

21 (1994) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

M. Szerman

Vereinfachte Bestimmung der Lichteinschaltzeiten tageslichtabhängig geregelter Beleuchtung mit Hilfe des Tageslichtquotienten

Einleitung

Der Tageslichtquotient dient in der Praxis als Kenngröße zur tageslichttechnischen Überprüfung von Gebäudeentwürfen. Mit ihm wird bislang bewertet, ob die infolge Tageslicht erzeugte Helligkeit in Innenräumen hinsichtlich ihrer psychischen Bedeutung ausreicht [1]. Die Tageslichtnutzung hat neben ihrer unbestreitbaren psychischen Bedeutung auf den Menschen jedoch auch einen gewissen Einfluß auf den Energieverbrauch eines Gebäudes. Speziell im Verwaltungsbau hat Tageslichtnutzung eine relativ große Auswirkung auf Kühllasten und den Energieaufwand für die Raumbeleuchtung. Bei der derzeitigen Nutzung von Bürogebäuden wird zur Raumbeleuchtung vergleichsweise viel Energie aufgewandt [2]. In Verwaltungsgebäuden ist es sinnvoll - in Zeiten eines ausreichenden Tageslichtangebotes - die künstliche Beleuchtung, welche elektrische Energie verbraucht und den Kühlenergiebedarf erhöht, durch natürliche Beleuchtung des Arbeitsplatzes zu ersetzen. Die Auswirkungen der Tageslichtnutzung auf das energetische Verhalten von Bürogebäuden sind in [3] ausführlich beschrieben.

Der Tageslichtquotient ist jedoch keine Planungsgröße, mit dem das dynamische Tageslichtangebot bewertet werden kann. Hierzu ist die Kenntnis der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Beleuchtungsstärke im Raum notwendig, die sich infolge Tageslicht insbesondere auf der Arbeitsfläche einstellt. Erst hiermit ist es möglich, Aussagen bezüglich des Energieeinsparpotentials von Tageslicht gegenüber Kunstlicht herzuleiten. Bei Untersuchungen über die Wirkung bzw. Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur verstärkten Tageslichtnutzung muß bereits in einem frühen Planungsstadium dieses Einsparpotential bestimmbar sein. Die klassische Tageslichtquotientenbewertung hilft hier zunächst nicht weiter.

Vereinfachtes Rechenverfahren zur Bestimmung der Einschaltzeiten

Mit dem in [3] entwickelten dynamischen Verfahren zur Ermittlung der Lichteinschaltzeiten tageslichtabhängig geregelter Ergänzungsbeleuchtung läßt sich der Energiebedarf der bei Tageslichtnutzung notwendigen Ergänzungsbeleuchtung in einer zeitlichen Auflösung von $\Delta t = 1$ Stunde über das Jahr sehr genau ermitteln. Mit Hilfe dieser stündlichen Daten lassen sich genaue Untersuchungen über das

energetische Verhalten eines Gebäudes durchführen. In der Praxis wird jedoch ein Verfahren benötigt, mit dem der Planer bei geringem Aufwand und tolerierbarem Fehler schnelle Aussagen gewinnen kann, die in den Gebäudeentwurf einfließen.

Der Tageslichtquotient ist, obwohl bei teilbedecktem oder klarem Himmel nicht aussagekräftig, die in der Praxis nach

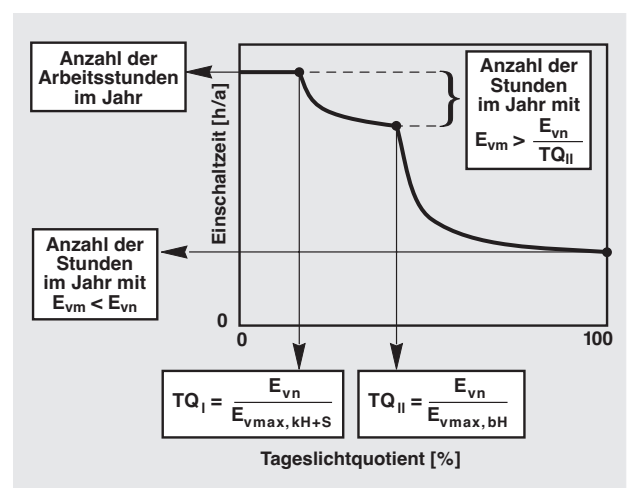


Bild 1: Theoretischer Zusammenhang zwischen dem Tageslichtquotienten und der Einschaltzeit der Ergänzungsbeleuchtung, mit Angabe der Grenzbedingungen zur Festlegung des Kurvenverlaufs. Alle Grenzbedingungen sind raumunabhängig und können aus den meteorologischen Daten am Standort abgeleitet werden.

Verwendete Bezeichnungen:

- E_{vm} Beleuchtungsstärke des mittleren Himmels
- E_{vmax} Außenbeleuchtungsstärkemaximum innerhalb der Periode
- $E_{vmax,bH}$ Außenbeleuchtungsstärkemaximum innerhalb der Periode bei bedecktem Himmel
- $E_{vmax,kH+S}$ Außenbeleuchtungsstärkemaximum innerhalb der Periode bei klarem Himmel und Sonne
- E_{vn} Nennbeleuchtungsstärke
- n Stundensumme
- TQ_I Tageslichtquotientengrenzwert I
- TQ_{II} Tageslichtquotientengrenzwert II

wie vor am häufigsten verwendete Planungsgröße bei tagelichttechnischen Bewertungen von Gebäuden. Es wird daher in [3] ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Lichteinschaltzeiten in Räumen entwickelt, das auf der Bezugsgröße des Tageslichtquotienten aufbaut. Unter der Annahme, daß zwischen dem Tageslichtquotienten am Kontrollpunkt der Beleuchtung bei bedecktem Himmel und der Lichteinschaltzeit ein Zusammenhang besteht, ergeben sich für ein vereinfachtes Rechenverfahren die in Bild 1 [3] veranschaulichten Zusammenhänge.

Alle Rahmenbedingungen für den angenommenen Zusammenhang zwischen dem Tageslichtquotienten am Kontrollpunkt der Beleuchtung und der Lichteinschaltzeit innerhalb einer Periode sind danach raumunabhängig. Ist daher für einen Standort das Tageslichtangebot im Freien in Zeitschritten von z.B. einer Stunde bekannt, können durch Auswertung der Wetterdaten die Rahmenbedingungen näherungsweise bestimmt werden.

Einschaltzeiten in Bürogebäuden

Für eine Vielzahl von Büroräumen von unterschiedlicher baulicher und lichttechnischer Ausführung sind in einer Parameterstudie [3] die jährlichen Lichteinschaltzeiten für verschiedene Standorte in Deutschland bei definierter Arbeitszeit und Nennbeleuchtungsstärke ermittelt worden. Trägt man die resultierenden jährlichen Lichteinschaltzeiten der betrachteten Variationen über dem Tageslichtquotienten am Kontrollpunkt bei bedecktem Himmel auf, so ergibt sich der in Bild 2 veranschaulichte raumunabhängige Zusammenhang.

In Bild 2 ist die Streubreite der jährlichen Lichteinschaltzeiten bei kontrollierter Ergänzungsbeleuchtung für alle deutschen Klimazonen [4] dargestellt. Bei Tageslichtquotienten kleiner als ca. 0,5 % muß an allen untersuchten Standorten unter den gegebenen Randbedingungen die Ergänzungsbeleuchtung während der gesamten Arbeitszeit eingeschaltet sein. Bei Tageslichtquotienten zwischen 0,5 % und 3,0 % stellt sich eine Streubreite von ca. 300 Stunden pro Jahr bei einer Lichteinschaltzeit von ca. 1600 Stunden pro Jahr ein. Mit weiter zunehmendem Tageslichtquotienten nimmt die Streubreite weiter ab. Bei einem Tageslichtquotienten von 10 % beträgt sie nur noch ca. 120 h/a, bei 100 % ca. 20 h/a.

Ablesebeispiel

Für den Beispielraum 2 der DIN 5034, Beiblatt 1, wird in Raummitte ein Tageslichtquotient von 6,5 % bei bedecktem Himmel ermittelt. An diesem Raumpunkt wird ein Arbeitsplatz mit einer Anforderung an die Beleuchtungsstärke von 500 lux angeordnet. Der Arbeitsplatz wird an 5 Tagen je Woche zwischen 7 und 16 Uhr genutzt. Aus Bild 2 kann für den Tageslichtquotienten 6,5 % unter diesen Randbedingungen eine notwendige Lichteinschaltzeit der Tageslichtergänzungsbeleuchtung von 500 - 700 Stunden pro Jahr abgelesen werden. Das Verfahren liefert für die Praxis schnell und unkompliziert hinreichend genaue Aussagen für erste Abschätzungen der möglichen Tageslichtnutzung.

Zusammenfassung

Mit dem entwickelten Verfahren läßt sich raumunabhängig für jeden Standort ein Zusammenhang zwischen dem in der Praxis verwendeten Tageslichtquotienten und der jährlich während einer definierten Nutzungszeit benötigten Ein-

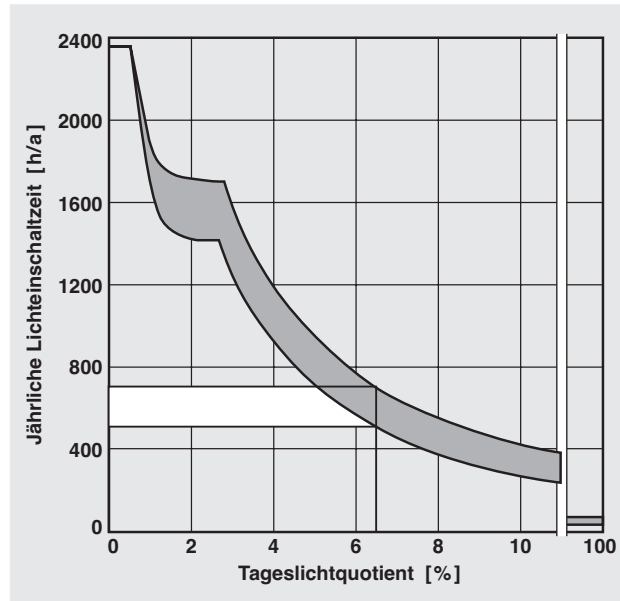


Bild 2: Jährliche Einschaltzeit kontrollierter Ergänzungsbeleuchtung in Abhängigkeit vom Tageslichtquotienten. Der schraffierte Bereich gibt die Streubreite der jährlichen Lichteinschaltzeiten für alle Klimazonen in Deutschland wieder.

Zugrundeliegende Daten und Randbedingungen:

Nennbeleuchtungsstärke	500 lux
Arbeitszeit	7 bis 16 Uhr; 5-Tage-Woche
tägliche Arbeitsdauer	9 h

schaltdauer der tageslichtgeregelten Ergänzungsbeleuchtung ableiten. Mit dem Verfahren wird es in der Praxis leicht möglich sein, die Auswirkungen der Tageslichtnutzung auf die tageslichtabhängig geregelte Ergänzungsbeleuchtung abzuschätzen.

Literatur

- [1] DIN 5034, Teil 1: Tageslicht in Innenräumen. Allgemeine Anforderungen, Beuth Verlag, Berlin (1983).
- [2] IEA-TASK XI: Base Case Study Report. DATABUILD, Birmingham (1989).
- [3] Szerman, M.: Auswirkung der Tageslichtnutzung auf das energetische Verhalten von Bürogebäuden, Dissertation, Univ. Stuttgart (1994)
- [4] Blümel, K.; Hollan, E.; Kähler, M.; Perter, R.; Jahn, A.: Entwicklung von Testreferenzjahren (TRY) für Klimaregionen der Bundesrepublik Deutschland. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Forschungsbericht T 86-051 (1986).



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0