

10 Jahre „Okasolar“

Tageslichtumlenkung mittels optischer Spiegelsysteme

Helmut Köster

Die Tageslichtumlenkung hat sich zu einem neuen Schlagwort in der Architektur entwickelt. Die Tageslichtumlenkung dient einerseits der Beschattung und zum anderen der Raumtiefenausleuchtung von Bürobauten. Weitere Anwendungen der Tageslichtumlenkung sind reine Beschattungssysteme, d. h. Systeme, die das Licht mittels Tageslichtumlenkung aus dem Innenraum ausblenden und ausschließlich diffuse Strahlung aus dem Nordhimmel in einen Innenraum hereinlassen.

Die bekanntesten Systeme der Tageslichtumlenkung beruhen auf drei grundsätzlich unterschiedlichen Prinzipien:

1. Tageslichtumlenkung mit Hilfe von optischen Spiegelsystemen
2. Tageslichtumlenkung mit Hilfe von optisch dichteren Medien (Glas- oder Kunststoff-Prismen)
3. Tageslichtumlenkung mit Hilfe von holografischen Systemen (HOE)

Holografisch/optische Elemente (HOE) werden in Deutschland durch Entwicklungen von Stojanoff, RWTH Aachen, und Müller/Gutjahr, FH Köln, bekannt gemacht. Bis auf einzelne Versuchsprojekte haben HOE bislang in der Praxis kaum Anwendung gefunden. Prismatische Systeme sind von Christian Bartenbach, München, und der Firma Siemens bekannt gemacht worden. Optische Spiegelsysteme sind von Helmut Köster, Frankfurt, patentiert und entwickelt worden und werden von der Firma Okalux, Marktheidenfeld-Altfield, hergestellt.

Entwicklung und Umsetzung

Bei der Entwicklung und Umsetzung von Spiegelsystemen zur Tageslichtumlenkung geht es um eine exakte Kontrolle der Lichttransmission, den damit verbundenen Veränderungen



Bild 1: Schnitt durch ein Lichtlenkglas (System Köster)

des Gesamtenergiedurchgangs in der Fassade sowie um den exakten Lichtwurf in den Innenraum, respektive zurück in den Außenraum. Optische Spiegelsysteme unterliegen der extremen Gefahr der Blendung im Innen- und Außenraum, sofern die Systeme falsch eingestellt oder falsch berechnet sind. Um dem Planer und dem Bauherren Sicherheit zu geben, werden bevorzugt zwei Verfahren der

optischen Kontrolle der Systeme angewendet:

1. Die fotografische Methode zur Kontrolle des Lichtflusses
2. Die rechnerische Methode zur geometrischen Strahlungsverfolgung.

Die fotografische Methode eignet sich zur Überprüfung der fertig hergestellten und zum Einbau kommenden Module. Sie ist jedoch grundsätzlich ungeeignet für die Entwicklung neuer oder modifizierter Systeme. Hierfür eignet sich die Computerberechnung mit einer grafischen Darstellung des Lichtverlaufes.

Ein Vergleich der fotografischen und rechnerischen Methode zeigt einerseits eine sehr genaue Annäherung der Berechnungen an die Realität, zum anderen aber auch die sehr präzise Umsetzung der mathematisch ermittelten Systeme in der Praxis.

Beispielhaft werden Berechnungen eines optischen Spiegelsystems („Typ F 60/17“) gemäß Patenten des Autors für das Produkt „Okasolar“ der Firma Okalux verglichen. Das System mit der Bezeichnung „F 60/17“ eignet sich insbesondere für den Einsatz im Oberlichtbereich einer Fassadenverglasung, d. h. oberhalb 2 m Höhe bis Deckenunterkante.

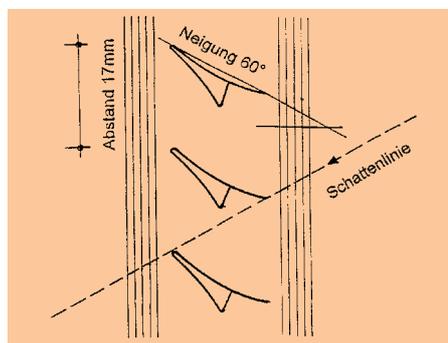


Bild 2: Tageslichtlenkung „Okasolar“: Die Schattenlinie ist die Verbindungslinie zwischen dem oberen Lichtlenkprofil und einem unteren Profil und gibt an, ab welchem Einfallswinkel eine totale Beschattung des Innenraums erfolgt

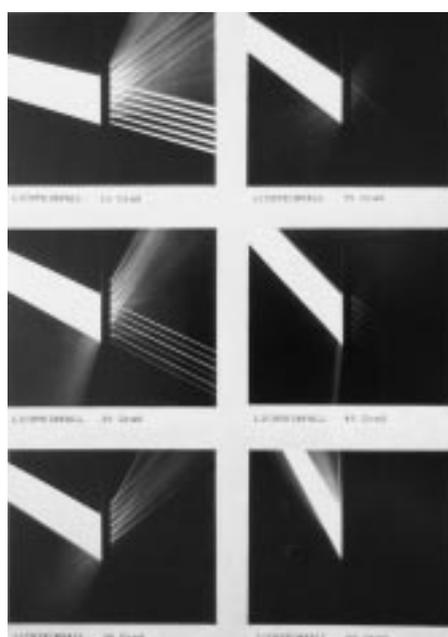


Bild 3: Sonneneinfallswinkelabhängige Lichttransmission des Tageslichtlenksystems



Bild 4: Die Oberlichtbereiche und die zwei seitlichen Fenster sind mit dem Köster-Solar-Glas als permanente Lichtlenk- und Sonnenschutzmaßnahme ausgerüstet. Vorteil: Besonders aus der Raumtiefe bleibt trotz der Lichtlenkung die Transparenz und Durchsichtigkeit erhalten

Die Systeme werden so ausgelegt, daß sich eine Schattenlinie für einen Winkel im vorliegenden Fall von 28° ergibt. Die Schattenlinie ist eine Verbindungslinie zwischen der Vorderkante eines oberen und der zum Innenraum gelegenen Kante eines unteren Lichtlenkprofils. Winterlicher und flacher Sonneneinfall bis zu dem Neigungswinkel der Schattenlinie dringt zum Teil als Direkttransmission in den Innenraum ein und erzeugt eine Belichtung einer horizontalen Fläche. Strahlen im Frühjahr oder Sommer mit einem Einfallswinkel größer dem Neigungswinkel der Schattenlinie werden lediglich indirekt, d. h. infolge Lichtumlenkung an die Innenraumdecke umgelenkt. Eine Direkttransmission zwischen den Lichtlenkprofilen in den Innenraum kann für die höheren Einfallswinkel nicht mehr stattfinden.

Das Lichtumlenksystem wird also so dimensioniert, daß der fensternahe Arbeitsplatz durch die Tageslichtumlenkung im Oberlichtbereich grundsätzlich beschattet ist. Ein Lichteintritt in einem Winkel kleiner dem Neigungswinkel der Schattenlinie ist unschädlich für die Blendgefahr an einem fensternahen Arbeitsplatz, da das Licht lediglich in die Raumtiefe eindringt, wo es durchaus erwünscht ist.

Es zeigt sich, daß die Systeme jedoch neben der geringen Direkttransmission zwischen den einzelnen Lichtlenksystemen im wesentlichen eine indirekte Raumausleuchtung ermöglichen. Das Licht wird an den kleinen Lichtlenkschaufeln der Spiegelprofile an die Decke und in die Tiefe des Innenraumes umgelenkt. Dieser Vorgang findet statt bis zu einem Einfallswinkel von ca. 35°. Größere Einfallswinkel werden zugunsten einer Reduktion des Gesamtenergiedurchganges im Sommer (passive Kühlung), d. h. zugunsten der Verhinderung einer Überhitzungsgefahr, komplett ausgeblendet. Es bleibt jedoch die diffuse Ausleuchtung des Innenraumes durch die niedrigen Einfallswinkel der direkten und diffusen Sonnenstrahlung.

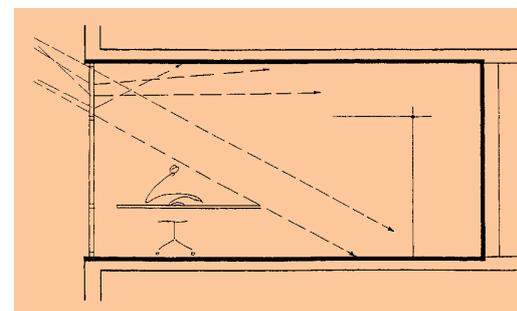


Bild 5: Oberlichtbereich mit einem starren Lichtlenksystem. Verfolgt man die Schattenlinie des Systems in die Raumtiefe, so erkennt man, daß grundsätzlich eine vollständige Beschattung des fensternahen Arbeitsplatzes durch die Lichtlenkung im Oberlichtbereich erfolgt

Bild 6: Ansicht der Südfassade Kantoort Haans, Tilburg (NL)

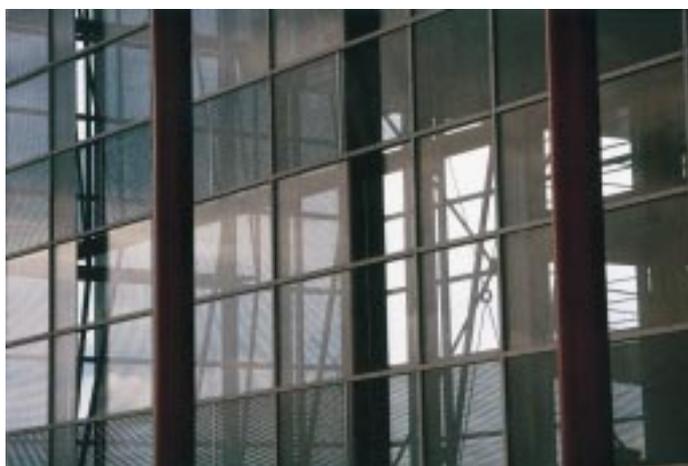


Bild 7: Die Fassade zeichnet sich durch eine besonders gute Transparenz aus

Vergleicht man die geometrische Strahlungsverfolgung mit den fotografisch dokumentierten Strahlungsverläufen, so zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung der Rechenwerte mit der Praxis. Diese Übereinstimmung belegt auch die Präzision der Herstellung der Profile.

Durch eine Punkt-für-Punkt-Methode läßt sich mittels der geometrischen Strahlungsverfolgung der Lichteinfluß in den Innenraum für die einzelnen Einfallswinkel berechnen. Der Rechner ermöglicht eine exakte Kontrolle über die Lichtumlenkung in bezug auf die verschiedenen Einfallswinkel der Sonne in den Innenraum bzw. die Umlenkung zurück in den Außenraum. Bei der Lichtumlenkung in den Innenraum kommt es im wesentlichen darauf an, daß das an den Reflektoren umgelenkte Licht nicht flacher als 0°

einfällt, d. h., die Horizontale nicht unterschreitet. Wird das Licht nämlich an den Lichtlenkspiegeln auf die Bodenebene reflektiert, kann es auch zur Blendung im Auge des Betrachters kommen. Wird umgekehrt verhindert, daß der Lichteinfall flacher als 0° in den Innenraum eindringt, so ist eine Blendefahr vermieden.

Bei der Rückstrahlung in den Außenraum ist ebenfalls eine genaue Kontrolle über den Strahlengang auszuüben, um unerwünschte Blendwirkungen gegenüberliegender Bebauung, des Fußgängerverkehrs bzw. des Flugverkehrs zu vermeiden. Dies wird erreicht, indem das Licht primär in einem steilen Winkel in den Himmel bzw. auf die Straßenebene reflektiert wird. Zur Vermeidung der Blendung auf der Straßenebene werden Rückstrahlwinkel von 80° zur Vertikalen auf die Straßenebene eingehalten. Zur Vermeidung der Blendung der gegenüberliegenden Bebauung werden Rückstrahlwinkel von 70° zur Vertikalen nach oben nicht unterschritten.



Bild 8: Die Westfassade des Kantoort Haans weist im Sommer einen Gesamtenergiedurchgang von nur 0,25 auf. Dieser ergibt sich aus einem Mittelwert der Glasanteile mit Lichtlenkungen und ohne Lichtlenkung

Ausgereifte Technik

Optische Spiegelsysteme zur Tageslichtumlenkung sind seit 10 Jahren praxiserprobt. Allein im europäischen Raum sind ca. 40 000 m² dieser Systeme nach Patenten von Helmut Köster im Dach- und Fassadenbereich eingebaut worden. Weitere Entwicklungen der optischen Systeme sehen vor, diese auch beweglich und der Sonne nachführbar auszubilden.

Der Vorteil der starren Systeme ist die Wartungsfreiheit und die Vereinfachung der Dach- und Fassadentechnik. Nur wenn es gelingen sollte die Nachführbarkeit genauso sicher und wartungsfrei auszubilden wie ein starres System, werden auch die beweglichen Systeme vom Markt akzeptiert werden.

Es bietet sich an, derartige Systeme gleichzeitig für die Kunstlichtausleuchtung eines Innenraums einzusetzen, indem diese vom Innenraum her indirekt geflutet werden. Die Reflektoren übernehmen damit auch die Funktion, das Kunstlicht in die Tiefe des Innenraumes umzulenken. Dieses



Bild 9: Messehalle 10, Frankfurt/Main, Stufenpyramide mit Lichtlenkverglasung – nachts



Bild 10: Kabinette mit Lichtlenkverglasung

System, ebenfalls nach Patenten des Autors, hat den treffenden Namen „uplight-supported-daylight-system“ bzw. „usd-System“ erhalten. Das „usd-System“ eignet sich insbesondere als Tagesergänzungsbeleuchtung und auch als Nachtbeleuchtung. Ein Innenraum mit 5 m Tiefe ist mit Hilfe des „usd-Systems“ bei geeigneter Bestückung mit bis zu 200 lx weitgehend gleichmäßig auszuleuchten. Im Bereich des fensternahen Arbeitsplatzes werden sogar 250 bis 300 lx erzielt. Das „usd-System“ eignet sich daher für die allgemeine Raumausleuchtung in Kombination mit einer zweiten Komponente, der Schreibtischbeleuchtung.

Das o. g. System wurde bislang im wesentlichen für die Ausleuchtung von großen Glasdachkonstruktionen verwendet, wobei die erläuterten Lichtlenksysteme in einer modifizierten Form für verschiedene Dachneigungen und Himmelsrichtungen eingesetzt und von dem „usd-System“ angeflutet wurden.

Aufgrund der umfangreichen Erfahrungen in ausgeführten Projekten kann die Tageslichtlenkung mit Hilfe optischer Spiegelsysteme der Firma Okalux als ausgereifte und auch für große Bauvorhaben tragfähige Lösung empfohlen werden.

Weitere Entwicklungen und Patente

Weitere Entwicklungen in der Tageslichttechnik sind dem Autor für ein Lamellensystem gelungen. Es übernimmt vergleichbare optische Funktionen wie das „Okasolar-System“, hat jedoch den Vorteil, daß die Lamellen – unabhängig vom Einfallswinkel – flach liegen und sich damit eine verbesserte Durchsicht durch den Lamellenvorhang ergibt.

Das neue Lamellensystem besteht aus zwei Teilstücken: Das erste Teilstück ist gestuft und übernimmt die Ausblendung der Sonne, insbesondere im Sommer bei hohen Einfallswinkeln und Überhitzungsgefahr. Das zweite Teilstück dient als Lichtschaufel und führt das Licht in die Tiefe des Innenraumes.

Die Lamellen werden zukünftig in 15 mm Breite von der Firma Okalux hergestellt und ähnlich dem „Okasolar“ in den Luftzwischenraum von Isoliergläsern eingebaut. Die Lamellen werden weiterhin in 50 mm Breite als innenliegende Jalousie oder als starres System für den Oberlichtbereich hergestellt und eignen sich vorzugsweise auch für zweischalige Glasfassaden und Verbund- bzw. Kastendoppel-fenster. □

Literatur

- [1] Köster, H.: „Intelligent Building“ und verbesserte Tageslichtnutzung, Licht 7-8/96, S. 588-592
- [2] Köster, H.: Wohldosierte Helligkeit, Mensch & Büro, 1/96, S. 98-100
- [3] Köster, H.: Die Messehalle 10 in Frankfurt, Licht + Architektur, 3/93, S. 70-75
- [4] Köster, H.: Beleuchtung mit Tageslicht, DAB – Deutsches Architektenblatt – Bautechnik, 6/93, S. 1106-1107
- [5] Köster, H.: Energiemanagement – Intelligentes Lichtlenksystem, Industriebau, 3/93, S. 210-213
- [6] Köster, H.: „Intelligent Building“ durch verbesserte Tageslichtnutzung, DBZ – Deutsche Bauzeitschrift, Sondernummer Licht + Architektur, 12/92, S. 81-86, 104; zum Teil inhaltsgleich: DAB – Deutsches Architektenblatt, 7/91, S. 1101-1106; BmK – Bauen mit Kunststoffen und neuen Baustoffen, 4/92, S. 5-11
- [7] Köster, H.: Neues Energiemanagement in der Fassade, DAB – Deutsches Architektenblatt, 3/90, S. 399-402
- [8] Köster, H.: Solartechnik, DBZ – Deutsche Bauzeitschrift, Sonderdruck: Forschung und Praxis, 2/89, S. 205-208
- [9] Köster, H.: Vorrichtung zur automatischen Steuerung des Sonnenlichteinfalls, Patent Aktenzeichen EP 0029 442, Köster Patente GmbH
- [10] Köster, H.: Stepped Lamella for Guiding Light Radiation, Patentanmeldung Aktenzeichen PCT/EP95/03654