

Tageslichtsysteme

Qualifizierte Ausleuchtung einer größeren Versammlungshalle mit Hilfe von Tageslichtumlenkung



Abb. 1: Saal der Kulturhalle Remchingen

Von der Fertigkeit, Gebäude mit Tageslicht genügend auszuleuchten, ist durch den Einsatz von Kunstlicht sehr viel verlorengegangen. Da Kunstlicht leichter gesteuert und beliebig angeordnet werden kann, wird es meist bevorzugt.

Bei der Beleuchtung mit Tageslicht treten eine Reihe von Problemen auf. Im Laufe des Tages ergeben sich abhängig auch von Jahreszeit und Witterungsbedingungen unterschiedliche Lichtverhältnisse, die Berücksichtigung finden müssen. Darüber hinaus sollen die Innenräume von Gebäuden vor Blendwirkungen und sommerlicher hitzebringender Sonneneinstrahlung geschützt werden, aber ohne die Räume zu verdunkeln.

Für den Neubau einer Mehrzweckhalle für kulturelle Nutzung in Remchingen bei Pforzheim wurde ein Lichtleitsystem entwickelt, das unter diesen Bedingungen eine optimale Ausnutzung des Tageslichts erreicht. Der Hauptraum (Saal) der Kulturhalle sollte mit Kunst- und Tageslichttechnik so ausgestattet werden, daß sowohl Abends als auch Tagesveranstaltungen mit Einbeziehung des Außenbereichs möglich sind.

Es sollten verschiedene Varianten von Tageslichtlenksystemen und Sonnenschutzmaßnahmen im räumlichen Zusammenhang untersucht werden, um eine verlustarme und möglichst gleichmäßige Raumausleuchtung ohne Blendwirkung zu erhalten.

Ein weiteres Ziel war die Senkung der Energiekosten durch die natürliche Belichtung und Belüftung.

Mit dem Forschungsvorhaben war die Technische Hochschule Darmstadt (THD), Prof. H. Striffler Fachgebiet Entwerfen und Gebäudekunde am Fachbereich 15 – Architektur – unter Mitarbeit der Firma Lichtplanung Christian Bartenbach in München beauftragt. Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) gefördert.

STAND DER TAGESLICHTLENKTECHNIK BIS 1988

Mit Hilfe einer ausgeklügelten Lichtlenktechnik kann Tageslicht in die Tiefe des Raumes transportiert sowie eine effiziente Ausleuchtung erzielt werden. Die Leuchtdichte des Lichts wird durch das Ausmaß der Lichtreflexion an einer getroffenen Fläche – Lichtlenkungselement – erst wahrnehmbar.

Ziele der Tageslichtlenkung:

- gleichmäßige Verteilung des Tageslichts, um eine ausreichende Helligkeit sowohl an der Decke als auch an den Wänden des Raumes zu erhalten,
- Anpassung der Tageslichttechnik an die Raumakustik,
- Tages- und Kunstlichtversion des Raumes sollen bruchlos ineinander übergehen.

Steigende Ansprüche an die Arbeitsplatzumgebung und die rasche Verbreitung von Datensichtgeräten trieben die Entwicklung der Tageslichtlenktechnik in den vergangenen zehn Jahren stark voran. Erfahrungen mit modernen Tageslichtführungssystemen stammen überwiegend aus rechteckigen Räumen mit Seitenlicht. Dabei sollte in der Regel eine größere Raumtiefe ausgeleuchtet werden. Von anderer Art sind Konstruktionen großflächiger Glasüberdachungen, die allerdings das Problem des mangelnden Sonnenschutzes mit sich bringen.

DIE KULTURHALLE REMCHINGEN

Raumarchitektur

Der Saal der Kulturhalle Remchingen hat ca. 600 Sitzplätze, eine Bühne und ausfahrbare Bodentableaus für ansteigendes Gestühl. Daneben sollte aber auch eine Nutzung bei ebenem Boden und im Zusammenschluß mit dem Foyer vorgesehen werden.

In die Überlegungen, an welcher Stelle die Tageslichtöffnung eingebaut werden sollte, mußten Raumgeometrie und -lage einbezogen werden. Der Saal ist ein nicht rechteckiger Raum (Abb. 2). Zwei Außenseiten liegen zu einer verkehrsreichen Bundesstraße hin, die innere Längsseite schließt an das Foyer an und an der inneren Schmalseite liegt die Bühne. Tageslicht konnte damit nur über eine Konstruktion im Dachflächenbereich in ausreichender Entfernung zum Verkehrslärm zugeführt werden.

Durch die seitliche Lage der Lichtöffnung ergaben sich Probleme der gleichmäßigen Raumausleuchtung, des Blend- und Sonnenschutzes sowie der gestalterischen Anpassung des Tageslichtlenksystems an die Raumstruktur.

Wesentliche Tageslichtelemente sind Umlenkklammern im Bereich der Lichtöffnung und sekundär lenkende Deckenelemente. Umlenkklammern und der zusätzliche Einbau von Sonnenschutzprismen verringern zwar den Lichteinfall, bieten aber aufgrund einer ausgeglichener Lichtverteilung im Raum mehr Sehkomfort.

Tageslichtlenktechnik

Für den Saal wurde eine verbesserte, detailoptimierte Tageslichttechnik entwickelt. An die relativ hohe Tageslichthelligkeit im Foyer war die Ausleuchtung des Saales so anzupassen, daß die Augen der Besucher sich nicht ständig an unterschiedliche Lichtver-

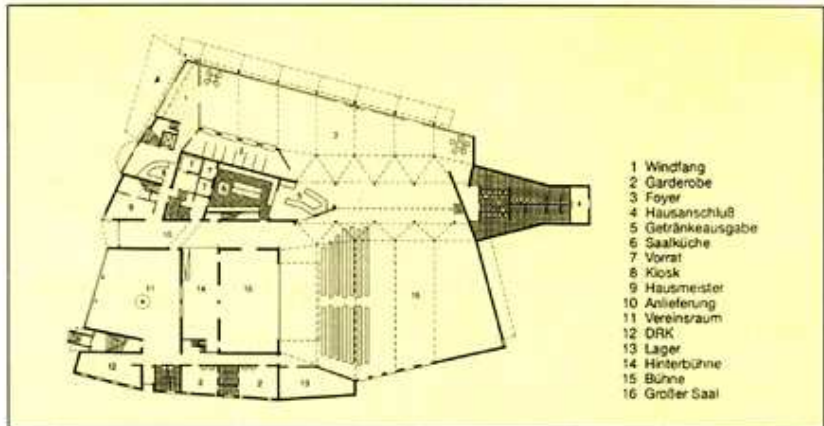


Abb. 2: Die Kulturhalle Remchingen

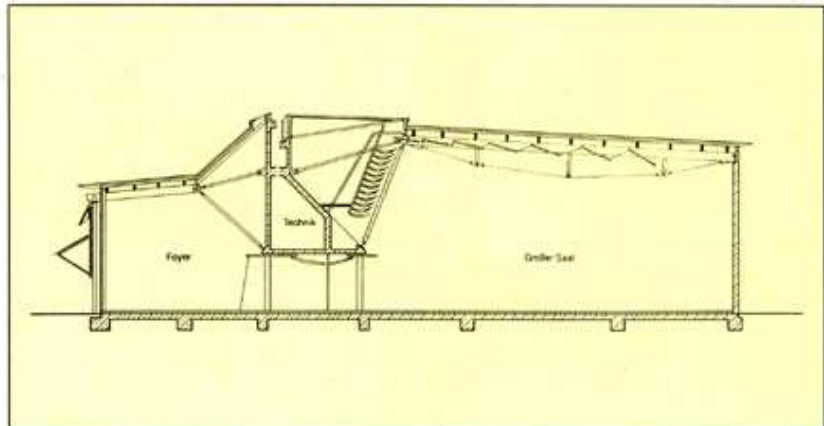


Abb. 3: Optimierte Tageslichtlenktechnik des großen Saals

hältnisse gewöhnen müssen. Ein weiteres Problem war die seitliche Lage des Oberlichts, die eine von der Lichtöffnung in die Raumtiefe abnehmende Tageslichtintensität verursachte. Diese Lichtachse wäre ohne lichttechnische Maßnahmen (Abb. 3) quer zur von Bühne und Zuschauerraum gebildeten Raumachse verlaufen und hätte zu einer Beunruhigung und Störung des Raumes geführt.



Abb. 4: Reflektorische Umlenkelemente im Bereich der Dachebene

Versuchsbeschreibung

Die entworfenen Lichtführungselemente wurden in ein Modell im Maßstab 1 : 10 stufenweise eingebaut und bei künstlichem Himmel im Labor der Firma Bartenbach vermessen.

Um die Lichtverteilung zu erfassen, erfolgte zunächst eine Messung ohne Einbau lichtlenkender Systeme. Bei einem Verhältnis von Raumhöhe zu Raumtiefe von 1 : 2 entsteht beim Lichtverlauf eine Abnahme zur Raumtiefe hin im Verhältnis 1 : 12. Zuerst wur-

den reflektorische **Umlenkelemente** (Spiegel) auf einer 45° geneigten Ebene im Dachbereich installiert (Abb. 4). Die Reflektoren bewirken durch die Tageslichtumlenkung über die Decke eine Erhöhung der Tageslichtmenge zur Raumtiefe hin sowie eine verbesserte Lichtverteilung von 7 : 1. Flachere Neigungswinkel führten zwar zu einer Art Blendenschutz, aber auch zu einer Abnahme der Tageslichtmenge im Raum.

Diese Konstruktion wurde in einem weiteren Versuch im Bereich der Oberlichtverglasung durch ein **Ausblendraster** (Abb. 6) erweitert, welches das Licht unter einem Winkel von 45° zur Vertikalen ausblendete und damit die Leuchtdichte des Oberlichts reduzierte. Mit dieser Maßnahme wäre ein Blendenschutz auf Kosten der Lichtverteilung erreicht worden, die sich wiederum auf das Verhältnis 10 : 1 verschlechtert hätte.

Im 4. Versuchsaufbau wurden die Reflektoren an der Decke in unterschiedlichen Winkeln angeordnet, so daß sie das Licht stärker in die Raummitte lenkten. Dadurch bildete sich ein Raumschwerpunkt und eine 3 m breite, schwächer belichtete Randzone. Unterhalb der Tageslichtöffnung entstand ein Lichtmaximum, das sich auf das Raummilieu negativ auswirkte. Erst mit Umlenkklammern (Abb. 7) im Bereich der Dachstützen konnte es abgebaut werden. Dadurch wurde das Tageslicht auf die Reflektoren an der Decke umgelenkt und zusätzlich sowohl das direkt einfallende Licht als auch dessen Spiegelung ausgeblendet. Auf das Ausblendraster in der Verglasungsebene konnte verzichtet werden.

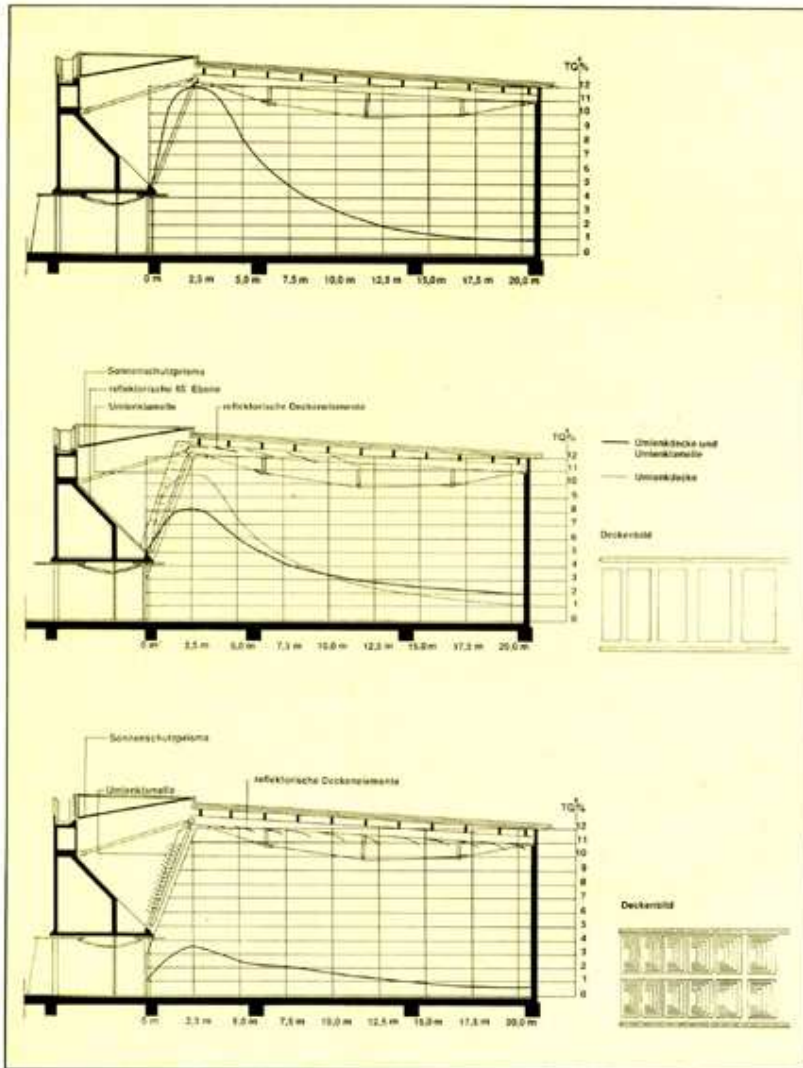


Abb. 5: Lichtverteilung im Raum. a) vor Einbau lichtlenkender Systeme; b) mit Umlenkklappen und reflektorischen Deckenelementen; c) verbesserter Versuchsaufbau mit Umlenkklappen und reflektorischen Deckenelementen

Die Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung erreichte ein Verhältnis von 3,9 : 1 (Abb. 5 b).

In weiteren Versuchsaufbauten wurden extrem große Umlenkklappen – **Segel** (Abb. 8) – angebracht, die zum einen den Einblick auf das Oberlicht verhinderten, zum anderen das Lichtmaximum unterhalb des Oberlichts abzubauen und eine effektivere Lichtumlenkung über die Lenkdecke bewirkten. Das Verhältnis der Lichtverteilung verschob sich auf 4,7 : 1. Allerdings blieb das Raumklima weiterhin gestört, da die Helligkeit hinter den Lenksegeln erhöht und damit dieser Bereich stärker als Hauptbereich der Nutzerebene betont wurde.

Um den Einblick auf die Spiegelebene zu verhindern, wurden die Umlenkklappen in Form und Anordnung entsprechend ausgerichtet. Im Bereich der Galerie (Beleuchter, Regie) mußten die Lamellen allerdings weggelassen werden, um den Blickkontakt zur Bühne nicht zu beeinträchtigen. Das hatte den Nachteil, daß der Blick auf die Spiegelebene erneut frei wurde und das Wahrnehmungsempfinden gestört wurde. Zur Beseitigung dieser Störung, wurde die Verspiegelung entfernt. Die geneigte Ebene erhielt dadurch einen dem Raum gemäßen Reflexionsgrad und das

Ausblenderaster im Bereich des Oberlichts konnte entfallen.

Mit dieser Konstruktion wurde eine Lichtverteilung im Verhältnis von 4,7 : 1 und eine drastisch reduzierte Blendung erreicht (Abb. 5 c).

Detaillierte Ausarbeitung der Umlenkssysteme

Im Anschluß an die Versuchsreihe wurden die einzelnen lichttechnischen Elemente gestalterisch dem Raum angepaßt und lichttechnisch optimiert. Schließlich erfolgte eine Nachprüfung der theoretischen Ergebnisse im Modell (Maßstab 1 : 10) und im Rohbau (Maßstab 1 : 1).

Das Tageslichtlenksystem besteht aus einer Kombination aus Lamellenfront und Umlenkdecke.

Aufgabe der **Lamellenfront** ist die Umlenkung des vom Oberlicht kommenden Lichtstromes in den Deckbereich.

Es wurden zwei nach verschiedenen Prinzipien funktionierende Arten von Umlenkssystemen in der Lamellenfront entwickelt:
 – schaufelartige Umlenkklappen
 – „fisch“artige Umlenkklappen.



Abb. 6: Ausblenderaster im Bereich Oberlichtverglasung



Abb. 7: Umlenkklappen



Abb. 8: Umlenksegel

Die schaufelartigen Umlenkklappen reflektieren das Licht an der Konkaven Fläche. Dagegen lenken die „fisch“artigen Lamellen das Licht mit Hilfe dreier geometrischer Flächen mehrfach um.

Die Funktion der **Umlenkdecke** liegt darin, das Tageslicht gleichmäßig von der Decke auf den Boden zu verteilen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden unterschiedliche Formen von Deckenelementen – ebene, gekrümmte und Kombinationen daraus – sowie ihre Anordnung untersucht. Versuche zeigten, daß schaufelförmige Lamellen mehr Licht in die Tiefe des Raumes bringen als „fisch“förmige und im Zusammenwirken damit plane Umlenk-Deckenelemente mit zunehmendem Abstand in Richtung Raumtiefe günstig waren. Als optimales Reflektormaterial erwies sich seidenmattes Reflektorblech (Alamod 1520 G 4). Es wurde zusätzlich mit einem Flächenanteil von 12,4% punktförmig weiß bedruckt, um die Lichtfarbe angenehmer zu machen.

Sonnenschutz

In die Isolierverglasung der Kulturhalle wurde ein feststehendes Prismensystem als Sonnenschutz eingesetzt, das winkelabhängig eine unterschiedliche Lichtdurchlässigkeit aufweist. Nur Licht, das in einem Winkel über 60° auftrifft, kann die Verglasung passieren. Diese Konstruktion erlaubt eine weitgehende Trennung von Sonnenschutzwirksamkeit und Lichtdurchlässigkeit.

Die Sonnenschutzprismen halten das Sonnenlicht zu 85% ab. Bei bestimmten Sonnenständen entstehen hierdurch leicht diffuse Sonnenflecken, die über das Tageslichtlenksystem in den Raum geführt werden und das Raumklima beleben.

ERFAHRUNGEN MIT DER TAGESLICHTTECHNIK DER KULTURHALLE REMCHINGEN

Die modelltechnische Simulation hat sich als sicherste Lösung erwiesen, Quantität und Gestaltung des Tageslichtlenksystems zu ermitteln. Messungen im Modell erwiesen sich mit denen im Maßstab 1:1 vergleichbar. Das Spektrum denkbarer Nutzungsmöglichkeiten gegenüber reinen Kunsträumen wird wesentlich ausgeweitet. Neben gängigen Abendveranstaltungen können ohne weiteres Aktivitäten angeboten werden, die zusammen mit dem Saal sowohl das Foyer als auch den Außenbereich umfassen, z.B. Ausstellungen.

Optimierungsmöglichkeiten

Das realisierte Tageslichtlenksystem im Saal der Kulturhalle Remchingen zeigt Optimierungsmöglichkeiten auf, die für zukünftige Projekte dieser Art von Nutzen sind.

Eine Optimierung des Tageslichtverlaufs und der Tageslichtmenge könnte durch eine zweiseitige Belichtung erreicht werden.

Lichteintrittsfläche, 45° geneigte Ebene, Lichtlenksystem und Umlenkdecke bilden zusammen eine lichttechnische Funktion, die durch eine andere Geometrie der Lichtöffnung positiv beeinflusst werden könnte.

Die Verspiegelung der 45° geneigten Ebene könnte bestehen bleiben, da dadurch eine Optimierung der Tageslichtverteilung, für die gegenüberliegende Wandfläche erreicht würde. Aufgrund der zuletzt benutzten Anordnung, wäre vermutlich eine nachteilige Blendwirkung ausgeschlossen.

Eine höhere Lichtdurchlässigkeit und bessere -verteilung könnte durch eine Optimierung des Sonnenschutzsystems erzielt werden, d.h. entlastete Klimatechnik und bessere Sonnenschutzwirksamkeit. Eine Steigerung der Lichtdurchlässigkeit kann darüber hinaus durch bewegliche Prismensysteme erreicht werden, die inzwischen sowohl als innenliegende als auch außenliegende Systeme im Seiten- und Oberlichtbereich ausgeführt werden.

LITERATUR:

Striffler, H. (Technische Hochschule Darmstadt): Qualifizierte Ausleuchtung einer größeren Versammlungshalle mit Hilfe von Tageslichtumlenkung. Abschlußbericht zum BMFT-Fördervorhaben 0329037 A. Darmstadt, 1992.

Bildnachweise: Abb. 1: Prof. Robert Häusser, Mannheim; Abb. 4, 6, 7, 8: Lichtplanungslabor Christian Bartenbach, Innsbruck

Weitere Informationen zu diesem und anderen Projekten des BMFT sowie zu Neuen Energietechniken, nachwachsenden Rohstoffen und Umwelt sind erhältlich bei:

Dieser vom BMFT geförderte kostenlose BINE-Projekt-Info-Service informiert mehrmals jährlich über Projekte des BMFT und kann abonniert werden.



Informationsdienst

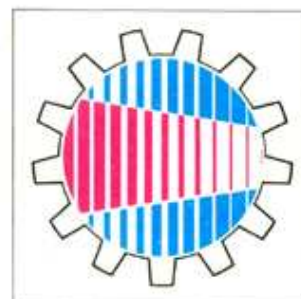
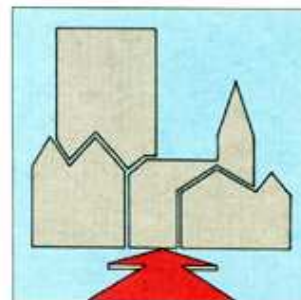
Mechenstr. 57 · 53129 Bonn
Telefon: 02 28 / 23 20 86

Herausgeber:

Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Redaktion: Dr. Franz Meyer, Dipl.-Geol. Renate Heinrichs

Nachdruck des Textes mit Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares zulässig.
Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung des jeweils Berechtigten.



PROJEKT-ORGANISATION

Förderkennzeichen:
0329037 A

Förderung des Vorhabens:
Bundesministerium für
Forschung und
Technologie (BMFT)
Heinemannstr. 2
5300 Bonn 2

Projektentwicklung im
Auftrag des BMFT:
Forschungszentrum
Jülich GmbH
Projektträger Biologie,
Energie, Ökologie (BEO)
Dipl.-Ing. A. Le Marié
Postfach 19 13
5170 Jülich

Durchführung des Vorhabens:
Technische Hochschule
Darmstadt
FB 15: Architektur
Fachgebiet Entwerfen und
Gebäudekunde
Prof. Helmut Striffler
Petersenstr. 15
6100 Darmstadt Lichtwiese