

# **Modernisierung der BIW-Werkhalle in Frankfurt: Optimierung des Entwurfskonzeptes durch integrale Analyse von Tageslicht und thermischem Raumverhalten**

Dipl.-Ing. Architekt Werner Füssler\*), Dipl.-Phys. Ing. Andreas Lahme\*\*)

\*) FAAG Technik GmbH, Gutleutstraße 40, D-60329 Frankfurt

Tel.: +49 69 2698 435, W.Fuessler@faag.abg-fh.de, www.faag.de/planung

\*\*) ALware Andreas Lahme, Technologiepark, Rebenring 33, D-38106 Braunschweig

Tel.: +49 531 250 72-80, Fax: + 49531 250 72-81, info@alware.de, www.alware.de

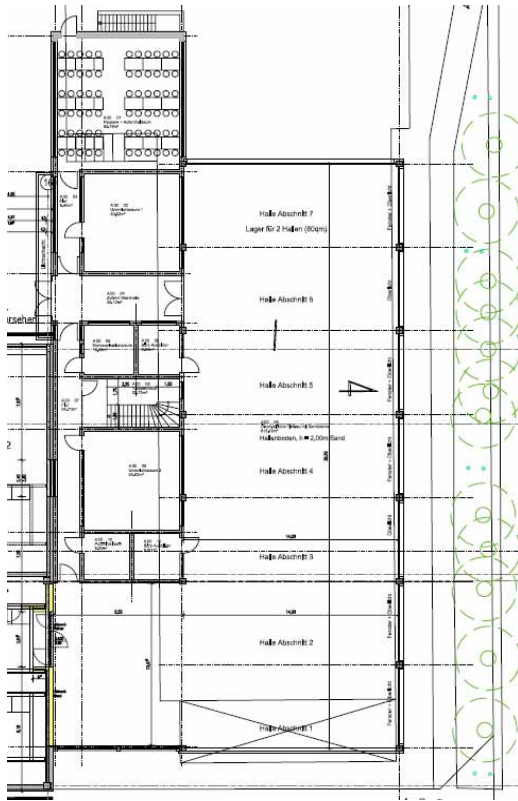
## **Einleitung**

Die BIW Bildungsstätte Frankfurt ist ein Teil des dualen Ausbildungssystems in Deutschland. Der Standort mit seinen Gebäuden ist 30 – 25 Jahre alt und wird mit finanzieller Unterstützung des Bundes und des Landes Hessen energetisch und funktional modernisiert. Für die Ausbildung im Rohrleitungs- und Tiefbau ist eine Werkhalle mit 2 m tiefem Sandboden notwendig. Dazu ist Tageslicht zum „Sehen“ und der visuelle Bezug nach außen zu schaffen. Die Größe der Werkhalle ergibt sich durch die Flächenvorgabe der Planungshilfen des Bundesinstitutes für Berufliche Bildung und durch die Situation vor Ort.



▲ Abb.: Lage der Werkhalle, Abbildung von Google Earth, Stand: Juli 2007

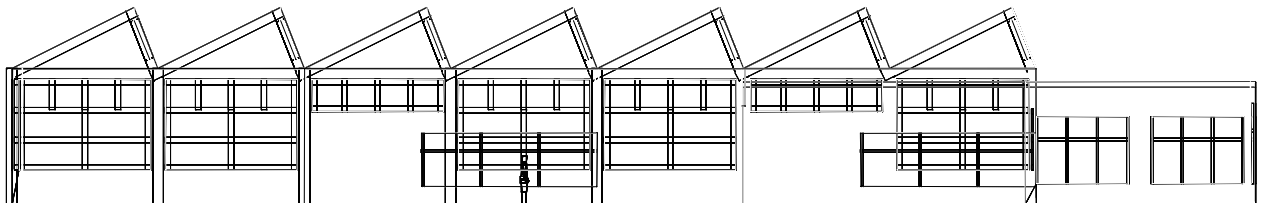
Die Lage auf dem Grundstück erlaubt die „klassische“ Nordorientierung für die Belichtung der Werkhalle mit Oberlichtern. Die Halle hat eine Grundfläche von 14,50 m x 38,50 m.



▲ Abb.: Grundriss der Werkhalle

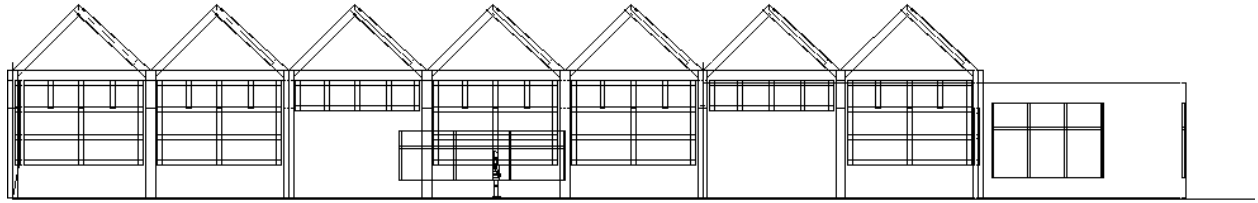
Die Nutzungszeit ist wochentags von 7:00 Uhr bis 16:30 Uhr.

Grundlage für den Entwurf bildet die Bauentwurfslehre von Neufert: Der Winkel des Sheddaches ergibt sich aus dem Sonneneinfallswinkel des höchsten Sonnenstandes im Sommer: ca. 62°. Dadurch wird die direkte Sonneneinstrahlung mit Schlagschatten vermieden und viel Tageslicht in die Halle gebracht. Diese Variante sieht ein Shed mit 28°/62°-Neigung vor.



▲ Abb.: Längsschnitt durch die Werkhalle mit dem 28°/62°-Sheddach

Als Alternative wurde von Seiten des Gutachters ein Winkel von  $45^\circ/45^\circ$  mit der 1,8 - fachen Fensterfläche des  $28^\circ/62^\circ$ -Sheds vorgeschlagen.



▲ Abb.: Längsschnitt durch die Werkhalle mit dem  $45^\circ/45^\circ$ -Sheddach

Mit Hilfe der Gebäudesimulation wird das vorliegende Entwurfskonzept optimiert, indem die Auswirkungen von baulichen Maßnahmen auf die Tageslichtversorgung und das thermische Raumverhalten der Werkhalle in Variantenstudien untersucht werden.

## Aufgabenstellung

Ziel der Gebäudesimulation ist im Entwurf, so viel Tageslicht wie möglich in die Halle zu bringen und so wenig Überhitzung im Sommer durch die Sonneneinstrahlung zu zulassen. Zur Sicherstellung visueller und thermischer Behaglichkeit sollen die beste Sheddachform gefunden sowie die Fensterflächen und deren Verschattung optimiert werden.

## Untersuchung

### *Tageslicht*

Mittels der Lichtsimulation werden folgende Varianten der Werkhalle auf ihre Tageslichtversorgung hin untersucht:

- der Entwurf mit einem Sheddach von  $28^\circ/62^\circ$ -Neigung mit Fenster
- der Entwurf mit einem Sheddach von  $28^\circ/62^\circ$ -Neigung ohne Fenster
- der Entwurf mit einem gleichschenkligen Sheddach von  $45^\circ$ -Neigung mit Fenster

Dabei werden folgende Ergebnisse zur Tageslichtsituation ermittelt:

- Raumhelligkeit (Leuchtdichte) bei bedecktem Himmel

- Tageslichtquotienten in 1 m Raumhöhe (bei bedecktem Himmel)
- Tageslichtautonomie und Stromeinsparung für die künstliche Beleuchtung (bei bedecktem Himmel)
- Beleuchtungsstärken (Tagesgänge am 21. Dezember / 21. März / 21. Juni) für die Tageslichtnutzung bei Besonnung



▲ Abb.: Ansichten der Werkhalle mit dem 28°/62°-Sheddach-Entwurf am 21.03. um 09:00 Uhr (Lichtsimulation bei Besonnung)

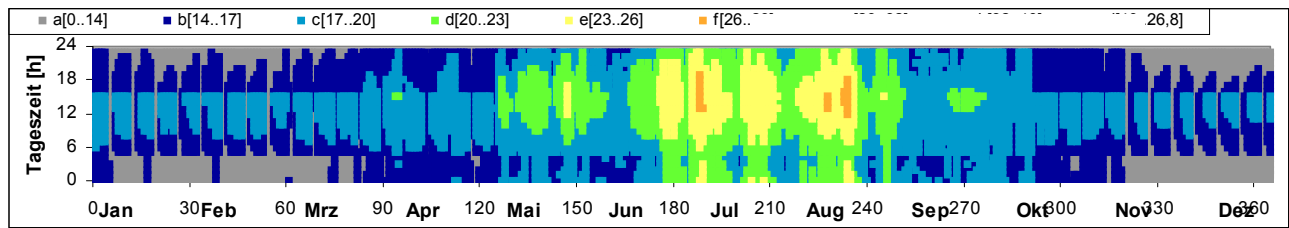
### ***Thermisches Raumverhalten***

Mittels der dynamisch-thermischen Simulation 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 folgende Ergebnisse ermittelt:

- Jahresgang und Wochengänge der Raumtemperatur
- monatliche Überhitzungshäufigkeit
- solare Einträge durch die einzelnen Dachsheds und Fenster
- monatliche Wärmebilanz
- Heizenergiebedarf und Heizleistung

Als weitere Vergleichswerte werden diese Ergebnisse auch für eine Gebäudevariante mit zusätzlicher Nachtlüftung sowie für eine Variation mit Nachtlüftung und verkleinerten Fenstern mit Verschattungssystem an der Ostfassade und Überhang an der Südfassade ermittelt.



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

## Ergebnisse der Untersuchung

Das 28°/62°-Sheddach ist für die Tageslichtversorgung der Werkhalle die bessere Lösung. Die Raumhelligkeit wird durch die Sheddach-Oberlichter und die Fenster auf der Nordseite 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.

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 sogar auf 0,4 % der Betriebszeit.

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.

Aufgrund der Simulationsergebnisse wird empfohlen, den Entwurf mit kleineren Seitenfenstern an der Ostfassade sowie Überständen an den Südfenstern zur Verringerung der solaren Einträge umzusetzen. Die Nachtlüftung mit kühler Außenluft durch Fenster oder mittels Ventilatoren 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**

Zur Modernisierung des Standortes wird die alte Werkhalle abgebrochen und ein Neubau errichtet. Die bestehende Halle wird den Funktionen der Tiefbauausbildung nicht gerecht. Durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ist nachgewiesen, dass der Neubau wirtschaftlicher ist als den bestehenden Bau mit seinen funktionalen, technischen und energetischen Mängeln umzubauen:

### ***Oberlichtshed***

Das 28°/62°-Sheddach mit rechtem Winkel im Giebel wird in der Planung umgesetzt. Die Fenster werden aus Polycarbonatplatten erstellt. Dies gibt eine größere Sicherheit, ist energetisch und hinsichtlich der Kosten günstiger als eine Metall-/Glaskonstruktion.

### ***Fenster***

Die Oberlichtfenster auf der Westseite der Werkhalle sind entfallen. Die Fenster auf der Nordseite sind für die Belichtung der Halle notwendig. Die Fenster auf der Ostseite werden aus visuellen Gesichtspunkten beibehalten, sie bilden den Außenbezug zur Umgebung. Auf der Südseite der Halle wurden die Fenster auf den Übergangsbereich beschränkt.

### ***Sonnenschutz***

Auf der Nordseite ist kein Sonnenschutz notwendig. Auf der Ostseite wird kein Sonnenschutz vorgesehen, sondern lediglich die Steuerung vorgerüstet, damit ein elektrisch gesteuerter Sonnenschutz nachgerüstet werden kann. Die Fenster auf der Südseite werden mit einem starren Sonnenschutz ausgerüstet.

### ***Sommerlicher Wärmeschutz***

Durch die Reduzierung der solaren Einstrahlung ist eine nächtliche Abkühlung mittels Querlüftung über die Fenster im Nord und die Oberlichtsheds im Süden ausreichend. Die Fenster werden mit einer mechanischen Steuerung ausgerüstet. Auf die Nachtkühlung mittels Ventilatoren wird aus energetischen Gründen verzichtet, ist jedoch möglich.

### ***Beleuchtung***

Die Beleuchtung wird ohne Dimmer, über Bewegungsmelder und Helligkeitsmesser gesteuert.

## **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:

### ***Wirtschaftlichkeit der Simulation***

Die Simulation gibt für den Entwurf und somit für die Nutzung eine hohe Planungssicherheit hinsichtlich der Belichtung und des sommerlichen Sonnenschutzes: Baukonstruktiv konnten die Fenster und der Sonnenschutz auf das notwendige reduziert werden. Die kleineren Sheds kosten ca. 55% der großen. Der starre Sonnenschutz ist hinsichtlich des Betriebes kostengünstiger als der elektronisch gesteuerte. Die sommerliche Nachtlüftung reduziert ebenfalls die Betriebskosten. 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.

### ***Empfehlung***

In Abhängigkeit von der Bauaufgabe ist eine Gebäudesimulation von Tageslicht und thermischem Raumverhalten, ggf. auch von Raumakustik, in der Entwurfsphase sinnvoll für die Optimierung der Behaglichkeit und die Reduzierung der Kosten.

## **Literatur**

Ernst Neufert: Bauentwurfslehre. 37. Aufl., Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2003

DIN V 18599-1, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. 2007

BINE Informationsdienst, profi-info 1/00: Tageslichtnutzung in Gebäuden. Karlsruhe, 2000

# **Retrofitting of BIW working hall in Frankfurt: Optimization of the design concept by integral analysis of daylight and thermal room behaviour**

Dipl.-Ing. Architekt Werner Füssler\*), Dipl.-Phys. Ing. Andreas Lahme\*\*)

\*) FAAG Technik GmbH, Gutleutstraße 40, D-60329 Frankfurt

Tel.: +49 69 2698 435, W.Fuessler@faag.abg-fh.de, www.faag.de/planung

\*\*) ALware Andreas Lahme, Technologiepark, Rebenring 33, D-38106 Braunschweig

Tel.: +49 531 250 72-80, Fax: + 49531 250 72-81, info@alware.de, www.alware.de

## **Summary**

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.