

## Energetische Bewertung von Glasdoppelfassaden

# Einfaches Rechenmodell

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik hat eine neue und vereinfachte Bewertungsmethode für natürlich belüftete, geschossweise getrennte Glasdoppelfassaden entwickelt, die sich in das bisherige Rechenverfahren nach DIN V 18599 integrieren lässt. Die Methode ist eine Alternative zur aufwendigen instationären Gebäudesimulation und berücksichtigt alle Randbedingungen und Parameter, die sich signifikant auf die energetische Bewertung von Glasdoppelfassaden auswirken.



Der Fassadenzwischenraum (Luftraum) von Glasdoppelfassaden (GDF) wirkt als thermische Pufferzone zwischen Gebäude- und Außenklima. Innerhalb dieser Pufferzone laufen dynamische, instationäre Vorgänge ab, die sich auf die Energiebilanz des entsprechenden Gebäudes auswirken. Bislang erforderte es genaue Berechnungen mithilfe von aufwendigen, dynamischen Simulationsprogrammen, um die komplexen bauphysikalischen Vorgänge im Fassadenzwischenraum im Vorfeld abbilden zu können. Da derartige Berechnungen sehr zeitaufwendig sind, ist es nicht üblich, diese im frühen Planungsstadium vorzunehmen.

Für die Nachweisführung im Rahmen der Energieeinsparverordnung (EnEV) ist es jedoch bereits im frühen Planungsstadium eines Gebäudes notwendig, möglichst konkrete Aussagen zum energetischen Verhalten zu treffen. Man hat zu prüfen, ob die Anforderungen an den maximal zulässigen Energiebedarf erfüllt sind beziehungsweise an welchen Stellen das energetische Konzept optimiert werden muss. Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Bewertungsmethode GDF“ wurde am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen ein vereinfachtes Berechnungsmodell entwickelt, um die Fassadentechnologie Doppelfassade mit geringem Aufwand energetisch bewertbar zu machen.

### Praxisnahe Analyse

Auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts besteht mit der Versuchseinrichtung für energetische und raumklimatische Untersuchungen (VERU) die Möglichkeit, komplette Fassadensysteme unter realen Witterungsbedingungen messtechnisch analysieren zu können (Abb. 11). Hinzu kommt die langjährige messtechnische Erfahrung der Wissenschaftler bei Freilanduntersuchungen am Institutsstandort bei der realitäts- und damit praxisnahen Abbildung und Bewertung von Fassadensystemen. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden zwei gleich große, westorientierte Versuchsräume am VERU-Gebäude mit unterschiedlichen Glasdoppelfassaden ausgestattet. Die an den beiden unterschiedlichen Doppelfassaden



durchgeführten Untersuchungen dienten einerseits dazu, bauphysikalische Potenziale und Unterschiede der beiden extrem gewählten Doppelfassadentypen darzustellen und andererseits instationäre Simulationsmodelle zu überprüfen.

Mithilfe von Simulationsrechnungen konnten für unterschiedliche Typen von Glasdoppelfassaden Kennlinien zur Ermittlung des Luftwechsels im Fassadenzwischenraum der Doppelfassade erstellt werden. Diese ersetzen den im bisherigen Modell nach DIN V 18599 pauschal angesetzten Luftwechsel von  $10 \text{ h}^{-1}$ .

### Das neue Berechnungsmodell

Das neue Berechnungsmodell ist bereits in der frühen Planungsphase bei Kenntnis weniger wesentlicher Parameter einer Glasdoppelfassade anwendbar. Bei einer großen Zahl an Parametern würde das neue Berechnungsmodell so umfangreich, dass der zeitliche Vorteil gegenüber einer instationären Berechnung aufgehoben würde. Daher wurde festgelegt, dass nur Parameter eingehen, die den Energiebedarf signifikant beeinflussen.

Es wurden vier grundlegende Systemeigenschaften identifiziert, die den Luftwechsel innerhalb einer natürlich durchströmten Doppelfassade maßgeblich beeinflussen. Folgende Parameter fließen in das neue Berechnungsmodell ein:

- Art der äußeren Verglasung
- Tiefe des Fassadenzwischenraums
- Öffnungsfläche der Lüftungsöffnungen
- Durchflussbeiwert der Lüftungsöffnungen

Eine Glasdoppelfassade wird zunächst hinsichtlich des Verglasungstyps in der äußeren Ebene unterschieden. Dies wird in der Regel eine Einfach- oder



■ Versuchseinrichtung für energetische und raumklimatische Untersuchungen (VERU) auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts in Holzkirchen

Zweifachfachverglasung sein. Danach ist die Tiefe des Fassadenzwischenraums anzugeben. Diese liegt bei üblichen Doppelfassadenkonstruktionen zwischen 0,5 und 1,5 m. Für jede der Kombinationen aus äußerer Verglasung und Tiefe des Fassadenzwischenraums kann dann anhand der nachfolgend angegebenen Kennlinien eine Abschätzung des Luftwechsels innerhalb der Doppelfassade erfolgen, wenn Größe und Art der Lüftungsöffnungen bekannt sind. Dabei ist die aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche der äußeren

Anzeige



**ArCon**<sup>®</sup>  
Visuelle Architektur

# ArCon Eleco Small Business

**Komplettes 3D CAD mit Volumen- und Flächenexport zur EnEV**





**ENERGIEAUSWEIS** für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“

Primärenergiebedarf	129,1 kWh/(m²·a)
Gesamtenergieeffizienz	133,5 kWh/(m²·a)



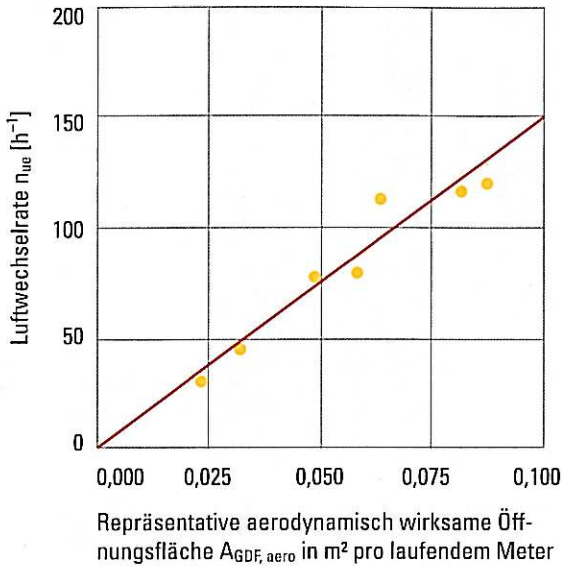
nur  
250,- EUR  
zzgl. MwSt.

Eleco Software GmbH • Deisterallee 18 • 31785 Hameln  
Vertrieb Nord: 0 51 51 / 822 39 - 24 • Vertrieb Süd: 0 89 / 444 89 534

[www.arcon-eleco.de](http://www.arcon-eleco.de)

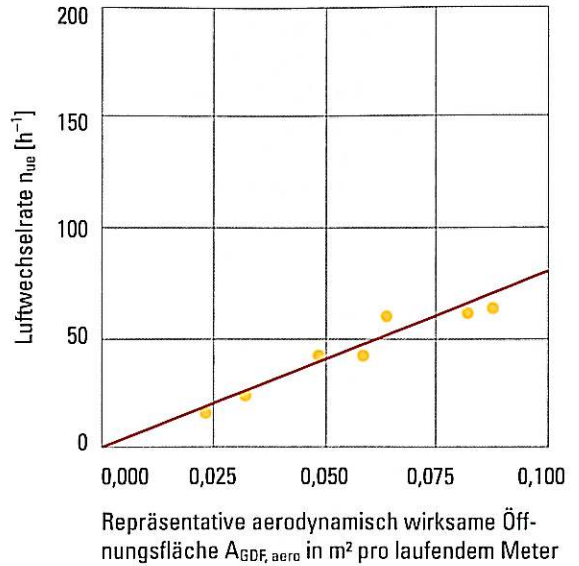


**2**  $n_{ue}$  Einfachverglasung außen



Kennlinie zur Ermittlung des Luftwechsels  $n_{ue}$  im Fassadenzwischenraum der Glasdoppelfassade bei außen liegender Einfach-Verglasung und einem Scheibenabstand von 0,7 m

**4**  $n_{ue}$  Zweifachverglasung außen



Kennlinie zur Ermittlung des Luftwechsels  $n_{ue}$  im Fassadenzwischenraum der Glasdoppelfassade bei außen liegender Zweifachverglasung und einem Scheibenabstand von 0,7 m

**3**  $z_{GDF}$  Einfachverglasung außen

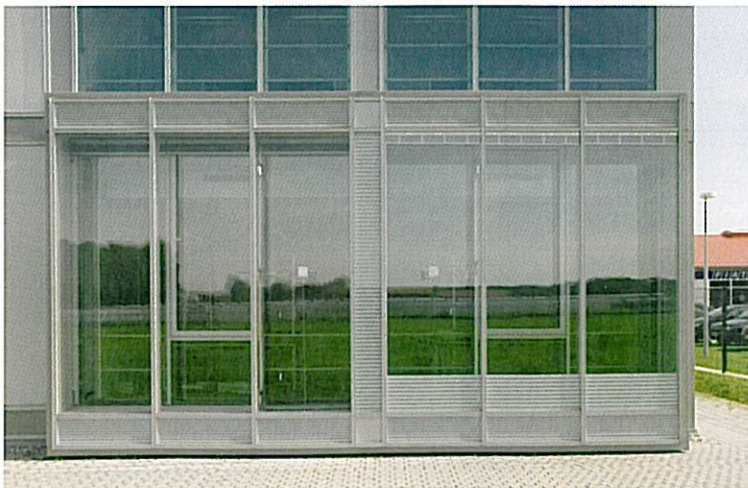
Einfachverglasung außen	Scheibenabstand [m]			
	0,5	0,7	1,0	1,5
$z_{GDF}$ [-]	2600	1500	900	500

Abstandsabhängige Luftwechselbeiwerte  $z_{GDF}$  bei einer Glasdoppelfassade mit Einfachverglasung außen

**5**  $z_{GDF}$  Zweifachverglasung außen

Zweifachverglasung außen	Scheibenabstand [m]			
	0,5	0,7	1,0	1,5
$z_{GDF}$ [-]	1200	800	600	450

Abstandsabhängige Luftwechselbeiwerte  $z_{GDF}$  bei einer Glasdoppelfassade mit Zweifachverglasung außen



**6** Identische Büroräume mit Glasdoppelfassaden, die sich durch ihre wärmetechnischen Eigenschaften erheblich unterscheiden

Glasfassade  $A_{GDF,aero}$  zu ermitteln. Diese bestimmt sich aus der kleineren (= repräsentativen) Ansichtsfläche der Zu- beziehungsweise Abluftöffnung ( $A_{GDF}$ ) und dem Durchflussbeiwert  $c_{v,GDF}$  der Öffnung.

$$A_{GDF,aero} = A_{GDF} \cdot c_{v,GDF} \quad (\text{Gleichung 1})$$

Die ermittelten Kennlinien stellen jeweils einen linearen Zusammenhang zwischen der Luftwechselrate  $n_{ue}$  und der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche für die verschiedenen Doppelfassadentypen her.

$$n_{ue} = z_{GDF} \cdot A_{GDF,aero} \quad (\text{Gleichung 2})$$

$n_{ue}$  = Luftwechselrate in  $h^{-1}$  im Zwischenraum der Glasdoppelfassade

$z_{GDF}$  = Abstandsabhängiger Luftwechselbeiwert (abhängig vom Scheibenabstand der Glasdoppelfassade)

$A_{GDF,aero}$  = Aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche der äußeren Glasfassade in  $m^2/lfm$

Die auf diese Weise ermittelte Luftwechselrate  $n_{ue}$  wird zur Berechnung des Lüftungswärmetransferkoeffizienten gemäß DIN V 18599 verwendet.



### Einfachverglasung außen

Abb. 2 zeigt exemplarisch eine Kennlinie zur Ermittlung der Luftwechselrate  $n_{\text{ue}}$  bei einer Glasdoppelfassade mit Einfachverglasung und einem Scheibenabstand von 0,7 m. Der entsprechende abstandsabhängige Luftwechselbeiwert  $z_{\text{GDF}}$  kann Abb. 3 entnommen werden.

### Zweifachverglasung außen

Abb. 4 zeigt exemplarisch eine Kennlinie zur Ermittlung der Luftwechselrate  $n_{\text{ue}}$  bei einer Glasdoppelfassade mit Zweifachverglasung und einem Scheibenabstand von 0,7 m. Der entsprechende abstandsabhängige Luftwechselbeiwert  $z_{\text{GDF}}$  kann Abb. 5 entnommen werden.

### Veranschaulichung anhand der Versuchsbedingungen

Um die Richtigkeit des Berechnungsmodells in der Praxis zu überprüfen, wurden auf dem Freigelände des Fraunhofer-Instituts zwei gleich große, typische Büroräume mit unterschiedlichen Glasdoppelfassaden und unterschiedlichem Sonnenschutz eingerichtet (siehe Abb. 6 und Abb. 7). Beide Räume enthalten die identische Anlagentechnik und sind mit dem gleichen Beleuchtungssystem ausgestattet. Sie haben die gleiche Orientierung, Geometrie und Ausstattung, verfügen jedoch über Glasdoppelfassaden, die hinsichtlich ihrer wärmetechnischen Eigenschaften Extremfälle darstellen. Das Grundmodell für die Simulationsrechnungen bildete einer der beiden Versuchsräume.

Bei den Versuchsräumen betrug die Bruttoöffnungsfläche der Zu-/Abluftöffnungen jeweils rund ein Quadratmeter. Bei einer Fassadenbreite von ungefähr 3,7 m nimmt die repräsentative Ansichtsfläche der Öffnung ( $A_{\text{GDF}}$ ) etwa  $0,27 \text{ m}^2$  pro laufendem Meter ein. Dies entspricht knapp sieben Prozent in Bezug auf die gesamte Fassadenfläche von rund  $14,4 \text{ m}^2$  (Verglasung und Lüftungsöffnungen). Der Durchflussbeiwert  $c_{\text{v,GDF}}$  des Wetterschutzgitters in Kombination mit der geöffneten Klappe betrug etwa 0,09, sodass sich gemäß Gleichung 1 eine aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche von ungefähr  $0,023 \text{ m}^2$  pro laufendem Meter ergibt. Mit Hilfe der Kennlinie in Abb. 2 für eine Glasdoppelfassade mit Einfachverglasung außen und einem Scheibenabstand von 0,7 m beziehungsweise dem zugehörigen abstandsabhängigen Luftwechselbeiwert  $z_{\text{GDF}}$  gemäß Abb. 3 lässt sich gemäß Gleichung 2 eine Luftwechselrate  $n_{\text{ue}}$  von  $1500 \times 0,023 = 35 \text{ h}^{-1}$  ableiten.

### Grenzen des Berechnungsmodells

Das neue Berechnungsmodell dient dazu, Gebäude mit Glasdoppelfassaden im Rahmen der Energieeinsparverordnung und der damit verbundenen Rechenvorschrift DIN V 18599 auf einfache, im Planungsprozess handhabbare Weise energetisch nach dem Monatsbilanzverfahren bewerten zu können. Hierzu muss die Anzahl der Randbedingungen und Parameter, die



7 Innenraum eines Büroraumes mit Glasdoppelfassade

bei Glasdoppelfassaden eine Rolle spielen, beschränkt werden.

Aufgrund dieses Ansatzes können nur bestimmte Typen von Glasdoppelfassaden bewertet werden. Hierzu zählen natürlich belüftete, geschossweise getrennte Glasdoppelfassaden. Eine Be- oder Entlüftung der angrenzenden Räume über die Doppelfassade ist derzeit in der Berechnungsmethodik nicht vorgesehen. Die äußere Verglasung kann aus Ein- oder Zweischeibenverglasung bestehen, die Tiefe des Fassadenzwischenraums bis 1,5 m betragen. Weitere Bedingungen betreffen die Lüftungsöffnungen der Glasdoppelfassade.

Weicht das zu betrachtende Doppelfassadensystem von den genannten Vorgaben ab, so muss dieses wie bisher mithilfe instationärer Gebäudesimulation oder messtechnisch bewertet werden.



### AUTOREN

**Dipl.-Ing. (FH) Herbert Sinnesbichler**, geboren 1967, studierte an der FH München Technische Physik. Nach seinem Diplom 1995 arbeitete er bis 2002 als freier Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen. Seit 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Gruppenleiter in der Abteilung Energiesysteme mit dem Arbeitsschwerpunkt Fassadenkonzepte.



**Dipl.-Ing. Ingo Heusler**, geboren 1972, studierte bis 1998 an der TU München Bauingenieurwesen. Von 1999 bis 2006 arbeitete er als Projektingenieur in Ingenieurbüros, 2006 wechselte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter zum Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen, Abteilung Wärmetechnik. Seit 2008 ist er in der Abteilung Energiesysteme tätig.

