

5

Stahlbau

78. Jahrgang
Mai 2009
Heft 5, S. 342-348
ISSN 0038-9145

Sonderdruck

A 6449

Beleuchtung von Arbeitsstätten durch Dachoberlichter

von
Dipl.-Ing. Wolfgang Cornelius



FVLR

FVLR – Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e. V.
Ernst-Hilker-Straße 2 • 32758 Detmold
Tel 05231-30959-0 • Fax 05231-30959-29
info@fvlr.de • www.FVLR.de

Beleuchtung von Arbeitsstätten durch Dachoberlichter

Dieser Beitrag befasst sich mit der Beleuchtung von Arbeitsstätten und hier insbesondere mit natürlichem Tageslicht durch Dachoberlichter. Es werden sowohl die beleuchtungstechnischen Anforderungen durch den Gesetzgeber und andere Rechtsnormensetzer geschildert, als auch die normative Seite angesprochen. Neben den besonderen Vorteilen des Tageslichtes zu Beleuchtungszwecken wird die Planung der Beleuchtung mit Dachoberlichtern auch unter Zuhilfenahme von Faustformeln erläutert. Abschließend werden neue EDV-technische Planungstools vorgestellt.

Lighting of work places by rooflights. *This contribution deals with the lighting of work places and especially with daylight by rooflights. The lighting engineering requirements by legislation and other legal norm setter as well as the standardization point of view were described. Besides the particular advantages of daylight for lighting purposes this contribution gives instructions for the planning of lighting by rooflights also by using rules of thumb. Finally new software design tools were presented.*

1 Einleitung

Ausreichende Beleuchtung ist ein wesentlicher Faktor für menschliches Wohlbefinden, Sicherheit und Produktivität am Arbeitsplatz. Das bekannte fensterlose Rathaus von Schilda wäre zwar heute mit künstlicher Beleuchtung durchaus nutzbar, die Bürger müssten jedoch erhebliche Stromkosten zahlen. Ob sie sich darin allerdings wohlfühlen würden, ist äußerst fraglich. Zudem ist diese Lösung aus heutiger Sicht weder ökonomisch noch ökologisch oder medizinisch sinnvoll. Als natürliche Lichtquelle steht das Tageslicht quasi zum Nulltarif zur Verfügung, und mit Dachoberlichtern (Lichtkuppeln/Lichtbändern) können Innenräume tagsüber praktisch betriebskostenfrei beleuchtet werden.

2 Zweck der Beleuchtung am Arbeitsplatz

Die Beleuchtung am Arbeitsplatz dient zunächst dazu, dass die Beschäftigten ausreichendes Licht haben, um ihre Arbeitsaufgaben gut erfüllen zu können. Eine auf die Arbeitsaufgabe, die Arbeitsorganisation und die Arbeitssi-

tuation abgestimmte Beleuchtung hilft, Arbeitsbedingungen zu optimieren. Ausreichendes Licht benötigen die Beschäftigten auch, um eventuelle Unfallgefahren frühzeitig zu erkennen und Unfälle zu vermeiden. Darüber hinaus hat die Beleuchtung einen wichtigen Einfluss auf die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Eine gute Beleuchtung trägt auch dazu bei, Fehler zu vermeiden, vorzeitiger Ermüdung vorzubeugen und die Aufmerksamkeit aufrecht zu erhalten.

3 Vorteile der Beleuchtung mit Tageslicht

Der Mensch ist entwicklungsgeschichtlich an das Tageslicht und den Rhythmus von Tag und Nacht angepasst. Das über das Auge einfallende Tageslicht sorgt für Informationen, die der Körper zu seiner Regulation benötigt. Licht beeinflusst den menschlichen Hormonhaushalt und synchronisiert die innere Uhr des Menschen. Die physische und psychische Verfassung des Menschen und seine Leistungsfähigkeit werden durch Licht beeinflusst.

Wo immer möglich, sollten deshalb Arbeitsplätze mit Tageslicht beleuchtet werden. Nur das Tageslicht weist Qualitätsmerkmale auf, die in ihrer Gesamtheit durch künstliche Beleuchtung nicht erreichbar sind. Um die positive Wirkung auszuschöpfen, sollten z. B. Pausenräume mit einem hohen Tageslichtanteil beleuchtet werden. Tageslicht hilft bei richtiger Anwendung, Energiekosten einzusparen.

4 Rechtliche Grundlagen

Der Gesetzgeber hat in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) aus 2004 allgemeine Schutzziele formuliert und einen groben Rahmen für die Beleuchtung von Arbeitsstätten vorgegeben [1]. Eine Präzisierung finden diese Leitsätze in den Arbeitsstättenrichtlinien (ASR). Im Folgenden auszugsweise zwei Absätze aus der ArbStättV, Anlage 1:

3.4 Beleuchtung und Sichtverbindung

(1) Die Arbeitsstätten müssen möglichst ausreichend Tageslicht erhalten und mit Einrichtungen für eine der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz der Beschäftigten angemessenen künstlichen Beleuchtung ausgestattet sein.

3.5 Raumtemperatur

(2) Fenster, Oberlichter und Glaswände müssen je nach Art der Arbeit und der Arbeitsstätte eine Abschirmung der Arbeitsstätten gegen übermäßige Sonneneinstrahlung ermöglichen.

4.1 Arbeitsstättenrichtlinien

Die Arbeitsstättenrichtlinien, so auch die ASRA 3.4 „Beleuchtung und Sichtverbindung“, befinden sich gegenwär-

tig in Überarbeitung. Bis zu ihrer Bekanntgabe als Regeln für Arbeitsstätten gelten die bisherigen Arbeitsstättenrichtlinien für eine Übergangsfrist von max. sechs Jahren als Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene weiter.

Die wichtigsten Regelungen der bisherigen ASR zur Versorgung mit Tageslicht und zur Beleuchtung befinden sich in den folgenden Paragraphen:

- ASR 7/1 Sichtverbindung nach außen
- ASR 7/3 Künstliche Beleuchtung
- ASR 8/4 Lichtdurchlässige Wände

4.2 BG-Regeln

Neben dem Gesetzgeber erstellen die Berufsgenossenschaften (BG) autonome Rechtsnormen. Berufsgenossenschaftliche Regeln (BG-Regeln) richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder Unfallverhütungsvorschriften geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.

BGR 131: Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten

Diese im Jahre 2006 erarbeitete, zweiteilige BG-Regel (BGR 131-1 und -2) dient dazu, Unfallgefahren und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren, die durch eine ungeeignete Beleuchtung entstehen können, zu vermeiden [2], [3]. Sie beschreibt die zu berücksichtigenden lichttechnischen Güte Merkmale und gibt entsprechende Werte vor. Die BG-Regel 131 berücksichtigt den Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene sowie die sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse für die Beleuchtung von Arbeitsstätten mit Tageslicht und mit künstlichem Licht.

Die BG-Regel 131-1 „Handlungshilfe für den Unternehmer“ richtet sich insbesondere an den Unternehmer und diejenigen, die nicht zum Kreis der Fachleute für Beleuchtung zu zählen sind. Sie soll diese Personen fachlich unterstützen, die richtigen Entschei-

dungen für eine gute Beleuchtung zu treffen. Sie erläutert die wichtigsten Qualitätsmerkmale des Lichtes und stellt die grundlegenden Anforderungen für eine gute Beleuchtung dar, die Voraussetzung für ein sicheres und gesundes Arbeiten. Eine gute Beleuchtung zu planen und umzusetzen ist aufgrund der Komplexität und der Wechselwirkungen der Einflussgrößen zueinander hingegen eine Aufgabe, die in der Regel dem Fachmann vorbehalten sein sollte.

Der besondere Stellenwert, den das Tageslicht im Konzept der BGR

131 erhält, wird schnell erkennbar, denn unter Allgemeines wird gefordert: „Arbeitsplätze sollten vorrangig mit Tageslicht beleuchtet werden.“

Die BG-Regel 131-2 „Leitfaden zur Planung und zum Betrieb der Beleuchtung“ richtet sich insbesondere an Planer und Beleuchtungsfachleute. Dieser Teil beschreibt die Grundlagen für die Planung und Projektierung der Beleuchtung. Im Teil 2, Abschnitt 4 „Natürliche Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Innenräumen“ heißt es erläuternd zu den Wirkungen des Tageslichtes:

Tabelle 1. Notwendige Fenster- bzw. Dachoberlichtflächen (Glasflächen) für unterschiedliche Arbeitsplätze im Verhältnis zur Raumfläche (Auszug aus BGI 7007)
Table 1. Necessary window areas, respectively rooflight areas (glazed areas) for different work places in relation to the room space (Extract from BGI 7007)

Beleuchtungsstärke	Beispiele	Anteil Fensterfläche*	Anteil Dachoberlichtfläche**
50 Lux	- Fahrwege ohne Personenverkehr - Wartungsgänge	1/10	1/10
150 Lux	- Anlagen mit gelegentlichen manuellen Eingriffen - Treppen - Verkehrsflächen und Flure	1/7	1/8
200 Lux	- Kantinen - Räume für haustechnische Anlagen - Sanitärräume	1/6	1/7
300 Lux	Arbeitsbereiche mit regelmäßigem und längerem Aufenthalt ohne besondere Gefährdungen (z. B. Kreissägen, handbetriebene Maschinen, Gefahrstoffe), z. B. - grobe Montagearbeiten - verfahrenstechnische Anlagen - Verkaufen - Versand- und Verpackung - Waschen und Bügeln	1/5	1/6
500 Lux	Arbeitsbereiche mit sehphysiologischen oder produktionsbezogenen Erfordernissen oder mit besonderen Gefährdungen, z. B. - Arbeitsplätze im Gesundheitswesen - Büroarbeitsplätze - Glasieren und Dekorieren - Gravieren und Polieren - Karosseriebau - Kassenbereiche - Laboratorien - mittelfeine bis feine Maschinen- und Montagearbeiten - Möbel- und Modellbau - Schleifen, Lackieren - Qualitätskontrolle - Sägen, Fräsen - Schlachthöfe, Metzgereien - Spinnen, Stricken, Stopfen	1/5***	1/5

* (für Fenster): keine äußere Verbauung
Rahmenanteil $\leq 25\%$
keine lichtdichten Gardinen, o. ä.
Fenster möglichst raumbreit

** (für Dachoberlichter):
nur geringe Versprossung

*** (für Fenster):
nur geringere Raumtiefen ausleuchtbar

Da der Mensch entwicklungsge- schichtlich an das Tageslicht ange- passt ist, hat es Funktionen, die über die Erfüllung der Sehaufgabe hinaus- gehen. Das über das Auge einfallende Tageslicht beeinflusst den menschl- ichen Hormonhaushalt und synchro- nisiert die innere Uhr des Menschen. Seine physische und psychische Ver- fassung und seine Leistungsfähigkeit werden durch Tageslicht positiv be- einflusst.

Deshalb ist eine ausreichende Be- leuchtung mit Tageslicht am Arbeits- platz anzustreben und der Beleuch- tung ausschließlich mit künstlichem Licht vorzuziehen.“

Zum erforderlichen Beleuch- tungsniveau bei einer natürlichen Be- leuchtung werden in der BGR 131-2, Abs. 4.1.1 folgende Hinweise gegeben:

„Arbeitsstätten müssen möglichst ausreichend Tageslicht erhalten.

Dies wird z. B. erreicht, wenn je nach Anforderung der Sehaufgabe ein Ver- hältnis von lichtdurchlässiger Fenster-, Tür- oder Wandfläche bzw. Oberlicht- fläche zur Raumgrundfläche von min- destens 1:10 (entspricht ca. 1:8 Roh- baumaße), für höhere Anforderungen bis 1:5 eingehalten ist. Bei der Be- leuchtung durch Fenster-, Tür- oder Wandflächen gelten diese Werte für übliche Abmessungen der Räume mit einem Verhältnis von Raumbreite zur Raumtiefe von bis zu 1:2 bis (zu) einer maximalen Raumtiefe von 6 m.“

Der grundsätzliche Vorrang des Tageslichts bei der Arbeitsstätten- bzw. Arbeitsplatzbeleuchtung wird durch die im Frühjahr 2009 erscheinende be- rufsgenossenschaftliche Information (BGI) 7007 „Tageslicht am Arbeits- platz“ mit Ausführungsbeispielen und Anwendungsbeschreibungen ergänzt [4]. So gibt die BGI 7007 z. B. nach- folgende praktische Hinweise (Aus- zug):

Um die in der BGR 131 gefor- derte Beleuchtungsstärke am Arbeits- platz durch Tageslicht zu erreichen, ist es notwendig, die Fenster- bzw. die Dachoberlichtflächen wie in Tabelle 1 angegeben zu dimensionieren.

5 Normative Grundlagen

5.1 DIN EN 12464-1

Für wesentliche Arbeitsstätten und Arbeitsplätze sind in DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten –

Tabelle 2. *Wartungswert der Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m) in Abhängigkeit von der Nutzung (Auszug aus DIN EN 12464-1)*

Table 2. *Maintained illuminance (\bar{E}_m) in relation to use of rooms (Extract from DIN EN 12464-1)*

Verkehrszonen und allgemeine Bereiche innerhalb von Gebäuden		
Ref Nr.		\bar{E}_m in Lux
1.1	Verkehrszonen	
1.1.1	Verkehrsflächen und Flure	100
1.1.2	Treppen, Rolltreppen, Fahrbänder	150
1.1.3	Laderampen, Ladebereiche	150
1.2	Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume	
1.2.1	Kantinen, Teeküchen	200
1.2.2	Pausenräume	100
1.2.3	Räume für körperliche Ausgleichsübungen	300
1.2.4	Garderoben, Waschräume, Bäder, Toiletten	200
1.2.5	Sanitäräume	500
1.2.6	Räume für medizinische Betreuung	500
1.3	Kontrollräume	
1.3.1	Räume für haustechnische Anlagen, Schaltgeräteräume	200
1.3.2	Telex- und Posträume, Telefonvermittlungsplätze	500
1.4	Lager- und Kühlräume	
1.4.1	Vorrats- und Lagerräume	100
1.4.2	Versand- und Verpackungsbereiche	300
1.5	(Hoch-)Regallager	
1.5.1	Fahrwege ohne Personenverkehr	20
1.5.2	Fahrwege mit Personenverkehr	150
1.5.3	Leitstand	150

Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräu- men“ Beleuchtungsniveaus für Innen- räume in Arbeitsebene für viele ver- schiedene Tätigkeiten tabellarisch an- geben [5].

Unter Berücksichtigung von durchschnittlichen Minderungsfak- toren und einer Außenbeleuchtungs- stärke für den gleichmäßig bedeckten Himmel von 5000 Lux lassen sich die Vorgaben der DIN EN 12464-1 um- rechnen auf die hierfür notwendigen Dachoberlichtflächen. Tabelle 2 stellt einen Auszug dar des Anteils der not- wendigen Dachoberlichtfläche an der Raumgrundfläche in Abhängigkeit der Nutzungen nach DIN EN 12464-1.

5.2 DIN 5034

DIN 5034 „Tageslicht in Innenräu- men“ gilt für Wohn- und Arbeitsräume [6]. Tageslichtöffnungen im Sinne die- ser Norm sind Fenster und Dachober- lichter. Dabei dienen diese Oberlichter der natürlichen und gleichmäßigen Be- leuchtung von Innenräumen. Für die- sen Zweck müssen Oberlichter genü- gend groß und gleichmäßig in der Dachfläche verteilt sein.

Für Arbeitsräume, die ähnlich groß wie Wohnräume sind, fordert DIN

5034 einen Tageslichtquotienten D im Mittel von wenigstens 0,9 %, minde- stens aber 0,75 %.

Arbeitsräume mit Oberlichtern müssen auf der Nutzebene einen middle- ren Tageslichtquotienten von $D_m > 4$ % aufweisen, dieser ergibt sich bei einem Anteil der Gesamtfläche aller Ober- lichtöffnungen an der Dachfläche von wenigstens 8 %.

6 Planung der Beleuchtung mit Dachoberlichtern

Die Frage nach der notwendigen Men- ge, der Ausführung und der Anord- nung der Lichtkuppeln und Lichtbän- der auf der Dachfläche zur Innen- raumbeleuchtung mit Tageslicht richtet sich einerseits nach architektonischen Gesichtspunkten, nach dem geplanten Verwendungszweck, nach wirtschaft- lichen Aspekten des Bauherrn und an- dererseits nach den Bedürfnissen und Forderungen der Nutzer. Im Zusam- menspiel mit allen Beteiligten ist auch mit Blick auf den notwendig werden- den Energieausweis ein übergreifendes Konzept für die natürliche und künst- liche Beleuchtung zu entwickeln.

Mit in der Dachfläche regelmäßig angeordneten Dachoberlichtern kann

mit Tageslicht eine gleichmäßige Raumausleuchtung erreicht werden, und das unabhängig zum Abstand der Arbeitsplätze von der Außenwand und meist auch unabhängig von der architektonisch beeinflussten Fassadengestaltung. Auch eine eventuell störende Nachbarbebauung oder höhere Pflanzen spielen bei der Beleuchtung durch Dachoberlichter meist keine Rolle.

Wenn eine sehr gleichmäßige Beleuchtung bei niedrigen bis mittelhohen Hallen verlangt wird oder ein Bereich besonders ausgeleuchtet werden soll, bietet sich der Einsatz von Lichtkuppeln an. Mit ihnen lassen sich Innenräume punktgenau und gezielt ausleuchten. Als Lichtkuppel werden Dachoberlichter bezeichnet, die komplett zusammengebaut angeliefert und meist vom Dachdecker eingebaut werden. Sie sind in Größen zwischen ca. $60 \times 60 \text{ cm}^2$ bis zu $200 \times 300 \text{ cm}^2$ lieferbar.

Für die Beleuchtung von orientierten Verkehrswegen in großen Räumen oder hohen Hallen oder in Gebäuden mit lang gestreckten Arbeitsplätzen sind Lichtbänder eine technisch einfach in das Dach integrierbare Lösung. Lichtbänder werden in individueller Breite und Länge meist in vorkonfek-

tionierten Baugruppen angeliefert und vor Ort von Fachmonteuren eingebaut (vgl. Bild 1). Sie sind wegen des geringen Eigengewichtes auch leicht im Gebäudebestand nachträglich einbaubar.

Eine in vielen Projekten bewährte Lösung, viel Tageslicht durch Dachöffnungen in die Gebäude zu leiten, besteht in einer Kombination aus großformatigen Lichtbändern (diese werden oberhalb der Längslinien der Hauptfertigung oder über Verkehrswegen installiert) und einzelnen Lichtkuppeln (für die Zwischenflächen) (Bild 2).

Mit dieser Anordnung wird nicht nur eine gleichmäßige Raumausleuchtung erreicht, sondern auch im Sommer der direkte Wärmeeinfall reduziert. Durch zu öffnende Elemente in diesen Dachoberlichtern kann zusätzlich eine gezielte Entlüftung und im Brandfall eine Rauchableitung integriert werden.

Für übliche mehrschalige Dachoberlichter wird meist lichtstreuendes, opal eingefärbtes und witterungsstabilisiertes Acryl- oder Polycarbonat-Kunststoffglas verwendet. Der Lichtdurchlass im sichtbaren Spektrum beträgt dabei ca. 60 bis 70 %. Durch die Einfärbung der Dachoberlichtverglasung

wird der Blendung entgegengewirkt und durch die gewölbte Form auch der Reinigungsaufwand reduziert (Selbstreinigung durch den Regen).

7 Faustformeln und Tipps

Hinsichtlich der notwendigen Flächen auf dem Dach für Oberlichter in Abhängigkeit der Nutzung gibt Tabelle 3 einen Auszug aus [10] wieder.

Für einen ersten, überschlägigen Ansatz kann der doppelte Wert des geforderten Tageslichtquotienten D als Flächenanteil angesetzt werden. Dies entspricht im Prinzip auch der in DIN 5034 beschriebenen Vorgehensweise. Eine genauere Planung sollte von Fachleuten, so z. B. den geschulten Mitarbeitern der im Fachverband für Tageslicht und Rauchschutz (FVLR) zusammengeschlossenen Unternehmen, unter Verwendung des FVLR-Rechenprogrammes LightWorks durchgeführt werden.

Es hat sich in der Praxis bewährt, z. B. die Dachlichtbandbreite nicht größer als die halbe Hallenhöhe zu wählen. Dies verhindert im Sommer eine starke Aufheizung des Hallenraumes.

Oberlichter mit nicht lichtstreuender Verglasung müssen so angeord-



Bild 1. Ein Satteldachoberlichter beleuchtet die Rolltreppen und die Hauptverkehrswege eines Kaufhauses
 Fig. 1. A ridgeroof skylight illuminates the escalators and the main aisles of a shoppingcenter



Bild 2. Kombination aus Lichtkuppeln, Lichtbändern und RWA-Geräten in einer Hubschrauberwartungshalle
 Fig. 2. Combined use of individual rooflights, continuous rooflights and smoke and heat exhaust ventilators in a maintenance hall for helicopters

Tabelle 3. Abgeleitete tageslichttechnische Beleuchtungsanforderungen (Anteil der notwendigen Dachoberlichtfläche an der Raumgrundfläche) auf der Basis der DIN EN 12464-1

Table 3. Converted requirements for illumination conveyed through daylight (Ratio of necessary rooflight area to room area) based on DIN EN 12464-1

Anforderungen			
sehr gering 1/10	gering 1/7	mittel 1/6	hoch 1/5

Verkehrszonen

Verkehrsflächen und Flure, Treppen, Rolltreppen und Fahrbänder, Laderampen, Ladebereiche				
--	--	--	--	--

Pausen-, Sanitär- und Erste-Hilfe-Räume

Kantinen, Teeküchen sowie Garderoben, Waschräume, Bäder, Toiletten				
Sanitätsräume und Räume für medizinische Betreuung				

Kontrollräume

Räume für haustechnische Anlagen, Schaltgeräteräume				
Telex- und Posträume, Telefonvermittlungsplätze				

Lager- und Kühlräume

Vorrats- und Lagerräume				
Versand- und Verpackungsbereiche				

(Hoch-)Regallager

Fahrwege				
----------	--	--	--	--

net oder mit zusätzlichem Blendschutz, z. B. mit abgehängten Rastern, versehen sein, dass sie bei Besonnung nicht blenden können.

Aus praktischen Überlegungen heraus hat es sich bewährt, Lichtkuppeln und Lichtbänder nur im Dachmittelpunkt anzuordnen und den Bereich erhöhter Windsoglasten auf der Dachfläche, das sind z. B. beim Flachdach die Randstreifen von etwa 2 m Breite und die Eckbereiche, frei zu lassen. Auch wird bei Dachlichtbändern in der Regel das erste Binderfeld frei gelassen, um aufwändige Attikaanschlüsse oder kostenträchtige Wechsel zu vermeiden (s. Bild 4). Bei allen Planungen mit Dachoberlichtern sind diese Regeln hinsichtlich ihrer lichttechnischen Auswirkungen zu beachten.

Lichtkuppeln und Lichtbänder sind Bauteile, die die Dachfläche durchdringen, wobei verschiedene konstruktive und verarbeitungstechnische Anforderungen zu beachten sind. Um die Anschluss- und Detailarbeiten sachgemäß durchführen zu

können und um den Wasserablauf nicht zu behindern, ist ein Mindestabstand zwischen Lichtkuppeln, Lichtbändern einschließlich Rauchabzugs-

geräten und anderen Bauteilen von wenigstens 50 cm – besser 100 cm – einzuhalten.

8 Planungstools

8.1 FVLR-Lichtanimation

Der FVLR hat in Zusammenarbeit mit dem Lichtlabor der Hochschule Ostwestfalen-Lippe die lichttechnischen Auswirkungen verschieden angeordneter und ausgeführter Tageslichtöffnungen über den Tagesgang der Sonne für den Sommer- und Winterfall untersucht. Variiert wurden die Jahreszeit (Sommer/Winter), die Hallenhöhe (drei Höhen), die Fassadenöffnungen (ohne Fenster, mit Fenster, mit hoch liegenden Fenstern, einseitig angeordnet, zweiseitig angeordnet) und die Dachausführung (geschlossen, mit Lichtkuppeln verschiedener Größe und Menge, mit Lichtbändern verschiedener Größe und Menge). Das Ergebnis sind insgesamt 280 Filme eines gerafften Tagesganges, von denen jeweils zwei gleichzeitig und nebeneinander zur Gegenüberstellung der Wirkung der Maßnahmen betrachtet werden können (Bild 3).

Durch diese Darstellungen ist eindeutig belegbar, dass großflächige Räume/Hallen nur von oben über Dachoberlichter ausreichend zu beleuchten sind. Auch wird deutlich, dass klare Verglasungsmaterialien zu störenden, wandernden Schlagschat-



Bild 3. Ausgabebildschirm der FVLR-Lichtanimation

Fig. 3. Screen of the computer program FVLR-Lichtanimation

ten führen, die zu vermeiden sind. Abhilfe schaffen hier diffus streuende Verglasungsmaterialien.

8.2 EDV-Programm LightWorks

Vor dem Hintergrund der Entwicklungen zur Energieeinsparverordnung EnEV 2007 wurde die CAD-basierte Software LightWorks (Bild 4) zur Lichtberechnung entwickelt, die als Branchenlösung von der Mitglieder des FVLR zur Projektierung und Kalkulation und somit auch zum Kostenvergleich Tageslicht versus Kunstlicht eingesetzt werden kann. Zielsetzung war es, den für die Nachweise in DIN V 18599-4 geforderten mittleren Tageslichtquotienten D für Gebäude mit Tageslichtöffnungen (Lichtkuppeln, Lichtbänder oder Fenster) mit weni-

gen, einfachen Eingaben und über standardisierte Voreinstellungen möglichst schnell errechnen und dessen Verlauf über definierte Beleuchtungszonen visualisieren zu können [7]. Dabei sollte aber auch die Möglichkeit bestehen, für sehr exakte Berechnungen sämtliche Parameter individuell abändern zu können.

Abweichend zu dem in DIN V 18599-4 beschriebenen einfachen Verfahren zur Ermittlung des Tageslichtquotienten ist das für derartige Zwecke unter Fachleuten geschätzte Programmpaket Radiance zur möglichst genauen Berechnung des Tageslichtquotienten als Rechenmotor eingebunden.

Die Ergebnisse der Berechnung von LightWorks (Tageslichtquotient D) werden auch als 3D-Gebirgedarstellung oder als Falschfarbbild (Bild 5)

ausgegeben und können so in den weiteren Nachweis nach DIN V 18599-4 einfließen.

9 Amortisation einer guten Beleuchtung

Die Frage nach den Kosten und der Amortisationszeit ist für jeden Unternehmer wesentlich, der eine Beleuchtungseinrichtung errichtet und betreibt. Eine vollständige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist hier sicher schwierig, weil die mit einer schlechten Beleuchtung einhergehenden Kosten für Fehler, Unfälle und Motivationsmängel nur hypothetisch in einer Rechnung angesetzt werden können. Durch ergonomisch gestaltete Arbeitsplätze können Unfälle vermieden, die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten erhalten und somit kostenträchtige Fehlzeiten im Unternehmen reduziert werden.

Neue Entwicklungen in der Beleuchtungstechnik, z. B. neue Generationen von elektronischen Vorschaltgeräten, veränderte Leuchtenkonstruktionen und energieeffizientere Lampen haben die Wirkungsgrade von Beleuchtungsanlagen gesteigert, so dass diese erheblich wirtschaftlicher betrieben werden können als ältere Anlagen.

Energiekosten können auch durch ein geeignetes Beleuchtungskonzept und eine effektive Nutzung des Tageslichts reduziert werden. Wie Bild 6 am Beispiel einer großen Produktionshalle eines namhaften Automobilherstellers zeigt, amortisieren sich die Kosten für Lichtkuppeln in wenigen Jahren, und dies insbesondere schneller bei steigenden Energiekosten.

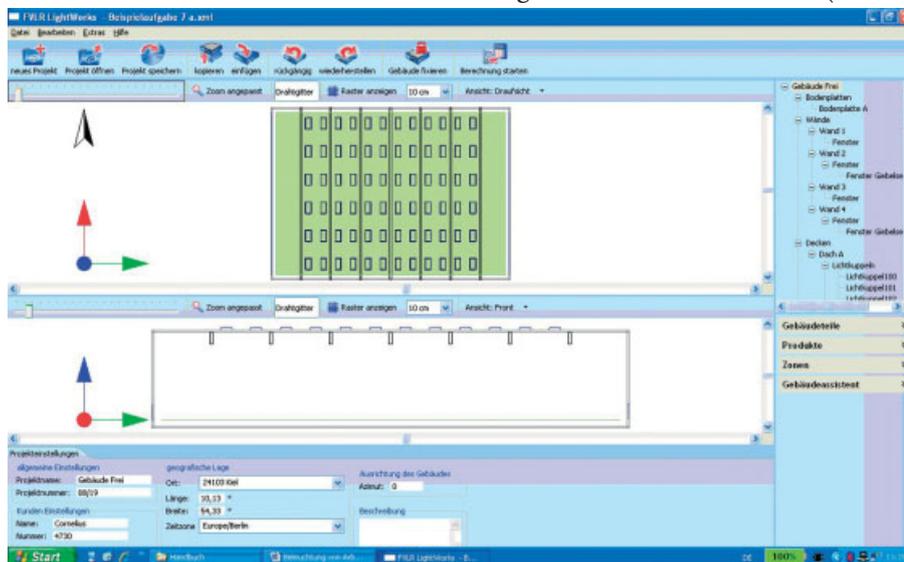


Bild 4. Oberfläche des FVLR-Programms LightWorks

Fig. 4. Menu Display of the FVLR-computer program called LightWorks

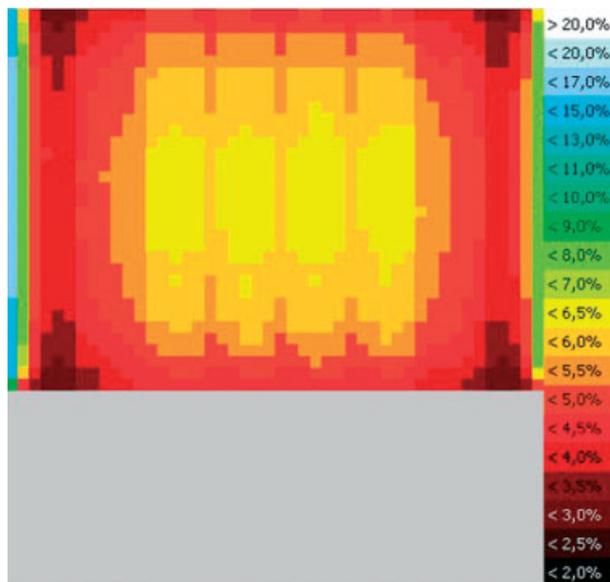


Bild 5. Verlauf des Tageslichtquotienten D als Falschfarbbild für das in Bild 4 gezeigte Objekt
Fig. 5. Illustration of the daylight factor D as false colour picture for the object shown in figure 4

10 Energieeffizienz

Am 1. Oktober 2007 ist die Energieeinsparverordnung EnEV 2007 in Kraft getreten, die u. a. die Europäische Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in nationales Recht umsetzt. Da die Bewertungsmethode der bisherigen EnEV u. a. die Belange der Beleuchtung nicht erfasst hat, wurde eine völlig neue Bewertungsmethode, und zwar DIN V 18599 als Grundlage für die Erstellung von Energieausweisen, notwendig [8]. Teil 4 der DIN V 18599 „Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung“ beschäftigt sich mit der Beleuchtung, und zwar sowohl mit der künstlichen als auch mit der

Wirtschaftlichkeit von Lichtkuppeln

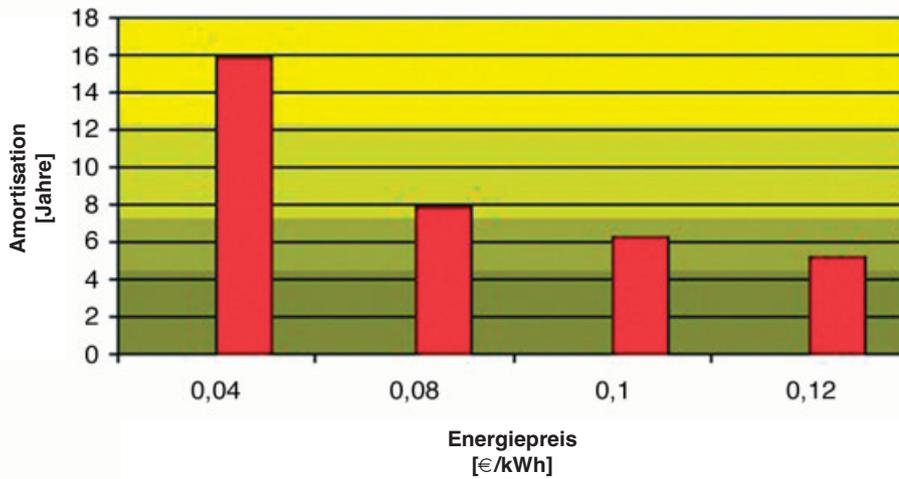


Bild 6. Amortisationszeit von Lichtkuppeln in Abhängigkeit vom Energiepreis
 Fig. 6. Time of amortisation of individual rooflights depending on the cost of energy

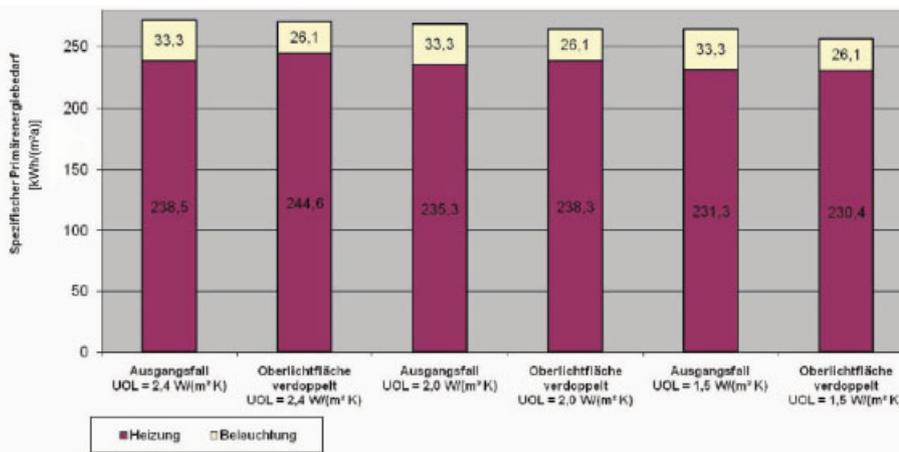


Bild 7. Primärenergetische Auswirkungen von Dachoberlichtflächen bei unterschiedlichen U-Werten
 Fig. 7. Primary energetic effects of rooflight areas at different U-values

natürlichen Beleuchtung. Grundlegender Ansatz ist dabei, dass der Aufwand für elektrische Energie für Beleuchtungszwecke durch die intensive Nutzung des Tageslichtes durch Öffnungen in Wand oder Decke (Fenster oder Dachoberlichter) reduziert werden kann.

Die gängigen Verglasungsmaterialien von Dachoberlichtern aus Kunststoff (z. B. PC-Stegplatten) haben nun gegenüber konventionellen Dachflächen deutlich schlechtere U-

Werte. Sie sind etwa um den Faktor 10 größer. Es stellt sich dann die Frage, ob eine Vergrößerung der Lichtfläche im Dach zwecks verstärkter Tageslichtnutzung gesamtenergetisch überhaupt vorteilhaft ist. Eine vom FVLR in Auftrag gegebene Studie [9] des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen (ZUB), Kassel, auf der Basis des Rechenalgorithmus der DIN V 18599 belegt, dass selbst eine Verdoppelung der Dachoberlichtfläche bei allen gerechneten Varianten immer einen ge-

ringeren Gesamtenergiebedarf nach sich zieht (Bild 7). Die gezielte Nutzung des Tageslichtes zahlt sich somit immer aus.

Literatur

- [1] Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), 2004.
- [2] BGR 131-1: Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten; Teil 1: Handlungshilfen für den Unternehmer, Hrsg. DGUV, 10.2008.
- [3] BGR 131-2: Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten; Teil 2: Leitfaden zur Planung und zum Betrieb der Beleuchtung, Hrsg. DGUV, 10.2008.
- [4] Entwurf BGI 7007: Gesund und fit im Kleinbetrieb; Tageslicht – Antworten auf die häufigsten Fragen, Hrsg. DGUV, 2009.
- [5] DIN EN 12464-1: 2003-03: Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen.
- [6] DIN 5034-1:1999-10: Tageslicht in Innenräumen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen.
- [7] DIN V 18599-4: 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung.
- [8] DIN V 18599-1 bis -10: 2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.
- [9] Untersuchung der Auswirkungen von Dachoberlichtern auf den wärme- und lichttechnischen Energiebedarf von Hallenbauten auf Grundlage der DIN V 18599. Bericht VK 43218, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen, Kassel, 2008, unveröffentlicht.
- [10] Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V.: www.fvlr.de.

Autor dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Wolfgang Cornelius, FVLR Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V., Ernst-Hilker-Straße 2, 32758 Detmold
 www.fvlr.de