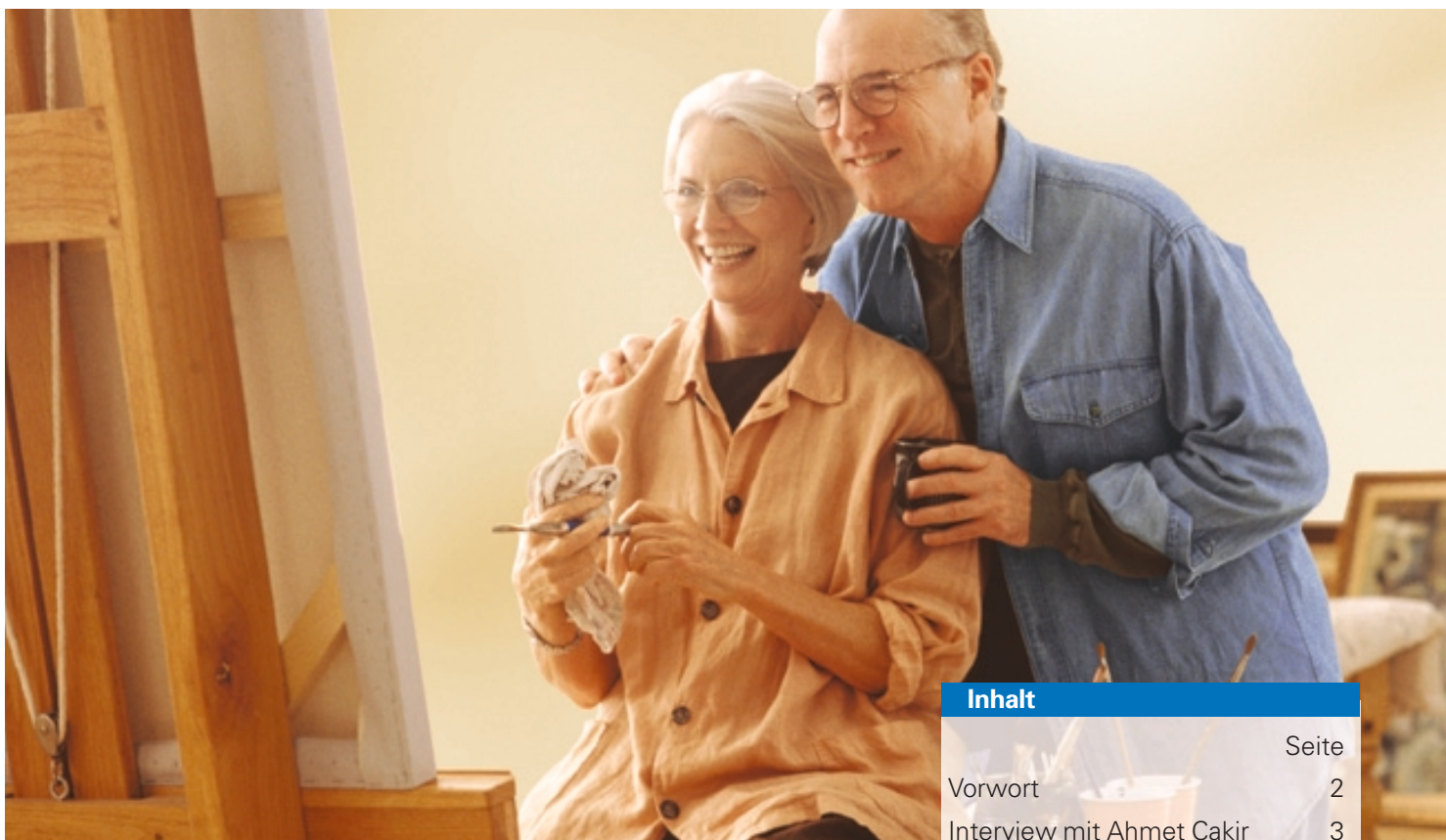


Tageslicht und Ergonomie

Heft 13



Leben und Arbeiten mit Tageslicht

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Interview mit Ahmet Çakir	3
Magische Faktoren	4
Grundlage für die Tageslichtplanung	6
Abhängigkeit von der Raumnutzung	7
Medizinische Lichtblicke	10
Tageslicht verbessert die Sehleistung	12
Raumkonzept + Lichtkonzept = Raumqualität	14
Wirtschaftliche Betrachtung	15
Lichtkuppeln und Lichtbänder	16
Form folgt Funktion	18
Fazit	19
Der FVLR stellt sich vor	20

Wohlbefinden zum Nulltarif

Die Energie der Sonne – rund 150 Milliarden Megawatt – ist nach menschlichem Ermessen unerschöpflich und kostenlos. Die Intensität dieser enormen Energie schwankt auf der Erde im Laufe des Tages, mit den Jahreszeiten und den Witterungsbedingungen. Während im Sommer bei klarem Himmel eine Beleuchtungsstärke von über 100.000 Lux erreicht wird, versorgt uns der hellste Stern im Winter bei bedecktem Himmel mit nur wenigen Lux. Mit anderen Worten: Im Gegensatz zu einer künstlichen Lichtquelle beleuchtet uns die Sonne nicht gleichmäßig. Es wäre jedoch ein Fehler, daraus abzuleiten, dass die künstliche Beleuchtung die bedeutendere von beiden ist. Im Gegenteil: Tageslicht übt eine Reihe komplexer physischer und psychischer Wirkungen auf den Menschen aus. Medizinische Forschungen bestätigen seinen Einfluss auf den menschlichen Organismus, den Hormonhaushalt, das Schlafbedürfnis und die Psyche. Natürliches Licht hebt die Stimmung; künstliche Beleuchtung mit stets konstanter Helligkeit, Farbe und Richtung wirkt dagegen steril und ermüdend. Somit ist ausreichende Beleuchtung mit Tageslicht ein wesentlicher Faktor für das menschliche Wohlbefinden und nicht zuletzt für die Produktivität am Arbeitsplatz.

Vorübergehend gab es Tendenzen, das Bauen vorwiegend auf Kunstlicht auszurichten. Doch der Versuch, das natürliche Tageslicht zu imitieren oder gar zu verbessern, ist gescheitert und wird wohl für immer ein Wunschtraum bleiben.



Dipl.-Ing.
Ernst-Thomas
Reuther, Vor-
sitzender der
Öffentlichkeits-
arbeit des
FVLR

Mit Lichtkuppeln und Lichtbändern können vor diesem Hintergrund Innenräume mit Tageslicht effektiv beleuchtet werden. Die Investitionen amortisieren sich über die Einsparung von Stromkosten in wenigen Jahren. Lichtkuppeln und Lichtbänder sind daher aus der modernen Architektur nicht mehr wegzudenken. Ihre Anordnung auf dem Dach ermöglicht erst die freie Gestaltung der Fassade, die Anpassung der Beleuchtung an die jeweiligen Nutzungsansprüche und eine gleichmäßige Ausleuchtung.

Auf den folgenden Seiten erfahren Sie ausführlich, welche Möglichkeiten der Tageslichtnutzung hauptsächlich unter ergonomischen, aber auch unter architektonischen und technischen Aspekten bestehen. Das vorliegende Heft fasst die Ergebnisse der wissenschaftlichen Studie „Tageslicht“ zusammen, die der Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen e.V. (FVLR) in Auftrag gegeben hat.

Ernst-Thomas Reuther
Projektleiter „Tageslicht“ im FVLR

Studie „Tagesli

Frage: Auf welchen Zeitraum war die Studie angelegt?

Antwort: Die Laufzeit des Projekts war zunächst auf ein Jahr festgelegt. Es sollte ggfs. auf drei Jahre erweitert werden.

Frage: War eine Studie „Tageslicht“ nicht längst überfällig?

Antwort: Das Tageslicht wurde jahrelang nicht angemessen gewürdigt und stiefmütterlich behandelt. Dies gilt für mehrere Disziplinen, insbesondere aber für die Lichttechnik und für die Arbeitswissenschaft. Unser Institut hat sich bereits seit mehr als zehn Jahren mit Fragen von „Licht und Gesundheit“ im Bürobereich befasst und ist dabei immer wieder auf die positive Wirkung des Tageslichts gestoßen, selbst bei der Bildschirmarbeit, bei der Tageslicht bisher als verpönt galt. Die vorliegende Studie hat uns die Möglichkeit geboten, diese Arbeiten zu vertiefen und die Palette der Aspekte zu erweitern.

Frage: Welche Zielsetzung wurde mit der Untersuchung verfolgt?

Antwort: Der Nutzen des Tageslichts sollte von mehreren Standpunkten aus betrachtet und bewertet werden, so aus Sicht der Raum- und Gebäudegestaltung, der Energieeinsparung, der Gesundheitsförderung und der Akzeptanz durch die Benutzer. Die von uns ins Auge gefassten Aspekte betreffen den Einfluss des Tageslichts auf Gesundheit, Sehkomfort, Wohlbefinden und Produktivität.

Frage: Wie werden die Ergebnisse bewertet?

Antwort: Die Ergebnisse werden positiv bewertet. So lassen sowohl die Literaturrecherche in der medizinischen Literatur als auch arbeits-



Das Thema „Dachlichtöffnungen“ im Flachdach wurde in der Vergangenheit meistens im Zusammenhang mit dem Rauch- und Wärmeabzug behandelt. Doch immer stärker zeichnete sich parallel dazu bei Architekten und Planern ein steigendes Interesse an der Tageslichtnutzung in Gebäuden ab. Aktuelle Forschungen hierzu fehlten bisher weitgehend. Grund genug für den FVLR, namhafte Wissenschaftler mit der Studie „Tageslicht“ zu beauftragen. Dr.-Ing. Ahmet Çakir vom Berliner ERGONOMIC Institut für Arbeits- und Sozialforschung untersuchte insbesondere die Tageslichtnutzung im Hinblick auf ergonomische Aspekte wie Sehleistung, Augenbelastung und Gesundheit.

wissenschaftliche Untersuchungen eindeutig erkennen, dass das Tageslicht für den arbeitenden Menschen eine gesundheitsfördernde Wirkung hat. Zu betonen ist, dass die Wirkung wesentlich mit der Quantität und Qualität des Tageslichts zusammenhängt und nicht nur mit der Kommunikationswirkung von Fenstern, auf die die Arbeitsstättenverordnung abhebt.



Neben den gesundheitlichen Aspekten ist dem Tageslicht aber auch aus architektonischen, d.h. gebäude- und raumgestalterischen, sowie aus ökologischen und ökonomischen Aspekten ausreichende Aufmerksamkeit bei der Gebäudeplanung zu widmen. Hierbei kommt den Oberlichtern gegenüber den Seitenlichtern wie Fenstern insbesondere in größeren Räumen mit großer Bautiefe eine besondere Bedeutung zu, da mit Oberlichtern hier eine wirtschaftliche Lösung der Tageslichtnutzung möglich ist. Zudem kann durch geeignete Anzahl und Anordnung eine wesentlich günstigere Gleichmäßigkeit bei der Beleuchtungsstärkeverteilung erreicht werden.

Frage: Was konnte konkret bereits auf Grund der Untersuchungsergebnisse bewirkt werden?

Antwort: Als ein erstes Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Untersuchungsergebnisse in die inzwischen entfachte Diskussion um das Tageslicht am Arbeitsplatz eingehen. So ist für die neuen Regelwerke zur Beleuchtung von Arbeitsstätten für das Tageslicht ein völlig neuer Ansatz vorgesehen. Wir gehen davon aus, dass diese Diskussion weitergeführt wird und auch für die künstliche Beleuchtung neue Sichtweisen mit sich bringt.

Frage: Wo sehen Sie noch Forschungslücken, die geschlossen werden müssen?

Antwort: Die Fragestellung „noch Forschungslücken“ suggeriert, dass das Wichtigste zum Tageslicht erforscht sei. In Wirklichkeit stehen wir ziemlich weit am Anfang. Obwohl unser Leben buchstäblich von der Sonne geschaffen worden ist, wissen wir noch zu wenig über die Rolle des Tageslichts unter unseren heutigen Lebensumständen, wo ein Großteil der Bevölkerung der Industriestaaten fast 90 Prozent seines Lebens in geschlossenen Räumen verbringt. Ich will lieber zwei große Bereiche für Forschung nennen:

1. Bestimmen der Qualitäten des Tageslichts, die für die positiven Wirkungen verantwortlich sind. Beispielsweise Lichtfarbe, Farbwiedergabevermögen, Spektrum der Sonnenstrahlung, Lichtmenge oder die Dynamik des Tageslichts.
2. Intelligente Nutzung der Qualitäten, die das natürliche Licht bietet in der Arbeitswelt bzw. in der Architektur unserer Städte und Gebäude.

Magische Faktoren

Die Ergonomie weist zum einen direkte Bezüge zu Licht und Beleuchtung auf und zum anderen mittelbare über das Sehen. Der direkte Bezug besteht zum Beispiel darin, dass das zum Arbeiten benötigte Licht auch unangenehme Nebenwirkungen wie Blendung oder Wärmestrahlung mit sich bringen kann, die beseitigt oder zumindest begrenzt werden müssen.

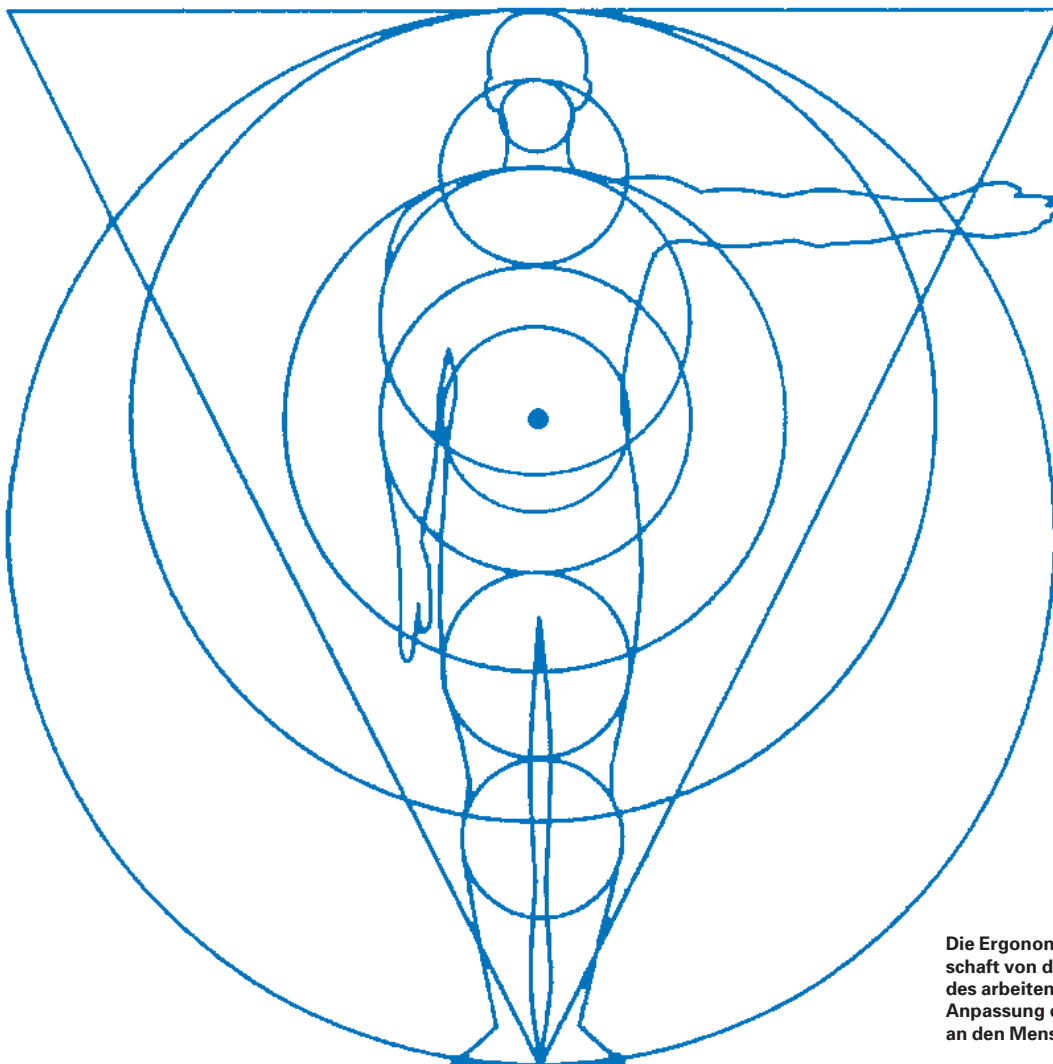
■ Der mittelbare Bezug über das Sehen lässt sich z.B. damit erklären, dass bestimmte Aufgaben nur bei geeignetem Licht erfüllt werden können. Auch lassen sich beispielsweise bestimmte Arbeitsunfälle auf mangelhafte Beleuchtung zurückführen.

Bei einer ganzheitlichen Betrachtungsweise der ergonomisch relevanten Aspekte der Arbeit werden vier Grundfaktoren in gegenseitiger Abhängigkeit behandelt. Vorbild für

diese Grundfaktoren ist das magische Viereck, das in der Wirtschaftspolitik gebräuchlich ist. Diese Faktoren sind:

- Menschliche Leistungsfähigkeit
- Zuverlässigkeit
- Arbeitssicherheit
- Wirtschaftlichkeit

In allen vier Punkten lässt sich ein Einfluss der Beleuchtung nachweisen, positiv oder negativ.



Die Ergonomie [griech.] ist die Wissenschaft von den Leistungsmöglichkeiten des arbeitenden Menschen und der Anpassung der Arbeit(sbedingungen) an den Menschen.



Unser Auge

Der menschliche Sehapparat ist auf die natürliche Lichtquelle Tageslicht optimiert. Unser Auge kann sich durch Öffnen oder Schließen der Pupille wechselnden Lichtverhältnissen hervorragend anpassen. Dies ermöglicht uns zwar das Sehen auch bei schwacher Beleuchtung, doch schlechte Lichtverhältnisse strengen uns übermäßig an und führen zu Ermüdungserscheinungen. Die Produktivität sinkt, Fehlerquote und Unfallgefahren steigen.

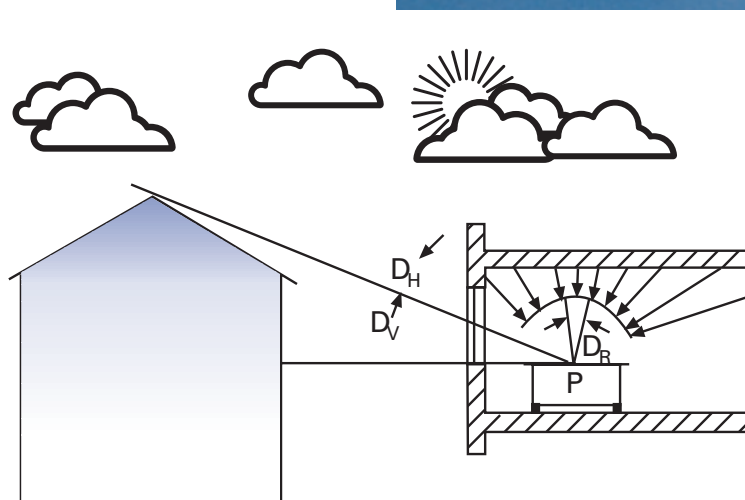
Grundlage für die Tageslichtplanung

■ Die Arbeitsstättenrichtlinien enthalten Vorgaben zur Sichtverbindung nach außen (ASR 7/1), die sich auch auf die Beleuchtung auswirken. Die Richtlinien enthalten zur Zeit aber noch keine Bestimmungen zur Nutzung des Tageslichts für die Beleuchtung von Arbeitsstätten, weder durch Seiten- noch durch Oberlichter.

In Deutschland gilt die DIN 5034 als anerkannte Grundlage für die Tageslichtplanung. Sie ist nicht verpflichtend, kann aber durch Verweise

in relevanten Vorschriften einen bindenden Charakter für Bauherren und Architekten erhalten. In dieser Norm wird eine Bewertung der Tageslichtöffnungen von Gebäuden in Bezug auf Sichtverbindungen nach außen, Beleuchtung mit Tageslicht, Besonnung, Sonnenschutz, Schutz vor kurzwelliger Strahlung und sonstige bauhygienische Aspekte vorgenommen. Zudem werden Empfehlungen für die Dimensionierung von Tageslichtöffnungen gegeben, um ausreichend mit natürlichem Licht versorgte Räume zu gewährleisten.

In der DIN 5034 wird der Tageslichtquotient D als relatives Maß für das einfallende Licht definiert, und es werden Richtwerte angegeben. Der Tageslichtquotient D ist das Verhältnis der Beleuchtungsstärke in einem Punkt einer gegebenen Ebene zur gleichzeitig vorhandenen Horizontalbeleuchtungsstärke im Freien bei unverbauter Himmelskugel, also ohne Beschattung, beispielsweise durch Nachbargebäude. Der Quotient ist für den bedeckten Himmel definiert. Der Einfluss von direktem Sonnenlicht auf die Raumbeleuchtung bleibt unberücksichtigt.



Der Tageslichtquotient setzt sich aus Himmelslichtanteil, Außenreflexionsanteil und Innenreflexionsanteil zusammen. Beim Einsatz von Dachoberlichtern ist der Außenreflexionsanteil zu vernachlässigen.

DIN 5034 ist die anerkannte Grundlage für die Tageslichtplanung.

DIN

5034

Abhängigkeit von der Raumnutzung

Letztlich gibt es keine „gute“ oder „schlechte“ Beleuchtung. Die Anforderungen an die Beleuchtung von Innenräumen sind abhängig von der Nutzung des Raumes. Entsprechend ihren spezifischen Merkmalen und den sich daraus ergebenden Anforderungen an die Beleuchtung werden die Tätigkeiten in unterschiedliche Gruppen eingestuft.

Quantifiziert werden die Anforderungen an die Stärke der Innenbeleuchtung durch die nachstehende Tabelle. Sie gibt für die einzelnen Anspruchsgruppen Erfahrungswerte des Tageslichtquotienten an. Festgelegt wird, wie viel Prozent der „Norm-Außenbeleuchtungsstärke“ von 5.000 Lux mindestens in den Innenraum gelangen müssen, um eine ausreichende Tageslichtversorgung sicher zu stellen.

Die Sichtweise, dass der Nutzungszweck angemessen sein muss, entspricht dem Gebrauchstauglichkeitskonzept, das in der DIN EN ISO 9241-11 beschrieben ist.

80 Jahre lang wurde das Bewusstsein gepflegt, dass unter Beleuchtung von Arbeitsstätten nur die künstliche Beleuchtung zu verstehen ist. Dies fand seinen Niederschlag u.a. in der bisherigen Arbeitsstättenverordnung, aber auch in der Welt der Normung.

„Gebrauchstauglichkeit: Das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen.“

	geringe Ansprüche	mäßige Ansprüche	hohe Ansprüche	sehr hohe Ansprüche
 Verkaufsräume	Abstellräume grobe Lagergüter	kleine Lagerwaren	Verkauf	Verkauf
 Metallherstellung	Großgießen Großwalzen	Handguß, Spritzguß Kokillenguß, Walzen	Handformerei, Kernmacherei, Kontrollen	
 Metallbearbeitung	Schmieden Schuppen Sandstrahlen	Drehen, Bohren, Fräsen, Biegen, Schneiden, Schweißen	Feinarbeiten, Feinmontage, Polieren	Werkzeuglehren und Vorrichtungsbau
 Baustoffe	Zementherstellung und Verarbeitung	Emaillieren Glasieren	Schleifen, Ätzen, Polieren	
 Elektrotechnik	Sägegatter	Kabelherstellung einfache Montagen	Fein- und Endmontage	Feinst-Montage, Justieren, Prüfen
 Holzbearbeitung		Hobeln, Sägen, Leimen, Fräsen, Zusammenbau	Polieren, Lackieren, Drehseln	

Gebrauchstauglichkeit nach
DIN EN ISO 9241-11

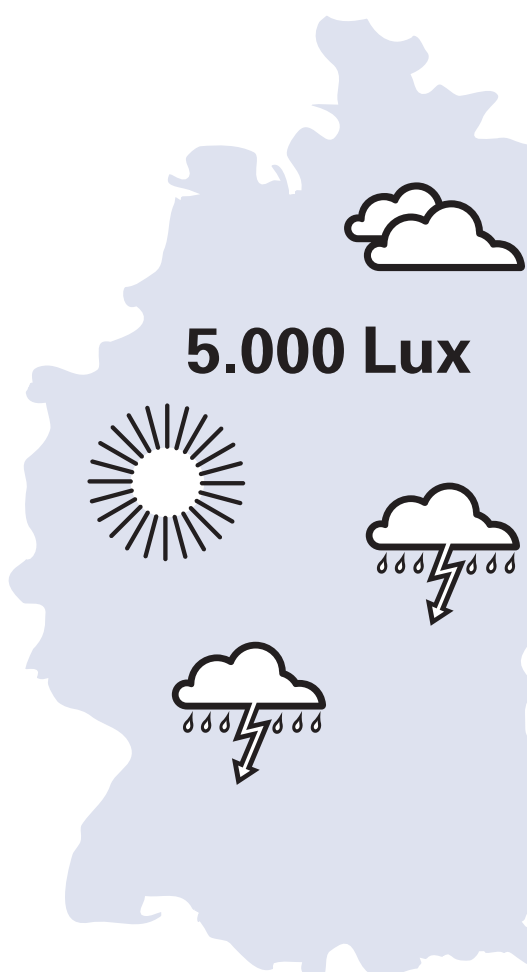
Das Konzept der Gebrauchstauglichkeit erlaubt es, dem Tageslicht heute eine Rolle in der Beleuchtung von Arbeitsstätten zuzuweisen. Das Konzept bietet die Möglichkeit, die objektiven Qualitätsmerkmale einer Tageslichttechnik auf die Erfüllung der Anforderungen eines bestimmten Objektes hin zu prüfen. Das Prüfergebnis ist dabei nicht eindimensional wie z.B. im Sinne von „geeignet – ungeeignet“, vielmehr differenziert es nach drei Kriterien. Ein Ergebnis

in einem fiktiven Projekt könnte z.B. wie folgt lauten:

- **Effektivität** – 80 Prozent der Arbeitsplätze im Gebäude erhalten über 70 Prozent der Arbeitsstunden eine für die Sehaufgaben hinreichend hohe Beleuchtungsstärke.
- **Effizienz** – Der Krankenstand geht bei Arbeitsstätten mit Tageslichtbeleuchtung um 10 Prozent gegenüber ausschließlicher Kunstbeleuchtung zurück.
- **Zufriedenstellung** – Die Zufrieden-

heit der Benutzer des Gebäudes mit den räumlichen Gegebenheiten beträgt bei der Tageslichttechnik 70 Prozent (bei der Kunstlichttechnik nur 40 Prozent).

Das Konzept ermöglicht den Entscheidern, die objektive Qualität von Raumkonzepten und Techniken unter den Randbedingungen ihres Projektes mehrdimensional zu bewerten.



Standardwert: 5.000 Lux

Um die für eine gute Innenraum-Ausleuchtung erforderlichen Lichtöffnungen rechnerisch zu ermitteln, ist ein empirischer Basiswert der Außenbeleuchtungsstärke maßgebend. Normalerweise kann für alle Orte in Deutschland der Standardwert von 5.000 Lux angenommen werden. Dieser Wert gilt für den gleichmäßig bedeckten Himmel. Er wird von der tatsächlich vorhandenen Außenbeleuchtung an 85 Prozent aller Tage in der Hauptarbeitszeit von 8:00 bis 17:00 Uhr erreicht bzw. in vielen Fällen übertroffen, bei teilweise bedecktem bzw. heiterem Himmel noch länger. Lichtkuppeln und Lichtbänder machen einen Teil dieser 5.000 Lux in Innenräumen nutzbar.



Mindestwert des Tageslichtquotienten in Abhängigkeit von der Art der Ansprüche an die Beleuchtung	
Art der Ansprüche an die Beleuchtung	Mindestwert des Tageslichtquotienten D (%)
gering	1
mäßig	2
hoch	5
sehr hoch	10



Medizinische Lichtblicke

■ In den letzten Jahren haben sich Humanbiologie, Allgemeinmedizin und Psychologie zunehmend mit den Auswirkungen von Licht auf den Menschen befasst. Da sich die Einflüsse allgemeiner Art und solche, die mit der organisierten Arbeit verbunden sind, wegen der Wechselwirkung zwischen dem Arbeitsleben und dem Privatleben nicht trennen lassen, werden sie hier als ein gemeinsamer Betrachtungsgegenstand der Ergonomie angeführt. Im Rahmen des Projektes „Tageslicht“ wird gezeigt, dass die Gesundheit über das früher bekannte und vorstellbare Maß hinaus vom Licht beeinflusst wird.

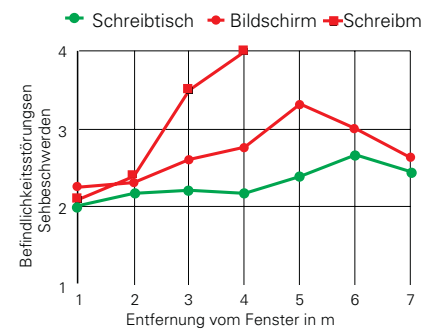
So ist künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten eine der wichtigsten Ursachen des so genannten Sick Building Syndromes, während die natürliche Beleuchtung die Gesundheit auch dann positiv beeinflusst, wenn sie unübersehbare Störungen wie Wärme oder Blendung durch Spiegelungen auf dem Bildschirm verursacht. Menschen, die unter ungünstigen Lichtverhältnissen arbeiten, fühlen sich demnach eher ermüdet, haben mehr Kopfschmerzen oder leiden häufiger unter Konzentrationsschwäche. Je weiter der Arbeitsplatz im Rauminnern und damit von Seitenfenstern entfernt liegt, desto stärker fallen die Beschwerden aus. Winterdepressionen entstehen ebenso infolge Lichtmangels. Die Erkrankung ist keine Ausnahmereischeinung. Betroffen sind schätzungsweise etwa ein Viertel der Bevölke-

rung Mittel- und Nordeuropas. Winterdepressionen lassen sich erfolgreich mit natürlichem Licht therapieren. Daher kann man auch im Umkehrschluss davon ausgehen, dass unterbliebene positive Auswirkungen des natürlichen Lichts auf den menschlichen Körper zu Erkrankungen führen können. Die Historie der Rachitis und ihre Abhängigkeit vom Licht ist ein weiteres Beispiel.

Derzeit wird darüber hinaus die Wirkung auf die Entstehung von Brust-, Dickdarm- und Prostatakrebs diskutiert, bei denen eine geografische Abhängigkeit festgestellt wurde. So ist beispielsweise nachgewiesen worden, dass die Überlebensrate bei Brustkrebs dort höher ist, wo mehr Sonnenlicht auf den Menschen einwirkt.

Eine zweite Auswirkung betrifft die Melatoninproduktion des Körpers, die durch Lichteinwirkung positiv beeinflusst wird. Das Hormon Melatonin steuert den Wach-Schlaf-Rhythmus. Künstliche Beleuchtung kann die natürliche Melatoninproduktion behindern, wenn sie in den Dunkelstunden genutzt wird. Dieser Effekt wiederum bewirkt eine Minderung der Östrogenproduktion bei Frauen, was eine Erhöhung des Brustkrebsrisikos nach sich ziehen kann.

Diesbezügliche Wirkungen des Lichts stehen zur Zeit im Mittelpunkt des Interesses sowohl in der Medizin als auch in der Arbeitsmedizin. Die noch vor wenigen Jahrzehnten von Arbeitsmedizinern vertretene Ansicht, dass



Auftreten gesundheitlicher Probleme in Abhängigkeit von der Beleuchtung des Arbeitsplatzes (hier Sehbeschwerden). Je näher der Arbeitsplatz am Fenster platziert ist, desto geringer fallen die Probleme aus.

der Ausschluss von Tageslicht keine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit haben könne, wird heute ebenso wenig Gehör finden wie die Behauptung, man könne mit künstlichen Lichtquellen tageslichtähnliche Situationen schaffen. Vielmehr ist damit zu rechnen, dass die medizinische Forschung noch weitere Erkenntnisse über die positive Wirkung des natürlichen Lichts zu Tage fördern wird.





Wenn der Tag zur Nacht wird

In der Natur sorgt am Tage eine Beleuchtungsstärke von 5.000 bis 100.000 Lux für Durchblick und gesunde körperliche Verfassung. Da der Mensch in der heutigen Zeit den größten Teil des Tages, bei der Arbeit und auch häufig in der Freizeit, in geschlossenen Räumen verbringt, erhält er nur einen Bruchteil des Sonnenlichts, das bei natürlicher Lebensweise auf ihn einwirken und seine Körperfunktionen steuern würde. In künstlich beleuchteten Umgebungen werden hingegen im Allgemeinen gerade einmal 500 Lux erzeugt. In künstlich beleuchteten Umgebungen herrscht daher biologisch gesehen Nacht. Mit Oberlichtern hingegen lassen sich auch über längere Tagesperioden hinweg in Innenräumen Beleuchtungsstärken erzeugen, die weit über denen der künstlichen Beleuchtung liegen und auch die Grenze für die biologische Wirksamkeit positiv überschreiten.



Tageslicht verbessert die Sehleistung

■ Die Sehleistung ist eine nicht hinreichend genau festgelegte Größe. In der Lichttechnik wird darunter in der Regel das Erkennen von Formen bzw. Kontrasten verstanden. Die hierzu nötigen Leistungen des visuellen Systems sind u.a. Sehschärfe, Unterschiedsempfindlichkeit, Formempfindlichkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit und die Anpassungsgeschwindigkeit des Auges an die Entfernung. Dabei hängen die Leistungen des Auges in erheblichem Maße von dem Leuchtdichteniveau ab, das wiederum durch die „Intensität“ der Beleuchtung auf das Sehobjekt bestimmt wird. Daher beruhen die meisten lichttechnischen Vorgaben – so auch die Bestimmungen der Normen – auf der Beleuchtungsstärke. Dieses Vorgehen hat mehrere Nachteile:

- Die Beleuchtungsstärke als integrale Größe bestimmt die Leuchtdichte des beleuchteten Objektes nur dann, wenn die Oberfläche eben und vollkommen matt ist. Dies ist aber in der Arbeits- und Lebensumwelt nicht der Normalfall. Weist ein Sehobjekt keine matte Oberfläche auf, kann das Licht aus einer bestimmten Richtung die Wirkung des Lichts aus einer anderen mindern oder sogar zunichte machen.
- Für die Berechnung der Beleuchtungsstärke ist es unerheblich, ob

das Licht aus einer großen Fläche mit einer relativ geringen Leuchtdichte (z.B. Oberlichtöffnung) einfällt oder aus einer kleinen mit entsprechend hoher Leuchtdichte (z.B. künstliche Beleuchtung mit energieeffizienten modernen Lampen). Nicht so für den Sehvorgang: Die Gefahr einer Direkt- oder einer Reflexblendung auf beleuchteten Objekten ist bei kleinen Lichtquellen hoher Leuchtdichte ungleich größer.

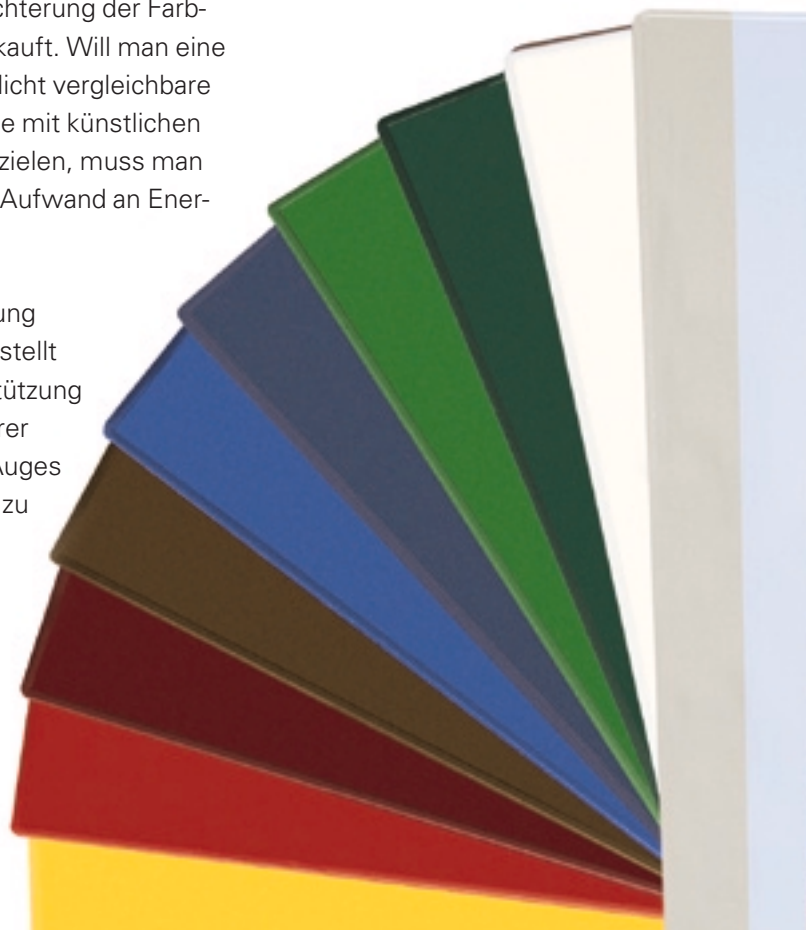
- Was unter dem Begriff Sehleistung verstanden wird, umfasst z.B. nicht das Farberkennen bzw. das Formenerkennen von körperlichen Objekten. Daher beruht die Erhöhung der Lichtausbeute moderner Energiesparlampen auf einem physikalischen Kunstgriff. Der Effekt wird zu einem erheblichen Teil mit einer Verschlechterung der Farbwiedergabe erkauft. Will man eine mit dem Tageslicht vergleichbare Farbwiedergabe mit künstlichen Lichtquellen erzielen, muss man einen höheren Aufwand an Energie leisten.

Was als Sehleistung bezeichnet wird, stellt somit die Unterstützung einiger elementarer Funktionen des Auges dar, die teilweise zu Lasten wichtiger Funktionen wie

z.B. Farberkennen geht. Will man eine Tageslicht- mit einer Kunstlichtinstallation üblicher Art vergleichen, müsste man allein wegen der Berücksichtigung der Farbwiedergabe-Eigenschaften die Kosten für das Kunstlicht etwa um 60 Prozent höher ansetzen. Und wenn man Oberlichter mit künstlicher Beleuchtung im Sinne der gesamten Leistungsfähigkeit des Auges einschließlich dem Erkennen von Formen und der Reflexblendung vergleicht, kann man in etwa ein Lux künstliches Licht mit zwei Lux Tageslicht gleichsetzen (**Kunstlicht benötigt also doppelt soviel Energie**).

Dynamik des Tageslichts

Im Rahmen der Entstehung von Großraumbüros in den 70er Jahren wurde bereits die Konstanz



der Umgebungsbedingungen diskutiert. Der Mensch sollte ungestört von widrigen Umständen seiner Arbeit nachgehen können. Aus diesem Grund wurde nicht nur eine wohl temperierte Umgebung geschaffen, sondern auch eine ständig gleich beleuchtete. Ziel war letztlich die Erhöhung der Arbeitsleistung. Bei genauerem Hinsehen stellte man allerdings fest, dass die gleichen Mittel, die die Experten für die Rationalisierung der Arbeit einsetzten, auch bei der Hühnerzucht angewendet wurden. Selbst eine fundierte und viel zitierte Publikation des Direktors des Instituts für Augenheilkunde der Universität von London, Weston, konnte zunächst daran nicht viel ändern. Weston schrieb 1954: „Unterschiedliche Helligkeitsverteilungen, unterschiedliche Helligkeitsniveaus gelten als ermüdend und einschläfernd. Um dies zu vermeiden, unterdrückt man visuell stimulierende Veränderungen in



der Umgebung. Aber Veränderung ist sogar mehr als die Würze des Lebens, sie ist die unverzichtbare Bedingung bewussten Lebens.“ Diese Veränderung der visuellen Umwelt liefert das Tageslicht ohne weiteres Zutun. Während man früher erfolglos versucht hat, die Dynamik des Tageslichts möglichst vollkommen zu beseitigen, versucht man heute, diese sogar künstlich nachzuvollziehen. Vor diesem Hintergrund noch einmal Weston: „Befürworter des in Mode gekommenen Helligkeits-Engineering haben empfohlen, dass ideale visuelle Bedingungen dann herrschen, wenn eine gleichförmige Helligkeit im Gesichtsfeld hergestellt wird. Es gibt nichts in der Physiologie, was diese Vorstellung unterstützt.“ Weiter führt er auf: „Es gibt eine inhärente (Anmerkung der Redaktion: innewohnende)

Eigenschaft der modernen künstlichen Beleuchtung, die nicht anstrengenswert ist. Das ist ihre Konstanz – eine viel gelobte Eigenschaft, von der behauptet wird, sie begründe die Überlegenheit der künstlichen Beleuchtung gegenüber der wechselhaften natürlichen Beleuchtung. Jedoch, auch wenn Konstanzhaltung von Bedingungen für einige kritische Sehaufgaben anstrengenswert ist, Konstanz ist eine nervtötende und abstumpfende Eigenschaft der künstlichen Beleuchtung.“



Der Aufwand für eine vergleichbare Farbwiedergabe ist bei Kunstlicht höher als bei Tageslicht.



Raumkonzept + Lichtkonzept = Raumqualität

■ Raumgestaltung ist die Synthese aus Raumkonzept, Lichtkonzept und Raumqualität. Aus der Verbindung von Raumkonzepten mit Lichtkonzepten ergeben sich Raumqualitäten. Eine Lichtöffnung verändert den Raumcharakter, je nach ihrer Größe oder ob sie in die Wandmitte, in die Raumecke oder in die Deckenfläche eingesetzt wird.

Seitenlichter können eine erstaunliche Vielfalt an Beleuchtungsfällen aufweisen. Sie sind vor allem in Räumen mit relativ geringer Tiefe gemessen an ihrer Höhe nutzbar. Ihnen steht eine nicht minder große Vielfalt an Oberlichtern gegenüber, die prinzipiell über die gesamte

Deckenfläche ausgedehnt, auf die Deckenmitte konzentriert oder zu den Rändern verschoben realisiert werden können.

Das Tageslicht muss in Räumen mit Dachoberlichtern sorgfältig geplant werden, denn nachträgliche Korrekturen sind aufwändig und kostenintensiv.

Durch die Öffnung von Raumbegrenzungsflächen werden neben den lichttechnischen Eigenschaften eines Raumes auch die thermischen Eigenschaften beeinflusst. Für eine erfolgreiche Tageslichtnutzung ist daher eine Optimierung des Zusammenspiels zwischen lichttechnischem und thermischem Verhalten notwendig.

Lichtminderung

Im Prinzip ist die Sonne eine Lichtquelle mit starken Schwankungen. Unabhängig von den jahreszeitlichen Veränderungen beeinflussen die Art, Häufigkeit und Form der Bewölkung sowie die Länge des Weges, die die Strahlung durch die Erdatmosphäre zurücklegen muss, die Intensität. Hinzu kommen die Luftzusammensetzung (Trübungs-faktoren), das Reflexionsvermögen des Bodens und die geografische Höhenlage. Die Hälfte der extraterrestrischen Sonnenenergie erreicht im weltweiten Mittel als diffuse oder direkte Strahlung die Erdoberfläche.

Wirtschaftliche Betrachtung

■ Bei Oberlichtern steht Tageslicht im Tagesschnitt länger zur Verfügung als bei senkrechten Fassaden. An bedeckten Tagen ist das Licht morgens früher und abends länger nutzbar, da das hellere Zenitlicht noch zur Verfügung steht. Für eine fiktive Halle von 800 Quadratmetern werden bei Annahme eines für die Praxis sinnvollen Tageslichtquotienten von 4 Prozent (vgl. auch DIN 5034-1) ca. 101 Quadratmeter (dies entspricht ca. 13 Prozent der Raumfläche) der Dachfläche als Oberlichtfläche erforderlich.

Bei einer sonst erforderlichen jährlichen Einschaltzeit von 2.860 Stunden lassen sich folgende Einsparungen erzielen:

Als Kosten für Lichtkuppeln einschließlich Auswechslung und Dacheindichtung werden 800 Mark pro Quadratmeter angesetzt. So sind hier im Beispiel 80.800 Mark zu tätigen. Durch die Einsparung von 12.800 Mark an jährlichen Stromkosten amortisiert sich die Investition schon in 7 Jahren.

Da diese Dachoberlichter daneben auch mit geringem Zusatzaufwand zur Raumentlüftung zu nutzen sind oder sich auch als komplexe Rauch- und Wärmeabzugsanlagen ausbauen lassen, verkürzt sich die Amortisationszeit weiter. Sie liegt damit unter der normativen Nutzungsdauer eines Fensters und weit unter der eines Gebäudes. Wesentlich stärker ins Gewicht fallen dürfte der Wirtschaftlichkeitseffekt infolge der positiven

Innovationen:

Zur Verbesserung der Tageslichtnutzung bei Glasdächern und Dachoberlichtern ist die Abschattung der energiereichen Sonnenstrahlung und das Durchlassen des diffusen Himmelslichtes zur Raumausleuchtung ein wichtiger Aspekt. Auf diese Weise können bei zunehmendem Anteil der Dachöffnung die thermischen Lasten reduziert werden, ohne dass der Tageslichtanteil stark reduziert wird. Neuartige Verschattungssysteme bieten hierzu interessante Ansätze.

Für bestimmte Gebäudeteile (z.B. Atrien) kann es sinnvoll sein, das einfallende Sonnenlicht in die Tiefe zu lenken. Heliostaten werden dem Sonnenstand nachgeführt und spiegeln das Licht in die Tiefe, wo es durch Spiegel seitlich weiter verteilt werden kann. Dieses Verfahren ist aber noch sehr kostenintensiv und deshalb meist auf wenige Prestige-Objekte beschränkt.

Wirkung auf die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Nach theoretischen Berechnungen verkürzt sich der Amortisationszeitraum dadurch auf zwei bis drei Jahre.



Lichtkuppeln und Lichtbänder

■ Sowohl Lichtkuppeln als auch Lichtbänder können Innenräume beliebiger Größe ausreichend und wirtschaftlich mit Tageslicht versorgen. Die Entscheidung, welches System zum Einsatz kommt, hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Bei der Planung eines Neubaus wird der Tageslichttechniker die benötigte Gesamtfläche errechnen, um danach, abhängig von Form und Nutzung des Raumes, die Anordnung der Einzelflächen zu planen. In Hinblick auf die Gleichmäßigkeit sind dabei Lösungen mit mehreren kleinen Lichtkuppeln der Anordnung weniger großer Lichtbänder vorzuziehen.

Besonders bei großen Gebäuden mit größerer Raumhöhe und entsprechender Nutzung kann auch mit Lichtbändern eine gleichwertige Ausleuchtung erzielt werden.

Auch unter wirtschaftlichen Aspekten bietet sich der Einsatz von Lichtkuppeln oder Lichtbändern an. Die Investitionen pro Quadratmeter Lichtfläche und die Montagekosten für das Anlegen, Auswechseln und Eindichten sind bei wenigen großen Lichtbandflächen meist etwas niedriger als bei vielen kleinen Lichtkuppeln. Häufig ist es jedoch auch sinnvoll oder notwendig, die beiden Varianten zu kombinieren. Die tageslichttechnisch richtige und wirtschaftlich günstige Entscheidung setzt in jedem Fall eine

differenzierte Analyse der jeweiligen Bauaufgaben voraus.

Funktionen

Durch die Anordnung von Lichtkuppeln und Lichtbändern auf dem Dach eines Gebäudes entfallen im Gegensatz zur Fassadengestaltung streng formale Gestaltungsaspekte. Damit kann die Beleuchtung den jeweiligen Nutzungsanforderungen in Gebäuden optimal angepasst werden.

Die Wirtschaftlichkeit moderner Tageslichtsysteme wird durch den Mehrfachnutzen gesteigert. Neben der Versorgung mit kostenlosem Tageslicht können sie zur natürlichen Raumlüftung eingesetzt werden. Infolge ihrer hohen Einbaulage im Dachbereich leiten sie bei adäquaten Zu- und Abluftquerschnitten verbrauchte Luft ins Freie und sorgen für angenehme Frischluft. Dies ohne aufwändige Regeltechnik, allein durch den thermischen Auftrieb.

Unverzichtbar für den Brandschutz sind entsprechend ausgerüstete Lichtkuppeln und Lichtbänder in ihrer Funktion als Rauch- und Wärmeabzugsanlagen. Im Brandfall führen sie Hitze und gefährliche Brandgase unverzüglich aus dem Gebäude ab, halten die Fluchtwege rauchfrei und ermöglichen den Löschmannschaften eine schnelle Brandortung und -bekämpfung.

Einbau und Planungsgrundsätze

Lichtkuppeln und Lichtbänder sind Bauteile, die die Dachfläche durchdringen und daher besondere konstruktive und verarbeitungstechnische Anforderungen stellen. Die Sicherheit und Haltbarkeit einer Dachabdichtung ist dabei meist besonders von der Sorgfalt der Detailplanung und -ausführung abhängig.

Zu berücksichtigen sind Mindestabstände gemäß den Vorschriften zwischen den einzelnen Lichtkuppeln genauso wie eine Anordnung, die gewährleistet, dass im Brandfall das Feuer nicht auf andere Gebäudeteile oder Nachbargebäude übergreifen kann. Darüber hinaus sind Dacheinbauten so einzuplanen, dass die ordnungsgemäße Entwässerung der Dachfläche nicht behindert wird. Das gilt wegen der wesentlich größeren Seitenlänge ganz besonders für Lichtbänder.

Grundsätzlich müssen alle Tageslichtöffnungen im Dach unter statischen Gesichtspunkten eingefasst oder ausgewechselt werden, da Lichtkuppeln und Lichtbänder selbst keine zusätzlichen Lasten aus der Dachfläche aufnehmen können.

Bewährte Anschlussdetails der im FVLR zusammengeschlossenen Hersteller sorgen für dauerhaft dichte Dachdurchdringungen.



Form folgt Funktion

Das Haus der Vereinten Versicherungen mit seiner transparenten Fassade aus Glas und blendend weißen Aluminiumpaneelen erweitert das bestehende Hauptverwaltungsgebäude am Stadtrand von München.

Der Kontrast könnte kaum größer sein: Hier die vor rund 25 Jahren als kompakter Komplex mit sandfarbenen Travertinfronten und dunkelgrünen Fensterprofilen gebaute Hauptverwaltung. Lange Flure mit künstlicher Beleuchtung, links und rechts abzweigende Büros. Dort der Erweiterungsbau der Architekten lauber + wöhr mit Licht und Sonne noch im hintersten Winkel.

Betritt man das neuere Gebäude, so gelangt man vom zweigeschossigen Foyer in das Innere der transparenten und lichtdurchfluteten Halle, die sich über alle Geschosse erstreckt.

Über rund 180 Meter erstrecken sich die Galerien mit den Büros (Bild Seite 19). In der überglasten Mittelzone wechseln sich offene Lichthöfe und brückenartige Gemeinschaftsflächen als Orte der Kommunikation ab. Auch die offene Halle mit ihren schlanken Stützen soll die persönliche Begegnung im Vorübergehen ermöglichen.

Mit ihrer Architektur stehen lauber + wöhr in der Tradition der klassischen Moderne, die von innen nach außen baut und die die Form strikt aus der Funktion entwickelt.

Fazit

Das Projekt „Tageslicht“ zeigt, dass die Rolle des natürlichen Lichts in Arbeitsumgebungen weit über die Funktion hinaus geht, die in einschlägigen Vorschriften und Normen vornehmlich berücksichtigt wird.

Die Nutzung des Tageslichts in Innenräumen kann grundsätzlich durch Seiten- oder Oberlichter erfolgen, die naturgemäß auch kombiniert werden können. Während bei heute üblichen Raumhöhen Fenster eher als Sichtverbindung nach außen fungieren und eine Rolle als Beleuchtung nur in der Nähe der Fassade spielen können, sind Oberlichter auch für Räume beliebiger Tiefe geeignet. Mit ihnen können in Innenräumen Beleuchtungsstärken erreicht werden, die unter künstlicher Beleuchtung mit realistischem Aufwand nicht zu erzielen sind. Dies trifft je nach Auslegung der Oberlichter für bis zu 90 Prozent der Jahresarbeitszeit für die meisten Arbeitsplätze zu.

Wenn man die Sehleistung an üblichen Maßstäben wie Sehschärfe oder Erkennungsgeschwindigkeit misst, ist Tageslicht für einen entsprechenden Anteil der Jahresarbeitszeit der künstlichen Beleuchtung überlegen.

Berücksichtigt man die Güte der Farbwiedergabe, Modellierung von körperlichen Objekten und Kontrastwiedergabe, so wird die Überlegenheit noch deutlicher. Die menschliche Leistungsfähigkeit wird über die bessere Sehleistung hinaus durch physiologische Einflüsse auf den gesamten Organismus gesteigert. Diese beruhen u.a. auf der Beeinflussung der Melatoninausschüttung, die für den Schlaf-Wach-Rhythmus des Körpers verantwortlich ist. Wirksam in diesem Sinne ist zum einen die Dynamik der Umgebungsbedingungen und zum anderen die Menge des ins Auge eintretenden Lichts. Um biologisch wirksam zu sein, muss die Beleuchtungsstärke an der Pupille zumindest zeitweilig bei 2.500 Lux und höher liegen, was nur mit Tageslicht realisiert werden kann. Biologisch gesehen herrscht daher in künstlich beleuchteten Arbeitsbereichen Nacht.

Die medizinische Forschung über die gesundheitlichen Auswirkungen des Lichts hat übereinstimmend mit der ergonomischen gezeigt, dass die Sicherheit und Gesundheit des arbeitenden Menschen durch Tageslichtnutzung wesentlich positiv beeinflusst wird.



Im FVLR Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und RWA e. V., der 1982 gegründet wurde, sind 12 deutsche Hersteller von Lichtkuppeln, Lichtbändern sowie Rauch- und Wärmeabzugsanlagen zusammengeschlossen, die gemeinsam ein Marktvolumen von etwa 90 Prozent repräsentieren. Sie verfügen über ein umfangreiches, langjähriges Know-how und technisch qualifizierte Mitarbeiter. Sie sind in der Lage, über die Ausführung hinaus Planer und Anwender umfassend zu beraten und bei Bemessung und Auslegung aktive Hilfestellung zu leisten.

Der FVLR stellt sich vor

Die Ziele

Die vielfältigen Aufgaben, die Lichtkuppeln und Lichtbänder erfüllen, und die Bedeutung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen als unverzichtbare Bestandteile des vorbeugenden baulichen Brandschutzes sind Planern, Architekten, Entscheidungsträgern und Anwendern vielfach noch nicht ausreichend bewusst. Der FVLR hat es sich zum Ziel gemacht, europaweit produktneutrale, sachliche und fundierte Informationsarbeit zu leisten. Aus diesem Grund ist der

FVLR auch aktives Mitglied in EuroLux, der Vereinigung der europäischen Hersteller von Lichtkuppeln, Lichtbändern und RWA. Er wirkt darüber hinaus in den einschlägigen Gremien zur internationalen und europäischen Normungsarbeit mit.

Mitglieder des FVLR

Bittermann GmbH

Am Forst 9
92637 Weiden i.d.OPf.
Tel. 09 61/30 04-0 · Fax 09 61/30 04 30
www.bittermann.de
vertrieb@bittermann.de

Hans Börner GmbH & Co. KG

Postfach 11 51
64561 Nauheim
Tel. 0 61 52/97 64-0 · Fax 0 61 52/97 64-20
www.HansBoerner.de
webmaster@HansBoerner.de

Colt International GmbH

Postfach 12 25
47512 Kleve
Tel. 0 28 21/9 90-0 · Fax 0 28 21/9 90-2 04
www.coltinfo.de
colt-info@de.coltgroup.com

Deutsche Everlite GmbH

Postfach 12 17
97862 Wertheim
Tel. 0 93 42/96 04-0 · Fax 0 93 42/96 04-50
www.everlite.de
info@everlite.de

J. Eberspächer GmbH & Co.

Eberspächerstr. 24
73730 Esslingen
Tel. 07 11/9 39-00 · Fax 07 11/9 39-06 34
www.eberspaecher.com
info@eberspaecher.com

Essmann GmbH & Co. KG

Postfach 32 80
32076 Bad Salzuflen
Tel. 0 52 22/7 91-0 · Fax 0 52 22/7 91-2 36
www.essmann.de
info@essmann.de

Eternit Flachdach GmbH

Postfach 10 04 65
41404 Neuss
Tel. 0 21 31/1 83-0 · Fax 0 21 31/1 83-3 00
www.etermit-flachdach.de
vertrieb@etermit-flachdach.de

Greschalux GmbH

Schackenburger Straße 3
33818 Leopoldshöhe
Tel. 0 52 08/9 92-0 · Fax 0 52 08/9 92-1 50
www.greschalux.de
info@greschalux.de

Hemaplast

Rudolf-Diesel-Straße 28
53879 Euskirchen
Tel. 0 22 51/98 77-0 · Fax 0 22 51/98 77-25
www.hemaplast.de
info@hemaplast.de

INDU-LIGHT Produktion & Vertrieb GmbH

Lauterbachstraße 38
78586 Deilingen
Tel. 0 74 26/52 70-0 · Fax 0 74 26/38 11
www.indu-light.de
deilingen@indu-light.de

JET Kunststofftechnik

Ulrich Kreft GmbH
Weidehorst 28
32609 Hüllhorst-Tengern
Tel. 0 57 44/5 03-0 · Fax 0 57 44/5 03-40
www.jet-gmbh.de
info@jet-gmbh.de

Lamilux

Heinrich Strunz GmbH & Co. KG
Postfach 15 40
95105 Rehau
Tel. 0 92 83/5 95-0 · Fax 0 92 83/5 95-2 90
www.lamilux.de
Information@LAMILUX.de

Stand 04/2001

Fotos: Seite 9 l.u., 14, 18, und 19:
Vereinte Krankenversicherung AG, München,
Seite 12, 13: Heinrich Wilke GmbH,
Bad Arolsen

**Eine Haftung oder Gewährleistung
aus dieser Veröffentlichung wird aus-
drücklich ausgeschlossen.**

FVLR

Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und RWA e.V.

Ernst-Hilker-Straße 2
32758 Detmold
Telefon 052 31/309 59-0
Telefax 052 31/309 59-29
www.fvlr.de
fvlr@cologne.net