

ENTWURFSKONZEPTOPTIMIERUNG EINER WERKHALLE DURCH INTEGRALE ANALYSE VON TAGESLICHT UND THERMISCHEM RAUMKLIMA

Andreas Lahme

ALware Andreas Lahme, Rebenring 33, 38106 Braunschweig, Germany

Tel. +49 531 250 72 80, Fax +49 531 250 72 81

a.lahme@alware.de, www.alware.de

KURZFASSUNG

Für eine Werkhalle für Bildungsmaßnahmen sollen die Tageslichtnutzung und das thermische Raumverhalten untersucht werden. Es sind zwei Entwürfe mit Seitenfenstern und unterschiedlichen Dachformen gegeben: Sheddach mit 28°/62°-Neigung und Sheddach mit 45°-Neigung.

Die Untersuchung erfolgt mittels Lichtsimulation und stündlich dynamischer thermischer Gebäudesimulation anhand unterschiedlicher Gebäudevariationen: Ermittlung von Leuchtdichten, Tageslichtquotienten und Tageslichtnutzung bei bedecktem Himmel, Tagesgänge der Besonnung, sowie Analyse der Raumtemperatur, Überhitzungshäufigkeiten, Wärmebilanz, solare Einstrahlung, Heizenergiebedarf etc.

Die Bewertung der Simulationsergebnisse weist den Entwurf mit dem 28°/62°-Sheddach und verschatteten und verkleinerten Seitenfenstern als die bessere Lösung aus. Das 45°-Sheddach führt zu erhöhter Überhitzung und steigert die Tageslichtnutzung dabei kaum, weiterhin reduziert es auch nicht den Heizenergiebedarf.

ABSTRACT

The task formulation is the examination of daylight use and thermal room behaviour for a working hall used for educational purposes. Two designs with side windows and different shed roofs exist: Shed roof with 28°/62° slope and shed roof with 45° slope.

The examination is done by lighting simulation and thermal simulation: Investigation of luminance, daylight factors, daylight autonomy under an overcast sky, daypaths of solar radiation for different building variations, investigation of room temperature, overheating frequency, heat balance, solar entries, heating energy demand, etc. for different building variations.

The evaluation of the simulation results shows that the 28°/62° shed roof with shaded and downsized side windows is the better solution. The 45° shed roof leads to higher overheating rates and hardly increased daylight use, further it does not reduce the heating energy demand.

EINLEITUNG

Projektbeschreibung

Das Untersuchungsobjekt ist die BIW-Werkhalle in Frankfurt, in der Bildungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen. Der Hallenboden ist mit einer 2 m dicken Sandschicht für Erdbauarbeiten ausgestattet. Für die umfassende Sanierung der Werkhalle liegen unterschiedliche Entwürfe für ein nach Norden ausgerichtetes Sheddach vor [1]: Der Entwurf des Architekten sieht Sheds mit 28°/62°-Neigung vor (vgl. Abb.2). Der Fachingenieur schlägt gleichschenklige Sheds mit 45°-Neigung zur Erhöhung der Tageslichtnutzung vor (vgl. Abb. 3).



Abbildung 1

Grundriss der Werkhalle mit Nordpfeil

Aufgabenstellung

Für die Sanierung der Werkhalle sind ein Sheddach sowie Seitenfenster im Süden, Osten und Norden vorgesehen. Zur Sicherstellung visueller und thermischer Behaglichkeit soll mit Hilfe der Gebäudesimulation die beste Sheddachform gefunden und ferner die Fensterflächen optimiert werden.

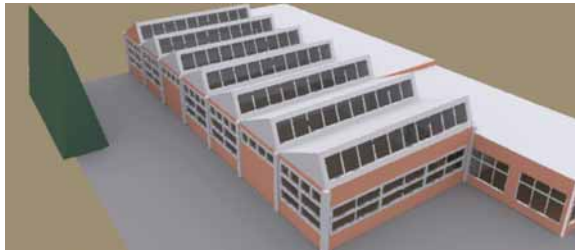


Abbildung 2+3

Ansicht der Werkhalle mit unterschiedlichen Sheddach-Entwürfen: Sheddach mit 28°/62°-Neigung und Sheddach mit 45°-Neigung

UNTERSUCHUNG

Tageslicht

Mittels der Lichtsimulation [5, 6] werden folgende Varianten der Werkhalle auf ihre Tageslichtversorgung hin untersucht:

- Entwurf mit 28°/62°-Sheddach mit Fenstern
- Entwurf mit 28°/62°-Sheddach ohne Fenster
- Entwurf mit 45°-Sheddach mit Fenster

Dabei werden folgende Ergebnisse zur Tageslichtsituation ermittelt [3]:

- Raumhelligkeit (Leuchtdichte) bei bedecktem Himmel
- Tageslichtquotienten in 1 m Raumhöhe bei bedecktem Himmel (vgl. Abb. 4)
- Tageslichtnutzung und Stromersparung für die künstliche Beleuchtung (Verfahren nach [4] erweitert, vgl. Abb. 5)
- Beleuchtungsstärken (Tagesgänge am 21. Dezember/März/Juni) für die Tageslichtnutzung bei Besonnung

Thermisches Raumverhalten

Mittels der dynamisch-thermischen Simulation [7, 8] werden der Entwurf mit dem 28°/62°-Sheddach und der Entwurf mit dem 45°-Sheddach für die Werkhalle auf ihr thermisches Raumverhalten hin untersucht. Dabei werden neben anderen Ergebnisgrößen folgende Ergebnisse ermittelt [2]:

- Jahresgang (vgl. Abb. 6) und Wochengänge der Raumtemperatur

- monatliche Überhitzungshäufigkeit
- solare Einträge durch die einzelnen Dachsheds und Fenster
- monatliche Wärmebilanz
- Heizenergiebedarf und Heizleistung

Zum Vergleich werden diese Ergebnisse auch mit zusätzlicher Nachtlüftung sowie mit Nachtlüftung und verkleinerten Fenstern mit Verschattungssystem (Ostfassade) bzw. Überhang (Südfassade) ermittelt.

ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG

Das 28°/62°-Sheddach ist für die Tageslichtversorgung der Werkhalle die optimale Lösung. Die Raumhelligkeit wird hauptsächlich durch die Sheddach-Oberlichter erzeugt. Die Fenster dienen in erster Linie der Sichtbeziehung nach außen. Die Tageslichtnutzung kann zu fast 80 % der Nutzungszeit sichergestellt werden. Die künstliche Beleuchtung braucht nicht gedimmt, sondern nur tageslichtabhängig geschaltet werden.

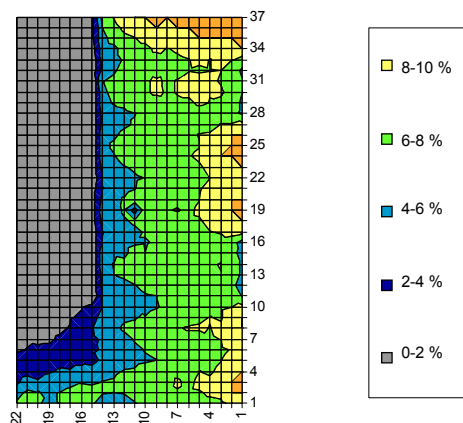


Abbildung 4

Tageslichtquotienten in der Halle mit 28°/62°-Sheddach in 1,00 m Höhe über dem Boden

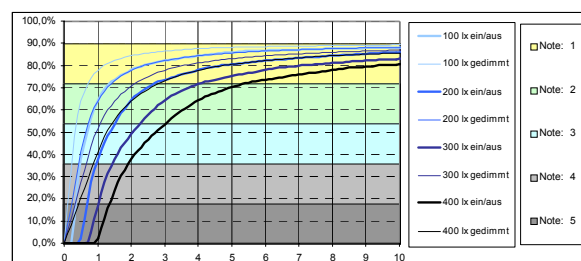


Abbildung 5

Tageslichtnutzung in Abhängigkeit des Kunstlicht-Schaltwertes (Tageslichtquotient) für die Lichtzone mit Bewertung für verschiedene Anforderungen und Steuerungsstrategien

Mit dem 28°/62°-Sheddach überhitzt die Werkhalle nur in 6,8 % der Betriebszeit und erfüllt damit die

Anforderungen von maximal 10 %. Eine Nachtlüftung auf 21°C reduziert die Überhitzung auf 2,7 % der Betriebszeit. Eine Nachtlüftung, die die Raumtemperatur auf 17°C abkühlen kann, reduziert die Überhitzungen auf 0,4 % der Betriebszeit.

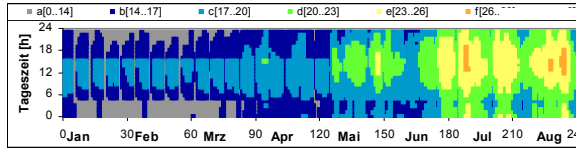


Abbildung 6

Raumtemperatur in [°C] der Werkhalle mit 28°/62°-Sheddach bei einer Nachtlüftung mit Abkühlung auf 17°C im Lauf eines Jahres

Mit zusätzlich verkleinerten und verschatteten Ostfenstern und den horizontalen Überständen an den Südfenstern kann die Überhitzung weiter reduziert werden.

Der mehr als doppelt so große Tageslichtquotient beim 45°-Sheddach resultiert lediglich in einer Erhöhung der Tageslichtnutzung auf 85 % der Nutzungszeit.

Auch hilft das 45°-Sheddach nicht, den Heizenergiebedarf zu senken. Außerdem ergeben sich Überhitzungen von 13,7 % der Betriebszeit.

Variation	Ergebnis			
	Überhitzung		Max. Temp.	TL-Nutzung
Bewertungskriterien:	alle [> 26°C]			
	[h/a]	[%/a]	[°C]	[%]
Shed-28°/62°	160	6,8%	28,9	80%
Shed-28°/62° + Nachtlüftung	10	0,4%	26,8	80%
Shed-45°	321	13,7%	32,1	85%

Abbildung 7

Übersicht der Simulationsergebnisse im Vergleich

Aufgrund der Simulationsergebnisse wird empfohlen, den Entwurf mit kleineren Seitenfenstern (Ostfassade) sowie Überständen an den Südfenstern zur Verringerung der solaren Einträge umzusetzen. Die Nachtlüftung (über Fenster oder über Ventilatoren) mit kühler Außenluft sollte den Raum nicht unter 18°C abkühlen, damit der Wert nicht mit der Heizgrenze von 17°C zusammen fällt. Das reduziert unnötigen Heizenergiebedarf nach sehr kühlen Sommernächten.

UMSETZUNG IN DIE PLANUNG

Das 28°/62°-Sheddach wird in der Planung umgesetzt, ebenso wie der statische Sonnenschutz auf der Südseite. Auf der Ostseite ist kein Sonnenschutz vorgesehen. Die Fenster werden zusätzlich mit einer mechanischen Steuerung für die nächtliche Abkühlung mittels Querlüftung von Nord nach Süd ausgerüstet. Auf die Nachtkühlung mittels

Ventilatoren wird aus energetischen Gründen verzichtet.

FAZIT

Wichtig für die Planung der BIW-Werkhalle war die Einbeziehung der Gebäudesimulation in der frühen Entwurfsphase, damit die Ergebnisse unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten berücksichtigt werden können:

Das 28°/62°-Sheddach ist kostengünstiger als das Sheddach mit 45°-Neigung. Oberlichter auf der Westseite können entfallen. Die technische Gebäudeausstattung kann auf die optimierten Ergebnisse angepasst werden.

Die durch diese Untersuchung vermiedenen Investitionskosten für die BIW-Werkhalle machen den Einsatz der Gebäudesimulation sinnvoll und wirtschaftlich.

Die frühzeitig im Planungsablauf durchgeführte simulationsgestützte integrale Analyse von Tageslicht und thermischem Raumverhalten schafft Planungssicherheit, verkürzt die Entscheidungsphase für Maßnahmen und trägt entscheidend zur Qualitätssicherung bei.

LITERATUR

- [1] Neufert E. 2003. Bauentwurfslehre. 37. Aufl., Wiesbaden.
- [2] DIN V 18599-1, 2007. Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.
- [3] BINE Informationsdienst, profi-info 1/00, 2000. Tageslichtnutzung in Gebäuden. Karlsruhe
- [4] LEE – Leitfaden Elektrische Energie; inkl. Verfahren zur Tageslichtnutzung. Institut Wohnen Umwelt, Darmstadt
- [5] ALware 2008. Planning tool 3D Lighting, www.alware.de
- [6] Lawrence Berkeley National Laboratory 2008. Radiance, <http://radsite.lbl.gov/>
- [7] ALware 2008. Planning tool 3D Thermal, www.alware.de
- [8] Statens Byggeforskningsinstitut 2008. Software BSim, www.bsim.dk