen Bauen leisten und auf welche Weise werden die Themen visueller Komfort und Beleuchtung bewertet?

Anhand von ausgewählten Kriterien wird die Vorgehensweise in den Systemen dargestellt und relevante Unterschiede aufgezeigt.





# Abstracts

## Die LiTG bietet mehr

### Vorstellung der LiTG-Schriften „Lichtqualität“ und „Tageslicht kompakt“

**Birthe Tralau (Zumtobel Lighting Dornbirn); Dr. Jan de Boer (Fraunhofer IBP Stuttgart)**

#### Lichtqualität

Diese Schrift liefert eine ausführliche Beschreibung von Anforderungen, Gestaltungsmitteln und Merkmalen zur Beurteilung der Lichtqualität, die in der Planung einer Beleuchtungslösung für eine Anwendung berücksichtigt werden sollten. Dabei ist die Schrift als Leitfaden und Empfehlung zu verstehen, sie formuliert keine zwingenden Vorgaben. Der Leitfaden kann von unterschiedlichen am Planungsprozess beteiligten Personen angewandt werden und verfolgt folgende Zwecke:

- ◆ Aktuelle Sammlung bisheriger Erkenntnisse aus Forschung, Wissenschaft und Anwendung in Bezug auf Lichtqualitätskriterien
- ◆ Bewusstsein schaffen über Qualitätskriterien, die über die bekannten normativen Kriterien hinausgehen
- ◆ Ganzheitliche Betrachtung und Gewichtung der Anforderungen je Anwendung
- ◆ Überblick über Gestaltungsmittel der Lichtplanung
- ◆ Maßnahmenkatalog zur Umsetzung von qualitativen Beleuchtungslösungen je Anwendung
- ◆ Überblick über quantitative und qualitative Bewertungsfaktoren der Lichtqualität

Um, diese Ziel zu erreichen, werden folgende Schritte in dieser Schrift behandelt:

- ◆ Festlegen von Benutzeranforderungen und organisatorischen Anforderungen
- ◆ Gewichtung der Anforderungen je Anwendung
- ◆ Entwerfen von Lichtlösungen mit Hilfe von Gestaltungsmitteln
- ◆ Beurteilen von Lichtlösungen gegenüber den Anforderungen mit Hilfe von Merkmalen

## Tageslicht kompakt

Tageslicht kommt hinsichtlich einer guten visuellen, gesamtenergetisch effizienten und biologisch wirksamen Lichtversorgung von Innenräumen eine maßgebliche Bedeutung zu. Erhebliche Forschungsanstrengungen in den letzten Jahrzehnten haben u.a. verbesserte planerische Herangehensweisen gefördert, neue Fassadentechniken und Lichtmanagementsysteme hervorgebracht und z. B. das Verständnis über die biologische Wirkung von Tageslicht erhöht. Teile dieser Arbeiten sind bereits in neue oder überarbeitete Normen und Verordnungen eingeflossen und haben damit Einzug in die tägliche Praxis gehalten. Dennoch liegen die umfangreichen Informationen oft noch immer in sehr verteilter Form vor. Zielsetzung dieser Schrift ist es wesentliche für die Praxis relevante Informationen zu sammeln und zu strukturieren:

Grundlegende Daten z.B. zur Verfügbarkeit von Tageslicht, Modelle und Zusammenhänge, wie die blendungstechnische und energetische Wirkung von Tageslicht.

Komponenten und Systeme zur Tageslichtnutzung (Fassade und Lichtmanagement) und deren wesentliche Wirkprinzipien.

Planungstechnische Aspekte anhand wesentlicher Prinzipien, Anforderungen und einer Übersicht über gebräuchlicher Planungswerkzeuge.

Veranschaulichung wesentlicher Inhalte an einem konkreten Planungsbeispiel.

Verweise auf Standardliteratur, Messinstitute, inklusive Messeinrichtungen, Planungshilfsmittel inklusive Software und Best Practice zur einfachen Erschließung vertiefenden Wissens.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Abstracts

## Entscheidungskriterien für der Einsatz einer Lichtsteuerung – Bericht aus dem CIE TC 3-49

Dipl.-Ing. Peter Dehoff, Zumtobel Lighting GmbH

In der CIE befasst sich das TC 3-49 (Decision schemes on lighting controls) mit ca. zwanzig Mitarbeitern mit der Auflistung der Kriterien, die für Lichtsteuerungen sprechen. Ziel ist, einen Leitfaden zu erstellen, der die Entscheidungskriterien darstellt, um Lichtqualität, Nutzerkomfort und Energieeffizienz in professionellen Lichtlösungen zu ermöglichen. Dieser Leitfaden soll neutral und objektiv als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden für Bauherrn und Planer, aber und vor allem für politische Gremien, die sich mit Lösungen zum Klimawandel befassen.

Verschiedene Strategien für den Einsatz von Lichtsteuerungen wurden aufgelistet und ihre Auswirkungen aufgezeigt. In detaillierten Tabellen sind die Kriterien für diverse Anwendungen analysiert worden. Das TC 3-49 wird seinen Report bis Ende 2013 fertig stellen.

Die Darstellung ist bewusst nicht der Technologie von Lichtsteuerungen gewidmet, sondern sie soll den Nutzen anschaulich machen, um Bauherrn, Behörden und Architekten Argumente für eine Entscheidung zu liefern.

Strategie:	Bedienung	Energieeffizienz	Lichtqualität	Akzeptanz
1 Individuell	Ein, aus, dimmen	gering	hoch	hoch
2 Tageslichtsteuerung - Schalten	Auto aus, auto ein	mittel	mittel	gering
3 Tageslichtsteuerung - Schalten	Auto aus Manuell ein	hoch	mittel	mittel
4 Tageslichtsteuerung - Dimmen	Auto aus, auto ein	Hoch	mittel	Mittel
5 Tageslichtsteuerung - Dimmen	Auto aus Manuell ein	Sehr hoch	mittel	Hoch
6 Anwesenheitsteuerung - Schalten	Auto aus, auto ein	Hoch	mittel	Mittel
7 Anwesenheitsteuerung - Schalten	Auto aus Manuell ein	Sehr hoch	mittel	Hoch
8 Konstantlicht	auto	Hoch	mittel	Mittel
9 Zeitsteuerung	auto	Sehr hoch	mittel	Hoch
10 Lastbegrenzung	auto	Hoch	mittel	Mittel
11 Tätigkeitsbezogene Steuerung	manuell	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch
12 Individuelle Tageslichtkontrolle	manuell	Mittel	hoch	Sehr hoch
13 Automatische Tageslichtkontrolle	auto	Hoch	hoch	Hoch
14 Dynamische Beleuchtung	auto	Hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
15 Szeneneinstellung	manuell	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch

Tab. 1: Die Tabelle zeigt eine Auswirkung der einzelnen Strategien auf Energieeffizienz und Lichtqualität und bewertet die Nutzerakzeptanz

Auto = automatisch













# Abstracts

## LICHT – RAUM – BÜHNE

Lichtsprachen, Lichtkonzepte, Lichtqualitäten in der heutigen Kunst

**Herbert Cybulska**

**Cybulska+Partner Lichtgestaltung/Lichtplanung Herbert Cybulska. PLDA Dipl.-Ing. Christian Uitz**



*„Beauty lies exhausted in the streets“ | Hunter TimeSquare Gallery New York 2010  
1499 Polyesterolspiegel | 4 kopfbewegte Washlights MARTIN Mac 700 | Lenovo Think Pad X100e mit e: cue „Programmer“  
Lautsprecher | Soundfile | e:cue butler | Kabel  
Raum: Susanne Kessler | Licht: Herbert Cybulska | Musik: Gregor Knüppel | Foto: Herbert Cybulska*



ohne Titel | Inszenierung der Aussichtsplattform der Landesforsten Rheinland Pfalz  
 7 LED Linien LED Linear | 7 U-Profile Aluminium | 9 Pin Spots | LEE Filter 106 | e:cue Nano+ | Verkabelung  
 Konzept + Licht: Herbert Cybulska | Kuratoren: Bettina Pelz, Tom Groll | Lichtströme Koblenz 2011 | Foto: Jennifer Braun



„Poems of Light“ | (Ausschnitt Erdgeschoss)  
 Klarsichtfolie bedruckt | Chinesisches Papier | Scheinwerfer ETC Source 4 26° | Lichtsteuerung | Shanghai 2008  
 Architekt: Kengo Kuma | Bauherr: Zhongtai | Temporäre Lichtinstallation: Herbert Cybulska | Foto: Zhongtai

## **Übersicht über Fassadensysteme für Tageslichtbeleuchtung, Sonnenschutz und Blendschutz** **Prof. Dr. Helmut F. O. Müller, Green Building Research & Development**

Die Integration von Tageslichtsystemen in Fassaden und Dächer weist eine große Vielfalt auf in Abhängigkeit von Gebäudeart und Architektur sowie Anforderungen bezüglich Beleuchtungsqualität, Blend-, Sonnen-, Objektschutz, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit. Tageslichtbeleuchtung ist keine monofunktionale Aufgabe sondern beeinflusst die visuelle Wahrnehmung des Nutzers ebenso wie sein Wohlbefinden, seine Gesundheit und die Lichtatmosphäre von Räumen sowie die thermische Behaglichkeit, die Kühl- und Heizlasten und den Energieverbrauch des Gebäudes. Entsprechend komplex sind Entwurf und Realisierung solcher Systeme als integraler Bestandteil des Gebäudes. Eine Gesamtübersicht wird unter Berücksichtigung einer Matrix von Lösungsprinzipien gegeben, die von der IEA<sup>1</sup> entwickelt wurde und Tageslichtsysteme mit und ohne Verschattung unterscheidet:

- ◆ Durchlass und Lenkung von diffusem Himmelslicht
- ◆ Durchlass und Umlenkung von direktem Sonnenlicht
- ◆ Lichtstreuende Systeme
- ◆ Lichttransport-Systeme.

Weitere Unterscheidungsmerkmale der Systeme sind:

- ◆ Starr oder beweglich (Sonnennachführung)
- ◆ Spektrale Selektivität für Sonnenstrahlung
- ◆ Größenordnung (Makro- oder Mikrosysteme)
- ◆ Architektonische Gebäude- und Fassadengestaltung.

Die Systeme werden bezüglich ihrer spezifischen Eigenschaften, Fertigungstechnologien, Materialien und Integrationsmöglichkeiten in die Architektur beschrieben. Die wichtigsten bauphysikalischen Kennwerte werden aufgezeigt und Einflüsse auf Qualität des Raumklimas und Energieeffizienz erläutert. Sowohl Standardlösungen als auch Neuentwicklungen, wie z.B. glasintegrierte und mikrostrukturierte Lösungen<sup>2</sup>, finden Berücksichtigung. Anhand gebauter Beispiele wird die Vielfältigkeit der funktionalen und konstruktiven Integration sowie des architektonischen Erscheinungsbildes demonstriert.

---

1 IEA, Task 21 Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components.  
<http://gaia.lbl.gov/iea21/ieadownload.htm>

2 Klammt, S., Müller, HFO., Neyer, A.: Mikrostrukturiertes Tageslichtsystem mit hoher Effizienz. Proceedings Licht 20/12, Berlin, 11.–14.9.2012



# Abstracts

## Strahlungsoptische Eigenschaften von Fenstersystemen – Eine Feldstudie

Prof. Dr. Sven Steinbach, Hochschule Anhalt Dessau

In der Praxis existieren die unterschiedlichsten Glas- und Fenstersysteme, vom Einscheiben einfachverglasten Fenster über Doppelfenster, Dreischeiben-Wärmeschutzfenster bis zum Fenster mit nachträglich angebrachter Funktionsfolie. In der Planungs- und Baupraxis werden Fenstersysteme häufig nur hinsichtlich ihres thermischen und damit energetischen Verhaltens ausgewählt und bewertet.

Neben der thermischen und akustischen Behaglichkeit ist jedoch auch die visuelle Behaglichkeit bedeutend für eine hohe Nutzungsqualität von Räumen. Dabei spielt die spektrale Transmission von Fenstersystemen eine wesentliche Rolle.

In einer Feldstudie, welche von der Professur Bauklimatik der Bauhaus-Universität Weimar und dem Fachgebiet Bauklimatik des Dessauer Instituts für Baugestaltung der Hochschule Anhalt gemeinsam durchgeführt wurde, sind die spektralen Eigenschaften von einer Vielzahl von Fenstersystemen im eingebauten Zustand in-situ untersucht worden. Es werden deren spezifischen spektralen Filtereigenschaften vorgestellt und im Hinblick auf einen nutzungsorientierten Einsatz bewertet.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Tageslichtabhängige Regelung im Büroraum – Messungen in der Fassadenversuchsanlage

Johannes Zauner, Mathias Wambganß, Franz Feldmeier; Hochschule Rosenheim



Abbildung 1  
Versuchsanlage für Fassaden an der Hochschule Rosenheim

Die lichttechnische Bewertung und Optimierung von Bürofassaden und Innenräumen erfordert ein sorgfältiges Abwägen unterschiedlicher Parameter, welche aus teils gegensätzlichen Anforderungen resultieren. Die an der Hochschule Rosenheim zusammen mit Fa. Gartner erstellte und in Betrieb genommene Versuchsanlage untersucht derartige Fragestellungen. Drei identische Messräume mit gezielt unterschiedlichen Parametern erlauben „in-situ“-Messungen mit natürlicher Sonne und somit reale Vergleiche bei identischen Randbedingungen. Im Verlauf von mehrerer Messkampagnen wurden Blendungsanalysen durchgeführt, die Tageslichtversorgung der Räume analysiert und das Einsparpotential unterschiedlicher Kunstlicht-Regelungen ermittelt. Auf letzteres wird im Folgenden eingegangen.

Für den Vergleich zweier Kunstlichtszenarien wurde über 21 Tage von Mitte Februar bis Anfang März 2012 der elektrische Energieverbrauch von zwei Räumen gemessen.

- ◆ Szenario Raum A: Deckenleuchte tageslichtabhängig auf 300 Lux auf der Arbeitsfläche gedimmt (Konstantlicht-Regelung).
- ◆ Szenario Raum B: Deckenleuchte mit tageslichtabhängiger An/Aus-Schaltung bei 300 Lux.
- ◆ Raum A&B: Tageslichtabhängig geschaltete Arbeitsplatzleuchten sorgten bei Unterschreiten der Arbeitsflächenhelligkeit von 500 Lux für normgerechte Beleuchtungsstärken.

Der Mehrwert eines realen Versuchsaufbaus zeigte sich bspw. bei der Helligkeitsdetektion im Raum. Von den Planern war eine Messung der hinteren Raumecke vorgesehen, aus der die Helligkeit am Arbeitsplatz prognostiziert wurde. Somit sollten Messfehler bei der Detektion im Arbeitsbereich durch Nutzertätigkeit oder dessen Kleidung (schwarzer Anzug/weißes Hemd) vermieden werden.

Wie anhand eines Abgleichs der in den Räumen verbauten Sensoren gezeigt werden konnte, schwankte jedoch die Qualität der Prognose erheblich. Je nach Sonnen-, Lamellenstand und Bewölkungszustand änderte sich das Verhältnis der Helligkeit in der detektierten Raumecke zum tatsächlich vorhandenen Lichtangebot auf der Arbeitsfläche. Die optimale Lage und Parametrisierung des Sensors bleibt eine schwierige Aufgabe und erfordert die Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren.



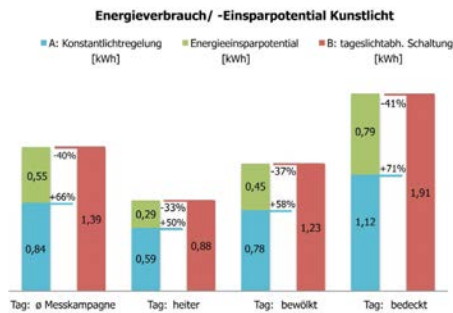


Abbildung 2

Energieverbrauch durch Kunstlicht (in kWh) an typischen Tagen in Raum A mit Konstantlichtregelung (blau), in Raum B mit tageslichtabhängiger Schaltung (rot)

Da die Messung der Helligkeit in allen Räumen identisch durchgeführt wurde, konnten die vergleichenden Messungen zur Auswertung der Energieverbräuche herangezogen werden. Das ermittelte Einsparpotential einer tageslichtabhängig regelnden Anlage ist erheblich und betrug im Mittel des Arbeitsmonats 40%. In Abbildung 2 werden die Energieverbräuche jeweils bezogen auf einen typischen Tag dargestellt. Diese Messreihe stellte das erfolgreiche Ende der ersten Messkampagne der Versuchsanlage dar, die für weitere Untersuchungen von der Hochschule Rosenheim betrieben wird.

## **Entwicklung einer integralen Steuerung für Tages- und Kunstlicht unter Berücksichtigung energetischer Effizienz**

**David Geisler-Moroder <sup>[1]</sup>, Christoph Mai <sup>[3]</sup>, Matthias Werner <sup>[2]</sup>, Robert Weitlaner <sup>[1]</sup>, Rainer Pfluger <sup>[2]</sup>, Ralf Müller <sup>[4]</sup>, Bert Junghans <sup>[4]</sup>, Davide Sciliano <sup>[4]</sup>, Christian Knoflach <sup>[1]</sup>, Wilfried Pohl <sup>[1]</sup>**

**[1] Bartenbach LichtLabor GmbH; [2] Univ. Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften: Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen, [3] Tridonic GmbH & Co KG, [4] Zumtobel Lighting GmbH**

Der Entwurf eines tagesbelichteten Gebäudes wird durch widersprüchlichste Anforderungen an die Fassade, Raumgeometrien und Oberflächenmaterialien begleitet. Die Lösung wird heutzutage oft in einer Priorisierung gewisser Anforderungen gesehen. Dies hat zur Folge, dass der visuelle Komfort, die Tagesbelichtung (z.B. in Raumtiefe), der Bezug nach außen oder die Optimierung der Effizienz des Gesamtsystems (Tages-, Kunst und HLK-Anlage) nicht gleichzeitig erfüllt ist. Wird z.B. mit gängigen Tageslichtsystemen die Tagesbelichtung für die Bereitstellung des visuellen Komforts aufgegeben, muss die Kunstlichtanlage auf die geforderten Beleuchtungsstärken ergänzen. In diesem Fall wird die psychophysiologische Wirkung des Tageslichts, die Energieeffizienz der Beleuchtungsanlage und die Bereitstellung des Kontakts zur Außenwelt vernachlässigt. In einem anderen Beispiel - bei hoher solarer Bestrahlung der Fassade - wird der Tageslichteintrag vordergründig für die Reduktion von Kühllasten minimiert, die Effizienz der Kunstlichtanlage bleibt dabei unberücksichtigt. Derartige Beispiele sind gängige Praxis. Grund dafür sind die nicht ausreichenden Eigenschaften der Systemkomponenten, v.a. des Tageslichtsystems, deren mangelnde Charakterisierung und das fehlende Bewusstsein der Planer und Nutzer.

Das gegenständliche Projekt „P01 Integrated Day- and Artificial Light“ (K-Licht) zeigt wie – aufbauend auf der präzisen Beschreibung und Modellierung des TL- und Kunstlichtsystems – die widersprüchlichen Anforderung mit einer intelligenten Steuerung optimal erfüllt werden. Das Tageslichtsystem besteht aus einem innovativen Lamellensystem, das Tageslichtumlenkung, Sonnenschutz, Blendschutz und Bezug nach außen bestmöglich vereint. Das Kunstlichtsystem besteht aus CCT variablen LED Leuchten.

Die Steuerung verzichtet auf innenliegende lichttechnische Sensoren. Die wenigen Eingangsgrößen beschreiben die Außensituation (Beleuchtungsstärkefeld am Dach) sowie die thermische Innensituation (Heiz- od. Kühlphase und die Innentemperatur) des Gebäudes. Aus diesen beiden Sammelgrößen (Licht\_außen, Thermik\_innen) wird die Stellung des Tageslichtsystems (Winkel) unter Berücksichtigung des visuellen Komforts, der Tagesbelichtung und der Gesamtenergieeffizienz berechnet. Daraus folgt die Stellung (Intensität und CCT) der Kunstlichtanlage je nach Wahl der Raumnutzungsstrategie.

Die theoretischen Modelle, die den Berechnungsalgorithmen zu Grunde liegen, werden in der PASSYS-Zelle der Universität Innsbruck durch ein aufwändiges Monitoring überprüft. Neben der Blendungs- und Beleuchtungsstärkeanalyse wird die z.B. die thermische Behaglichkeit zusammen mit der Energieeffizienz über drei Jahreszeiten hinweg bis Herbst 2013 erhoben.

Diese Arbeit wird unterstützt durch das K-Projekt „K-Licht“, welches im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMWIT, BMWFJ und die Länder Vorarlberg, Tirol und Burgenland gefördert wird. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt.



# Abstracts

## Wirkung der Lichtfarbe bei intelligenten Lichtmanagementsystemen

### Birthe Tralau (Zumtobel Lighting Dornbirn)

Bei der Kombination der Innenraumbeleuchtung mit dem Tageslicht kommt es oftmals zu verschiedenen Lichtfarben im Blickfeld – unterschiedlich je nach Tageszeit oder Wetter. Durch Raumform, Fensteröffnung und Sitzposition ergeben sich unterschiedliche Adaptationszustände, die die Beurteilung von der Lichtfarbe und von Lichtfarbenkombinationen beeinflussen. Änderungen von gewohnten Lichtsituationen wirken auf die Präferenz der Menschen.

Ziel der Untersuchungen, die im Rahmen des Forschungsprojektes in der Hauptschule Hötting (Innsbruck) durchgeführt werden, ist die Wirkung der Lichtfarbe und Lichtfarbenkombinationen hinsichtlich der Nutzerakzeptanz, der Lichtqualität und der Energieeffizienz zu untersuchen und in Empfehlungen zu Steuerstrategien des Kunstlichtes umzusetzen.



Abbildung 1  
Klassenzimmer in unterschiedlichen Farbtemperaturen (3200K, 4000K, 5800K)

Für die Studie wurde ein Klassenzimmer mit farbtemperaturvariabler LED Beleuchtung ausgestattet. Die Lichtfarbe lässt sich zwischen 3000K und 6500K verändern (siehe Abbildung 1). Zusätzlich gibt es eine Tafelbeleuchtung. Über eine Steuerungslogik, die im Rahmen des K-Licht Projektes P01 (vorheriger Vortrag) entwickelt wurde, werden 7 verschiedene Lichtszenarien in dem Raum untersucht: von der einfachen tageslichtabhängigen Steuerung bis hin zu einer wetterabhängigen Veränderung der Lichtfarbe im Klassenraum (siehe Tabelle 1).



## **Komfortgewinn und Steigerung des Wohlbefindens für Passagiere auf Langstreckernflügen – Psychophysiologische Untersuchung des Einsatzes aktivierenden LED-Lichts in der Flugzeugkabine**

**Achim Leder, Jarek Krajewski; Bergische Universität Wuppertal**

Neben Sitzen, Kabinenklima, Vibrationen und äußeren Turbulenz-Einflüssen auf den Flug spielt das Licht in der Flugzeugkabine eine wichtige Rolle beim Komfort während eines Langstreckenfluges. Der Einsatz aktivierender Beleuchtungssysteme auf LED-Basis (Lichtemittierende Diode) kann Erholungs- und Komfortwerte für Passagiere (PAXe) auf Langstreckenflügen optimieren. Warmes weißes Licht ist bspw. der Behaglichkeit und Entspannung (Stichwort: Wellbeing) dienlich und kann den Verlauf eines Fluges für den PAX angenehmer machen. Kaltes weißes Licht mit einem hohen Blauanteil wirkt aktivierend und macht den PAX vor der Landung durch die Unterdrückung der Ausschüttung des Schlafhormons Melatonin fitter. Eine zu diesem Zweck initiierte Validierungsstudie vergleicht die Nutzung aktuell eingebauter Kabinenbeleuchtung mit LED-Technik mit größerer Lichtvarianz. Im Rahmen simulierter Langstreckenflüge (incl. Einspielung realer Fluggeräusche) wurden von 32 Probanden (Within-Subject-Design; 21.00–07.00 Uhr) Variablen zur Beurteilung der Beanspruchung und Befindlichkeit multimodal erfasst. So kamen neben Selbst- und Fremdratings auch automatisierte mimikbasierte Systeme, sowie psychoneuroendokrinologische (Salivacortisol) Messgrößen zum Einsatz. Zusätzlich zur videobasierten Mimikdetektion wurde ein videobasiertes Sitzbewegungstracking zur Beurteilung von Beanspruchung und Komfort durchgeführt. Zukünftige Forschungsbemühungen könnten sich in diesem Kontext mit der Entwicklung und Bewertung weiterer Maßnahmen zur Verbesserung des Reisekomforts wie z.B. der Active Noise Cancellation beschäftigen. Schließlich ist auch die Entwicklung von Messverfahren zur aufwandsarmen Beurteilung von Befindlichkeiten im Alltagskontext ein lohnenswertes Ziel ökologisch valider Forschungsbemühungen (vgl. Ambulatory Emotional Assessment).



# Abstracts

## Projekt „Living Place“

**Prof. Dr.-Ing. Roland Greule, HAW-Hamburg, Fakultät DMI, Department Medientechnik**

Living Place/Wohnen 2.0: Eine Wohnung, die „mitdenkt“, in der modernste Technologien bei der Organisation des Lebens helfen - diese Vision könnte bald Realität werden. „Living Place“, Platz zum Leben, nennen die Kollegen an der HAW-Hamburg (Hochschule für angewandte Wissenschaften) ihren Prototypen für das Wohnen 2.0. Im Living Place Hamburg werden innovative Technologien für das moderne Wohnen der Zukunft entwickelt und erforscht. Es werden intelligente Wohnkonzepte der Zukunft entwickelt, die den Alltag angenehmer gestalten, Geräte die leicht zu bedienen und nahezu unsichtbar sind. Und vor allem der Aspekt Licht und Farbe wird in dieser Wohnung 2.0 besonders betrachtet und untersucht. Das Lichtdesign hat das Lichtdesign-Büro ljusarkitektur aus Stockholm zusammen mit den Professoren/in und Mitarbeitern des Living place entwickelt.

Der Living Place Hamburg ist eine renovierte 140 m<sup>2</sup> große Wohnung im Loft-Stil auf dem Campus Berliner Tor der HAW Hamburg. Die Wohnung besteht aus einem großen Raum mit verschiedenen Bereichen zum Essen, Wohnen, Kochen, Schlafen und Arbeiten sowie einem separaten Bad. Es ist eine komplett funktionierende Wohnung und daher geeignet um Versuche unter realen Bedingungen zu machen.

Neben der Möglichkeit Weißlicht zu haben, gibt es auch die Möglichkeit des farbigen Lichtes. Dieses ist so verbaut, dass die Decken in Esszimmer, Küche und Wohnzimmer farbig beleuchtet werden können sowie einige Wand- oder Vorhangflächen durch Wallwasher eingefärbt werden. Außerdem sind zur Hinterleuchtung einiger Möbel an diesen LEDs verbaut. Die Steuerung erfolgt über Pharos Controls und ein iPad. Eine der Hauptaufgaben dieser Wohnung ist die interaktive Steuerung mittels eines Würfels/Cubes, sowie die Sprach- und Gestensteuerung.

Licht und Wohnen war schon immer ein Thema, aber gerade ändern sich die Inhalte aufgrund technischer Möglichkeiten. Die Wohnung der Zukunft ist unter dem Schlagwort „Smart Home“ zu betrachten. Sie ist „intelligent“, kann also mit ihren Bewohnern interagieren. Im Lichtbereich sind Energieeinsparpotentiale ein Punkt, andererseits soll das Licht Wohlfühlen und Gesundheit unterstützen. Dazu werden Lichtinseln geschaffen und die Veränderbarkeit der Lichtfarbe spielt eine große Rolle. Aber welche Farbe passt zu welcher Stimmung? Und kann das Licht den Raum so verändern, dass Entspannen und Arbeiten in denselben Wohnbereichen parallel stattfinden können?

Versuch: Neben den Aspekten von „intelligentem Licht“ wurde in einer Masterarbeit die psychophysiologische Wirkung von einem farbig beleuchtetem Wohnraum untersucht. 37 Probanden haben mit Hilfe von Fragebögen (SAM-Self Assessment Manikin und MDBF-Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen) ihren Gefühlszustand beschrieben. In dem als Schlafzimmer ausgestatteten Raum bestand eine optimale Möglichkeit Intensität und Farbe der Raumbeleuchtung rechnergesteuert zu variieren. Zusätzlich wurden, und dies war völlig neu, auch Messungen unterschiedlicher physiologischer Werte zur Beurteilung der Beeinflussung der körperlichen Prozesse durchgeführt (EKG und Atmung). In Abhängigkeit von verschiedenen Farben wurden Kennwerte der Herzratenvariabilität aus dem EKG erfasst. Für die Aufnahme dieser physiologischen Werte wurde ein medizinisches Gerät (Biopac MP36) verwendet.

Ergebnisse: Die beste Stimmung bei den Probanden erfolgte durch die Farbe Grün. Am Wachsten fühlten sich die Probanden bei grünem Licht und am angeregtesten bei rotem Licht. Blau wirkte am entspannendsten. So wurde bei blauer Beleuchtung auch signifikant langsamer geatmet. Frauen und Männer bewerteten die Lichtfarbe unterschiedlich und unterschieden sich auch in den Befindlichkeitsantworten. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Lichtfarbe sowohl physiologisch als auch psychologischen Einfluss auf die Befindlichkeit hat.





## **Tageslichtnutzung und thermische Behaglichkeit**

**Andreas Lahme, alware GmbH**

Um eine gesunde und behagliche Lichtstimmung in Innenräumen zu erzeugen, ist Lichtplanung in Abhängigkeit vom und im Einklang mit dem Tageslicht durchzuführen. Ziel ist eine möglichst hohe Ausnutzung des Tageslichtpotentials zur Raumbelichtung. Eine hohe Tageslichtnutzung trägt zur Energieeffizienz im Bereich Beleuchtung bei. Um den Komfort im Innenraum sicherzustellen, müssen beispielsweise Blendung vermieden und sommerlicher Überhitzungsschutz gewährleistet werden. Um die Auflösung des Zielkonfliktes zwischen hoher Tageslichtnutzung und der Vermeidung von Überhitzung in Innenräumen zu erreichen, muss der Gebäudeentwurf optimiert werden. Dazu ist eine integrale Betrachtung von möglichen Gebäudevariationen erforderlich, wobei lichttechnische und thermische Belange sowie ihre Wechselwirkungen untereinander berücksichtigt werden müssen.

In dem Vortrag werden die Zusammenhänge zwischen Tageslichtnutzung und Überhitzung erläutert. Außerdem werden die Möglichkeiten einer simulationsgestützten Optimierung dargestellt und an Fallbeispielen verdeutlicht.

### **Einführung**

Eine optimale Versorgung von Räumen mit Tageslicht ist mitunter problematisch zu bewerkstelligen: „Optimale Tageslichtnutzung“ bedeutet nicht notwendigerweise „so viel Tageslicht wie möglich“. Eine gute Lichtplanung muss abhängig von dem zur Verfügung stehenden Tageslicht erfolgen. Dabei ist häufig eine integrale Betrachtungsweise von lichttechnischen und thermischen Aspekten erforderlich.

### **Grundlagen: Tageslichtnutzung und Überhitzung**

Durch die Planung der Raumöffnungen wird die spätere Tageslichtnutzung im Raum wesentlich beeinflusst. Bei der Planung von optimaler Tageslichtnutzung werden folgende Ziele verfolgt: Sicherstellen einer möglichst hohen Tageslichtmenge für den Innenraum, Gewährleisten eines Außenbezuges für den Nutzer, Erzielen einer gewissen Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung im Innenraum, Blendfreiheit für den Nutzer. Zu den wirtschaftlichen Zielen zählt eine hohe Tageslichtautonomie (Anteil der Nutzungszeit, über den der Raum ausreichend mit Tageslicht versorgt werden kann). Dies führt zur Stromeinsparung für die künstliche Beleuchtung und trägt zur Energieeffizienz des Gebäudes bei. Weiterhin gibt es die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz (vgl. DIN 4108-2): Ziel ist die Vermeidung von Überhitzung der Raumlufttemperatur.

Tageslicht im Innenraum führt jedoch zu seiner Aufheizung. Damit besteht ein Zielkonflikt bei der Optimierung der Tageslichtnutzung für Innenräume: Eine hohe Tageslichtausbeute steht dem Schutz vor Überhitzung entgegen.

### **Lösung: Optimierung von Tageslichtnutzung und Überhitzungsschutz**

Für eine gute Tageslichtplanung ist also eine gleichzeitige Optimierung von Tageslichtversorgung und Überhitzungsschutz erforderlich. Dafür ist eine integrale Analyse von Tageslicht und thermischem Raumverhalten für den betreffenden Innenraum erforderlich: Der Ist-Zustand sowie geeignete Variationen des Raumes werden in Bezug auf Tageslicht und Wärmeverhalten untersucht. Ziel einer solchen Untersuchung von Variationen ist es, eine iterativ ermittelte Optimierung der Tageslichtversorgung in Gebäuden zu erreichen. Es wird eine ausreichende Anzahl von Variationen eines Gebäudeentwurfs durch den Vergleich unterschiedlicher Maßnahmen auf ihre Wirkung hin untersucht und bewertet, um anschließend die beste Lösung (Maßnahme) festzustellen.



## **Anwendung von dynamischen Licht in der KITA Regenbogenland Bad Salzungen / Thüringen** **Jens Thasler, Diplom Designer, Innenarchitekt BDIA**

1. Wie kam es zur Gestaltung der Integrativen Kindertageseinrichtung Regenbogenland
2. Chancen und Möglichkeiten von Design und Innenarchitektur bei der Gestaltung von Kinderhäusern und bei der Anwendung von dynamischen Licht
3. Langzeituntersuchungen für die Gesundheit unserer Kinder

Eine sehr einfühlsame Aufgabe war es, ein Betonplatten\_Gebäude gestalterisch so zu verändern, dass daraus ein wirklich schönes „Zuhause“ für 200 Kinder werden konnte. Hervorzuheben ist die beispielhafte Zusammenarbeit mit dem Bauherren, der Stadt Bad Salzungen, den Planern und dem Gestalter und mit allen ausführenden Gewerken.

Die finanzielle und funktionale Ausstattung, der Um- und Anbau eines solchen Hauses sind nur eine Seite der Modernisierung, die andere Seite hat die Stadt Bad Salzungen, unser Bauherr klar mit den Worten formuliert „Wir wollen für unsere Kinder mit diesem Haus eine gute Basis für ihre Zukunft schaffen“. Zielbewusst hat die Stadt Bad Salzungen ein geeignetes Gestaltungs- und Planungsbüro für die nachhaltige Entwicklung der Kindereinrichtung ausgewählt und gewonnen.

Farben und Formen im Zusammenhang mit dem gesundheitsfördernden dynamischen Licht und der Einsatz von naturbezogenen Materialien unterstützen die emotionale aber auch sachliche Arbeit der Kinderbetreuung. Dabei haben insbesondere der wahrnehmungspsychologische Gebrauch von Farben im Zusammenspiel mit Biorythmus bezogenem Kunstlicht eine herausragende Rolle bei der Gesamtgestaltung des Gebäudeensembles eingenommen. Die Idee für dynamisches Licht in den Gruppenbereichen wurde durch eine Studie der Klinik für Kinder- und Jugendpsychosomatik der Universität Hamburg, gemeinsam mit der Firma Phillips angeregt aufgenommen und dem Ratsausschuss der Stadt Bad Salzungen vorgestellt.

Das Ergebnis der Studie lautet: Aufmerksamkeit und Konzentration lassen sich steigern, Unruhe lässt sich dämpfen. Die Lesegeschwindigkeit konnte verbessert, die Fehlerhäufigkeit gesenkt werden. Außerdem zeigt die Studie, dass eine angepasste dynamische Beleuchtung in Klassenräumen einen deutlich positiven Effekt auf das Lernverhalten von Schülern hat. Da lag es auf der Hand, ein solches Gesundheitsinstrument präventiv bei unseren Kleinsten zum Einsatz zu bringen.

Gemeinsam mit der Bürogemeinschaft Licht in Leipzig konnten Deckensegel in allen Gruppenräumen der KITA in der Ausprägung von 3 Lichtebenen konzipiert werden. So gibt es „direktes Sonnenlicht“ in der Form von Halogenspots, die Licht und Schattensituationen erzeugen. Desweiteren wurden Lichtvouten mit indirektem Licht für eine allgemeine, diffus leuchtende „Lichtwolken\_Assoziation“ geschaffen und nicht zuletzt entstand das Herzstück der Raumbeleuchtung, das Deckensegel mit dynamischen Licht. Im Zusammenspiel mit Minibusssystemen konnten verschiedene Lichtszenen und Ablaufrythmen für die Anwendung von 12 Stundentagen programmatisch erstellt werden. Die lichttechnische Ausstattung der dynamischen Deckeneinbau\_Lichtfelder und deren Regel- und Steueranlage ist das Ergebnis der Zusammenarbeit von Lichtdesigner und Lichttechniker und resultierte in der individuellen Anfertigung von Leuchteneinheiten durch das Freyburger Unternehmen Spectral.

Nach Fertigstellung der Kindereinrichtung beabsichtigten wir, in den Folgejahren Langzeituntersuchungen zum Verhalten der Kinder und deren BetreuerInnen durchzuführen. Leider war es uns bisher vergönnt, Kooperationsrichtungen aus den Bereichen von Gesundheit und Forschung beziehungsweise auch Partner aus der Industrie, wie zum Beispiel Leuchtenhersteller gewinnen zu können.



## **Kunstlicht als Tageslichtergänzung in Sakralräumen**

**Dr.-Ing. Eva Maria Kreuz, Kreuz + Kreuz Freie Architekten/Lichtplaner**

Der Einsatz von Kunstlicht in Sakralräumen ist abhängig vom Tageslichteintrag. Kirchen, die ausreichend von Tageslicht erhellt werden, benötigen bei Tage kein Kunstlicht, sie benötigen Kunstlicht nur als Nachtlicht. Kirchen, die nur unzureichend von Tageslicht erhellt werden, benötigen Kunstlicht als Tageslichtergänzung oder eine komplette Kunstlichtbeleuchtung, auch bei Gottesdiensten und Veranstaltungen am Tage.

Die Tageslichtversorgung einer Kirchen hängt von dem im Außenraum zur Verfügung stehenden Tageslicht, von den baulichen Verhältnissen im Außenraum, der Orientierung und den Fassaden und Raumparametern ab. Eine Untersuchung des Tageslichteintrags in Kirchen durch Fenster, gläserne Wände und Oberlichter zeigt, dass sich anhand des mittleren Tageslichtquotienten drei Klassen von Kirchen unterscheiden lassen:

1. Kirchen mit Tageslichtautonomie, in denen Gottesdienste bei Tage ohne Kunstlicht gefeiert werden können
2. Kirchen, in denen Gottesdienste bei Tage mit Kunstlicht als Tageslichtergänzung gefeiert werden können
3. Kirchen, in denen Gottesdienste bei Tage ausschließlich mit Kunstlicht gefeiert werden können.

Eine effiziente Tageslichtnutzung in Kirchen trägt dazu bei, den Kunstlichteinsatz und damit den Energiebedarf für Beleuchtungszwecke zu reduzieren. Es ist daher sinnvoll:

- ◆ Kunstlicht in Sakralräumen vorrangig als Tageslichtergänzung einzusetzen, wenn das Tageslicht bei Gottesdiensten am Tage nicht ausreicht
- ◆ Leuchten zu entwickeln mit wirtschaftlichen Komponenten zur Tageslichtergänzung bei Gottesdiensten am Tage und dimmbaren Komponenten für eine stimmungsvolle Beleuchtung von Gottesdiensten bei Dunkelheit
- ◆ Leuchtmittel mit hoher Lichtausbeute und sehr guter Farbwiedergabe einzusetzen
- ◆ Bussysteme mit integrierter Lichtsteuerung einzusetzen zur energieeffizienten Festlegung von Lichtszenen für alle Gottesdienste und Veranstaltungen bei Tage und bei Dunkelheit.

Beispiele

- ◆ eine Kirche mit Tageslichtautonomie und Beleuchtung für abendliche Veranstaltungen: Christuskirche Poing
- ◆ eine Kirche mit Tageslichtergänzung: St. Johannes Halle/Westfalen
- ◆ eine Kirche, die ausschließlich mit Kunstlicht beleuchtet werden muss: Johanneskirche Weinsberg



## **Effizienz von tageslichtabhängigen Steuerungen Lohnt sich automatisiertes Energiesparen bei der Beleuchtung von Schulen?**

**Bernhard Mittermeier**

Während der Jahre 2012 und 2013 wurde ein Messprojekt an der Berufsschule Rosenheim zur Evaluierung der Energieeinsparung durch präsent- und tageslichtabhängige Beleuchtungsregelungen aufgesetzt.

In der Bachelorarbeit: „Effizienz von tageslichtabhängigen Steuerungen am Beispiel der Berufsschule 1 in Rosenheim“ wurde die tatsächliche Energieeinsparung von geregelten Beleuchtungsanlagen für den Zeitraum 2. Halbjahr 2012 untersucht.

Bei diesem Projekt wurden mehrere Klassenzimmer mit tageslichtabhängigen Beleuchtungssteuerungen ausgestattet und der Energieverbrauch der Klassenzimmer seit Mitte 2012 bei Automatikbetrieb und Handbetrieb gemessen. Durch diese Messungen konnten Erkenntnisse über die praktisch realisierbaren Einsparungen getroffen werden.

Für den Vergleich wurde der Verbrauch pro Klassenzimmer für die Beleuchtung gemessen und über Präsenzmelder die Anwesenheit von Personen im Klassenzimmer bestimmt. Damit konnte ein spezifischer Wert pro Klassenzimmer gebildet werden und mittels eines Vergleichs mit einem konventionell „per Hand“ geschalteten Raum gleicher Nutzung und Orientierung eine Aussage über die tatsächliche Einsparung getroffen werden.

Nach einer Phase der Qualitätssicherung wurden Ende des 3. Quartals 2012 sinnvoll verwertbare Messdaten aufgenommen, die Messungen werden noch bis ins 3. Quartal 2013 fortgesetzt. Im Rahmen des Vortrags kann ein guter Zwischenstand vorgestellt werden.

Das Projekt wurde durch die Regierung von Oberbayern und das Landratsamt Rosenheim finanziert und dient als Pilotprojekt für die Unterstützung einer Entscheidung über eine zukünftige Förderfähigkeit von automatischen Beleuchtungssteuerungen in öffentlichen Gebäuden durch die Regierung von Oberbayern.

Ergänzend wurden bei den Lehrern und Schülern vor und nach der Einführung der Anlagentechnik zwei Umfragen gemacht, welche Ergebnisse über die Akzeptanz zu automatischen Steuerungen in Schulen zeigen.

Die nachstehenden Punkte werden erläutert:

- ◆ Funktion der „Tageslichtabhängigen Steuerung“ in der Berufsschule
- ◆ Aufbau, Zeitraum und Art der verschiedenen Messungen.
- ◆ Vergleich der Räume über spezifische Werte
- ◆ Ergebnisse der Umfragen in der Berufsschule





## **Tageslichtkonzeption für ein CO<sub>2</sub>-neutrales Wohnhaus**

**Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Renate Hammer, MAS, Department für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems**

Die thermische Optimierung von Gebäuden unter Einbeziehung der energetischen Ressource Solarstrahlung, trägt maßgeblich zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen bei und ist daher von höchstem gesellschaftlichem Interesse. Die thermische Gebäudeoptimierung führt jedoch durch die Bevorzugung kompakter Bauformen, die Erhöhung der Bauteildicken, den Umgang mit Fensteröffnungen in Bezug zur Sonnenbahn sowie den Einsatz von hoch wirkungsvollen Funktionsgläsern zu einer quantitativen Reduktion und qualitativen Veränderungen des Solarstrahlungsangebots im Gebäudeinneren. Da wir uns aber über 90% unserer Lebenszeit in Innenräumen aufhalten ist in diesem Zusammenhang eine Vielzahl von medizinischen Studien zu beachten, die das epidemische Auftreten von Lichtmangelercheinungen von Autoimmunerkrankheiten über Schwächung von Muskeln und Skelett bis hin zu einigen Krebserkrankungen belegen. und weiteren, innerhalb eben dieser in Innenräumen lebenden Gesellschaft beschreiben.

## **Tageslichtkonzeption im Spannungsfeld von Gesundheit und Klimaschutz**

Am Beispiel des VELUX-sunlighthouse, dessen Konzeption, Errichtung und Betrieb vom Department für Bauen und Umwelt wissenschaftlich begleitet wurde, wird diskutiert, ob die oben angeführten Maßnahmen der thermischen Gebäudeoptimierung zu einer unzulässigen Beeinträchtigung der visuellen Tageslichtergonomie sowie von photobiologischen Abläufen im Innenraum führen müssen bzw. welche Wege zur Harmonisierung der Ansprüche an eine umfassende Tageslichtversorgung und der Optimierung des solarstrahlungsinduzierten thermischen Verhaltens beschritten wurden. Spezielles betrachtet werden jene Zielvorgaben, die die gültigen Normwerte weit überschreiten, dem Projekt jedoch von Beginn an zugrunde gelegt wurden. Weiters werden Methoden und Verfahren zur Zielerreichung vorgestellt, die teils aus sich im Projektprozess ergebenden Fragestellungen entwickelt wurden. Beispielsweise wurden Tools entwickelt, die speziell den räumlichen Umgang mit Direktlicht erleichtern. Schließlich werden Ergebnisse des Monitorings präsentiert.

## **Schlussfolgerung**

Es wird gezeigt, dass durch gezielte Planung, unter speziell Berücksichtigung der Platzierung von Fenstern und der Konfiguration der Innenraumvolumina, Gebäude errichtet werden können, die im Betrieb CO<sub>2</sub>-neutral sind und dabei die vorgegebenen Normwerte für die Versorgung mit Tageslicht weit übererfüllen. Dennoch werden weitere Schritte der Optimierung möglich und notwendig sein. Besonders vor dem Hintergrund, dass die aktuell gültigen, vorwiegend die visuellen Aspekte der Tageslichtversorgung berücksichtigenden Standards, im Sinne eines umfassenden humanphysiologischen Zugangs zu erweitern sind.



## **Wahrnehmungsbasierte Lichtplanung – Theorie und Praxis**

### **Arne Hülsmann, Büro Peter Andres Lichtplanung**

Für eine wahrnehmungsbasierte Lichtplanung muss man über die Grenzen der normbasierten Leuchtenplanung hinausgehen und verschiedenste Einflussfaktoren berücksichtigen. Eine vollständige Lichtplanung ist viel mehr als nur die Sicherstellung einer ausreichenden Lichtmenge. Erst nach einem ausreichenden Verständnis und einer Analyse des Tageslichtverhalten eines Gebäudes, der Materialität, der Räumlichkeit, der Nutzung und der Umgebung sowie der biologischen Voraussetzungen des menschlichen Organismus kann eine für das jeweilige Gebäude angemessene Lichtplanung erfolgen. Dabei darf der Lichtplaner keine ‚Angst‘ haben auch in den analysierten Bereichen ‚ungewöhnliche‘ Verbesserungsvorschläge zu machen um ein optimales Zusammenspiel der Licht-Raum-Atmosphäre zu gewährleisten.

### **1 Schule Stübenhofer Weg**

Bauherr:	GWG Gewerbe
Architekt:	Architekturbüro Mathez
Leistungsumfang:	Tageslicht- Kunstlichtplanung

#### **1.1 Optimierung des diffusen Tageslichts**

Für den Neubau der Schule Stübenhofer Weg war eine ganzheitliche Lichtplanung unter Berücksichtigung von Tages- und Kunstlicht zu erstellen. Es sollte sichergestellt werden, dass eine Lichtmenge von mind. 1.000lx über einen möglichst langen Zeitraum in den Räumen zur Verfügung steht. Diese Lichtmenge sollte vorrangig zu Zeiten verfügbar sein, zu denen sich die Schüler in den Räumen aufhalten.

Im Vorfeld der Planung wurde eine Grundlagenermittlung Tageslicht durchgeführt, um das individuelle Tageslichtangebot der einzelnen Raumzonen zu ermitteln. In den folgenden Schritten der Planung wurde (unter Berücksichtigung architektonischer Belange) das Tageslichtpotential der einzelnen Raumzonen auf das individuelle Maximum herausgearbeitet. Da sich, bedingt durch die Geometrie, das Tageslichtangebot der einzelnen Räume von einander unterscheidet, den einzelnen Schülern (und Lehrern) aber vergleichbare Lichtmengen zur Verfügung gestellt werden sollen, ist das so genannte ‚Kompensationsprinzip‘ für die einzelnen Klassenräume entwickelt worden. Dieses Prinzip nutzt vor allem das Tageslichtpotential jedes einzelnen Raums aus. Die biologisch erforderliche Lichtmenge (von mind. 1.000 lx) wird durch das Ausnutzen der Tageslichtmengen und durch die Addition von Kunstlicht erreicht.

Hierzu sind sämtliche Klassenräume des Schulgebäudes in verschiedene Tageslichtkategorien eingeteilt worden. Im Anschluß konnte dann die jeweilige notwendige Kunstlichtzugabe genau ermittelt werden.

#### **1.2 Kunstlichtplanung anhand der Tageslichtanalyse**

Die Räume, die bereits durch Tageslicht biologisch wirksames Licht in ausreichender Quantität erhalten, werden nur für den Nachtfall mit einem von der DIN geforderten Minimum an künstlichem Licht für Unterrichtsräume (300 lx für Grundschulen) ausgestattet. Bei allen anderen Kategorien sollte je nach Tageslichteinfall morgens für mindestens ein bis zwei Stunden und je nach Tageslichtkategorie die notwendige Kunstlichtmenge zugesteuert werden, um die 1.000 lx zu erreichen. Es stellte sich heraus, dass für das Kompensationsprinzip bei einem durchschnittlich großen Klassenraum eine dreireihige Leuchtenanordnung sinnvoll ist. Sie ermöglicht eine angepasste Leuchtenbestückung entsprechend der definierten Kunstlichtzugaben und eine optimale Lichtkegelüberschneidung mit ausgezeichneten Gleichmäßigkeitswerten. Eine gute Gleichmäßigkeit unterstützt zudem moderne Unterrichtsformen mit flexibler Möblierung, da die Schüler sich in jeden Bereich des Raumes aufhalten können, ohne in dunklere Zwischenzonen zu gelangen. Bei der dreireihigen Leuchtenan-

ordnung werden jeweils vier Leuchten pro Reihe montiert (außer für die niedrigste Tageslichtkategorie - den reinen Kunstlichtfall von 1.000 lx). Diese Leuchten können ein- oder zweilampig bestückt werden. Durch das gleiche äußere Erscheinungsbild der ein und zweilampigen Leuchten kann auch innerhalb eines Raumes die Bestückung der Leuchtenreihen variieren. So kann das optisch einheitliche Architekturkonzept der Klassenräume gewährleistet werden.

Für die niedrigste Tageslichtkategorie sind fünf Leuchten pro Leuchtenreihe notwendig, um annähernd die biologisch wirksame Lichtmenge zu erreichen. Weil diese Räume mit sehr wenig Tageslicht ausgestattet sind, sollte hier die natürliche Farbdynamik des Tages durch eine leichte Veränderung der Farbtemperaturen im Raum unterstützt werden. Jede Leuchte wird daher mit zwei verschiedenen farbigen Leuchtstofflampen bestückt (jeweils einer warm- und eine kaltweiße) die automatisch, je nach Tageszeit zugeregelt werden.

Um das Kompensationsprinzip optimal und energiesparend nutzen zu können, empfiehlt sich generell eine tageslichtabhängige Steuerung der Kunstlichtanlage. Diese Steuerung regelt die Beleuchtung in den Klassenräumen automatisch auf eine Beleuchtungsstärke von 300 lx (DIN-Grundschule) je nach Tageslichteintrag. Wenn nun zusätzlich vormittags im Außenraum ein definierter Schwellwert (von 10.000 – 15.000 lx) durch das natürliche Tageslicht überschritten wird, wird das jeweilige Kunstlichtsystem in den Tageslichtkategorien 2 bis 5 in den Klassenräumen für ein bis zwei Stunden auf das Maximum geregelt, um in Addition mit dem noch in die Klassenräume eindringenden Tageslicht die biologisch wirksame Lichtmenge (von 1000 Lux) in zu erreichen.

## 2 Flughafen Hamburg

Bauherr:	Flughafen Hamburg
Architekt:	Luethje Soetbeer Architekten
Leistungsumfang:	Tageslichtplanung

Damit sich Nutzer in Innenräumen wohlfühlen, müssen diese aber nicht nur ausreichend hell sein, sondern sind auch vor zu viel Sonneneinstrahlung durch geeignete Maßnahmen zu schützen. Ansonsten drohen sowohl eine Überhitzung der Räume als auch die Blendung der Nutzer. Der Wunsch nach einem (sonnen-) „geschützten“ Innenraum steht also in der Regel im Widerspruch zu einer guten Tageslichtversorgung. Bei direktem Sonnenlicht gibt es eine eindeutige Lichtrichtung, vor der man den Nutzer gezielt schützen kann. Aus dem Thema „Sonnen-schutz“ wird dann ein Thema der Steuerung und des „intelligenten Umgangs“ mit den Rahmenbedingungen.

Dies sei anhand eines weiteren Beispiels kurz erläutert. Bei dem Bauvorhaben „Flughafen Hamburg“ war das Ziel, alle ständigen Arbeitsplätze vor direkter Besonnung zu schützen. Zu diesem Zweck und um das gut tagesbelichtete Terminal in seiner preisgekrönten Erscheinung zu belassen, wurde in die vorhandenen Oberlichter eine bewegliche Sonnenschutzanlage in Form von Rollos aus Glasfasergewebe integriert. Die einzelnen Elemente sind in Gruppen steuerbar und werden von einer zentralen Steuereinheit geregelt.

Im Rahmen der Planungsphase wertete man für jeden der 35 Arbeitsplätze aus, wann und wie lange durch welches Fenster Sonne auf den entsprechenden Platz scheint. Diese Informationen wurden in einer Steuerungsmatrix zusammengeführt, sodass immer nur diejenigen Bausteine der Sonnenschutzanlage aktiviert werden, die tatsächlich in diesem Moment benötigt werden, um den betroffenen Arbeitsplatz vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen. Das Ergebnis ist ein scheinbar ‚willkürliches‘ Verfahren von Blendschutzrollos im Dach des Terminals welches einer genau ausgearbeiteten Choreographie folgt.

Wie die Beispiele zeigen, erreicht man mit sorgsamer Tageslichtplanung nicht nur eine energetische und kostenseitige Optimierung. Die hervorragende Lichtqualität der Innenräume trägt zum Wohlbefinden bei und, je nach Gebäudetyp, zu einer gesteigerten Leistungsfähigkeit der Nutzer. In diesem Sinne erweist sich Tageslichtplanung, auch in ästhetischer Hinsicht, als integraler Bestandteil des architektonischen Entwurfs.





# Ausstellerliste

---

INDU LIGHT Produktion & Vertrieb GmbH

[www.indu-light.de](http://www.indu-light.de)

---

LAMILUX Heinrich Strunz Holding GmbH & Co. KG

[www.lamilux.de](http://www.lamilux.de)

---





**Wilhelm Weule GmbH & Co.**

» Fertigung und Design von Beleuchtungsoptik und optischen Bauteilen aus Glas. Herstellung technischer Bauteile aus Glas, Keramiken und Metall.

**[www.weule.com](http://www.weule.com)**





