

Energieeffizienz mit Balkonverglasungen in Abhängigkeit deutscher Klimaverhältnisse

K. Hilliaho erarbeitete bereits mehrere Studien zu Balkonverglasungen in Finnland. Um seine Ergebnisse im europäischen Kontext vergleichen zu können, führte er außerdem Berechnungen für Berlin durch. Die Ergebnisse dazu finden Sie in diesem E-Paper.

Energieeffizienz mit Balkonverglasungen in Abhängigkeit deutscher Klimaverhältnisse

Kimmo Hilliaho, Tampere University of Technology, 2010

In Deutschland, das zur nördlichen gemäßigten Klimazone gehört, unterscheidet sich der Bau von Hochhäusern deutlich von dem in Finnland. Während in Finnland Mehrfamilienhäuser größtenteils Offsite und als Typenhäuser gebaut werden, werden sie in Deutschland vor Ort erstellt und individuell realisiert. Die einzigen so genannten standardisierten Gebäude befinden sich in den neuen Bundesländern; nach dem zweiten Weltkrieg wurden dort eine große Zahl an Häusern in Plattenbauweise erstellt, die aus Elementen gleichen Aussehens und gleicher Größe bestehen.

Eines dieser standardisierten Gebäude ist ein mehrgeschossiger Plattenbau (Typ WBS 70), wie er z. B. im Wohngebiet Marzahn in Berlin recht häufig anzutreffen ist. In diesem Kapitel werden kurz die Wetterbedingungen in Deutschland erörtert, ein Überblick über die deutsche Plattenbauweise gegeben sowie die energiewirtschaftlichen Auswirkungen der Balkonverglasungen für den Plattenbau WBS 70 evaluiert.

1. Deutsche Klimaverhältnisse

Klimatechnisch befindet sich Deutschland in der nördlichen gemäßigten Zone. Ähnlich wie in Finnland lassen sich in Deutschland vier Jahreszeiten recht deutlich unterscheiden. In Norddeutschland mindern die Ost- und Nordsee die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede, weshalb das Klima an der Küste im Sommer etwas kühler und im Winter etwas wärmer ist als im Landesinneren. Die Durchschnittstemperatur in der kältesten Zeit des Jahres, im Januar, liegt in den Küstenregionen bei -0,5 bis -1,5 °C und im Binnenland unter -6 °C. Im Juli, dem wärmsten Monat des Jahres, liegt die Durchschnittstemperatur zwischen 17 und 20 °C in den Küstenregionen und etwas über 20 °C im Landesinneren. Der atlantische Golfstrom, der in der Nähe der norwegischen Küste vorbeizieht, übt ebenfalls einen geringen Einfluss auf die Temperaturen in Deutschland aus. [1]

Das Wetter in Deutschland ist sehr wechselhaft. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt 500-700 mm in Norddeutschland, 700-1.500 mm in Süddeutschland und

kann in den Alpen sogar über 2.000 mm betragen. Die Niederschläge werden durch Sturmtiefs beeinflusst, die sich im Nordatlantik bilden, wenn warme Luftmassen aus dem Süden und kalte Luftmassen aus dem Norden an der Polarfront aufeinandertreffen. Sturmtiefs ziehen über den Atlantik nach Nordosten – im Sommer über Nord- und Mitteleuropa, im Winter über Südeuropa. Daher hängt die Windrichtung von der Lage der Tiefdruckgebiete ab. Nördlich eines Tiefs wehen die Winde aus Nordost, südlich des Tiefs herrschen südwestliche und westliche Winde vor. [1]

2. Untersucher Plattenbau

In den neuen Bundesländern gibt es rund drei Millionen Gebäude, die nach dem Zweiten Weltkrieg errichtet wurden. 33 % davon befinden sich in größeren Wohnkomplexen mit mehr als 2.500 Wohnungen. Seit den 1970er Jahren wurden solche Wohngebiete mit den von der Bauakademie der DDR (Institut für Wohnungs- und Gesellschaftsbau) entwickelten Plattenbausystemen errichtet. Eine der größten Plattenbausiedlungen in Deutschland ist der Stadtteil Marzahn in Berlin mit 62.000 zwischen 1975 und 1991 gebauten Wohnungen. Davon wurden 71% des Typs WBS 70 und der Rest mit anderen Systemen errichtet. Die meisten der Gebäude haben 5, 6 oder 11 Stockwerke. [2]

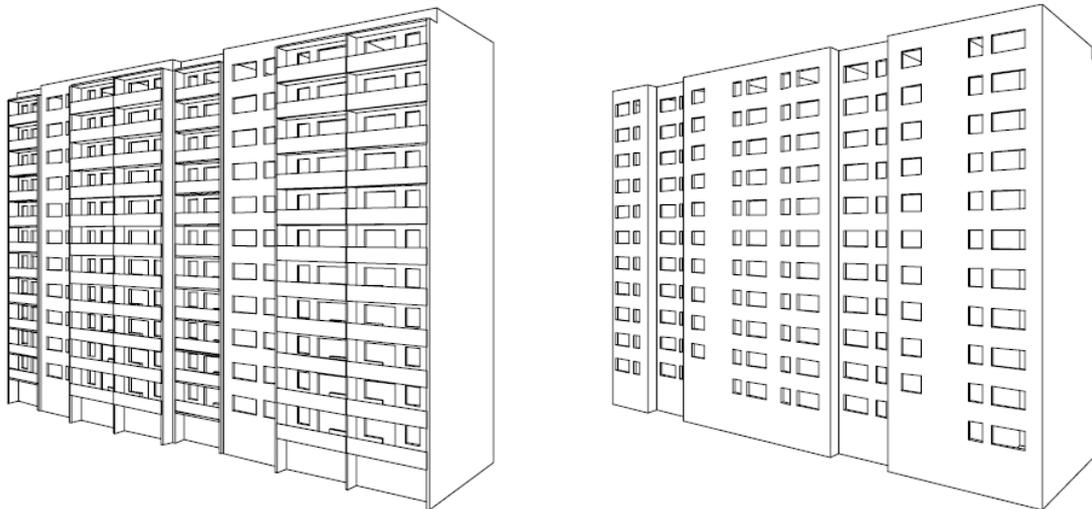


Abbildung 1. Typische Fassaden des Plattenbau-Typs WBS 70 [2].

Das System des Typs WBS 70 umfasst hauptsächlich zwei Gebäudetypen: ein 450 m langes halbrundes und ein 100 m langes rechteckiges Bauwerk. Die Geschosshöhe des Systems beträgt 2,65 m. Die Zwischendecken bestehen aus vorgespannten Betonplattenelementen mit den Maßen 3,6 x 6 m². Der Aufbau der Beton-Sandwichenelemente der Außenwände ist entlang der Seitenwänden und Giebel gleich (Außenhülle aus Beton 60 mm + Dämmung aus Mineralwolle 60 mm oder Dämmung

aus Schaumpolystyrol 50 mm + Innenhülle aus Beton 140 oder 150 mm). Für die Dämmung wurden Mineralwolle und Schaumpolystyrol verwendet. [3; 4]

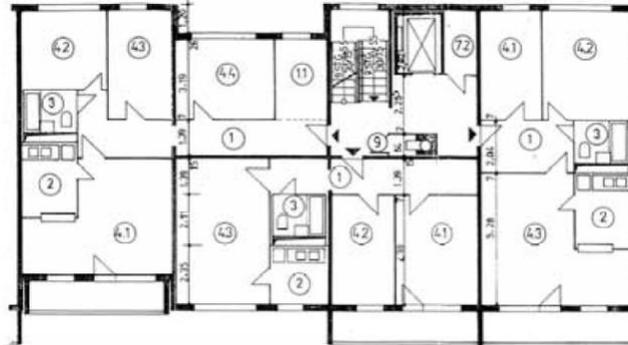


Abbildung 2. Typischer Grundriss des Plattenbau-Typs WBS 70 [2].

Bei den Balkonen der Plattenbauten handelt es sich um auskragende Balkontürme auf eigenem Fundament, die in Größe und Aussehen den in den 1970er Jahren in Finnland gebauten Modulbalkonen recht ähnlich sind. Die Balkone sind 1,5 m lang, 3,6 m breit und 2,8 m hoch. In der Regel befinden sich an der Balkonrückwand ein Fenster und eine Tür. Der U-Wert der ursprünglichen Fenster und Türen liegt zwischen 2,7 und 2,8 $\text{W/m}^2\text{K}$. [3.] Bei den Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass der U-Wert des gesamten Fensters ungefähr dem U-Wert von Mehrfamilienhäusern entspricht, die im gleichen Zeitraum in Finnland gebaut wurden (U-Wert $\sim 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Gemäß den deutschen Normen EnEv (Energie Einsparverordnung) 2009 und EnEv 2007 müssen Bauherren die Energieeffizienz von Altbauwohnungen im Zusammenhang mit der Modernisierung des Gebäudes verbessern. Ein nach dem EnEV 2007-Standard modernisiertes Gebäude muss die folgenden rechnerischen U-Werte vorweisen: 0,35 $\text{W/m}^2\text{K}$ für die Außenwände und 1,7 $\text{W/m}^2\text{K}$ bei Fenstern. Die entsprechenden Werte nach der EnEv 2009 liegen bei 0,24 $\text{W/m}^2\text{K}$ (Außenwände) und 1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$ (Fenster). [Anmerkung: Die Werte, die das Gebäudeenergiegesetz (GEG) seit dem 1. November 2020 vorschreibt entsprechen für Außenwände und Fenster den Werten der EnEV 2009.] Für die Berechnungen wurden 1,5 $\text{W/m}^2\text{K}$ als U-Wert für das gesamte Fenster und 100 mm als zusätzliche Dämmschicht gewählt. Mit dieser zusätzlichen Dämmung entspricht der Wandaufbau den Anforderungen der EnEv 2009 [Anmerkung: bzw. den Anforderungen des GEG].

3. Energiesimulationen und daraus resultierende Ergebnisse

Im Rahmen der Simulationen wurde dieselbe 80 m^2 große Wohnung untersucht, die auch für das finnische Klima herangezogen wurde. Es wurde aus zwei Gründen beschlossen, die Fläche der Wohnung nicht zu verändern. Der erste Grund war die Ähnlichkeit der in Finnland in den 1970er Jahren errichteten Wohnblöcke mit

Wohnblöcken, die auf dem des Typs WBS 70 basieren. Der zweite Grund waren die begrenzten Ressourcen, die für die Durchführung der Berechnungen zur Verfügung standen. Als Grundlage für die Berechnungen dienten eine 62 m² Wohnung in Finnland und eine mit 60 m² in Deutschland. Beide Wohnungen befanden sich in der Mitte des Gebäudes und hatten Fenster sowohl zum Vorgarten als auch zum Hinterhof. Sie erfüllten den gleichen Genauigkeitsgrad wie die im Berechnungsmodell verwendete vereinfachte 80 m²-Wohnung. Daher sind die Daten für Deutschland und Finnland miteinander vergleichbar, obwohl die verwendeten Flächen nicht zu 100% mit denen existierender Wohnungen übereinstimmen. Die U-Werte von Fenstern, Türen und Wänden sowie die Bemessungen und Lüftungsraten entsprechen typischen Werten von Gebäuden, die in den 1974er und 2010er Jahren gebaut wurden.

Für Deutschland wurden die Berechnungen in einzelnen Phasen durchgeführt; die Ausgangswerte wurden schrittweise geändert und die Berechnung immer wieder neu durchgeführt. Der Computer benötigte eine Stunde, um eine Berechnung abzuschließen; somit dauerte die Berechnung von 64 Variationsfällen 64 Stunden, d. h. 8 Arbeitstage. Aufgrund einiger Berechnungsprobleme wurden 8 Szenarien ausgelassen. In den meisten Fällen gibt der Vergleich verschiedener Berechnungsvariablen einen ausreichend zuverlässigen Überblick über das tatsächliche Verhalten. Die Abschätzung des Einflusses der Balkenausrichtung hätte einige zusätzliche Berechnungen erfordert. Dies wurde jedoch mangels verfügbarer Rechenressourcen unterlassen.

Die durch Balkonverglasung erzielten Heizenergieeinsparungen schwankten in Berlin zwischen 5,6% und 12,0%. Den größten Effekt hatte die Balkonverglasung bei einem nicht sanierten Gebäude des WBS-Typs, bei dem die Balkone nach Süden ausgerichtet sind und die Lüftung der Wohnung über den Balkon erfolgte. Dementsprechend waren die Energieeinsparungen bei einem (2010) renovierten mehrstöckigen Gebäude mit Balkonen, die nach Osten ausgerichtet sind und bei denen die Luftzufuhr von außerhalb des Balkons erfolgt, am geringsten. Die durchschnittliche Energieeinsparung in der 80 m² großen Wohnung betrug 8,2% – ein Ergebnis, das im Vergleich zu finnischen Verhältnissen (5,9%) deutlich besser ist. In Tabelle 1 sind die höchsten und niedrigsten Energieeinsparungen der Berechnungsfälle aufgeführt.

Tabelle 1. Die höchsten und niedrigsten Energieeinsparungen nach Berechnungsfall

	Eingesparte Energie [%]	Berechnungsfall-ID
Max	12	D2112
Min	5,6	D4121

Eine interessante Feststellung zu den Berechnungsergebnissen für Berlin ist, dass die Energieeinsparungen bei nach Norden ausgerichteten verglasten Balkonen denen von nach Süden ausgerichteten Balkonen entsprechen, siehe Abbildung 3.

Eine weitere interessante Beobachtung war, dass im Vergleich zu Helsinki die Energieeinsparung eines nach Süden ausgerichteten Balkons deutlich besser ausfiel. Die maximale Energieeinsparung lag in Helsinki bei 10,7% und in Berlin bei 12%.

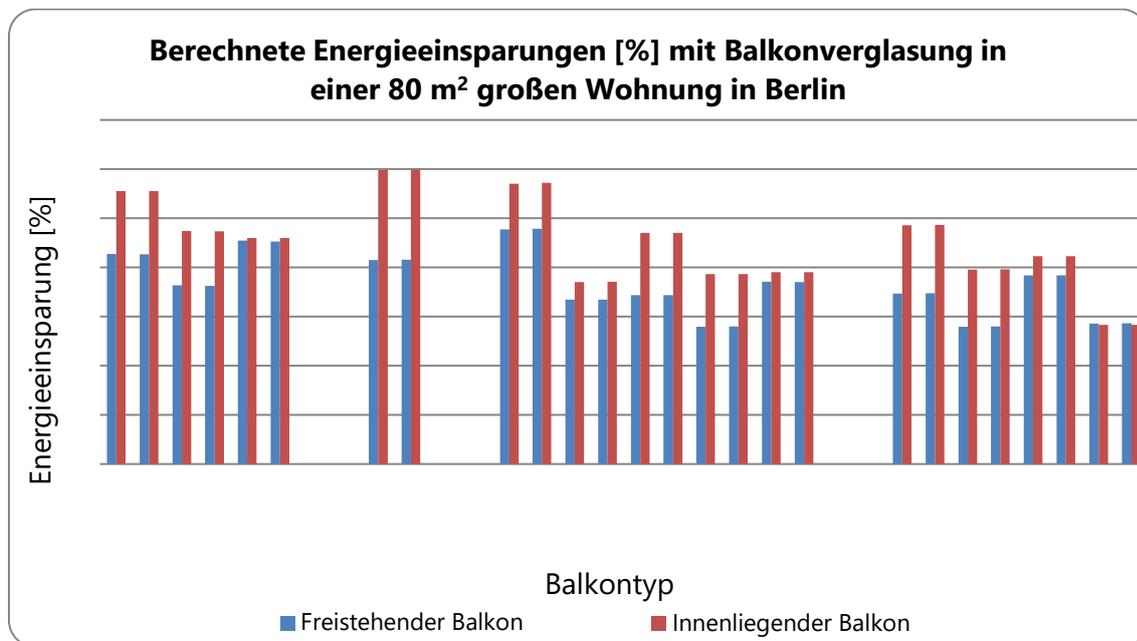


Abbildung 3. Berechnete Energieeinsparungen [%] durch Balkonverglasung in einer 80 m² großen Wohnung in Berlin. Wegen einiger Berechnungsprobleme wurden 8 Simulationsfälle ausgelassen.

Das Lüften der Räumlichkeiten über den Balkon erwies sich als der wichtigste Faktor für die Energieeinsparung. Auch die Gebäudeausrichtung und der Balkontyp hatten einen erheblichen Einfluss auf die erzielten Energieeinsparungen. Der Einfluss des Dämmungsgrads des Gebäudes und der Dichtheit des Balkons auf die Energieeinsparung war dagegen weniger signifikant. In Tabelle 2 sind die durchschnittlichen Energieeinsparungen aufgeführt, die in den Berechnungsfällen bei deutschen Wetterbedingungen erzielt wurden.

Tabelle 2. Durchschnittliche Energieeinsparungen bei unterschiedlichen Berechnungsvarianten unter deutschen Bedingungen

Variable	ID	Berechnungsfall	Eingesparte Energie [%]
Ort	D	Berlin	8.2
Himmelsrichtung	1	Nord	9.1
	2	Süd	9.2
	3	Ost	7.5
	4	West	7.2
Isolierung	1	Plattenbau WBS 70, Originalzustand aus dem Jahr 1974	8.3
	2	Plattenbau WBS 70, saniert im Jahr 2010	8.0
Art der Lüftung	1	Luftzufuhr über den Balkon	9.0
	2	Luftzufuhr von außerhalb des Balkons	6.9
Luftdichtheitsgrad	1	Normal	8.2
	2	Schlecht	8.2
Balkontyp	1	Freistehender Balkon	7.3
	2	Innenliegender Balkon	9.0

Luftzufuhr

Die Luftzufuhr vom verglasten Balkon erwies sich als der wichtigste Faktor für die Energieeinsparung. Die durchschnittliche Heizenergieeinsparung bei Wohnungen, die ihre Frischluft von einem verglasten Balkon beziehen, betrug 9,0% und bei Wohnungen, die mit Luft von außerhalb des verglasten Balkons versorgt werden, 6,9%. Insbesondere bei nach Süden ausgerichteten Balkonen sollte das Lüften über den verglasten Balkon erfolgen. Verglaste Balkone, die reichlich Sonnenstrahlung erhalten, werden durch diese vor allem im Frühjahr und Herbst aufgeheizt. In diesem Fall ist die über den Balkon hereingelassene Luft auch die wärmste – wird diese Luft als Frischluft verwendet, muss sie weniger aufgewärmt werden als Luft, die direkt von außen zugeführt wird, was zu Energieeinsparungen führt.

Himmelsrichtung (Lage des Balkons)

Ein weiterer wichtiger Aspekt unter dem Aspekt der Energieeffizienz war die Lage der Balkone. Süd ist die beste Himmelsrichtung, um viel Sonne zu bekommen. Verglaste Balkone, die nach Osten und (vor allem) nach Westen ausgerichtet sind, sind in lauen Sommernächten ein angenehmer Aufenthaltsort, erhalten aber im Winter nur sehr wenig Sonneneinstrahlung. Verglaste Balkone, die nach Norden ausgerichtet sind, erhalten unabhängig von der Jahreszeit keine direkte Sonneneinstrahlung, dienen aber im Winter als hervorragende Pufferzone gegen kalte Nordwinde. In Berlin betragen die durchschnittlichen Heizenergieeinsparungen bei nach Norden ausgerichteten verglasten Balkonen 9,1% und bei nach Süden ausgerichteten verglasten Balkonen 9,2%. Die durchschnittliche Energieeinsparung bei verglasten Balkonen in Ost- und Westausrichtung betrug 7,5% bzw. 7,2%. Die Berechnungsprobleme bei 8 Berechnungsfällen erhöhen die Energieeinsparungen von nach Norden ausgerichteten verglasten Balkonen etwas und verringern die Energieeinsparungen von nach Süden ausgerichteten verglasten Balkonen. Diese Fälle könnten von zusätzlichen Berechnungen profitieren, die jedoch aufgrund der unzureichenden Ressourcen nicht durchgeführt wurden.

Balkontyp

Der dritte wichtige Aspekt im Zusammenhang mit der Energieeffizienz ist die Art des Balkons. Unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz erwiesen sich innenliegende Balkone als wesentlich besser im Vergleich zu auskragenden Balkonen. Der Hauptvorteil dieses Balkontyps ist die relativ große Außenwandfläche im Vergleich zur Verglasungsfläche. In vielen Fällen wurde geschätzt, dass die Energie, die dem innenliegenden Balkon durch Wärmeverluste aus der Wohnung zugeführt wird, doppelt so hoch ist wie die des jeweiligen außen liegenden Balkons. Bei innenliegenden Balkonen lag die durchschnittliche Heizenergieeinsparung in Berlin bei 9,0%, bei angebauten Balkonen bei 7,3%. Der Einfluss des Balkontyps war am größten bei schlecht gedämmten Gebäuden, deren Frischluft von den nach Süden ausgerichteten verglasten Balkonen zugeführt wurde, und am geringsten bei gut gedämmten Gebäuden mit nach Norden ausgerichteten verglasten Balkonen und einer Frischluftzufuhr von außerhalb des Balkons.

Isolierung

Der Einfluss der Wärmedämmung des Gebäudes auf die durch die Balkonverglasung erzielbaren Heizenergieeinsparungen wurde anhand von zwei Gebäuden mit unterschiedlichem Dämmungsniveau untersucht. Das erste Gebäude wurde 1974 und das zweite 2010 fertiggestellt. Gemessen in kWh war die Balkonverglasung im älteren Gebäudebestand deutlich vorteilhafter, aber die Unterschiede nehmen ab, wenn die prozentualen Energieeinsparungen mit dem ursprünglichen Verbrauch verglichen werden. Die durchschnittliche Energieeinsparung einer Wohnung des Dämmniveaus

1974 betrug 8,3% und einer Wohnung des Dämmniveaus 2010 8,0%. Der Einfluss auf das Dämmniveau war am größten bei nach Süden ausgerichteten innenliegenden Balkonen, die von außen belüftet werden.

Luftdichtheitsgrad

Verglaste Balkone sind von Natur aus relativ undurchlässige Konstruktionen. In dieser Studie wurde der Dichtheitsgrad einer geraden Balkonverglasung mit fünf Scheiben als Standarddichtheitsgrad verwendet. Bei den undichten Stellen handelt es sich um die entsprechend der Montageanleitung von Lumon Oy angegebenen Betriebs- und Einstellspalten zwischen den Glasscheiben und zwischen dem oberen Profil und der Decke gebildet. Die schlechte Dichtheit wurde durch Verdoppelung der normalen Montage- und Einstellabstände erreicht. Den Berechnungen zufolge hat die Vergrößerung der Luftleckfläche und somit einer relativ undichten Konstruktion praktisch keinen Einfluss auf die durch die Balkonverglasung erzielbaren Heizenergieeinsparungen. Die Unterschiede bei den Energieeinsparungen zwischen verglasten Balkonen mit normalem und schlechtem Dichtheitsgrad waren unbedeutend. In beiden Fällen betrug die durchschnittliche Energieeinsparung 8,2% – der Durchschnittswert aller Berechnungsfälle in Berlin.

REFERENCES:

- [1] Joutsan lukio. Saksa. [WWW]. [Referenced as at 22 June 2010]. Available: <http://www.joutsa.fi/lukio/saksa/saksa.htm>
- [2] Quist W.J. A Future for WBS 70 - The Franz-Stenzer Building Block as a Case Study. Delft 2007. Delft University of Technology. [WWW] [Referenced as at 31 July 2010]. Available: http://www.costc16.org/downloads/STRUCTURES/Boek_03_deel_05.pdf
- [3] Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise. WBS 70, wohnungsbauserie 70 6,3t. Bonn 1997. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. 190 pg.
- [4] Asam, Claus. Recycling prefabricated building components for future generations. Berlin 2006. IEMB info 1/2006. [WWW.] [Referenced as at 1 January 2009]. Available: <http://www.iemb.de/veroeffentlichungen/infoblätter/01-2006.pdf>



Lumon Deutschland GmbH

Nikolaus-Otto-Str. 13
70771 Leinfelden-Echterdingen
+49 (0)711 9456 0820

lumon.com/de

LUMON[®]