

Expertise zum Umgang von Tageslicht in Innenräumen

Çakir, G.¹, Cornelius, W.², Rosemann, A.³, Schmits, P. W.⁴

¹ ERGONOMIC Institut für Arbeits- und Sozialforschung, Berlin

² FVLR e.V., Detmold

³ Technische Universität Berlin

⁴ Semperlux AG, Berlin

Das Tageslicht hat durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse sowie durch Berücksichtigung in Regelwerken, die den Arbeitsschutz und die Energieeffizienz betreffen, einen neuen Stellenwert bekommen. Der Beitrag soll in die Thematik einführen und ansatzweise einen Überblick geben, wie vielfältig die Überlegungen bei der Einbeziehung des Tageslichts in die Gebäudeplanung sein müssen.

1 Tageslicht – sichtbare Strahlung der Sonne

Die Sonne versorgt unseren Planeten mit Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung. Es wird unterschieden in

- direkte Sonnenstrahlung, d.h. in denjenigen Teil der extraterrestrischen Sonnenbestrahlung, der als Parallelstrahlung nach selektiver Schwächung in der Atmosphäre die Erdoberfläche erreicht, und
- diffuse Himmelsstrahlung, d.h. in denjenigen Teil der Sonnenstrahlung, der nach Streuung an Luftmolekülen, Aerosol- und Wolkenpartikeln die Erde erreicht.

Die Summe hiervon wird als Globalstrahlung bezeichnet, die physikalisch gesehen in ultraviolette (UV), sichtbare und infrarote (IR) Strahlung unterschieden wird.

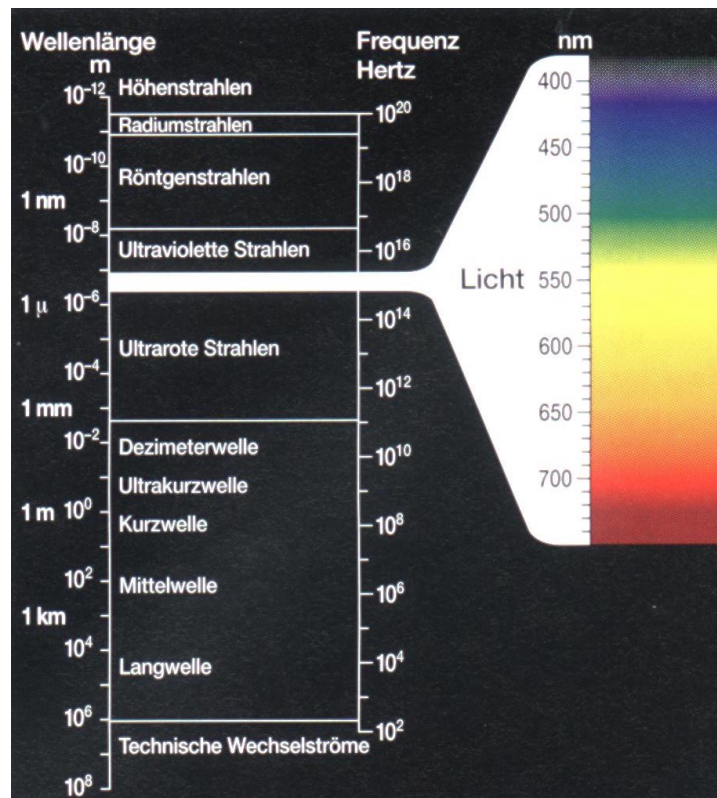


Abb. 1 Strahlungsbereiche

Der sichtbare Anteil der Globalstrahlung, den wir auf der Erdoberfläche als Tageslicht erleben, setzt sich analog zur Strahlung auch aus zwei Komponenten zusammen:

- dem Sonnenlicht, d.h. dem sichtbaren Anteil der direkten Sonnenstrahlung, und
- dem Himmelslicht, d.h. dem sichtbaren Teil der diffusen Himmelsstrahlung.

Da beide "Lichtquellen" das Lichteleben am Tage bestimmen, bezeichnen wir die Summe von Sonnenlicht und Himmelslicht als Tageslicht. (Anm.: In vielen Fällen, gerade bei der Tageslichtlenkung und dem Sonnenschutz, ist es sinnvoll, nicht pauschal von Tageslicht zu sprechen, sondern zwischen Sonnenlicht und Himmelslicht zu unterscheiden.)

Wenn wir uns im Folgenden fast ausschließlich dem sichtbaren Teil der Strahlung, zuwenden, sollten wir dennoch nicht vergessen, dass sich nicht nur das Auge sondern der gesamte menschliche Organismus (und ebenso seine Umwelt) unter dem breiten Spektrum der Strahlung der Sonne und dem regelmäßigen Wechsel von Tag

und Nacht entwickelt haben. Alle Überlegungen zu Lichtbedarf und Lichtschutz sollten daher immer auch für die angrenzenden Bereiche der IR- und UV-Strahlung angestellt werden.

Die ultraviolette Strahlung kann je nach Veranlagung und Dosis gesundheitsfördernde aber auch für den Organismus schädigende Wirkungen hervorrufen. Sie steht zwar im Verdacht, eine der Hauptursachen für Hautkrebs zu sein, andererseits stärkt sie unser Immunsystem, ist hilfreich bei der körpereigenen Synthese diverser wichtiger Vitamine (z. B. Vitamin D) und Hormone. Bemerkenswerterweise ist sie, bei der richtigen Dosierung, für viele Mitteleuropäer sogar eine optimale Hautkrebsprophylaxe. Ob und in welchem Maße der unsere Erde erreichende Anteil der UV-Strahlung der Sonne nun schädlich oder förderlich ist, wird in der Forschung seit Jahrzehnten, insbesondere jedoch in den letzten Jahren, diskutiert.

Ähnlich, wenngleich auch weniger konträr, wird der menschliche Bedarf an wärmerer Infrarotstrahlung gesehen, deren therapeutische Wirkung seit langem auch in der Schulmedizin anerkannt und genutzt wird.

Die Nutzung und Beherrschung der Globalstrahlung im Zusammenhang mit Gebäuden hat in den letzten Jahren eine Renaissance erfahren. Das Wissen darum, und deren folgernde Anwendung, die für unsere Vorfahren selbstverständlich war, lag über viele Jahrzehnte brach (z. B. große Fenster- und Geschosshöhen sowie Erker für einen hohen Tageslichteintrag in die Raumtiefe und Fensterläden und Simse zur Abschattung). Das überschwängliche Gefühl der Beherrschung aller Umweltbedingungen, z. B. durch künstliche Beleuchtung und raumluftechnische Anlagen, verführten dazu, die Nutzung natürlicher Ressourcen und ihrer Vorteile zu vernachlässigen. Diese Sichtweise hat sich geändert:

- Die besonderen Merkmale und die physiologischen und psychologischen Wirkungen der Globalstrahlung auf den Menschen haben auf Grund von Forschungsergebnissen und Überlegungen verschiedener Disziplinen einen neuen Stellenwert gefunden. (s. Abschnitt *Tageslicht – Merkmale und Wirkungen*)
- Eine gute Tageslichtversorgung setzt einen entsprechenden Gebäudeentwurf unter Berücksichtigung von Topologie, geographischen und meteorologischen

Gegebenheiten bei Einhaltung von Bauauflagen und die entsprechende Tageslichtberechnung unter Nutzung geeigneter Tageslichttechniken voraus. (s. Abschnitt *Planung der Innenraumbelichtung mit Tageslicht*)

- Es stehen unterschiedliche Tageslichttechniken (vom einfachen Sonnenschutz bis hin zum intelligenten Tageslichtlenksystem) zur Verfügung, die dem Menschen das Tageslicht in hoher Qualität verfügbar und nutzbar machen. Die Techniken ermöglichen auch eine Optimierung des Zusammenwirkens von Tageslicht und künstlich erzeugtem Licht bei der Beleuchtung von Innenräumen. (s. Abschnitt *Tageslichttechniken*)
- Das Umweltbewusstsein ist gestiegen und die Sonnenstrahlung wurde als natürliche Energieressource beim Betrieb von Gebäuden wieder entdeckt. Dies betrifft insbesondere die Nutzung des Tageslichts zur Beleuchtung von Innenräumen durch Fenster und durch Oberlichter (und dies unter Berücksichtigung des Wärmeeintrags in den Innenraum), aber auch die Umwandlung von Strahlung in elektrische Energie (Photovoltaik). (s. Abschnitt *Energetische Überlegungen*)
- Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen im Bereich des Arbeits- und Umweltschutzes wurden geschaffen, die die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in der Praxis forcieren. (s. Abschnitt *Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen*)

2 Tageslicht – Merkmale und Wirkungen

Der Umstand, dass sich nicht nur das menschliche Auge, sondern auch unser Sehsinn als Ganzes unter den speziellen spektralen und dynamischen Bedingungen des Tageslichtes entwickelt hat, führt zu der häufig geäußerten These, dass das Tageslicht dem technisch (durch Temperaturstrahler, Gasentladung oder Lumineszenz) erzeugten Licht überlegen sei. Dies drückt sich sprachlich in der häufig getroffenen Unterscheidung zwischen dem natürlichen (echten, guten) und künstlichen (unechten, minderwertigen) Licht aus. Vergleicht man das Tageslicht und das technisch erzeugte Licht rein physikalisch, so ist die These der Überlegenheit des Tageslichtes nach heutigem Stand des Wissens nicht uneingeschränkt haltbar. In beiden Fällen handelt es sich um elektromagnetische Strahlung, die in vergleichbarer spektraler

Zusammensetzung und auch mit vergleichbarer zeitlicher Veränderung technisch erzeugt werden kann. Nun besitzt aber ein solcher Vergleich von spektraler Zusammensetzung und Dynamik nur rein akademische Qualität. Denn Tatsache ist, dass viele Eigenschaften des Tageslichts vom Menschen positiv empfunden werden, die gleichen Eigenschaften bei künstlich erzeugtem Licht hingegen negativ. So wäre z. B. die ausgeprägte und teilweise hohe Dynamik des Tageslichts, man denke an die extrem schnellen Änderungen bei der Beleuchtungsstärke, die durch dahin jagende Wolken entstehen, bei Kunstlicht sicher kein Qualitätsmerkmal.

Vermittelt über die "Raumöffnung" Fenster, ist das Tageslicht im Innenraum aber auch Synonym für den Blick nach außen - die Information über Wetter, Tageszeit, nahenden Besuch etc. Untersuchungen haben gezeigt, dass eine derartige visuelle "Ablenkung" für einen Motivationsschub sorgen und dazu führen kann, dass sich der Mitarbeiter nach dem "Erkundigen über den Außenzustand" wieder mit größerer Kraft seiner Tätigkeit widmet.

Ebenfalls über das Fenster wird auch das Gefühl von Weite und frischer Luft (Licht und Belüftung) mit dem Tageslicht verbunden. Zudem kann sich das Auge beim Blick nach draußen auf die Ferne einstellen.

Eine positive Wirkung des Tageslichts kann auch ohne die Sichtverbindung nach außen nachgewiesen werden: So haben umfangreiche Untersuchungen in den USA gezeigt, dass durch eine Erhöhung des Tageslichtanteils durch Oberlichter eine signifikant positive Wirkung auf den Lernerfolg bei Schülern eintritt. Bezüglich des Ergebnisses waren Art und Ausführung der Oberlichter ebenfalls von Bedeutung.

Positive Wirkungen auf Käuferlebnis, Umsatzsteigerung und Mitarbeitermotivation zeigten sich auch im Konsumbereich in den USA, so z. B. bei einer Supermarktkette, deren Verkaufsräume sukzessive mit Oberlichtern ausgestattet wurden, oder aber bei einem Einzelhändler mit mehreren Läden, der in dem Teil seiner Geschäfte mit Oberlichtern einen deutlich höheren Umsatz erzielte.

Neben dem beschriebenen Effekt auf die Psyche des Menschen wird seit langem auch eine direkte Wirkung des (Tages-)Lichts auf die physische Gesundheit vermutet. Bei der Winterdepression, auch SAD (= seasonal affective disorder) genannt, einer vornehmlich im Winter in äquatorfernen Ländern auftretende endogenen De-

pression, konnte eine gute Heilungsrate durch regelmäßige Bestrahlung mit hohen Lichtdosen (2 Stunden á 2.500 lx pro Tag) nachgewiesen werden.

In der Regel kann und wird die Winterdepression gut mit Kunstlicht therapiert. Wenn sie dennoch hier im Zusammenhang mit dem Tageslicht Erwähnung findet, liegt dies daran, dass sie inzwischen auch vermehrt an Arbeitsplätzen auftritt, an denen eine schlechte Tageslichtversorgung vorhanden ist. Auch hier besteht also ein Zusammenhang zwischen der Qualität der Versorgung des Arbeitsplatzes mit Tageslicht und der Größe und Lage der „Tageslichtöffnungen“, in diesem Fall der Fenster und der Oberlichter.

Untersuchungen in einer schwedischen Schule aus dem Jahr 1992 an Kinder, die an der Aufmerksamkeitsstörung ADD (= attention deficit disorder) litten, lassen zudem vermuten, dass das Tageslicht durch seinen Einfluss auf den Cortisol-Spiegel, der auch in anderen Studien belegt wird, das Sozialverhalten der Schüler beeinflusst. Hohe Cortisol-Spiegel am Morgen zeigten eine gesteigerte Geselligkeit, mäßige bis niedrige hingegen führten eher zu Zurückgezogenheit.

Aus den wissenschaftlichen Untersuchungen im Zusammenhang mit pathologischen Fällen wurde u. a. ein Modell entwickelt, das den Wirkungsweg des über die Augen aufgenommen Lichtes auf den Hormonhaushalt und damit auf die "innere Uhr" beschreibt. Zur Zeit wird als Hauptwirkgröße die Lichtmenge (in klx h) pro Tag angenommen. Welchen Einfluss hierbei die Lichtrichtung, spektrale Verteilung und Dynamik haben bzw. haben könnten, ist trotz großer Fortschritte in der Forschung noch nicht hinreichend untersucht.

Die Tageslichtversorgung ist also sowohl unter lichttechnischen wie unter psychischen und physiologischen Gesichtspunkten eng mit den Qualitäten der Fenster und Oberlichter verknüpft.

3 Planung der Innenraumbelichtung mit Tageslicht

Gründe für die Berechnung des zu erwartenden Tageslichtes in Innenräumen können sein:

1. ein allgemeiner Überblick über die Tageslichtsituation
2. der Nachweis der Einhaltung von Festlegungen

3. die Ermittlung der Tageslichtnutzungszeit (Zeitintervall, in dem allein durch Tageslicht das notwendige Beleuchtungsniveau für die jeweilige Sehaufgabe erreicht oder überschritten wird)
4. die detaillierte Betrachtung der Energiebilanz eines Gebäudes unter Berücksichtigung von Beleuchtung, Heizung und Kühlung
5. die Bewertung unterschiedlicher Tageslichtsysteme

Einen ersten Überblick über die Menge des im Innenraum zur Verfügung stehenden Tageslichts kann der so genannte Tageslichtquotient geben. Dieser gibt, vereinfacht formuliert, das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke in einem Punkt im Innenraum und der horizontalen Beleuchtungsstärke im unverbauten Außenraum an. Der Tageslichtquotient wird in der Praxis angewendet auf den vollständig bedeckten Himmel (gem. CIE). Dies führt zu einem relativ einfachen Rechenmodell, welches allerdings die Analyse der direkten Besonnung des Raums ebenso ausschließt wie die Bewertung von Tageslichtsystemen. Trotz dieser Einschränkung ist der Tageslichtquotient für eine erste überschlägige Bewertung geeignet, um den Einfluss von Fenstergröße, -material und -lage sowie der Verbauung auf die Tageslichtsituation im Raum zu untersuchen.

Größe und Verteilung des Tageslichtquotienten im Raum können somit auch eine gute erste Abschätzung des Helligkeitseindrucks geben. In einigen der Standard-Berechnungsprogramme für die künstliche Beleuchtung sind auch Programmteile für die Berechnung des Tageslichtquotienten integriert. Diese ermöglichen das Tageslichtpotential eines Raumes auf einfache Weise zu ermitteln und somit eine Aussage über die Tageslichtnutzungsdauer während eines ganzen Jahres zu machen. Nach heutigem Wissenstand lässt sich sagen:

- Bei einem Tageslichtquotient $< 1\%$ am Arbeitsplatz muss fast immer die künstliche Beleuchtung genutzt werden.
- Ein Tageslichtquotient von $> 2\%$ am Arbeitsplatz führt bei seitlich eintretendem Tageslicht (Fenster) zu einer vertretbar gut tageslichtbeleuchteten Situation, bei der bei weniger als 50% der typischen Nutzungszeit eines Büroraumes üblicherweise kein künstliches Licht benötigt wird. (Bei Tageslichteintritt

durch Oberlichter werden i. Allg. für einen angenehmen Helligkeitseindruck höhere Tageslichtquotienten benötigt)

- Tageslichtquotienten $> 5\%$ sollten überprüft werden. Hier kann die großzügige Versorgung mit Tageslicht u. U. zu negativen Tendenzen in der Gesamtenergiebilanz führen, wenn im Sommer erhöhte Kühlung zu erwarten ist.

Für die Ermittlung des Kühlungsbedarfs und auch zur Untersuchung der Effizienz von Tageslichtsystemen ist der Tageslichtquotient generell als Analysemittel nicht geeignet. Hierzu müssen erheblich aufwändigere, nur noch von Experten zu nutzende Tageslichtprogramme eingesetzt werden.

Für eine genaue Planung von Tageslichtsystemen sind zudem Kenntnisse über ihre spezifischen Merkmale erforderlich (vgl. Kapitel Tageslichttechniken):

- Gesamtenergiedurchlassgrad
- Lichttransmissionsgrad
- räumliche Verteilung des Leuchtdichtekoeffizienten

Um ein genaues Verhalten von Materialien simulieren zu können, sollten diese Größen, die messtechnisch ermittelt wurden, bei unterschiedlichen Lichteinfallrichtungen zur Verfügung stehen. Mit diesen ermittelten Daten kann man mit Computersimulationsprogrammen die Beleuchtungssituation für ein Gebäude errechnen und visualisieren. Nach Eingabe des geografischen Ortes, der Verbauung und der Jahres- und/oder Tageszeit kann die Berechnung durchgeführt werden. Somit können Leuchtdichteverteilungen berechnet und darauf aufbauend Tagesgänge für beliebige Tage simuliert werden. Auf diese Weise kann bereits in einer frühen Planungsphase die Wirkung von Tageslicht in einem virtuellen Gebäude modelliert und untersucht werden. Während des Planungsprozesses kann somit eine Optimierung der Tageslichtversorgung vorgenommen werden.

Es sind auch Besichtigungen virtueller Gebäude über photorealistische Darstellungen und Echtzeitalgorithmen möglich. Das Resultat all dieser Simulationsrechnungen

kann allerdings nur so genau und so gut sein, wie die Basisdaten über das Verhalten von Materialien und Tageslichtsysteme.

4 Tageslichttechniken

Nach VDI 6011-1 versteht man unter einem Tageslichtsystem „die Gesamtheit der technischen Einrichtungen zur Einstrahlungsbeeinflussung. Ein Tageslichtsystem besteht aus einer oder mehreren, baulich trennbaren Komponenten mit eigenständiger Funktion (z. B. Sonnenschutzgläser, Lamellen). Die Komponenten beeinflussen sich im Allgemeinen gegenseitig in ihrer Wirkung. Nach DIN 5034-1 ist ein „Tageslichtlenksystem“ ein Tageslichtsystem mit Lichtlenkeigenschaften.“

Abb. 2 führt einige Beispiele für tageslichtumlenkende Bauteile an, geordnet nach ihrer Funktionsweise.

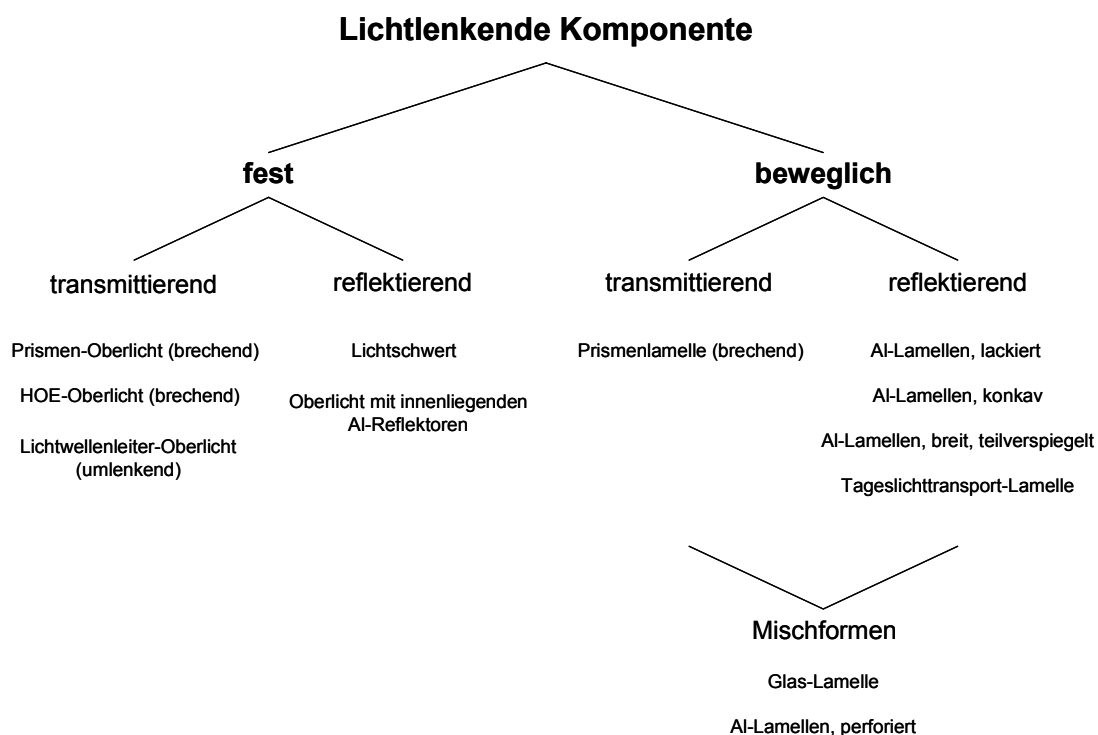


Abb. 2 Klassifizierung von tageslichtumlenkenden Bauteilen nach ihrer Funktionsweise

Zur Bewertung von Tageslichtsystemen wurden verschiedene Kenngrößen festgelegt. Die Kenngrößen werden in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1 Kenngrößen zur Bewertung von Tageslichtsystemen

Kennzahl	Formelzeichen	Kurzbeschreibung (bezogen auf Tageslichtsysteme)
Lichttransmissionsgrad*	τ_{D65}	Der Lichttransmissionsgrad gibt an, wie viel Tageslicht (aus einer Lichteinfallrichtung) in den Raum gelangt. Anm.: D65 ist die Normlichtart für Tageslicht nach DIN <i>Je größer τ_{D65}, desto höher der Lichteintritt in den Raum.</i>
Strahlungstransmissionsgrad*	τ_e	Der Strahlungstransmissionsgrad gibt an, wie viel Strahlung aus dem Bereich der Globalstrahlung in den Raum gelangt. <i>Je größer τ_e, desto höher der direkte Wärmeeintrag in den Raum.</i>
Spektraler Transmissionsgrad*	$\tau(\lambda)$	Der spektrale Transmissionsgrad gibt den Strahlungstransmissionsgrad pro Wellenlängenbereich an. <i>Aus dem spektralen Transmissionsgrad lassen sich farbmetrische Größen (z. B. Farbwiedergabeeigenschaften) ableiten. Keine Farbverfälschungen liegen vor, wenn der spektrale Transmissionsgrad im Bereich von 380 nm bis 780 nm (sichtbare Strahlung) in etwa konstant ist.</i>
Sekundärer Wärmeabgabegrad nach Innen	q_i	Der sekundäre Wärmeabgabegrad nach Innen gibt die Wärme an, die durch Absorption im Tageslichtsystem in Innenraum gelangt. <i>Je größer q_i, desto höher der Wärmeeintrag im Raum (z. B. Konvektion).</i>
Gesamtenergiedurchlassgrad	g	Der Gesamtenergiedurchlassgrad gibt in Abhängigkeit von der Lichteinfallrichtung den Energieeintrag durch das Tageslichtsystem an. Er setzt sich aus dem Strahlungstransmissionsgrad τ_e und dem sekundären Wärmeabgabegrad nach innen q_i zusammen. <i>Je größer g, desto höher der Energieeintrag im Raum.</i>

* Die aufgeführten Kenngrößen beziehen sich auf die Transmission von Tageslicht. Analoge Kenngrößen bestehen für die Reflexion und Absorption.

Die Instandhaltung eines Tageslichtsystems umfasst nach DIN 1055-100 Maßnahmen während der Nutzungsdauer zur Sicherstellung der planmäßigen Nutzung, d. h. Inspektion, Wartung (incl. Pflege) und ggf. Instandsetzung der Systeme.

Die Funktionen von Tageslichtssystemen können durch Verschmutzung der Oberflächen stark beeinträchtigt werden, so dass eine regelmäßige Reinigung erforderlich werden kann.

5 Energetische Überlegungen

Ein weiterer relevanter Aspekt der Tageslichtnutzung ist der Einsatz der Sonne als Energielieferant. Hierbei sind zwei wesentliche Formen der Energienutzung/-wandlung zu nennen:

Zum einen kann die auftreffende Strahlung in elektrische Energie gewandelt und anschließend in das Energieversorgungsnetz eingespeist oder für die eigene Nutzung gespeichert werden (Prinzip der Photovoltaik).

Die andere Form dieses energetischen Aspekts ist die Beleuchtung von Innenräumen mit Tageslicht. Hierbei gelangt Tageslicht durch Gebäudeöffnungen in die Räume. Bei nicht ausreichendem Angebot an Tageslicht wird künstlich erzeugtes Licht hinzugeschaltet.

Tageslichtsysteme dienen dazu, das angebotene natürliche Licht im Innenraum zu nutzen oder aber auch die Blendwirkungen durch Tageslicht und die Strahlungsbelastung im Innenraum zu begrenzen. Tageslichtsysteme lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen (Quelle: IEA Source Book Daylight in Buildings):

- Systeme, die hauptsächlich das diffuse Himmelslicht nutzen und das direkte Sonnenlicht ausschließen;
- Systeme, die das direkte Sonnenlicht umlenken, so dass es z. B. an die Raumdecke geworfen wird und zur Aufhellung in größeren Gebäudetiefen genutzt werden kann.

Das Energieeinsparpotential unterteilt sich in raum- und systemabhängige Größen. Das Raumpotential setzt sich zusammen aus der Betrachtung von

- geografischen (Ort des Gebäudes),
- meteorologischen (Sonnenscheinwahrscheinlichkeit, Wetterbedingungen),
- gebäudetopologischen (Gebäude- bzw. Raumausrichtung, Verbauung, Größe der Gebäudeöffnungen und deren Orientierungen) Aspekten sowie von der Raumnutzung (z. B. Arbeitszeit).

Die systemabhängigen Größen betrachten die vom Tageslicht-/Kunstlichtsystem ermöglichte Tageslichtnutzung unter Berücksichtigung des Kunstlichtsystems sowie der Kontrollstrategie. Das Systempotential kann nicht vollständig losgelöst vom Tageslichtangebot betrachtet werden. Die Auswahl der Systeme und der Größe der Raumöffnungen hängt stark von den bereits erwähnten Faktoren geographischer Ort, Verbauungssituation, Sonnenscheinwahrscheinlichkeit und -dauer sowie der Raumorientierung ab.

Zur Ermittlung des Energieeinsparpotentials eines tageslichtbeleuchteten Raumes ist die Nutzungszeit und Nutzbelichtung von einem Arbeitsplatz in einer oder mehreren Raumzonen während der Nutzungszeiten zu betrachten. Hierbei müssen allerdings auch die Eigenschaften des Kunstlichtsystems (z. B. Dimmkennlinie) berücksichtigt werden.

Betrachtet man die lichttechnischen Aspekte der Tageslichtplanung losgelöst von Sonnen- und Blendschutzmaßnahmen, so können u. U. große Fehler entstehen, denn die Solarstrahlung versorgt die Erde, wie bereits eingangs angeführt, nicht nur mit Licht, sondern auch mit der Strahlung im ultravioletten und infraroten Spektralbereich. Wird zuviel Strahlung durch eine Gebäudeöffnung nach innen gelassen, so kommt es zu einer Raumaufheizung. Dadurch steigen im Sommer die Kühllasten für diesen Raum und die Energiebilanz wird ungünstiger. Aus diesem Grund sollte der Gesamtenergiedurchlassgrad von Tageslichtsystemen sorgfältig ausgewählt werden. Der Gesamtenergiedurchlassgrad setzt sich aus dem direkten Strahlungstransmissionsgrad im Bereich der Globalstrahlung und der sekundären Wärmeabgabe nach innen (durch absorbierte Strahlung) zusammen. Sichtbare Strahlung ist erwünscht – in den Innenraum über einen längeren Zeitraum gelangende Wärmestrahlung im Sommer sollte aus klimatechnischen Gründen vermieden werden.

Zu einer Energieeinsparung kann es kommen, wenn das Kunstlicht in Abhängigkeit von dem angebotenen bzw. in dem Raum nutzbar gemachten Tageslicht geregelt wird. Nur eine intelligente Regelung der Kunstlichtversorgung kann zu einer nennenswerten Einsparung von elektrischer Energie führen. Hierfür können Gebäudemanagementsysteme eingesetzt werden, die sowohl Leuchten als auch verstellbare Tageslichtsysteme ansteuern können. Eine solche Lösung kann neben den lichttechnischen Kriterien auch hinsichtlich des Wärmeeintrags durch die Gebäudeöff-

nungen optimiert werden. So kann z. B. in einem zeitweise nicht genutzten Raum im Sommer bei Sonnenschein das Tageslichtsystem den Eintrag an direkter Sonnenstrahlung weitestgehend reduzieren, während es dieselbe im Winter passieren lässt. Entsprechend wird so die Kühl- bzw. die Heizlast gesenkt.

Über die aus der Tageslichtnutzung resultierenden Energieeinsparungen können Betriebskosten gesenkt, innovative Tageslichttechniken amortisiert und Energieressourcen geschont werden. Der Planer sollte bei der Energieoptimierung berücksichtigen, dass ein zu häufiges Verstellen des Tageslichtsystems den Nutzer bei seiner Arbeit stören kann, der sich dann ggf. dieser Technik verweigert.

6 Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen

6.1 Regelbereiche

Tageslicht und die Nutzung von Tageslicht im Zusammenhang mit Arbeitsstätten werden im Bereich

- des Baurechts,
- des Arbeitsschutzes und
- des Umweltschutzes

in gesetzlichen Regelwerken behandelt.

Festlegungen grundlegender Art und Festlegungen zur Planung, Ausführung und Messung sowie zu Produkten der Tageslichttechnik finden sich in internationalen, europäischen und nationalen Normen. Diese Normen können je nach Sachlage in der Hand von sachkundigen Anwendern kontextbezogen hilfreich sein bei der Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen.

6.2 Gesetzliche Regelwerke

6.2.1 Baurecht

Im Bereich Baurecht sind das Baugesetzbuch (BauGB) und die Musterbauordnung (MBO) zu nennen:

- Im § 3 des BauGB wird in Abschnitt (1) gefordert: „Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.“
- Im § 47 der MBO: 2002 wird in den Abschnitten (2) und (3) gefordert, dass Aufenthaltsräume „ausreichend“ mit „Tageslicht belichtet werden können“. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens 1/8 der Netto-Grundfläche des Raumes einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien haben. Aufenthaltsräume, deren Nutzung eine Belichtung mit Tageslicht verbietet, sowie Verkaufsräume, Schank- und Speisegaststätten, ärztliche Behandlungs-, Sport-, Spiel-, Werk- und ähnliche Räume sind ohne Fenster zulässig.
- Einfluss auf die Tageslichtversorgung hat auch die Regelung der Abstandsflächen und Abstände im § 6 der MBO: 2002. Zudem wird in Punkt 7 in Abschnitt (1) von § 86 „Örtliche Bauvorschriften“ der MBO:2002 im Falle von abweichenden Maßen bei der Abstandsflächentiefe explizit auf die Gewährleistung einer ausreichenden Belichtung hingewiesen.

6.2.2 Arbeitsschutz

Im Bereich Arbeitsschutz sind in Verbindung mit dem Arbeitsschutzgesetz zwei Verordnungen mit Bezug auf die Sonnenstrahlung zu nennen:

- die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) sowie der Entwurf der novellierten Arbeitsstättenverordnung und
- die Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV).

Da davon auszugehen ist, dass in Kürze die novellierte Arbeitsstättenverordnung verabschiedet und hier das Tageslicht entsprechend der EU-Arbeitsstättenrichtlinie im Hinblick auf die Beleuchtung behandelt wird, wird im Folgenden auf dieses Dokument eingegangen.

So sieht der Entwurf der novellierten ArbStättV zum einen vor, dass

- Arbeitsstätten möglichst ausreichend Tageslicht erhalten müssen und

- Arbeitsräume, betriebliche Erholungsräume und Erste-Hilfe-Räume bis auf bestimmte Ausnahmen eine Sichtverbindung nach außen haben müssen, aber auch, dass
- Arbeitsplätze so anzuordnen sind, dass Beschäftigte durch „übermäßige Sonneneinstrahlung“ nicht gefährdet oder belästigt werden und
- „Schutz vor der Wirkung unzuträglicher Sonneneinstrahlung durch entsprechende Vorkehrungen an Fenstern, Oberlichtern und Glaswänden zu gewährleisten“ ist.

Die Bildschirmarbeitsverordnung fordert im Hinblick auf die Beleuchtung - und damit auch im Hinblick auf Beleuchtung durch Tageslicht -, dass

- an Bildschirmarbeitsplätzen ein angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung zu gewährleisten ist und durch die Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes sowie Auslegung und Anordnung der Beleuchtung störende Blendwirkungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und den sonstigen Arbeitsmitteln zu vermeiden sind,
- Bildschirmarbeitsplätze so einzurichten sind, dass leuchtende oder beleuchtete Flächen keine Blendung verursachen und Reflexionen auf dem Bildschirm soweit wie möglich vermieden werden,
- die Fenster mit einer geeigneten verstellbaren Lichtschutzvorrichtung ausgestattet sein müssen, durch die sich die Stärke des Tageslichteinfalls auf den Bildschirmarbeitsplatz vermindern lässt.

Zudem sind nach dem Sozialgesetzbuch VII die Berufsgenossenschaften verpflichtet, Unfallverhütungsvorschriften zu erlassen. Die entsprechende Vorschrift ist die BGV A1 „Allgemeine Vorschriften“. Diese BGV bezieht heute noch nicht das Tageslicht ein. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass dies nach der Verabschiedung der novellierten Arbeitsstättenverordnung und entsprechender Überarbeitung erfolgen wird. Zur Zeit wird bereits an der BGR 131 „Beleuchtung, Licht und Farbe am Arbeitsplatz“, auf die in Form einer Durchführungsanweisung in der BGV A1 hingewiesen wird, gearbeitet. Diese wird das Tageslicht einbeziehen.

6.2.3 *Umweltschutz*

Im Bereich Umweltschutz ist auf europäischer Ebene die Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden erlassen worden. Diese wird als novellierte Energiesparverordnung bis spätestens Anfang 2006 in das deutsche Rechtswesen Eingang finden. Nach dieser Verordnung muss im Hinblick auf die Sonnenstrahlung

- „die Methode zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden u. a. die Lage und Ausrichtung der Gebäude, einschließlich des Außenklimas sowie passive Solarsysteme und Sonnenschutz umfassen“, und
- bei der Ermittlung des Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden „der positive Einfluss der natürlichen Beleuchtung berücksichtigt werden“.

Die „Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes“ ist in der Richtlinie dabei festgelegt als „die Energiemenge, die tatsächlich verbraucht oder veranschlagt wird, um den unterschiedlichen Erfordernissen im Rahmen der Standardnutzung des Gebäudes (u. a. etwa Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung) gerecht zu werden“ (Text aus der Richtlinie 2002/91/EG).

6.3 *Normative Regelwerke*

Die Normen mit Bezug auf das Tageslicht können unterschieden werden in

- Normen zur Begriffsfestlegung und Darstellung,
- Normen zur Planung von Beleuchtung mit Tageslicht,
- Normen zur Messung von Tageslicht/Sonnenstrahlung,
- Normen zur Tageslichttechnik.

Eine Auflistung der relevanten Normen ist im Anhang zu finden.

Anhang

Gesetzliche Regelwerke

- ArbSchG - Arbeitsschutzgesetz: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Artikel 1 des Gesetzes zur Umsetzung der EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz und weiterer Arbeitsschutz-Richtlinien) (08/1996)
- Bildscharb - Bildschirmarbeitsverordnung: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Artikel 3 der Verordnung zur Umsetzung von EG-Einzelrichtlinien zur EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz) (12/1996)
- ArbStättV - Arbeitsstättenverordnung: Verordnung über Arbeitsstätten (11/2001)
- Novellierte ArbStättV - Arbeitsstättenverordnung: Verordnung über Arbeitsstätten (09/2003) - Entwurf
- Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- EnEV Energieeinsparverordnung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei (11/2001)
- MBO Musterbauordnung (11/2002)

Normative Regelwerke

Die Normen mit Bezug auf das Tageslicht können unterschieden werden in

- Normen zur Begriffsfestlegung und Darstellung
 - DIN EN 12665 Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung; Deutsche Fassung EN 12665:2002
 - DIN 18073: Rollabschlüsse, Sonnenschutz- und Verdunkelungsanlagen im Bauwesen; Begriffe, Anforderungen

- DIN EN 12216: Abschlüsse - Terminologie, Benennungen und Definitionen; Dreisprachige Fassung EN 12216:2002
- DIN EN ISO 9488: Sonnenenergie - Vokabular (ISO 9488:1999); Dreisprachige Fassung EN ISO 9488:1999
- DIN EN 61725: Analytische Darstellung für solare Tagesstrahlungsprofile (IEC 61725:1997); Deutsche Fassung EN 61725:1997
- Normen und Richtlinien zur Planung von Beleuchtung mit Tageslicht
 - DIN 5034-1: Tageslicht in Innenräumen – Allgemeine Anforderungen
 - DIN 5034-2: Tageslicht in Innenräumen – Grundlagen
 - DIN 5034-3: Tageslicht in Innenräumen – Berechnung
 - DIN 5034-6: Tageslicht in Innenräumen – Vereinfachte Bestimmung zweckmäßiger Abmessungen von Oberlichtöffnungen in Dachflächen
 - DIN EN 12464-1: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Arbeitsstätten in Innenräumen; Deutsche Fassung EN 12464-1:2002
 - DIN EN ISO 9241-6: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Leitsätze für die Arbeitsumgebung (ISO 9241-6:1999); Deutsche Fassung EN ISO 9241-6:1999
 - ISO 8995:2002 Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Innenräumen (weitgehend identisch mit DIN EN 12464-1)
 - ISO 8995:1989: Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems (überschrieben von der jetzigen ISO 8995)
 - DIN 67526-3: Sportstättenbeleuchtung; Richtlinien für die Beleuchtung mit Tageslicht
 - DIN EN 12193: Licht und Beleuchtung - Sportstättenbeleuchtung; Deutsche Fassung EN 12193:1999
 - VDI 6011 Blatt 1: Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung – Grundlagen
 - VDI 6011 Blatt 2: Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung - Dachoberlichter (in Vorbereitung)

- Normen zur Messung von Tageslicht/Sonnenstrahlung
 - DIN 5035-5: Tageslicht in Innenräumen – Messung
 - DIN ISO 9022-9: Optik und optische Instrumente - Umweltprüfverfahren - Teil 9: Sonnenstrahlung (ISO 9022-9:1994)

- Normen zur Tageslichttechnik
 - DIN EN 13363-1(Entwurf): Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 1: Vereinfachtes Verfahren; Deutsche Fassung prEN 13363-1:1998
 - DIN EN 13363-2 (Entwurf): Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen - Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades - Teil 2: Referenzverfahren; Deutsche Fassung prEN 13363-2:2002
 - DIN EN 13659 (Entwurf): Abschlüsse - Anforderungen und Klassifizierung; Deutsche Fassung prEN 13659:1999
 - DIN EN 13561 (Entwurf): Markisen - Anforderungen und Klassifizierungen; Deutsche Fassung prEN 13561:1999
 - DIN EN 14500 (Entwurf): Abschlüsse - Thermisches und visuelles Verhalten - Prüfverfahren; Deutsche Fassung prEN 14500:2002
 - DIN EN 14501 (Entwurf): Abschlüsse - Thermisches und visuelles Verhalten - Leistungsbeurteilung; Deutsche Fassung prEN 14501:2002