

# Lichtkonzepte und -trends im Innenausbau

Julia Schauer  
Bartenbach lighting design + acedemy  
AT-Aldrans



## Lichtmodulator Holz

### Licht ist „unsichtbar“

Die Aussage dass man Licht nicht sehen kann mag zunächst verwundern. Tatsächlich ist es aber so, dass wir das Licht auf dem Weg von der Lichtquelle zum Sehobjekt nicht visuell wahrnehmen können. Was wir sehen können ist die Eigenhelligkeit der Lichtquelle (z.B. Sonne, Leuchtstofflampe, Glühlampe etc.), oder das von einem Material reflektierte Licht.

In der Raumbeleuchtung wird in den Normen überwiegend ein Mindestwert für die Beleuchtungsstärke gefordert. Diese Beleuchtungsstärke wird in lux angegeben.

Für einen Büroraum liegt die Mindestbeleuchtungsstärke z.B. bei  $E = 500 \text{ lx}$ .

Dieser Beleuchtungsstärkewert sagt jedoch nur bedingt etwas über den Helligkeitseindruck im beleuchteten Raum aus, da wir das auf die Oberflächen auftreffende Licht erst über die Reflexion am Material (z.B. Fußboden, Wände etc.) sehen können.

Ein Raum mit dunklen Materialien wird gegenüber einem Raum mit hellen Materialien (trotz der gleichen vorherrschenden Beleuchtungsstärke) immer dunkler wirken. Dieser Zusammenhang wird sehr gut am folgenden Bildbeispiel deutlich.



Bei beiden Bildern herrscht eine Beleuchtungsstärke von  $300 \text{ lx}$  vor. Das linke Bild zeigt einen dunklen Raumeindruck da die Bestuhlung in der Wartehalle des Flughafens einen geringen Reflexionsgrad (dunkelblau) aufweist. Das rechte Bild hingegen unterscheidet sich lediglich durch den Reflexionsgrad der Stühle (weiße Stühle). Dadurch kann bei gleichem Energieaufwand (Energie für  $300 \text{ lx}$ ) ein wesentlich größerer Helligkeitseindruck erzeugt werden.

Das Material spielt hinsichtlich seiner Reflexionsgrade also eine wesentliche Rolle für den Helligkeitseindruck in einem Raum.

## Licht und Raumbooberflächen

In weißen Räumen findet sich wenig Atmosphäre wieder und die Leuchtdichten sind einheitlich. Dies irritiert den visuellen Prozess. Durch den Einsatz von unterschiedlichen Materialoberflächen können Leuchtdichteverhältnisse (Infeld/Umfeld) positiv beeinflusst werden. Eine gute Lichtplanung reduziert sich nicht allein auf Beleuchtungsstärken (Norm: 500 lx am Arbeitsplatz), sondern nutzt den Raum optimal aus und erhöht durch den idealen Materialeinsatz eine stabile, optische Wahrnehmung (hohe Sehleistung) und verbessert die Behaglichkeit.



500 lux bei 3000K



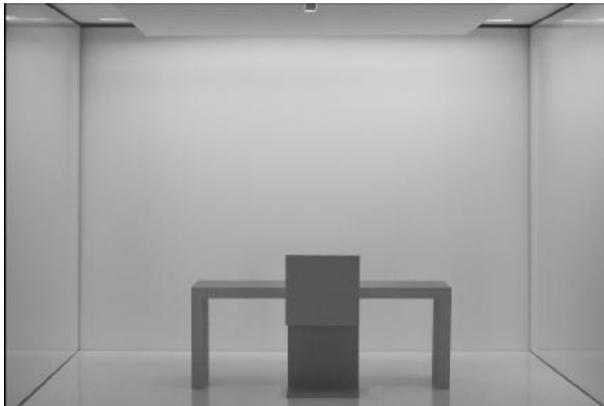
500 lux bei 4000K



500 lux bei 6500K

500 lux bei 4000K  
mit Holzverkleidung

Das Licht wird über das Material nicht nur in seiner Helligkeitswirkung beeinflusst. Das Material moduliert das auftreffende Licht auch in seiner farblichen Zusammensetzung (spektrale Zusammensetzung). Die nachstehende Darstellung zeigt den prinzipiellen Weg des Lichtes vom Strahlungslicht (Licht der primären Lichtquelle) über die Modulation am Material.



Beide Räume sind bei 500 lx mit 4.000 K beleuchtet.  
Allein durch die geänderten Raumbooberflächen ergibt sich ein völlig anderes Raumercheinungsbild.

## Kriterien der psychophysiologischen Behaglichkeit

Das Modulieren des Lichtes an großen Wandflächen mit Hilfe von Materialfarben und -strukturen kann zu einer erheblichen Verbesserung des Licht- und Raumklimas, aber auch zu einer Verbesserung der visuellen Leistung im Raum führen.

Dies zeigt eine Laborstudie des Bartenbach LichtLabor (Partner Fritz Egger GmbH & Co. OG). Es wurde der Einfluss von 14 verschiedenen Raumausstattungen auf die psychophysiologische Befindlichkeit von über 450 Versuchspersonen erfasst. Es stellte sich dabei heraus, dass sowohl die Lichtintensität, als auch die Lichtfarbe und das Oberflächenmaterial der Raumbegrenzungsflächen die visuelle Leistungsfähigkeit, die Aufmerksamkeit und das subjektive Raumerleben der Versuchsperson fundamental beeinflussten.

Durch die Variation von Licht und Material ergibt sich eine große Bandbreite an Gestaltungsmöglichkeiten und zugleich eine direkte Beeinflussung der psycho-physiologischen Behaglichkeit des Nutzers.

## Strahlungslicht – Leuchtmittel und Lichtfarbe

Das primäre Licht, auch Strahlungslicht genannt, welches von einer Lichtquelle abgegeben wird, ist bei verschiedenen Lichtquellen unterschiedlich. So unterscheidet sich das Licht vor allem in seiner spektralen Zusammensetzung.

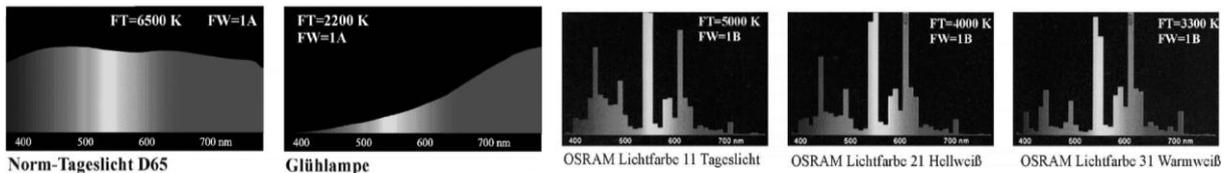
Das menschliche Auge ist fähig die elektromagnetische Strahlung zwischen 380 nm (blau) bis 780 nm (rot) zu sehen. Innerhalb dieses Wellenlängenbereiches strahlen die verschiedenen Lichtquellen mit verschiedenen Anteilen der jeweiligen Wellenlänge. Das natürliche Tageslicht z.B. enthält von allen Wellenlängen einen ausreichend hohen Anteil. Beim Tageslicht gehen die einzelnen Strahlungsanteile der Wellenlängen kontinuierlich. Alle Glühlampensysteme (z.B. Allgebrauchsglühlampe oder Halogen-Glühlampe) zeichnen sich auch durch ein kontinuierliches Spektrum aus, allerdings mit einem starken Übergewicht im Rotanteil. Deshalb erscheint ein Glühlampenlicht auch insgesamt »wärmer« als das natürliche Tageslicht. Um zwischen tageslichtweißem, neutralweißem oder warmweißem Licht besser unterscheiden zu können wurde die Definition der Farbtemperatur eingeführt.

Tageslichtweißes Licht hat eine Farbtemperatur von über 5000°K.  
 Neutralweißes Licht hat eine Farbtemperatur zwischen 3000° und 5000°K.  
 Warmweißes Licht hat eine Farbtemperatur von 3000°K und weniger.

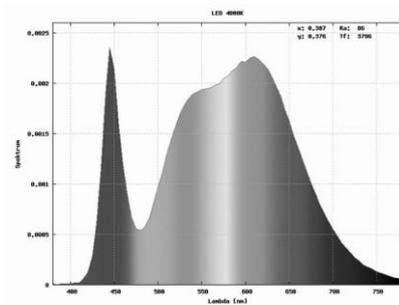
Die in den Bildern dargestellten spektralen Zusammensetzungen verschiedener Lichtquellen zeigen deutlich, dass das natürliche Tageslicht wie auch die Glühlampensysteme kontinuierliche Spektren aufweisen während Leuchtstofflampensysteme wie auch Halogen-Metaldampflampen (Entladungslampen) teilweise eine sehr unregelmäßige spektrale Zusammensetzung kennzeichnen.

Da man die einzelnen Wellenlängen des primären Lichtes nicht in ihren Einzelfarben getrennt wahrnehmen kann, sondern das Auge immer die Summe des Gesamtspektrums sieht, ist auch mit solchen »nicht kontinuierlichen Spektren« der Eindruck von weißem Licht herstellbar. Allerdings sind nicht kontinuierliche Spektren oft problematisch hinsichtlich der Wiedergabe von Oberflächenfarben. Das heißt, dass gewisse Oberflächenfarben bei der Beleuchtung mit nicht kontinuierlichen Lichtspektren nicht gut oder weniger natürlich wiedergegeben werden.

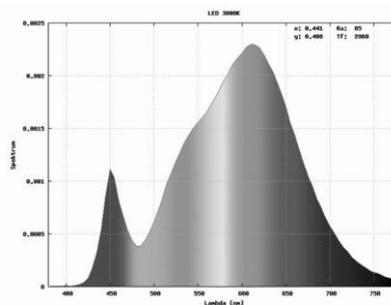
### Spektrale Zusammensetzung von Lichtquellen



FT ... Farbtemperatur, FW ... Farbwiedergabeindex #



LED 4000K, FW 86%



LED 3000K, FW 85%

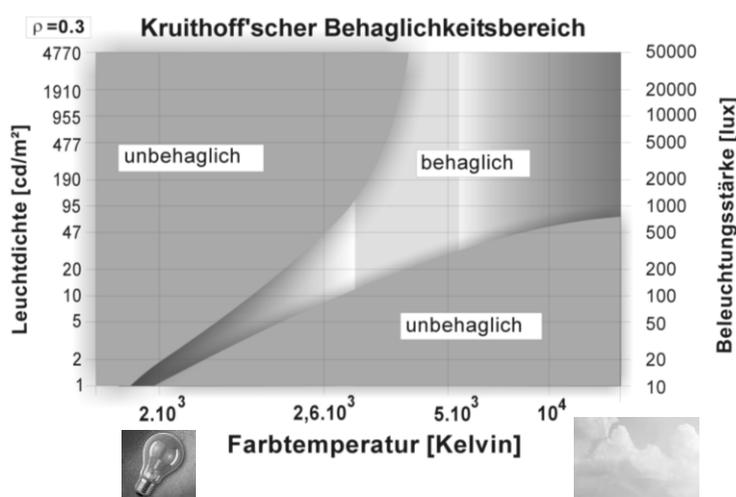
## Lichtfarbe und Behaglichkeit

Dem Menschen haben sich im Laufe der Evolution gewisse Lichtstimmungen als behaglich bzw. unbehaglich eingeprägt.

So ist der Mensch seit jeher gewohnt das natürliche Tageslicht (weißes Licht mit hoher Farbtemperatur von ca. 6500°K) auch mit hohen Beleuchtungsstärken vorzufinden.

Diese Situation empfindet er als natürlich und behaglich. Wenn das Tageslicht mit seiner hohen Farbtemperatur allerdings in zu geringen Intensitäten vorherrscht vermittelt das für den Menschen den Eindruck einer Dämmerung was ein eher unbehagliches Empfinden auslöst.

Im Gegensatz dazu werden geringe Lichtintensitäten bei Warmtonlicht (niedriger Farbtemperatur => z.B. Feuer) als behaglich empfunden, da sich das Feuer als erste künstliche Lichtquelle auch trotz seiner geringen Intensitäten als Sicherheits- und Wärmespendender während der Nacht positiv eingeprägt hat.



Dieser hier sehr vereinfacht beschriebene Zusammenhang wurde von Kruithoff experimentell ermittelt und in einem Behaglichkeitsdiagramm dargestellt.

Das Diagramm zeigt den Zusammenhang dass hohe Farbtemperaturen auch hohe Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichteintensitäten bedürfen um ein behagliches Empfinden auszulösen, während niedrige Farbtemperaturen niedrige Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichteintensitäten fordern.

Das nächste Bildbeispiel zeigt wie mit diesem Zusammenhang zwischen Farbtemperatur und Beleuchtungsstärke verschiedene Lichtstimmungen (Lichtmilieus) in der Raumbeleuchtung erreicht werden können. Links sieht man einen tagesbelichteten Raum mit ausreichend hoher Beleuchtungsstärkeintensität und hoher Farbtemperatur. Rechts oben wird das natürliche Tageslicht mit künstlichen Lichtquellen (Leuchtstofflampen nachempfunden). Auch hier sind eine hohe Beleuchtungsstärkeintensität und eine Farbtemperatur von 5000° bis 6000°K realisiert. Unmittelbar darunter zeigt sich derselbe Raum jedoch mit einem Warmtonlicht und geringer Beleuchtungsstärkeintensität belichtet (Lichtquelle ist eine Niedervolthalogenglühlampe).



## Holz als Lichtmodulator

Wie bereits beschrieben ist nicht nur die primäre Lichtquelle für die im Raum vorherrschende Lichtfarbe verantwortlich. Auch das Material der Raumbooberflächen welches das auftreffende Licht reflektiert kann den Helligkeits- und Farbeindruck des Raumes sehr stark beeinflussen.

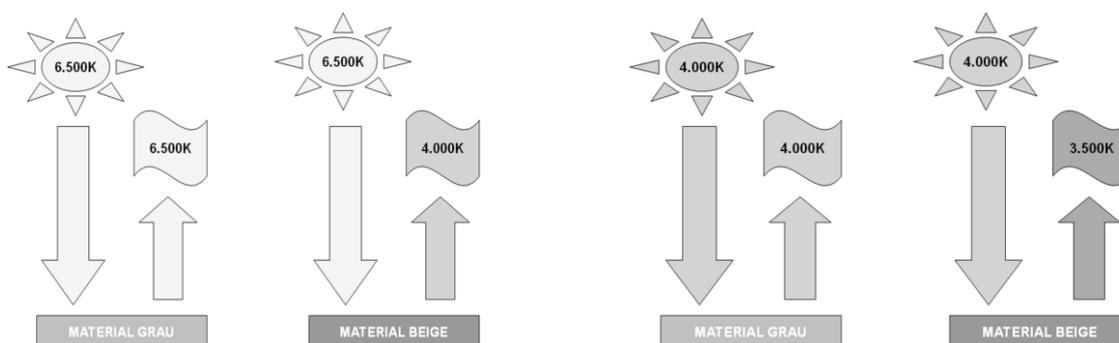
### Das reflektierte Licht wird „wärmer“

Das Bildbeispiel zeigt die gleiche Esstischsituation – einmal mit einer grauen, farbneutralen Wandbespannung und daneben mit einer Wandbespannung in beige.



Das rechte Bild wirkt deutlich freundlicher und behaglicher da die geringen Beleuchtungsstärkeintensitäten mit der niedrigen Farbtemperatur, welche von der Wandfläche reflektiert wird, im Sinne der Behaglichkeit besser harmonieren.

Die folgenden Schemabilder zeigen wie ein graues bzw. beiges Material die Farbtemperatur des auftreffenden Lichtes modulieren kann. Kernaussage ist, dass ein beiges Material in jedem Fall die auftreffende Farbtemperatur in Richtung Warmton verändert.

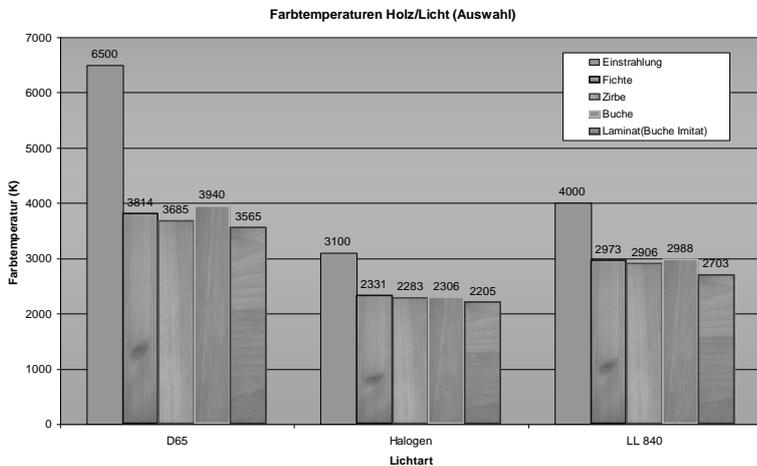


Diesen Effekt kann man sich im Sinne einer Behaglichkeitssteigerung zunutze machen.

## Steigerung der visuellen Behaglichkeit

In einem Laborversuch wurden vier verschiedene Holzoberflächen in ihren spektralen Reflexionseigenschaften vermessen. Untersucht wurden folgende Materialoberflächen:

Fichte natur / Zirbe natur / Buche natur / Buche Imitat

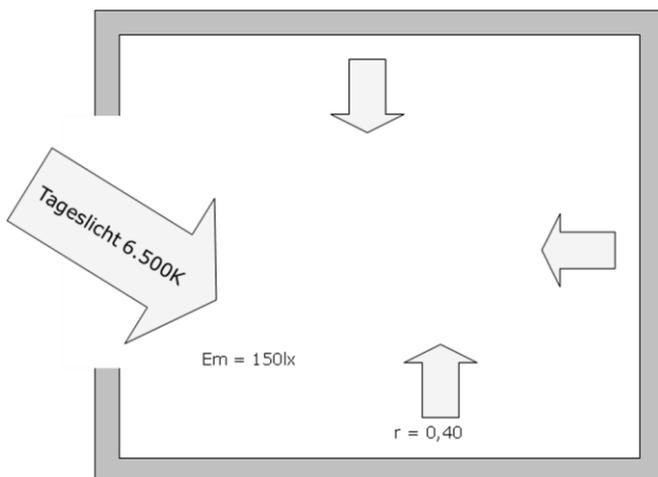


Die Grafik zeigt für drei verschiedene primäre Lichtquellen (Tageslicht, Niedervolthalogenglühlampe/LED, Leuchtstofflampe 4000°K) welche Farbtemperaturen von den verschiedenen Holzoberflächen reflektiert werden. Grau dargestellt: das einstrahlende Spektrum. Man sieht deutlich dass alle Holzoberflächen die Farbtemperatur stark reduzieren.

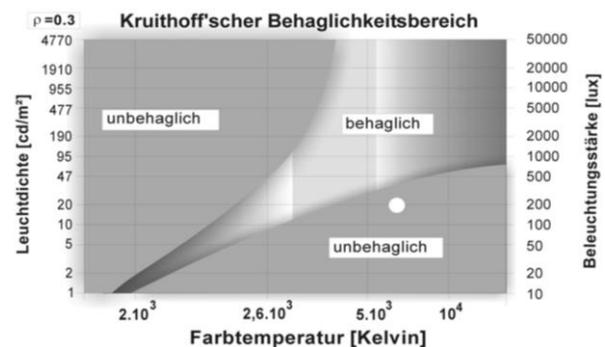
Vor allem beim Tageslicht wird eine dramatische Farbtemperaturreduzierung erkennbar (von 6500°K auf ca. 3600°K).

In einem fiktiven Beispiel kann gezeigt werden, wie sehr sich die Auskleidung eines Raumes mit Holzoberflächen positiv auf die visuelle Behaglichkeit des Raumes auswirken kann. Im Beispiel ist ein Raum mit mäßiger Tagesbelichtung angenommen. Die Beleuchtungsstärke der Tagesbelichtung beträgt ca. 150 lx.

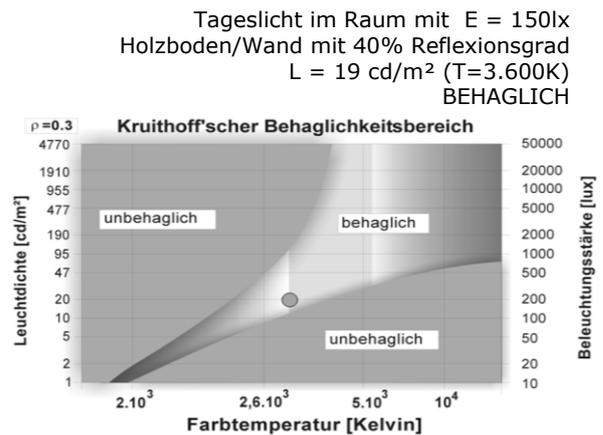
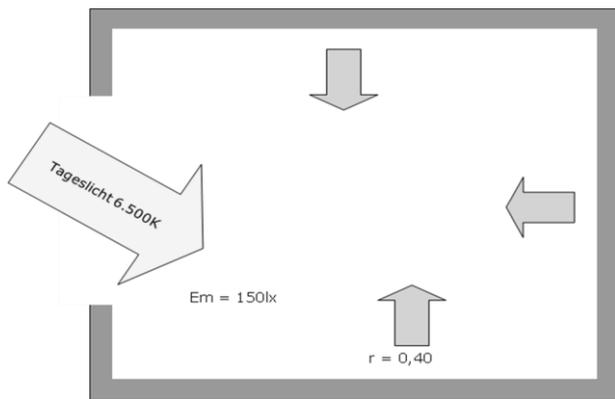
### BEISPIEL: RAUM mit geringem Tageslichteintrag (Raumoberflächen grau)



Tageslicht im Raum mit  $E = 150\text{lx}$   
 Grauer Boden/Wand mit 40% Reflexionsgrad  
 $L = 19\text{ cd/m}^2$  ( $T=6.500\text{K}$ )  
 UNBEHAGLICH



Wenn der Raum nun mit neutralen grauen Wandoberflächen ausgestattet ist, werden die 6500°K des vorherrschenden Tageslichtes auch nicht verändert. Fazit ist, dass eine geringe Leuchtdichte gepaart mit einer hohen Farbtemperatur den Raumeindruck prägt. Übertragen auf die Kruithoff'sche Behaglichkeitskurve sieht man dass eine solche Raumsituation eindeutig im unbehaglichen Bereich liegt.

**BEISPIEL: RAUM mit geringem Tageslichteintrag (Raumoberflächen Holz)**

Wenn man nun den gleichen Raum mit Holzoberflächen auskleidet wird am Helligkeitseindruck des Raumes zwar nichts verändert (da das Holz den gleichen Reflexionsgrad aufweist wie die graue Raumoberfläche), es wird jedoch die Farbtemperatur im Raum von  $6500^\circ\text{K}$  auf ca.  $3600^\circ\text{K}$  reduziert. Dadurch verschiebt sich der Raumeindruck im Sinne des Kruithoffschen Behaglichkeitsdiagrammes klar in den behaglichen Bereich.

Die nachfolgenden Bildbeispiele zeigen jeweils einen Raum mit farbneutral reflektierenden Oberflächen gegenüber gestellt mit Holzoberflächen. Alle Bildbeispiele machen deutlich wie sehr sich die visuelle Behaglichkeit durch den Einsatz von Holzoberflächen zum Positiven hin ändert.

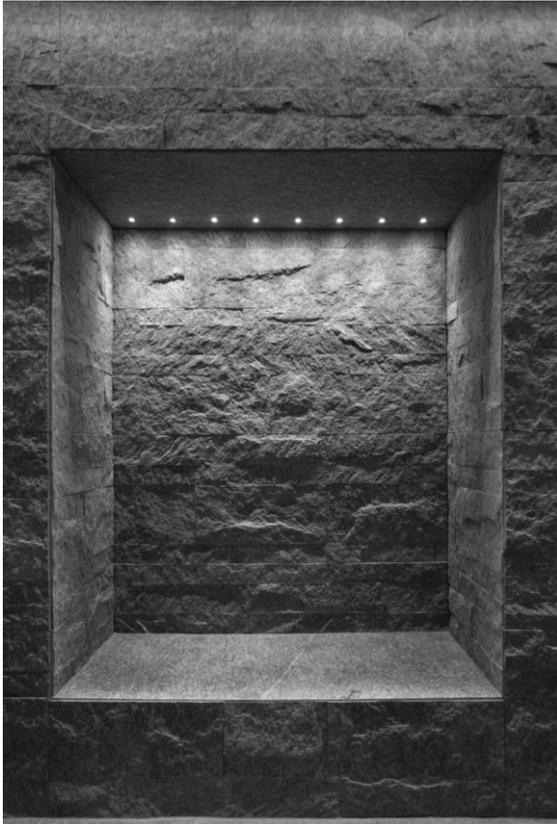


## Anwendungsbeispiele Tageslicht



## Anwendungsbeispiele Kunstlicht





### Anwendungsbeispiel: Konferenzraum im Bartenbach Lichtlabor

Eine spezielle Linsenoptik wird hinter der Deckenebene integriert. Der Lichtaustritt erfolgt über ein kleines Loch, das lediglich einen Durchmesser von ca. 8 mm hat.

Neben einem ausgezeichneten Wirkungsgrad besticht das Leuchtsystem durch eine hervorragende Ausblendung.

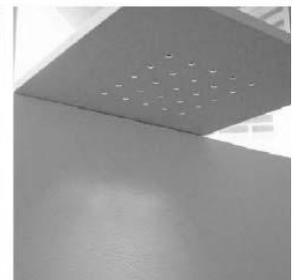
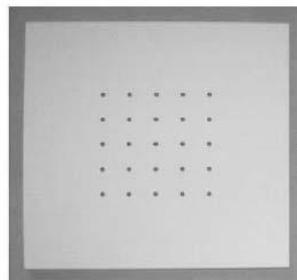
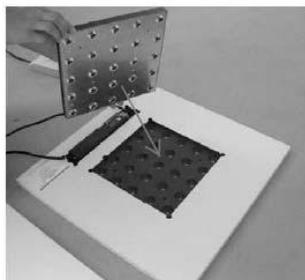
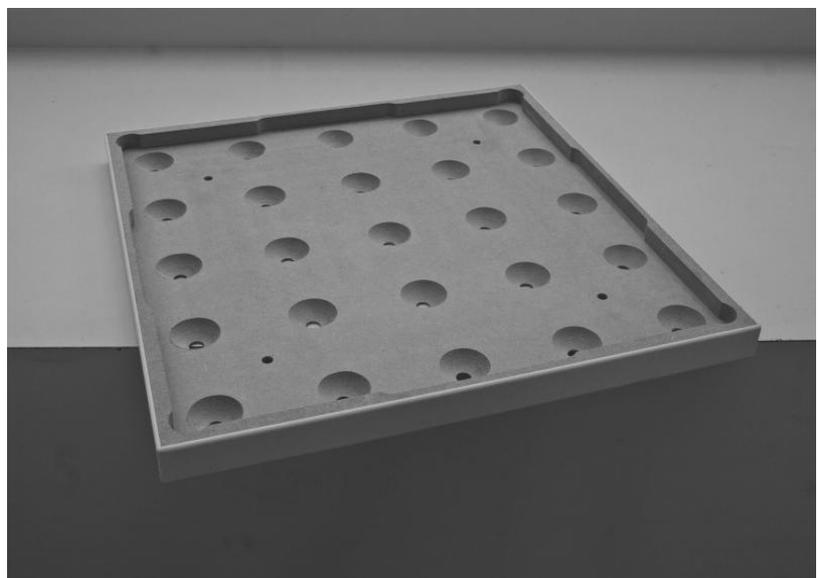
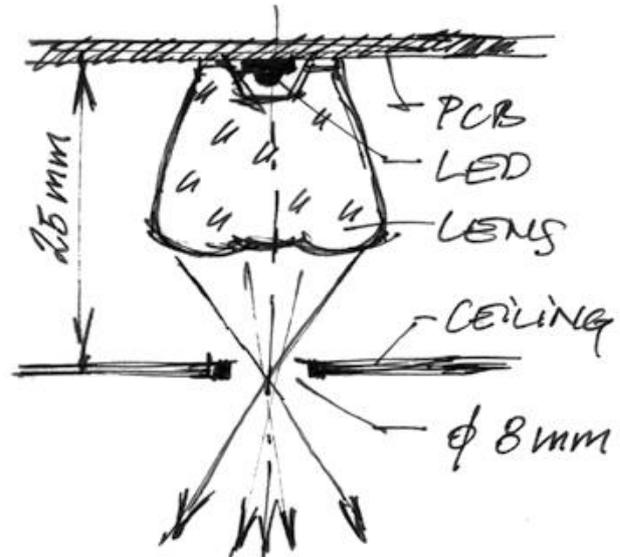
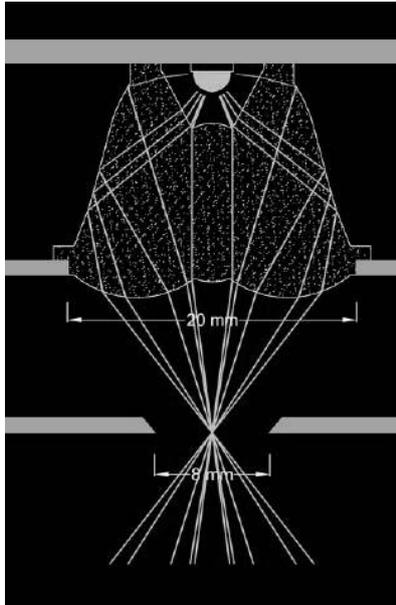
Die Lichttechnik integriert sich unauffällig in die Decke und damit in die Architektur. Der Raum entfaltet seine volle Wirkung im Licht, während das Lichtsystem selbst völlig zurücktritt.

Durch die Verwendung von kaltweissen und warmweissen Lichtfarben kann die Farbtemperatur der Raumbelichtung stufenlos von tageslichtweis auf warmweis verändert werden.



### Anwendungsbeispiele Kunstlicht - LED Aurilux

LICHT UND AKUSTIK IN EINEM SYSTEM - architekturintegriert: nur 30 mm Bauhöhe  
 BRILLANTES UND FLÄCHIGES LICHT - brillantes Licht lässt Materialien hochwertig wirken weiche  
 Schattenverläufe durch flächige Anordnung  
 BLENDUNGSFREI geeignet für Bildschirmarbeitsplätze und Bereiche mit erhöhten Ansprüchen an Sehkomfort  
 VERÄNDERBARE LICHTFARBE regelbar von Warmweiß bis Kaltweiß für unterschiedliche Lichtmilieus  
 HOCHWERTIGE AKUSTIKLÖSUNG kaum wahrnehmbare Mikroperforation und optimale Raumakustik  
 GESTALTUNGSFREIHEIT modulares, frei gestaltbares Deckensystem breite Auswahl an Uni-, Holz- und  
 Fantasiedekoren  
 NACHHALTIG energieeffizient - hohe Lebensdauer - nachhaltiger Werkstoff Holz



ceiling panel

top view

bottom view

perspective

## Anwendungsbeispiele Kunstlicht - LED Aurilux

