



Lichtlenkende Systeme ohne Sonnenschutzfunktion

# Tageslichtmanager

**INNOVATIVE TAGESLICHTSYSTEME LEISTEN WEIT mehr als konventioneller Sonnen- und Blendschutz. Lichtlenkung, selektiver Sonnenschutz und die Überwachung des Tageslichtniveaus sind weitere Funktionsmerkmale der Systeme.**

Sonnen- und Blendschutzsysteme sollen das Gebäude vor Überhitzung und die Nutzer zudem vor Blendung schützen. Dabei soll der Innenraum weiterhin mit Tageslicht beleuchtet und der Ausblick ins Freie gewahrt bleiben. In dem Spannungsfeld zwischen Sonnenschutz und Blendungsbegrenzung einerseits sowie Tageslichtbeleuchtung und Ausblick andererseits können konventionelle Tageslichtsysteme nur unzureichend Lösungen anbieten. Innovative Tageslichtsysteme werden den Anforderungen besser gerecht und sind in der Lage, das Tageslicht besser in den Innenraum zu verteilen. Bei der Vielfalt und Verschiedenartigkeit von Tageslichtsystemen geht es darum, das für die jeweiligen Nutzungsanforderungen geeignete System oder eine passende Kombination von Systemen zu wählen.

Sowohl für die Funktion als auch für die konstruktive Einbindung eines Tageslichtsystems in die Fassade ist seine Position zur Verglasungsebene entscheidend. Außen liegende Systeme, Systeme im Zwischenraum der Verglasung oder eines mehrschaligen Fassadenaufbaus sowie innen liegende Systeme verhalten sich grundsätzlich unterschiedlich. Während die Funktion des Blendschutzes unabhängig von der Einbaulage

gewährleistet wird, kann die Funktion als Sonnenschutz am wirksamsten von außen liegenden Systemen erfüllt werden. Stellbare und rückziehbare Sonnenschutzsysteme müssen, um der Aufheizung des Gebäudes wirksam begegnen zu können, unabhängig von der Anwesenheit von Nutzern, also automatisiert betrieben werden. In einer erfolgreichen Tageslichtstrategie ergänzen sich die bauliche Struktur und eingesetzte Tageslichtsysteme.

Blendschutzsysteme werden in der Regel innen liegend angeordnet. Üblich sind Rollos, Jalousien oder Behänge mit Vertikallamellen. Angestrebt wird dabei, den Sichtkontakt ins Freie aufrechtzuerhalten. Sofern die Sonne im Gesichtsfeld des Nutzers ist, muss sie aufgrund ihrer hohen Leuchtdichte mit lichtundurchlässigen Materialien abgeschirmt werden. Daher sind in diesem Fall transparente Materialien ungeeignet. Blendschutzsysteme sollten rückziehbar sein, damit sie die Tageslichtbeleuchtung nicht vermindern und den Ausblick nicht behindern, wenn sie nicht erforderlich sind.

Sonnenschutzsysteme begrenzen die Sonneneinstrahlung in einen Raum, damit dieser nicht überwärmt. Ihr Effekt kann mit dem Gesamtenergiedurchlassgrad der Fassade beziffert



*Deckensegel mit integrierter künstlicher Beleuchtung und als Tageslichtreflektor. Das Segel kann zusätzlich Kühlfunktionen aufnehmen*

werden. Dieser g-Wert der Gesamtkonstruktion umfasst sowohl den Strahlungsdurchgang als auch die sekundäre Wärmeabgabe nach innen.

### Ohne Lichtlenkung oder selektive Verschattung

Raffstore, Markisen oder Lamellen sind konventionelle Sonnenschutzsysteme. Gegenüber innovativen Systemen fehlt ihnen eine spezielle lichtlenkende Charakteristik. Bei geeigneter Anwendung können jedoch auch sie Bestandteil eines Konzeptes der intensiven Tageslichtnutzung sein. Auch konventionelle Sonnenschutzsysteme wurden in den letzten Jahren erheblich verbessert. Bei einer Außenjalousie kann beispielsweise der obere und der untere Teil separat angesteuert werden, das Lamellenprofil kann hinsichtlich der Lichtverteilung optimiert sein, oder die Jalousie kann durch die Gebäudeleittechnik eingestellt werden. Ein Defizit alter Sonnenschutzanlagen besteht darin, dass sie bei nicht besonnener Fassade häufig vorgezogen bleiben. Neue Systeme sollten automatisch zurückgezogen werden, damit Tageslichtnutzung bei bedecktem Himmel möglich ist. Die Glasindustrie bietet heute Sonnenschutzgläser mit hoher Selektivität an. Hat die Reduzierung von Kühllasten eine hohe Priorität und kommt ein außen liegender Sonnenschutz nicht in Frage, so kann die Verwendung solcher Gläser sinnvoll sein.

Den mit diesen Gläsern verknüpften Nachteil eines weitgehenden Ausschlusses solarer Gewinne vermeiden schaltbare Gläser, bei denen die Licht- und Strahlungsdurchlässigkeit eingestellt werden kann. Eine breite Markteinführung schaltbarer Gläser scheiterte bislang an technischen Hürden und am Preis.

Ein Funktionsprinzip innovativer Sonnenschutzsysteme besteht darin, den Innenraum von der direkten Sonneneinstrahlung abzuschirmen, diffuses Himmelslicht jedoch hindurch zu lassen. Gegenüber einer undifferenzierten Abschirmung der Strahlung stellen sich stabilere und zudem weitgehend blendfreie Beleuchtungsverhältnisse im Innenraum ein.

Sowohl feststehende als auch nachgeführte Systeme werden angeboten. Feststehende Systeme haben einen relativ geringen Lichttransmissionsgrad und werden vorwiegend in Dachflächen angewendet. Nachgeführte Systeme ermöglichen eine größere Lichtdurchlässigkeit und können den Ausblick ins Freie erhalten, sind jedoch kostenintensiver. Auch mit verspiegelten Lamellensystemen kann direktes Sonnenlicht abgeschirmt werden. Bewegliche Spiegellamellen ermöglichen eine Variabilität des Gesamtenergiedurchlassgrades. Die Entwicklungsperspektive sind schaltbare Schichten mit einstellbarer Sonnenschutz- und Umlenkcharakteristik.

### Umlenkung des Direktanteils von Sonnenlicht

Sonnenschutzsysteme, die den Direktanteil des Sonnenlichts umlenken, senken das Tageslichtniveau in Fassadennähe und erhöhen es in der Raumtiefe. Sie tragen damit zu einer Homogenisierung der Beleuchtungsverhältnisse bei. Die Kämpferlamelle bzw. das Lightshelf gehört zu dieser Kategorie. Die Licht reflektierenden Oberflächen dieser Systeme sind empfindlich gegen Verschmutzung. Unter diesem Aspekt ist eine geschützte Anordnung im Zwischenraum der Verglasung einem außen liegenden System vorzuziehen. Feststehende verspiegelte Lamellen im Zwischenraum der Verglasung wirken bei entsprechend optimierter Lamellenform als solargeometrisch selektiver Sonnenschutz, erhöhen die Beleuchtungsstärke in der Raumtiefe jedoch nur bei wenigen Sonnenstän-

Anzeige





*Monoreflektive Tageslichtlenkung mit retroreflektiven Eigenschaften gegenüber der überhitzenden Sonne und Lichtlenkung zur Raumtiefenausblendung*



*Das Lichtlenkglas sorgt bei vorgezogenen Storen für eine angenehme, blendfreie Tageslichtbeleuchtung. Über den Arbeitsplätzen wurde ein zusätzlicher Metallreflektor eingebaut, weil eine Sichtbetondecke als Reflektor ungeeignet ist*

den und können den Ausblick ins Freie stark einschränken. Einige Lamellensysteme können abhängig von ihrer Neigung einfallendes Tageslicht in den Innenraum lenken oder in den Außenraum zurück reflektieren. Mit Hilfe der Lamellenstellung können so der Gesamtenergiedurchlassgrad und das Beleuchtungsniveau variiert werden. Eine präzise Justage hilft, Blendung zu vermeiden.

Die Aufgabe lichtlenkender Tageslichtsysteme besteht darin, vorhandenes Tageslicht bedarfsgerecht zu verteilen. In der Regel wird es von der Fensterebene über die Decke in die Raumtiefe gelenkt.

Das diffuse Himmelslicht ist erheblich schwieriger zu lenken als die nahezu parallel einfallende Direktstrahlung der Son-

### ! Lichtlenkende Tageslichtsysteme

Einige der hier vorgestellten Tageslichtsysteme wurden in dem Programm „Solar Heating and Cooling“ der IEA untersucht. Eine kurze Erläuterung und Bewertung der folgenden Systeme erhalten Sie unter [www.bine.info](http://www.bine.info) in der Rubrik Service/InfoPlus als ergänzende Information zu diesem Themen-Info:

- Kämpferlamelle / Lightshelf
- Lamellen / Jalousien
- Prismen
- Laser-Cut-Panel
- Lichtlenkglas
- Holographisch-optische Elemente

ne. Systeme zur Himmelslichtumlenkung lenken in der Regel Licht aus dem helleren Himmelszenit in die Raumtiefe. Da Lichtlenksysteme einen Teil des einfallenden Lichts absorbieren oder zurück reflektieren, ist der Tageslichteffekt meist gering. Die bislang getesteten Systeme konnten die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen. Nur in stark verbauten Situationen, in denen nur ein kleiner Himmelsausschnitt zur Beleuchtung zur Verfügung steht, erscheinen Systeme zur Diffuslichtumlenkung gerechtfertigt.

### Umlenkung von direktem Sonnenlicht zum Tageslicht

Bei der Umlenkung direkter Sonnenstrahlung zur Tageslichtbeleuchtung muss untersucht werden, wie sich dieses thermisch auf das Gebäude auswirkt und ob es zu Blendung kommen kann. Eine Simulation ist hier hilfreich.

Direktsysteme funktionieren nur, wenn die Fassade besonnt wird. Eine Sonnenscheinwahrscheinlichkeit von nur 40% (so z. B. das Jahresmittel für Berlin) rechtfertigt es nicht, die Tageslichtbeleuchtung ausschließlich auf diesen Himmelszustand abzustellen. Dennoch können Systeme, die das direkte Sonnenlicht umlenken, in unserem Klima sinnvoll eingesetzt werden. Lichtlenkglas hat sich zur Komplementierung einer ansonsten auf den bedeckten Himmel ausgerichteten Beleuchtungsstrategie bewährt. Aufgrund der hohen Intensität der Direktstrahlung, reicht ein schmaler mit Lichtlenkglas ausgestatteter Fassadenstreifen aus, um den dahinter liegenden Raum bei besonnener Fassade mit Tageslicht zu versorgen. Eine Abschirmung des Sonnenlichts in den übrigen Glasflächen ist dann für die Tageslichtnutzung bei diesem Himmelszustand unschädlich. Neben dem bereits genannten Lichtlenkglas sind Prismenplatten, Y-Glas sowie auch verspiegelte Lamellen verfügbar. Die Systeme sind bezüglich ihrer Umlenkcharakteristik und der Transparenz sehr verschieden. Eine wichtige Kenngröße von lichtlenkenden Systemen ist der Anteil des nach oben umgelenkten Lichts.

### Lichtlenkende Systeme ohne Sonnenschutzfunktion

Lichtstreuende Verglasungen werden insbesondere im Oberlichtbereich eingesetzt, um eine homogene Verteilung des Tageslichts zu erreichen. Unter direktem Sonnenlicht werden sie sehr hell und können blenden. Lichtstreuende Gläser wirken in der Regel nicht als Sonnenschutz.

Systeme der Lichtleitung können Innenräume auch ohne Fenster mit Tageslicht beleuchten. Sie bestehen aus einem Lichtsammler im Außenraum, einem Lichtleitmedium und einer das Tageslicht verteilenden Optik. Bislang werden diese Systeme nur selten eingesetzt, da sie zumeist nicht wirtschaftlich sind und keine Sichtverbindung ins Freie zulassen. Lichtleitende Systeme werden sowohl zur Verteilung von Tageslicht- als auch von elektrischem Licht eingesetzt. Im Neubau des Deutschen Technikmuseums in Berlin sind Demonstrationssysteme der Lichtleitung zu besichtigen.

Hybridsysteme vereinen Funktionen der Tageslichtbeleuchtung und der elektrischen Beleuchtung. Ein klassisches Hybridsystem besteht darin, eine Leuchte in ein innen liegendes Lightshelf zu integrieren. Neuer ist die Entwicklung eines selbstleuchtenden Isolierglases. Die Lichtausbeute der selbst-

leuchtenden Verglasung liegt gegenwärtig bei 15 lm/W und entspricht damit energetisch dem Entwicklungsstand einer gewöhnlichen Glühlampe. Die TU Berlin entwickelt ein Hybrid-system auf der Basis von Hohllichtleitern für Produktionshallen. Neben der Energieeffizienz werden auch andere Aspekte der Wirtschaftlichkeit optimiert.

Bei Tageslichtsystemen geht es insbesondere darum, unter veränderlichen Himmelsverhältnissen die Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht sowie der Leuchtdichte am Fenster kontrollieren zu können ohne dabei auf den Ausblick verzichten zu müssen. Auf diese Weise können auch die Kühllasten reduziert werden. Das wiederum ist eine elementare Voraussetzung für Gebäude mit natürlichen Lüftungsstrategien ohne Anlagen zur Kühlung. Der Nutzen neuer Tageslichttechnik kann daher nicht allein mit der Energieeinsparung für künstliche Beleuchtung gemessen werden. Positive Effekte auf das Raumklima und das thermische Gebäudeverhalten sowie die Möglichkeit, die Haustechnik deutlich zu reduzieren, müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Dabei rechtfertigen die Tageslichtsysteme nicht, tiefere Räume zu bauen als dieses ohne solche Systeme vernünftig ist.

### Warum also Tageslichtsysteme für die Innenraumbeleuchtung?

Besonders erfolgreich sind funktional differenzierte Fassadenkonzepte. Die verwendeten Tageslichtsysteme sollen sich bei jedem Himmelszustand sinnvoll ergänzen. Eine „Reihenschaltung“ ist zu vermeiden. Kontrollsysteme sorgen für das gewünschte Beleuchtungsniveau. Sie schalten die elektrische Beleuchtung aus, wenn das Tageslicht ausreicht oder alle Nutzer den Raum verlassen haben.

Mit der Verbreitung von Bussystemen werden die autonomen Konstantlichtregelungen zunehmend von einer vernetzten Bustechnik verdrängt. Die erweiterten Möglichkeiten heutiger Kontrollsysteme erfordern eine genaue Abstimmung zwischen den Nutzungsanforderungen und den Funktionen des Kontrollsystems. Eine sorgfältige Inbetriebnahme der Kontrollsysteme ist entscheidend für den erzielbaren Tageslichtnutzen. Sie sollte generell zusammen mit der Installation beauftragt werden.

Tageslichtabhängige Regelungen wurden in der Vergangenheit oftmals von den Nutzern nicht akzeptiert. In einigen Fällen führte dies zu einem regelrechten Boykott solcher Anlagen. Beispielsweise wurden Sensoren öfters mit Klebstreifen deaktiviert. Kontrollsysteme sind also nur wirksam, wenn die Belange der Nutzer ernst genommen werden. Hilfreich sind hier Möglichkeiten zur manuellen Übersteuerung, der durch das System vorgenommenen Einstellungen. Zusätzlich zur tageslichtabhängigen Betriebsweise der Leuchten erschließen Präsenzdetectoren sowie in die Gebäudeleittechnik einbezogene Sonnenschutz- und Lichtlenksysteme weitere Einspar- und Komfortpotenziale. Kontrollsysteme werden auch eingesetzt, um die Lichtfarbe im Tagesverlauf zu verändern. Autoadaptive Kontrollsysteme auf der Basis neuronaler Netze bieten einen neuen Ansatz, verschiedene vernetzte Gebäudesysteme zu kontrollieren. Hier liegt ein Forschungsschwerpunkt der TU Berlin in dem Verbundprojekt. Selbstlernende Eigenschaften versprechen insbesondere auch Verbesserungen bei der Nutzerakzeptanz von Kontrollsystemen.

Ein Hauptziel der Planung muss es sein, ein behagliches In-



*Aussen liegende Klappmarkise auf Höhe des Kämpfers. Die resultierende Lichtfarbe im Innenraum ist durch das orangefarbenes der Markise nicht unkritisch*

*Innen liegendes transparentes Blendschutzrollo. Für Computerräume ist dieser Blendschutz nicht ausreichend*

nenraumklima zu schaffen. Nehmen die Nutzer die entwickelte Lösung an, so ist das ein wichtiges Indiz für die Gebäudequalität. Darüber hinaus beeinflusst das Nutzerverhalten den Energieverbrauch von Gebäuden. Eine hohe Nutzerakzeptanz ist auch deshalb anzustreben, damit die in der Planung kalkulierten Energieeinsparungen tatsächlich auch erreicht werden.

Bei der Beleuchtung mit Tageslicht gab es bislang keine befriedigenden Modelle zur Beurteilung der Blendung. Die aus der elektrischen Beleuchtung bekannten Regeln können für Fenster nicht generell übernommen werden, da der Himmel im Vergleich zu Kunstlichtquellen, eine großflächige und dynamische Lichtquelle darstellt. Die positive Einstellung gegenüber dem Ausblick nach Draußen, veranlasst die Nutzer, bei Fenstern ein höheres Maß an Blendung zu tolerieren, als dies bei elektrischer Beleuchtung der Fall ist.

Am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg wurden umfangreiche Testraumuntersuchungen mit Nutzerbefragungen bei unterschiedlichen Tageslichtsystemen durchgeführt. Dabei wurde, parallel zur Befragung, ein zweiter identisch ausgestatteter Testraum lichttechnisch vermessen. Zentrales Messinstrument ist eine auf Augenhöhe montierte Leuchtdichtekamera, die das komplette Sichtfeld erfasst. Die Befragungsergebnisse konnten so mit den Messergebnissen vergleichend ausgewertet werden. Die Untersuchungen zeigten, dass bisherige, z. B. auf der Fensterleuchtdichte basierende Bewertungsmethoden keine Korrelationen mit den Nutzerbewertungen aufweisen und deshalb ungeeignet sind. So wurde ein neues Modell zur Blendungsbewertung (DGP - Daylight Glare Probability) entwickelt, welches Leuchtdichte, Raumwinkel und Position der Blendquelle sowie die vertikale Beleuchtungsstärke am Auge berücksichtigt.

### ! Kontakt

#### Bine Informationsdienst

53129 Bonn  
Tel. (02 28) 92 37 90  
bine@fiz-karlsruhe.de  
www.bine.de