



Mühlenpfordtstr. 23
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391 - 3555
Fax: 0531 / 391 - 8125
e-mail: igs@tu-bs.de
www.tu-bs.de/institute/igs

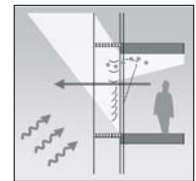
Labor:
Zimmerstr. 24b
D - 38106 Braunschweig
Tel: 0531 / 391-3635
Fax: 0531 / 391-3636

F +E Projekt TwinSkin

Validierung von Planungskonzepten für Doppelfassaden bei Bürogebäuden anhand der Betriebs- und Nutzungserfahrungen

Abschlußbericht

Stand: 15.09.2008



Auftraggeber	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
Gesamtleitung	Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch Dipl.-Ing. Architekt Volker Huckemann Dipl.-Ing. Lars Altendorf
Kooperationspartner	hbr Architekten, Hamburg Stz-egs-Plan, Stuttgart, IPSY, Universität Magdeburg Ing.-Büro Prof. Dr. H. Goydke
Förderung	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)



INHALTSVERZEICHNIS

1 Zusammenfassung 4

2 Historie..... 6

2.1 Stand des Wissens/Motivation der Untersuchung 8

2.2 Motivation zur Doppelfassade.....9

3 TWINSKIN – Validierung von Doppelfassadenkonzepten 12

3.1 Forschungskonzept 12

3.2 Energieeffizienz 12

3.3 Komfort..... 14

3.4 Funktionalität 19

3.5 Wirtschaftlichkeit..... 21

3.6 Untersuchte Gebäude 23

4 Typologie 28

4.1 Typologien der Doppelfassade im Projekt TwinSkin 28

4.2 Doppelfassaden Projekt TwinSkin 30

5 Energieeffizienz..... 56

5.1 Wärme..... 57

5.2 Strom 60

5.3 Kälte..... 63

5.4 Primärenergie 64

6 Komfort 66

6.1 Thermischer Komfort 68

6.2 Spotmonitoring..... 74

6.3 Die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer..... 91

6.4 Akustischer Komfort 102

7 Funktionalität..... 135

7.1 Thermischer Puffer/ Temperaturen im Fassadenzwischenraum 135

7.2 Vergleich der Doppelfassadentypen 155

7.3 Thermischer Komfort in Büros 170

7.4 Witterungsschutz 173

7.5 Tageslichteintrag..... 174

7.6 Beurteilung der Funktionalität durch die Nutzer 177

8 Wirtschaftlichkeit 181

8.1 Kostenkennwerte..... 181

8.2 Bewirtschaftung von Doppelfassaden 184

8.3 Flächenkennwerte 185

9 Datenauswertung 193

9.1 Ausblick..... 195

10 Projekt // Ausblick // Fazit..... 196

11	Glossar	197
11.1	Begriffe	197
11.2	Flächen und Volumen	199
11.3	weitere Abkürzungen	199
12	Literatur zum Projekt	200
	Normen, Vorschriften, Regeln, Publikationen	200
12.1	Literatur	201
12.2	Links	203
	Anhang A Steckbriefe der bearbeiteten Gebäude.....	204
	Anhang B Fragebogen Nutzerbefragung	213
	Anhang C Fragebogen Spotmonitoring	223

1 ZUSAMMENFASSUNG

In dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt **TwinSkin –Doppelfassaden auf dem Prüfstand**, gefördert von der DBU (AZ 20258) wurden Konzepte von 13 Bürogebäuden mit Doppelfassaden im Rahmen einer Feldstudie hinsichtlich Energieeffizienz, Komfort, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit aufgenommen und analysiert. Ziel des Projektes war es, die Konzepte der Bürogebäuden mit Doppelfassaden hinsichtlich der Bearbeitungspunkte im Betrieb zu analysieren und Optimierungspotentiale zu erschließen.

Für die Energieeffizienz wird als Durchschnittswert für den Primärenergieverbrauch von 376 kWh/m³a für den Gesamtenergiebedarf der Gebäude ermittelt (inkl. Beleuchtung, Betriebsmittel etc.) also etwa 90 kWh/m²a über dem Wert des EVA-Projektes. Die in TwinSkin untersuchten Gebäude verbrauchen somit in der Regel mehr Energie, als zuvor in Veröffentlichungen behauptet oder im Planungsprozess als Bedarf errechnet wurde. Dies ist für die Wärmeenergie besser belegbar als für andere Nutz- oder Endenergieformen, die in den Gebäuden nicht in gleicher Weise gemessen oder erfasst werden. Energieeinsparungen aufgrund einer Pufferwirkung von Doppelfassaden sind nicht nachweisbar. Ebenso wenig lässt sich aus den erhobenen Daten ein signifikanter Mehrverbrauch für Kälteerzeugung feststellen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde für 8 Bürogebäude parallel zu einem 9-monatigen Langzeitmonitoring ein Messkonzept zur Bewertung der aktuellen Behaglichkeit auf Basis der DIN EN ISO 7730:2006 [17] entwickelt. Zur Bestimmung der thermischen Behaglichkeit wurden für eine Reihe von Büroräumen Kurzzeitmessungen mit einem eigens konzipierten Messwagen („Mobile Lab“, siehe Abbildung 90) durchgeführt. Ziel ist es, die operativ empfundenen Raumbedingungen zu ermitteln, um so das Raumklima individuell und im Vergleich zu den anderen Gebäuden bewerten zu können. Für den Bereich des Komforts lassen sich im Vergleich mit einschaligen Gebäuden leichte Vorteile für Gebäude mit Doppelfassaden feststellen.

In den einer Doppelfassade zugeschriebenen Funktionen Energieeinsparung, Schallschutz und Witterungsschutz erweist sich vor allem der Schallschutz als belegbare Größe. Aus diesem Grund wurde ihm im Projekt ein großer Raum gewidmet: Es konnte gezeigt werden, dass Glasdoppelfassaden sehr hohe Schalldämmung gegen Außenlärm erreichen können. Wenn Primär- und Sekundärfassade geschlossen sind, zeigten sich Schalldämm-Maße als bewertete Schallpegeldifferenzen von bis zu 60 dB. Dieses Ergebnis liegt um 10 dB über dem für die höchste Klasse des maßgeblichen Außenlärmpegels geforderten Wert. Hierbei erwiesen sich vor allem die Mehrgeschoßdoppelfassaden (z.B. GSW) als geeignete Konstruktionen um hohe Schalldämmwerte zu erreichen. Gleichzeitig war zu beobachten dass der die inneren Schalldämmwerte zwischen den Büros aufgrund der guten Abschirmung gegen außen oftmals nicht ausreichen.

In der Wirtschaftlichkeit zeigen sich bei den erhobenen Daten erhöhte Investitionskosten. Die Quantität der übrigen Daten lässt jedoch keine verallgemeinernden Aussagen über die Wirtschaftlichkeit zu.

Weiterführende Untersuchungen sollten sich detaillierter mit der energetischen Effizienz von Doppelfassaden auseinandersetzen, zumal aufgrund der aktuellen Normung und Berechnungsverfahren eine Energieeinsparung zu beobachten sein müsste. Für die Verfügbarkeit von Sonnenschutz sollten im Hinblick auf die passive Vermeidung von Kühlenergie vergleichende Untersuchungen zwischen Gebäuden mit bzw. ohne Doppelfassade angestrebt werden.

Ein weites Themenfeld eröffnet sich bei der Regelung und der Erfassung der energierelevanten Gebäudesysteme, sei es im Hinblick auf Anlagentechnik, Verbräuche oder die Steuerung von Fassadenklappen usw. Hier konnten in den untersuchten Gebäuden deutliche Defizite erkannt werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes TwinSkin wurden Mess- und GLT-Daten zu 8 Bürogebäuden und deren Anlagentechnik gesammelt. Die systematische Auswertung dieser Daten erfordert effiziente und flexible Werkzeuge. Zweck wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Software Systems Engineering (SSE) der TU Braunschweig im Rahmen der Verlängerung ein datenbankbasiertes Werkzeug entwickelt, das auf die Anforderungen der Gebäudeautomation und des Gebäudemonitorings zugeschnitten sind. Es wird eine technische Grundlage für weitere Forschungsarbeit am IGS bilden.

2 HISTORIE

Wohl kaum ein Werkstoff hat in den letzten Jahren einen so rasanten Aufschwung erlebt, wie das Glas in seinen verschiedenen Ausprägungen in der Architektur.

Als bekanntestes Beispiel der frühen Glasarchitektur gilt der „Crystal Palace“ für die Londoner Weltausstellung von 1851 (Joseph Paxton). Das vollverglaste Gebäude lehnte sich formal an die Tradition der Gewächshäuser an, sprengte aber alle bisherigen Dimensionen. Die Produktion der 270 000 Glasscheiben entsprach einem Drittel der damaligen Jahresproduktion an Fensterglas in ganz England. Die Scheiben waren 10 Zoll breit und 4 Fuß lang (ca. 25,4x 120cm) und wurden im Mundblasverfahren hergestellt. Hierzu wurde das Glas zu Zylindern geblasen und geschleudert, aufgeschnitten und im Ofen zu Flachglas gestreckt [48]. Naturgemäß fand der „Crystal Palace“ Nachahmer in zahlreichen filigranen und lichtdurchfluteten Bahnhofshallen, Passagen und Gewächshäusern. Die große Nachfrage des Baustoffes Glas beschleunigte wiederum die Entwicklung und Herstellungsmethoden des Werkstoffes Glas.



Abbildung 1 Crystal Palace, 1851, London, Joseph Paxton [48]

Die Entwicklung des mechanischen Ziehverfahrens, von Emile Fourcault (1862-1919) im Jahre 1904 und Irwin W.Colburn (1861-1917) im Jahre 1905 praktisch gleichzeitig patentiert, ermöglicht die industrielle Herstellung von flachen Glasscheiben relativ einheitlicher Dicke. Zusammen mit der konstruktiven Entwicklung der Skelettbauweise mit nichttragender Fassade wurde nun die Vision einer Ganzglasfassade möglich, die filigran vom Boden bis zum Dach reicht.

Schnell nahmen die jungen Architekten der klassischen Moderne die neuen Möglichkeiten auf: So findet sich 1914 auf der Werkbundausstellung in Köln neben dem Glaspavillon von Bruno Taut; auch das Motiv der nichttragenden Glasfassade an den Treppenhäusern der Musterfabrik von Walter Gropius und Adolf Meyer. Weiter Beispiele finden sich an den Fagus-Werken in Alfeld(1911-der der Fassade des Bauhauses in Dessau (1921, Abbildung 2). Ludwig Mies van der Rohe entwirft in einem Wettbewerbsbeitrag im gleichen Jahr 1921 visionär eine erste Hochhausfassade aus Glas, die von den Auslobern prompt nicht ernst genommen wurde [L4].



Abbildung 2 Bauhaus Dessau, 1921, Walter Gropius

Es dauert (möglicherweise) bis 1951 bis diese Vision im LeverBuilding in New York umgesetzt wird (Architekten Skidmore, Owings and Merrill). Diese Fassade wird als die erste Vorhangfassade (curtain wall) eines Hochhauses bezeichnet. Heute sind derartige Fassaden selbstverständlich in der Typologie des modernen Hochhauses.

Diese Entwicklung mündet in der zweischaligen Glasfassade, den so genannten Doppelfassaden, die im Mittelpunkt dieses Forschungsvorhabens stehen. Ausgehend von ersten einfachen Kastenfenstern, die vor allem in den Alpenländern gegen die starken Wärmeverluste im Winter eingesetzt wurden, finden sich Experimente hierzu in allen modernen Bauepochen.

Parallel zu dieser Entwicklung gibt es immer mal wieder Ansätze eine zweischalige Glasfassade zu errichten. Ursprünge finden sich auch hier in der Gartenarchitektur: So erbaut 1807 der Gartenarchitekt Friedrich Ludwig von Sckell für den bayr. König Max I. Josef eine zweischalige Konstruktion an der Südseite des „Eisernen Hauses“, ein Gewächshaus in den Nymphenburger Parks in München. Jean-Baptiste Jobard, Direktor des Brüsseler Industriemuseums erklärt 1849 das Prinzip einer hinterlüfteten Mehrfachfassade- wie im Winter warme und im Sommer kalte Luft zwischen den zwei Glasschichten strömen soll. Eine erste deutsche Doppelfassade außerhalb der Gartenarchitektur ist für die Fa. Steiff in Giengen, 1903 dokumentiert. Dabei war die Maximierung der Tageslichtnutzung das Hauptziel. Durch den Erfolg des Gebäudes folgten zwei Bauten in den Jahren 1904 und 1908, die ebenfalls mit einer Doppelfassadenkonstruktion arbeiteten, aber aus Budgetgründen Holz anstelle von Stahl verwendeten. Alle Gebäude sind nach wie vor in Gebrauch. [60].

Große Architekten wie LeCorbusier denken Ende der 20. Jahre des letzten Jahrhunderts an eine Doppelfassade mit einer erzwungenen Luftzirkulation im Fassadenzwischenraum. Verwirklicht wurden beispielsweise zwei frühe

Doppelfassaden in Cambridge (1945 im MIT Solar House, eine Doppelfassade mit innenliegendem reflektierendem Sonnenschutz; sowie 1968 eine Bibliothek für Geschichtswissenschaften von James Stirling).

In Deutschland baut die RWE 1990 mit Schram, v. Basewitz und Partnern eine Abluffassade, die typologisch zwischen Kastenfenster und Kastenfassade einzuordnen ist.

Eine der ersten Ganzglas-Doppelfassaden in Deutschland ist dann die Fassade des Victoriaturmes in Düsseldorf (1994-1997, Hentrich und Petschnigg), weitere folgen mit dem RWE Hochhaus in Essen (1996; Ingenhofen), oder dem Debis Hochhaus in Berlin (1997, Renzo Piano).

Von 1995 bis 2000 stieg in Deutschland die Zahl der Gebäude mit Doppelfassaden stark an, allerdings scheint sich der Trend aktuell eher umzukehren. (siehe Abbildung 3). Während der Laufzeit des Projektes TwinSkin wurde die Statistik nach Pottgiesser [47] nicht weitergeführt, dies hätte den Rahmen des Projektes gesprengt.

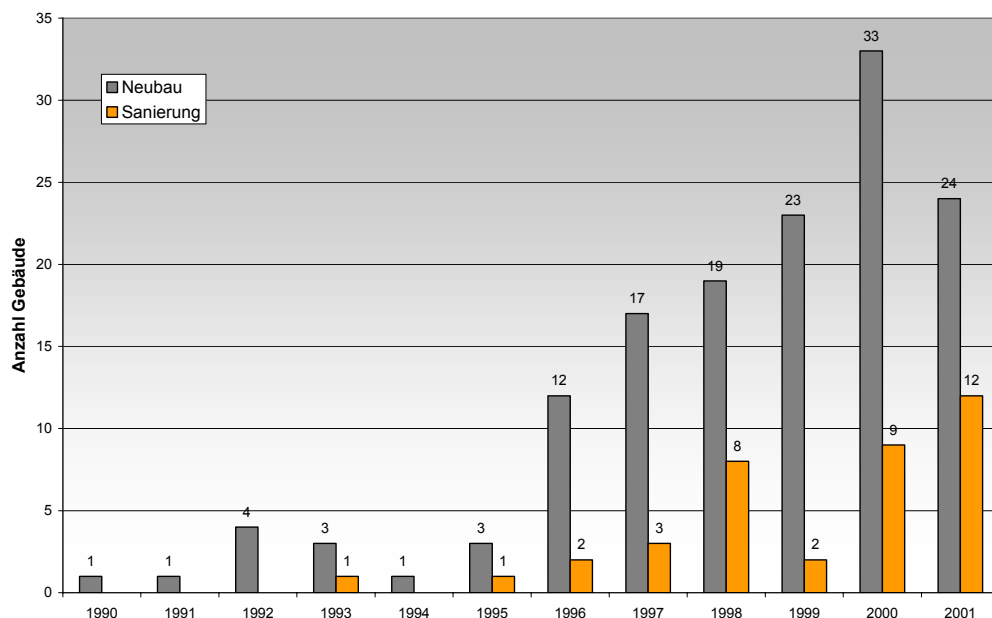


Abbildung 3 Anzahl gebauter Projekte mit DF in Deutschland, [47]

2.1 Stand des Wissens/Motivation der Untersuchung

Doppelfassaden werden seit etwa 10 Jahren in großem Maßstab als technisches oder architektonisches Mittel für innovative Bürogebäude aber auch bei Sanierungen eingesetzt.

Bedingt durch die zunehmende Anzahl und die allgegenwärtige Tendenz zu immer transparenteren Gebäudehüllen wurde in verschiedenen Publikationen über die hier zu betrachtenden Gebäude wie den Posttower von Helmut Jahn berichtet. Sie wurden unter anderem mit Kommentaren wie „ökologisches Hochhaus“ [38] gelobt, als das „Maximum dessen, was derzeit im Büro- und Verwaltungsbau realisiert werden kann“ [41] bezeichnet und in Anlehnung an Meisterwerke andere Kunstformen als „Wohltemperierte Architektur“ [42] gefeiert.

Parallel entstand eine kritische Gegenströmung, die argumentierte, dass „so genannte“ solare Bürogebäude weder energieeffizienter noch komfortabler seien

als Gebäude mit einem geringeren Glasanteil. Gertis [43] hat diese Diskussion mit dem speziellen Fokus auf Glas-Doppelfassaden bereits 1999 zusammengefasst und festgestellt, dass statt einer „erdrückenden Fülle qualitativ-beschreibender Arbeiten“ die Notwendigkeit von „Messungen unter praktischen Bedingungen“ bestehe. Dieser Forderung kommt umfassend bisher nur die messtechnischen Untersuchungen von Müller et al. (4 Bürogebäude [44]) bzw. von Fisch (eine Fassade [39]) nach.

Die Diskussion erreichte einen neuen, fachlich fragwürdigen Höhepunkt, als sie 2004 die Seiten von Deutschlands auflagenstärkstem Nachrichten-Magazin erreichte. Unter dem Titel „Leben im Schwitzkasten“ [45] wurde der angeblich gescheiterte „Großversuch“ verglaster Bürogebäude festgestellt, ohne sich dabei auf eine fundierte und umfassende Grundlage zu beziehen. Der Autor räumt sogar ein, man sei auf der Suche nach Informationen auf eine „Mauer des Schweigens“ gestoßen, und beklagt das Fehlen von aussagekräftigen Daten zum Betrieb dieser Gebäude.

Der Artikel war typisch für die Diskussion über die so genannten innovativen Gebäude, indem er zahlreiche „Erfahrungen“, „Meinungen“ und Daten zitierte: genau das hatte Gertis zuvor kritisiert. Die pauschale Kritik erstaunt umso mehr, als Deutschland im internationalen Vergleich hinsichtlich der Energieeffizienz von Gebäuden eine führende Rolle einnimmt.

An dieser Stelle setzt das Forschungsvorhaben TwinSkin an um wissenschaftlich belastbare Daten zu Gebäuden mit Doppelfassaden zu ermitteln und die Konzepte zu validieren.

2.2 Motivation zur Doppelfassade

Das Projekt TwinSkin wurde interdisziplinär begleitet durch das Institut für Umweltpsychologie der Universität Magdeburg, Prof. Dr. Linneweber. Diese Bearbeitung mit dem besonderen Fokus auf die unterschiedliche Wahrnehmung und Interessenslage beim Bau und Betrieb von Gebäuden mit Doppelfassaden ergab sich nach einem ersten Experten-Workshop am IGS als sinnvolle Ergänzung des Projektes.

Eine wesentliche Frage, die in dieser Zusammenarbeit beantwortet werden sollte ist die nach der Motivation zur Doppelfassade. Durch die unabhängige Befragung verschiedener am Bau- und Planungsprozess Beteiligter kristallisierte sich das nachfolgend dargestellte Meinungsbild heraus:

Zitat: „Es zeigt sich, dass die Entscheidung bisweilen zu einem sehr frühen Zeitpunkt fällt, zu dem noch nicht völlig klar ist, ob die Doppelfassade das am besten geeignete Konzept ist. Das Konzept wird im Planungsprozess von sehr zentralen ‚Anwälten‘, in der Regel Architekten oder Architektinnen vertreten und die hierauf basierende Entscheidung wird später nicht grundsätzlich wieder diskutiert oder re-analysiert, auch wenn es Gegenstimmen und andere Konzepte gibt. Sie ist für Personen, die später mit der Betreuung des Gebäudes beauftragt sind, nicht immer nachvollziehbar und auch nicht transparent gemacht.“ [46]

Da es sich um ein gemeinsames Arbeitsergebnis handelt, ist diesem Zitat nicht viel hinzuzufügen. Interessanter ist dann schon der genaue Blick, welche Vorteile von dieser Gruppe in der Doppelfassade gesehen werden:

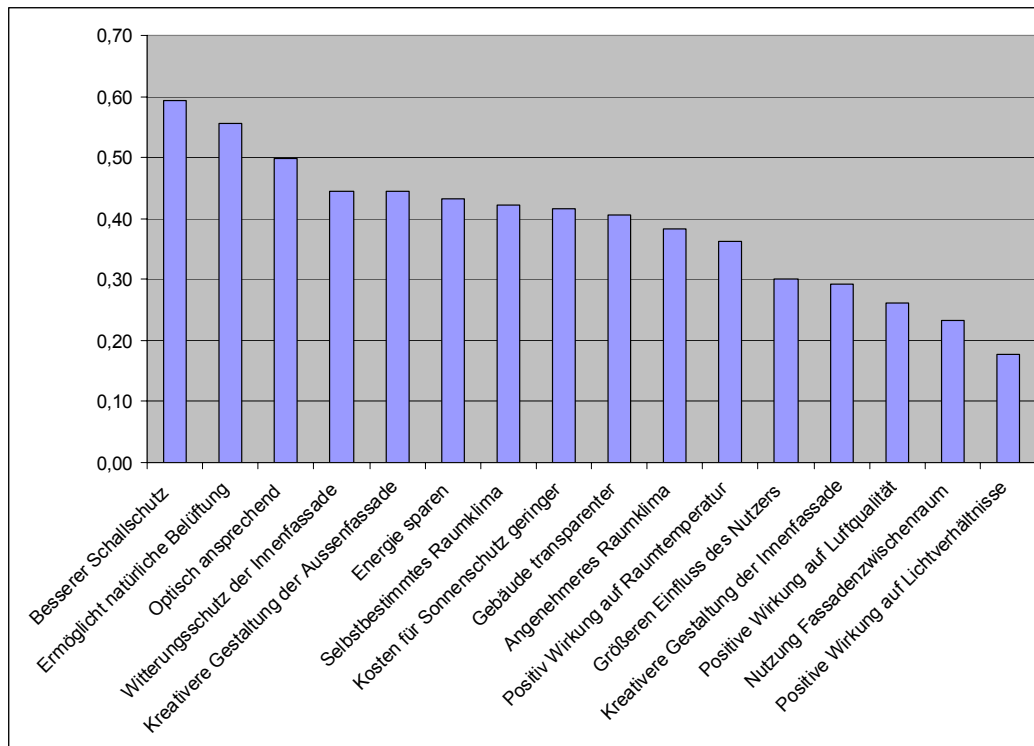


Abbildung 4 Reihenfolge der Vorteile (=Gründe) für eine Doppelfassade aus Sicht von Architekten [46]

Die Darstellung sortiert die Vorteile absteigend nach einem Kombinationswert aus dem Zutreffen eines Themas und dessen Wichtigkeit (siehe Abbildung 4). Die Werte gehen hierbei von 1-0. Über alle Entscheidungsträger in einem Bauprozess hinweg (Fachingenieure, Architekten, Betreiber) wird der Schallschutz als einer der Hauptgründe für eine Doppelfassade gesehen. Weitere technische Merkmale folgen mit der Möglichkeit zur natürlichen Raumbelüftung, dem Witterungsschutz der Primärfassade und einer anvisierten Energieeinsparung. Mit dem Schutz von Verschattungsvorrichtungen steht an achter Stelle in dieser Rangliste dann noch einmal ein technisches Kriterium, das in seinen Aspekten Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Wirkung aus den weicheren Faktoren (Nutzereinfluss, Transparenz etc.) hervorsteht.

Die ästhetische Komponente einer mehrschichtigen Glasfassade mit all ihren Assoziationen soll an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden. Hierfür sei in besonderer Weise auf Abschlußbericht des Magdeburger Institutes für Umweltpsychologie hingewiesen [46].

Den oben genannten Vorteilen der Protagonisten einer Doppelfassade soll in diesem Bericht nur die Wahrnehmung der betroffenen Nutzer gegenübergestellt werden. In den gemeinsam durchgeführten Nutzerbefragungen zeigt sich dass die Nutzer die Vorteile einer Doppelfassade durchaus abweichend von den Planern wahrnehmen.

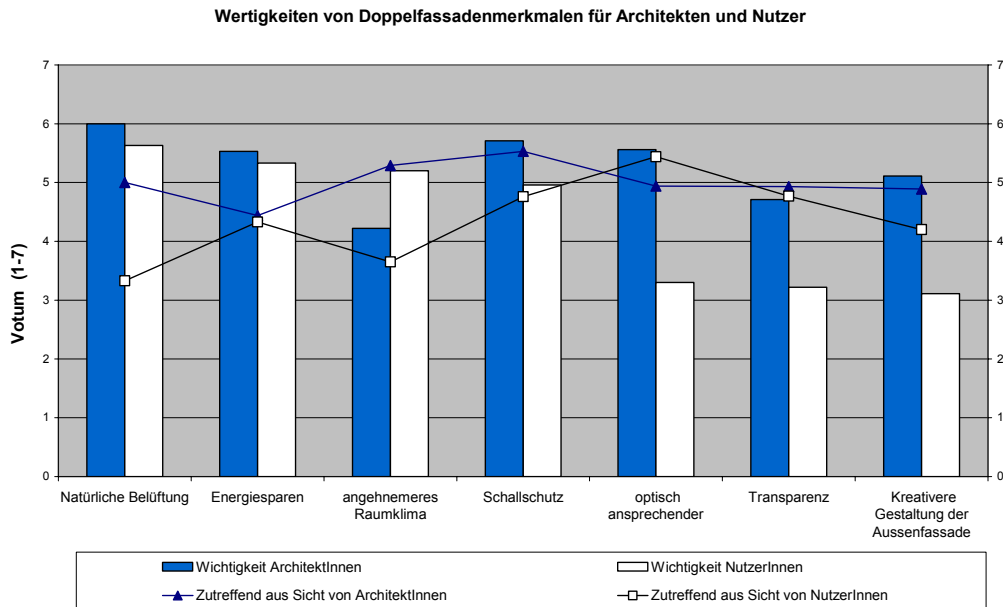


Abbildung 5 Mittelwerte einiger Vorteile aus Sicht von Nutzern- und Architekten [nach [46]]

Die Sortierung der Vorteile aus Sicht der Nutzer erfolgt nach abnehmender Wichtigkeit von Links nach rechts, für beide Werte (Wichtigkeit/ Zutreffendheit) konnte je ein 7-stelliges Votum abgegeben werden (siehe Abbildung 5). Es zeigt sich, dass eine natürliche Belüftung zwar von beiden Gruppen als wichtig angesehen wird, die Nutzer diesen Vorteil allerdings nicht als zutreffend wahrnehmen. Konsequenterweise ist ein angenehmes Raumklima den Nutzern zwar wichtig, aber in Gebäuden mit Doppelfassaden nicht gegeben¹. Die Wahrnehmung der Architekten zeigt in diesem Punkt ein entgegengesetztes Meinungsbild.

Ein optischer Anspruch ist den Nutzern weitgehend egal, sie nehmen ihn für Doppelfassaden (meinungsgebildet?) allerdings als zutreffend an. In der Kombination von Wichtigkeit und Zutreffendheit (besser als Zustimmung zum entsprechenden Vorteil zu verstehen) präsentiert sich so für beiden Gruppen der Schallschutz als primärer Vorteil in der Rangliste der Doppelfassaden-Argumente.

Zur Bewertung und Darstellung der Nachteile und anderer weicher Faktoren sei erneut auf den Abschlußbericht des Projektpartners verwiesen. [46]

¹ An dieser Stelle fehlen vergleichbare Ergebnisse aus „einschaligen“ Neubauten, bzw. der Vergleich zu klimatischen Bedingungen in vorher erlebten Arbeitsgebäuden.

3 TWINSKIN – VALIDIERUNG VON DOPPELFASSADENKONZEPTEN

Ziel des Forschungs- und Entwicklungsprojekts **TwinSkin –Doppelfassaden auf dem Prüfstand** ist es, die Konzepte von 8-12 Bürogebäuden mit Doppelfassaden hinsichtlich Energieeffizienz und Komfort zu analysieren sowie Optimierungspotentiale zu erschließen. Das Forschungsvorhaben entwickelt durch den Vergleich von Planungszielen mit den Kennwerten und Betriebserfahrungen gebauter Doppelfassaden die Grundlage für eine umfassende Bewertung der Funktionalität von Doppelfassaden und Energiekonzepten (siehe Abbildung 6).

3.1 Forschungskonzept

Die Berichterstattung und Dokumentation zu modernen Bürogebäuden endet meist mit der Fertigstellung, so dass kaum gesicherte Kenntnisse über die tatsächliche Performance der Gebäude oder ihrer Komponenten im Vollbetrieb und damit während des größten Teils ihres Lebenszyklus vorliegen. Im Rahmen des Forschungsprojektes **TwinSkin** werden diese Aspekte für exemplarisch ausgewählte Bürogebäude analysiert. So werden Erkenntnisse für eine Optimierung des Betriebs der Bürogebäude entwickelt. Gewonnene Betriebserfahrungen von gebauten Doppelfassaden der letzten 10 Jahre können als Grundlage zukünftiger Planungen genutzt werden. In einem Planungshandbuch, das für neue Konzepte belastbare Aussagen zur Funktionalität von Doppelfassaden liefert, sollen die Daten aufbereitet werden.

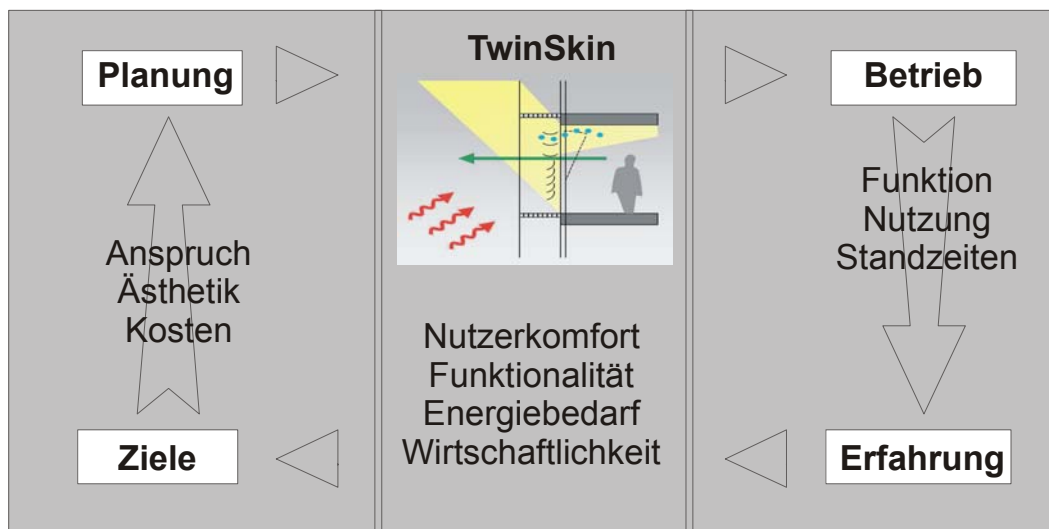


Abbildung 6 Validierung der Planungskonzepte durch TwinSkin

Die Bearbeitungspunkte sind im Wesentlichen:

3.2 Energieeffizienz

Eine der wesentlichen Fragen im Zusammenhang mit Glasdoppelfassaden, zu der besonders kontroverse Meinungen publiziert werden, ist die zur Beheizung oder Kühlung benötigte Energie des Gebäudes. Neben dem in der Fachpresse immer wieder erhobenen Vorwurf eines erhöhten Kühlenergiebedarfes bei Ganzglasfassaden wird die Doppelfassade immer wieder auch mit Energieeinsparungen durch die zweite Haut begründet.

Bei der benötigten Energiemenge ist zu unterscheiden zwischen einem errechneten Energiebedarf und den gemessenen Energieverbräuchen. Als Energieeffizienz wird im vorliegenden Projekt das Verhältnis der benötigten Energie zu Kenngrößen des Gebäudes (z.B. Nettogeschoßfläche (NGF) , Anzahl der Arbeitsplätze oder Bruttorauminhalt (BRI)) bezeichnet.

Im Projekt TwinSkin werden der nach dem Planungskonzept errechnete **Bedarf** (entspr. den definierten Randbedingungen) und der **Verbrauch** beim Gebäudebetrieb miteinander verglichen. Der Energieverbrauch bietet gegenüber dem Energiebedarf bei der Bewertung der Energieeffizienz einige Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- *Er beruht nicht auf der Planungsabsicht, sondern entspricht dem tatsächlich errichteten Gebäude.*
- *Er berücksichtigt Einflüsse der Nutzung und des Betriebs, z.B. Teilbelegungen und Betriebsfehler.*
- *Er kann über die Nutzungszeit kontinuierlich und aktuell – z.B. jährlich und monatlich – bewertet werden.*
- *Er ist ein Kostenfaktor im Betrieb von Gebäude und ist als solcher Bestandteil der Gebäudebewirtschaftung.*

Nachteile:

- *Der Energieverbrauch wird grundsätzlich von gebäude- und nutzungsspezifischen Aspekten beeinflusst und ist deshalb nicht vollständig standardisierbar bzw. vergleichbar.*
- *Das Messen von Energiemengen ist aufwändig und erfordert ein hohes Maß an fachlicher Kompetenz.*
- *Die genauen Grenzen zwischen den zu betrachtenden Verbräuchen sind in der Praxis nur schwer zu ermitteln.*

Die gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen des Bauens regeln zurzeit fast ausschließlich die Energiebedarfsseite von Gebäuden, und reglementieren damit die Planung und Errichtung. Entsprechend liegen zum Energieverbrauch nur vergleichsweise wenige und teilweise schwer zu vergleichende Daten vor. Da in den meisten Studien die Ergebnisse wie z.B. Energiekennwerte nicht im Zusammenhang mit den jeweiligen Gebäuden genannt werden (zum Beispiel durch anonymisierte Berichte), fehlen insbesondere nachvollziehbare Daten zu einzelnen Objekten.

Für die vergleichende Bewertung scheint auf den ersten Blick der Energiebedarf auf Grund seiner Präzision besser geeignet zu sein. Jedoch sind die ermittelten Werte keineswegs stets mit den gleichen Randbedingungen und Genauigkeiten errechnet². Im vorliegenden Projekt wurden für 12 Gebäude die Bedarfswerte nach der Wärmeschutzverordnung von 1995 berechnet, ein Gebäude wurde noch nach der WSVO von 1981 ermittelt.

Dennoch bietet der Energieverbrauch für die kontinuierliche Überwachung bestehender Gebäude sowie die Identifizierung von außergewöhnlich energieineffizienten Gebäuden gute Möglichkeiten. Für das Projekt TwinSkin

² Studien zu Wohngebäuden geben eine Unschärfe von ca. 25% an [62]

wurden in Abhängigkeit der Verfügbarkeit von Daten 13 Gebäude einer annähernd gleichen Baualtersklasse, mit gleicher Nutzung und in etwa gleicher Größenordnung gewählt. Für diese Gebäude wird eine Vergleichbarkeit der ermittelten Energieverbräuche unterstellt.

Von Beginn an war es Ziel im Projekt TwinSkin, über die Bilanzgrenzen bestehender Verordnungen hinauszugehen, indem neben der benötigten Energie für die Heizwärme, auch die aufgewendete Energie für die Kühlung, Luftförderung, Beleuchtung und die Mietbereiche erfasst und bilanziert wurde. Dieser ganzheitliche Ansatz kann in den meisten Fällen durch die (Mit-)Erfassung des Stromverbrauches erreicht werden, auch wenn hierdurch noch keine Aussagen zu den Teilmengen der Einzelsysteme möglich wird. Als Hilfsmittel zu diesen Betrachtungen wurde die SIA 380 [27] herangezogen.

Während der Projektlaufzeit (07.2003- 03.2007) wurde als Umsetzung der EU-Richtlinie „über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ [24] die DIN 18599 [20] vorgestellt, nach der zukünftig in Deutschland der Gesamtenergieverbrauch von Nichtwohngebäuden bewertet, begrenzt und verglichen werden soll. Erste Feldtests wurden u.a. am IGS in Zusammenarbeit mit dem Bundesbauministerium und der dena (s. [32]) durchgeführt. Als ein Ergebnis dieses Feldtestes kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft Energiekennwerte auf Bedarfs- und Verbrauchsbasis durch die im Zuge der EnEV 2007 geforderten Energieausweise und die entsprechenden Nachweiseverfahren verstärkt Beachtung finden werden. Das Berechnungsverfahren wurde auch auf die TwinSkin-Gebäude angewendet, um mit einem genormten Verfahren die Vergleichbarkeit der betrachteten Gebäude zu erhöhen.

Im Rahmen des Projekts wurden auch Vergleichswerte mit anderen Gebäuden ohne Doppelfassade für Wärme-, Kälte- und Stromverbrauch ermittelt, die eine Einordnung untereinander sowie in existierende Veröffentlichungen ermöglichen.

3.3 Komfort

Neben der Energieeffizienz ist der Komfort ein wesentlicher Bearbeitungspunkt im Projekt TwinSkin. Unter Komfort wird im Projekt das Zusammenspiel einzelner, nachfolgend aufgelisteter Einflüsse auf das Befinden von Nutzern verstanden, die darauf zielen, Aufenthaltsräume und Arbeitsplätze zum dauerhaften Aufhalten von Menschen zu schaffen, in denen produktives Arbeiten möglich ist und „Behaglichkeit“ wahrgenommen wird, ohne dass die Gesundheit gefährdet oder gar geschädigt wird.

Das Komfortempfinden des Menschen stellt sich dabei als hochkomplexer Vorgang dar, der von zahlreichen Einzelfaktoren abhängt, die hier ohne Wertung in der Reihenfolge der Projektbearbeitung genannt werden:

- der thermischen Behaglichkeit
- der visuellen Behaglichkeit
- der akustischen Behaglichkeit
- und schließlich der hygienischen Behaglichkeit

Ein Beispiel dieser Beeinflussung zeigt die nachstehende Grafik von D. Wyon für den Aspekt des thermischen Komforts.

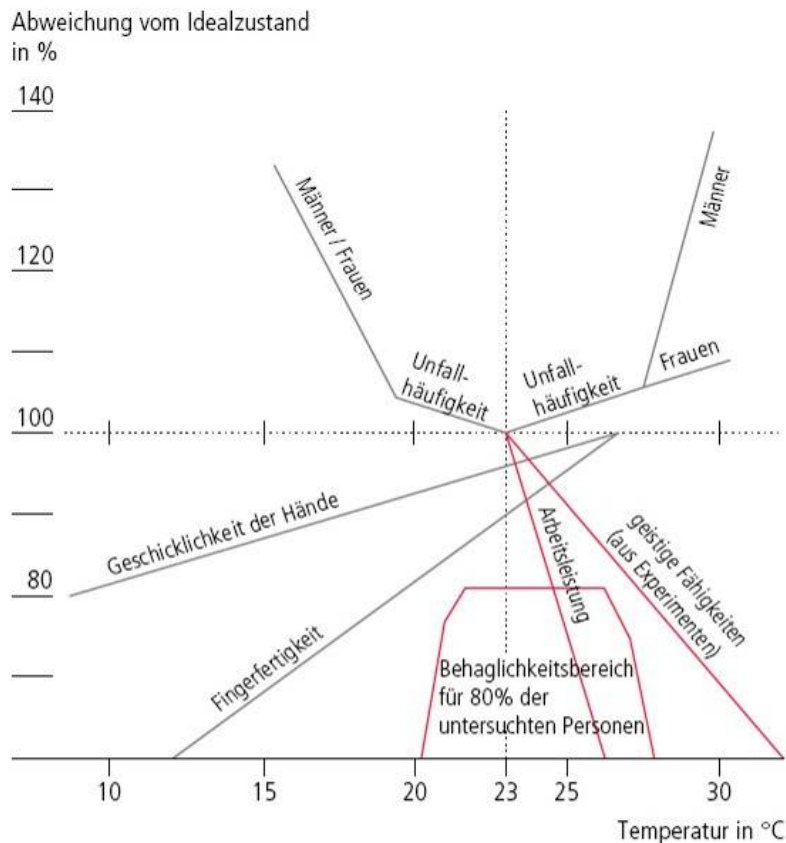


Abbildung 7 Experimentelle Ergebnisse zu Raumtemperatur und Behaglichkeit (nach D.P. Wyon)

Derartige Untersuchungen sind bisher selten durchgeführt und hier besteht sicherlich noch Forschungsbedarf. Dennoch sind ähnliche Grafen auch für die anderen Bereiche der Behaglichkeit vorstellbar, z.B. abnehmende Produktivität bei schlechteren Sichtverhältnissen, bzw. bei entsprechender akustischer Beeinflussung.

Jeder dieser Faktoren wird auch durch das Thema Doppelfassaden auf unterschiedliche Weise beeinflusst. Die Anforderungen für die einzelnen Punkte sind in zahlreichen Normen geregelt.

3.3.1 Thermischer Komfort

Die thermische Behaglichkeit wird auf der Basis eines Behaglichkeitsbereiches in Anlehnung an DIN 1946 für jedes Gebäude einzeln betrachtet, und im Nachgang nebeneinander gestellt. Thermische Behaglichkeit stellt sich ein, wenn die Körperfunktionen des Menschen sich im Gleichgewicht mit seiner Umgebung befinden. Ideale Werte und die hier untersuchenden Parameter werden an anderer Stelle im Bericht ausführlicher behandelt.

Thermischer Komfort stellt sich als Zusammenspiel der Raumklimawerte Temperatur, Luftfeuchte und den vorhandenen Luftgeschwindigkeiten ein. Speziell durch den Dänen Ole Fanger sind hierzu umfangreiche Untersuchungen gemacht worden, die eine wesentliche Verbreitung in der deutschen und europäischen Normung gefunden haben. Als Bewertungsgrößen haben sich aus diesen Untersuchungen heraus der PPD- (*Predicted Percent of Dissatisfied*) und der PMV- Index (*Predicted Mean Vote*) etabliert, die als ganzheitliche Kennwerte eine Beurteilung des Raumklimas zu bestimmten Zeitpunkten zulassen.

Nach DIN EN 7730 (2006) [17] lässt sich somit der thermische Komfort aus den folgenden Messgrößen berechnen:

- Raumlufttemperatur
- Oberflächentemperatur der Raumumschließungsflächen
- Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit

Hinzu kommen die menschlichen Faktoren

- Aktivitätsgrad
- Bekleidungsgrad

Die Beurteilung erfolgt über den o.g. PMV-Index als ein in Laborversuchen definiertes Standard-Votum.

Auf Grund der niedrigen Aktivitätsstufe ist thermische Behaglichkeit gegeben, „wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht“[11].

Für die hier vorliegenden mechanisch belüfteten Gebäude finden sich in der DIN 1946-2 weitere Bewertungskriterien für die thermischen Bedingungen im Büro. Da die Arbeit im Büro überwiegend im Sitzen erfolgt, ist vorwiegend die in der DIN 1946-2 und DIN 33403-2 [23] definierte Aktivitätsstufe 1 mit einer niedrigen Gesamtwärmeabgabe von rund 120-130 W zu betrachten.

Die DIN 1946-2 verlangt für die operative Raumtemperatur als Zusammenwirken von Lufttemperatur und Strahlungstemperatur die Einhaltung der Grenzen entsprechend (siehe Abbildung 8). Erlaubt sind Überschreitungen der Grenztemperatur von 25°C bei kurzzeitig auftretenden inneren Wärmelasten sowie Unterschreitungen bei bestimmten Lüftungssystemen.

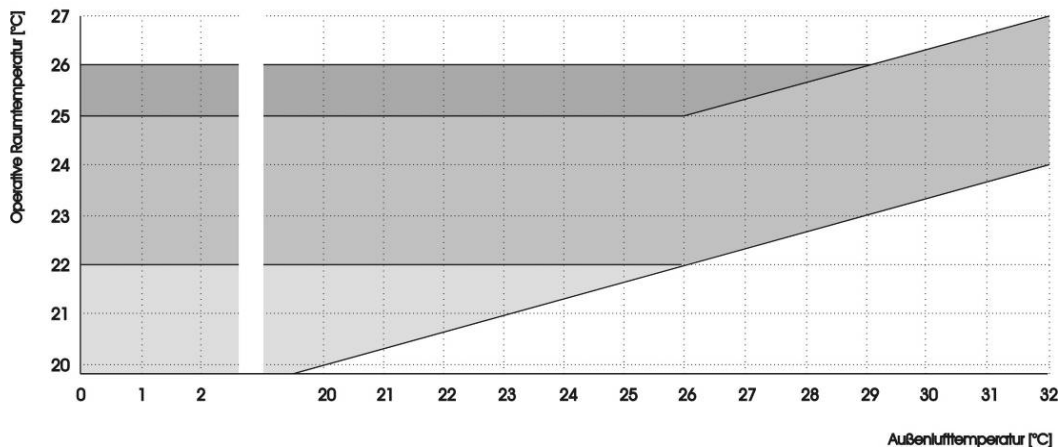


Abbildung 8 Bereiche der operativen Raumtemperatur nach DIN 1946-2

Für die Lufttemperaturschichtung wird eine obere Behaglichkeitsgrenze von 2 K Temperaturdifferenz je Meter Raumhöhe angegeben.

Die Raumluftfeuchte wird eine obere Grenze von 11,5 g je kg trockener Luft bzw. 65 % relativer Luftfeuchte gesetzt. Als untere Behaglichkeitsgrenze, die nur gelegentlich unterschritten werden darf, werden 30 % relative Luftfeuchte vorgegeben.

Für die maximal zulässige Luftgeschwindigkeit werden in Abhängigkeit vom Turbulenzgrad ca. 0,15 bis 0,3 m/s angegeben.

Weitere Vorgaben zum thermischen Raumkomfort werden u.a. in der VDI 2078 [1], der DIN 4108 [12] und in der DIN ISO 7730 [17] definiert. Darüber hinaus finden sich Angaben zu Temperaturbereichen in der Arbeitsstättenverordnung 2004 [28] sowie in den dort genannten Arbeitsstätten-Richtlinien [29] und der VDI 6011 [30].

Insbesondere zu den zulässigen Lufttemperaturen sind in der letzten Zeit diverse Urteile ergangen, die jedoch in Bezug auf die Verantwortung für die Einhaltung der Grenzwerte unter Berücksichtigung der Planung, des Nutzerverhaltens, des Gebäudebetriebs und der meteorologischen Bedingungen wenig Klarheit gebracht haben [65] – [69].

Zur Bearbeitung wurden die Gebäude mit einem eigens für das Projekt entwickelten Messwagen im Hinblick auf ihre Komfortkriterien untersucht. Grundlage dieser Betrachtung ist die DIN EN ISO 7730 (s.a. Kap. 6.2, Spotmonitoring)

3.3.2 Visuelle Behaglichkeit

Neben thermischen und hygienischen Anforderungen sind auch die Lichtverhältnisse am Arbeitsplatz von entscheidender Bedeutung für die Leistungsfähigkeit und das Komfortempfinden des Menschen. Hierunter sind nicht nur die Beleuchtungsverhältnisse durch Kunstlicht, sondern auch die Tageslichtverhältnisse zu fassen. Mangelnde visuelle Behaglichkeit führt zu Ermüdung, Fehlern und somit zu Produktivitätseinbußen.

Einflussgrößen sind z.B.:

- die Leuchtdichtevertelung
- die Beleuchtungsstärke
- die Lichtqualität (Flimmerfreiheit, Lichtfarbe...)
- der Tageslichtbezug

Zur Beurteilung einer Lichtsituation werden entsprechende Kenngrößen, wie die Leuchtdichte (cd/m^2), die Beleuchtungsstärke (lux), die Blendung und die Gleichmäßigkeit (örtlich und zeitlich) definiert.

Die Anforderungen, die an unsere Arbeitsplätze hinsichtlich der Beleuchtung mit Tageslicht und künstlichem Licht gestellt werden, werden in der VDI 6011 [30] beschrieben. Zurzeit gültige Normen, insbesondere die DIN 5034 [15], tragen dem Potenzial des Tageslichts in Innenräumen dagegen nicht ausreichend Rechnung. In ihr wird lediglich ein mittlerer Tageslichtquotient von 0,9 % (0,75 % in Randbereichen) für einen Büroarbeitsplatz gefordert, sowie Mindestgrößen für Öffnungen. Eine Besonnungsdauer wird z. B. nicht geregelt.

Im Projekt TwinSkin wurden Beleuchtungssituationen über eine Simulationsrechnung einzelner Büros sowie die Aufnahme des Tageslichtquotienten im Rahmen des Spotmonitorings erfasst.

3.3.3 Akustischer Komfort

Lärm beeinträchtigt das Wohlbefinden, und damit direkt die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz, bis hin zur Gesundheitsgefährdung. Aus diesen Gründen sind in DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [13] Mindestanforderungen bezüglich der Schalldämm-Maße zwischen benachbarten Räumen, aber auch gegenüber dem von außen eindringenden Lärm festgelegt. Über die Landesbauordnungen haben diese Anforderungen gesetzlichen Charakter. Die für Fassaden geforderten Werte variieren hier je nach (Außen)-Lärmpegelbereich

zwischen 30 und 55 dB für das bewertete Bauschalldämm-Maß (R'_w). Die repräsentative Lage moderner Bürogebäude an zentralen Ausfallstraßen oder Verkehrsknotenpunkten stellt somit zugleich hohe Anforderungen an die Schalldämm-Maße der Fassaden.

Zusätzlich zur Belastung durch Außenlärm wirken zahlreiche innere akustische Faktoren auf den Büronutzer ein. Die Schalldämmung gegen die Nachbarräume ist nicht nur in Bezug auf den Störgeräuschpegel, sondern auch hinsichtlich zu gewährleistender Vertraulichkeit von Gesprächen von Bedeutung. Halligkeit, Sprachverständlichkeit und Schalldämmung sind wesentliche Faktoren der Gebäudeinternen akustischen Behaglichkeit. Anzustrebende Werte hierfür werden in der neugefassten DIN 18041 "Hörsamkeit in kleinen und mittelgroßen Räumen" [19] genannt. Wichtigste Größe der Raumakustik ist die Nachhallzeit, die in einem Standardbüro (wie in Wohnräumen) bei ca. 0,5 s liegen sollte. Aber auch die Verteilung der Absorberflächen im Raum, die durch den hohen Anteil an Raumbegrenzungsflächen aus Glas oftmals erheblich eingeschränkt ist, hat Einfluss auf die Sprachverständlichkeit, insbesondere in Besprechungs- und Vortragsräumen der Bürogebäude.

Der akustische Komfort wird im Projekt durch Messungen und in den Nutzerbefragungen untersucht. Im Rahmen der Akustikmessung wurde nicht nur die Lärmbelastung durch Außenlärm bzw. die Schalldämmung der Fassade ermittelt, sondern auch die Nachhallzeiten wurden in den Büroräumen, die mit den Schalldämmungsmessungen im Zusammenhang standen, erfasst (s. Kapitel 6.4, Akustikmessungen).

3.3.4 Hygienischer Komfort / olfaktorische Behaglichkeit

Die heutigen hygienischen Komfortstandards haben sich im Wesentlichen aus den Anforderungen des Menschen an Arbeitsplätze in Innenräumen entwickelt. Ein wesentlicher Indikator hierfür ist der Gehalt an CO₂ in der Raumluft, der durch natürliche oder mechanische Lüftung und einen entsprechenden Luftwechsel zu gewährleisten ist. Die unten stehende Tabelle zeigt empfohlene Richtwerte des Luftwechsels für unterschiedliche Nutzungen (siehe Tabelle 1). Die normative Regelung erfolgt im Wesentlichen in der DIN 1946-2 [11]. Sie fordert die Einhaltung von hygienischen Maximalwerten z.B. für die CO₂-Konzentration (maximal 0,15 %). In der Umsetzung verlangt die Einhaltung dieser Vorgaben die Gewährleistungen eines hygienischen Mindestluftwechsels, der nach DIN 1946-2 in mechanisch belüfteten Büroräumen bei 40-60 m³/(h*Person) bzw. 4-6 m³/(m²h) liegt.

-normatives IGS- ?

Nutzungsart	Empfohlener Luftwechsel h ⁻¹
Wohnnutzung	0,3-0,8 *
Arbeitsräume	1,5-3
Gruppenraum/Besprechung	4-5
Versammlungsräume	4-7

Tabelle 1 Empfohlene Richtwerte des Luftwechsels [in Anlehnung an DIN 1946,
* Erfahrungswert IGS]

Weitere Einschränkungen der Raumluftqualität sind durch Immissionen von Personen oder Gegenständen im Raum möglich. DIN 13779 leitet hieraus personenbezogene Außenluftvolumenströme ab [18]. Präzise Kennwerte zu einer ganzheitlichen Beurteilung der Raumluftqualität existieren nicht. DIN 1946 Teil 2

bietet hier eine Orientierung über die dezipol-Werte nach Fanger, eine Bewertung des Geruchsempfindens ist aber hier noch nicht enthalten.

Luftqualitätsklasse	Prozentsatz Unzufriedener	Empfundene Luftqualität [dezipol]
Hoch	≤ 10	0,7
Mittel	≤ 20	1,4
Niedrig	≤ 30	2,5

Tabelle 2 Einordnung der Luftqualität nach DIN 1946

Bei Bedarf, d.h. z.B. Befindlichkeitsstörungen der Raumnutzer wird mittels Probeentnahme gezielt nach verursachenden Schadstoffen und deren Quellen gesucht. Zur Beurteilung können Werte nach den TRGS [33] herangezogen werden.

Im Projekt TwinSkin wurde versucht, über die Messung von VOC bzw. TVOC (Total Volatile Organic Compounds) die Raumlufqualität mit einem Kennwert zu erfassen. Hierzu ist der Messwagen mit einem VOC-Sensor ausgestattet, der für die Dauer der jeweiligen Messung auch den VOC-Gehalt in der Raumluf aufzeichnet. In der Beurteilung konnte mit diesem Verfahren aber kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden.

Da es sich im Projekt im wesentlichen um mechanisch belüftete Gebäude handelt, sind darüber hinaus weitere technische Regeln zu beachten, z.B. die VDI 6022 [7], die die Hygiene-Anforderungen an raumluftechnische Anlagen regelt.

Neben den genannten Aspekten wird der Nutzerkomfort von einer Vielzahl weitere Faktoren beeinflusst. Hierzu gehören die Bereiche der Ergonomie, aber auch die ästhetische Wirkung von Architektur, Raum, Farben, Materialien sowie psychologische Aspekte wie Außenbezug, Sauberkeit, Privatsphäre, Kommunikationsmöglichkeiten etc. Diese Aspekte werden im Rahmen des Forschungsprojekts bei messtechnischen Untersuchungen in der Regel nicht erfasst, jedoch zum Teil in den Nutzerbefragungen berücksichtigt.

3.4 Funktionalität

Bedingt durch die hohe Komplexität des Bauteiles Doppelfassade ist ein erhöhter Planungsaufwand bzw. eine Reihe an Voruntersuchungen notwendig, um eine einwandfreie Funktionalität des Gesamtsystems Fassade zu gewährleisten. Simulationen, Modellversuche bis hin zum 1zu1-Mockup werden in der Regel bei der Entscheidungsfindung und in Detailfragen hinzugezogen. Eine Überprüfung der hier getroffenen Annahmen im Gebäudebetrieb findet dagegen nicht statt.

Unter Funktionalität wird im Projekt das Erfüllen der im Vorfeld zugesprochenen und verhandelten Eigenschaften der Fassade verstanden. So werden die Anforderungen an die Fassade im Hinblick auf den Schallschutz, die Energieeinsparung, die Möglichkeiten zur natürlichen Belüftung und den Witterungsschutz betrachtet.

Beim Schallschutz sind zunächst die Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen nach DIN 4109 in Abhängigkeit vom „maßgeblichen Außenlärmpegel“ und damit vom jeweiligen Standort des Gebäudes zu betrachten. DIN 4109 ist eine von den obersten Baubehörden der Bundesländer eingeführte Technische Baubestimmung. Diese Anforderungen sind baurechtlich immer einzuhalten. Es lassen sich jedoch je nach Bedarf beliebige Schallschutzniveaus oberhalb der Anforderungen nach DIN 4109 vertraglich vereinbaren.

In Bezug auf die Energieeinsparung wird bei Doppelfassaden durch die zusätzliche Transparente Außenhaut der U-Wert der Fassade verbessert.

Die Normung berücksichtigt dies in [12], bzw. [20] durch Abminderungsfaktoren F_x , s. Tabelle 3. Dieser Abminderungsfaktor orientiert sich an der Wärmeleitfähigkeit der Verglasung des Glasvorbaus, für Doppelfassaden also an der Qualität der Sekundärfassade (s. 11 Glossar).

Art der Verglasung	Faktor F_x
Einfachverglasung	0,80
Doppelverglasung	0,70
Wärmeschutzverglasung	0,50

Tabelle 3 Temperaturkorrekturfaktoren von Wänden und Fenstern zu unbeheizten Glasvorbauten [12]

Hierzu wird der Glasvorbau wohl nach außen, als auch zum Kerngebäude hin als geschlossener Luftraum angenommen, indem sich eine höhere Temperatur einstellt (s.a. [39]).

Tatsächlich ist die Wärmeleitfähigkeit der Verglasung der äußeren Fassade nur einer von mehreren Einflussfaktoren, die die Lufttemperatur im Glasvorbau beeinflussen. Die Lufttemperatur einer Doppelfassade ist darüber hinaus u.a. abhängig von

- dem Gesamtenergiedurchlaßgrad der äußeren Fassade (Verglasung, Rahmenanteil, Verschattungselemente usw.)
- die Ausrichtung der transparenten Flächen der äußeren Fassaden.
- der Luftbewegung im Fassadenzwischenraum

Abbildung 9 zeigt die rechnerische Verbesserung des Wärmedurchgangswiderstands analog zu Tabelle 3 nach [12].

Zusätzlich kann bei Belüftung des Gebäudes über den Fassadenzwischenraum ein geringerer Lüftungswärmeverlust unterstellt werden. Abhängig vom verwendeten Rechenmodell können so in Abhängigkeit von der Verglasungsqualität und der Permeabilität (beider Fassadenebenen) energetische Vorteile der Konstruktion berechnet werden.

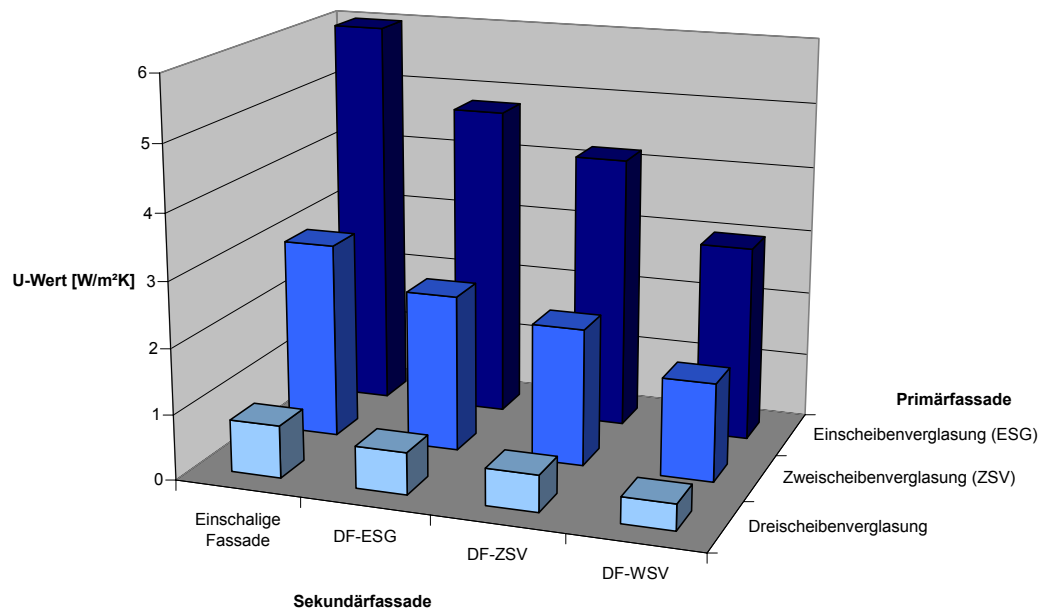


Abbildung 9 Bauteilbezogene U-Werte für verschiedenen Fassaden in Abhängigkeit von der Verglasungsqualität

In der Realität betrifft dieses Einsparpotential jedoch ein komplexes Gebäude, bei dem die Potentiale für Transmissions- und Lüftungswärmeverluste von zahlreichen anderen Faktoren überlagert werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Witterungsschutz, der durch die Sekundärfassade gewährt wird. Dieser kann für die Bestandsfassade einer Sanierung, die Ausführung der Primärfassade eines Neubaus oder auch nur die geschützte Unterbringung eines Sonnenschutzes von Bedeutung sein.

Alle Ergebnisse werden darüber hinaus auch mit den Nutzerbefragungen und den Ergebnissen des Magdeburger Projektes „Vom Nutzen der Nutzer“ verglichen. Über die messbaren Ergebnisse hinaus wird sich hier ein Meinungsbild über die Akzeptanz von Doppelfassaden ergeben, das für zukünftige Planungen wichtige Hinweise gibt.

3.5 Wirtschaftlichkeit

Je nach Datenlage soll im Quervergleich der untersuchten Gebäude auch die Wirtschaftlichkeit der Doppelfassaden bewertet werden. Hierbei wird zwischen Investitions- und Betriebskosten unterschieden. In Zusammenarbeit mit dem Architekturbüro bhr (Hamburg, Ansprechpartner Dipl. Ing. S. Baumann und Architekt Dr.-Ing. Matthias Rozynski), einem Kooperationsbüro des BKI, wurden von den Projektpartnern die Kostengruppen der 1. und 2. Ebene nach DIN 276 [9] abgefragt. Ziel ist die Erfassung der Gebäudekosten in den Kostengruppen 300 und 400 (getrennt nach m² BGF und je AP). Für den Bereich der Neubauten sind hier Zahlen in der Literatur vorhanden, im Bereich der Sanierung wird im Projekt Grundlagenforschung betrieben.

Die erforderlichen Daten werden von den Projektpartnern in der Regel nur sehr zögerlich zur Verfügung gestellt. Zur Herstellung einer Vergleichbarkeit ist die Aufschlüsselung der Fassade in einzelne Funktionselemente nach DIN 276 (Außenfassade, Fenster, Sonnenschutz, GLT-Komponenten, Brandschutzanteile usw.) erforderlich. Dies sollte auf der Grundlage der LV und zugehöriger Abrechnungen erfolgen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt sind die Betriebs- und Wartungskosten, die im Zusammenhang mit zweischaligen Glasfassaden auftauchen. Reinigung und

Austauschbarkeit der vorhandenen Glasflächen, der Betrieb von Stellmotoren, Fassadenklappen und nicht zuletzt von Sonnenschutzvorrichtungen sollten im Projekt erfasst und im Vergleich zu einschaligen Gebäuden bewertet werden.

Eine Einbeziehung so genannter „weicher Faktoren“ in die Untersuchung erfolgt durch Nutzerbefragungen in Zusammenarbeit mit dem Sozialpsychologischen Institut der TU Magdeburg. Im Mittelpunkt dieser Teiluntersuchungen stehen die Erwartungen von Bauherren, Betreibern, Eigentümern, Nutzern und Planern an das Bauteil Doppelfassade hinsichtlich Energieverbrauch, Komfort und Kosten. Gemessene Eigenschaften während der Nutzung und des Betriebes werden den Planungs- und Zielvorgaben an das Gebäude gegenübergestellt.

Als Sowieso-Ergebnis einer ganzheitlichen Betrachtung können im Projekt Aussagen zur Flächeneffizienz als wirtschaftliche Größe gemacht werden. Einzelvergleiche (Fläche der Regelgeschosse zu Flächenkonzentration und Arbeitsplatzdichte) runden das Bild ab.

3.6 Untersuchte Gebäude

In TwinSkin werden insgesamt 13 innovative Bürogebäude mit Doppelfassaden untersucht. Die Standorte der Gebäude liegen über das Bundesgebiet verteilt (s. Abbildung 10). Die Zusammensetzung bearbeiteten Gebäude und ihre technischen Spezifikationen zeigen die folgenden Abbildungen und Tabellen.



Abbildung 10 Standorte der Gebäude

Die Anzahl der bearbeiteten Gebäude liegt damit leicht oberhalb der im Antrag angestrebten Gebäudezahl. Bei allen Gebäuden handelt es sich um Büro- und Verwaltungsgebäude, die in den letzten 10 Jahren errichtet wurden (siehe Abbildung 11).

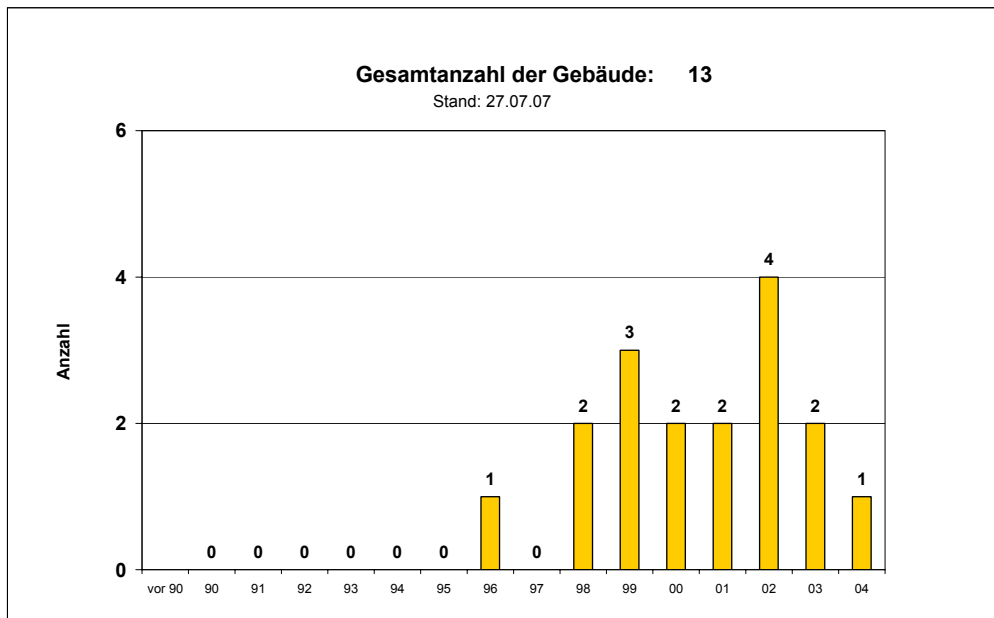


Abbildung 11 Jahr der Inbetriebnahme

Tabelle 4 zeigt einen Überblick über die bearbeiteten Gebäude.

1 DMH		Deutsche Messe, Hannover	Baujahr: 1999 BGF: 13 586 m ²
2 DRH		Deutscher Ring, Hamburg (Spitzenbebauung)	Baujahr: 1996 BGF: 29 300 m ²
3 GSW		GSW-Hochhaus, Berlin	Baujahr: 1996 BGF 60 041 m ²
4 PWC		Price-Waterhouse-Cooper, Berlin	Baujahr: 2000 BGF: 21 298 m ² (oberirdisch)
5 POT		Posttower, Bonn	Baujahr: 2002 BGF: 117 902 m ²
6 RIC		Rickmers Reederei, Hamburg	Baujahr: 2002 BGF: 10 886 m ²
7 ALH		Allianzhochhaus, Berlin	Baujahr: 1998 BGF:33 544 m ²
8 BAY		Bayer AG Leverkusen	Baujahr: 2003 BGF: 23 109 m ²
9 BIH		Bürogebäude, Hannover	Baujahr: 2002 BGF: 298 000 m ²





10 LSV		Landwirtschaftliche Sozialversicherung, Stuttgart	Baujahr: 2003 (Sanierung) BGF: 11 088 m ²
11 VVM		Victoria-Turm, Mannheim	Baujahr: 2001 BGF: 109 218 m ²
12 DXH		Doppel-X, Hamburg	Baujahr: 1999 BGF: 24 555 m ²
13 BRA		Braun, Kronberg	Baujahr: 2000 BGF 13 323 m ²

Tabelle 4 Übersicht über die untersuchten Gebäude

Im Vergleich zur Projektbeantragung und zwischenzeitlichen Veröffentlichungen hat sich damit über den Projektverlauf zu verschiedenen Zeitpunkten eine geringfügige Veränderung der avisierten oder betrachteten Gebäude ergeben.

Bedauerlicherweise sind einige Gebäude während der Bearbeitung „abgesprungen“ bzw. haben die Kooperationszusage zurückgezogen. Dies war speziell im Falle des Posttowers (Nr. 5) für das Projekt gravierend, auch wenn die 1. Phase der Gebäudeaufnahme noch abgeschlossen werden konnte. Die Kündigung erfolgte aus finanziellen Gründen durch den Vorstand des Unternehmens.

Für die Projektverlängerung war zudem die Bearbeitung von vier weiteren Gebäuden in Hamburg in Aussicht gestellt worden. Hiervon konnte de facto nur eins (Nr. 12, „Doppel-X“) bearbeitet werden. Vor einer Bearbeitung der weiteren Gebäude wechselten diese den Eigentümer. Der neue Eigentümer hatte an einer Bearbeitung seiner Gebäude kein Interesse.

Von den insgesamt 13 Gebäuden sind zwölf als Neubau in den letzten zehn Jahren errichtet worden. Lediglich bei einem Gebäude (Nr. 10, LSV) handelt es sich um die Sanierung eines Bestandsgebäudes mit einer Doppelfassade (siehe Abbildung 12). Die Häufigkeit der verschiedenen Fassadentypen ist in Abbildung 13 dargestellt. Von den sechs Doppelfassaden-Typen sind aktuell vier im Projekt vertreten. Mit 4, bzw. 5 Fassaden bilden die Korridor- bzw. Vorhang- (oder Mehrgeschoß-) Fassaden die am häufigsten eingesetzten Doppelfassadentypen innerhalb des Projektes.

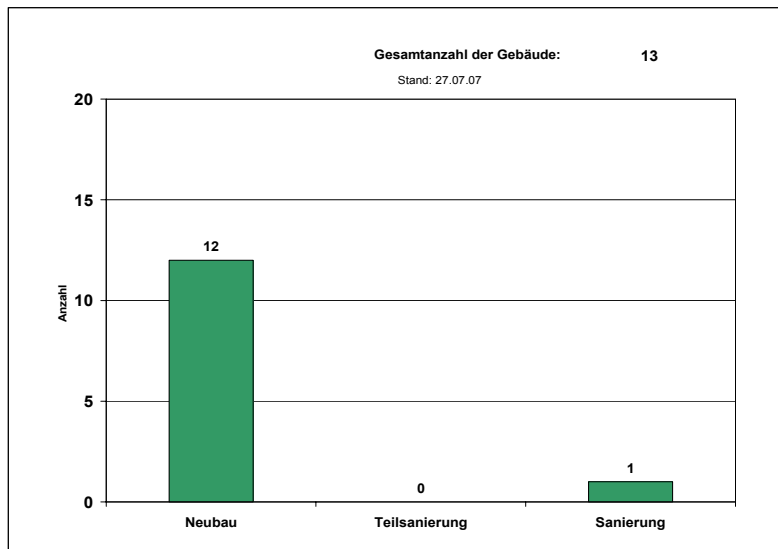


Abbildung 12 Häufigkeit der Baumaßnahmen

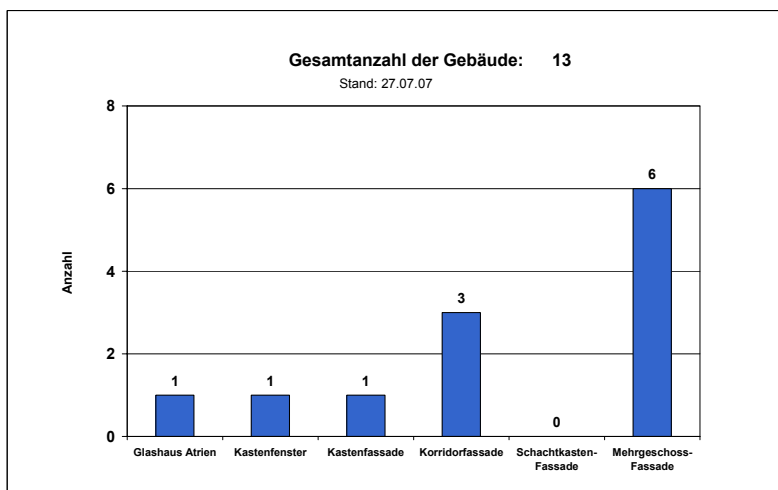


Abbildung 13 Häufigkeit der Fassadentypen

Schließlich werden die Gebäude noch hinsichtlich der installierten Gebäudetechnik klassifiziert, um innerhalb des Vergleiches den unterschiedlichen Ausstattungsmerkmalen der Gebäude gerecht zu werden. Die Klassifikation ist in Kap. 3 näher erläutert. Durch sog. natürliche Lüftungskonzepte sind die meisten Gebäude als teilklimatisiert eingestuft, nur drei Gebäude verfügen über eine Vollklima-Anlage, die in den meisten Büroräumen be- bzw. entfeuchtete Luft zur Verfügung stellt (siehe Abbildung 14).

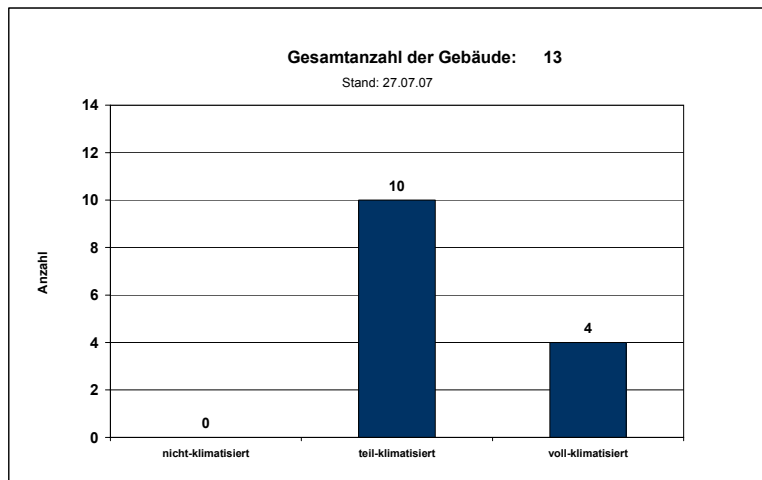


Abbildung 14 Häufigkeit der Klimatisierungsstandards

4 TYPOLOGIE

4.1 Typologien der Doppelfassade im Projekt TwinSkin

Im Rahmen des Forschungsprojektes TwinSkin wurde am Institut für Gebäude und Solartechnik eine Methodik für die Evaluierung und Kategorisierung des Komforts und Energieverbrauches von Bürogebäuden mit zweischaligen Glasfassaden entwickelt. Zur Kategorisierung verschiedener Gebäudetypen ist u.a. auch eine Typisierung bzw. Klassifikation der verschiedenen Fassadentypen vorzunehmen.

Nach Zuordnung der unterschiedlichen Gebäude zu dem jeweiligen Typen im entwickelten Raster kann ein Vergleich der messtechnisch untersuchten Parameter erfolgen. Ziel ist eine Bewertung des Einflusses der Fassadenkonstruktion über die gewählte Klassifikation auf die dahinter liegenden Büroräume hinsichtlich der klimatischen Bedingungen und des Energieverbrauches für Heizung, Lüftung und Kühlung.

Klassifikation

Ansätze für die Klassifikation und Fassadenkonzeptionen können die Kriterien Permeabilität für Luft und Licht, Energiegewinn, die Veränderbarkeit und die Regelung bzw. Regelbarkeit sein (siehe [53]).

Eine weitere Möglichkeit hinsichtlich der Typisierung der Konstruktion kann in Abhängigkeit des Tragwerks (siehe [54]), der Bauteilschichtung oder -schaligkeit, der Hinterlüftung (siehe [55]) sowie der Vorfertigung erfolgen.

Im Projekt TwinSkin wurde die Einteilung in den Ebenen Konstruktion, Schale, Permeabilität und Teilung des Zwischenraumes vorgenommen (siehe Abbildung 15).

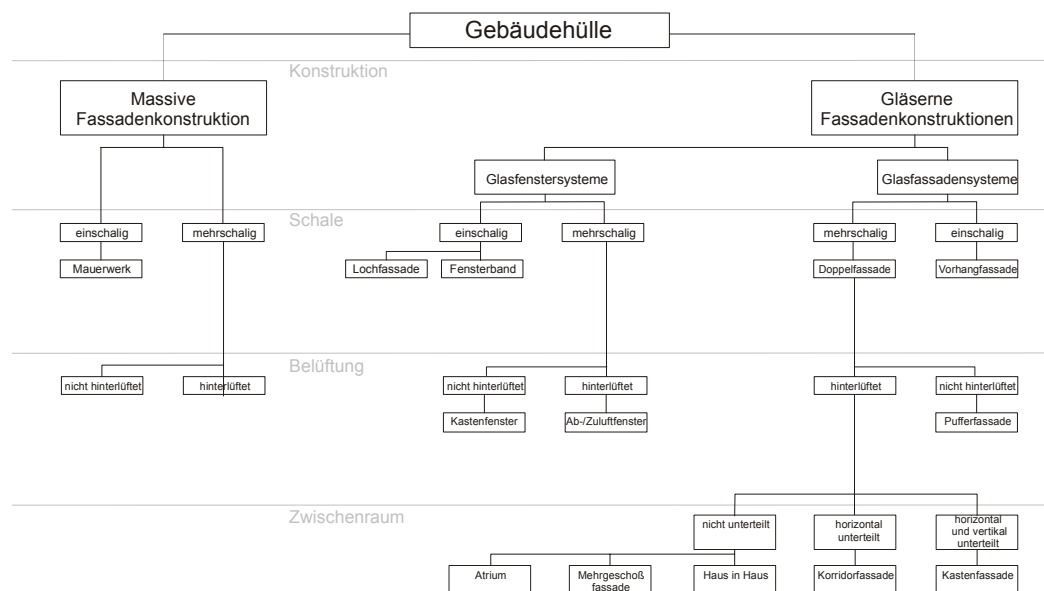
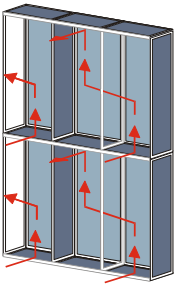
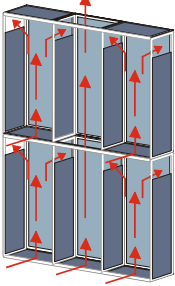
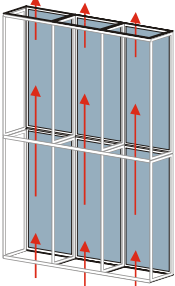
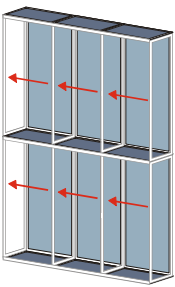
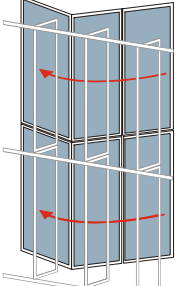


Abbildung 15 Einteilung der verschiedenen Fassadensysteme bis hin zur Doppelfassade

Die Ausführung der Fassaden hat direkten Einfluss auf die erreichbare Qualität des Wärme-, Sonnen- und Schallschutzes sowie auf den über die Öffnungselemente im Gebäude erzielbaren Luftwechsel. Wesentliches Klassifikationsmerkmal der Fassade ist im Projekt TwinSkin die Unterteilung des Fassadenzwischen-

raumes: hiernach lassen sich folgende Fassadentypen unterscheiden (siehe Tabelle 5):

Skizze	Bezeichnung	Beschreibung (konstruktiv + funktional)
	Kasten-Fassade	<ul style="list-style-type: none"> • vertikale und horizontaler Unterteilung der Fassade • Fensterkästen mit Zu- und Abluftöffnungen (versetzte Anordnung verhindert Zu- und Abluftvermischung) • Schallschutz • Reduzierung der Telephonie durch vertikale Trennung
	Schacht-Kasten-Fassade	<ul style="list-style-type: none"> • Kombination aus Kasten-Fassade und vertikalen Schächten • Zuluft durch Öffnungen im unteren Kastenbereich • Abluft über die Schächte • Keine Vermischung von Zu- und Abluft • Nutzung des thermischen Auftriebs • hauptsächlich Außenschallschutz
	Vorhangdoppelfassade	<ul style="list-style-type: none"> • durchgehende mehrgeschossige Fassade ohne Unterteilung • Fugen geschlossen oder offen (in Abhängigkeit von der Funktion) • Verbesserter Wärmeschutz im Winter möglich • Nutzung des thermischer Auftriebs im Fassadenzwischenraum bei Abluftfassaden • Außenschallschutz
	Korridorfassade	<ul style="list-style-type: none"> • geschossweise horizontaler Unterteilung der Fassade • Luftöffnungen in Boden und Deckennähe (versetzte Anordnung verhindert Zu- und Abluftvermischung) • thermischer Puffer im Fassadenzwischenraum möglich • Außenschallschutz
	Haus im Haus	<ul style="list-style-type: none"> • Fassade mit konstruktiv großen Abstand zur wärmedämmenden Hülle; Sekundärfassade umschließt das gesamte Gebäude • Lüftung der Räume über den Fassadenzwischenraum • thermischer Puffer durch großes Luftvolumen • Außenschallschutz durch Abstand zur Fassade

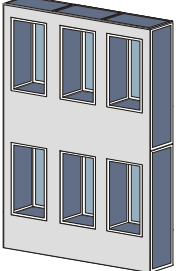
	<p>Kastenfenster</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lochfassade mit zwei Fensterebenen in einer Laibung • verbesserter Wärmeschutz im Winter <ul style="list-style-type: none"> • verbesserter Schallschutz
---	----------------------	--

Tabelle 5

Fassadentypen

4.2 Doppelfassaden Projekt TwinSkin

Bevor im Folgenden eine vergleichende Untersuchung zur Funktionalität der einzelnen Doppelfassaden im Projekt vorgenommen wird, werden die dreizehn Fassaden noch einmal konstruktiv vorgestellt. Dabei wurde nach den Typologien der Doppelfassade unterschieden. Da einige Gebäude verschiedene Doppelfassadenausführungen aufweisen, ist eine Einteilung nach der Primärtypologie erfolgt.

Schließlich sind die wesentlichen Merkmale der verschiedenen Doppelfassaden in einer Tabelle zusammengefasst. Eine allgemeinere Darstellung der Gebäude findet sich zusätzlich in den Gebäude-Streckbriefen im Anhang dieses Berichtes.

4.2.1 Kastenfassade

Zwei der analysierten Gebäude sind als Kastenfassade ausgebildet: der VictoriaTurm in Mannheim und Braun in Kronberg (siehe Abbildung 16). Im Folgenden werden die Gebäudehüllen näher beschrieben.



VVM – Victoria Versicherung, Mannheim

Abbildung 16

Aufgrund der Nähe zum Hauptbahnhof Mannheim, wurde die Fassade aus Gründen des Schallschutzes als Doppelfassade in Form einer Kastenfassade ausgebildet (siehe Abbildung 17). Lediglich die voll verglasten Treppenhausepitzen der nördlichen und südlichen Gebäudeecke, sowie Sockel-, erste und oberste Etage, sind als einschalige Fassade ausgeführt. Das Verhältnis von Doppel- zu Einfachfassade beträgt ca. 60% zu 40%.

In Verbindung mit innen liegenden, zu öffnenden Fenstern ermöglicht die zweischalige Konstruktion eine optimale und natürliche Belüftung der Büroräume. Die Zufuhr der Außenluft erfolgt über die Öffnungen in den äußeren Fensterrahmen. Die Fortluft gelangt über Lamellen (siehe Abbildung 17) im oberen Bereich der äußeren Doppelfassade nach Außen.



Abbildung 17 Doppelfassade



Abbildung 18 festst. Luftleitbleche

Die Fassade muss tagsüber den erforderlichen Luftwechsel und nachts bei Bedarf eine effiziente Vorkühlung der Räume ermöglichen. Ihre effektiven freien Lüftungsquerschnitte wurden zunächst in Anlehnung an die Arbeitsstättenrichtlinien für freie Lüftung dimensioniert. Eine Simulation bestätigte die Annahme, dass diese zunächst theoretisch ermittelten effektiven freien Lüftungsquerschnitte realisierbar sein würden, und dass sie einen guten thermischen Komfort und eine ausreichende Luftzufuhr ermöglichen. An einem Fassadenprototyp wurden die freien Querschnitte von Zu- und Abluftöffnungen großzügig dimensioniert, um auch bei einem unerwartet hohen Strömungswiderstand den erforderlichen Luftwechsel sicherzustellen, ohne dass viele rekursive Weiterentwicklungsschritte nötig waren. Wind- und Strömungssimulation der Uni Karlsruhe am Fassadenprototyp zeigten, dass die Fassade deutlich strömungsgünstiger ist als vermutet. Die Schallschutzeigenschaften der Fassade wurden gesteigert, indem die Dicke der Bedämpfung der Zu- und Abluftkanäle erhöht werden konnte. Insbesondere bei tiefen Frequenzen konnte eine Verbesserung des Schalldämmmaßes erreicht werden [64].

Sämtliche Büroräume auf der Nordost- und Südwestseite des Turmes haben eine vorspringende Doppelfassade (siehe Abbildung 19). Witterungsunabhängig wird eine natürliche Lüftung der Büros ermöglicht, eine ständige mechanische Belüftung kann vermieden werden. Die feststehenden Luftleitbleche (siehe Abbildung 20) in der Sekundärfassade sorgen für eine maximale Belüftung des Fassadenzwischenraums und unterstützen die horizontale Gliederung der Fassade.

Der Abstand zwischen Primär- und Sekundärfassade variiert zwischen 20 und 25cm. Typologisch als Kastenfassade konstruiert, ist der Fassadenzwischenraum jeweils pro Geschoss in horizontale und vertikale Richtung geschottet. Hier werden die Lasten aus der Fassade abgeleitet.

Eine individuelle Lüftung der Büroräume ist über Öffnungsflügel in der inneren Fassade möglich. Der Sonnenschutz befindet sich mit einem Abstand von ca. 20cm zur Primärfassade im Zwischenraum.



Abbildung 19 Sockelebene und Gebäudespitze



Abbildung 20 Fassadenzwischenraum

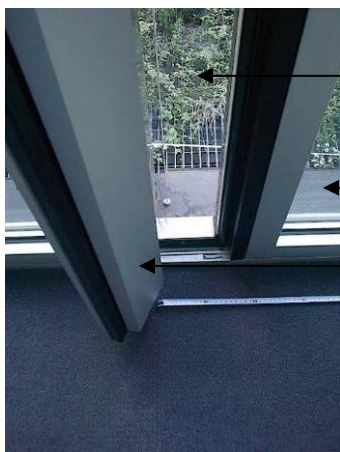


BRA – Braun GmbH, Kronberg

Abbildung 21

Der kompakte Baukörper ist mit Ausnahme des an das Atrium grenzenden Eingangsbereiches von einer Doppelfassade umschlossen (siehe Abbildung 21). Die Fassade ist in geschosshohe Kastelemente mit einer Feldbreite von 1,45m aufgeteilt.

Die verglasten Flächen der Primärfassade sind feststehend. Durch eine schmale vertikale Lüftungsklappe je Feld besteht eine manuelle Öffnungsmöglichkeit zum Fassadenzwischenraum. Die Sekundärfassade besteht aus einer feldweisen Einfachverglasung, die als Drehflügel motorisch nach außen geöffnet werden kann („gespreiztes Gefieder“). Bei geschlossenem Drehflügel ist der Fassadenzwischenraum nach außen luftdicht abgeschlossen.



Sekundärfassade mit motorischem Stellantrieb
 Primärverglasung
 vertikale Lüftungsklappe (manuell)
 Sonnenschutz-Jalousien



Abbildung 22 Details der Doppelfassade (IGS)

Im Fassadenzwischenraum sind silberne, perforierte Sonnenschutz-Jalousien angeordnet, die auch die Funktion eines Blendschutzes übernehmen sollen. Die Gebäudehülle zum nicht beheizten Atrium ist als einfache Fassade wie die Primärebene der Doppelfassade ausgeführt. Die Verglasungen sind unabhängig von den unterschiedlichen Himmelsrichtungen einheitlich Sonnenschutzverglasungen. Auf der Südseite ist zusätzlich ein Sonnenschutz raumseitig montiert (siehe Abbildung 22).

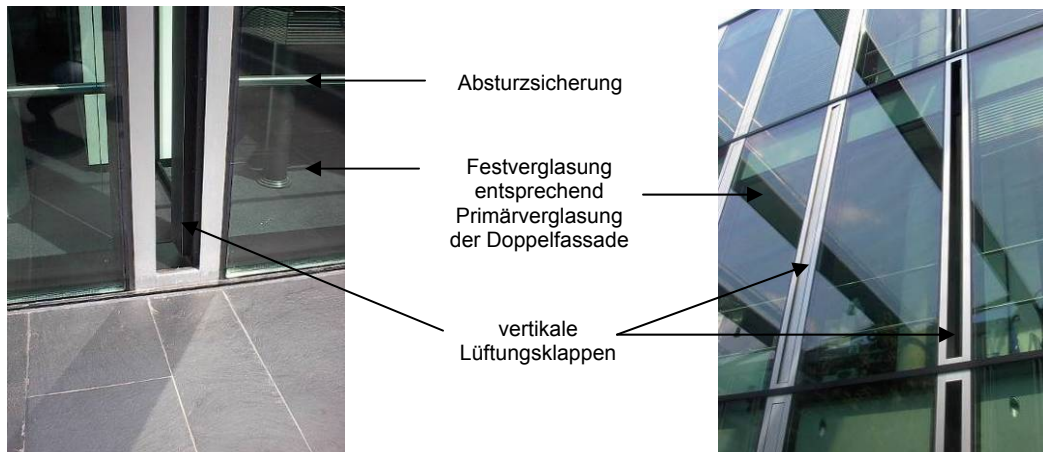


Abbildung 23 Details der Fassade zum Atrium (IGS)

Das Atrium ist durch ein Dach aus transparenten Membrankissen mit einem Achsmaß von ca. 4,2m geschlossen. Diese können motorisch aufgestellt werden (siehe Abbildung 24).

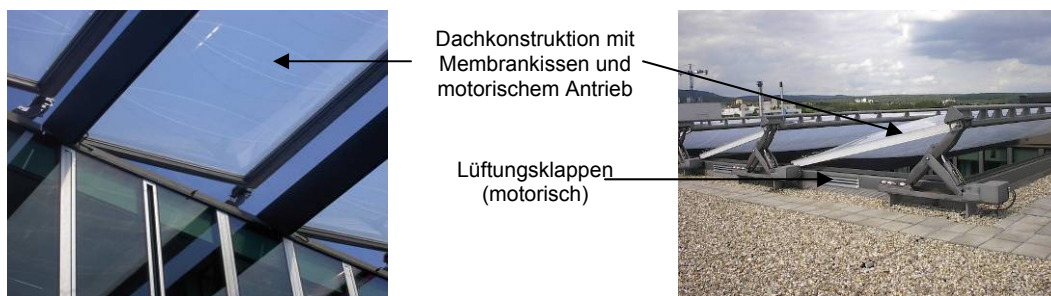


Abbildung 24 Details des Membrandachs (IGS)

4.2.2 Vorhangdoppel- oder Mehrgeschossfassaden

Sechs der analysierten Gebäude sind mit einer Mehrgeschossfassade ausgestattet. Darunter befinden sich: DRH, GSW, POT, BAY, BIH und LSV (siehe Abbildung 25).



DRH – Deutscher Ring, Hamburg

Abbildung 25

Nach Norden, Osten und Westen erscheint die gedämmte Stahlbetonkonstruktion des Gebäudes des Deutschen Ringes in Hamburg als Lochfassade, die mit einer hinterlüfteten Vorhangfassade aus roten Natursteinplatten verkleidet ist. Der Verglasungsanteil beträgt an diesen Fassaden ca. 30% (siehe Abbildung 26).



Abbildung 26
Nordansicht Fassade Neuer Steinweg
(Fotos Publikation Deutscher Ring)



Ecksituation Neanderstr.



Westansicht Spitze

Auf der Südseite ist das Gebäude über vier Bürogewosse als Doppelfassade ausgeführt. Dabei ist die Primärfassade des Deutschen Ringes mit einer abgehängten Pfosten-Riegel-Konstruktion versehen, die als verbesserter Schallschutz gegen den Straßenlärm dient. Die Sekundärfassade hingegen besteht aus einem punktgehaltenen Vorhang aus Einscheibensicherheitsglas (ESG) und ist unten und oben zur Hinterlüftung geöffnet, während die Seiten der Fassade geschlossen sind. Die Gläser sind aus Sicherheitsgründen mit einer Folie verstärkt. Geschossweise führt ein Wartungsgang aus Gitterrosten zwischen Primär- und Sekundärfassade entlang. Die Fenster der Primärfassade sind wie im gesamten Gebäude nicht zu öffnen (siehe Abbildung 27).



Abbildung 27 Doppelfassade (IGS)



Primärfassade der Doppelfassade (IGS)

Ein außenliegender bzw. im Fassadenzwischenraum befindlicher Sonnenschutz ist für das Gebäude nicht vorgesehen - lediglich das Staffelgeschoss wird durch feststehende, auskragende Lamellen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt. Der Blendschutz am Arbeitsplatz wird durch ein innenliegendes Rollo von geringer Transparenz sichergestellt (siehe Abbildung 28).



Abbildung 28 Ansicht Doppelfassade (v. Bassewitz, Patschan, Hupertz, Limbrock)



GSW – Gemeinnützige Siedlungs- und Wohnungsbaugesellschaft mbH, Berlin

Abbildung 29

Bei dem GSW-Hochhaus sind in Abhängigkeit von der Orientierung drei Fassadentypen zu unterscheiden: die Fassaden im Norden und Süden sind als einschalige Pfosten-Riegel-Konstruktion ausgeführt und haben einen Verglasungsanteil von ca. 70% (siehe Abbildung 29).

Die Fassaden im Osten und Westen sind hingegen als zwei unterschiedliche Doppelfassadentypen konzipiert (siehe Abbildung 30). Die Ostfassade ist als Kastenfassade ausgeführt. Dabei besteht ein Feld aus jeweils einem ca. 30 cm tiefen Kastenfenster, einem opaken Brüstungs- und einem Lüftungselement.

Die Westfassade der GSW wird durch eine gebäudehohe Mehrgeschossfassade gebildet. Lüftungsklappen am unteren und oberen Ende ermöglichen eine komplette Hinterlüftung des insgesamt 71 m hohen Fassadenzwischenraums. Durch Öffnung der Büروفenster können die Geschosse entlüftet werden. Die 1,15 m tiefe Doppelfassade ist geschossweise über Gitterroste begehbar. Die Lasten der äußeren Pfosten-Riegelkonstruktion werden über Stahlkonsolen an jeder Geschossdecke abgefangen und in die Gebäudestruktur geleitet. Im Fassadenzwischenraum sind geschosshohe, farbige Vertikallamellen aus gelochtem Blech zur Verschattung der Büroräume installiert.



Abbildung 30 Ansicht Ostfassade

Ansicht Westfassade

Für die hier betrachtete Doppelfassade der Westseite wurde im Wärmeschutz-nachweis die Primärfassade als Abschluss der thermischen Hülle betrachtet. Die sekundäre Glasfassade findet keine Berücksichtigung.

Die folgenden Abbildungen zeigen einen Fassadenschnitt durch die Westfassade mit den Vertikallamellen und den Blick in den Fassadenzwischenraum. Die Vertikallamellen sind in einem Punkt an einer Schiene von oben abgehängt (siehe Abbildung 31 und Abbildung 32).

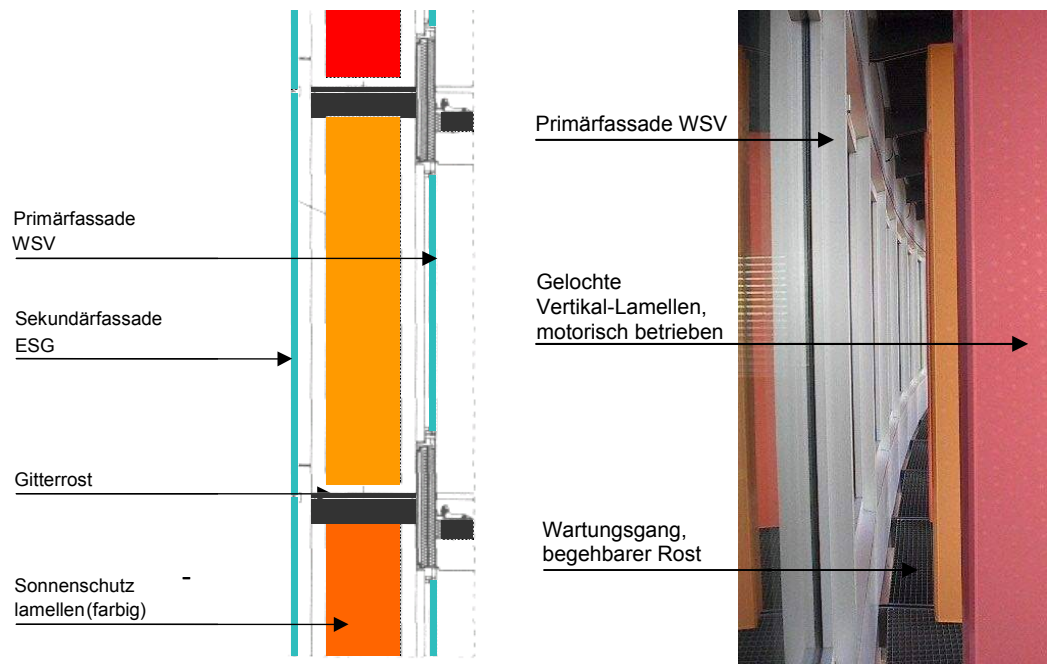


Abbildung 31 Fassadendetail Westfassade

Blick in den Fassadenzwischenraum

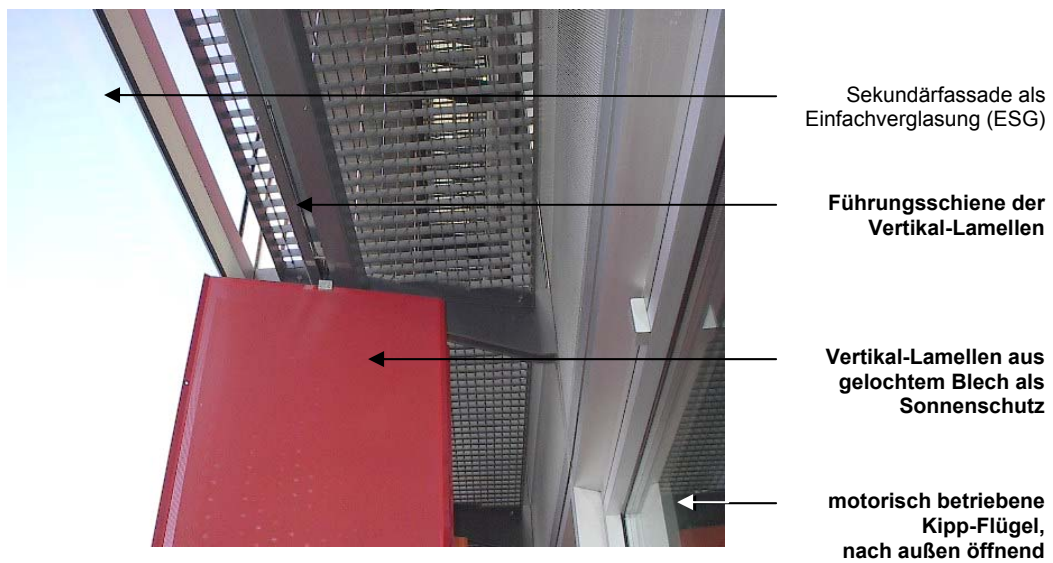


Abbildung 32 Sonnenschutz und Aufhängung (Westfassade)



POT – Hauptverwaltung Deutsche Post AG, Bonn

Abbildung 33

Als Bestandteil des Komfort- und Energiekonzepts hat der Post Tower eine zweischalige Glasfassade. Diese dient zur Aufnahme des Sonnenschutzes und ermöglicht eine vollständig natürliche Belüftung der einzelnen Büroräume auch in großer Höhe (siehe Abbildung 33). Das Gebäude wird ganzjährig über den Luftraum der Doppelfassade belüftet. Geschosshohe Verglasungen optimieren die Tageslichtnutzung. In den hochtransparenten Bereichen der Skygärten bildet eine einschalige Konstruktion den Raumabschluss.

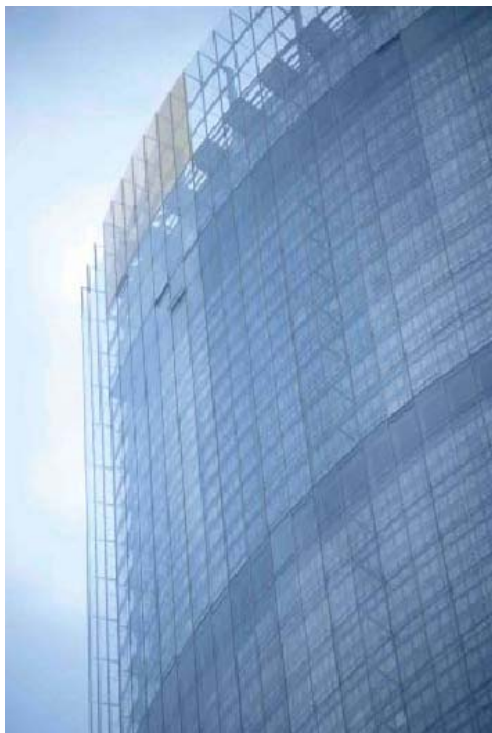


Abbildung 34 Ansicht Doppelfassade Nordseite

Südseite (Birkhäuser)

Neben größtmöglicher Transparenz und Leichtigkeit war ein möglichst natürlich induzierter Luftwechsel ausschlaggebend für die Gestaltung des Gebäudes. Die Doppelfassaden der Ellipsenhälften sind in ihrer Ausprägung unterschiedlich.

Die geschindelte Südfassade besteht aus 2 x 8 bzw. 10 mm Verbundsicherheitsglas (VSG), 8° aus der Vertikalen gedreht. Der maximale Abstand zur Primärfassade beträgt 1,80m. Schwenkbare Vertikallamellen, die den Überhang der Schuppen schließen, ermöglichen den Lufteintritt in die Doppelfassade (siehe Abbildung 34). Eine individuelle Lüftung der Büroräume kann über Öffnungsflügel in der inneren Fassade stattfinden. Der Sonnenschutz befindet sich mit einem Abstand von ca. 75cm zur Primärfassade im Zwischenraum.



Abbildung 35 Südfassade (ait)



schwenkbare Lüftungsklappen (Birkhäuser)

Auf der glatten Nordseite des Turms hat die Doppelfassade vertikal angeordnete Lüftungsklappen, die entsprechend den Lüftungsnotwendigkeiten zentral gruppenweise geöffnet werden können (siehe Abbildung 35). Das natürliche Lüftungsprinzip funktioniert wie auf der Südseite. Primär- und Sekundärfassade haben einen Abstand von etwa 1,10 m.



Abbildung 36 Nordfassade (ait)



Fassadenzwischenraum (IGS)

Die typische Büroetage wird über den Luftraum der zweischaligen Fassade mit frischer Zuluft versorgt, die innenliegenden Skygärten dienen als Abluftsammler. Der Fassadenzwischenraum ist, wie die Skygärten, alle neun Geschosse horizontal unterteilt. Auch die Lasten der Fassade werden über Zugstäbe je neun Geschosse tief abgehängt und über Kragarme in die Konstruktion eingeleitet.

Im (Regel-)Fall geschlossener Fenster gelangt die Zuluft über dezentrale Lüftungsgeräte in die Büros. Soweit notwendig kann hier nachgeheizt oder gekühlt werden. Als Vorteil der Gebäudeform (zwei zueinander verschobene Ellipsen) soll die Abminderung von Druckspitzen im Zwischenraum der Doppelfassade durch Querströmung unterstützt werden. Dieses wurde während der Planung durch Messungen im Windkanal und in Simulationen nachgestellt.

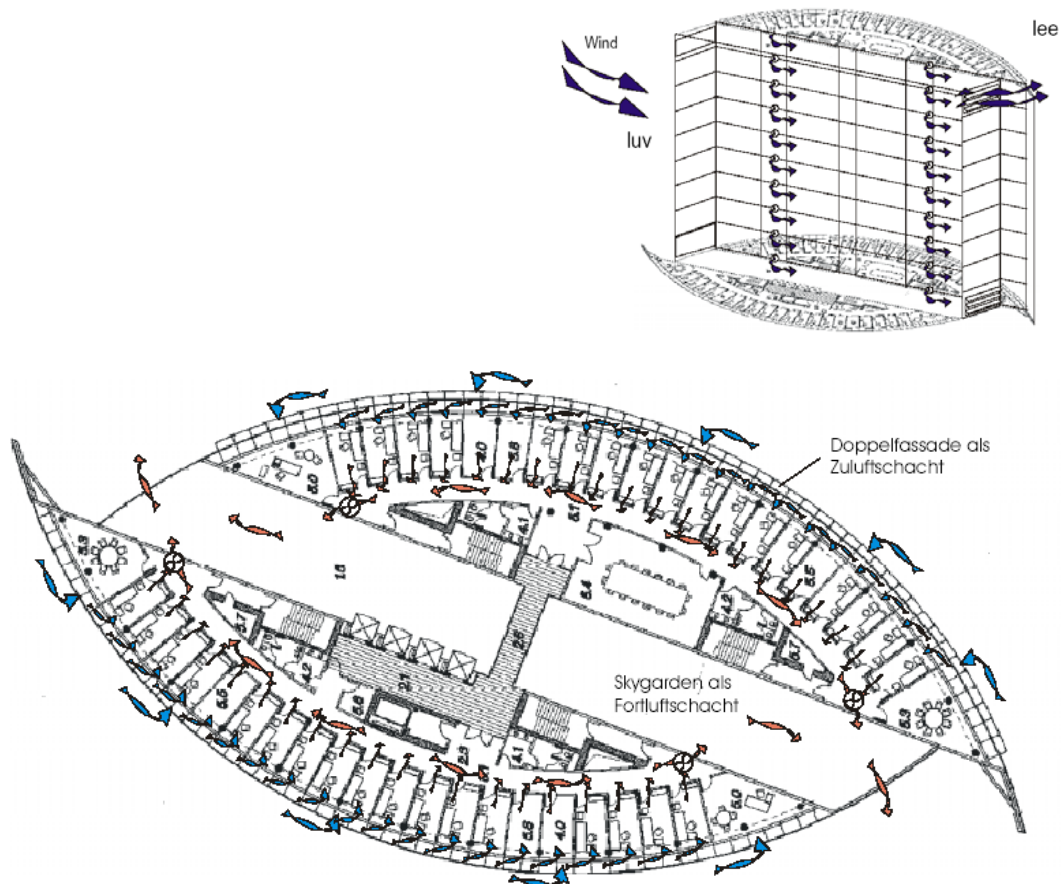


Abbildung 37 Lüftungskonzept für die Regelgeschosse des Post Towers [Transsolar]



BAY – Konzernzentrale Bayer AG, Leverkusen

Abbildung 38

Als Bestandteil des Komfort- und Energiekonzepts hat die Konzernzentrale der Bayer AG eine zweischalige Hülle, komplett aus Glas (siehe Abbildung 38). Die Doppelfassade ermöglicht die natürliche Belüftung. Lediglich die großzügige Eingangshalle ist einschalig konstruiert. Die Stirnseiten des Gebäudes erhalten durch ein Gewebe aus Edelstahl je nach Perspektive einen semitransparenten bis geschlossenen Charakter. Die Transparenz von innen nach außen bleibt bewahrt. Anpassungsfähig und regulierbar soll das Fassadenkonzept natürliche Belüftung und Belichtung maximalen Komfort bei einem Minimum an Technik erreichen. Eine geschosshohe Verglasung der Primärfassade optimiert den Tageslichteinfall (siehe Abbildung 39).

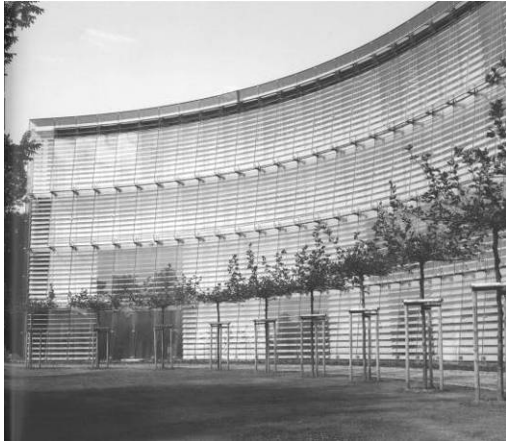


Abbildung 39 Ansicht Doppelfassade Südseite Nordseite (H. Jahn)

Wie beim Posttower waren größtmögliche Transparenz und Leichtigkeit ein gestalterisches Ziel für das Gebäude. Zu diesem Zweck wird die äußere Hülle der zweischaligen Glasfassade über Kragarme und Zugstäbe vom Dach abgehängt. Die Doppelfassaden von Nord- und Südseite sind in ihrer Ausprägung unterschiedlich, erfüllen aber die gleiche Funktion. Durch den Luftraum der zweischaligen Fassade werden die Büro- und Konferenzräume über Unterflurkonvektoren mit frischer Zuluft versorgt, die innenliegenden Flure dienen als Abluftsammler. Das Temperaturniveau der Abluft wird zur Klimaregulierung der Eingangshalle genutzt.

Die im Wesentlichen nach Süden ausgerichtete Fassade besteht aus 2 x 8 mm Verbundsicherheitsglas (VSG), je Geschoss um ca. 8° aus der Vertikalen gedreht. Der durchschnittliche Abstand von Primär- und Sekundärfassade beträgt etwa 1,80 m. Im äußeren Drittel des Zwischenraums befinden sich Sonnenschutzlamellen, die GLT- gesteuert vor erhöhter Solareinstrahlung schützen. Horizontal angeordnete Öffnungen, die im Überhang der geschuppten Fassade geöffnet und geschlossen werden können, ermöglichen den Lufteintritt in den Zwischenraum (siehe Abbildung 40). Eine individuelle natürliche Lüftung der Büroräume findet über Öffnungsflügel in der inneren Fassade statt.

Die Lüftungsöffnungen der nicht geschuppten Nordseite befinden sich in analoger Einbausituation, sind allerdings in die Fassadenebenen integriert. Sie können entsprechend der Lüftungsnotwendigkeiten um den oberen Anschlag gedreht werden (siehe Abbildung 41). Das natürliche Lüftungsprinzip funktioniert wie auf der Südseite. Primär- und Sekundärfassade haben mit 1,70 m einen etwas geringeren Abstand.



Abbildung 40 schräg gestellte Südfassade geschossweise klappbare Lüftungselemente (Birkhäuser)



Abbildung 41 Nordfassade (90°, vertikal) geschossweise schwenkbare Lüftungskappen (Birkhäuser)

Im Falle geschlossener Fassadenklappen gelangt die Außenluft über Lüftungsgitter im Sockelbereich in den Zwischenraum. Die Zuluftöffnungen der mechanischen Lüftung befinden sich auf der Höhe der Geschossdecken, von hier strömt die Luft im Quellluftprinzip in das Gebäude. Falls notwendig kann über dezentrale Lüftungsgeräte nachgeheizt oder gekühlt werden.

Die Reinigung der Fassade erfolgt von außen mittels Hubsteiger, im Fassadenzwischenraum kann der viergeschossige Zwischenraum mit zwei ausschließlich diesem Zweck dienenden, gebäudeeigenen Hebebühnen gereinigt werden.



BIH – Bürogebäude, Hannover

Abbildung 42

Die Gebäudehülle der Bürogebäudes in Hannover besteht aus einer Stahlbeton-Konstruktion mit einer Pfosten-Riegel-Fassade (siehe Abbildung 42). Diese ist an den Nord- und Westseiten der Blockrandbebauung und an den nach Süden ausgerichteten Fronten des Hochhauses als Doppelfassade ausgebildet. Dies ermöglicht den Büros der Blockrandbebauung an der stark befahrenen Straße eine schallgeschützte Fensterlüftung über den Fassadenzwischenraum mit zugeführter Luft aus dem Innenhof. Im Hochhaus ist im Fassadenzwischenraum der Sonnenschutz windgeschützt untergebracht (siehe Abbildung 43).



Abbildung 43 Doppelfassade Blockrandbebauung und Hochhaus (Foto IGS)

Die südorientierten Büros besitzen außenliegende Lamellen-Behänge mit Tageslichtoption: Die obersten Lamellen sind versetzt zum restlichen Behang eingestellt, um den Tageslichteintrag zu erhöhen. In allen Büros sind innenliegende Screens als Blendschutz vorgesehen (siehe Abbildung 44).

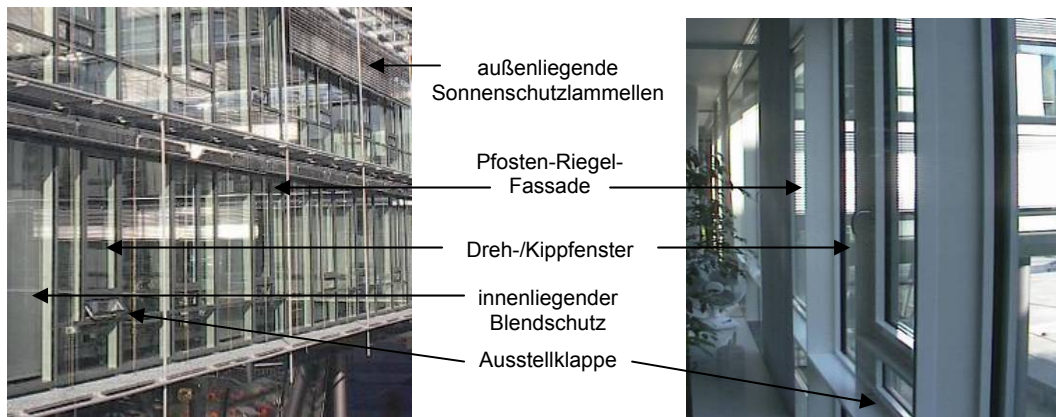


Abbildung 44 Details der Fassade zum Innenhof (IGS)

Bei den verschiedenen Fassadentypen sind unterschiedliche Öffnungsflügel realisiert worden (siehe Abbildung 45 und Abbildung 46).

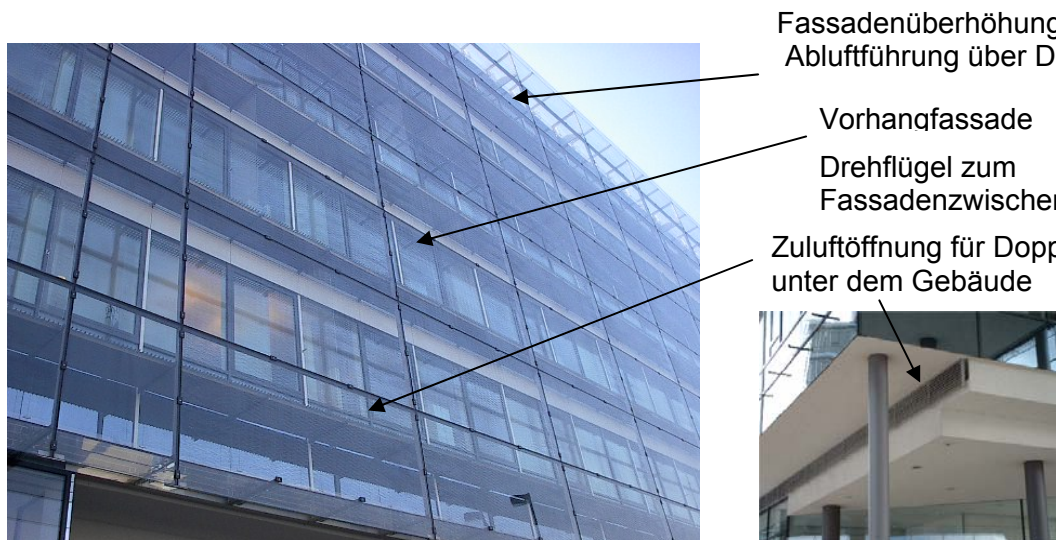


Abbildung 45 Doppelfassade auf der Nordseite und Zuluftkanal auf der Hofseite

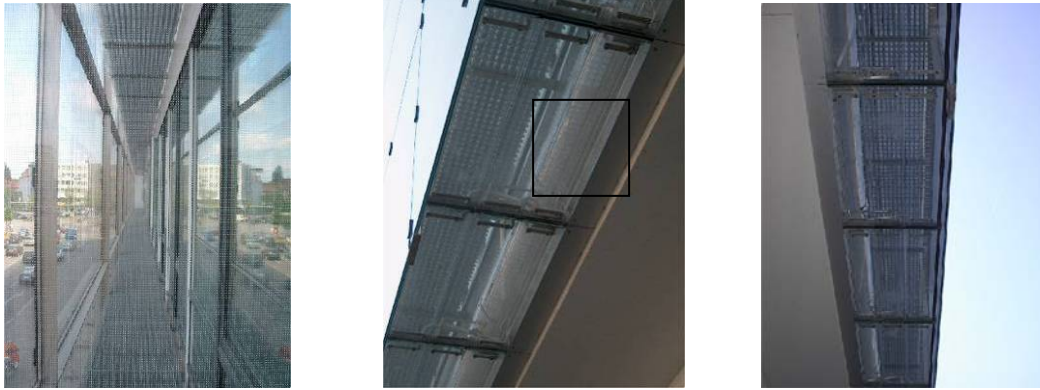


Abbildung 46 Details der Doppelfassade – links: Schallschutzelement aus gelochtem Plexiglas; Mitte; Leitschwert zur Zuluftführung aus dem Hofbereich über Lüftungskanal unter dem Gebäude in die Doppelfassade; rechts: unterer Abschluss mit Lüftungsklappen (i.d. Regel geschlossen)

Die Zuluftführung in die Doppelfassade erfolgt über einen Kanal unter der Decke des 1. Obergeschosses aus dem Hofbereich des Gebäudes. Die Luft wird dabei auf der Hofseite eingeleitet und fließt unter dem Gebäude hindurch. Sie strömt über ein Leitschwert aus Kunststoff in die Doppelfassade ein. Die angeschlossenen Büros können somit schallgeschützt zum Fassadenzwischenraum geöffnet und gelüftet werden. Den Antrieb für die Luftströmung erzeugt neben dem natürlichen Auftrieb in der Fassade die Abluftanlage, an die alle Büros angeschlossen sind.



**LSV – Landwirtschaftliche Sozialversicherung
Baden-Württemberg, Stuttgart**

Abbildung 47

Das gesamte Gebäude ist mit drei unterschiedlichen Ausführungsvarianten einer Doppelfassade saniert worden.

Neben der ca. 60 cm tiefen Doppelfassade (Typ: Vorhangfassade) auf der Nord, Ost, und Westseite in den Regelgeschossen bis zum 10. OG wurde die Fassade im Süden als erweiterter Zwischenraum wie ein Wintergarten vorgestellt (entspr. Korridorfassade) und mit dem notwendig gewordenen zweiten Treppenhaus kombiniert (siehe Abbildung 48). In den beiden oberen Stockwerken bietet die massive Ausführung der horizontalen Fassadenabtrennung für den Konferenzbereich Raum zum kurzzeitigen Aufenthalt zwischen den Schichten der Doppelfassade (Typ: Korridorfassade). Die Zweischaligkeit wurde aus Gründen des Schallschutzes vorgeschlagen und realisiert. Zugleich bietet sie der Primärfassade einen Witterungsschutz, so dass diese weniger aufwändig und in Holz ausgeführt werden konnte. Mit der Ausführung in Holz wurde bewusst ein natürliches Material gewählt, dass dem Zweck der land- und forstwirtschaftlichen Funktion des Versicherungsträgers entspricht.

Die Verglasungsanteile sind je nach Orientierung unterschiedlich: Bedingt durch die Nutzung des Fassadenzwischenraumes liegt er im Süden bei 95 % (nur Sekundärfassade), in den übrigen Seiten der Regelgeschosse bei ca. 58 % und für die oberen Geschossen bei ca. 82 % für beide Schichten. Dies erklärt sich aus der holzverkleideten Brüstung die in den unteren Stockwerken in der Primärfassade noch aus dem Bestand erhalten ist.



Abbildung 48 Ansicht von außen: Fassadenthemen (Dofa; Fassade auf Treppenhauseite)

Die äußere Schicht der Fassade besteht aus punkt- und liniengehaltenen ESG-Scheiben, die über Kragarme an der Bestandsdecke befestigt sind. Achsversetzte Zu- und Abluftöffnungen ermöglichen einen Luftstrom im Fassadenzwischenraum und eine natürliche Belüftung der Büros. Die horizontale Abschottung erfolgt mit bedruckten VSG-Scheiben, bzw. im 11. und 12. OG durch eine massive Decke. Die Sanierung der Primärfassade konnte aufgrund des Witterungsschutzes mit Holzfenstern und einer Brüstung aus einem Holzwerkstoff ausgeführt werden.

Eine Besonderheit bietet die Doppelfassade nach Süden; hier befinden sich die Erschließungsspanne und das neue Treppenhaus innerhalb der Glasebenen. Die Sekundärfassade besteht in diesem Bereich aus einer Pfosten-Riegel Konstruktion mit verzinkten Stahlprofilen. Große, geschosshohe Schiebeelemente erlauben hier eine temperaturregulierende Öffnung der Fassade bis zu einem Öffnungsanteil von 75 % (s. Abbildung 48).

Abbildung 49 zeigt den Fassadenschnitt durch die Vorhangdoppelfassade in den Regelgeschossen mit integriertem Sonnenschutz und die achsweise versetzten Zuluft- und Abluftöffnungen, die mit Drahtseilen zum Vogelschutz gesichert sind.



Abbildung 49 Fassadenschnitt Bürogeschoss mit der Erschließung

Die Abbildung 50 sind die Hauptkomponenten der Korridorfassade im 11. und 12. Geschoss dargestellt.

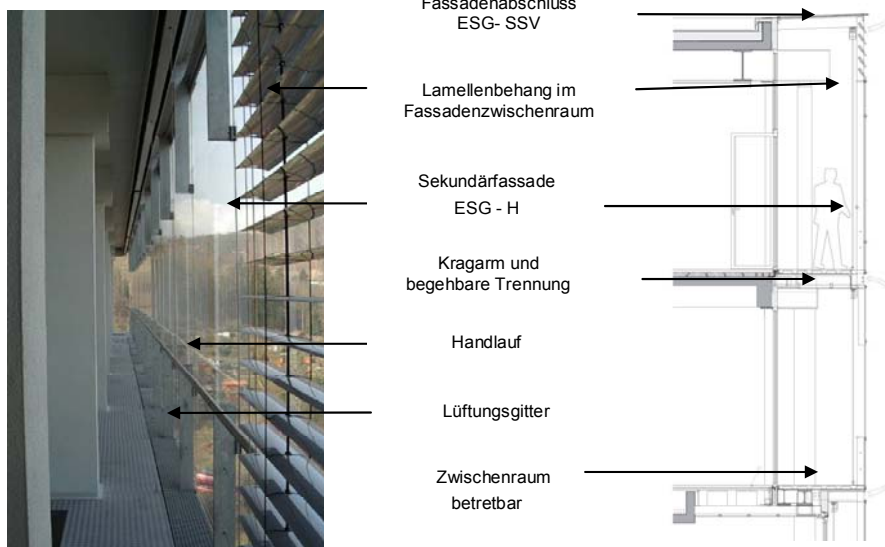


Abbildung 50 Fassade im 11. und 12. Geschoss

4.2.3 Korridorfassaden

Drei der analysierten Gebäude sind mit einer Korridorfassade ausgestattet. Hierzu zählen: DMH, RIC und PWC (siehe Abbildung 51).



DMH – Hauptverwaltung Deutsche Messe, Hannover

Abbildung 51

Für die Gebäudehülle wurden im Wesentlichen zwei unterschiedliche Fassadenkonstruktionen eingesetzt: die Doppelfassade im Verwaltungsteil, sowie eine Vorhangfassade aus segmentierten Ziegelementen an den Erschließungstürmen (siehe Abbildung 52). An den Türmen dienen schmale vertikale Fensterbänder zur Belichtung der Treppenhäuser mit Tageslicht. Die Verglasungsqualität der Fenster unterschiedlicher Himmelsrichtungen sowie der beiden Fassadenebenen ist einheitlich gewählt. Während die Sekundärfassade großflächig verglast wurde, nimmt in der Primärfassade ein kleiner Brüstungsbe- reich den Zuluftkanal und die zugehörigen Installationen auf. Der Verglasungsan- teil liegt hier bei ca. 60%. Im Wärmeschutznachweis wurde die Sekundärfassade als unbeheizter Glasvorbau berücksichtigt, die Transmissionsverluste der Primärfassade wurden entsprechend WSV0'95 um 50% reduziert.



Abbildung 52 Ansicht von außen: Fassadenthemen (Doppelfassade; vorg. Ziegelfassade)

Die zweite Haut ist als Pfosten-Riegel-Konstruktion ausgeführt, diese wurde an den auskragenden Etagendecken befestigt. Typologisch handelt es sich um eine Korridorfassade. Sie kann nach außen mit Hahn-Lamellen geöffnet werden, um eine natürliche Durchlüftung des Fassadenzwischenraumes bzw. der Büros zu ermöglichen. Gleichzeitig bietet sie in gewissem Umfang Schutz vor auftretenden Winddrücken. Die Primärfassade ist im Abstand von 1,32 m hinter der Sekundärfassade als einfache Holzkonstruktion eingebaut. Die Büroräume werden generell mechanisch be- und entlüftet, optional können die Fenster zur Lüftung geöffnet werden, in diesem Fall wird das betreffende Zuluftventil automatisch geschlossen. Die Kernbereiche sind ausschließlich mechanisch gelüftet.

In der Doppelfassade ist auf der Außenseite ein Lamellenbehang zur Verschattung der Büroräume installiert. Ein raumseitiger Blendschutz soll die visuelle Behaglichkeit am Arbeitsplatz sicherstellen (siehe Abbildung 54).

Im Folgenden wird der Fassadenschnitt durch die Doppelfassade mit integriertem Sonnenschutz und raumseitigem Blendschutz gezeigt. Beachtenswert ist der integrierte Zuluftkanal im Brüstungsbereich der der Primärfassade (siehe Abbildung 53) .

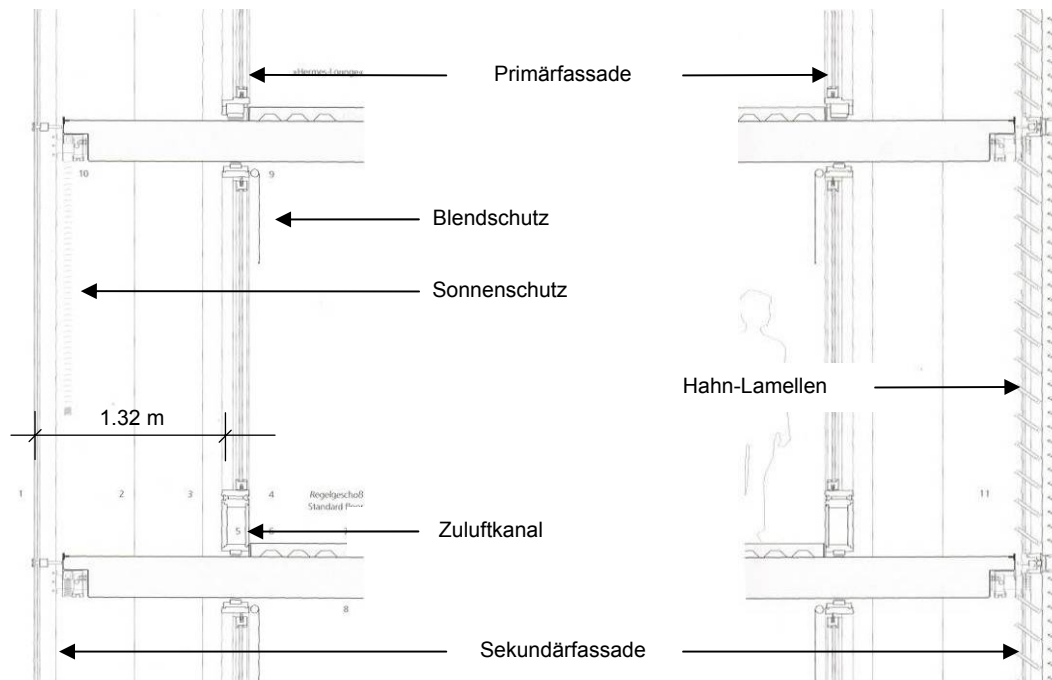


Abbildung 53 Fassadenschnitt (links Festverglasung/ rechts Lamellenfeld)

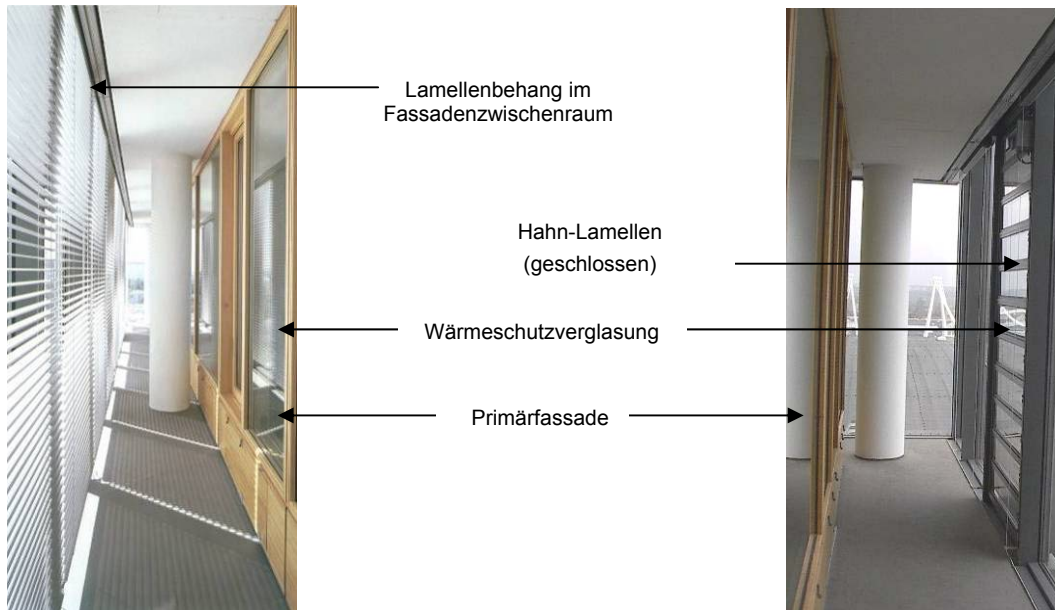


Abbildung 54 Blick in den Fassadenzwischenraum



RIC – Bürogebäude Neumühlen IV, Hamburg

Abbildung 55

Das Gebäude ist mit Ausnahme des Treppenhauses auf der Nordseite von einer Doppelfassade umschlossen (siehe Abbildung 55). Die ca. 50 cm tiefe Konstruktion wurde als Korridorfassade mit nur wenigen vertikalen Schotts ausgeführt. Sie besteht aus einer Aluminiumrahmenkonstruktion mit Schiebeflügeln auf der Innenseite in jedem zweiten Feld, einem aus rot/silber-eingefärbten Vertikal-Lamellen bestehenden Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum und einer außenliegenden Festverglasung.

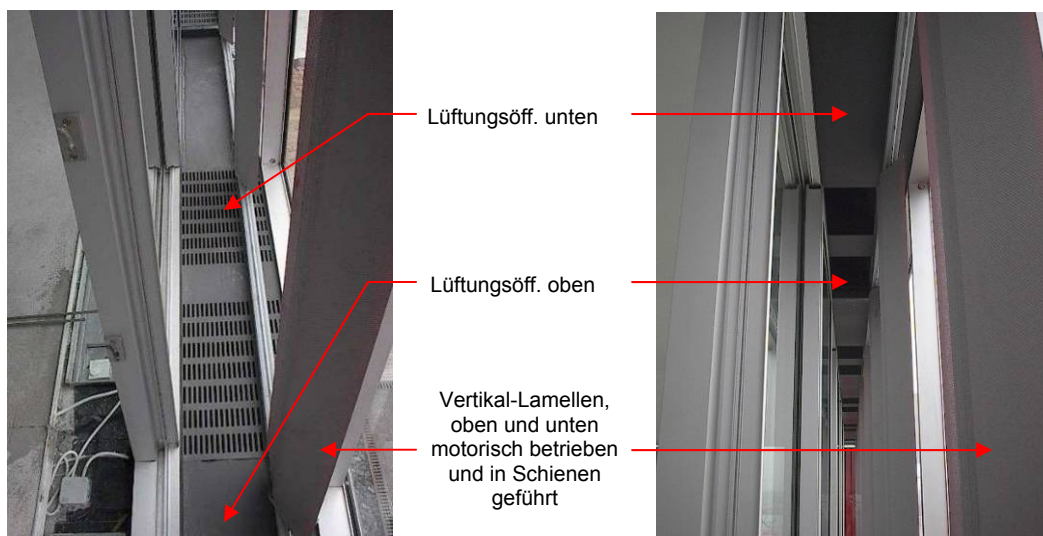


Abbildung 56 Fassadenzwischenraum: unterer und oberer Deckenanschluss

Außen befinden sich umlaufend vor den Geschosdecken Blechkanäle, in denen Lüftungsöffnungen zum Fassadenzwischenraum angeschlossen sind. Die Öffnungen sind im feldweisen Wechsel nach oben bzw. unten geöffnet (siehe Abbildung 56).

Abbildung 57 zeigt den Deckenanschluss der Fassade im Detail. Die Blechkanäle sind nach außen hin mit horizontalen Lamellen verkleidet. Direkt hinter ihnen liegt ein Lüftungsrohr, durch das Außenluft an die Luftbox mit Heiz-/Kühlregister geführt wird. Diese ist mit einem Auslass nach oben in den Bodenaufbau eingelassen.

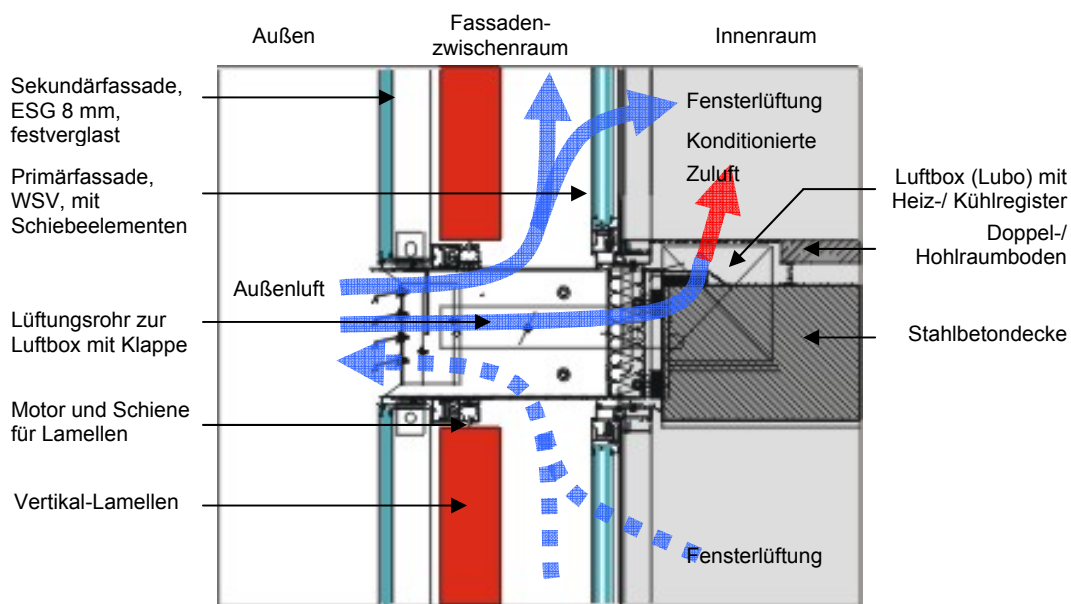


Abbildung 57 Detail: Deckenanschluss der Fassade mit den Lüftungsmöglichkeiten (Luftbox mit Heizfall)

Die vertikalen Lamellen sind als feldweise Pakete im Fassadenzwischenraum montiert und werden unten und oben motorisch in Schienen bewegt. Die Stellung der Elemente wird in verschiedenen Fassadenabschnitten über Strahlungsmesser geregelt (auf/ zu). Der Nutzer hat die Möglichkeit, die Regelung zu übersteuern und Zwischenstufen mit der Möglichkeit zur besseren Durchsicht einzustellen.



PWC – Price Waterhouse Cooper
Bürogebäude B1, Berlin

Abbildung 58

Als Bestandteil des Komfortkonzepts für die Büros im Hochhaus hat das PWC eine zweischalige Hülle (siehe Abbildung 58). Eine natürliche Be- und Entlüftung über die Fassade wird ermöglicht. Hochtransparente Lamellen aus Weißglas bilden die äußere Haut der Doppelfassade. Im Fassadenzwischenraum ist ein Sonnenschutz / Lamellenbehang installiert. Der südliche Teil des Turms sowie die angrenzenden Riegel haben eine einschalige Fassade, die mit sandfarbenen Tonziegeln verkleidet sind.

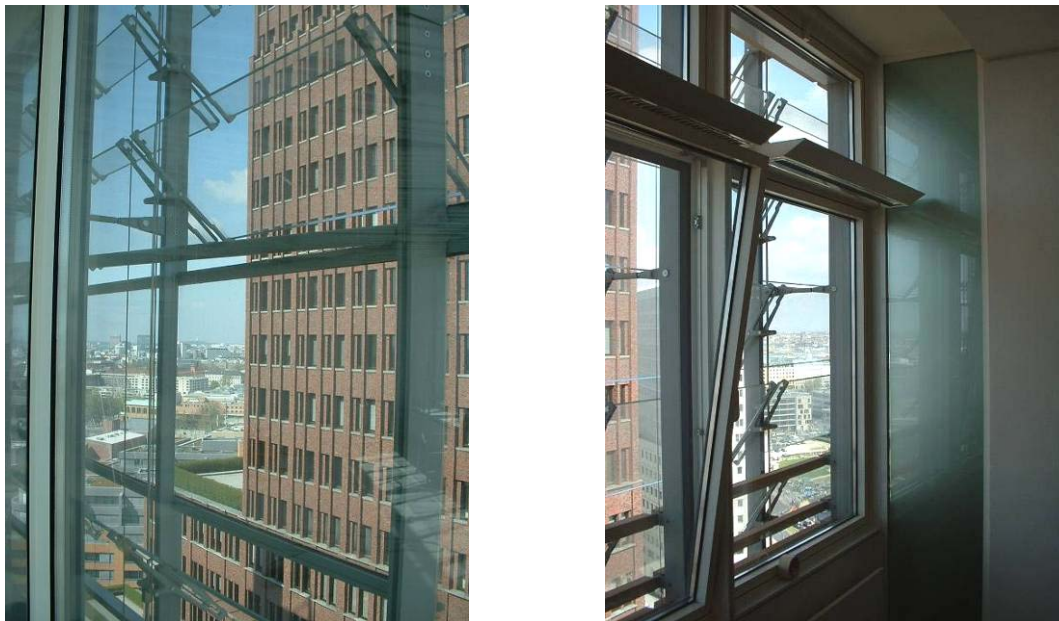


Abbildung 59 Blick in die Doppelfassade, Ostfassade eines Büros (IGS)

Der Büroturm hat auf seiner Ost- und Westseite eine Doppelfassade. Witterungsunabhängig wird eine natürliche Lüftung der Büros ermöglicht, eine ständige mechanische Belüftung kann vermieden werden (siehe Abbildung 59). Drehbare Glaslamellen sorgen für eine maximale Belüftung des Fassadenzwischenraums und unterstützen die horizontale Gliederung der Fassade.

Der sich aus der Grundrissform ergebende spitz zulaufende Büroraum nach Süden hat eine glättflächige äußere Haut. Die Hinterlüftung erfolgt über Fugen in der Glashülle.

Der Abstand von Primär- und Sekundärfassade variiert zwischen 65 bis 80cm. Typologisch als Korridorfassade konstruiert ist der Fassadenzwischenraum jeweils pro Geschoss geschottet. Hier werden die Lasten aus der Fassade abgeleitet.

Die drehbaren Lamellen der äußeren Fassaden bestehen aus 2 x 6mm Verbundsicherheitsglas (VSG). Die Stellungen von 3 bis 88° zur senkrechten ermöglichen eine maximale Durchlüftung des Fassadenzwischenraums (siehe Abbildung 60). Die feststehenden Elemente sind mit Einscheibensicherheitsglas von 10mm Stärke verglast.

Eine individuelle Lüftung der Büroräume ist über Öffnungsflügel in der inneren Fassade möglich. Der Sonnenschutz befindet sich mit einem Abstand von ca. 20cm zur Primärfassade im Zwischenraum.

Im Falle geschlossener Fenster werden die Büros über die mechanische Lüftung mit Frischluft versorgt. Die Luft wird zentral konditioniert (nachgeheizt oder gekühlt).



Abbildung 60 Links: Ost- und Westfassade mit geschlossenen Lamellen (AM Burkhardt), Rechts: Ostfassade mit geöffneten Lamellen (Worthmann)



Abbildung 61 Links: Fassadenzwischenraum (IGS) Rechts: drehbare Glaslamellen (IGS)

4.2.4 Haus-in-Hausfassaden/Atrien

Im Projekt entspricht ein Gebäude der Haus in Haus-Typologie und wird im Folgenden näher beschrieben.



DXH – Doppel XX, Hamburg

Abbildung 62

Das Gebäude ist nach dem Haus im Haus Prinzip entwickelt. Die innere Fassade (Primärfassade) grenzt mit den Schnittflächen der diagonalen Baukörper an die äußere Glashülle oder weitet sich zu den Wintergärten auf (siehe Abbildung 62). Die äußere Hülle (Sekundärfassade) ist eine komplett transparente Haut, die aus 12 mm Einscheibensicherheitsglas (ESG) gebildet wird. Die Scheiben mit einem Format von 4,42 x 1,73 m werden punktförmig gehalten und bilden eine Oberfläche von ca. 9072 m² (siehe Abbildung 63). Im Bereich der Wintergärten wird die Sekundärfassade über eine Höhe von 42 m von einem Dreigurt Fachwerkträger abgehängt. Dort, wo die Bürohäuser an die Außenhaut stoßen (Ecktürme), werden die Kräfte über die Geschossdecken abgeleitet.

Die Primärfassade wurde als herkömmliche Pfosten-Riegel-Konstruktion an den Geschossdecken befestigt. Hier kommen Wärmeschutzgläser mit einem U-Wert von 1,4 W/m²K zum Einsatz.

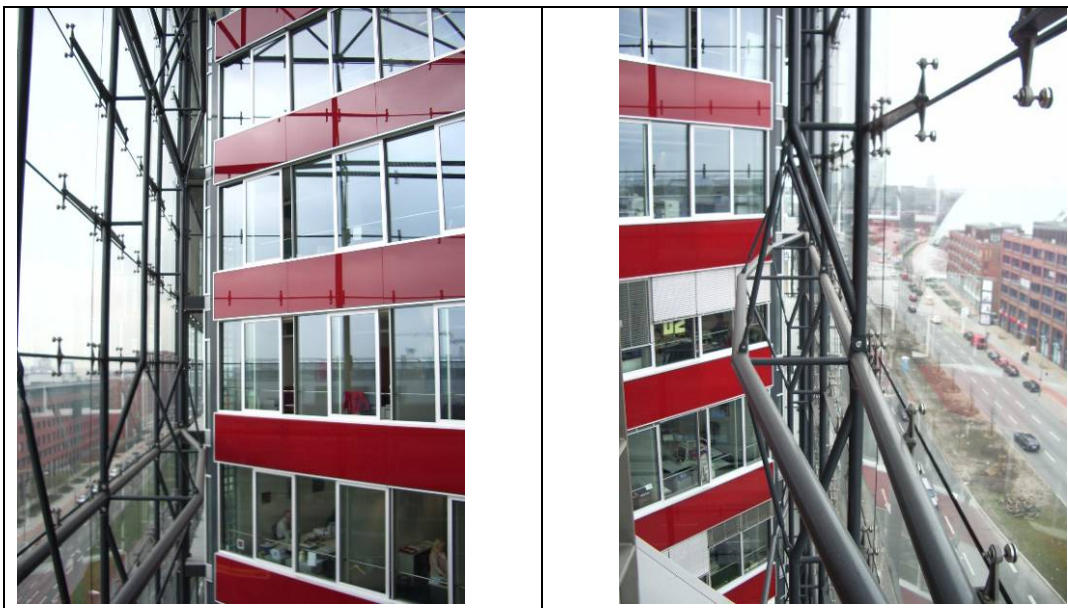


Abbildung 63 Blick entlang der Fassade in die Wintergärten

Die mehrgeschossige Doppelfassade verfügt im Eckbereich über statische Hahnlamellen von 12 cm in Höhe der Geschoßdecken um eine natürlich Durchlüftung zu ermöglichen. Im oberen Abschluss der Fassade befinden sich offenbare Abluftöffnungen (siehe Abbildung 65) In den Zwischenbereichen belüften regelbare Lamellen in Höhe des 2. OG die Atrien, die über großzügige dreieckige Schiebedächer entlüftet werden. Zwar werden die Büroräume mechanisch be- und entlüftet, optional können Schiebefenster zur Lüftung manuell geöffnet werden. Lediglich die Kernbereiche sind ausschließlich mechanisch gelüftet. Im Sturzbereich der Primärfassade ist ein Lamellenraffstore zur Verschattung der Büroräume installiert, der im eingefahrenen Zustand komplett hinter den Panels verschwindet.

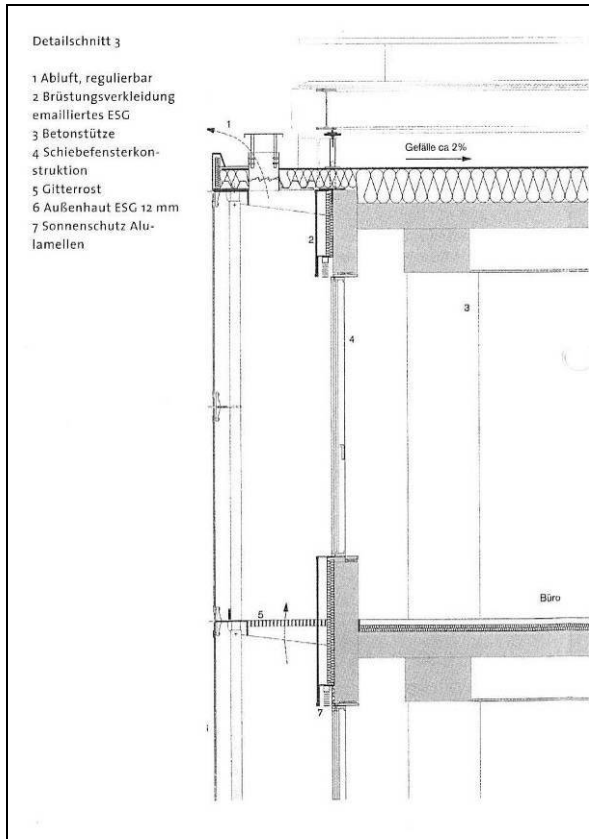


Abbildung 64 oberer Abschluß der Doppelfassade

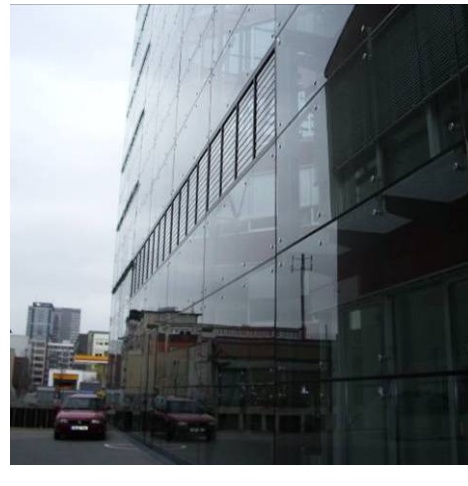


Abbildung 65 Lüftung der Atrien (Schiebelemente oben, Lamellen unten)

4.2.5 Kastenfenster

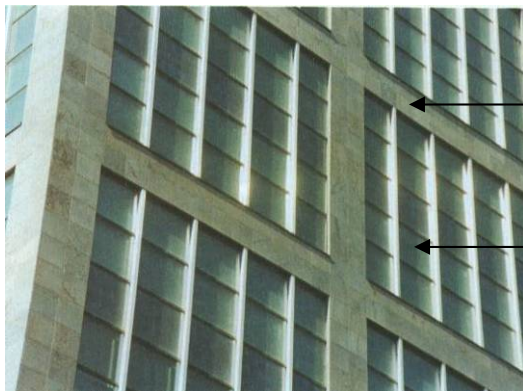
Die Doppelfassade des Allianz-Hochhauses (Treptower) in Berlin ist als Kastenfenster ausgeführt und wird im Folgenden näher beschrieben.



ALH – Treptower – Hochhaus, Berlin

Abbildung 66

Der Tower besitzt zwei unterschiedliche Fassadentypen. Das durch ein kräftiges Fassadenraster gegliederte untere Drittel (Geschosse 1-10) nimmt höhenmäßig die benachbarte Struktur auf (siehe Abbildung 66). Das großflächige Raster ist als hinterlüftete Natursteinfassade ausgeführt (siehe Abbildung 67). Die Rasterflächen selbst sind mit vollverglasten Elementen gestaltet.



hinterlüftete
Natursteinfassade

Glasfassade

Abbildung 67 Natursteinfassade (Foto IGS)

Ab der elften Etage wirkt die Fassade filigraner und eine Pfosten-Riegel-Konstruktion aus Stahl und Glas bildet die Gebäudehülle (s. Abbildung 68). Dieses Fassadenraster ist in sich noch einmal horizontal gegliedert. Auf ein gefärbtes Glaselement, das die jeweilige Geschossdecke und ein kurzes Brüstungselement überdeckt, folgt ein zweigeteiltes Fensterelement. (siehe Abbildung 68).

Die Außenfenster des Gebäudes sind komplett zweischalig ausgeführt. Typologisch handelt es sich um Kastenfenster, die als Abluftfenster funktionieren. Die äußere Scheibe, eine Doppelverglasung aus Verbundsicherheitsglas (VSG), läuft durch, während die innere Scheibe aus Einscheibensicherheitsglas (ESG), je eine Überströmöffnung an der Oberseite hat.

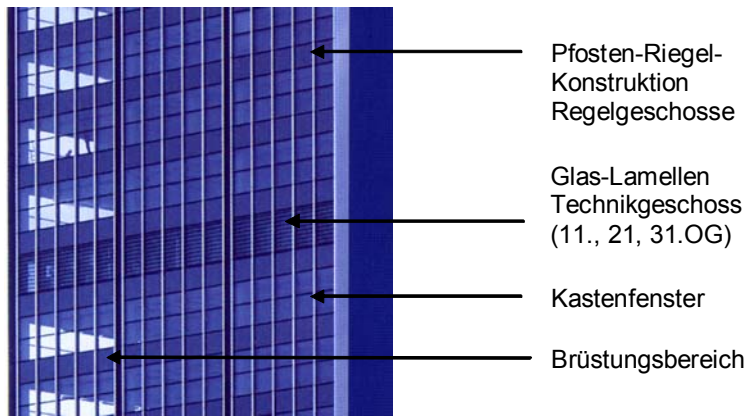


Abbildung 68 Glasfassade (Veröffentlichung Allianz)

Eine manuelle Fensterlüftung ist nicht möglich. Auf allen Fassadenseiten befinden sich Sonnenschutz-Lamellen im ca. 10 cm breiten Fensterzwischenraum. Form und Stellung der Lamellen ermöglichen Lichtlenkung, so dass ein zusätzlicher Blendschutz im Innern nicht nötig ist (siehe Abbildung 69). Die Regelung der Lamellen erfolgt in Abhängigkeit von den Tageslichtverhältnissen. Über aktuelle Tageslichtwerte werden in Abhängigkeit von Schattenberechnungen optimale Lichtverhältnisse in den Büros ermittelt. Die Lamellenstellung wird zentral geregelt.



Abbildung 69 Sonnenschutz-Lamellen (Fotos IGS)



Abbildung 70 Abluftfassade
Überströmöffnung
Abluftabsaugung

Die warme Raumluft wird im Fensterzwischenraum (FZR) über Abluftöffnungen im Boden des Kastenfenster abgesaugt (siehe Abbildung 69/66) und durch einen Brüstungskanal sowie Leitungen im Doppelboden abgeführt. Im Winter wird somit die Auskühlung der inneren Scheibe verhindert und ein Kaltluftabfall vor der Scheibe nahezu unterbunden. Im Sommer wird die erwärmte Luft des FZR abgesaugt, der Wärmeeintrag in den Raum wird verhindert. So soll in jeder Jahreszeit ein verbessertes Raumklima erzielt und Energie eingespart werden.

5 ENERGIEEFFIZIENZ

Die Bewertung der Energieeffizienz erfolgt im Projekt im Wesentlichen durch den Vergleich von Jahresverbrauchskennwerten (Wärme, Kälte, Strom). Darüber hinaus werden die vorliegenden Daten wie der Stromverbrauch einer Büro-Etage oder der Kälteverbrauch über Bedarfberechnungen hinsichtlich ihrer Plausibilität bewertet.

Als Vergleichswerte werden Ziel- bzw. Grenzwerte verschiedener Normen oder Richtlinien herangezogen. Diese sind i.d.R. Ergebnis empirischer Untersuchungen zum Energieverbrauch von Gebäuden bzw. wurden als gesetzliche einzuhaltende Standards definiert, wie z.B. durch die Wärmeschutzverordnung '95, nach der die meisten der in TwinSkin untersuchten Gebäude geplant wurden. Zu beachten ist, dass diese Standards den Energiebedarf von Gebäuden nach bestimmten definierten Regeln ermitteln und somit lediglich Anhaltswerte für den tatsächlichen Verbrauch darstellen.

Zum Vergleich der Gebäude untereinander wird daher im folgenden der Energieverbrauch als zeit- und witterungsbereinigte Jahresenergieverbrauchswerte für Wärme und elektrische Energie dargestellt (soweit verfügbar). Darüber hinaus wird, sofern vorhanden, auch ein Wert für den Kälteverbrauch angegeben, auch wenn die hierfür aufgewendete Energie in einigen Gebäuden gleichzeitig im Stromverbrauch enthalten ist. Die Verbrauchsangaben umfassen jeweils den Verbrauch des gesamten Gebäudes entsprechend der in diesem Forschungsvorhaben gültigen Systemgrenzen, s. Abbildung 71.

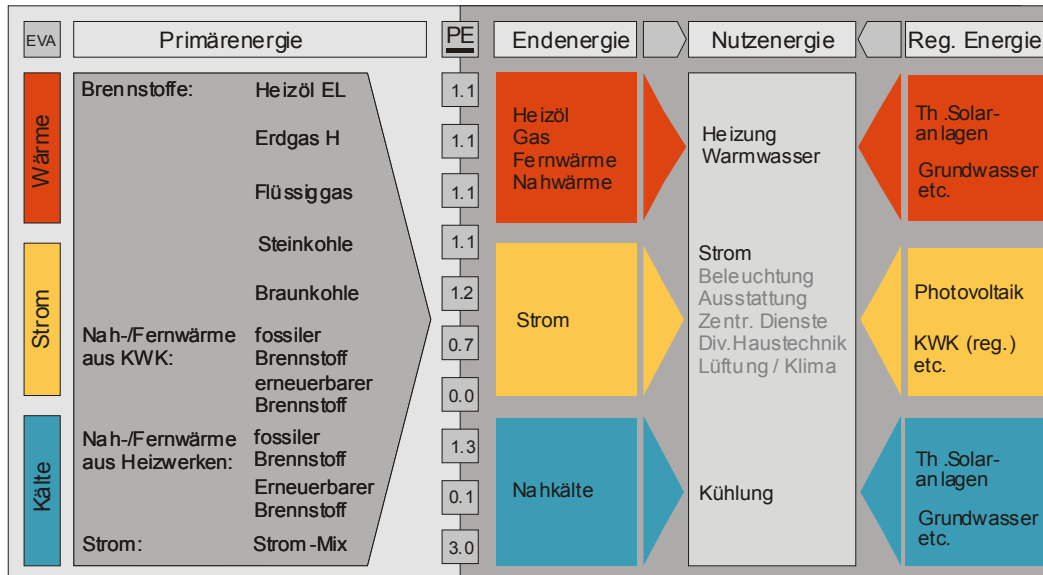


Abbildung 71 Darstellung der in TwinSkin/EVA festgelegten Grenzen für Primär- und Endenergie nach DIN 4701-10

Zur Einstufung des Energiebedarfs der untersuchten Gebäude werden je nach Klimatisierungsstandard drei Gebäude-Typen unterschieden:

Typ 1 (nicht klimatisiert): Gebäude mit einem **geringen** Einsatz technischer Ausrüstung zur Beeinflussung der thermischen Behaglichkeit in den meisten Büros (z.B. Fensterlüftung, statische Heizkörper).

Typ 2 (teilklimatisiert): Gebäude mit einem **erhöhten** Einsatz technischer Ausrüstung zur Beeinflussung der thermischen Behaglichkeit in den meisten Büros (z.B. Lüftungsanlagen, Betonkernaktivierung zur Kühlung).

Typ 3 (vollklimatisiert): Gebäude mit einem **hohen** Einsatz technischer Gebäudeausrüstung zur Beeinflussung der thermischen Behaglichkeit in den meisten Büros (z.B. Klimatisierung mit Be-/Entfeuchtung, Kühldecken)

Die drei Bereiche sind in Anlehnung an die Zielwerte der Schweizer Norm (SIA) 380 gebildet und auf die Nettogeschoßfläche (NGF) umgerechnet.

Innerhalb des Projektes wurde kein Gebäude als Typ 1 eingeordnet, alle TwinSkin-Objekte entsprechen in dieser Kategorisierung wenigstens dem Typ 2.

Ziel ist es, innerhalb des Vergleiches den unterschiedlichen Ausstattungsmerkmalen der Gebäude gerecht zu werden, um verlässlichere Quervergleiche bilden zu können.

Die Gebäude werden im Vergleich zueinander dargestellt. Bei diesen Vergleichen ist zu berücksichtigen, dass Gebäude zumeist nicht identisch in ihren energierelevanten Funktionen sind und betriebs- oder nutzungsspezifische Unterschiede erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben.

Zudem wurden die Gebäude in den folgenden Grafiken mit Kennziffern versehen, um eine direkte Zuordnung hoher Verbräuche zu einem einzelnen Gebäude zu verhindern.

5.1 Wärme

Zunächst wird für die untersuchten Gebäude der errechnete Wärmebedarf mit dem ermittelten Verbrauch verglichen. Im vorliegenden Projekt wurden für 12 Gebäude die Bedarfswerte nach der Wärmeschutzverordnung von 1995 berechnet, bei einem Gebäude wurde noch die WSVO von 1981³ zugrunde gelegt. Da es sich bei den Angaben aus den Wärmeschutznachweisen in der Regel um die einzigen Aussagen zum künftigen Wärmeenergieverbrauch handelt, werden an dieser Stelle keine neueren Berechnungen nach DIN 18599 genutzt, sondern es werden die alten Daten dargestellt. Abbildung 72 zeigt die Gegenüberstellung dieser Planungsdaten mit dem tatsächlichen Verbrauch.

³ Da der Nachweis der WSVO'81 noch auf Bauteilebene erfolgte, wurde für dieses Gebäude eine Umrechnung der Daten nach WSVO'95 vorgenommen.

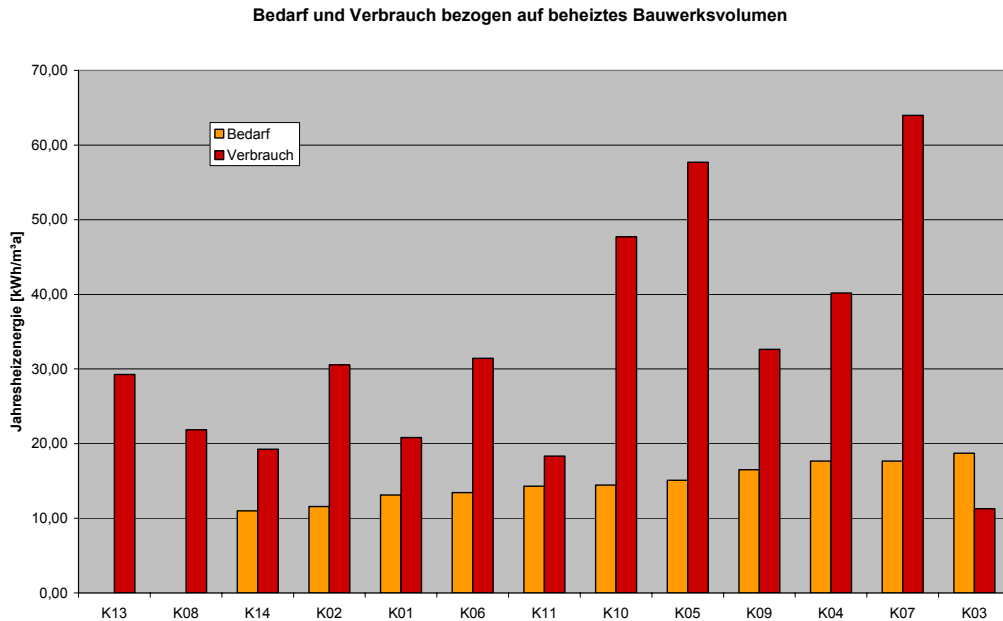


Abbildung 72 Berechneter Energiebedarf und gemessene Verbrauchswerte (Bezug m³ NRI)

Der Vergleich von Bedarfs- und Verbrauchswerten (s. Abbildung 72) zeigt im Mittel für die TwinSkin-Gebäude einen annähernd doppelt so hohen Verbrauch wie im Vorfeld als Bedarf errechnet wurde (Minimal das 1,3-, maximal das 3,8fache). Zu zwei Gebäuden lagen keine Wärmeschutznachweise vor, ein Gebäude verbraucht zunächst weniger als zuvor berechnet (Faktor 0,6), gewinnt aber einen Teil seiner Wärme mittels Wärmepumpen aus der Abluft und aus Energiepfählen. Diese Wärmemenge kann aktuell nicht beziffert werden, sie ist anteilig im Gesamtstromverbrauch, bzw. in dem Primärenergieverbrauch des Gebäudes enthalten.

Die Betrachtung nach Bedarf und Verbrauch läßt zunächst keine Rückschlüsse auf die Qualität der technischen Ausführung der Gebäude zu. Ausschlaggebend für einen erhöhten Verbrauch sind eher die Qualität der Planung, der Gebäudebetrieb oder der Informationsfluß zwischen diesen beiden. Im Folgenden sind zeit- und witterungsbereinigt die Jahresheizenergiewerte der untersuchten Gebäude im Vergleich zueinander dargestellt:

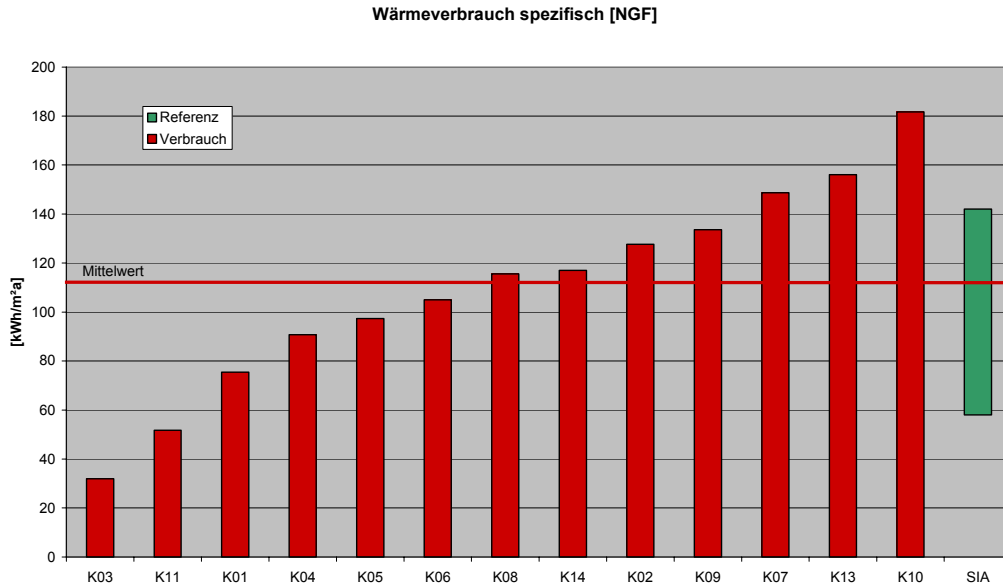


Abbildung 73 Vergleich des Jahresheizenergieverbrauchs der untersuchten Gebäude bezogen auf die NGF

Der Darstellung in Abbildung 73 liegen die Angaben der Gebäudebetreiber, bzw. die Abrechnungsdaten der EVU's zugrunde. Die Daten wurden zeit- und witterungsbereinigt. Die Verbrauchswerte der TwinSkin-Gebäude reichen von 32 kWh/m²a NGF (vgl. Anmerkung S. 58) bis 182 kWh/m²a. Der flächenspezifische Mittelwert der Wärmeenergie aller TwinSkin Gebäude berechnet sich zu 110 kWh/m²a (NGF). Im Vergleich liegen 8 der 13 Gebäude im referenzierten Bereich der SIA (grüner Balken rechts), lediglich drei Gebäude überschreiten mit ihren Verbrauchswerten die empfohlenen Grenzwerte. Für die GSW ist hierbei das Kühlkonzept mittels DEC-Anlage zu beachten, so dass ein Teil der abgenommenen Wärme hier in den Kühlprozess einfließt. Es sei an dieser Stelle noch einmal auf die Bilanzgrenze im Projekt hingewiesen, nach der z.B. die Energie für Erhitzer von Klimaanlage oder eine Trinkwarmwasserbereitung über Fernwärme in einigen dieser Werte enthalten ist.

In der Beurteilung sind zwei Beobachtungen festzuhalten: Zunächst ist der Verbrauch weder signifikant höher, noch signifikant niedriger als der Referenzwert nach SIA 380 / EVA. Zum anderen zeigt sich trotz der nachweisbaren Pufferwirkung der Doppelfassaden (vgl. Kap. 7.1) keine Einsparung an Wärmeenergie. Dominierende Einflussgrößen sind also offensichtlich Nutzereinflüsse und die Betriebsweise des Gebäudes und weniger die konstruktive oder bauphysikalische Ausstattung.

5.2 Strom

Von Beginn des Forschungsprojektes an stand eine ganzheitliche Betrachtung der Gebäude im Mittelpunkt der Untersuchung. Die zu betrachtende Energiebilanz weitet sich damit aus auf den Strom- und Kälteverbrauch eines Gebäudes, auch wenn diese in der Praxis oftmals nicht zu trennen sind.

In der folgenden Grafik sind die Gesamtstromverbräuche der untersuchten Gebäude als Kennwert über die Nettogrundfläche dargestellt. Basis sind erneut die Angaben der Gebäudebetreiber, bzw. die Abrechnungsdaten der EVU's. Die Daten wurden lediglich zeitbereinigt. In Abweichung zu anderen Darstellungen oder der Bedarfsberechnung nach der EnEV 2004 ist nicht nur der Strom für die gebäudetechnischen Anlagen (= Hilfsenergien), sondern der Stromverbrauch des gesamten Gebäudes dargestellt, d.h. der Stromverbrauch für technische Gebäudeausrüstung, Beleuchtung, Kälte (sofern über Strom erzeugt) und der Büro- oder Mietbereiche.

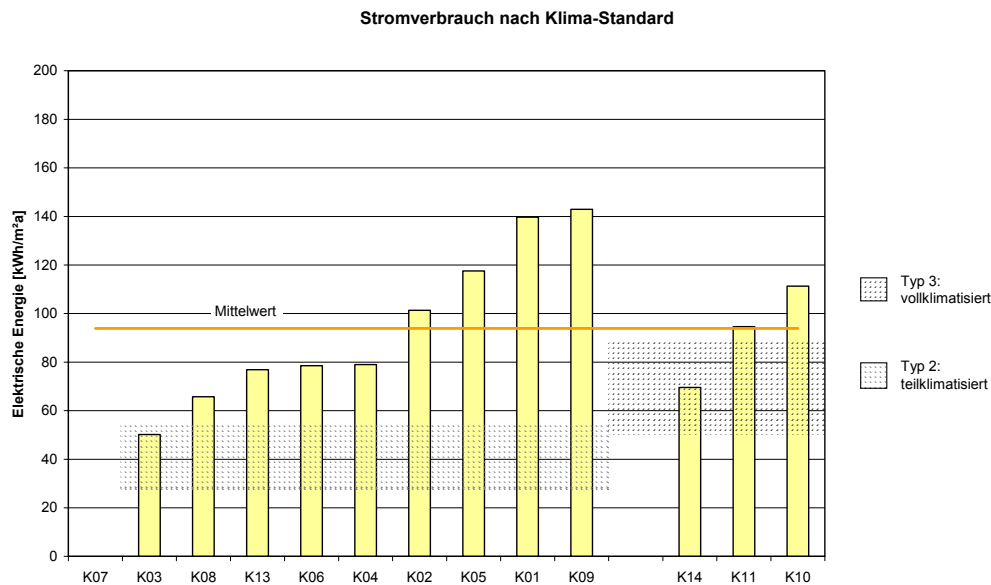


Abbildung 74 Vergleich des Jahresstromverbrauchs der untersuchten Gebäude bezogen auf die NGF

Der Kennwerte der einzelnen Gebäude liegen zwischen 50 und 143 kWh/m²a (NGF). Für die in TwinSkin untersuchten Gebäude ergibt sich einschließlich des Stromanteiles für Büro und Mietbereiche ein mittlerer Stromverbrauch von 94 kWh/m²a (NGF). Referenzwerte finden sich über die normativen Festlegungen hinaus im LEE, in der Schweizer Norm SIA 380 sowie in verschiedenen Veröffentlichungen [50]. In Anlehnung an die SIA werden die dortigen Kennwert hier als Referenzbereiche dargestellt. Die Typologische Einordnung der Gebäude folgt dabei der Unterteilung auf S. 56. Für ein Gebäude war überhaupt keine Erfassung möglich. Hierfür können evtl. die Bedarfswerte nach DIN 18599 zumindest einen Anhaltspunkt geben (s. Abbildung 74).

Mit einem flächenspezifischen Verbrauchs-Mittelwert von 94 kWh/m²a liegen die TwinSkin- Gebäude nur geringfügig über einem Neubaustandard (vgl. Tabelle 6). Auffällig ist, dass die vollklimatisierten Gebäude nicht identisch mit dem größten Verbrauch im Vergleich sind. Dies resultiert in Teilen aus nutzungsspezifischen Verbräuchen wie Tiefgaragen oder Rechenzentren, die aus dem Gesamt-

verbrauch nicht isoliert wurden. Derartige nutzungsbedingte Mehrverbräuche führen zu einem vergleichsweise höheren Wert für einzelne Gebäude, die deswegen jedoch nicht weniger energieeffizient sein müssen.

Wie bei der Wärmeenergie war eine Auflösung der Teilverbraucher für elektrische Energie in den meisten Gebäuden nicht möglich. Um im Rahmen des Projektes dennoch eine feinere Auflösung der Stromverbräuche darzustellen, wurden einige der Gebäude nach DIN 18599 [20] bewertet. Diese wurde während der Projektlaufzeit auf der Grundlage der Richtlinie über *energieeffiziente Gebäude* in deutsche Normung umgesetzt. Hierin wird der Endenergiebedarf Strom in die Teilwerte für Hilfsenergie, Beleuchtung, Trinkwasser und Belüftung unterschieden. In der Realität des Gebäudebetriebes werden z.B. Bürostrom und ein Großteil der Beleuchtung gemeinsam erfasst und auf Mietbereichsebene abgerechnet, andere Verbrauchserfassungen enthalten Rechenzentren oder Großküchen, die in der DIN 18599 nur mit normierten Bedarfswerten berücksichtigt werden, jedoch durchaus einen hiervon abweichenden Verbrauch haben können. Die Berechnung erfolgte mit dem Excel-Werkzeug des *dena*-Feldversuches von 2005.

Im Vergleich zum gemessenen Stromverbrauch der TwinSkin-Gebäude fehlt in der nachstehenden Grafik somit in jedem Fall ein Strombedarf für die Büroausstattung. Für die übrigen aufsummierten Bedarfswerte ergibt sich im Vergleich zum tatsächlichen Gesamtverbrauch das folgende Bild:

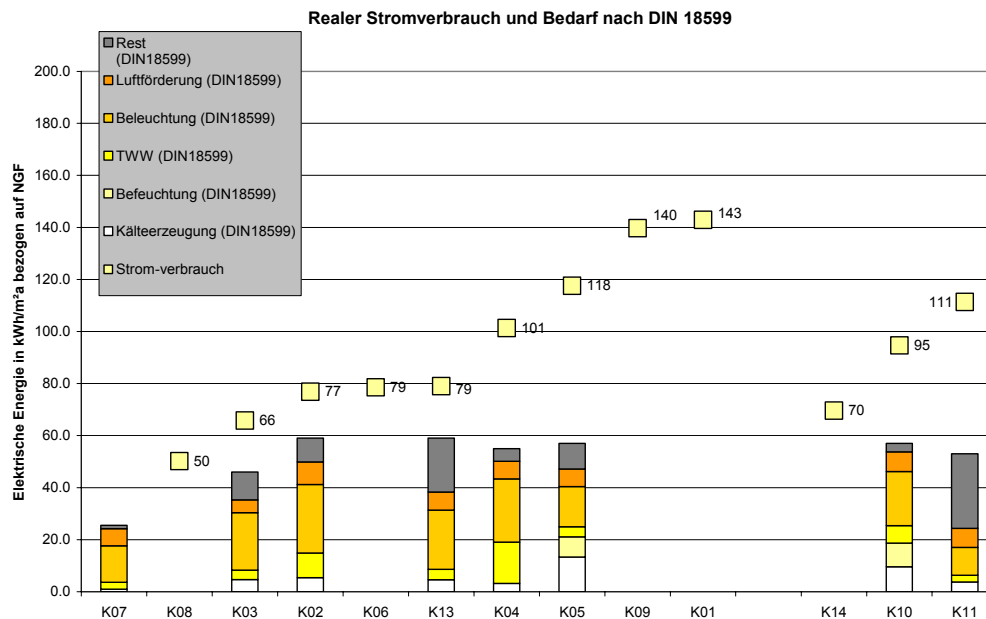


Abbildung 75 Vergleich des Jahresstrombedarfs der untersuchten Gebäude bezogen auf die NGF nach DIN 18599

Die Grafik zeigt verbrauchseitig das heterogene Feld zwischen 50 und 143 kWh/m²a (NGF). Die Bedarfswerte nach DIN 18599 liegen zwischen 50% und 80% des Verbrauchswertes, wobei sie sich allerdings wie dargestellt in der Bilanzgrenze unterscheiden.

Nach DIN 18599 werden in den TwinSkin-Gebäuden beispielsweise im Mittel 11% des Strombedarfes für die Kälteerzeugung aufgewendet, 12% für die TWW-Erzeugung, 40% für die Beleuchtung. Kälteerzeugung wird damit nicht zum dominierenden Faktor in der Strombilanz, auch nicht für diese hochverglaste Gebäudegruppe (vgl. [52]). Auffällig ist dagegen der hohe Bedarf an

Beleuchtungsenergie - hier wird in der Aufteilung deutlich von Referenz- bzw. empfohlenen Literaturwerten (s. Tabelle 6) abgewichen.

	Neubaustandard	SIA (Typ2)	Energie-optimiert
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
Lufttransport	20	9	7-8
Beleuchtung	20	12	10
TWW	5		5
Kälte	15		7-8
Ausstattung	20	5-10	10
Summe Strom	80	28-56	40

Tabelle 6 Bedarfskennwerte für verschiedene Einzelnutzungen in Anlehnung an [50]

Im Projekt TwinSkin lässt sich eine Aufteilung des tatsächlichen Endenergieverbrauches Strom aufgrund des umfangreichen Zählkonzeptes nur für ein Gebäude darstellen, für ein weiteres wurde sie unter Berücksichtigung vorhandener Zähler ingenieurmäßig abgeschätzt. Das Ergebnis zeigt Abbildung 76. Beide Gebäude sind in der Aufteilung ähnlich. Ca. 15-17% des Strombedarfes (Endenergie) wird für die Kälteerzeugung aufgewendet, 17- 29% für die Luftförderung. Die ermittelten Werte entsprechen in Ihrer Aufteilung im wesentlichen den Referenzwerten nach Tabelle 6 (s. Abbildung 77).

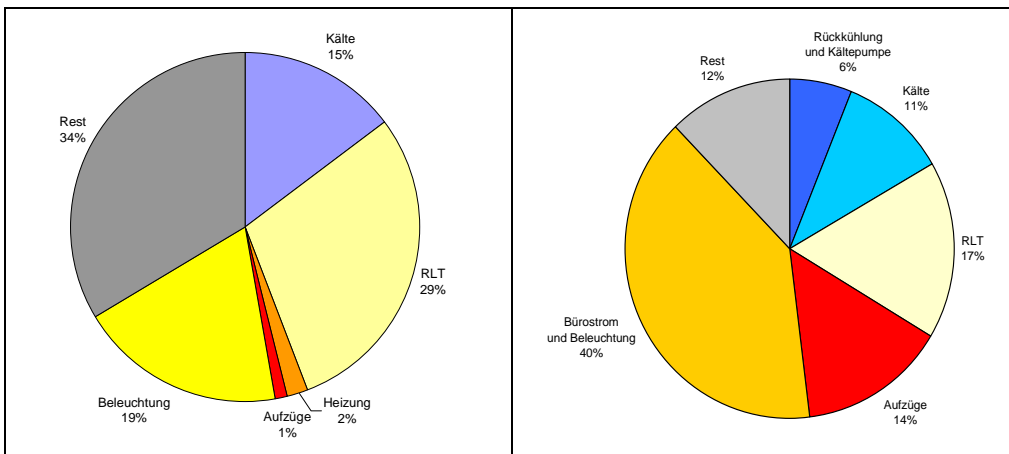


Abbildung 76 Verteilung der Endenergie Strom für K11 links und K02 rechts

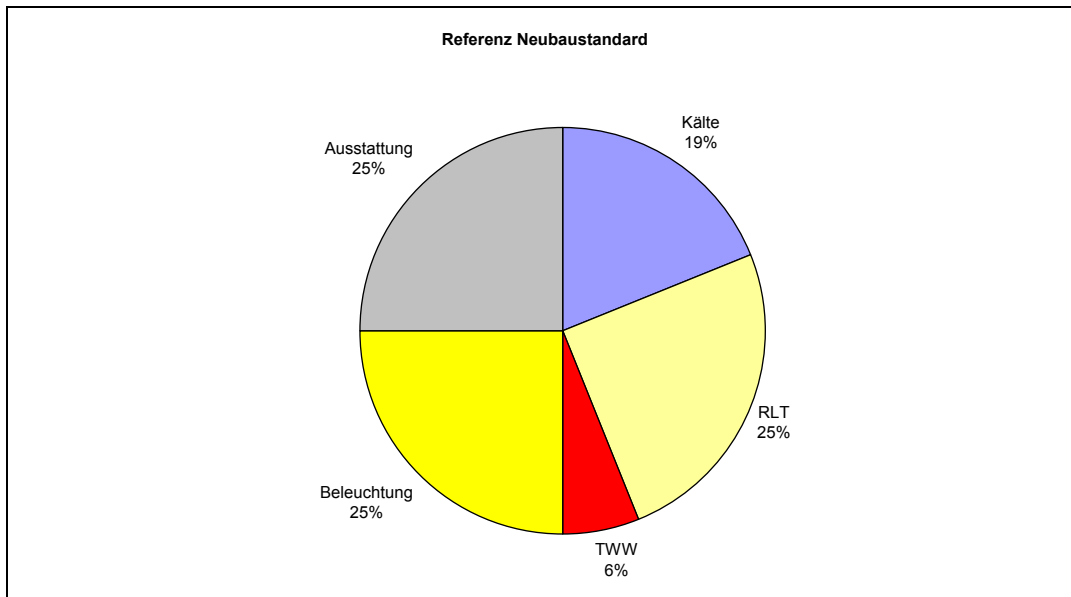


Abbildung 77 Aufteilung des Strombedarfes im Neubaustandard als Referenz nach [50]

Als Fazit zur Betrachtung des elektrischen Endenergieverbrauches bleiben einigen Punkte herauszustellen.

- Obwohl Stromzähler relativ preisgünstig zu beschaffen oder nachzurüsten sind, liegen in den meisten Gebäuden keine Erfassungen von Teilverbräuchen vor. In zukünftigen Projekten sollte zumindest in die oben angeführten Kategorien unterteilt werden – dies erleichtert auch die Identifikation von Fehlfunktionen oder einer falsch angepassten Regelung.
- Mit $94 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (NGF) liegen die TwinSkin-Gebäude nur knapp über dem Neubaustandard. Im Vergleich zu dem Forschungsprojekt EVA (Mittelwert $73 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (NGF)) zeigt sich eine deutliche Abweichung der hier untersuchten Gebäudegruppe. Allerdings beinhalten die Ergebnisse nach EVA auch nicht klimatisierte Gebäude.
- Als Ergebnis der Bedarfsberechnung nach DIN 18599 ist ein erhöhter Kältebedarf der TwinSkin-Gebäude nicht nachzuweisen.

5.3 Kälte

Eine Erfassung des realen Kälteverbrauches liegt nur für wenige Gebäude im Projekt vor. Hierbei wird in den unterschiedlichsten Ebenen gemessen, so liegen z.B. Stromverbräuche für die Kältemaschinen vor, oder auch die Kältemenge direkt an einer Kälteerzeugung oder Erdsondenanlage. Aufgrund der unterschiedlichen Messdaten müssen für einen Vergleich Annahmen getroffen werden. Je nach Verfügbarkeit wurde der Strom für die Kältemaschine, die Kältemenge hinter einer Kältemaschine oder hinter einer Fernkälteübergabe gemessen. Der in Abbildung 78 dargestellte flächenspezifische Stromverbrauch wurde mit einer Arbeitszahl von zwei aus der Kältemenge umgerechnet.

Abbildung 78 zeigt den Vergleich zwischen den so errechneten Stromverbräuchen und dem Strombedarf Kälte nach DIN 18599.

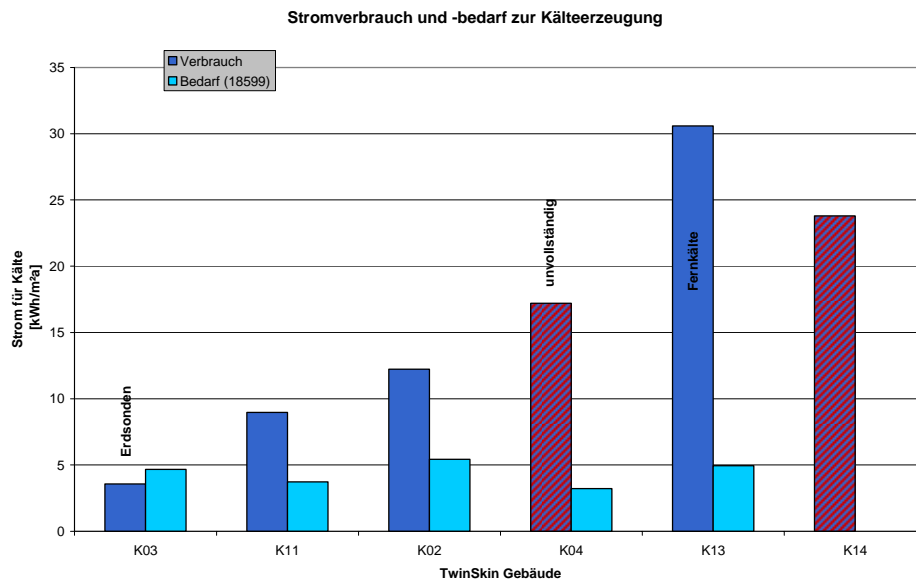


Abbildung 78 Gebäudeseitiger Stromverbrauch für Kälte im Vergleich zum errechneten Bedarf nach DIN 18599.

Die Grafik zeigt für die Gebäude einen Stromverbrauch für Kälte zwischen 3,5 und 31 kWh/m²a (NGF). Wie bisher unterscheiden sich die versorgten Nutzungen (K04 und K13 enthalten z.B. Ladenlokale), so dass ein technisch korrekter Vergleich auf Büroebe nur für die ersten drei Gebäude (reine Verwaltungsbauten mit ausschließlicher Büronutzung) sinnvoll ist. Diese Werte unterschreiten den Referenzwert gängiger Veröffentlichungen z.B. nach [50]. Hier wird die Stromverbrauch für Kühlenergie für einen Standard-Neubau mit 15 kWh/m²a , bzw. mit 10 kWh/m²a für ein optimiertes /ambitioniertes Projekt angegeben. Aussagen über einen erhöhten Kühlbedarf für Gebäude mit Doppelfassaden lassen sich mit dieser geringen Stichprobe nicht be- oder widerlegen.

5.4 Primärenergie

Abschließend sind im Folgenden die Kennwerte der Gebäude für den Jahresprimärenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt) dargestellt. Die Grafik zeigt deutlich, dass innerhalb der TwinSkin-Gebäude bedingt durch nutzungsabhängige Variablen keine nennenswerten Unterschiede zwischen teilklimatisierten und vollklimatisierten Gebäuden auf Primärenergetischer Ebene feststellbar sind.

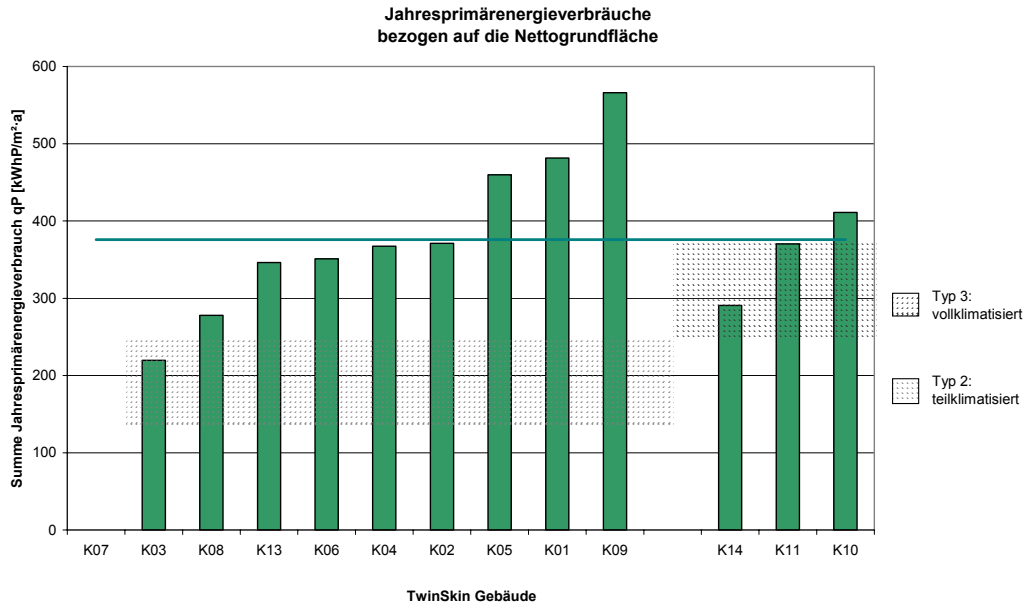


Abbildung 79 Vergleich des Jahresprimärenergieverbrauchs der untersuchten Gebäude bezogen auf die NGF

Die Primärenergieverbräuche der in TwinSkin untersuchten Gebäude reichen von 214 kWh/m²a bis 560 kWh/m²a. Für die in TwinSkin untersuchten Gebäude ergibt sich ein Mittelwert von 376 kWh/m²_{NGF}a für den Primärenergiebedarf der Gebäude. Hierbei bleibt zu beachten, dass es sich um eine Gesamtenergiemenge handelt, die sämtliche Verbräuche aus Betrieb und Nutzung des Gebäudes beinhaltet. Der Wert weicht damit von anderen veröffentlichten Referenzwerten ab. Er liegt um ca. 90 kWh/m²a über dem Kennwert der EVA- Gebäude, der die gleiche Bilanzgrenze umfasst.

Fazit

Die in TwinSkin untersuchten Gebäude verbrauchen in der Regel mehr Energie, als zuvor in Veröffentlichungen behauptet oder im Planungsprozess als Bedarf errechnet wurde. Dies ist für die Wärmeenergie besser belegbar als für andere Nutz- oder Endenergieformen, die in den Gebäuden nicht in gleicher Weise gemessen oder erfasst werden. Energieeinsparungen aufgrund einer Pufferwirkung von Doppelfassaden sind nicht nachweisbar. Als Beispiel mag das Gebäude der Deutschen Messe Hannover dienen, welches zwar einen ausgeprägten thermischen Puffer aufweist (vgl. Abbildung 149, Kap. 7.1), jedoch im Vergleich keinen reduzierten Endenergieverbrauch an Wärme erkennen lässt. Ebenso wenig lässt sich aus den erhobenen Daten ein signifikanter Mehrverbrauch für Kälteerzeugung feststellen. Allerdings ist hier auch keine eindimensionale Kausalität zwischen Fassade und thermisch induziertem Energieverbrauch aufzustellen. Die Ursachen bleiben vielfältig und reichen von unterschiedlichen Nutzungsbedingungen bis zur Konzeptumsetzung.

6 KOMFORT

Ein Schwerpunkt der Untersuchung im Forschungsvorhaben TwinSkin liegt auf der Bewertung des thermischen Komforts für Nutzerinnen und Nutzer. Hierbei wurden mehrere Büroräume in jedem Gebäude unter den Gesichtspunkten der thermischen, visuellen und akustischen Behaglichkeit untersucht. Zur detaillierten Analyse des thermischen Raumkomforts wurde in acht TwinSkin Gebäuden ein Langzeit-Monitoring zur messtechnischen Erfassung relevanter Parameter durchgeführt. Die Messdaten werden über 9 Monate erfasst, so dass eine Evaluierung des Raumkomforts auf Grundlage der DIN 1946 bzw. der Behaglichkeitskriterien nach Fanger möglich ist.

Im Folgenden wird die Methodik für die Bewertung des thermischen Komforts am Beispiel der Deutschen Messe Hannover erläutert.

Messkonzept Deutsche Messe Hannover

Zur detaillierten Analyse des Raumkomforts wurde eine Langzeitmessung zur Erfassung relevanter Parameter in drei Büroräumen der Deutschen Messe Hannover durchgeführt. Um aussagekräftige Ergebnisse zu gewinnen, wurden Büroräume gewählt, die aufgrund ihrer Lage repräsentative Werte bzgl. des Temperaturniveaus erwarten lassen.

Für die Deutsche Messe Hannover sind die Räume im 3.OG Nordwest, 10.OG Nord und 10.OG Süden gewählt worden. Die nachfolgende Grafik zeigt die Lage der Räume im Grundriss:

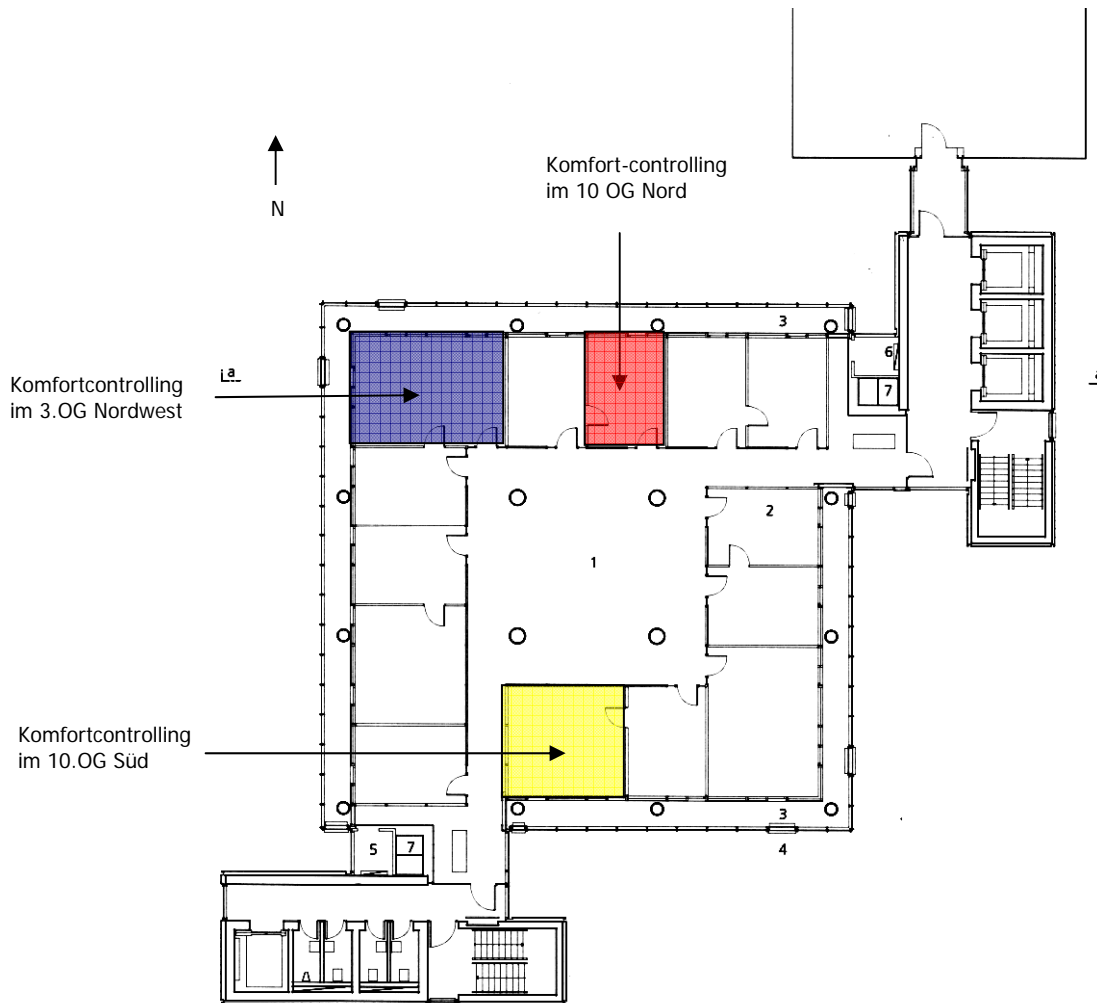


Abbildung 80 Lage der untersuchten Büroräume

	Messbeginn	Messende	Ausfall Messdaten Beginn	Ausfall Messdaten Ende
3.OG Nordwest	04.03.04	23.05.05	20.01.05	29.01.05
10.OG Nord	17.02.04	13.06.05	17.01.05	20.01.05
10.OG Süd	17.02.04	13.06.05		

Tabelle 7 Messzeitraum

Der Messzeitraum des Temperaturkomfort-Controllings umfasst die Zeit vom 17.02.2004 bis 13.06.2005. Messausfälle sind in Tabelle 7 dokumentiert. Während des Messzeitraumes wurden im Wesentlichen die Raumlufttemperaturen in Knöchel- und Kopfhöhe (0,1 m bzw. 1,1 m), Zu- und Ablufttemperaturen der betrachteten Räume, die Temperaturverhältnisse in der Doppelfassade, sowie die Oberflächentemperaturen von Boden und Decke erfasst. Abbildung 81 zeigt die Position und Art der eingebauten Messfühler. Diese unterschieden sich nicht zwischen den einzelnen Messräumen.

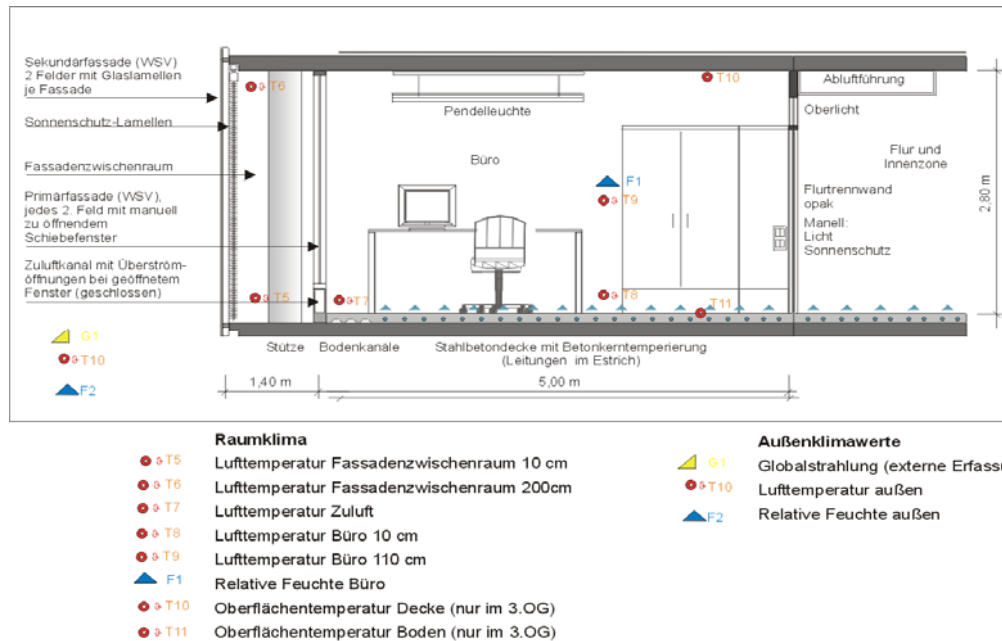


Abbildung 81 Komponenten der Temperaturkomfort-Messung am Beispiel Deutsche Messe Hannover

6.1 Thermischer Komfort

6.1.1 Grenzen der Raumtemperaturen

Die Abbildung 82 gibt einen ersten Überblick über die gemessenen Raumlufttemperaturen in den drei Büros der Deutschen Messe Hannover. Die Mittelwerte sind über die Jahreszeiten Winter (Dez. bis Feb.), Übergangszeit (Mär. bis Mai und Sep. bis Nov) und Sommer (Jun. bis Aug.) analog zu den Werten der Fassadenzwischenräume (s. Abbildung 149) berechnet. Sie werden weiter nach Tageszeit und Nachtzeit unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen unterschieden. Zudem ist jeweils der Bereich zwischen Minima und Maxima gekennzeichnet.

Die Tabellen, die die Mittelwerte, Minima und Maxima unterteilt nach Jahreszeiten aller TwinSkin-Gebäude auflisten, befinden sich im Anhang.

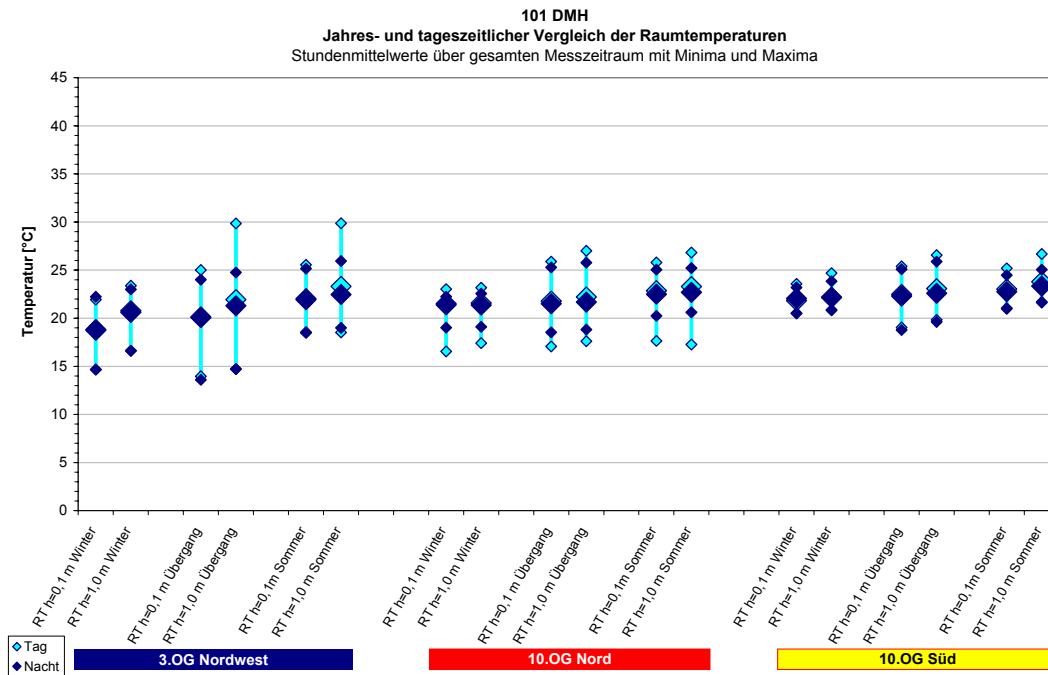


Abbildung 82 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der Raumtemperaturen am Beispiel Deutsche Messe Hannover

Die Raumtemperatur wird im Projekt nach den Grenzwerten der zur Bauzeit gültigen Norm DIN 1946 T2 beurteilt. Diese verlangt für die operative Raumtemperatur als Zusammenwirken von Lufttemperatur und Strahlungstemperatur der Umschließungsflächen die Einhaltung der Grenzen entsprechend Abbildung 8 mit erlaubten Überschreitungen bei kurzzeitig auftretenden inneren Wärmelasten sowie Unterschreitungen bei bestimmten Lüftungssystemen.

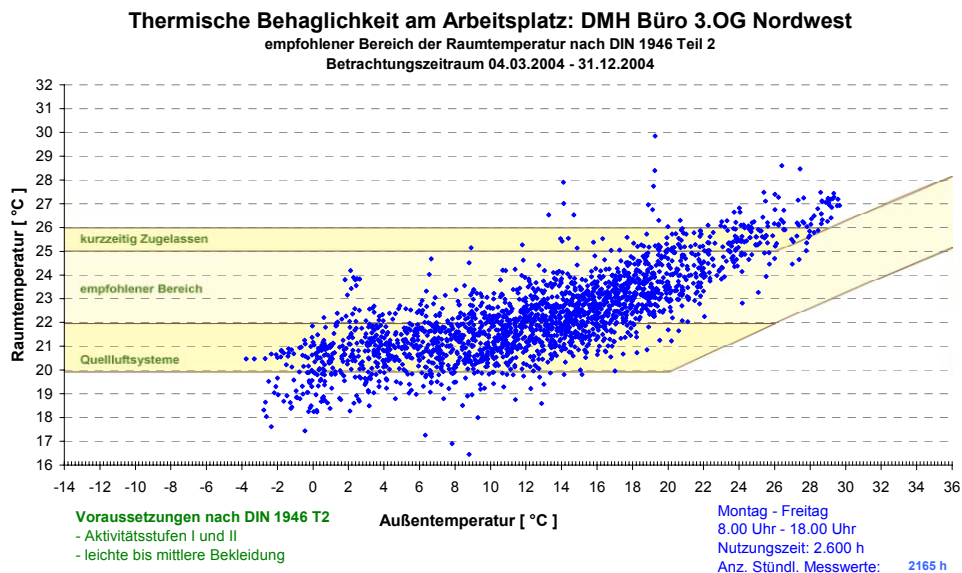


Abbildung 83 Grenzen der Raumluft-Temperaturen in Anlehnung an DIN 1946 am Beispiel der Deutschen Messe Hannover

Abbildung 83 zeigt eine beispielhafte Auswertung der Raumlufftemperatur vom 15.03.04 bis zum 14.03.2005 über der Außentemperatur in Anlehnung an die DIN 1946 für den problematischen Raum im 3 OG. Durch Messwerte außerhalb der Behaglichkeitsgrenzen lassen sich so auf einen Blick Behaglichkeitsprobleme identifizieren. Durch weitere Auswertungen werden die Einflüsse der Zweischaligkeit und der meteorologischen Parameter untersucht.

Insgesamt liegen die Temperaturen in den vermessenen Büros während der Arbeitszeit im Rahmen der Behaglichkeitsgrenzen. Auffällig ist bei der dt. Messe vor allem das Büro im 3.OG Nordwest (s. Abbildung 83). Für das Büro sind die größten Temperaturabweichungen nach oben und unten aufgezeichnet worden. Der jahres- und tageszeitliche Vergleich der mittleren Raumtemperaturen mit einer Darstellung der Maxima und Minima (s. Abbildung 82) veranschaulicht die hohen Temperaturen der Übergangszeit und des Sommers mit einem Maximum von 29,9°C. Überhitzungsstunden, d.h. Stunden mit Innenraumtemperaturen größer 26°C, treten gehäuft an Nachmittagen in der Übergangszeit durch solare Gewinne und gleichzeitiges Heizen auf. Mit insgesamt 94 Überhitzungsstunden werden dennoch die diesbezüglichen Anforderungen aus der Norm erfüllt. Während der Arbeitszeit liegen 184 Stunden unterhalb der Behaglichkeitsgrenze von 20°C, das Minimum in 1,10 m Höhe stellt sich nach Abbildung 82 in der Übergangszeit mit 14,7°C ein. Dies ist zum einen durch die im Vergleich ungünstige Lage mit drei Raumhüllflächen gegen außen und durch Abkühlung bei Fensterlüftung, in der Hauptsache jedoch durch eine defekte Bauteilaktivierung des thermisch aktivierten Fußbodens verursacht (s. vertikaler Temperaturgradient, Abbildung 84).

Auch das Büro 10.OG Nord (ohne Abb.) liegt für 62 Stunden in einem unbehaglichen Bereich unter 20°C. Diese Stunden verteilen sich auf alle Jahreszeiten und liegen immer in der Arbeitszeit, was auf eine entsprechende Fensterlüftung hindeutet. Überhitzungsstunden sind in diesem Büro mit 0,3% der Arbeitszeit durch die Orientierung nach Norden und des geringen Außenflächenanteils so gut wie nicht zu beobachten.

Die günstigsten thermischen Bedingungen ergeben sich für den untersuchten Raum im 10.OG Süd mit den geringsten Schwankungsbreiten (vgl. Abbildung 82). Unbehagliche Raumtemperaturen unter 20°C stellen sich im Vergleich zu den anderen Büros nur vereinzelt ein. Der Anteil der Überhitzungsstunden an der Gesamtarbeitszeit ist mit 0,8% ebenfalls gering.

6.1.2 Vertikaler Temperaturgradient und Oberflächentemperaturen

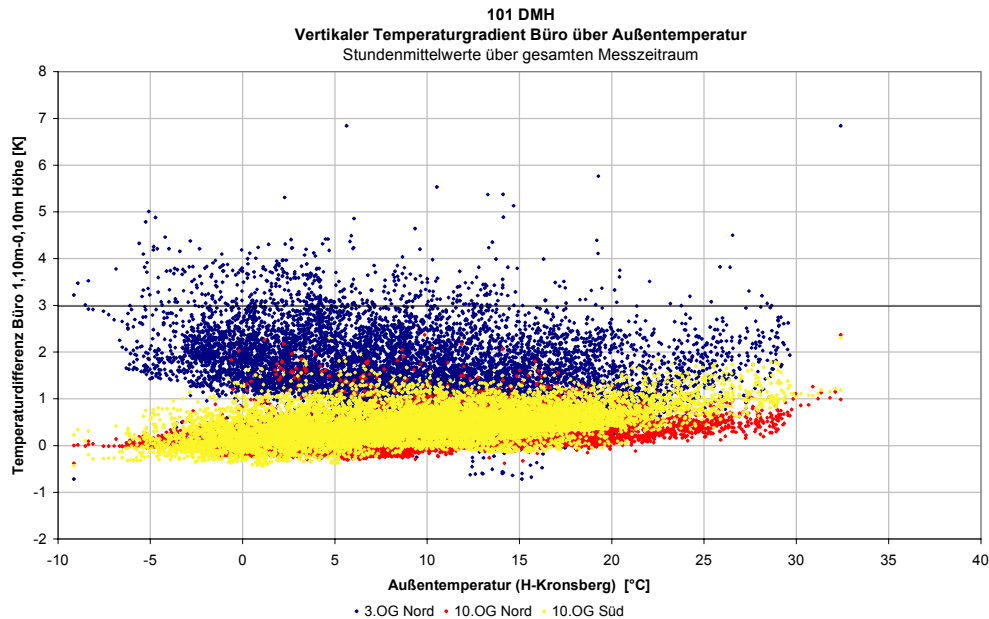


Abbildung 84 Vertikaler Temperaturgradient am Beispiel Deutsche Messe Hannover

Der vertikale Temperaturgradient beschreibt die Temperaturdifferenz von Knöchel- bis Kopfhöhe in sitzender Position (0,1 m bzw. 1,1 m) und sollte die Behaglichkeitsgrenze von 3 K nach DIN EN ISO 7730:2006-10 nicht überschreiten. Die Darstellung in Abbildung 84 bezieht sich auf den gesamten Messzeitraum vom 17.02.2004 bis zum 13.06.2005 und trägt die Stundenmittelwerte der vertikalen Temperaturgradienten über die Außentemperatur auf.

Die Deutsche Messe Hannover bietet durch einen hohen Temperaturgradienten ein gutes Beispiel für die Auswertung. In den anderen TwinSkin-Gebäuden waren diese Unterschiede nicht zu verzeichnen.

Im Büro 3.OG Nordwest ist der vertikale Temperaturgradient mit einem Maximum von 6,8 K und einem mittleren Gradienten von 1,5 K im Vergleich zu den anderen Büros hoch. Das Büro hat allerdings auch den höchsten Außenflächenanteil mit einer Bodenfläche und zwei Fassadenflächen. Die Behaglichkeitsgrenze von 3 K wird an 471 Stunden des Messzeitraumes überschritten. Das entspricht 4,4 % der Arbeitszeit. In weiten Teilen des Winters läuft die Temperatur in Bodennähe mit einem Versatz von 2 bis 3 K parallel zur Temperatur in 1,10 m Höhe. Im winterlichen Mittel von Dezember bis Februar ergibt sich eine Raumtemperatur über dem Boden von nur 18,8 °C bei einem Maximum von 22,2 °C.

Angesichts der kühlen Raumtemperaturen im 3.OG wird im Folgenden die Funktion der Bauteilaktivierung geprüft, die in der nächtlichen Heizphase mit einer Vorlauftemperatur von 23°C bis 26°C durchströmt werden soll. Untersucht werden die Oberflächentemperaturen des Bodens und der Decke im Büro des 3.OG für die Wintermonate Dezember bis Februar. Erhöhte Temperaturen können nicht festgestellt werden. Die mittlere Oberflächentemperatur des Bodens sinkt mit 16,5°C (Maximum 20,4°C) unter die Lufttemperatur in 0,10 m Höhe, die mittlere Deckentemperatur liegt mit 17,9°C (Maximum 22,7°C) auf einem ähnlichen Niveau.

Auch eine sommerliche Bauteilkühlung ist im 3.OG nicht nachweisbar, da die mittleren Oberflächentemperaturen von Juni bis August mit 21,7°C am Boden und mit 22,7°C an der Decke bei einer mittleren Lufttemperatur in 10 cm Höhe von 22,0°C zu gering sind.

Zusammenfassend lässt sich eine Bauteilaktivierung im vorliegenden Fall nicht erkennen. In anderen TwinSkin-Gebäuden mit Bauteilaktivierung kann eine Temperaturdifferenz zwischen Oberflächen- (Boden/ Decke) und Raumlufttemperatur von 1 bis 2 K nachgewiesen werden. Für das Büro im 3. OG der Deutschen Messe konnten dagegen keine erhöhten oder abgesenkten Temperaturen beobachtet werden.

6.1.3 Thermografische Untersuchung

Zur Kontrolle der vorangestellten Messungen wurden am 7.02.2006 Kurzzeitmessungen im Gebäude der Deutschen Messe vorgenommen. Neben Aufnahmen mit einer Thermografiekamera wurde vor allem die aktuelle Zuluftsituation detailliert erfasst.

Thermografieaufnahmen:

Die Hydraulik und Funktion der Bauteilaktivierung konnte mittels Thermografieaufnahme nicht abgebildet werden. Dies deckt sich mit den Angaben des Betreibers, der bereits eigenständig derartige Untersuchungen vorgenommen hat. Die Aufnahmen zeigen (auch bei einer voreingestellten Empfindlichkeit von 2 K) eine einheitliche Bodentemperatur von ca. 18°C. Einzelne Rohre der thermischen Aktivierung sind in keiner Aufnahme zu erkennen (s. Abbildung 85).



Abbildung 85 Bodenaufnahme DMH (Farbton entspricht 18°C, Fuß als Maßstab)

Im nordöstlichen Eckbüro des 3.OGs kann über die Thermografieaufnahme der starke Temperaturabfall an der Außenecke des Gebäudes deutlich gezeigt werden. Ein Abfallen der Oberflächentemperatur bis auf 16°C ist zu beobachten. (T_{amb} : ca. 7 °C, Vorlauf TAD: 23°C). Ein Ausfall entsprechenden Heizkreises wird durch den Betreiber ausgeschlossen. Es werden komfortverbessernde Maßnahmen notwendig.

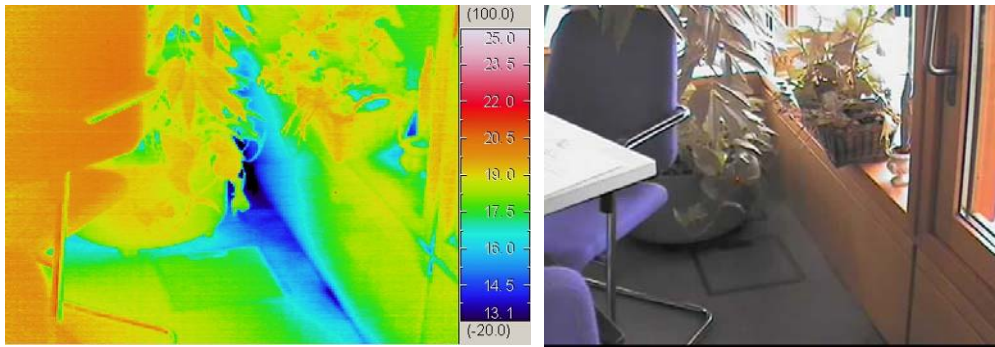


Abbildung 86 Thermografie 3.OG Nord-Ost-Ecke und reale Situation

6.2 Spotmonitoring

Thermische Behaglichkeit ist eine Basisgröße für körperliches und geistiges Leistungsvermögen. Sie wird durch die physikalischen Größen Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Raumluftfeuchte und Luftbewegung in Betrachtung von zwei persönliche Parameter (Aktivitätsgrad und Bekleidungsisolierung) bestimmt. Das Optimum der Behaglichkeit sorgt für die körperliche Entlastung des Organismus, wodurch Leistungsreserven für geistige Tätigkeiten zur Verfügung stehen. Eine hohe Arbeitseffizienz und Produktivität sind das Ergebnis. Thermische Behaglichkeit stellt somit auch eine betriebswirtschaftliche Größe dar (vgl. Abbildung 87)

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde parallel zum vorgestellten Langzeitmonitoring ein Messkonzept zur Bewertung der Behaglichkeit auf Basis der DIN EN ISO 7730:2006 entwickelt. Zur Bestimmung der thermischen Behaglichkeit werden für eine Reihe von Büroräumen Kurzzeitmessungen mit einem eigens konzipierten Messwagen („Mobile Lab“, siehe Abbildung 90) durchgeführt. Ziel ist es, die operativ empfundenen Raumbedingungen zu ermitteln, um so das Raumklima individuell und im Vergleich zu den anderen Gebäuden bewerten zu können.

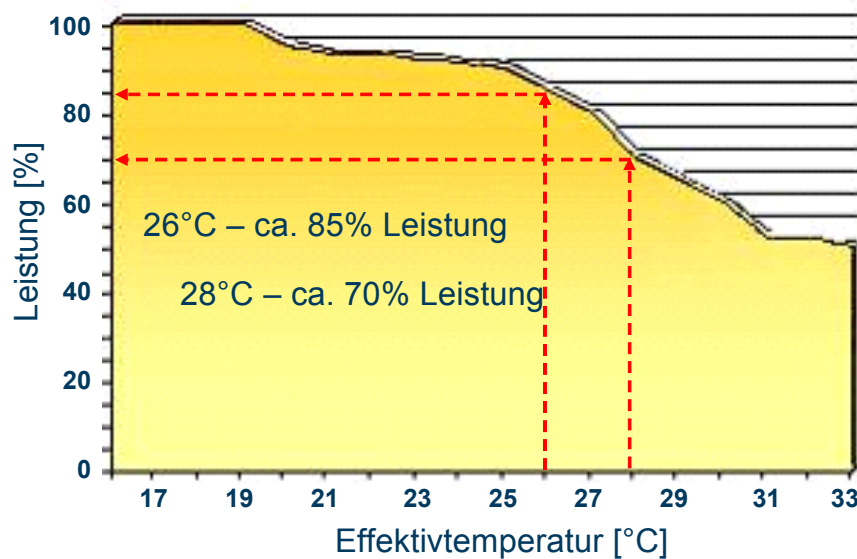


Abbildung 87 Abnahme der Leistungsfähigkeit über die Raumtemperatur [L1]

6.2.1 Messkonzept

Die Messungen werden im Sommer, im Winter und in den Übergangszeiten in jeweils 4 Räumen unterschiedlicher Himmelsrichtungen durchgeführt. Eine fünfminütige Messung wird in jedem Raum morgens, mittags und nachmittags durchgeführt, in der der Arbeitsplatz nicht benutzt werden kann. Weitere Arbeitsplätze im selben Raum stören die Messung nicht und sollten für die Abbildung der realen Betriebsbedingungen möglichst belegt sein. Die nachstehende Grafik zeigt das Prinzip der Messungen (siehe Abbildung 88 und Abbildung 89).

Systematik der Messung

Messung	Morgens Vor 11.00				Mittags 11.00 – 14.00				Nachmittags Nach 14.00				Hinweis
	O	S	W	N	O	S	W	N	O	S	W	N	
Orientierung													Eine Messung beginnt mit einer 5-minütigen Akklimatisierungsphase und dauert insgesamt 5 Minuten.
Sommer	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	
Übergangszeit													
Winter													

Die Messungen erfolgen in Anlehnung an DIN 1946-2:2001 und DIN EN ISO 7730:2006

Abbildung 88: Systematik der Messung

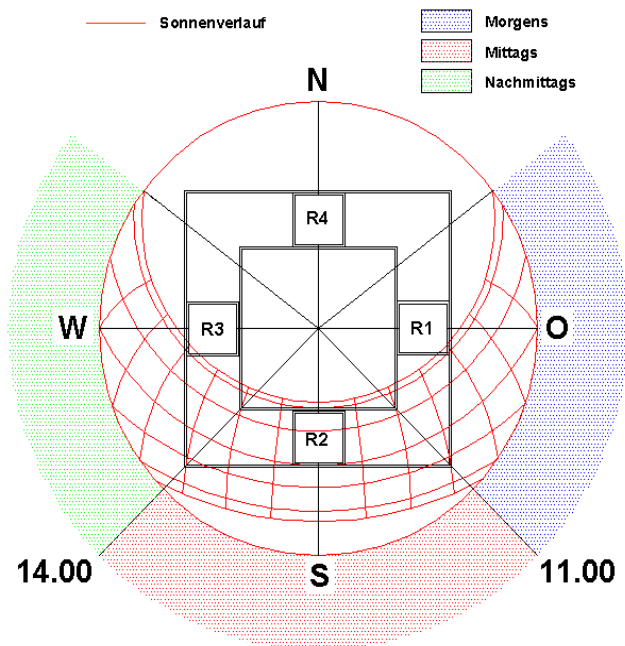


Abbildung 89 Sonnenverlauf

Parallel zur Messung mit dem mobilen Messwagen wird gleichzeitig eine Kurzbefragung im Umfang von 2 Seiten über die thermischen Aspekte am jeweiligen Arbeitsplatz durchgeführt.

Die Messwerte werden mithilfe der folgenden Fühler erfasst (siehe Tabelle 8):

	Erfasste Größen und Messprinzip	Messgenauigkeit und –bereich.	An-sprechzeit
Innova Typ MM0060	Dieser Messfühler erfasst die operative Raumtemperatur abhängig von Strahlung und Konvektion..	$\pm 0,2$ K; t_{op} (5 bis 40°C) $\pm 0,5$ K; t_{op} (-20 bis 50°C)	1 Min.
Innova Typ MM0034	Strahlungsgeschützter Messfühler zur Erfassung der Lufttemperatur (Pt100).	$\pm 0,2$ K; t_a (5 bis 40°C) $\pm 0,5$ K; t_a (-20 bis 50°C)	20 Sek.
Innova Typ MM0036	Der Strahlungstemperatur-Sensor besteht aus zwei gleichen Sensorseiten, die unabhängig voneinander die Strahlungstemperatur zweier sich gegenüberliegenden Halbräume messen.	$\pm 0,5$ K; $(t_r - t_a) < 15K$ ± 1 K; $(t_r - t_a) < 25K$ ± 2 K; $(t_r - t_a) < 50K$	15 sek..
Innova Typ MM0037	Zur Ermittlung der Taupunkttemperatur wird ein Spiegel zur Kondensation der Umgebungsluft abgekühlt. Der Kondensationspunkt entspricht der TP-Temperatur.	$\pm 0,5$ K; $(t_r - t_{dew}) < 10K$ ± 1 K; $(t_r - t_{dew}) < 25K$	1 Min. Messinter- vall (3 Min.)
Innova Typ MM0038	Die Ermittlung der Luftgeschwindigkeit nach dem Prinzip eines Konstanttemperatur- Anemometers. Erfasst wird die elektrische Leistung zur Aufrechterhaltung einer konstanten Temperatur-Differenz zwischen dem Prüf- und Referenzsensor.	$\pm(0,05.v_a+0,05)$; $v_a < 1$ m/s $\pm(0,1.v_a)$; $1 < v_a < 10$ m/s	< 0,2 Sek.
Ahlborn 7814-20	Eine Linse bündelt die vom Objekt abgestrahlte Infrarotenergie auf einen Detektor, der die Energie in ein elektrisches Signal umwandelt, um die Oberflächentemperatur zu messen. Der Detektor muss vor der Messung auf die Emissionsfaktor und Eigenschaften des Messobjektes abzustimmen.	± 1 K (0 bis 900 °C) ± 2 K (-30 bis 0 °C)	250 mSek.
DK302EXT- CMOSens	Miniaturdatenlogger mit externem Sensor zur Erfassung der Luftfeuchte und -temperatur.	± 2 % RH; (10 bis 90%) $\pm 0,5$ K; (-30 bis 120 °C)	2 Sek.
Vaisala GMW22	Die CO ₂ -Konzentration wird nach den Infrarot-Absorptionsverfahren erfasst. In der Testkammer des Sensors erfolgt die Messung der Absorption der IR-Strahlung durch das CO ₂ .	< $\pm(30\text{ppm} + 2\% \text{ v. Mw.})$; bei 25 °C (0 bis 2000 ppm) t_a (-5 bis 45 °C) φ (0 bis 85 %)	1 Min.
ETR Luqas I	Zur Ermittlung des Anteils an „flüchtige organische Verbindungen“ (TVOC). Der ermittelte Wert ist referenzlos, jedoch als Vergleich innerhalb der Messreihe zu verwenden.	Unabhängig von t_a und φ (Fehler max. 3% v. Mw.)	< 5 Sek.
Gossen MAVO- Monitor	Erfassung der Leuchtdichte mit einem Silizium-Fotoelement und integrierte Korrektionsfilter.	1 bis 1999 cd/m ² $\pm(2,5\% \text{ v. Mw.} + 4 \text{ Digits})$ (Fehler max. 3% v. Mw.)	< 2 Sek (Erfah- rungs- wert)

Tabelle 8 Messfühler im Mobile Lab des IGS



Abbildung 90 Mobile-LAB des IGS – Mobiler Messwagen

Aus den gemessenen Werten (Lufttemperatur, Oberflächentemperaturen etc.) werden nach den Rechenvorschriften der Norm Bewertungsgrößen wie das PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), das PMV (Predicted Mean Vote), die operative Temperatur, usw. errechnet. Beispielhaft sei hier die Formel für das PMV aufgeführt.

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] \\ - 1,7 \times 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) \\ - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_c \cdot h_c (t_{cl} - t_a) \right\} \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{für } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{für } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{für } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{für } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases} \quad (4)$$

Hierbei ist:

- M der Energieumsatz (W/m^2)
- W die wirksame mechanische Leistung (W/m^2)
- p_a der Wasserdampfpartialdruck (Pa)
- t_a die Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$)
- t_{cl} Oberflächentemperatur der Bekleidung ($^{\circ}\text{C}$)
- f_{cl} Bekleidungsflächenfaktor
- I_{cl} Isolation durch Bekleidung ($\text{m}^2\text{K/W}$)
- \bar{t}_r mittlere Strahlungstemperatur ($^{\circ}\text{C}$)
- v_{ar} relative Luftgeschwindigkeit (m/s)

Die Bewertung erfolgt in Anlehnung an DIN EN ISO 7730:2006 über die Bildung von Kategorien (A, B, C) wie in Abbildung 91 dargestellt.

A	Grün:	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.
	Weiß:	Nicht akzeptabel

Abbildung 91 Kategorien des Komfort-Monitoring

6.2.2 Ergebnisse: ⁴

Zwischen Okt. 2004 und Okt. 2006 wurden an 118 Messtage 1348 Messzyklen in 280 Arbeitsräume, die in 30 Gebäuden (Forschungsprojekte EVA und TwinSkin) verteilt sind, messtechnisch erfasst. Neben den Messungen wurden räumliche Eigenschaften, Lüftungssituationen und die individuellen Empfindungen der Raumnutzer erhoben. Die Ergebnisse wurden für einzelne Gebäude wie in Abbildung 92 (Beispiel Bayer) dargestellt.

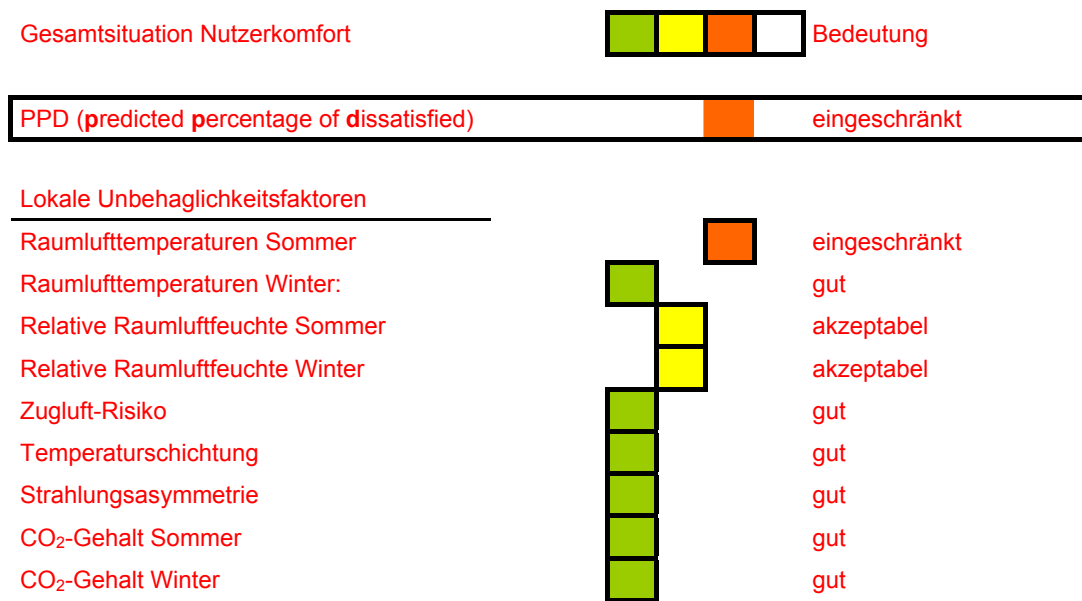


Abbildung 92: Ergebniszusammenfassung der Komfortmessungen im Gebäude der Bayerwerke in Leverkusen

Für das Beispiel zeigen die Messergebnisse in der Bewertung nach den Grenzwerten der DIN EN ISO 7730:2006, dass der thermische Raumkomfort insgesamt eingeschränkt ist, die meisten lokalen Behaglichkeitsfaktoren aber gut bzw. akzeptabel sind. Grundsätzlich bestimmt hierbei die schlechteste Bewertung das Gesamtergebnis.

Im vorliegenden Beispiel zeigte die Raumlufttemperatur im Sommer tendenziell kühlere Raumtemperaturen. Dies wird zum ausschlaggebenden Faktor für eine eingeschränkt akzeptable Wertung im PPD. Im Empfinden der Nutzer werden die Temperaturen aber als angenehm wahrgenommen.

PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied

Aus den gemessenen physikalischen Größen kann ein Prozentsatz Unzufriedener (Nutzer) berechnet werden – der sog. PPD-Index („PPD“). Über den PPD lässt sich der thermische Raumkomfort bewerten. Als Maßstab für die Bewertung werden sowohl normierte Grenzwerte nach DIN EN ISO 7730:2006

⁴ Die dargestellten Ergebnisse wurden im Wesentlichen von Herrn Architekt Ernesto Kuchen erarbeitet, einem argentinischen DAAD Stipendiaten, der über das in TwinSkin entwickelte Spotmonitoring promoviert.

(siehe Abbildung 93) verwendet, zusätzlich werden die Ergebnisse der TwinSkin-Gebäude mit den Messergebnissen von Referenzgebäuden (EVA) verglichen.

	Farbe	Begrenzung	Bezeichnung
A	Grün:	PPD < 6%	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	6% ≤ PPD < 10%	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	10% ≤ PPD < 15%	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.

Abbildung 93: Normierten Grenzwerte des PPD-Index nach DIN EN ISO 7730:2006

Die Einzelergebnisse zeigen für die Gebäude mit Doppelfassaden eine gute bis akzeptable Komfortsituation im Winter (siehe Abbildung 94 und Abbildung 95, fett umrandet). Lediglich zwei Gebäude verzeichnen ein PPD in der Kategorie B, alle anderen liegen im guten Komfortbereich. Für diese Gebäude wurden im Winter eher höhere Temperaturen gemessen.

Im Sommer ist eine Steigerung der Prozentzahl Unzufriedener (PPD) nach DIN EN ISO 7730:2006 festzustellen. Abbildung 95 zeigt die Platzierung der Gebäude mit Doppelfassaden im Vergleich zu anderen Referenzobjekten der Untersuchung. Fast alle Gebäude werden in diesem Vergleich mit der Kategorie B versehen, ein Gebäude zeigt sogar eingeschränkten Komfort. Ursache sind diesmal zu kühle Temperaturen (Mittelwert PPD: 11,6% Unzufriedene)

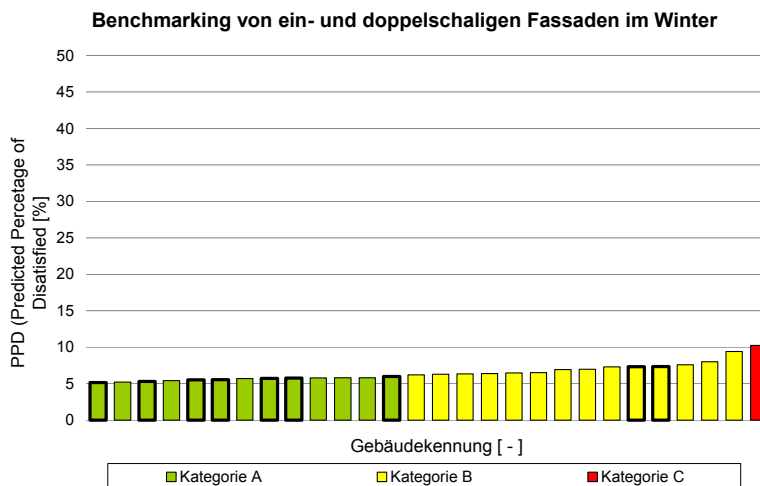


Abbildung 94: Sortierte Darstellung der ermittelten PPD-Indexe der Wintermessung (Eva und TwinSkin-Gebäude, letztere fett umrandet)

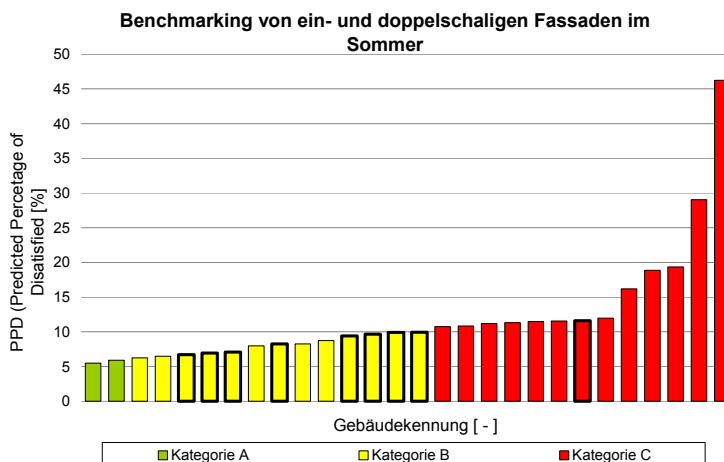


Abbildung 95 Sortierte Darstellung der ermittelten PPD-Indexe der Sommermessung (Eva und TwinSkin-Gebäude, letztere fett umrandet)

PMV- Predicted Mean Vote

Ursache für die unter zuvor mit Hilfe des PPD-Index dargestellten Anteile unzufriedener Nutzer können kältere oder wärmere Bedingungen sein.

Um eine Aussage zu den thermischen Bedingungen zu finden, wird aus den gemessenen thermischen Größen der PMV-Index („PMV“) ermittelt. Das PMV wird auf einer 7-punkte Skala von -3 bis +3, nach Bedford, bewertet. Die Skala sieht wie folgt aus:

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Kalt	Kühl	Etwas kühl	Angenehm	Etwas warm	Warm	Heiß

Die nach DIN EN ISO 7730:2006 gültigen Grenzwerte zur Bewertung des PMV-Index werden in Abbildung 96 klassifiziert.

	Farbe	Begrenzung	Bezeichnung
A	Grün:	$-0,2 < PMV < +0,2$	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	$-0,5 < PMV \leq -0,2$ $+0,2 \leq PMV < +0,5$	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	$-0,7 < PMV \leq -0,5$ $+0,5 \leq PMV < +0,7$	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.

Abbildung 96 Bewertung des PMV-Index nach DIN EN ISO 7730:2003

Abbildung 97 zeigt die Ergebnisse des berechneten PMV-Indexes für alle Gebäude als sortierte Summenhäufigkeit der Sommer und Wintermessungen. Zum Vergleich erfolgt eine Unterscheidung in Gebäude mit einschaligen Fassaden (Projekt EVA) und doppelschalige Gebäude (TwinSkin). Über die statistische Summe betrachtet, sind einschalige Gebäude geringfügig wärmer als die doppelschaligen. Für beide Fassadentypen bleiben ca. 40 % in der Kategorie A (EVA: 44%, TS. 41,3%), weitere 40% liegen im Kategorie B (EVA: 37,3%, TS. 39,9%). 10% beider Gebäudetypen liegen im Bereich leicht eingeschränkten Komforts, Kategorie C (EVA: 8,1%, TS. 10,6%). Ca. 10% aller Werte liegen außerhalb der oben beschriebenen Komfortbedingungen. Auffällig ist die Verschiebung der Kurven im oberen Bereich, hier sind geringfügig mehr EVA-Gebäude ausserhalb der Komfortkategorien, Gebäude mit Doppelfassaden bleiben quasi etwas häufiger kühl.

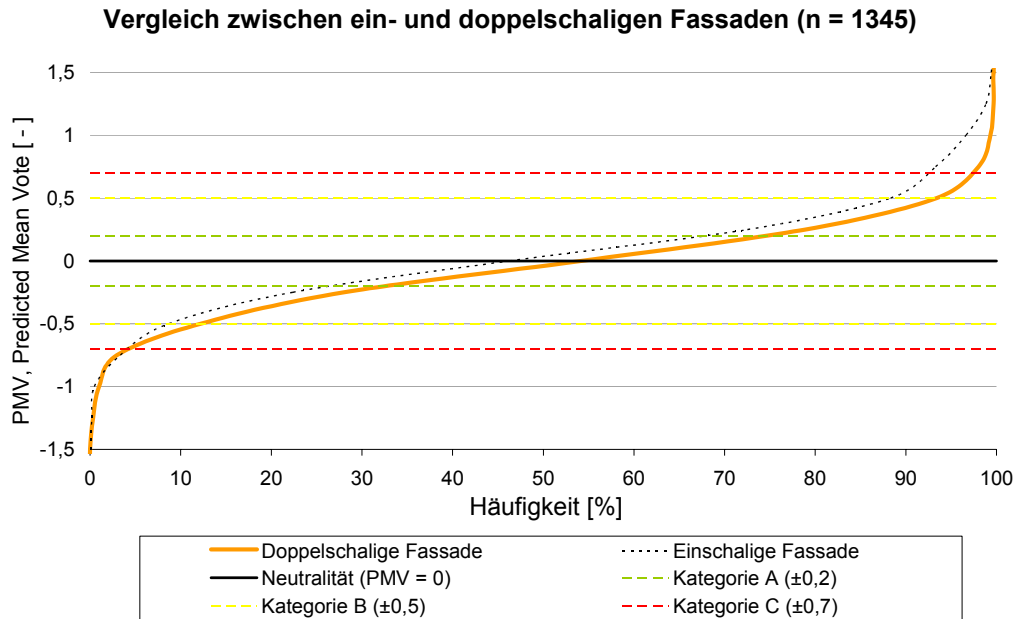


Abbildung 97 Einzelergebnisse des PMV-Index

Parallel zu den Komfortmessungen erfolgt im Sommer und im Winter jeweils morgens, mittags und nachmittags eine kurze Befragung der am Arbeitsplatz anwesenden Nutzer. Die Nutzer müssen entsprechend ihres thermischen Empfindens votieren.

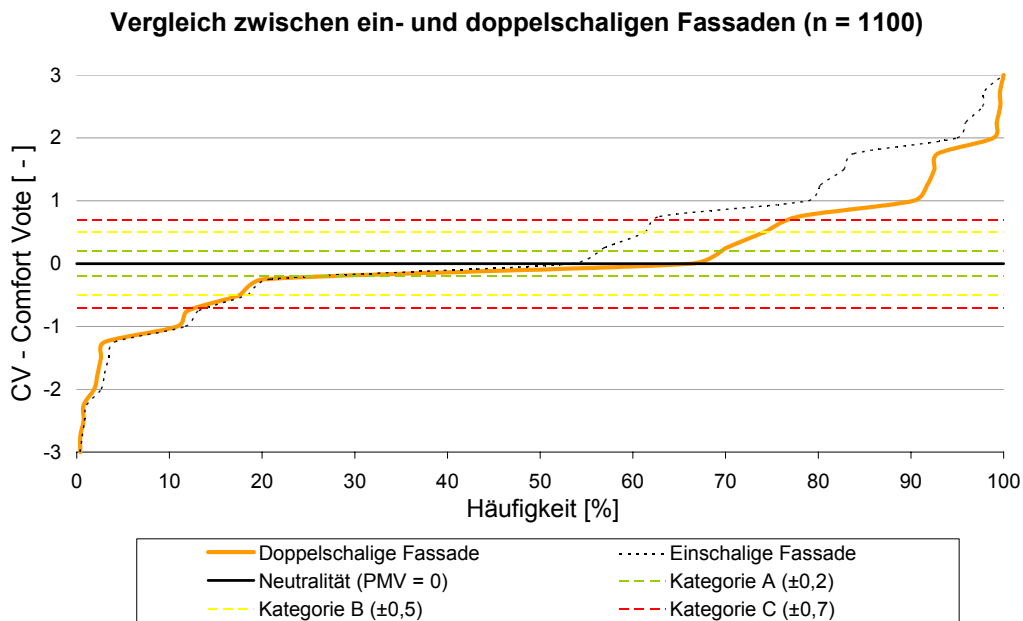


Abbildung 98 Häufigkeitsverteilung des realen Nutzervotums

In der Bewertung durch die Nutzer ergibt sich eine auffällige Verschiebung im oberen Bereich. Die Temperaturen in Räumen mit Doppelfassaden werden eher als kühler empfunden (siehe Abbildung 98). Die Abstufungen in der Häufigkeitslinie resultieren aus dem siebenstufigen Befragungsmodus, bzw. der

Möglichkeit auch zwischen zwei Behaglichkeitswerten anzukreuzen. (s.a. Anhang C Fragebogen Spotmonitoring).

In der Wahrnehmung liegen 34% der einschaligen Räume in der Behaglichkeitskategorie A , jedoch 47% der Räume mit Doppelfassaden. Gleichzeitig liegen für beide Typologien insgesamt viele Bewertungen außerhalb der Behaglichkeit (erschreckende 50% EVA, 36% TwinSkin). Das bessere Ergebnis für Doppelfassaden ergibt sich vor allem aus dem warmer Bereich ($CV > 0,7$). Die Messung bestätigt sich somit in der Tendenz. Im Gebäudebetrieb beeinflussen oder überlagern somit andere Einflüsse die Bewertung der Behaglichkeit (s. a. [46], S. 14, bzw. S. 19 wobei von wechselseitiger Beeinflussung ausgegangen werden kann).

Operative Raumlufftemperatur

Entsprechend DIN EN ISO 7730:2006 sollte die operative Temperatur in Innenräumen im Sommer maximal 26 °C und minimal 23 °C betragen (siehe Abbildung 99).

	Farbe	Begrenzung	Bezeichnung
A	Grün:	$23,5^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{op}} \leq 25,5^{\circ}\text{C}$	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	$23,0^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{op}} < 23,5^{\circ}\text{C}$ $25,5^{\circ}\text{C} < T_{\text{op}} \leq 26,0^{\circ}\text{C}$	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	$22,0^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{op}} < 23,0^{\circ}\text{C}$ $26,0^{\circ}\text{C} < T_{\text{op}} \leq 27,0^{\circ}\text{C}$	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.

Abbildung 99: Bewertung der operativen Temperatur im Sommer nach DIN EN ISO 7730:2006

Im Winter sind operative Temperaturen zwischen 20 und 24 °C in Innenräumen zulässig (siehe Abbildung 100).

	Farbe	Begrenzung	Bezeichnung
A	Grün:	$21^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{op}} \leq 23^{\circ}\text{C}$	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	$20^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{op}} < 21^{\circ}\text{C}$ $23^{\circ}\text{C} < T_{\text{op}} \leq 24^{\circ}\text{C}$	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	$19^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{op}} < 20^{\circ}\text{C}$ $24^{\circ}\text{C} < T_{\text{op}} \leq 25^{\circ}\text{C}$	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.

Abbildung 100 Bewertung der operativen Temperatur im Winter nach DIN EN ISO 7730:2006

Die operative Temperatur wird im Folgenden ebenfalls als Summenhäufigkeit aufgetragen. Zusätzlich sind (vereinfachend) die maximale, empfohlene Temperatur im Sommer (Kategorie B) und die minimale, empfohlene Temperatur im Winter (Kategorie B) nach DIN EN ISO 7730:2006 dargestellt. Für die gemessenen Räume hinter den doppelschaligen Fassaden zeigen sich etwas bessere Bedingungen. Die ermittelten Temperaturen liegen häufiger über 22 °C (mehr Kategorie A) bzw. häufiger unter 26 °C (noch Kategorie B, siehe Abbildung 101)

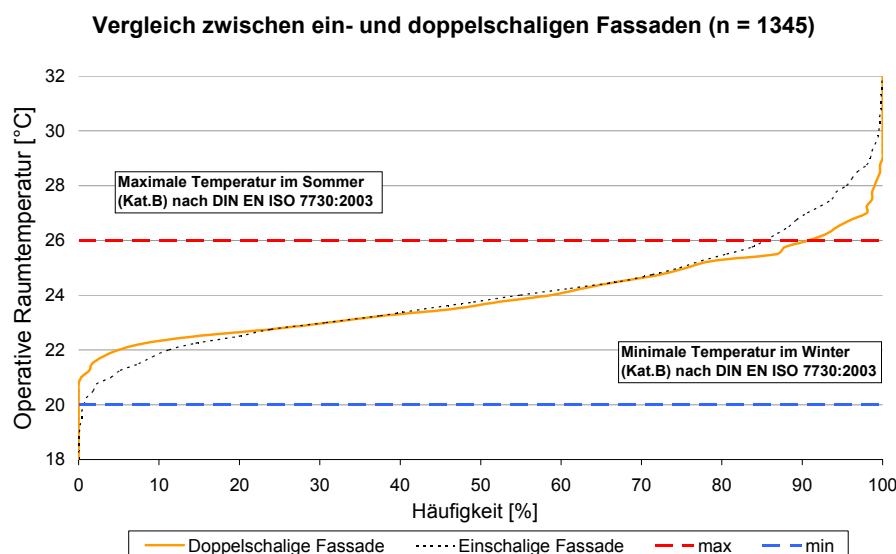


Abbildung 101 Häufigkeitsverteilung der operativen Temperatur in [°C]

Temperaturschichtung

Nach DIN EN ISO 7730:2006 soll die Temperaturdifferenz der Temperaturen in 0,10 m und 1,10 m über OKF nicht mehr als 4 K betragen. Die normierten Grenzwerte zur Bewertung der Temperaturschichtung zeigt Abbildung 102.

	Farbe	Begrenzung	Bezeichnung
A	Grün:	$\Delta t < 2 \text{ K}$	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	$2 \text{ K} \leq \Delta t < 3 \text{ K}$	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	$3 \text{ K} \leq \Delta t < 4 \text{ K}$	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.

Abbildung 102 Bewertungskriterien des Komforts in Abhängigkeit des Temperaturgradienten

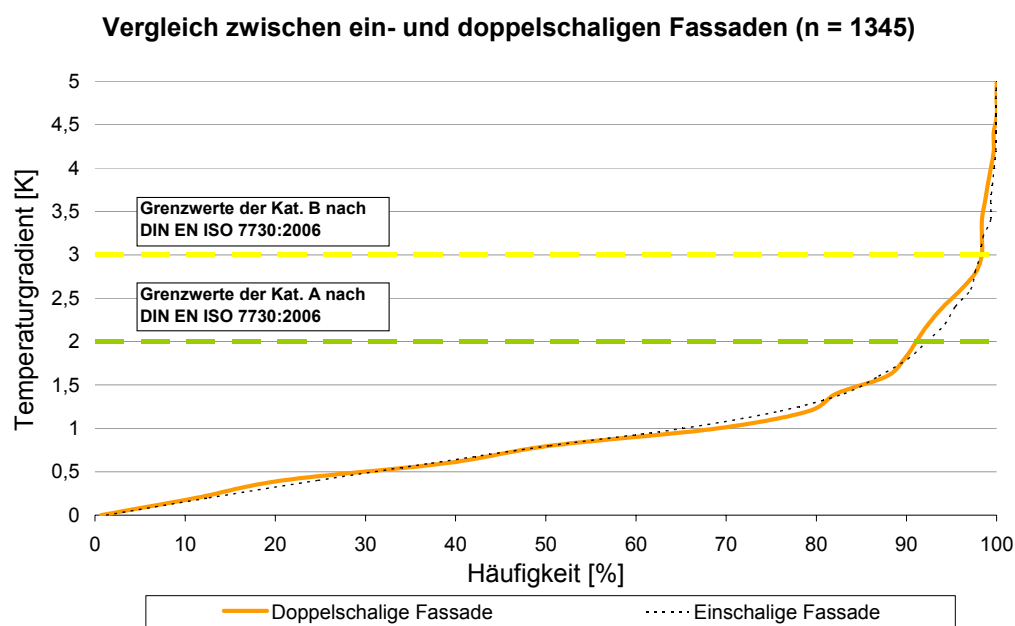


Abbildung 103 Häufigkeitsverteilung der Temperaturgradienten bei ein- und zweischaligen-Gebäuden

Die Auswertung zeigt ein gutes Ergebnis für über 90% der Gebäude. Ein signifikanter Unterschied zwischen TwinSkin- Gebäuden und einschaligen Gebäuden ist nicht feststellbar (siehe Abbildung 103).

Zugluft

Eine überhöhte Luftbewegung kann unerwünschte Zegerscheinungen hervorrufen. Die Prozentzahl Unzufriedener infolge Zugluft ist abhängig von der Lufttemperatur sehr unterschiedlich, so dass es zur Bewertung der Luftbewegung nach DIN EN ISO 7730:2006 für Sommer und Winter unterschiedliche Grenzwerte gibt. Abbildung 104 zeigt die normierte Grenzwerte für die Luftbewegung in [m/s] abhängig von Jahreszeit.

	Farbe	Sommer	Winter	Bezeichnung
A	Grün:	$v_a \leq 0,12$	$v_a \leq 0,10$	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	$0,12 < v_a \leq 0,19$	$0,10 < v_a \leq 0,16$	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.

C	Rot:	$0,19 < v_a \leq 0,24$	$0,16 < v_a \leq 0,21$	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.
----------	------	------------------------	------------------------	---

Abbildung 104 Bewertung der Luftbewegung in [m/s] nach DIN EN ISO 7730:2006 abhängig von der Jahreszeit

	Farbe	Begrenzung	Bezeichnung
A	Grün:	$DR < 10\%$	Guter Komfort, keine Probleme.
B	Gelb:	$10\% \leq DR < 20\%$	Akzeptabler Komfort, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	$20\% \leq DR < 30\%$	Leicht eingeschränkter Komfort, geringe Überschreitung von Grenzwerten.

Abbildung 105 Bewertung der Beeinträchtigung durch Zugluft (Draught Rating – DR) nach DIN EN ISO 7730:2006

Zur Bewertung einer Abkühlung infolge Zugluft wird nach DIN EN ISO 7730:2006 aus den Parametern Lufttemperatur, mittlere Luftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad ein prozentualer Anteil Unzufriedener ermittelt (siehe Abbildung 105). Die gemessenen prozentualen Anteile Unzufriedener sind in Abbildung 106 dargestellt. Erneut erfolgt eine Unterscheidung nach einschaligen und doppelschaligen Gebäuden. Insgesamt konnte keine wesentliche Unzufriedenheit aufgrund von Zugluft-Risiko festgestellt werden (60 % der TwinSkin-Räume zeigen kein Zugluftrisiko). Für beide Typologien bleiben die Ergebnisse unter 5% Unzufriedener (außerhalb Kategorie B).

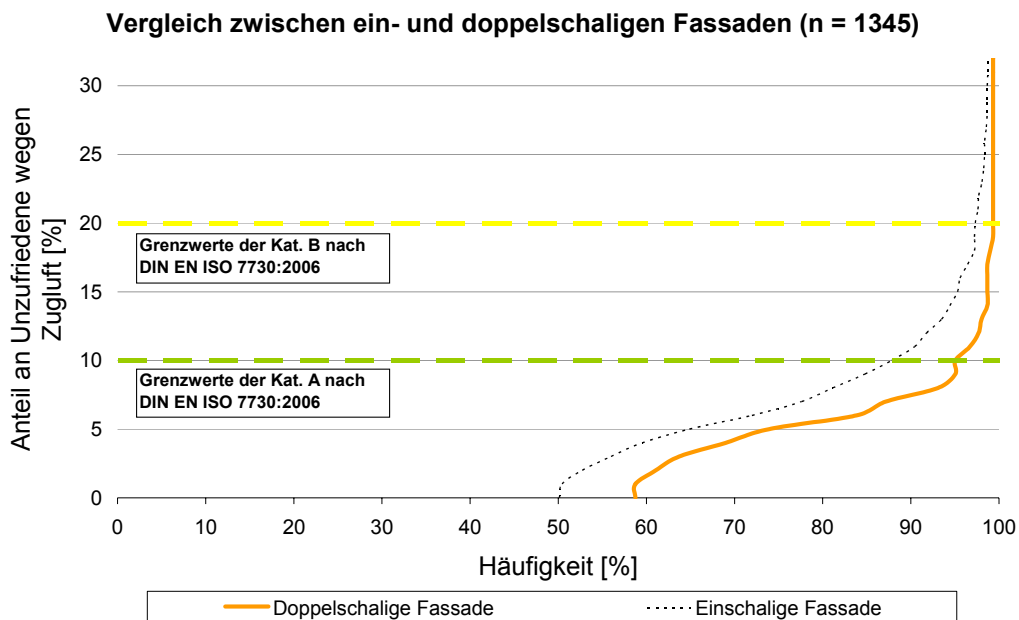


Abbildung 106 Berechneter Anteil Unzufriedener in einschaligen und doppelschaligen Gebäuden aufgrund von Zugluft

Auffällig ist ein erhöhter Anteil Unzufriedener im Bereich der einschaligen Fassaden. Dies begründet sich mit höheren gemessenen Luftgeschwindigkeiten in diesen Gebäuden (siehe Abbildung 107).

Vergleich zwischen ein- und doppelschaligen Fassaden (n = 1345)

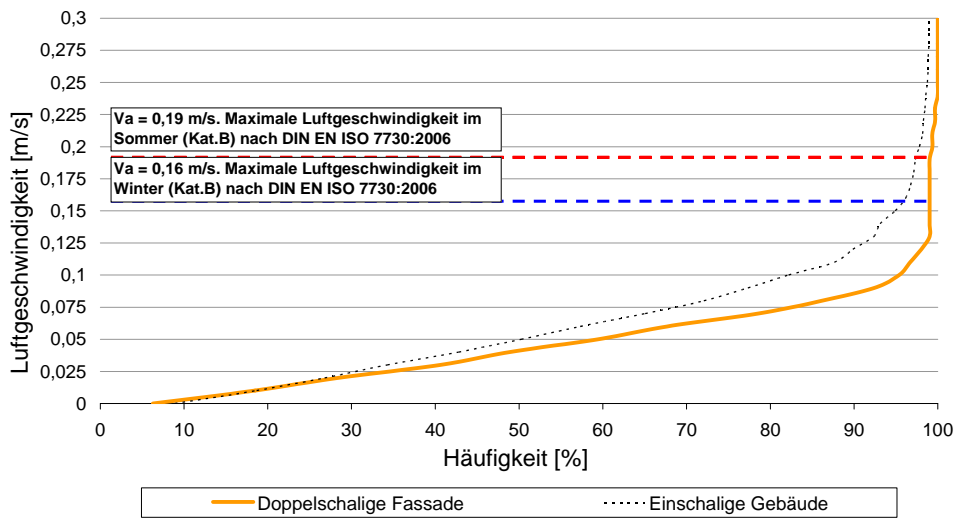


Abbildung 107 Vergleich der gemessenen Luftgeschwindigkeiten in einschaligen und TwinSkin-Gebäuden

Nutzervotum

In der Befragung wurden die Nutzer zunächst generell nach der Wahrnehmung von Luftzug gefragt (Antwort ja/nein), anschließend konnten sie diese Wahrnehmung auf einer siebenstufigen Skale bewerten (*stört mich sehr bis stört gar nicht*). In der Bewertung durch die Nutzer nehmen 35% eine neutrale Haltung zum Zugluftrisiko ein, 11% fühlen sich deutlich gestört und 54% stört es nicht (siehe Abbildung 108). In den generellen Nutzerbefragungen stellt sich die Auswirkung von Zugluft geringfügig anders dar: immerhin 8% empfinden starken Luftzug, 65% nehmen gelegentlich Luftzug in unterschiedlichen Ausprägungen wahr und „nur“ 27% empfinden gar keinen Luftzug. Die Auswirkung auf das Wohlbefinden wird ähnlich beurteilt (Mittleres Votum liegt dann bei 4.0 in einer siebenstufigen Skala).

Vergleich zwischen ein- und doppelschaligen Fassaden (n = 1100)

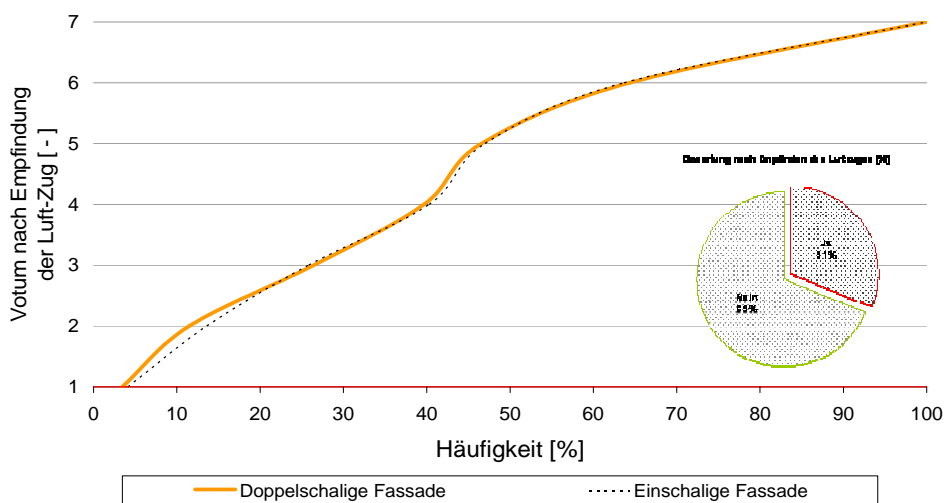


Abbildung 108 Häufigkeitsverteilung der Zugluftempfindung in einschaligen und TwinSkin-Gebäuden

Strahlungsasymmetrie

Strahlungsasymmetrie zwischen gegenüberliegenden Bauteiloberflächen verursacht durch warme bzw. kalte Oberflächen kann eine thermische Unbehaglichkeit hervorrufen. Die normierten Grenzwerte sind in Abbildung 109 aufgeführt.

	Farbe	Warme Decke	Kühle Wand	Kühle Decke	Warme Wand
A	Grün:	< 5 K	< 10 K	< 14 K	< 23 K
C	Rot:	< 7 K	< 13 K	< 18 K	< 35 K

Abbildung 109 Bewertung der Strahlungsasymmetrie nach DIN EN ISO 7730:2003

In Abbildung 110 sind die gemessenen Strahlungsasymmetrien der Raumboflächen als Summenhäufigkeit aufgetragen. Im Vergleich zwischen ein- und zweischaligen Gebäuden zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Büroräume. Für höhere Strahlungsasymmetrien zeigt sich eine leichte Erhöhung der Temperaturdifferenz zugunsten der Doppelfassaden, die durch die Pufferwirkung der Fassade verursacht ist. In der Bewertung bleiben die Räume jedoch im zulässigen Bereich. Die auffälligen Messergebnisse zeigten sich überwiegend im Sommer, mittags bei Gebäuden mit einem Verglasungsanteil von mehr als 60%. Die Mehrheit dieser Gebäude verfügt zudem über eine Bauteilaktivierung bzw. Kühldecke, was die Strahlungsasymmetrie ebenfalls beeinflusst.

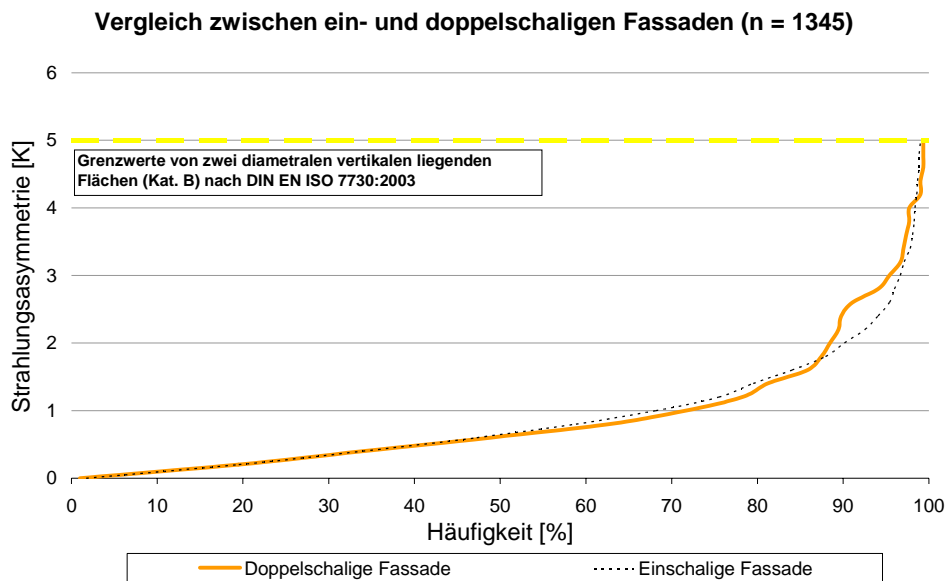


Abbildung 110 Einzelergebnisse der Strahlungsasymmetrie in [K]

Abbildung 108 Häufigkeitsverteilung der Zugluftempfindung in einschaligen und TwinSkin-Gebäuden

Strahlungsasymmetrie

Strahlungsasymmetrie zwischen gegenüberliegenden Bauteiloberflächen verursacht durch warme bzw. kalte Oberflächen kann eine thermische Unbehaglichkeit hervorrufen. Die normierten Grenzwerte sind in Abbildung 109 aufgeführt.

	Farbe	Warme Decke	Kühle Wand	Kühle Decke	Warme Wand
A	Grün:	< 5 K	< 10 K	< 14 K	< 23 K
C	Rot:	< 7 K	< 13 K	< 18 K	< 35 K

Abbildung 109 Bewertung der Strahlungsasymmetrie nach DIN EN ISO 7730:2003

In Abbildung 110 sind die gemessenen Strahlungsasymmetrien der Raumbooberflächen als Summenhäufigkeit aufgetragen. Im Vergleich zwischen ein- und zweischaligen Gebäuden zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Büroräume. Für höhere Strahlungsasymmetrien zeigt sich eine leichte Erhöhung der Temperaturdifferenz zugunsten der Doppelfassaden, die durch die Pufferwirkung der Fassade verursacht ist. In der Bewertung bleiben die Räume jedoch im zulässigen Bereich. Die auffälligen Messergebnisse zeigten sich überwiegend im Sommer, mittags bei Gebäuden mit einem Verglasungsanteil von mehr als 60%. Die Mehrheit dieser Gebäude verfügt zudem über eine Bauteilaktivierung bzw. Kühldecke, was die Strahlungsasymmetrie ebenfalls beeinflusst.

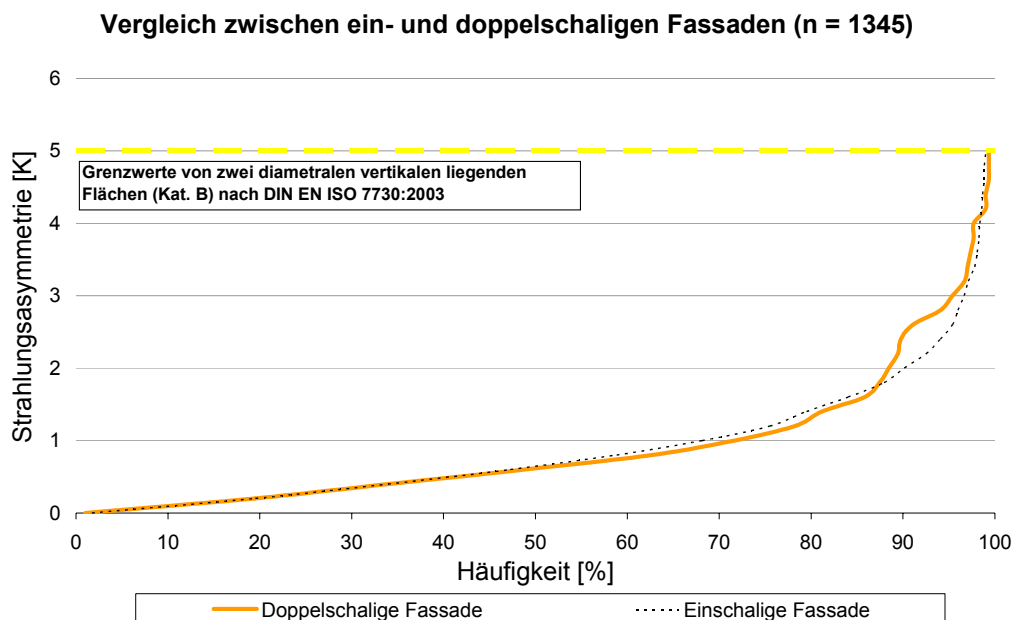


Abbildung 110 Einzelergebnisse der Strahlungsasymmetrie in [K]

6.2.2.1.1 CO₂-Gehalt

Grenzwerte des CO₂-Gehalts sind in der DIN EN ISO 7730:2006 nicht enthalten. Im Hinblick auf die Norm DIN 1946:1994 soll der CO₂-Gehalt nach Pettenkofer nicht höher als 1500 ppm (parts per million) sein. Grenzwerte für eine Kategorisierung wurde aus den am IGS gesammelten Erfahrungen abgeleitet. Abbildung 113 zeigt die so festgelegten Grenzwerte.

	Farbe	Begrenzung	Bezeichnung
A	Grün:	CO ₂ < 700ppm	Gute Luftqualität, keine Probleme.
B	Gelb:	700ppm ≤ CO ₂ < 1000ppm	Akzeptable Luftqualität, keine signifikanten Einschränkungen.
C	Rot:	1000ppm ≤ CO ₂ < 1500ppm	Leicht eingeschränkte Luftqualität, geringe Überschreitung von Grenzwerten.
D	Weiß:	CO ₂ > 1500ppm	Deutlich eingeschränkte Luftqualität, deutliche Überschreitung von Grenzwerten.

Abbildung 113 Bewertung des CO₂-Gehalts

Die Einzelergebnisse des CO₂-Gehalts sind in Abbildung 114 zusammengefasst. Es ist kein Unterschied zwischen ein- und doppelschaligen Fassaden festzustellen.

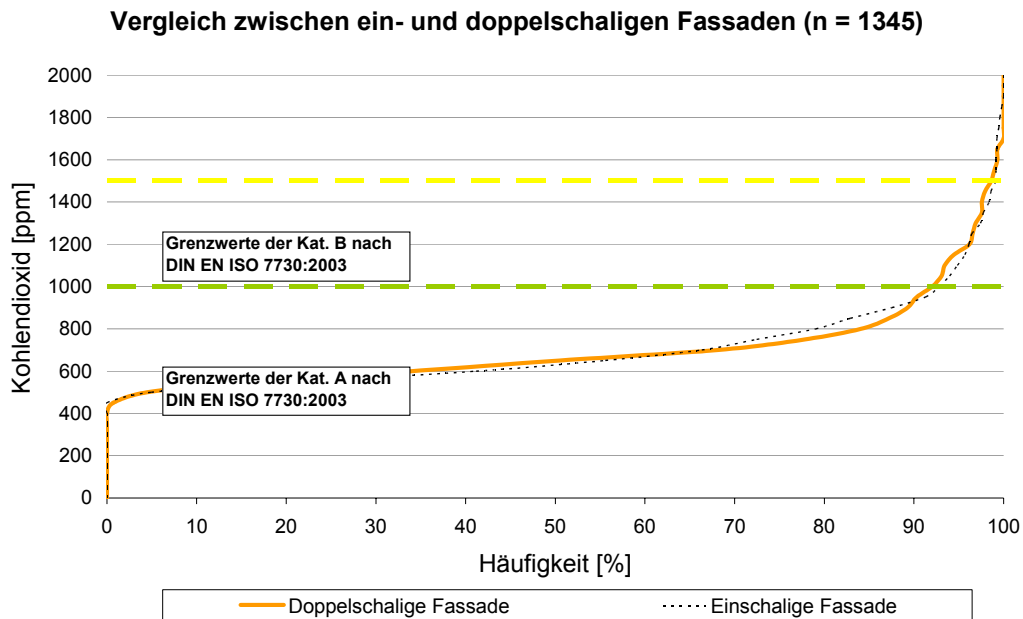


Abbildung 114 Auswertung der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Luft für einschalige und TwinSkin-Gebäude im Vergleich

6.3 Die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer⁵

Zur besseren Einschätzung der raumklimatischen Bedingungen wurden im Zeitraum Februar 2004 bis Juni 2006 in den Gebäuden Deutsche Messe Hannover (DHM), Bayer, Gesellschaft für Sozialen Wohnungsbau, Berlin (GSW) sowie dem Gebäude der Victoria Versicherung in Mannheim (VVM) Nutzerbefragungen durchgeführt⁶.

Die Befragungen erfolgten in einer interdisziplinären Kooperation des IGS mit der Universität Magdeburg, Institut für Psychologie. Es wurde ein gemeinsam entwickelter achtseitiger Fragebogen verwendet, der direkt am Arbeitsplatz an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Gebäude verteilt wurde (siehe Anhang). Zum größten Teil wurden den Teilnehmerinnen und Teilnehmern geschlossene Fragen gestellt, die sie auf Skalen bzw. durch Ankreuzen einer vorgegebenen Antwortmöglichkeit bearbeiten konnten. Meist in Ergänzung zu diesen Aspekten wurden einige Fragen gestellt, bei denen offen geantwortet werden konnte.

Die einzelnen Fragebogenteile bezogen sich der Reihe nach auf:

- Beschreibung des Arbeitsplatzes
- raumklimatische Bedingungen und Raumkomfort
- Raumakustik und Störgeräusche
- Selbst- und Umgebungsregulation (z.B. Anpassung von Kleidung, Fenster öffnen)
- Beleuchtungssituation
- Technische Ausstattung der Büros
- Gebäudetechnik (Informationsstand, Handhabung)
- Partizipation und Mitbestimmung im Betrieb (auch hinsichtlich gebäudebezogener Veränderungen)

In den folgenden Abschnitten wird vor allem auf Aspekte des Komforts eingegangen. Weitere Aspekte aus Sicht der Planer und Gebäudebetreiber wurden im Rahmen eines angegliederten Forschungsprojektes („Vom Nutzen der Nutzer“, DBU, AZ 22714) erhoben und wurden ausführlich im letzten Zwischenbericht (September 2006) sowie dem Abschlußbericht (Juni 2007) der Uni Magdeburg behandelt.

⁵ Co-Autorin dieses Kapitels: Dipl.-Psych. Melanie Jaeger, IPSY, Magdeburg.

⁶ Es hat noch eine weitere postalische Befragung im Gebäude der Allianz, Berlin stattgefunden, da wir keinen Zugang zum Haus erhielten. Der Rücklauf der Fragebögen war allerdings nicht zufrieden stellend (6 Exemplare) und die Fragebögen z.T. sehr unvollständig ausgefüllt. Aufgrund gewisser Unklarheiten wurden diese nicht in die gegenwärtige Auswertung miteinbezogen

Die folgende Übersicht zeigt, wie viele Personen an den jeweiligen Untersuchungsorten teilgenommen haben sowie einige ihrer Personendaten.

Gebäude	Personen	Alter	Männl./weibl.	Im Gebäude seit Jahren
B01	48	25 – 61 (Mittelwert 41)	14/ 28	3,5
B02	25	26 – 52 (Mittelwert 40,3)	12/ 13	2,4
B03	43	20 – 59 (Mittelwert 37,2)	20/ 23	2
B04	57	21 - 57 (Mittelwert 39,8)	32/ 25	3,5
Gesamt bzw. Mittelwert	173	39,575	19,5/22,5	2,85

Tabelle 9 Übersicht Untersuchungsteilnehmer und -teilnehmerinnen

Einschätzung der raumklimatischen Bedingungen

Der erste Abschnitt des Fragebogens stellt Fragen zur Aufenthaltsqualität am Arbeitsplatz. Hier werden einige Aspekte, die zur objektiven Bestimmung bzw. Berechnung der thermischen Behaglichkeit dienen, aus der subjektiven Sicht des Individuums abgefragt. Zu den Aspekten zählen: die empfundene Raumtemperatur sowie Luftfeuchte (differenziert nach Sommer und Winter) und der empfundene Luftzug. Die Befragten werden um eine Einschätzung der Luftqualität gebeten und nach Geruchsbelästigungen gefragt. Die Befindlichkeiten konnten auf einer siebenstufigen Skala angegeben werden (siehe Beispiel in Abbildung 115). Bei den Aspekten Temperatur und Luftfeuchte gab es jeweils drei Abstufungen für ‚zu warm‘/ ‚zu kalt‘ bzw. ‚zu feucht‘/ ‚zu trocken‘, die mittlere Kategorie stellt hier das Optimum dar (‚weder zu kalt noch zu warm‘). Bei der Luftqualität standen jeweils drei Stufen für positive (‚eher gut‘ bis ‚sehr gut‘) sowie negative (‚eher schlecht‘ bis ‚sehr schlecht‘) Ausprägungen zur Verfügung, die mittlere Kategorie entspricht hier einer Bewertung als ‚mittelmäßig‘. Für die Stärke des Luftzuges sowie der Geruchsbelästigung konnte eine von 4 Ausprägungen (‚gar nicht vorhanden‘ bis ‚sehr stark vorhanden‘) gewählt werden, das Optimum ist in beiden Fällen eine möglichst geringe Ausprägung. Bei jedem Aspekt konnten die Befragten zudem angeben, wie stark die Auswirkung auf das Wohlbefinden ist.

Die Raumtemperatur empfinde ich im Sommer als:								
<i>sehr kalt</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>sehr warm</i>
Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:								
<i>sehr gering</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>sehr stark</i>

Abbildung 115: Beispiel für Frage und Antwortskala im NutzerInnen-Fragebogen

Im Folgenden werden auffällige Aspekte in den untersuchten Gebäuden zunächst für die jeweiligen Variablen im Einzelnen berichtet. Anschließend erfolgt eine Darstellung der Gebäude-Performance mit zusammengefassten Variablen.

Temperatur und Luftfeuchte

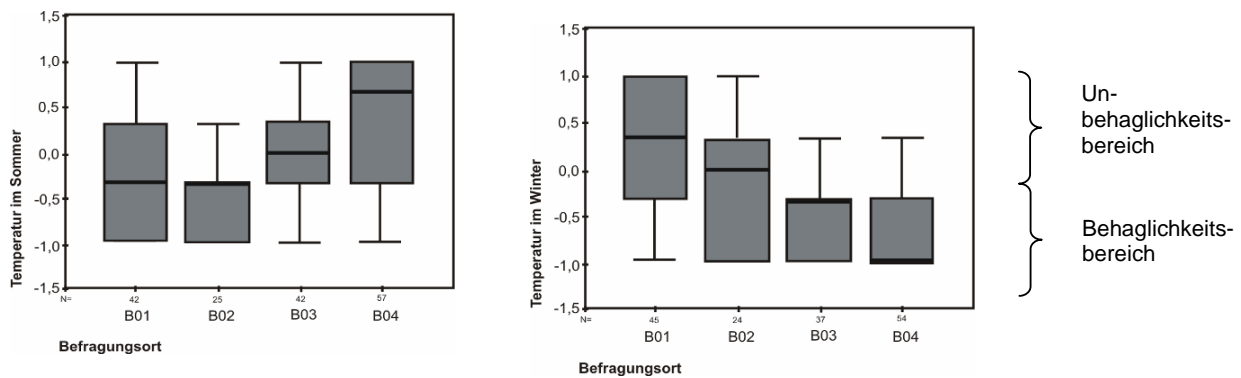


Abbildung 116: Temperatur im Sommer und Winter im Gebäudevergleich.

Die oben stehenden Grafiken, sog. Boxplots, zeigen die Mediane (schwarzer Balken) sowie den Bereich, in dem 50% der Werte liegen (graue Box). Der jeweils höchste und niedrigste Wert wird durch die von der Box ausgehenden Linien dargestellt, ohne Ausreißer zu berücksichtigen. Der Unbehaglichkeitsbereich geht von 0 bis +1 (d.h. zu hohe oder zu niedrige Temperatur), der Behaglichkeitsbereich von 0 bis -1. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gebäude im Vergleich unterschiedlich gut in Sommer und Winter abschneiden. Während im Gebäude B04 eher unbehagliche Temperaturen (Tendenz: zu warm) im Sommer vorliegen, trifft dies im Winter für das Gebäude B01 zu. Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt, dass die Beurteilung der Luftfeuchte im Gebäude B01 im Winter eher unbehaglich, in diesem Fall eher zu trocken ist. Im Sommer wird die Luftfeuchte in allen Gebäuden eher im Behaglichkeits-Bereich wahrgenommen.

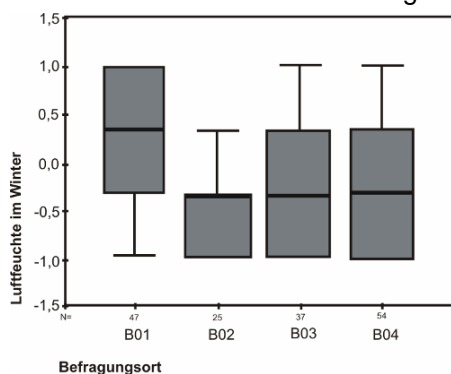


Abbildung 117 Luftfeuchte im Winter im Gebäudevergleich (-1 = genau richtig, + 1 zu trocken/ zu feucht)

Zugluft, Geruch und Luftqualität

Abbildung 118 zeigt die Bewertung der Luftqualität für die einzelnen Gebäude. In allen Gebäuden scheint die Luftqualität negativ empfunden zu werden, nur beim Gebäude B02 liegen 50% der Werte knapp an der Grenze bzw. im Behaglichkeitsbereich.

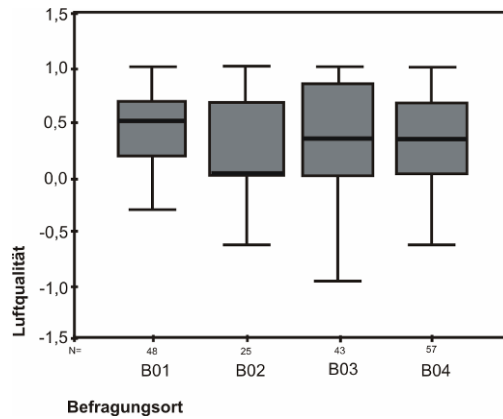


Abbildung 118 Bewertung der Luftqualität in den einzelnen Gebäuden

Eine Belastung im Hinblick auf Zugluft sowie Geruch scheint in keinem Gebäude in ausgeprägtem Maße vorzuliegen, wie die nachfolgenden Abbildungen 6 und 7 zeigen. Eine signifikante Unbehaglichkeit aufgrund von Zugluft scheint es ausschließlich in Gebäude B03 zu geben. Geruchsbelastungen werden in einigen Fällen in den Gebäuden von B02 und B03 wahrgenommen, beides Gebäude der Kategorie Mehrschloßfassade.

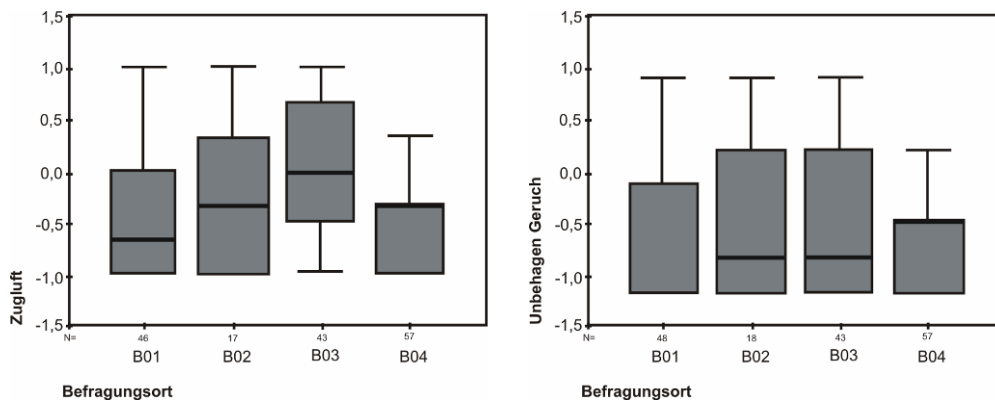


Abbildung 119 Belastung durch Zugluft bzw. Geruch aus Sicht der NutzerInnen im Gebäudevergleich.

Thermischer und hygienischer Komfort

Eine Betrachtung von Raumkomfort in seinen einzelnen Komponenten ist zwar aufschlussreich, in der Realität ist es jedoch das Zusammenwirken der Faktoren, welches Gebäudenutzer in ihrem Wohlbefinden beeinflusst. Daher wurden die Angaben verschiedenen statistischen Verfahren unterzogen, u.a. um herauszufinden, inwiefern die Werte der einzelnen Aspekte miteinander variieren und möglicherweise zu einem Gesamtindex wie ‚Raumkomfort‘ oder ‚thermische Behaglichkeit‘ zusammengefasst werden können. Eine Faktorenanalyse ergab hierbei, dass die Angaben zur Temperatur, zur Luftfeuchte, zum Geruch sowie zur Luftqualität zu einem Behaglichkeitswert zusammengefasst werden können, während die Werte für Luftzug unabhängig von den anderen Werten variieren und einen Einzelfaktor bilden. Die technische Definition sieht eine andere Aufteilung vor:

Der **thermische Komfort** setzt sich wie mehrfach dargestellt aus operativer Temperatur, Luftfeuchte und Luftzug zusammen. Parallel könnten die erhobenen Angaben zu Luftfeuchte, Luftqualität und Geruch unter dem Stichwort **hygienischer Komfort** zusammengefasst werden. Die Daten legen nahe, dass

die Werte für Luftzug nicht ohne Informationsverlust mit anderen Werten zusammengefasst werden können. Daher werden für den thermischen Komfort im Folgenden in zwei Werten dargestellt:

- thermischer Komfort 1: Temperatur in Sommer und Winter, Luftfeuchte in Sommer und Winter
- thermischer Komfort 2: Luftzug

Der hygienische Komfort umfasst:

- Luftfeuchte in Sommer und Winter
- Luftqualität
- Geruch

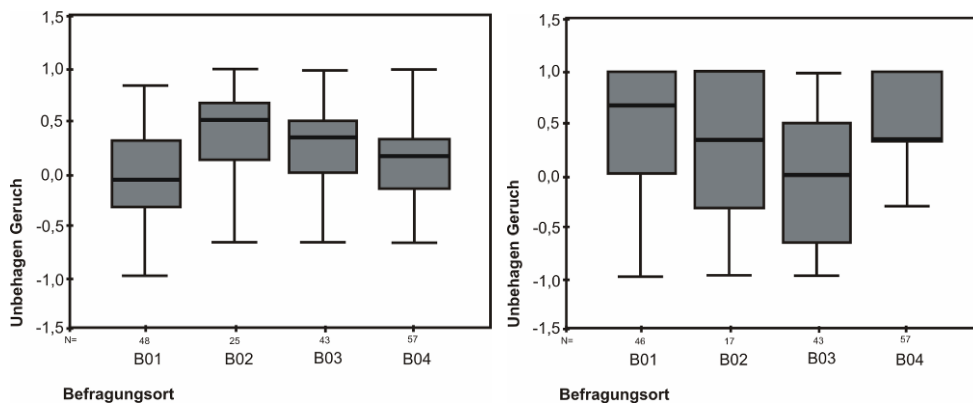


Abbildung 120 Streuung der Werte für thermischen Komfort 1 und 2 aufgeschlüsselt nach Gebäude (Komfort-Bereich liegt zwischen 0 und 1, Diskomfort-Bereich zwischen 0 und - 1)

Hinsichtlich des thermischen Komforts liegen die untersuchten Gebäude – bis auf das Gebäude B01 – aus der Perspektive der Nutzer im positiven Bereich. In der Beurteilung des Luftzuges fällt die Streuung der Werte im Gebäude der B03 auf, die sich über den gesamten Komfort- und Diskomfort- Bereich erstreckt. Hier liegen verteilt über das Gebäude unterschiedlich hohe Belastungen vor. Eine Überprüfung der Aktivitäten der Nutzer und Nutzerinnen hinsichtlich der Fensteröffnung ergab außer einer marginal höheren Rate bei der B03 keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Gebäuden. Beim hygienischen Komfort zeigt sich, dass vor allem im Falle B01 Komfort-Probleme vorliegen (siehe Abbildung 121).

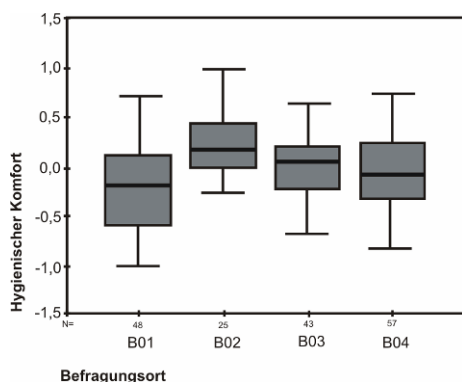


Abbildung 121: Streuung der Werte für hygienischen Komfort aufgeschlüsselt nach Gebäude.

Visuelle und akustische Behaglichkeit

Zur Berechnung der visuellen und akustischen Behaglichkeit wurden jeweils die Antworten zu drei Fragebogenfragen zu einem Wert zusammengefasst. Wie die folgenden Abbildungen verdeutlichen, gibt es in beiden Aspekten in keinem der Gebäude größere Unbehaglichkeiten. Im Gebäude B01 scheint es eine gewisse Zahl Unzufriedener in Bezug auf den visuellen Komfort zu geben, ähnliches gilt für die Gebäude B02 und B03 beim akustischen Komfort.

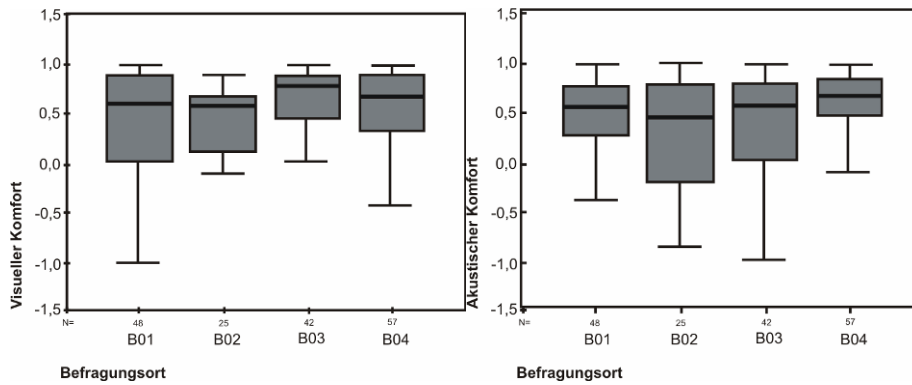


Abbildung 122: Visueller und akustischer Komfort im Gebäudevergleich.

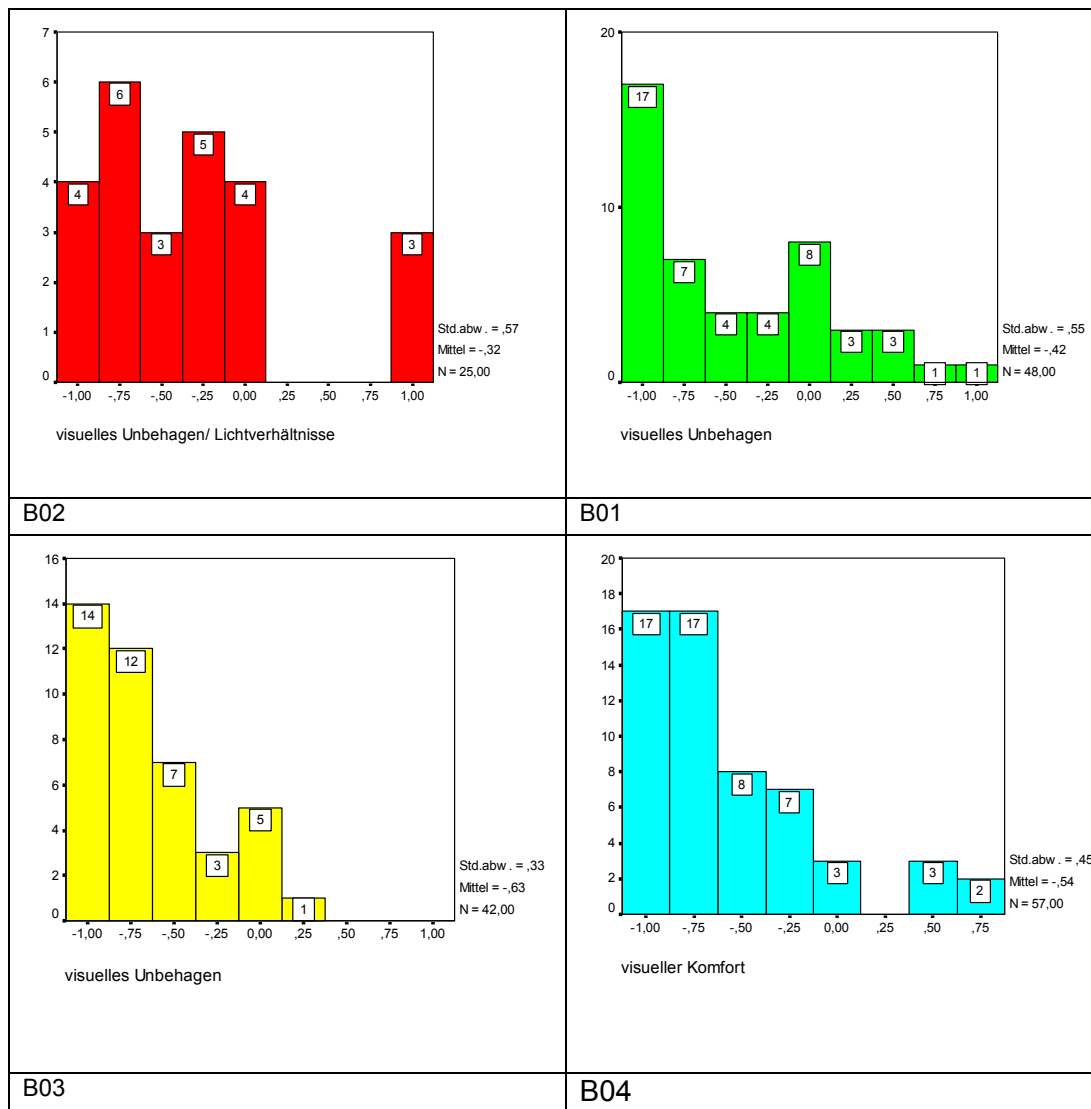


Abbildung 123: Visuelles Unbehagen in den Gebäuden

Die Grafen in Abbildung 123 zeigen die Werte aus den Befragungen für Unbehaglichkeiten für den visuellen Komfort. Die Mehrzahl der Werte liegt in allen 3 betrachteten Gebäuden im ‚Behaglichkeitsbereich‘ (kleiner oder gleich Null). Bei B02 sind es ca. 12 %, bei der B01 17% und in der B03 nur eine Person insgesamt, die visuelle Unbehaglichkeit angeben. Den erhobenen Werten stehen unauffällige bis gute Werte aus den Messung des Tageslichtquotienten gegenüber. Für B01 liegen keine Messwerte vor. (vgl auch Kapitel 7.5)

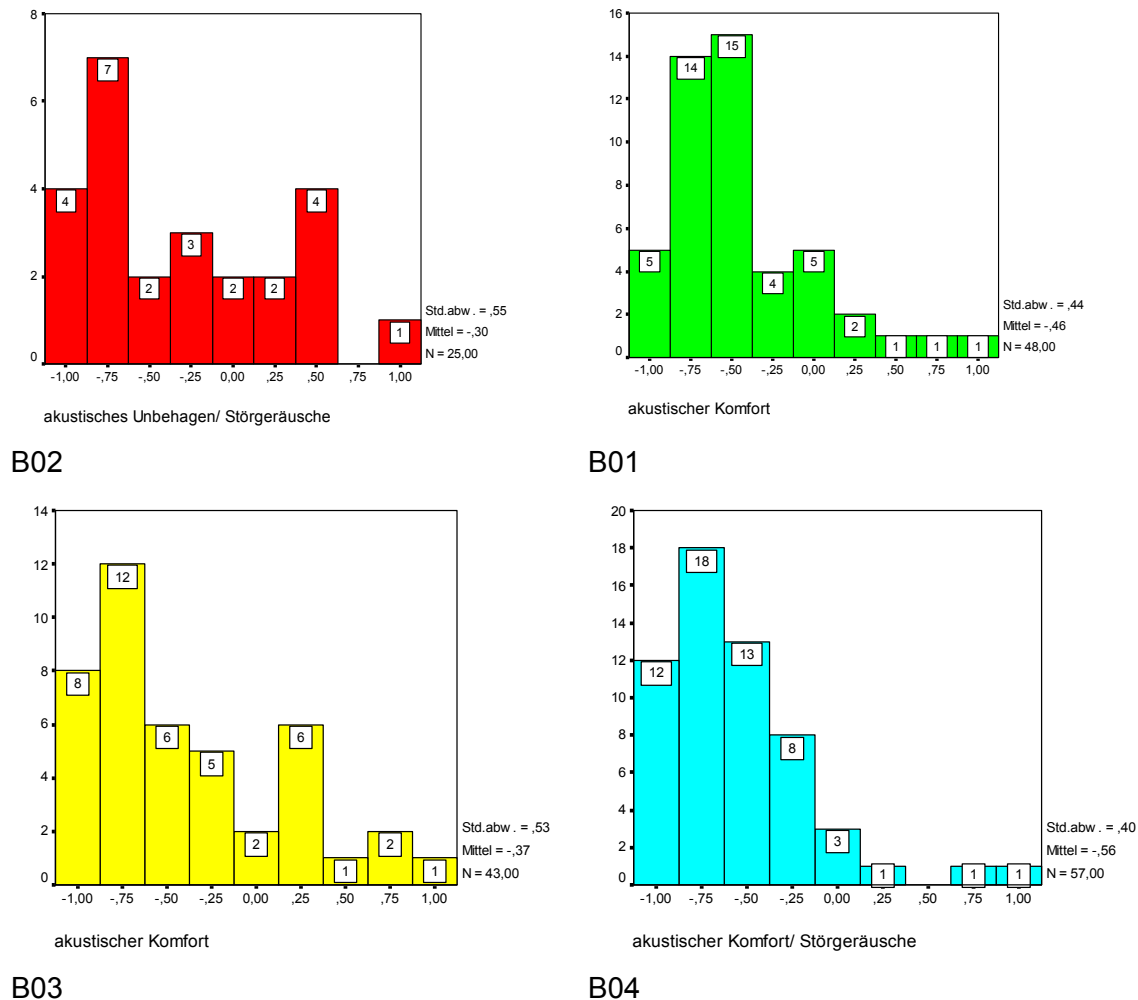


Abbildung 124 Akustisches Unbehagen in den Gebäuden

Abbildung 124 zeigt die empfundene Belastung durch Störgeräusche von außen. Bei der Befragung sind es immerhin 28% bei Bayer bzw. 23% bei der GSW, die eine Belastung durch Störgeräusche angeben (Votum größer Null). In den Gebäuden von DMH (10%) und VVM (5%) wird die Belastung deutlich geringer wahrgenommen. In Abbildung 125 sind die gemessenen Störschallpegel in den akustisch untersuchten Gebäuden dargestellt. Mit Werten unter 30 dB liegen die Pegel der meisten Räume zum Messzeitpunkt in einem sehr komfortablen Bereich. Bayer und die GSW stellen sich auch hier mit stärker belasteten Büroräumen dar. Der messtechnisch erfasste Unterschied zwischen den Orientierungen findet sich in den Befragungen in beiden Gebäuden nicht wieder. Der Wert des B01 mit 28,4 dB(A) spiegelt die geringe Belastung wieder. Für die VVM liegen keine eigenen Messwerte vor.

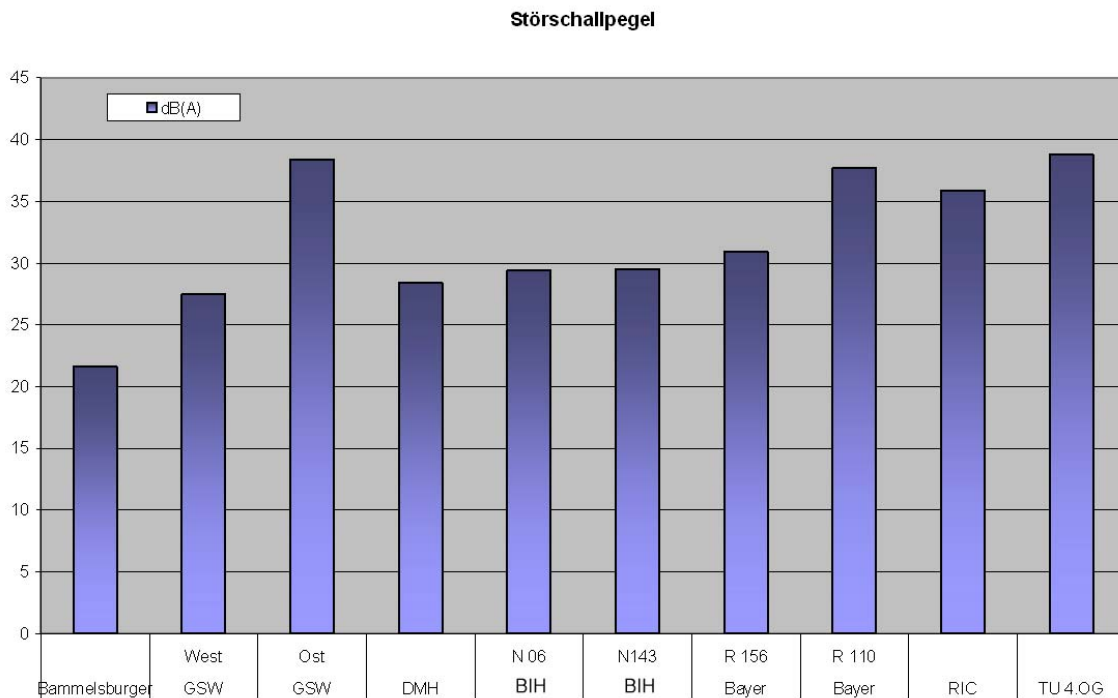


Abbildung 125 Störschallpegel in den akustisch vermessenen Gebäuden

Im Rahmen der Nutzerbefragung wurde auch in der Wahrnehmung von Geräuschen zwischen innen und außen unterschieden. Für die Auswertung wurden die erhobenen Daten zunächst prozentual gewichtet. Hieraus wurde ein Mittelwert für alle Gebäude gebildet. Abbildung 126 zeigt die gemittelten Prozentangaben für die Belastung durch Innen- und Außengeräusche.

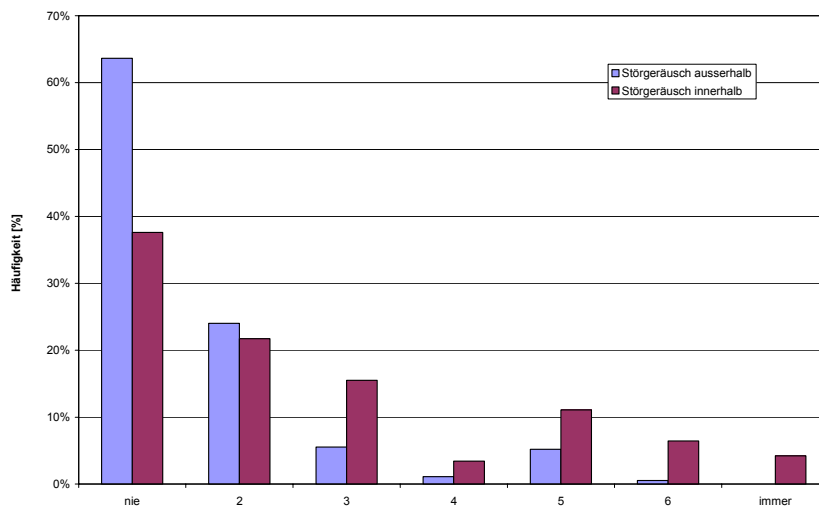


Abbildung 126 Störgeräuschbelastung unterschieden nach Innen- und Aussengeräuschbelastung

Gegenüberstellung von Spotmonitoring und Fragebogen-Befragung

Wie bereits an anderen Stellen berichtet, wurden in den meisten untersuchten Gebäuden messtechnische Untersuchungen zum Nutzerkomfort durchgeführt. Hierbei wurden Temperatur, Luftzug, Luftfeuchte, Akustik usw. untersucht, aber auch zusammengefasste Werte wie bspw. für die thermische Behaglichkeit

ermittelt, die sich aus den Ergebnissen technischer Messungen sowie einem Kurzfragebogen zum momentanen Empfinden zusammensetzen. Diese Messungen erlauben einen Vergleich zwischen situativ erhobenen, eher objektivierten Werten mit der subjektiven, eher generellen Wahrnehmung der Betroffenen. Im Folgenden wird eine Gegenüberstellung der beiden Erhebungen exemplarisch für das Gebäude B02 dargestellt.

Jahreszeit		R1	R2	R3	R4
Datum	Uhrzeit	R_065 Osten	R_045 / R_062 Süden	R_026 / R_029 Westen	R_002 / R_004 / R_074 Norden
Sommer 08.08.06	12:00	23,1	21,3	21,9	22,7
	14:00	23,4	21,7	22,5	22,4
	16:00	23,4	21,9	22,6	22,7
Sommer	-	B	D	C	C

Tabelle 10 Einzelergebnisse Sommermessung der operativen Temperatur in [°C] am 08.08.2006

Entsprechend DIN EN ISO 7730:2006 sollte die operative Temperatur in Innenräumen im Sommer zwischen 23 °C und 26 °C betragen. Die Messung am 08.08.2006 zeigt eine durchschnittliche operative Temperatur in den südorientierten Räumen unter 22°C. Die West- und Nordorientierten Räume zeigen vergleichbar kühle Temperaturbereiche.

Im Winter soll die operative Temperatur in Innenräumen nach DIN EN ISO 7730:2006 zwischen 20 und 24 °C betragen.

Die operative Temperatur lag bei der winterlichen Messung 13.01.2005 bei den überwiegenden Messungen im guten bis akzeptablen Bereich. Kein Raum unterschritt die Grenztemperatur von 20 °C. Abbildung 101 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse.

Jahreszeit		R1	R2	R3	R4
Datum	Uhrzeit	R_065 Osten	R_045 / R_062 Süden	R_026 / R_029 Westen	R_002 / R_004 / R_074 Norden
Winter 13.01.05	12:00	23,2			
	14:00		22,7	23,1	
	16:00				21,0
Sommer	-	B	A	B	A

Tabelle 11 Einzelergebnisse der operative Temperatur in [°C] am 13.01.2005

Abbildung 127 zeigt zunächst das Ergebnis der Fragebogenbefragung der Nutzer für die Temperatur im Sommer und Winter. Die Werte auf der x-Achse sind jeweils das Produkt aus der empfundenen Temperatur (von „viel zu warm“ über „genau richtig“ bis „viel zu kalt“) und der Auswirkung der Temperatur auf das Wohlbefinden (von „gar nicht“ bis „sehr stark“). Bei Personen, für die Werte unter 0 ermittelt wurden, liegt die Temperatur im Behaglichkeitsbereich und die Auswirkung auf das Wohlbefinden ist eher hoch. Ist das Produkt über 0, ist die Temperatur entweder zu warm oder zu kalt und die Auswirkung auf das Wohlbefinden ist hoch. Personen, für die ein Wert von 0 ermittelt wurde, geben an, dass sich die Temperatur nicht auf ihr Wohlbefinden auswirkt

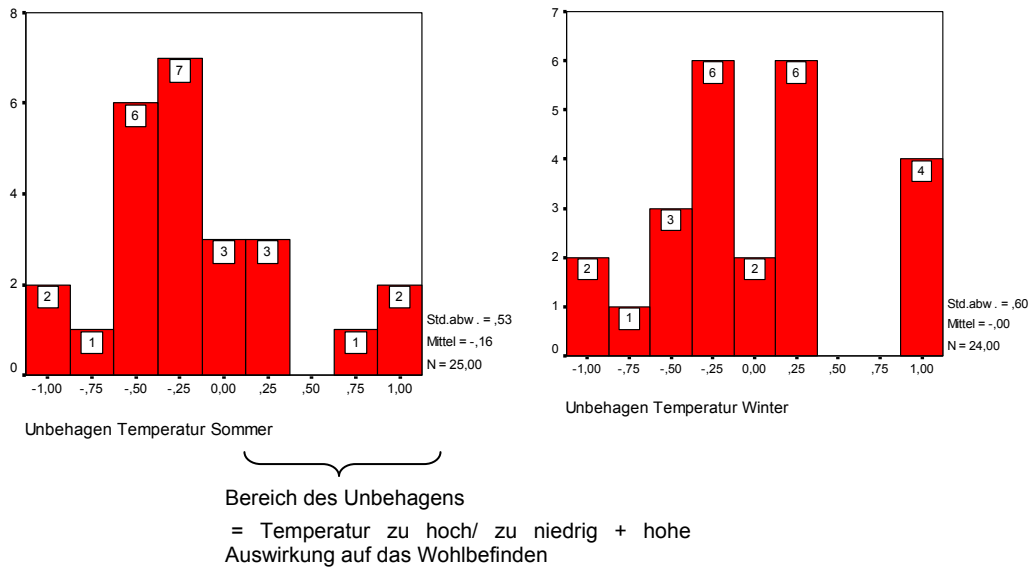


Abbildung 127 Häufigkeit von Werten im (Un)behaglichkeitsbereich für Temperatur Sommer und Winter

Für die Temperaturen im Sommer und Winter lässt sich feststellen, dass die Anzahl der Personen ohne Komfortprobleme insgesamt zwar überwiegt, im Winter jedoch für ca. 40% (Sommer: 24%) der Teilnehmer eher unbehagliche Temperaturen herrschen. Im Spotmonitoring konnte mit gemessenen Temperaturen von 21,3°C bis 23,4°C im Sommer (Komfort-Bereich liegt bei 23-26°C) sowie 21°C bis 23,2°C im Winter (Komfort-Bereich 20-24°C) je nach Ausrichtung des Büros ein eingeschränkter Komfort festgestellt werden. Auch die Ergebnisse des Langzeitmonitoring stimmen mit diesen Aussagen überein. Abbildung 128 zeigt die gemessenen Raumtemperaturen in Anlehnung an die DIN 1946. Deutlich zu erkennen ist, dass die Raumtemperaturen eher im kälteren Bereich des Behaglichkeitsfeldes liegen, bzw. bei steigender Raumtemperatur am unteren Rand des Feldes bleiben.

Thermische Behaglichkeit am Arbeitsplatz: BAY Büro Süd
empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2
Betrachtungszeitraum 01.01.2006 - 31.12.2006

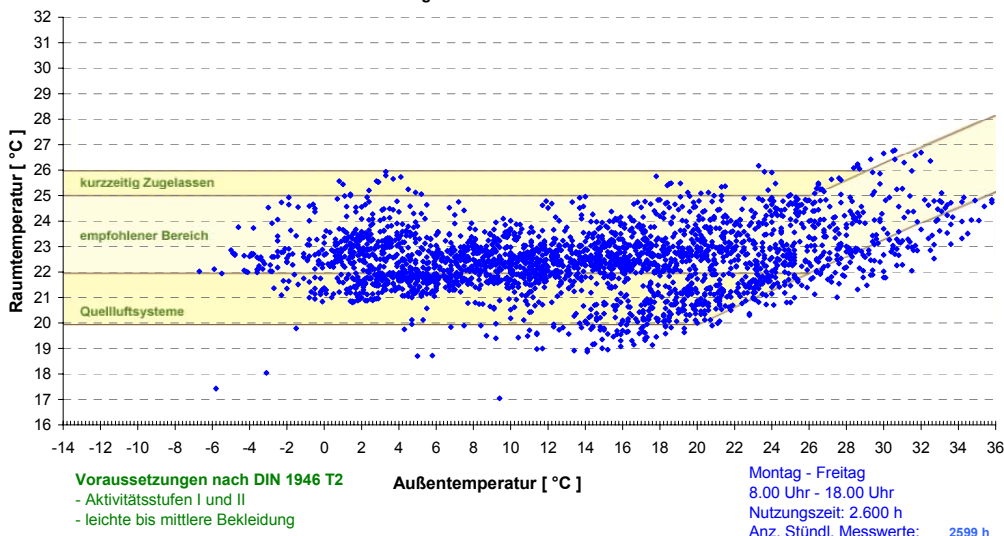


Abbildung 128 Ergebnis des Langzeit-Monitorings (Bayer, Süd-Büro, 2006)

Parallel zu den Komfortmessungen erfolgt im Sommer und im Winter jeweils morgens, mittags und nachmittags eine kurze Befragung der am Arbeitsplatz anwesenden Nutzer. Die Nutzer müssen entsprechend ihres thermischen Empfindens votieren.

Die situative Beurteilung an den Messzeitpunkten ist in Abbildung 129 dargestellt.

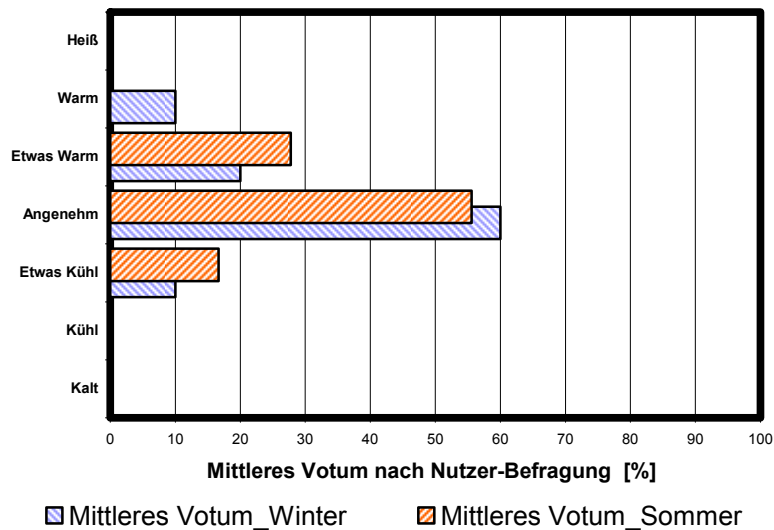


Abbildung 129 Ergebnis der situativen Befragung im Rahmen des Spot-Monitoring

Aus den Messergebnissen ergibt sich insgesamt eine Tendenz im Sommer zu thermisch kühleren Bedingungen. Die situative Befragung zeigt jedoch eine Tendenz im Winter und Sommer zur Zufriedenheit, in beiden Fällen mit der Tendenz zum Votum zu warm. Somit kann zuerst eine Akklimatisierung der Nutzer an das Gebäudeklima unterstellt werden, zudem sind die Grenzwerte der Norm sicherlich nicht für jede Randbedingung gültig (Abhängigkeit vom Außenklima etc.).

Interessant ist hierbei auch, dass die geringfügige Einschränkung des Komforts laut Spotmonitoring durch zu niedrige Temperatur zustande kommt, wohingegen die situative Einschätzung das Klima eher als zu warm einstuft. Dies wiederholt sich in einer offenen Frage nach Unbehaglichkeiten, in der von den Teilnehmern und Teilnehmerinnen häufig als Nachteil der Doppelfassade genannt wurde, dass es im Inneren eher zu warm wird.

6.4 Akustischer Komfort

Ein wesentlicher Gesichtspunkt des Komforts bezüglich des Einsatzes von Glasdoppelfassaden ist ein gegenüber anderen Fassadenarten erhöhter Schutz der hinter der Fassade liegenden Räume vor von außen eindringendem Lärm, in der Regel Straßen- und Schienen- oder auch Flug-Verkehrslärm. Hervorzuheben ist, dass die Möglichkeit des Öffnens von Fenstern oder Türen bei Doppelfassaden zum Fassadenzwischenraum als besonderer Komfort angesehen werden kann, es stellt sich aber die Frage nach der Beeinträchtigung des Schallschutzes. Aber auch Störgeräuschpegel in den Räumen auf Grund akustischer Verhältnisse im Gebäude sowie die Schalldämmung zwischen benachbarten Räumen sind unter dem Gesichtspunkt des akustischen Komforts zu berücksichtigen, möglicherweise kann hier durch die Fassadenkonstruktion negative Beeinflussung auftreten.

Untersuchungskonzept

Zur Schalldämmung von Glasdoppelfassaden (GDF) werden in der Fachliteratur zwei grundsätzliche Aussagen herausgestellt: GDF bieten einen verstärkten Schallschutz bei Außenlärm, der Schallschutz der GDF wird bei Öffnung der Fassaden zu Lüftungszwecken beeinträchtigt.

Diese Aussagen und weitere Gesichtspunkte des akustischen Komforts wurden durch messtechnische Untersuchungen an Gebäuden mit GDF, die jeweils bereits mehrere Jahre genutzt werden, geprüft und quantifiziert. Hierzu wurden an unterschiedlichen Fassaden-Konstruktionen, darunter zum Vergleich auch einige einschalige Konstruktionen, messtechnisch gleichartig akustische Messung vorgenommen. Hierbei wurde im Rahmen der o.g. grundsätzlichen Aussagen differenziert den nachfolgend genannten Fragestellungen nachgegangen:

- Welche maximale Schalldämmung erreichen die unterschiedlichen Konstruktionen bei geschlossener Außen- und Innenfassade und worauf sind die Unterschiede gegebenenfalls zurückzuführen?
- Wie stark reduziert sich der Schallschutz, wenn zwar die äußere Sekundärfassade geschlossen bleibt, jedoch Fenster bzw. Türen in der inneren Primärfassade zum Fassadenzwischenraum hin geöffnet werden? Wo liegen die Gründe für unterschiedliches Verhalten und ist weiterhin Schallschutz hinreichend gewährleistet?
- In welchem Maß verändert sich jeweils die Schalldämmung bei lüftungsbedingter Öffnung der Sekundärfassaden und warum erfolgt dies unterschiedlich?
- In welchem Maß ist minimaler Schallschutz vorhanden, wenn sowohl in der äußeren Sekundärfassade Lüftungselemente geöffnet sind und auch Fensteröffnung der Primärfassade vorliegt?
- Wie ist die Schalldämmung von GDF quantitativ im Vergleich zu anderen Fassadenkonstruktionen einzuordnen?

- In welchem Maß tritt Beeinflussung der Schallübertragung zwischen nebeneinander liegenden Büroräumen durch die „Korridore“ der GDF auf.
- In welchem Maß wirken sich (ggf. absorbierende) Abschottungen in Korridorfassaden reduzierend auf Schallübertragung zwischen nebeneinander liegenden Büroräumen aus und wirken sich Lichtschutzlamellen in den Fassaden-Zwischenräumen bei den untersuchten Fassaden akustisch aus?
- Besteht ein Einfluss des „Beschallungswinkels“ auf die Schalldämmung bei den verschiedenen hoch gelegenen Büroräume in Hochhäusern mit GDF auf Grund der Art der Fassadenkonstruktion?
- Wie verhalten sich GDF der unterschiedlicher Typen im tieffrequenten und hochfrequenten Bereich im derzeitigen Normfrequenzbereichs jedoch auch im Hinblick einer Erweiterung des Frequenzbereichs entsprechend internationaler Empfehlungen in Bezug auf unterschiedliche Lärmsituationen.
- Lässt sich ein Zusammenhang des Störpegels in den Büroräumen mit der Schalldämmung der Fassaden aufzeigen?

6.4.1 Akustische Messungen zur Ermittlung der Schalldämmung

Die akustischen Messungen wurden jeweils in 21 Terzbändern mit den Terzmittenfrequenzen von 50 Hz bis 5000 Hz durchgeführt.

Die Ermittlung der Schalldämmung der Fassaden erfolgte normgerecht nach DIN EN ISO 140-5 [8]. Hierzu wurde die Fassade von außen unter 45° mit einem Lautsprecher beschallt. Die Messung der Schalldruckpegel $L_{ls,2m}$ erfolgte 2 m vor der äußeren Fassade in der Höhe des untersuchten Büroraums, der jeweils im mittleren Fassadenbereich gewählt wurde. Gleichzeitig wurde der mittlere Schalldruckpegel L_2 im Büroraum erfasst. Die Mittelwertbildung ergab sich bei einem Teil der Messungen über Drehmikrofonabtastung des Messraums ansonsten aus energetischer Mittelung der Messergebnisse von mehreren Mikrofonpositionen jeweils im Büroraum und im Fassadenzwischenraum. In den jeweiligen Büroräumen und ggf. auch in den Fassadenzwischenräumen wurden außerdem Nachhallzeiten über die Ermittlung des Pegelabfalls nach Raumanregung und Abschaltung mit einem breitbandigen Rauschsignal gemessen. Die Anregung erfolgte durch ein Dodekaeder-Lautsprechersystem mit gleichmäßiger Rundumabstrahlung. Dieses Dodekaedersystem wurde auch zur Ermittlung der Schalldämmung zwischen nebeneinander liegenden Büroräumen verwendet.



Abbildung 130 Messanlagen zur Beschallung und zur Pegelmessung 2 m vor der Fassade



Abbildung 131 Messanlagen zur Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels und der Nachhallzeiten in den Büroräumen und in den Fassadenzwischenräumen

Berechnung der Schalldämm-Maße

Von den 8 verschiedenen in DIN EN ISO 140-5 festgelegten Verfahren zur Bestimmung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden wurde das Gesamt-Lautsprecherverfahren (Verfahren Nr. 5) angewendet. Mit ihm wird die Schallpegelminderung durch eine Außenwand bezogen auf den Schallpegel 2 m vor der Fassade ermittelt. Wie die Norm sagt, können Ergebnisse derartiger Messungen nicht mit denen von Prüfstandsmessungen verglichen werden, dennoch werden soweit wie verfügbar im Folgenden auch Prüfstandswerte der verwendeten Verglasungen aufgeführt, um gegebenenfalls zumindest tendenziell Auswirkungen der Eigenschaften der einzelnen Verglasungen auf die Eigenschaften der Gesamtfassaden erkennen zu können.

Als Maß der Schalldämmung gilt bei dem Gesamt-Lautsprecherverfahren vorzugsweise die Standard-Schallpegeldifferenz $D_{\text{Is}, 2\text{m}, nT}$.

Sie ist die Schallpegeldifferenz $D_{\text{Is}, 2\text{m}}$ zwischen dem Pegel vor der Fassade $L_{\text{Is}, 2\text{m}}$ und dem Pegel L_2 im Empfangsraum (in diesem Fall im jeweilige Büroraum und auch in dem vor dem Büroraum liegenden Fassadenzwischenraum), mit einer Normierung der Nachhallzeitverhältnisse, indem die Nachhallzeit T im Empfangsraum auf den Bezugswert $T_0 = 0,5$ s bezogen wird:

$$D_{\text{Is}, 2\text{m}, nT} = (L_{\text{Is}, 2\text{m}} - L_2 + 10 \lg (T / T_0)) \text{ dB.}$$

Hierbei steht

„Is“	für Lautsprecherbeschallung und
„2m“	für den Abstand der Pegelmessung zur äußeren Fassadenfläche in Höhe des Büroraums, in dem die akustischen Messungen durchgeführt worden sind.

Beim Vergleich verschiedener Messkurven der Schalldämmung an ein und demselben Objekt z.B. mit unterschiedlichem Öffnungszustand von Lüftungsklappen als Parameter sowie zur Korrelation mit subjektiven

Beurteilungen der jeweiligen Schalldämmung erscheint es nicht angebracht, eine Normierung auf einen Bezugswert vorzunehmen. Dies würde bei der Beurteilung der allgemeinen Eignung einer Fassade unabhängig von der jeweiligen akustischen Situation in dem Gebäude sinnvoll sein, was hier jedoch nicht im Vordergrund steht. Es wurden daher unmittelbar die Schallpegeldifferenzen

$$D_{\text{Is}, 2\text{m}} = (L_{\text{Is}, 2\text{m}} - L_2) \text{ dB} \quad \text{in den oben genannten 21 Terzbändern}$$

verwendet. Diese werden im Folgenden als Funktion der Mittenfrequenz der Terzbänder grafisch dargestellt. Zum Vergleich der Messkurven untereinander erfolgten Berechnungen von Einzahlangaben der Schalldämmung. Es wurden jeweils die bewerteten Schallpegeldifferenzen $D_{\text{Is}, 2\text{m}, \text{w}}$ ermittelt, die sich nach einem genormten Verfahren aus der Lage einer Bezugskurve relativ zur Lage der Messwertkurve (Schallpegeldifferenzen aufgetragen über der Frequenz) ergeben. Der Index w steht für „bewertet (weighted)“. Die Bezugskurve wird in 1 dB-Schritten aus ihrer Ausgangslage solange in Richtung der Kurve der gemessenen Werte verschoben, bis die Messwerte in einem bestimmten Maß die Bezugskurve unterschreiten. Der Wert der so verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz bildet die Einzahlangabe. Es werden jedoch nur die 16 Terzbereiche mit den Mittenfrequenzen von 100 Hz bis 3150 Hz berücksichtigt. In den relevanten grafischen Darstellungen von Messwerten in diesem Bericht, ist jeweils die verschobene Bezugskurve miteingetragen.

Zur Einordnung der Messergebnisse im Vergleich mit Angaben in Regelwerken (insbesondere DIN 4109 [13]) sowie zu Literaturangaben erfolgte auch die Berechnung der Einzahlangaben „bewertetes Schalldämm-Maß“ $R'_{45, \text{w}}$ bei Fassadenmessungen und R'_w bei Messungen zwischen Räumen im Gebäude (das Apostroph kennzeichnet die Gewinnung der Werte am Gebäude im Gegensatz zu Prüfstandmessungen), sowie die „bewertete Normschallpegeldifferenz $D_{\text{n}, \text{w}}$ “ und die „bewertete Standardschallpegeldifferenz $D_{\text{nT}, \text{w}}$ “, bei denen die Nachhallzeiten T im Messraum sowie das Messraumvolumen V und die Fläche S der Trennwand des Messraums vom Ort der Schalleinwirkung einbezogen werden. Die verschiedenen Maßzahlen der Schalldämmung werden jeweils bei bestimmten Raumformen und akustischen Situationen, teilweise auch historisch bedingt bevorzugt. Sie sind wie folgt definiert:

$$D_{\text{Is}, 2\text{m}} = L_{\text{Is}, 2\text{m}} - L_2 \text{ dB}$$

$$D_{\text{Is}, 2\text{m}, \text{nT}} = D_{\text{Is}, 2\text{m}} + 10 \lg (T/T_0) \text{ dB} \quad \text{mit } T_0 = 0,5 \text{ s}$$

$$D_{\text{Is}, 2\text{m}, \text{n}} = D_{\text{Is}, 2\text{m}} - 10 \lg (0,16 V / T * A_0) \text{ dB} \quad \text{mit } A_0 = 10 \text{ m}^2$$

$$R' = D + 10 \lg (S * T / 0,16 V) \text{ dB.}$$

Die Auswertung der Schalldämmwerte der jeweiligen Fassade wurde zunächst auf die $D_{\text{Is}, 2\text{m}, \text{w}}$ - Werte beschränkt, alle anderen Werte sind jedoch grundsätzlich verfügbar. Bei der Untersuchung der Schalldämmung zwischen nebeneinander liegenden Räumen in den Gebäuden wurde stets das hier weitgehend übliche bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w herangezogen, es wurden jedoch auch die übrigen Angaben berechnet.

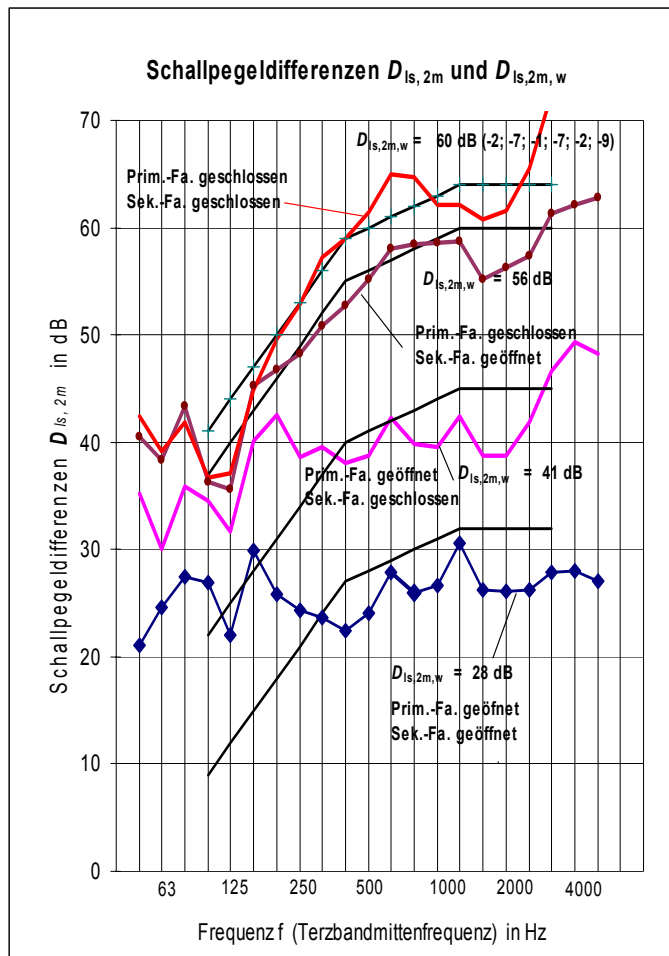


Abbildung 132 Beispiel von Schalldämmungs-Messergebnissen

Abbildung 119 zeigt beispielhaft Schalldämmungs-Messergebnisse von einer Fassade, die bei dieser Untersuchung (zumindest in bestimmter Konfiguration) höchste Schalldämmung gezeigt hat.

Es sind die Kurven der Schallpegeldifferenzen zwischen den Pegeln am Messort vor der Fassade zu den Pegeln im Büroraum über den Mittenfrequenzen der Terzbänder, in denen sie gewonnen wurden, aufgetragen. Zusätzlich sind jeweils die verschobenen Bezugskurven sowie die hiervon abgeleiteten bewerteten Schallpegeldifferenzen $D_{Is,2m,w}$ eingetragen.

Den Parameter für die verschiedenen Messwertkurven bildet der Öffnungszustand der Primär- und der Sekundärfassade.

Die Verläufe der Messwertkurven dieses Beispiels zeigen typische Ausprägungen:

- Erwartungsgemäß wird die höchste Schalldämmung bei geschlossener Primär- und geschlossener Sekundärfassade erreicht (oberste Kurve).
- Im Bereich mittlerer Frequenzen steigt bei dieser Kurve die Schalldämmung mit der Frequenz stark an und zwar erheblich mehr, als es nach dem nachfolgend erläuterten „Massegesetz“ zu erwarten wäre.
- Offenbar liegt eine „Masse-Feder – Anordnungen“ vor, die im Bereich der Resonanzfrequenz einen Einbruch der Dämmung aufweist, während oberhalb des Resonanzbereichs erhöhte Dämmung erzielt wird. Der Resonanzeinbruch wird hier im Frequenzbereich von 100 - 125 Hz deutlich.
- Einen weiteren Dämmungseinbruch zeigt sich bei diesem Beispiel für die oberen Kurven im höheren Frequenzbereich von ca. 800 Hz bis 2000 Hz. Es handelt sich um den nachfolgend näher erläuterten und für bestimmte Verglasungen typischen „Koinzidenzeffekt“.

Die (negativen) Auswirkungen derartiger Dämmungseinbrüche auf den tatsächlich vorhandenen Schallschutz werden durch die mit dem „Bezugskurvenverfahren“ ermittelten „Einzahlangaben“ insbesondere bezüglich unterschiedlicher Lärmspektren nur unzureichend erfasst. Es wurden daher auch im Hinblick auf internationale Gepflogenheit die (zwar in Deutschland in Regelwerken bisher

noch nicht angewendeten) Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} für den normgerechten Frequenzbereich der Terzmittenfrequenzen 100 Hz bis 3150 Hz sowie als $C_{100-5000}$ und $C_{tr, 100-5000}$ im zu hohen Frequenzen erweiterten Frequenzbereich der Terzmittenfrequenzen 4000 Hz und 5000 Hz ermittelt. C_{tr} und insbesondere $C_{tr, 50-5000}$ erlaubt die Einschätzung der Fassadendämmung gegen Straßenverkehrslärm im um die tiefen Frequenzen erweiterten Frequenzbereich (Terzbereiche mit den Mittenfrequenzen 50 Hz, 63 Hz und 80 Hz) und sind daher bei dieser Untersuchung von besonderer Relevanz. Die Einbeziehung der höheren Frequenzen ermöglicht die Diskussion der Schalldämmung u.a. bei Fluglärm aus kurzer Entfernung in Flughafennähe und bei Hochgeschwindigkeits-Eisenbahnverkehr.

In dem hier gezeigten Beispiel und in der obigen Abbildung ergab sich die bewertete Schallpegeldifferenz mit den Spektrum-Anpassungswerten wie folgt:

$$D_{is, 2m, w} (C; C_{tr}; C_{100-5000}; C_{tr, 100-5000}; C_{50-5000}; C_{tr, 50-5000}) = 60 \text{ (-2; -7; -1; -7; -2; -9) dB.}$$

Schon im Normfrequenzbereich 100 Hz bis 3150 Hz ergibt sich hier in Bezug auf die Schalldämmung gegen Straßenverkehrslärm statt des Wertes $D_{is, 2m, w} = 60$ dB, der realistischere Wert $(D_{is, 2m, w} + C_{tr}) = 53$ dB. Ist sowohl Straßenverkehrslärm wie auch Flug- und oder Eisenbahnlärm zu berücksichtigen, wäre mit

$$(D_{is, 2m, w} + C_{tr, 50-5000}) = 51 \text{ dB,}$$

ein um 9 dB niedrigerer Wert in Betracht zu ziehen.

Der Parameter des Öffnungszustandes der Fassaden verdeutlicht, dass bei diesem Beispiel die relativ hohe Schalldämmung erzielt wird, solange beide Fassaden geschlossen sind. Wird die Sekundärfassade geöffnet (zu Lüftungszwecken) sinkt bei diesem Beispiel das Schalldämm-Maß um (nur) 4 dB. Die Schalldämm-Kurve zeigt, dass sich im Bereich unterhalb 200 Hz, z.B. bezüglich von Schwerlastverkehr ausgehenden Lärms, sogar nichts ändert. Wenn jedoch die Primärfassade geöffnet wird, also ein Fenster oder gar eine Tür vom Büroraum zum Fassadenzwischenraum, dann sinkt der Schallschutz selbst bei geschlossener Sekundär-Fassade um 19 dB auf nur noch 41 dB. Das zusätzliche Öffnen der Sekundärfassade führt zu einer Schalldämmung von 28 dB, sie verringert sich somit gegenüber dem Fall der geschlossenen Fassaden um 32 dB. Der von außen in das Gebäude dringende Lärmpegel wird damit bei geöffneten Fassaden eher als 8 mal so laut wahrgenommen wie der Lärmpegel bei geschlossenen Fassaden, da ein Anstieg eines Lärmpegels um 10 dB jeweils als Lautstärkeverdopplung wahrgenommen wird.

Objekte der Schalldämmungsmessungen an Fassaden

An 12 Fassaden wurden akustische Messungen durchgeführt. Es werden nachfolgend die akustisch relevanten Charakteristika genannt.

- 1. Mehrgeschossfassade (Vorhangdoppelfassade)** mit bei jedem Stockwerk in die senkrechte Fassadenfläche integrierten, schwenkbaren Lüftungsklappen, der Klappenaufbau entspricht dem der Fassadenverglasung.
[Bayer AG, Leverkusen, Nordseite, Raum 110]



Abstand der Primär- zur Sekundärfassade ca. 1,8 m, beide Fassaden bestehen aus 8 mm Verbundsicherheitsglas.

Schalldämmung nach [54] für ein Verbundsicherheitsglas STADIP PROTECT 8 mm (= 2 x 4 mm Scheiben verbunden durch eine PVB-Folie): $R_w (C; C_{tr}) = 34 (-2; -2)$ dB.

Die Lüftungsklappen verfügen über umlaufende Dichtungen.

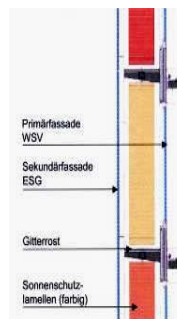
- 2. Mehrgeschossfassade (Vorhangdoppelfassade)** mit um 8° aus der Senkrechten gedrehten Fassadenelementen je Geschoss und mit horizontal im Überhang der geschuppten Fassade angeordneten, klappbaren Lüftungselementen gleichen Aufbaus wie die Glasfassade
[Bayer AG, Leverkusen, Südseite, Raum 156]



Mittlerer Abstand von der Primär- zur Sekundärfassade ca. 1,7 m, beide Fassaden aus 8 mm Verbundsicherheitsglas (s. Fassade 1).

Die Lüftungsklappen verfügen über Dichtungen.

- 3. Mehrgeschossfassade (Vorhangdoppelfassade)** mit geschlossener, ca. 70 m hohen Sekundärfassade mit Lüftungsklappen am unteren und oberen Ende
[GSW, Berlin (Westfassade)]



Primärfassade: 28 mm Schallschutzisoliervglas (8 mm – 14 mm (Argon) – 6 mm) nach [54] geschätzt: $R_w = 40$ dB

1 m Luft-Zwischenraum,

Sekundärfassade:

10 mm Einscheibensicherheitsglas

Schalldämmung nach [54] für

10 mm monolithisches Glas:

$R_w = 33$ dB.

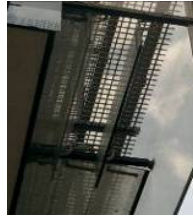
- 4. Mehrgeschossfassade (Vorhangdoppelfassade)**, Lüftungsöffnungen am unteren und oberen Ende mit „Zuluftkasten“ an der Unterseite zur Luftzuführung von der Gebäuderückseite, Zwischenraum seitlich verschlossen,
[Bürogebäude, Hannover]



Geschlossene Sekundärfassade ohne Öffnungsmöglichkeit



geschlossene Seite und Zuluftkanal, normalerweise geschlossene untere Klappen



Hier jedoch bei „normaler“ Wetterlage geöffnet vorgefundene untere Klappe

Primärfassade
ESG
 $R_w = \text{ca. } 32 \text{ dB}$
ca. 1 m Luft-Zwischenraum, mit gelochten, quer zum FZR angebrachten Plexiglasplatten als Schallschutzelemente (Absorberschotts, s. Abbildung 42)
Sekundärfassade:
ESG
 $R_w = \text{ca. } 32 \text{ dB.}$

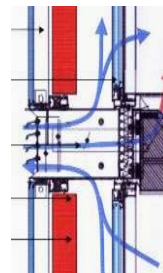
5. **Korridorfassade**, Doppelfassade mit Lüftungsklappen in der Sekundärfassade in zwei senkrechten Bändern über alle Stockwerke durchlaufend [Deutsche Messe, Hannover]



Primärfassade:
WSV
Sekundärfassade:
WSV

Abstand Primär-/Sekundär-Fassade 1,3 m, Flächenanteil der Lüftungsklappen ca. 10 %

6. **Korridorfassade**, Doppelfassade mit umlaufenden Blechkäneln vor den Geschosdecken, nach außen mit waagerechten Lamellen verkleidet, mit Lüftungsöffnung zum Fassadenzwischenraum [Reederei Rickmers, Hamburg]



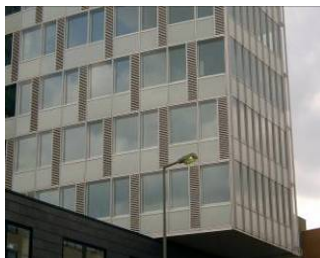
Primärfassade:
Isoglas 6 mm außen, 8 mm innen
Schalldämmung (n.[54]):
 $R_w = \text{ca. } 34 \text{ dB}$
Luftzwischenraum 240 mm
Sekundärfassade: 16 mm Verbundsicherheitsglas $R_w = \text{ca. } 42 \text{ dB}$

7. **Korridorfassade**, Versuchstand einer Doppelfassade (nur über 2 Etagen ausgeführt, schaltbar zwischen Korridor- und Kastenfassade [TU Braunschweig, BS 4, 4.OG])



Aluminium Pfosten-Riegel-Konstruktion, Brüstung und Sturz aus Stahlbeton mit vorgehängtem Aluminium-Paneel
 Unterer und oberer Abschluss des „Korridors“ durch Stahlblech 2 mm stark ($R_w = \text{ca. } 25 \text{ dB}$)
 Primärfassade: 12 mm ESG ($R_w = \text{ca. } 34 \text{ dB}$), ca. 1 m Fassadenabstand
 Sekundärfassade: Festverglasung 12 mm ESG ($R_w = \text{ca. } 34 \text{ dB}$), Lüftungsklappen: 8 mm ESG ($R_w = \text{ca. } 32 \text{ dB}$)

8. Kastenfassade, Mehrgeschoss- Doppelfassade mit separaten Lüftungselementen als Fassadenteilflächen je Stockwerk [GSW, Berlin (Ostfassade)]



Tiefe der Fassadenfelder ca. 30 cm, jedes Feld besteht aus einem Lüftungselement (Flächenanteil 30%) und einem Kastenfenster
 Primärfassade: 28mm Schallschutzisoliervglas (8 mm – 14 mm (Argon) – 6 mm) nach [54] geschätzt: $R_w = \text{ca. } 40 \text{ dB}$
 200 mm Luftzwischenraum
 Sekundärfassade: 12 mm Verbundsicherheitsglas
 $R_w = \text{ca. } 39 \text{ dB}$

9. Kastenfassade, Mehrgeschossfassade über 2 Stockwerke ausgeführt [TU Braunschweig, BS 4, 4. OG, Stockwerksmodul]



Aluminium Pfosten-Riegel-Konstruktion, Brüstung und Sturz aus Stahlbeton mit vorgehängtem Aluminium-Paneel
 Abschlüsse des Moduls pro Stockwerk unten und oben durch Stahlblech 2 mm stark, $R_w = \text{ca. } 25 \text{ dB}$.
 Primärfassade: 12 mm ESG ($R_w = \text{ca. } 34 \text{ dB}$), ca. 1 m Fassadenabstand
 Sekundärfassade: Festverglasung 12 mm ESG ($R_w = \text{ca. } 34 \text{ dB}$), Lüftungsklappen: 8 mm ESG ($R_w = \text{ca. } 32 \text{ dB}$)

10. Kastenfassade, einschalige Pfosten-Riegel Glasfassade
[Bürogebäude, Hannover]



Glasfassade an der dem Straßenverkehr abgewandten Seite des Gebäudes mit Drehkipfenstern und Aufstellklappen

11. Einschalige Pfosten-Riegel Glasfassade
[TU Braunschweig, BS 4, 2. OG]



Aluminium Pfosten-Riegel-Konstruktion, Brüstung und Sturz aus Stahlbeton
12 mm ESG ($R_w = \text{ca. } 34 \text{ dB}$),

12. Einschalige (Fenster-) Lochfassade, verputztes Mauerwerk
[Wohnhaus Braunschweig, Bammelsburger Str. 9, 2. OG]



Fensterfläche ca. 30 % der Fassadenfläche,
Isolierglas 4 mm (16 mm Luftfüllung) 4 mm
Schalldämmung des Fensters nach Literaturangabe (Labor)
 $R_w = \text{ca. } 32 \text{ bis } 35 \text{ dB}$,
40 cm verputztes Vollziegel-Mauerwerk, $R_w = \text{ca. } 55 \text{ dB}$
Abgeschätzte resultierende Schalldämmung der gesamten Fassade nach [56]: $R_{w \text{ res}} = \text{ca. } 40 \text{ dB}$.

6.4.2 Akustische Messergebnisse

Schalldämmung der Fassaden

Bewertete Schallpegeldifferenz $D_{Is, 2m, w}$	jeweils in dB	Mittlere Nachhallzeit im Büroraum T_m in s (500 – 1000 Hz)	Grundgeräuschpegel im Büroraum $L_{stör}$ in dB(A)
Spektrumanpassungswerte $C / C_{100-5000} / C_{50-5000}$ $C_{tr} / C_{tr, 100-5000} / C_{tr, 50-5000}$			

Primär- fassade	geschlossen	geöffnet	geschlossen	geöffnet		
Sekundär- fassade	geschlossen	geschlossen	geöffnet	geöffnet	T_m [s]	$L_{stör}$ [dB(A)]
1 Vorhangfassade integrierte vert. Lüft.-Kl. je Gesch.	60 -2/-1/-2 -7/-7/-9	41 0/1/1 -1/-1/-2	56 -1/0/0 -5/-5/-6	28 0/0/0 -1/-1/-1	0,67	37,7
2 Vorhangfassade geschuppt, horiz. Lüft.-Kl. je Gesch.	57 -2/-1/-2 -7/-7/-8	40 -1/0/0 -3/-3/-3	49 -2/-2/-2 -5/-5/-7	30 -1/0/0 -2/-2/-2	0,66	30,9
3 Vorhangfassade Lüft.-Klappen nur oben und unten	52 -1/-3/-3 -3/-4/-6	44 -2/-1/-1 -3/-3/-4	45 -1/-1/-1 -4/-4/-5	39 -2/-2/-2 -3/-3/-4	0,56	27,5
4 Vorhangfassade Lüft.kl. nur oben u. unten, Zuluftk.	48 -1/0/-1 -5/-5/-5	29 -1/0/0 -2/-2/-2			0,65	29,4
5 Korridorfassade Lüft.-Kl. in vert. Bändern	47 -2/-1/-1 -5/-5/-6	33 -2/-1/-1 -2/-2/-3	42 -2/-1/-1 -4/-4/-4	30 -1/0/0 0/0/-1	0,58	28,4
6 Korridorfassade Horiz.Lüft.-Kanäle v. Gesch.decken	40 -3/-2/-2 -8/-8/-8)		25 -1/-1/-1 -3/-3/-3)		0,74	35,4
7 Korridorfassade Alu Pfosten-Riegel Fassade mit Lüft.- Klappen	37 -1/-3/-3 -3/-3/-4	34 -1/-1/-1 -2/-2/-3	35 0/-2/-2 -2/-2/-3	25 0/0/0 -1/-1/-1	0,47	35,9

$D_{1s, 2m, w}$ $R'_{45^\circ, w} / D_{n, w} / D_{nT, w}$ $C / C_{100-5000} / C_{50-5000}$ $C_{tr} / C_{tr, 100-5000} / C_{tr, 50-5000}$	je-weils in dB	Mittlere Nachhallzeit im Büroraum T_m in s (500 – 1000 Hz)	Grundgeräuschpegel im Büroraum $L_{stör}$ in dB(A) V = Volumen des Büroraums in m^3
---	-------------------	---	---

Primär- fassade	geschlossen	geöffnet	geschlossen	geöffnet	T [s]	
Sekundär- fassade	geschlossen	geschlossen	geöffnet	geöffnet	V [m ³]	$L_{stör}$ [dB(A)]
8 Kastenfassade Separ.Lüftungs- Elemente je Geschoss .	35 -1/-1/-1 -4/-4/-4	21 0/-1/-1 -1/-1/-1 Primärfassaden- Verglasung normaler- weise geschl.	15 0/0/0 -1/-1/-1		0,58	38,4
9 Kastenfassade Alu Pf.-Riegel mit Lüftungskl.	44 -1/-1/-2 -3/-2/-2	32 -1/-1/-2 -3/-2/-2	41 -1/-1/-2 -3/-2/-2	24 -1/-1/-2 -3/-2/-2	0,74	38,8
Einfach- fassade	geschlossen		Kippfenster geöffnet	Fenster weit geöffnet	T [s] V [m ³]	$L_{stör}$ [dB(A)]
10 Einschalige Pfosten-Riegel- Glasfassade	50 -2 / -1/-1 -6 / -5 / -6		38 -2/ -1/ -1 -5/ -5 / -5	20 0 / 0 / 0 -2 / -2 / -2	0,56	29,5
11 Einschalige Pfosten-Riegel- Glasfassade	29 -1/-1/-2 -3/-3/-4		15 -1/-1/-2 -3/-2/-2	9 -1/-1/-2 -3/-2/-2	0,74	37,7
12 Einschalige (Fenster-) Lochfassade	50 -1/-1/-1 -4/-4/-6		21 -1/-1/-2 -3/-2/-2	16 -1/-1/-2 -3/-2/-2	0,5	21,6

Tabelle 12 Tabellarische Zusammenstellung der Schalldämmungsmessergebnisse

Diskussion der Schalldämmungsmessergebnisse

Vor der Analyse der einzelnen Messergebnisse werden zunächst die Verhältnisse der Schalldämmung bei Verglasungen prinzipiell betrachtet.

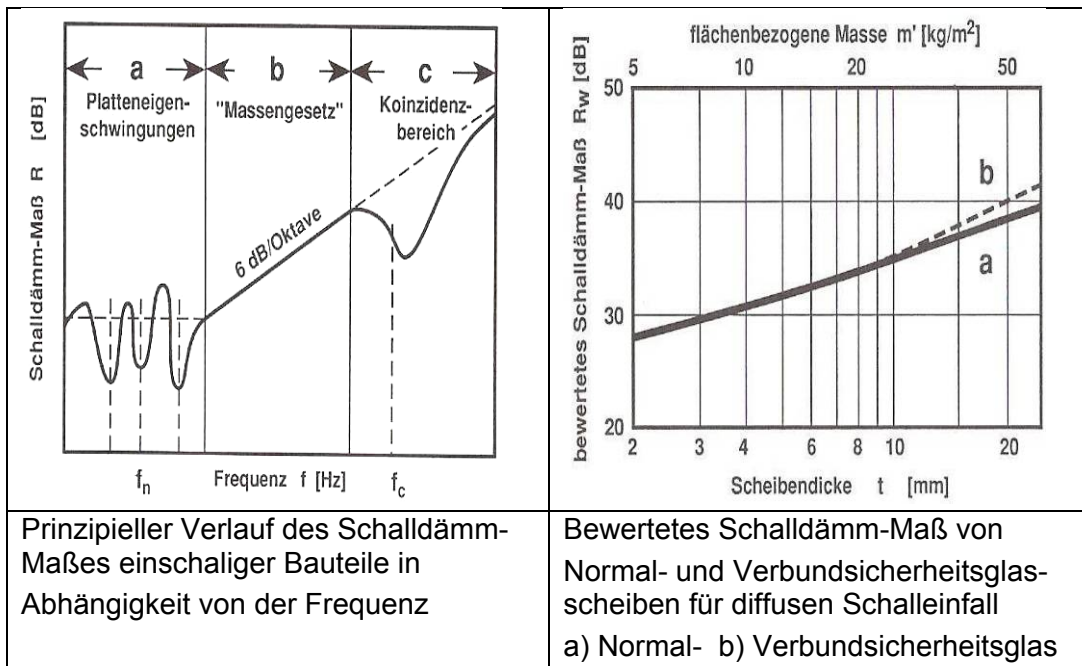
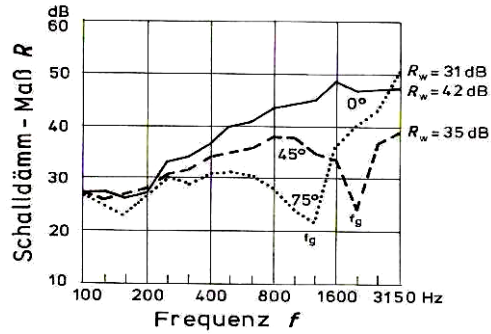
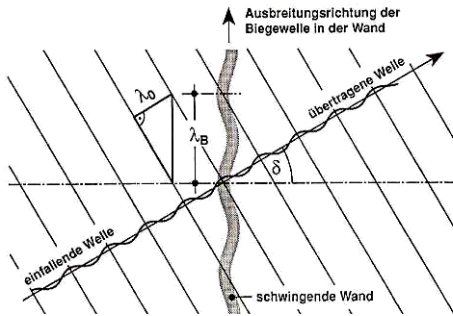


Abbildung 133 Prinzipielle Verläufe des Schalldämmmaßes und des bewerteten Schalldämmmaßes von einschaligen Verglasungen[56]

Im mittleren Frequenzbereich folgt die Schalldämmung bei einschaligen Bauteilen dem sogenannten Massengesetz, sie ist weitgehend nur von der flächenbezogenen Masse der Bauteile abhängig und steigt mit der Frequenz um 6 dB pro Oktave. Bei Verglasungen variiert damit die Dämmung in diesem Frequenzbereich hauptsächlich entsprechend der Scheibendicke. Zwei- oder Mehrscheibenverbundglas verhält sich bis zu einer Dicke von 10 mm wie monolithisches Glas mit gleichem Gesamtflächengewicht, bei dickerem Glas wird der nachfolgend beschriebene Koinzidenz-Dämmungseinbruch günstig beeinflusst.

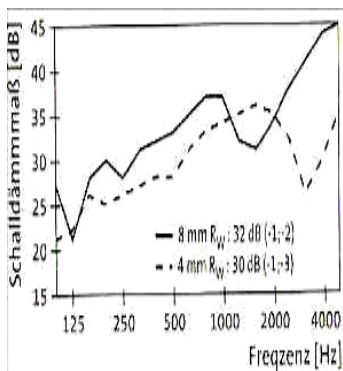
Der Dämmungseinbruch im Koinzidenzbereich entsteht dadurch, dass schräg auf das Bauteil einfallende Schallwellen das Bauteil zu Biegeschwingungen anregen, deren Wellenlängen mit denen bestimmter Frequenzen des anregenden Luftschalls übereinstimmen (koinzidieren), wenn nämlich die Projektion der Wellenlänge des Luftschalls gleich der Biegewellenlänge ist. Entsprechend ist der Frequenzbereich dieses Dämmungseinbruchs abhängig vom Einfallswinkel des Luftschalls. Der Koinzidenz-Dämmungseinbruch erreicht 10 bis 15 dB. Er ist erheblich gemindert bei akustischem Verbund-Sicherheitsglas, bei dem die sonst üblichen PVB-Folien zwischen den Scheiben durch spezielle Akustikfolien ersetzt sind.



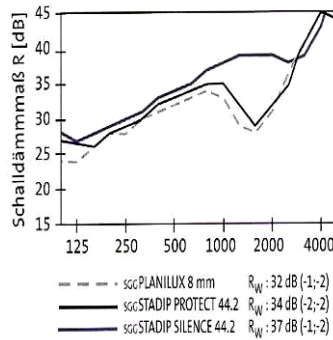
Prinzip des Entstehens der Koinzidenz [nach [56]]

Luftschalldämmung einer 12 mm starken Glasscheibe bei gerichtetem Schalleinfall unter 0°, 45° und 75° Schalleinfallswinkel [nach [57]]

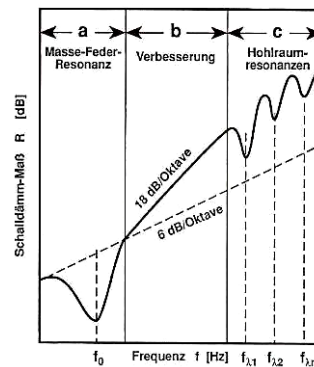
Abbildung 134 Prinzip des Koinzidenz-Dämmungseinbruchs bei Glasscheiben in Abhängigkeit von der Frequenz



Schalldämmung von Einfachglas unterschiedlicher Dicke [nach [58]]



8 mm -Verglasungen Monolithisch, 2-Scheiben-Sicherheitsglas und akustisches Verbund-Sicherheitsglas (obere Kurve) [58]



Prinzipieller Verlauf des Schalldämm-Maßes zweischaliger Bauteile in Abhängigkeit von der Frequenz [nach [56]]

Abbildung 135 Prinzipielle Verläufe der Schalldämmung bei Glasscheiben

Die Koinzidenzgrenzfrequenz f_c , bei der der Dämmungs-Einbruch beginnt, ergibt sich aus der Zahlenwertgleichung $f_c = 12000 / t$ in Hz mit t gleich der Scheibendicke in mm. Dies bedeutet, dass bei hier relevanten Scheibendicken von z.B. 8 mm die Koinzidenzfrequenz bei 1500 Hz zu erwarten ist (s. Abbildung 119, obere Kurven).

Im tieffrequenten Bereich führen Platteneigenschwingungen zu Resonanz-Dämmungseinbrüchen, die Resonanzfrequenzen hängen von verschiedenen Materialeigenschaften und von den Seitenlängen der Platten ab. Quadratische Elemente verhalten sich daher durch das Zusammenfallen von zwei Resonanzfrequenzen akustisch besonders ungünstig.

Der prinzipielle Verlauf der Dämmung in Abhängigkeit von der Frequenz zeigt bei zweischaligen Bauteilen einerseits einen Resonanz-Dämmungseinbruch bei

tiefen Frequenzen, andererseits aber einen wesentlich stärkeren Anstieg der Dämmung mit der Frequenz oberhalb des Dämmungseinbruchs. Die Resonanzfrequenz f_0 des Masse-Feder-Systems (die beiden Glasscheiben bilden die Massen und der Luftzwischenraum stellt die Feder dar) hängt von den Massen ab (und variiert daher mit der Scheibendicke) sowie vom Scheibenabstand (je größer die Werte sind, desto tiefer liegt die Resonanzfrequenz). Zusätzlich treten Hohlraumresonanzen auf, bei größeren Abständen der Schalen können sich stehende Wellen ausbilden. Die bei mehrschaligen Verglasungen zu erwartende Masse-Feder-Masse-Resonanzen weisen folgende Resonanzgrundfrequenz auf:

$$f_0 = 510 \left(1/d_L \left(1/m'_1 + 1/m'_2 \right) \right)^{1/2} \text{ in Hz}$$

mit dem Scheibenabstand d_L in cm und den flächenbezogenen Massen m'_1 und m'_2 , die sich für Glas in Abhängigkeit von der Scheibendicke t (in mm) ergeben zu

$$m' = 2,5 t \text{ in kg/m}^2 .$$

Bei einem Schallschutzisolierringlas mit einem im Folgenden auftretenden Aufbau von einer 6 mm und einer 8 mm Glasscheibe und einem Luftzwischenraum von 14 mm ergibt sich die Resonanzfrequenz zu 147 Hz.

Bei größerem Abstand der Glasscheiben, wie sie bei Doppelfassaden auftreten, sind weitere Resonanzerscheinungen zu erwarten und zwar bei den Frequenzen, bei denen eine halbe Wellenlänge und deren ganzzahlige Vielfache gleich dem Schalenabstand sind. Es gilt:

$$f = 17\,000 n / d_L \text{ in Hz}$$

mit d_L gleich dem Schalenabstand in cm,
n sind ganze natürliche Zahlen 1, 2, 3...

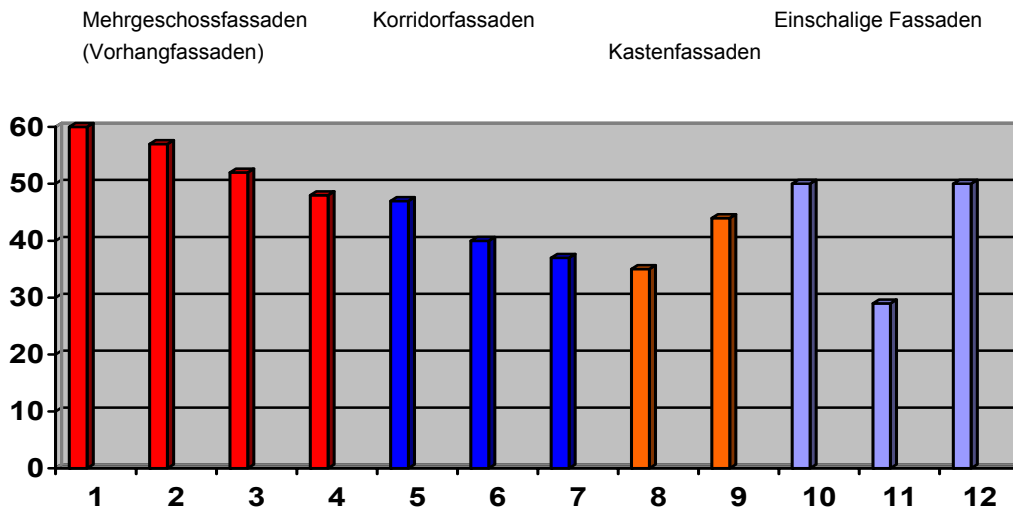
Bei einer Tiefe des Fassadenzwischenraums von z.B. hier relevanten 1 m ergibt sich damit die Grundton-Resonanzfrequenz (mit $n = 1$) zu 170 Hz (s. Abbildung 132, obere Kurven). Es sind somit bei den Doppelfassaden Resonanzeinbrüche der Schalldämmung insbesondere im Frequenzbereich um 150 Hz zu erwarten.

Dieser Effekt verringert sich bei Bedämpfung des Fassadenzwischenraums. Hinzu kommt, dass der Pegel im Fassadenzwischenraum bei Doppelfassaden durch Bedämpfung des Fassadenzwischenraums gesenkt wird, was hinsichtlich des Betriebszustandes der Öffnung der Primärfassade zum Fassadenzwischenraum vorteilhaft erscheint. Es gilt für die Pegelabsenkung ΔL durch Herabsetzen der Nachhallzeit von T_1 auf den Wert T_2 :

$$\Delta L = 10 \lg T_1 / T_2 \text{ dB.}$$

Eine Halbierung der Nachhallzeit bewirkt z.B. eine Herabsetzung des Schallpegels um 3 dB.

Schalldämmung bei geschlossenen Fenstern und Türen der Primärfassade und geschlossenen Lüftungsöffnungen der Sekundärfassade



Primär-Fassade geschlossen, Sekundärfassade geschlossen

Abbildung 136 Bewertete Schallpegeldifferenz $D_{is, 2m, w}$ in dB zwischen dem Pegel 2 m vor der Fassade in Fassadenmitte und dem mittlerem Pegel im Raum hinter der Fassade in Höhe des Messpunktes bei Lautsprecherbeschallung unter 45°

Die Zusammenstellung der ermittelten Schalldämmungen zeigt einen Variationsbereich der Dämmung von 25 dB bei den Doppelfassaden und sogar von 31 dB bei Einbeziehung aller untersuchten Fassaden, maximal wird ein Schalldämm-Maß von 60 dB erreicht. In DIN 4109 ist als Mindestanforderung an Außenbauteile bei Büroräumen bei einem "maßgeblichen Außenlärmpegel" bis zu 65 dB(A) eine Dämmung von 30 dB(A) gefordert (Lärmpegelbereich I bis III). Im höchsten Lärmpegelbereich VII mit einem maßgeblichen Außenlärmpegel >80 dB(A) beträgt als Mindestanforderung an Außenbauteile "das erforderliche resultierende bewertete Bauschalldämm-Maß" erf. $R'_w = 50$ dB. Wenn auch dieses Maß nicht unmittelbar mit dem hier berechneten vergleichbar ist, so lassen sich Unterschiede im Bereich von höchstens 2 bis 3 dB abschätzen und es bestätigt sich damit, dass mit einer Größenordnung von 60 dB ein sehr hoher Schallschutzes bei Vorhangfassaden erreichbar ist.

Als Tendenz ergibt sich, dass mit den Vorhangdoppelfassaden dieser Untersuchung im Schnitt eine etwa 13 dB höhere Dämmung erzielt wird, als mit Kasten- und Korridorfassaden und ca. 10 dB höher als bei den untersuchten Einfachfassaden. Mit den Vorhangdoppelfassaden werden, zumindest im geschlossenen Zustand beider Teilfassaden, Dämmwerte erreicht werden, die in der Größenordnung der höchsten Anforderungen für die Dämmung gegen Außenlärm nach DIN 4109 liegen.

Auffällig ist, dass bei allen untersuchten Doppelfassadentypen die Dämmung der Fassaden gleichen Typs um etwa 10 dB variiert. Zwar tritt bei den Einfachfassaden sogar eine Differenz bis zu 21 dB auf, wie jedoch später erläutert wird, muss Fassade 11 mit einem auffallend niedrigem Schalldämm-Maß als stark sanierungsbedürftig eingestuft werden.

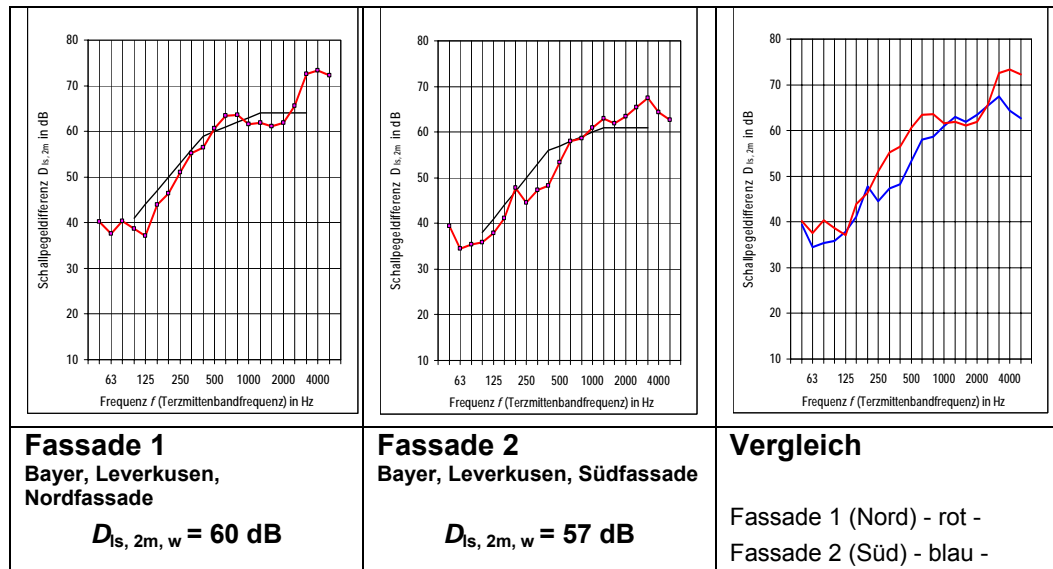
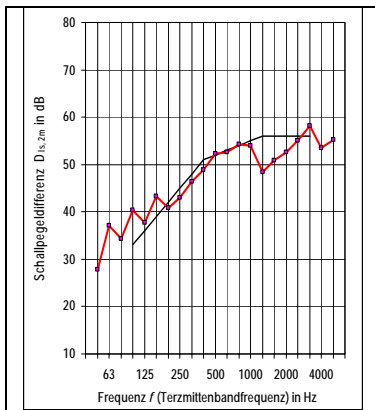


Abbildung 137 Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m}$ in Abhängigkeit von der Frequenz f und bewertete Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m, w}$ der Fassaden 1 und 2

Für die detaillierte Analyse der Schalldämmungskurven sind die Fassaden 1 und 2 (Konzernszentrale Bayer AG, Leverkusen) von herausragendem Interesse, da sie einen gleichartigen materiellen Aufbau mit lediglich unterschiedlicher Geometrie der Sekundärfassade aufweisen, akustisch unterscheiden sie sich jedoch erheblich. Sie weisen einen Unterschied im bewerteten Schalldämm-Maß von 3 dB auf. Im Frequenzbereich von 250 Hz bis 800 Hz liegt das Schalldämm-Maß jedoch erheblich niedriger mit einem Maximum von - 8,3 dB bei 400 Hz.

Der Grund ergibt sich aus dem unterschiedlichen geometrischen Aufbau der beiden Fassaden. Die Senkrechtstellung der Verglasung der Sekundärfassade und die Parallelität zur Primärfassade führen offenbar bei Fassade 1 zu ausgeprägten Resonanz-Dämmungseinbrüchen im tieffrequenten Bereich, die aber einen steilen Anstieg der Dämmung oberhalb des Resonanzbereiches zur Folge haben. Bei Fassade 2 ist infolge der Schrägstellung der Sekundärfassadenflächen die tieffrequente Resonanz weit weniger ausgeprägt sondern breit „verschmiert“ und es ist keinerlei Koinzidenz-Dämmungseinbruch vorhanden. Dies müsste eigentlich eine höhere Schalldämmung bedeuten. Es kommt jedoch zu einem erheblichen Resonanzeinbruch der Dämmung im mittleren Frequenzbereich. Offenbar führen die waagerechten unteren Abschlüsse der "Schuppen" der Fassade zu wesentlich stärkerer Schwingungsanregung des Fassadenzwischenraums und damit zu deutlich schlechteren Schalldämmungswerten von Fassade 2. Die Aufteilung der Gesamtschalldämmung auf Primär- und Sekundärfassade ergab sich überschlägig aus der Pegelmessung im Fassadenzwischenraum. Es entfallen 34 dB auf die Primär- und 26 dB auf die Sekundärfassade. Die Prüfstandswerte der Verglasungen liegen bei 34 dB und damit in der Größenordnung der an den Fassaden vorgefundenen Dämm-Maßen, wobei zu berücksichtigen ist, dass im Prüfstand die Masse-Feder-Resonanzerscheinungen des Fassadenaufbaus und auch der Koinzidenzeffekt nicht auftritt. Es ist zu berücksichtigen, dass der Koinzidenzeffekt hier ohnehin nur „gemildert“ auftritt, da laminiertes Zweischeiben-Sicherheitsglas eingesetzt wird, das geringere „Schwingneigung“ aufweist.



Fassade 3 GSW, Berlin, Westfassade

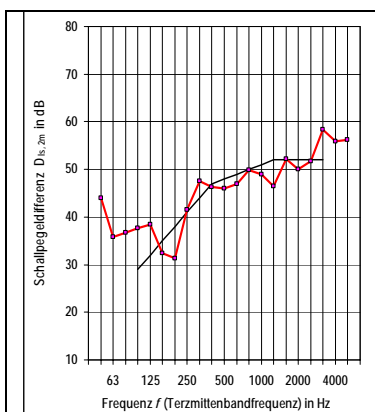
$$D_{Is, 2m, w} = 52 \text{ dB}$$

Abbildung 138 Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m}$ in Abhängigkeit von der Frequenz f und bewertetes Schalldämm-Maß $D_{Is, 2m, w}$ der Fassade 3

Bei Fassade 3 (GSW, Berlin) zeigt der Messkurvenverlauf einen ausgeprägteren Koinzidenzeinbruch der Dämmung, denn es sind 3 Einzelscheiben mit 6, 8 und 10 mm Dicke beteiligt, so dass die tiefste Grenzfrequenz mit 1200 Hz den Beginn des Dämmungseinbruches markiert, der durch die höher liegenden Koinzidenzgrenzfrequenzen der dünneren Scheiben verstärkt wird. Im tieffrequenten Bereich zeigen sich drei Resonanz-Einbrüche, einerseits herrührend von der Resonanz der Isolierverglasung der Primärfassade und von der Resonanz des Schalenabstandes. Diese Resonanz verhindert zwar, dass die Dämmung im für das bewertete Schalldämm-Maß Ausschlag gebenden mittleren Frequenzbereich die hohen Werte der Fassade 1 erreicht, andererseits wird durch das Nichtaufeinandertreffen der Resonanzen relativ hohe Dämmung im tieffrequenten Bereich erreicht. Obwohl das bewertete Schalldämm-Maß von Fassade 3 um 8 dB unter dem der Fassade 1 liegt, bietet sie die gleiche Eignung, zur Dämmung bei Straßenver-

kehrslärm eingesetzt zu werden. Bei höherfrequentem Lärm ist Fassade 1 und auch Fassade 2 jedoch hoch überlegen.

Das bewertete Schalldämm-Maß der Sekundärfassade ergab sich überschlägig aus den Pegeldifferenzen des Außenpegels zum Pegel im Fassadenzwischenraum zu 27 dB, während die verwendete Verglasung einen Laborwert von 33 dB aufweist.



Fassade 4 Bürogebäude, Hannover

$$D_{Is, 2m, w} = 48 \text{ dB}$$

Abbildung 139 Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m}$ in Abhängigkeit von der Frequenz f und bewertete Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m, w}$ der Fassade 4

Fassade 4 (Bürogebäude Hannover) liegt im bewerteten Schalldämm-Maß um 12 dB niedriger als Fassade 1. Im Verlauf der Schalldämmung in Abhängigkeit von der Frequenz fallen zwei ungünstige Komponenten auf: Der tieffrequente Resonanzeinbruch zwischen 125 und 250 Hz, der in der Zweischaligkeit mit ca. 1 m Schalenabstand (170 Hz Resonanzfrequenz) begründet sein dürfte, erscheint sehr unbedämpft, da er sehr ausgeprägt ist. Die Dämmung bei hohen Frequenzen liegt dagegen relativ niedrig, dies deutet darauf hin, dass die Fassade nicht dicht geschlossen war, wahrscheinlich durch nicht dicht schließende Lüftungsklappen, die nicht geöffnet sein sollten, da die Luftzuführung in den Fassadenzwischenraum im Normalfall durch einen Kanal von der Gebäuderückseite her erfolgt. Die Dämmungsverhältnisse von Sekundär- zu Primärfassade ergaben sich zu 17dB/32dB, wobei der niedrige Wert der Sekundärfassade dem Prüfstandswert der Verglasung nicht gerecht wird was wiederum auf Undichtigkeit hindeutet.

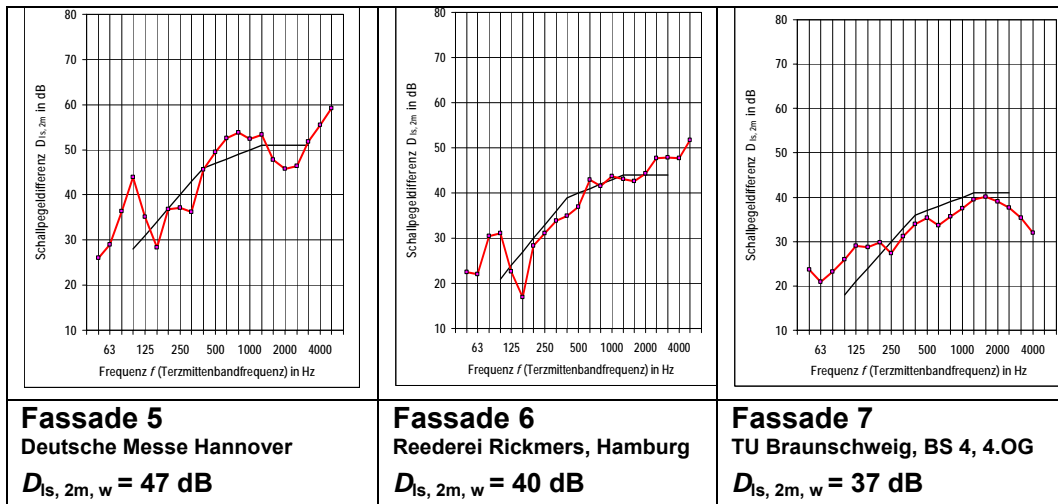
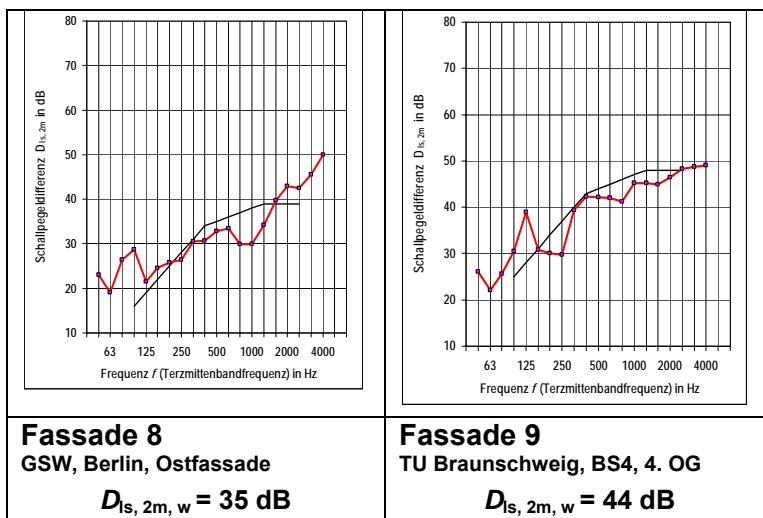


Abbildung 140 Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m}$ in Abhängigkeit von der Frequenz f und bewertete Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m, w}$ der Fassaden 5, 6 und 7

Bei den drei Korridorfassaden 5 und 6 zeigt sich im tieffrequenten Bereich ein Bei den Korridorfassaden 5 (Deutsche Messe Hannover) und 6 (RIC Hamburg) zeigt sich im tieffrequenten Bereich ein sehr ähnlicher Verlauf der Kurven, jedoch um ca. 11 dB verschoben. Das Schalldämm-Maß unterscheidet sich um nur 7 dB, da ein erheblicher Koinzidenz-Dämmungseinbruch bei Fassade 5 vorhanden ist, der sich negativ auf das bewertete Schalldämm-Maß dieser Fassade auswirkt. Zu berücksichtigen ist, dass bei Fassade 6 die Sekundärfassade durch die horizontalen, offenen und auch in der Primärfassade schalltechnisch nur geringfügig gedämmten Lüftungsschlitze wenig zur Gesamtschalldämmung beitragen, was akustisch als konstruktiver Mangel zu werten ist. Die bewertete Schallpegeldifferenz zwischen dem Pegel vor der Fassade und dem Fassadenzwischenraum beträgt hier nur 13 dB, sie ist allerdings auch bei Fassade 5 mit den vertikalen Lüftungskappen-Bändern nur 17 dB, während die Abschätzung der Dämmung der Primärfassade in beiden Fällen 32 dB ergab. Der Dämmungsverlauf bezüglich der höheren Frequenzen deutet bei Fassade 7 (TU Braunschweig, BS 4) auf erhebliche Schalldurchlässigkeit durch nicht dicht schließende Fenster, Lüftungskappen etc hin. Das niedrige Gesamtniveau entspricht dem niedrigen Dämm-Maß des unteren Fassadenabschlusses.



Die Schalldämmung der beiden Kastenfassaden 8 (GSW, Berlin, Ostfassade) und 9 (TU Braunschweig, BS 4) unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht: Nr. 8 hat als Doppelfassade einen extrem kleinen Fassadenabstand, so dass hier auch keine Schallpegelmessung im Fassadenzwischenraum erfolgt ist.

Abbildung 141 Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m}$ in Abhängigkeit von der Frequenz f und bewertete Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m, w}$ der Fassaden 8 und 9

Dem geringen Fassadenabstand entsprechend tritt ein tiefer, Resonanz bedingter Dämmungseinbruch bei 800 bis 1000 Hz ein, der maßgeblich zur sehr niedrigen Gesamtdämmung der Fassade beiträgt. Aber auch die „Grunddämmung“ der Fassadenkonstruktion ist sehr niedrig, möglicherweise verursacht durch die geringe Dämmung des relativ großen Lüftungsklappenanteils.

Fassade 9 unterscheidet sich von Fassade 7 lediglich durch den Einbau einer Abschottung zwischen den Etagen in gleicher Weise, wie sie bei Fassade 7 den unteren Abschluss der Sekundärfassade bildet. Die „Grunddämmung“ steigt dadurch um ca. 3 bis 4 dB, es tritt ein ausgeprägter Resonanzeinbruch der Dämmung bei 200 bis 300 Hz auf, die, dem physikalischen Resonanzverhalten entsprechend, einen steileren Anstieg der Dämmung in dem oberhalb des Resonanzbereiches liegenden Frequenzbereich zur Folge hat. Hinzu kommt offenbar wesentlich bessere Abdichtung der Vorrichtungen zur Fassadenöffnung, so dass kein „Abknicken“ der Dämmungskurve bei hohen Frequenzen mehr auftritt. Diese Einflüsse führen hier zu einem Anstieg der Dämmung gegenüber der Fassade 7 um 7 dB.

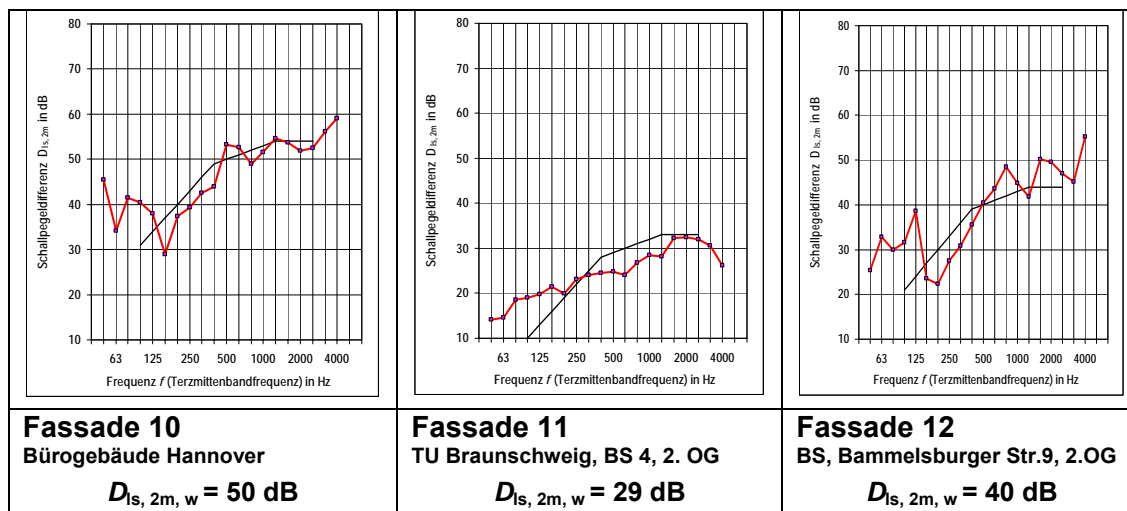


Abbildung 142 Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m}$ in Abhängigkeit von der Frequenz f und bewertete Schalldämm-Maße $D_{Is, 2m, w}$ der Fassaden 10, 11 und 12

Bei den einschaligen Fassaden 10 bis 12 ist zu beachten, dass nur die Fassaden 10 (Bürogebäude, Hannover) und 11 (TU Braunschweig, BS 4, 2. OG) Glasfassaden darstellen, wobei Fassade 11 als sanierungsbedürftig anzusehen ist. Es treten offenbar wiederum sehr erheblich Undichtigkeiten der Fassade auf, wie sich aus dem sehr flachen Kurvenverlauf mit deutlichem Abknicken bei höheren Frequenzen schließen lässt. Bei Fassade 10 wirkt sich wiederum eine Resonanz bei 125 Hz negativ als scharfer Dämmungseinbruch aus, er bedingt jedoch andererseits einen steilen Anstieg der Dämmung im darüber liegenden Frequenzbereich, der jedoch bei 500 Hz endet, da dann zwei Koinzidenzeinflüsse unterschiedlicher kritischer Frequenz auftreten, offenbar durch zwei unterschiedlich dick gewählte Scheiben der Isolierverglasung. Hierdurch wird die Tiefe der Dämmungseinbrüche begrenzt, wodurch das insgesamt recht hohe Schalldämm-Maß erwirkt wird.

Eher „außer Konkurrenz“ ist die (Fenster-)Lochfassade 12 (Wohnhaus Braunschweig, Bammelsburger Str. 9) zu sehen. Mit einer Fensterfläche von ca. 30 % der Fassadenfläche, einer Isolierverglasung 4 mm (16 mm Luftfüllung) 4 mm der Fenster, von der man nach Literaturangabe $R_w =$ ca. 35 dB erwarten kann, eingebaut in 40 cm verputztes Vollziegel-Mauerwerk mit $R_w =$ ca. 55 dB

entspricht das ermittelte Schalldämm-Maß von 40 dB den Erwartungen. Die relativ geringe Scheibendicke und der symmetrische Scheibenaufbau mit relativ großem Abstand bedingen die erheblichen Resonanz-Dämmungseinbrüche.

Zusammenfassend kann über die Schalldämmung der Fassaden bei geschlossener Primär- und geschlossener Sekundärfassade festgestellt werden:

- Es wurden bei Doppelfassaden bewertete Schalldämm-Maße von bis zu 60 dB ermittelt, es war jedoch auch eine Konstruktion mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von nur 35 dB vertreten. Bei allen Fassadentypen traten Unterschiede von ca. 10 dB auf. Bei den untersuchten Vorhangfassaden lag die Schalldämmung im Mittel etwa 13 dB höher als bei den anderen Doppelfassaden.
- Bei Fassaden mit gleichem Aufbau der Primär- und der Sekundärfassade aber unterschiedlicher geometrischer Anordnung zeigten sich erhebliche akustische Unterschiede von -3 dB in der Einzahlangabe aber von bis zu -8 dB in einzelnen Terzbereichen.
- Bei Fassaden mit größeren Abständen der Schalen kann überschlägig von einer Addition der Dämmwerte der Schalen ausgegangen werden.
- Es treten bei fast allen untersuchten Fassaden erhebliche Resonanz-Dämmungseinbrüche auf, die häufig etwa 10 dB erreichen. Die gilt sowohl für Bauteil- und Masse-Feder-Masse – Resonanzen im tieffrequenten Bereich wie auch für Koinzidenzeinbrüche der Dämmung im höheren Frequenzbereich. Andererseits treten physikalisch bedingt durch die relativ ungedämpften Resonanzen hohe Anstiege der Dämmung mit der Frequenz im oberhalb der Resonanz liegenden Frequenzbereich auf.
- Es zeigt sich, dass die Resonanzeffekte durch Konstruktionsmerkmale der Fassaden, wie Nichtparallelität der Verglasungselemente der beiden Schalen, erheblich beeinflusst werden. Jedoch führt das Fehlen bzw. ein geringerer Resonanzeinfluss in der Regel nicht zur Anhebung des bewerteten Schalldämm-Maßes, wohl aber zu günstigeren oder ungünstigeren Werten der Schalldämmung in bestimmten Frequenzbereichen. Dies kann bezüglich der Einsetzbarkeit der Konstruktion hinsichtlich der Art des Lärmschutzes am jeweiligen Einsatzort von Bedeutung sein.
- Der Resonanzeinbruch der Schalldämmung im tieffrequenten Bereich liegt meistens um 150 Hz. Er führt dazu, dass der Spektrum-Anpassungswert C_{tr} , bei dem ein Straßenverkehrsgeräuschspektrum zugrunde gelegt wird, im Mittel -5 dB erreicht, er schwankt zwischen -3 und -8 dB. In einem Fall zeigte sich besonders deutlich die Auswirkung der Zweischaligkeit der Fassaden auf diesen Effekt: Wird die Primärfassade geöffnet (bei jedem Geschoss), verringert sich die Größe von C_{tr} von -7 dB auf nur noch -1 dB. Da die tieffrequente Resonanz mit ca. 150 Hz relativ hoch liegt, ist von einer Erweiterung des zu betrachtenden Frequenzbereiches bis auf 50 Hz, wie es Europäische Normen bereits jetzt empfehlen, keine oder nur geringfügige Auswirkung in der Größenordnung von 1 bis 2 dB auf das Schalldämm-Maß zu erwarten. Die gilt auch von der empfohlenen Frequenzbereicherweiterung zu höheren Frequenzen bis auf 5000 Hz.

Schalldämmung bei geöffneten Fenstern oder Türen der Primärfassade und geschlossenen Lüftungsöffnungen der Sekundärfassade

Das Öffnen von Fenstern oder gar Türen in der Primärfassade zum Fassadenzwischenraum gilt als besonderer Komfort, da gefühlsmäßig nahezu von einem „offenen Fenster in's Freie“ ausgegangen werden kann, dennoch aber Witterungsschutz und wohl auch Schallschutz gegeben ist. Zur Quantifizierung des letzteren wurden wiederum bewertete Schallpegeldifferenzen zwischen dem Schallpegel 2 m vor der Fassade und dem mittleren Pegel im Raum herangezogen, die Sekundärfassade wurde geschlossen gehalten.

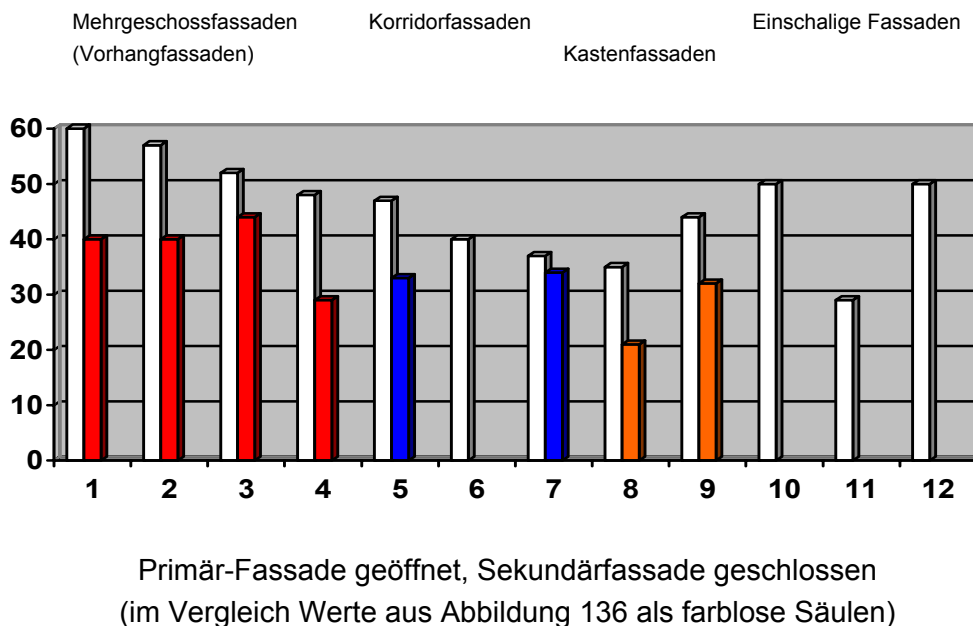


Abbildung 143 Bewertete Schallpegeldifferenz $D_{s, 2m, w}$ in dB, Primärfassade geöffnet, Sekundärfassade geschlossen

Der maximale Schalldämmwert dieser Konstellation wurde mit 44 dB bei Fassade 3 ermittelt, also 16 dB niedriger als der Maximalwert bei völlig geschlossenen Fassaden, jedoch nur 8 dB niedriger als der Schalldämmwert bei Fassade 3 in völlig geschlossenem Zustand. Bei Fassade 1 und 2 sinkt die Schalldämmung beim Öffnen der Primärfassade um 20 bzw. um 19 dB. Dieses unterschiedliche Verhalten erklärt sich aus der unterschiedlichen Verteilung der Dämmungsanteile der Gesamtfassade auf die Primär- und die Sekundärfassade. Der Anteil der Sekundärfassade an der Gesamtfassadendämmung ist bei Fassade 3 deutlich höher als bei den Fassaden 1 und 2. Umgekehrt sind die Verhältnisse bei Fassade 4: Die Dämmung der Fassade sinkt um 19 dB sehr stark beim Öffnen der Primärfassade, denn die Verteilung der Gesamtdämmung liegt hier bei der Primärfassade etwa doppelt so hoch wie bei der Sekundärfassade. Insgesamt ist aber auch hier die verbleibende Dämmung bei den Vorhangfassaden im mittel höher (um ca. 8 dB) als bei den anderen Doppelfassaden.

Auch bei den Korridorfassaden liegen entsprechende Verhältnisse vor:

In einem Fall (Fassade 5) tritt relativ großer Dämmungsabfall auf (um 14 dB), da der Anteil der Primärfassade an der Gesamtdämmung etwa doppelt so groß ist

wie der der Sekundärfassade. Im anderen Fall (Fassade 7) sinkt die Dämmung der Gesamtfassade sogar nur um 2 dB wenn die Primärfassade geöffnet wird, da diese nur einen extrem niedrigen Dämmwert im Vergleich zur Sekundärfassade aufweist. Fassade 6 wird hier nicht betrachtet, da die Primärfassade nicht zu öffnen ist. Bei den Kastenfassaden sinkt die Dämmung um den mittleren Wert von 12 dB bzw. 14 dB, wobei die Öffnung der Verglasung der Primärfassade bei Fassade 8 kein normaler Betriebszustand ist.

Zusammengefasst zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Die Gesamtfassadendämmung sinkt bei Öffnung der Primärfassade und geschlossener Sekundärfassade um bis zu 20 dB, im Mittel um ca. 12 dB.
- In Einzelfällen sinkt die Dämmung nur um wenige dB, wenn die Dämmung der Primärfassade im Vergleich zur Sekundärfassade sehr niedrig ist.
- Die Schwankungsbreite der Verringerung der Dämmung reicht von 2 dB bis 20 dB.
- Im Mittel liegt die verbleibende Dämmung der Fassade bei den Vorhangfassaden um ca. 8 dB höher als bei den übrigen Doppelfassaden.

Schalldämmung bei geschlossenen Fenstern / Türen der Primärfassade und geöffneten Lüftungsöffnungen der Sekundärfassade

Das Öffnen der Sekundärfassade zu Lüftungszwecken bei geschlossener Primärfassade stellt einen normalen Betriebszustand dar, der in der Regel automatisch eingestellt wird und daher durchaus auftreten kann und nicht zu übermäßigen akustischen Störungen führen darf, wenn z.B. Konferenzen oder Verhandlungen mit großer Tragweite stattfinden. Es zeigten sich die nachfolgend im Vergleich zum Zustand der völlig geschlossenen Fassaden dargestellten Ergebnisse.

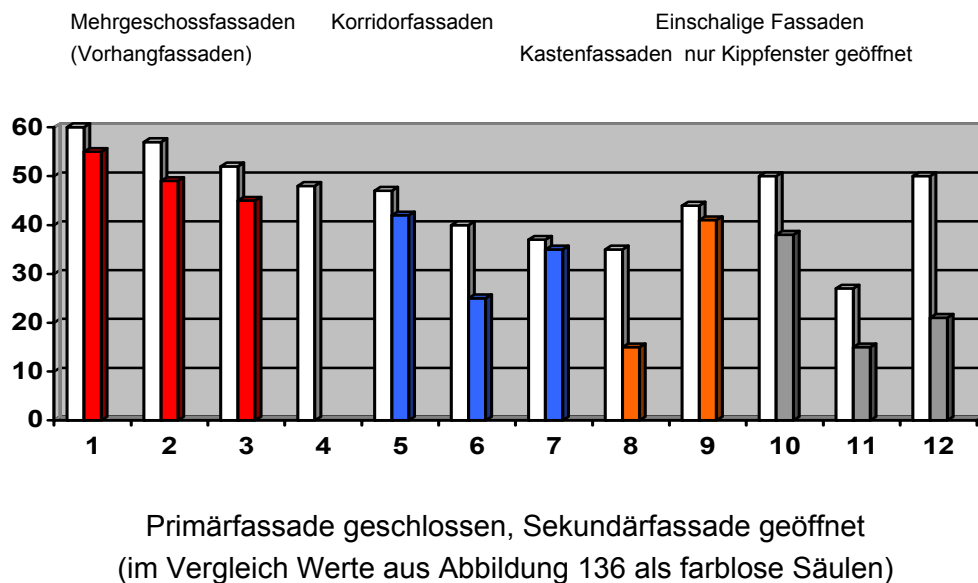


Abbildung 144 Bewertete Schallpegeldifferenz $D_{s,2m,w}$ in dB, Primärfassade geschlossen, Sekundärfassade geöffnet

Bei den Vorhangfassaden können hier nur die Fassaden 1 bis 3 betrachtet werden, da bei Fassade 4 die Sekundärfassade einen nicht veränderbaren Zustand aufweist. Es ergibt sich bei den betrachteten Vorhangfassaden eine Verringerung der Gesamtschalldämmung um 4 bis 8 dB, im Mittel um ca. 6 dB. Bei den Fassaden 1 und 2 überrascht dieses Ergebnis, da sich hier Lüftungsklappen auch unmittelbar vor den betrachtete Büroräumen öffnen im Gegensatz zu Fassade 3, bei der die Sekundärfassade nur im entfernten unteren und oberen Fassadenabschluss liegen. Die Erklärung dürfte darin liegen, dass bei den Fassaden 1 und 2 sowohl die Primärfassade und die Sekundärfassade relativ hohe Dämmung aufweist, die zu jeweils etwa 34 dB abgeschätzt wurde, zu der auch die geöffnete Sekundärfassade noch ca. 15 bis 20 dB zu addieren vermag.

Es werden also auch bei geöffneter Sekundärfassade bei den Vorhangfassaden noch Schalldämm-Maße zwischen 45 und 56 dB erreicht.

Bei den Korridorfassaden und zeigt sich eine erheblich größere Schwankungsbreite der Dämmungsverringerung, nämlich zwischen 2 und 15 dB. Der geringe Einfluss der Sekundärfassadenöffnung zeigt sich bei Fassade 5 mit einem

breiten vertikalen Band an Lüftungsmöglichkeiten in der Sekundärfassade. Hier ist die wiederum die Dämmung der Primärfassade relativ hoch und die Dämmung der Sekundärfassade mit ohnehin nur etwa 17 dB ohnehin relativ gering, die sich durch die Öffnung nur noch wenig verschlechtern kann. Die dramatische Reduzierung der Dämmung bei Fassade 6 um 15 dB ergibt sich daraus, dass es sich hier bei der Öffnung der Lüftungskanäle gar nicht um die Öffnung der Sekundärfassade handelt, sondern praktisch die Primärfassade geöffnet wird.

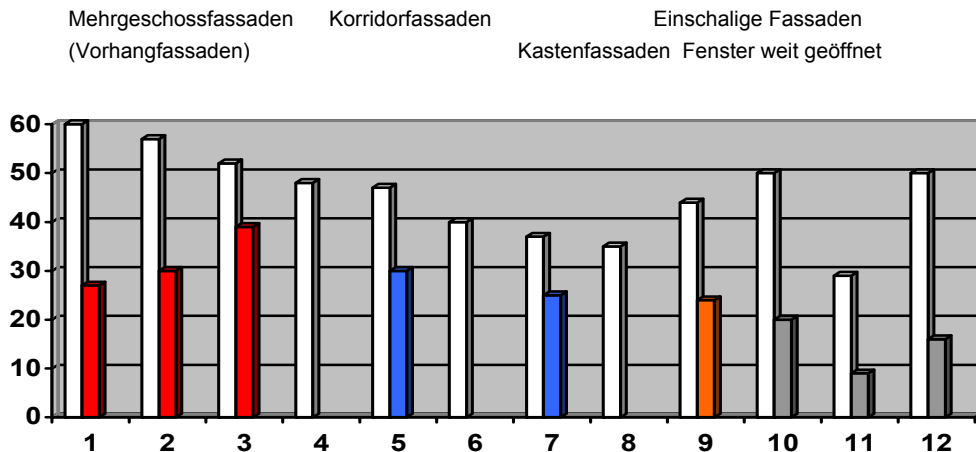
Bei den beiden Kastenfassaden treten ebenfalls sehr unterschiedlich Dämmungsreduzierungen auf und zwar um 20 dB bei Fassade 8, bei der jedoch das Lüftungselement praktisch sowohl die Öffnung der Primär- wie auch der Sekundärfassade darstellt. Der nur geringe Einfluss der Öffnung der Sekundärfassade bei Fassade 9 erklärt sich wiederum daraus, dass die Sekundärfassade nicht dicht schließend war, so dass eine weitere Öffnung sich nicht stark auswirken konnte.

Bei den Einfachfassaden wird der Fall betrachtet, dass die Fensteröffnung bei den Glasfassaden nur minimal erfolgt, durch Öffnung eines Fensters in „Kippstellung“. Die Dämm-Maße sinken um 12 dB bzw. um 14 dB. Bei der (Fenster)-Lochfassade wurde das eine der beiden Fenster geöffnet, was sich in einer Verringerung der Fassadendämmung um 29 dB niederschlug.

Bei Öffnung der Sekundärfassade bei geschlossener Primärfassade der Doppelfassaden ergibt sich zusammenfassend:

- Bei den Vorhangfassaden sinkt die Gesamtschalldämmung durch die Öffnung der Sekundärfassade im Mittel nur um 6 dB.
- Es werden bei den Vorhangfassaden auch bei Öffnung der Sekundärfassade noch Schalldämm-Maße zwischen 45 und 56 dB erreicht.
- Das Öffnen der Sekundärfassade hat nur sehr geringen Einfluss auf die Gesamtschalldämmung, wenn die Dämmung der Sekundärfassade ohnehin nur gering ist.
- Sehr großen Einfluss mit einer Reduzierung der Gesamtdämmung um bis zu 20 dB hat die Öffnung von Lüftungseinrichtungen, wenn diese nicht nur die Sekundärfassade, sondern auch die Primärfassade öffnen.

Schalldämmung bei geöffneten Fenstern / Türen der Primärfassade und geöffneten Lüftungsöffnungen der Sekundärfassade



Primär-Fassade geöffnet, Sekundärfassade geöffnet
(im Vergleich Werte aus Abbildung 136 als farblose Säulen)

Abbildung 145 Bewertete Schallpegeldifferenz $D_{s,2m,w}$ in dB, Primär-Fassade geöffnet, Sekundärfassade geöffnet

Werden sowohl die Primärfassade wie auch die Sekundärfassade geöffnet, so stellt dies sicherlich nicht den „Normalfall“ dar, kann aber nicht ausgeschlossen werden und ist als eine Art „akustischer worst case“ zu betrachten.

Bei Öffnung von Primär- und Sekundärfassade werden nur noch Schalldämm-Maße von maximal 39 dB erreicht. Im Mittel über alle Doppelfassaden ergeben sich 29 dB. Der Schwankungsbereich beträgt 24 dB bis 39 dB. Fassade 3 erreicht den herausragenden Wert von 39 dB und hebt sich damit aus den übrigen Doppelfassaden heraus, deren Werte separat betrachtet nur im Bereich von 24 dB bis 30 dB variieren. Bei Fassade 3 handelt es sich um eine Vorhangfassade, bei der Zu- und Abluftöffnungen nur am unteren und oberen Fassadenabschluss vorhanden sind. Unter diesem Gesichtspunkt muss allerdings auch Fassade 4 mit ähnlichem Aufbau betrachtet werden, bei der die Zuluft über den Zuluftkasten von der Rückseite des Gebäudes herangeführt wird. Hier ergibt sich der „akustische worst case“ mit einem Schalldämm-Maß von 29 dB.

Bei den Einfachfassaden wurden hier die Fenster des jeweils betrachteten Raumes maximal geöffnet. Die Fassadendämmung sank auf Werte bis zu 9 dB ab.

Die Zusammenfassung der Schalldämmungs-Verhältnisse bei geöffneter Primär- und geöffneter Sekundär-Fassade ergibt:

- Maximal wurde in einem Fall herausgehoben ein Schalldämm-Maß von 39 dB erreicht und zwar bei einer Vorhangfassade, bei der Zu- und Abluftöffnungen nur am unteren und oberen Fassadenabschluss vorhanden sind.
- Im Mittel über alle Doppelfassaden ergab sich das Schalldämm-Maß zu 29 dB.

Untersuchung der Abhängigkeit des Koinzidenz-Dämmungseinbruchs von der Lage des Büroraums

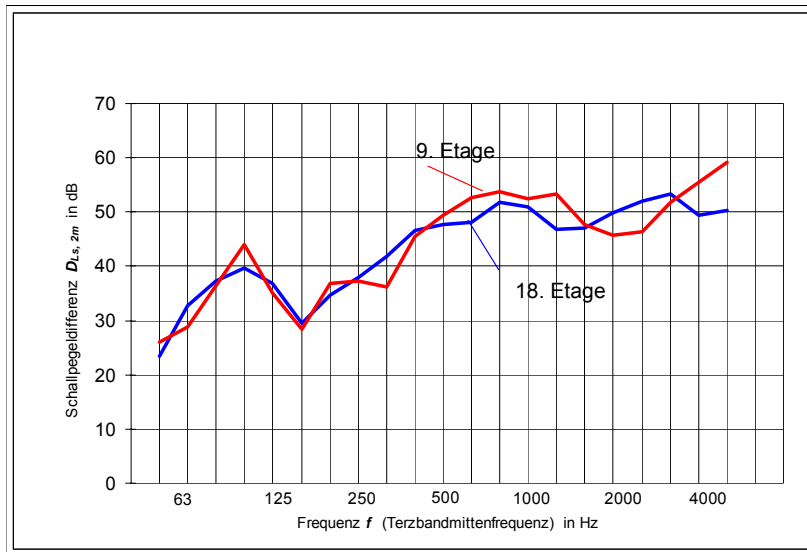


Abbildung 146 Schallpegeldifferenzen $D_{Ls, 2m}$ zwischen dem jeweiligen Pegel in 2 m Abstand vor der Fassade und dem Innenraumpegel bei Räumen in der 9. Etage (rote Kurve) und in der 18. Etage (blaue Kurve)

Die Messkurven zeigen, dass sich der Koinzidenzeinbruch der Fassadendämmung um etwa eine ganze Oktave zu niedrigen Frequenzen verschoben hat. Der Dämmungseinbruch fällt geringfügig geringer aus, das bewertete Schalldämmmaß bleibt unverändert, der Dämmungseinbruch liegt jedoch ungünstiger im Bereich höherer Empfindlichkeit des menschlichen Hörvermögens. Dies kann wiederum bei entsprechendem Spektrum des Außenlärms (z.B. bei Fluglärm) geringere subjektiv empfundene Dämmung bedeuten. Es tritt damit in dem oberen Stockwerk eine um etwa 4 dB niedrigere Fassadendämmung auf.

6.4.3 Schalldämmung zwischen benachbarten Büroräumen

Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w Bewertete Schallpegeldifferenz D_w Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n, w}$ Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT, w}$ Spektrum-Anpassungswerte C , $C_{100-5000}$, $C_{50-5000}$ C_{tr} , $C_{tr, 100-5000}$, $C_{tr, 50-5000}$	jeweils in dB	Mittlere Nachhallzeit im Empfangsraum und im Fassadenzwischenraum $T_{m, E}$ in s $T_{m, Fa}$ in s (Oktaven 500 u. 1000 Hz)	Grundgeräuschpegel im Empfangsraum $L_{stör}$ in dB(A) V = Volumen des Empfangsraums in m^3
---	---------------	--	---

Fenster im Senderraum zum Fassadenzwischenraum bzw. nach außen	geschlossen	geöffnet	geöffnet	$T_{m, E}$ $T_{m, Fa}$ [s]	
Fenster im Empfangsraum zum Fassadenzwischenraum bzw. nach außen	geschlossen	geschlossen	geöffnet	S [m^2] V [m^3]	$L_{stör}$ dB(A)

1 Fassade 1 Mehrgeschossfassade (Vorhangdoppel- fassade) Bayer AG Leverkusen	$R'_w = 33$ dB -2,-1,-2 -6,-6,-8 $D_w = 34$ dB $D_{n,w} = 31$ dB $D_{nT,w} = 36$ dB	$R'_w = 33$ dB -1,0,-1 -5,-5,-7 $D_w = 35$ dB $D_{n,w} = 31$ dB $D_{nT,w} = 36$ dB	$R'_w = 27$ dB -1,-1,-1 -3,-3,-3 $D_w = 28$ dB $D_{n,w} = 24$ dB $D_{nT,w} = 29$ dB	0,71 1,19 7,1 92,4	37,7
2 Fassade 3 Mehrgeschossfassade (Vorhangdoppel- fassade) GSW Berlin	$R'_w = 34$ dB -3,-7,-7 -1,-2,-2 $D_w = 34$ dB $D_{n,w} = 34$ dB $D_{nT,w} = 34$ dB	$R'_w = 35$ dB -2,-7,-7 2,-2,-5 $D_w = 35$ dB $D_{n,w} = 36$ dB $D_{nT,w} = 36$ dB	$R'_w = 31$ dB -1,-4,-4 1,0,-1 $D_w = 31$ dB $D_{n,w} = 31$ dB $D_{nT,w} = 31$ dB	0,48 0,5 12,4 43,3	27,5
3 Fassade 4 Mehrgeschoss-fassade (Vorhangdoppel- fassade) Bürogebäude Hannover	$R'_w = 38$ dB -1,0,0 -3,-3,-5 $D_w = 39$ dB $D_{n,w} = 41$ dB $D_{nT,w} = 37$ dB	$R'_w = 37$ dB -2,-1,-1 -6,-6,-7 $D_w = 38$ dB $D_{n,w} = 39$ dB $D_{nT,w} = 37$ dB	$R'_w = 24$ dB 0,0,0 0,0,0 $D_w = 25$ dB $D_{n,w} = 28$ dB $D_{nT,w} = 24$ dB	0,64 1,16 13,4 63,7	29,4
4 Fassade 5 Korridorfassade Deutsche Messe AG Hannover	$R'_w = 25$ dB -1,0,0 -3,-3,-7 $D_w = 24$ dB $D_{n,w} = 24$ dB $D_{nT,w} = 25$ dB	$R'_w = 25$ dB -2,-1,-1 -7,-7,-8 $D_w = 23$ dB $D_{n,w} = 23$ dB $D_{nT,w} = 25$ dB	$R'_w = 10$ dB -1,0,-0 -1,-1,-2 $D_w = 8$ dB $D_{n,w} = 8$ dB $D_{nT,w} = 10$ dB	0,86 0,95 13,8 48	28,4

Fenster im Senderaum zum Fassaden- zwischenraum bzw. nach außen	geschlossen	geöffnet	geöffnet	$T_{m,E}$ $T_{m, Fa}$ [s]	
Fenster im Empfangs- raum zum Fassaden- zwischenraum bzw. nach außen	geschlossen	geschlossen	geöffnet	S [m ²] V [m ³]	$L_{stör}$ dB(A)
5 Fassade 6 Korridorfassade	$R'_w = 24$ dB 0,0,0 -1,-2,-3 $D_w = 22$ dB $D_{n,w} = 22$ dB $D_{nT,w} = 23$ dB	$R'_w = 24$ dB 0,0,0 -1,-1,-2 $D_w = 22$ dB $D_{n,w} = 22$ dB $D_{nT,w} = 23$ dB	$R'_w = 17$ dB -1,-1,-1 -1,-1, 2 $D_w = 15$ dB $D_{n,w} = 15$ dB $D_{nT,w} = 16$ dB	1,2 0,22 17,4 45,1	35,9
6 Fassade 12 Einschalige (Fenster-) Lochfassade	$R'_w = 47$ dB -1/0/0 -3/-4/-5 $D_w = 50$ dB $D_{n,w} = 55$ dB $D_{nT,w} = 55$ dB	$R'_w = 48$ dB -2/-1/-1 -4/-4/-6 $D_w = 50$ dB $D_{n,w} = 55$ dB $D_{nT,w} = 55$ dB	$R'_w = 42$ dB -1/-1/-1 -3/-3/-3 $D_w = 44$ dB $D_{n,w} = 49$ dB $D_{nT,w} = 49$ dB	0,44 18,2 81,8	21,6

Abbildung 147 Tabellarische Zusammenstellung der Messergebnisse der Schalldämmung zwischen benachbarten Büroräumen

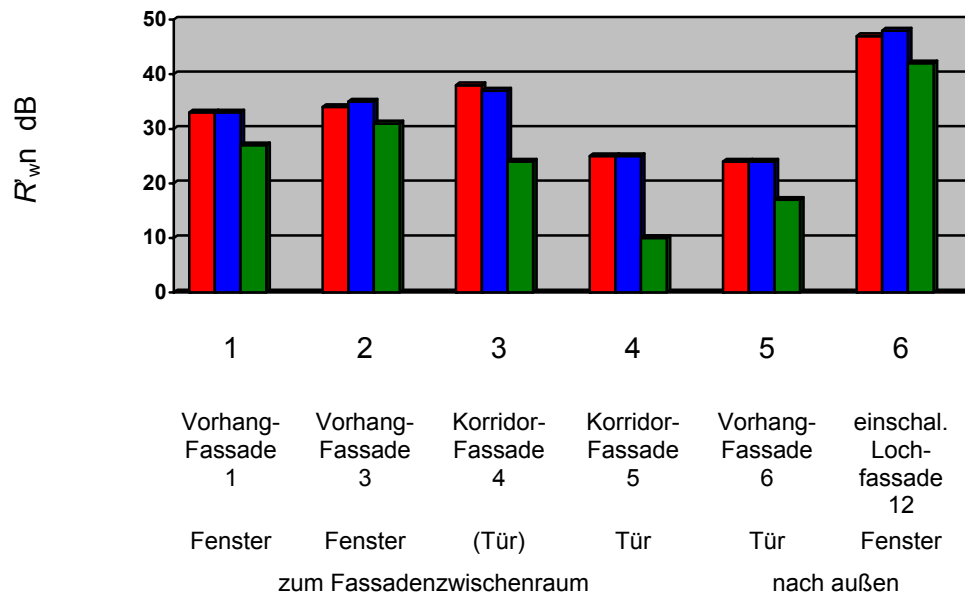


Abbildung 148 Bewertete Schalldämm-Maße R'_w zwischen nebeneinander liegenden Räumen bei geschlossenen Fenstern und Türen zum Fassadenzwischenraum (rot), bei einem geöffneten Fenster in einem der Räume (blau) und bei geöffneten Fenstern in beiden Räumen (grün)

Es zeigte sich generell, dass die Schalldämm-Maße zwischen den nebeneinander liegenden Räumen bei den untersuchten Gebäuden mit Doppelfassaden relativ niedrig liegen. Jeweils im Mittel ergaben sich bei den Gebäuden mit Vorhangfassaden die bewerteten Schalldämm-Maße zu 35 dB, dagegen zu 24 dB bei den beiden Korridorfassaden. Bei der einschaligen (Fenster)-Lochfassade mit massivem Mauerwerk auch als Trennwand zwischen den Räumen zeigte sich ein bewertetes Schalldämm-Maß von 47 dB.

Bei Öffnung eines Fensters in nur einem der nebeneinander liegenden Räume tritt so gut wie keine Beeinflussung der Schalldämmung zwischen den Räumen auf. Es zeigten sich keine Unterschiede von mehr als 1 dB, dieser Wert liegt innerhalb der Messgenauigkeit.

Werden in beiden nebeneinander liegenden Räume Fenster geöffnet, so sinkt die Schalldämmung im Fall 1 und 2 zwischen den Räumen bei Gebäuden mit den Vorhangfassaden (1 und 3) um 6 dB bzw. um 3 dB. Hier bestätigt sich also die Gefahr erheblicher Schallübertragung zwischen den Räumen über den Fassadenzwischenraum nicht. Bei Fall 3 der Vorhangfassade 4 trat eine Reduzierung der Dämmung zwischen den nebeneinander liegenden Räumen um 14 dB auf. Hier wurde allerdings ein türgroßer Fensterflügel zum Fassadenzwischenraum geöffnet, was keinen normalen Betriebszustand darstellt.

Auch im Fall 4 der Korridor-Fassade 5 zeigte sich eine größere Absenkung der Schalldämmung um 13 dB zwischen den Räumen bei dem

Öffnen von Türen zum Fassaden-Korridor. Hier wies der Fassadenzwischenraum mit einer mittleren Nachhallzeit von fast 1,2 Sekunden zudem eine große Halligkeit auf.

Im Fall 5 (Korridor-Fassade 6) betrug die Abnahme des Schalldämm-Maßes zwischen den Räumen durch Öffnen der Türen in beiden Räumen nur 5 dB. Der Fassadenzwischenraum war extrem bedämpft mit einer mittleren Nachhallzeit von nur 0,22 Sekunden.

Bei der (Fenster)-Lochfassade zeigte sich ein Absinken der Schalldämmung zwischen den Räumen durch Öffnen von Fenstern in beiden Räumen um lediglich 5 dB.

Zusammenfassung der Schalldämmungsmessergebnisse zwischen nebeneinander liegenden Räumen durch Öffnung von Fenstern und Türen zum Fassadenzwischenraum:

- Die Schalldämm-Maße nebeneinander liegender Räumen lagen bei den Gebäuden mit Doppelfassaden relativ niedrig, im Mittel bei 35 dB bei den Vorhangfassaden und bei nur 24 dB bei den Korridorfassaden. Im Vergleich hierzu betrug das Schalldämm-Maß bei dem Gebäude in Massiv-Bauweise 47 dB.
- Das Öffnen eines Fensters zum Fassadenzwischenraum in nur einem Raum beeinflusst die Dämmung zwischen den Räumen nicht.
- Werden in beiden Räumen Fenster zum Fassadenzwischenraum geöffnet, sinkt das bewertete Schalldämm-Maß zwischen den Räumen um 3 bis 6 dB, es nimmt aber um bis zu 14 dB ab, wenn Türen zu sehr halligen Fassadenzwischenräumen geöffnet werden. Sind diese dagegen stark bedämpft, tritt auch hier nur eine Reduzierung der Schalldämmung zwischen den Räumen um 5 dB auf.

6.4.4 Ergebniszusammenfassung der akustischen Untersuchungen

Die Zusammenfassung der akustischen Untersuchungsergebnisse erfolgt im Folgenden in Form der Beantwortung der eingangs zu diesem Kapitel gestellten Fragen.

- Es konnte gezeigt werden, dass Glasdoppelfassaden sehr hohe Schalldämmung gegen Außenlärm erreichen können. Wenn Primär- und Sekundärfassade geschlossen sind, zeigten sich Schalldämm-Maße als bewertete Schallpegeldifferenzen von bis zu 60 dB. Dieses Ergebnis liegt um 10 dB über dem für die höchste Klasse des maßgeblichen Außenlärmpegels geforderten Wert.
- Es traten jedoch auch für Doppelfassaden unerwartet niedrige Schall-

dämmwerte von nur 35 bis 40 dB auf. Aus akustischer Sicht sind diese Fassaden als unzureichend zu betrachten.

- Bei gleichem materiellen Aufbau der Doppelfassade aber unterschiedlicher Geometrie (Sekundärfassade nicht parallel zur Primärfassade, horizontale Fassadenbereiche) zeigten sich in einem Fall erheblich verschlechterte Werte der Schalldämmung (-3 dB in der Einzahlangabe, -8 dB in einem breiten, insbesondere für Straßenverkehrslärm kritischen Frequenzbereich).
- Die untersuchten Vorhangfassaden wiesen im Schnitt 13 dB höhere Dämmung auf als die Korridor- und Kastenfassaden, bei allen Fassadentypen zeigte sich ein Streubereich von etwa 10 dB. Vielfältig auftretende Resonanzeffekte sowohl aufgrund der Eigenschaften des Werkstoffs Glas wie auch auf Grund der Konstruktion von Masse-Feder-Systemen beeinflussen das bewertete Schalldämm-Maß. Es zeigen sich vielfältige Einbrüche aber auch Überhöhungen der Schalldämmkurven gegenüber der „Grunddämmung“ entsprechend dem Massengesetz in verschiedenen Frequenzbereichen, so dass die Anpassung der jeweiligen Konstruktion an das Lärmspektrum am Einsatzortes vorteilhaft sein kann und grundsätzlich berücksichtigt werden sollte.
- Wird die Primärfassade bei geschlossener Sekundärfassade geöffnet, was in der Praxis seltener vorkommen dürfte als zunächst vermutet, so sinkt die Dämmung im Mittel über alle Untersuchungsobjekte um -12 dB, die Schwankung reicht allerdings von -2 dB bis zu -20 dB. Die verbleibende Dämmung erreichte maximal 44 dB, bei den Vorhangfassaden lag sie im Mittel 8 dB höher als bei den übrigen Doppelfassaden.
- Große praktische Bedeutung dürfte der Zustand der geöffneten Sekundärfassade bei geschlossener Primärfassade besitzen. Bei den Vorhangfassaden reduzierten sich die bewerteten Schalldämmmaße im Mittel lediglich um -6 dB (-4 bis -8 dB), so dass die Fassadendämmung noch Werte zwischen 45 und 56 dB erreicht. Wenn die Sekundärfassade nur geringe Schalldämmung besitzt, z.B. infolge von Undichtigkeiten, so verändert eine weitere Öffnung der Fassade die Gesamtschalldämmung nur wenig.
- Werden sowohl die Primär- wie auch die Sekundärfassade geöffnet, sinkt die Schalldämmung natürlich erheblich, im Mittel über alle Doppelfassaden auf nur noch 29 dB, wobei der Schwankungsbereich zwischen 39 dB und 24 dB lag. Den relativ hohen Wert von 39 dB als bewertetes Schalldämm-Maß einer umfassend geöffneten Fassade erreichte die Vorhangfassade, die ausschließlich Lüftungsöffnungen im Fassadenrandbereich besitzt (GSW, Berlin). Wenn jedoch die Lüftungsklappen nicht nur die Sekundärfassade sondern auch die Primärfassade mehr oder weniger öffnen, kommt es zu einer Absenkung der Schalldämmung gegenüber der völlig geschlossenen Fassade um bis zu -20 dB.
- Die Frage, ob sich Glasdoppelfassaden hinsichtlich ihrer akustischen Leistungsfähigkeit deutlich von Einfachfassaden abheben, kann nur sehr eingeschränkt bejaht werden. Nur bei Vorhangfassaden und dort nur bei einem Gebäude mit zwei untersuchten Fassaden (Bayer, Leverkusen Nord- und Südfassade) konnten sehr hohe Schalldämmwerte von 55 bis

60 dB nachgewiesen werden. Bewertete Schalldämm-Maße von ca. 45 bis 50 dB zeigten sich dagegen auch bei einschaligen Fassaden.

- Die Befürchtung verstärkter Schallübertragung zwischen nebeneinander liegenden Büroräumen über den Fassadenzwischenraum zeigte sich nur unter bestimmten Umständen als berechtigt, nämlich, wenn der Fassadenzwischenraum extrem hallig ist. In allen untersuchten Gebäuden mit Doppelfassaden lag eine nur relativ geringe Schalldämmung zwischen den Büroräumen vor, im Mittel 35 dB bei den Gebäuden mit Vorhangfassaden und nur 24 dB bei denen mit Korridorfassaden im Vergleich zu dem Gebäude in Massivbauweise mit 47 dB.
- Das Öffnen eines Fensters zum Fassadenzwischenraum in nur einem der nebeneinander liegenden Räume beeinflusst die Dämmung zwischen den Räumen nicht wesentlich.
- Wurden in beiden nebeneinander liegenden Räumen Fenster zum Fassadenzwischenraum geöffnet, verringerte sich die Dämmung zwischen den Büroräumen lediglich um -3 bis -6 dB, jedoch um -13 dB, wenn Türen zu einem sehr halligen Fassadenzwischenraum (mittlere Nachhallzeit $T_m = 1,2$ s) geöffnet wurden, dagegen nur um -5 dB bei niedrigen Nachhallzeiten ($T_m = 0,3$ s) im Fassadenzwischenraum.
- Absorbierende Abschottungen im Fassadenzwischenraum können die Schallübertragung zwischen nebeneinander liegenden Büroräumen merklich reduzieren, wenn sie zur Reduzierung der Nachhallzeiten im Fassadenzwischenraum wesentlich beitragen. Ein derartiger Effekt ist auch von Sonnenschutzeinrichtungen zu erwarten, wenn sie aus schallabsorbierendem Material bestehen.
- Der Vergleich von Schalldämmungskurven, die einerseits in der Mitte einer Hochhausfassade (9. Etage) und zum anderen im obersten Stockwerk (18. Etage) gewonnen worden waren zeigte, dass sich der Koinzidenzeinbruch der Fassadendämmung mit der Höhe des Messortes um eine ganze Oktave zu niedrigeren Frequenzen verschieben kann. Dies kann bei entsprechendem Lärmspektrum zu vermindertem Schallschutz führen, ohne dass dies im bewerteten Schalldämm-Maß erkennbar wird.
- Die Berechnung der Spektrum-Anpassungswerte hat ergeben, dass bei Glasdoppelfassaden nicht mit erheblich niedrigeren bewerteten Schalldämm-Maßen gerechnet werden muss, wenn die Frequenzbereiche, aus denen die Einzulangaben gewonnen werden, zu höheren Frequenzen erweitert werden. Bei Einbeziehung von Straßenverkehrslärm als Geräuschquelle verschlechtern sich zwar die Werte der bewerteten Schalldämm-Maße (die C_r -Werte liegen (im Mittel bei -5 dB, Schwankungsbreite zwischen -3 und -8 dB), Frequenzbereichserweiterungen bis auf 50 Hz und auch auf 5000 Hz zeigen jedoch keine weiteren Verschlechterungen der Schalldämm-Maße.
- Ein Zusammenhang zwischen dem Störgeräuschpegel in den Büroräumen und dem Schalldämm-Maß der Fassade ließ sich deutlich bei einem der untersuchten Gebäude nachweisen, das einerseits starkem Verkehrs-

lärm ausgesetzt war und andererseits bei der West- und der Ostfassade mit 17 dB extrem unterschiedliche Schalldämm-Werte aufwies (GSW Berlin). Die Störgeräuschpegel lagen in dem Büroraum hinter der Fassade mit niedriger Dämmung um 11 dB(A) höher, sie wurden also als mehr als doppelt so laut empfunden. Andererseits wurden in einem der Gebäude mit sehr hohen Schalldämm-Maßen der Fassaden bei nur geringer Verkehrsgeräuschbelastung (Bayer, Leverkusen) relativ hohe Störgeräuschpegel in den Büroräumen gemessen und auch die Nutzerbefragungen monierten gelegentliche Geräuschbelästigung und zwar durch Außengeräusche, allerdings möglicherweise bei geöffneten Fassaden. Die gemessenen Störgeräuschpegel bei geschlossenen Fassaden basierten auf hausinternen Geräuschquellen, insbesondere Lüfter von technischen Geräten.

Fazit und Ausblick

Die akustischen Untersuchungen haben gezeigt, dass dem Anspruch hoher Qualität des Schallschutzes gegen Außenlärm bei Bürogebäuden mit Glasdoppelfassaden durchaus entsprochen werden kann. Es handelt sich jedoch um komplexe Zusammenhänge, die bei der Auswahl von Bauart und Konstruktion im Hinblick auf die zu erwartende Lärmeinwirkung sowie auf die zu erwartende Nutzung umfassend und sorgfältig Berücksichtigung finden sollten. Es wurden bei den untersuchten Gebäuden mehrfach grobe Verstöße gegen diese Prinzipien aufgezeigt, die es in Zukunft durch sorgfältigere Planung zu vermeiden gilt.

7 FUNKTIONALITÄT

7.1 Thermischer Puffer/ Temperaturen im Fassadenzwischenraum

Eine Doppelfassade kann zur Reduzierung von Heizwärmeverlusten im Winter beitragen. Bedingt durch die solare Einstrahlung und Transmissionswärmeverluste aus dem Inneren baut sich in der Fassade eine Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Fassadenzwischenraum (FZR) auf, die die Transmissionswärmeverluste gegen außen und die Lüftungswärmeverluste bei Fensterlüftung aus den Räumen verringert. Andererseits kann eine Doppelfassade durch die hohe Verfügbarkeit des Sonnenschutzes im Fassadenzwischenraum in Verbindung mit effektiven Lüftungsstrategien einen Beitrag zur Verringerung sommerlicher Überhitzung leisten.

Diese Pufferwirkung im Winter und die sommerlichen Übertemperaturen werden für acht Fassaden der TwinSkin-Objekte untersucht und miteinander verglichen.

Auswertemethodik:

Die Gebäude werden zunächst nach den drei vorhandenen baulichen Fassadenausführungen Korridor- und Mehrgeschossfassade sowie Kastenfensterfassade geordnet untersucht.

Zur Übersicht gibt jeweils eine Tabelle die jahres- und tageszeitlichen Mittelwerte der Fassadenzwischenraumtemperaturen für die Objekte an. Die Mittelwerte sind über die Jahreszeiten Winter, Übergangszeit, Sommer sowie das ganze Jahr berechnet. Sie werden, wie in Tabelle 13 erläutert, weiter nach Tageszeit und Nachtzeit unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen unterschieden. Zudem ist jeweils der Bereich zwischen Minima und Maxima gekennzeichnet. Tabellen, die die gesamten Mittelwerte, Minima und Maxima unterteilt nach Jahreszeiten auflisten, befinden sich im Anhang. Eine Notwendigkeit zur Anonymisierung wurde in diesem Kapitel des Berichtes nicht gesehen.

Winter	Dez. bis Feb.	Tag 8:00 Uhr bis 18:00Uhr
Übergangszeit	März bis Mai / Sept. bis Nov.	Tag 6:00 Uhr bis 20:00Uhr
Sommer	Jun. bis Aug.	Tag 4:00 Uhr bis 22:00Uhr

Tabelle 13 Randbedingungen Jahreszeiten

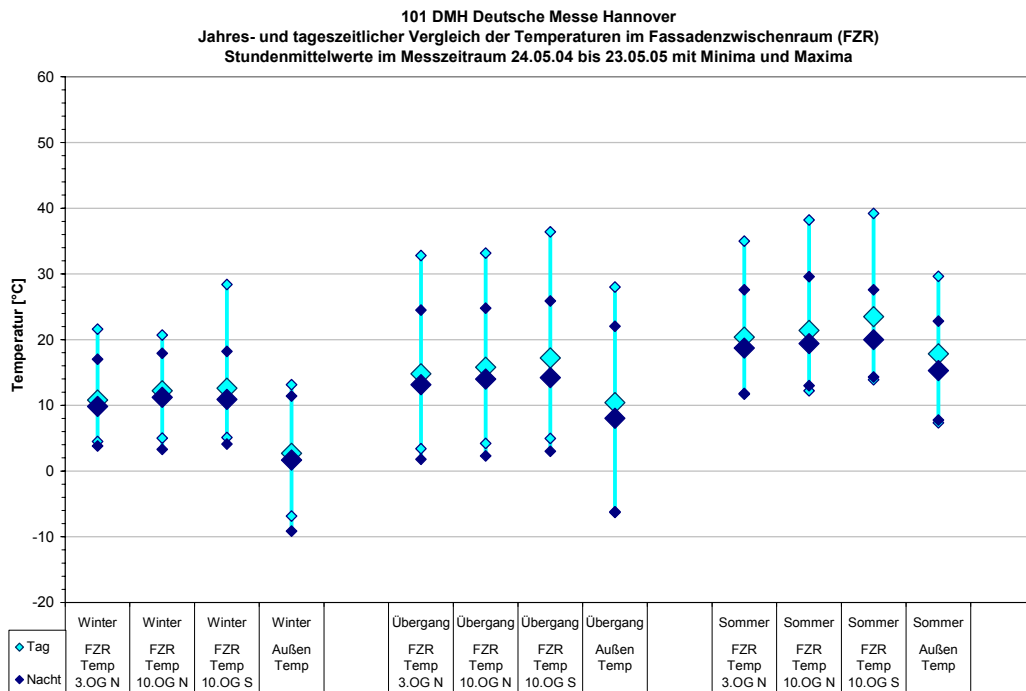
Die weitere Auswertemethodik bei der Betrachtung von Doppelfassaden stützt sich auf die Ermittlung von Übertemperaturen in der Fassade als Differenz zwischen der Temperatur im Fassadenzwischenraum und der Außentemperatur. Liegen Temperaturen im Fassadenzwischenraum unterhalb der Außentemperatur werden diese Untertemperaturen, genannt. Mit Hilfe der graphischen Darstellung der Übertemperatur über der Außentemperatur und von Mittelwerten in Tabellenform werden die ermittelten Daten analysiert und miteinander ins Verhältnis gesetzt.

Die Untersuchung der einzelnen Fassadentypen bezieht sich auf die Stundenmittelwerte in einem Messzeitraum von möglichst einem Jahr.

Tabelle 14 gibt Auskunft über die einzelnen Messpunkte in der Doppelfassade und in den angrenzenden Büros. Dargestellt sind Fassadentypen, die Bezeichnungen der Messpunkte und deren ausgewählten bzw. verfügbaren Betrachtungszeiträumen.

Kennung	Fassade	Messpunkte FZR		Betrachtungszeitraum		angrenzende Büros		Betrachtungszeitraum		
		Bezeichnung	Orientierung	Beginn	Ende	Bezeichnung	Orientierung	Beginn	Ende	
101	DMH	KoFa								
Deutsche Messe Hannover		FZR 3.OG N	Nord	24.05.2004	23.05.2005	Büro 3.OG NW	Nordwest	24.05.2004	23.05.2005	
		FZR 10.OG N	Nord	24.05.2004	23.05.2005	Büro 10.OG S	Süd	24.05.2004	23.05.2005	
		FZR 10.OG S	Süd	24.05.2004	23.05.2005	Büro 10.OG N	Nord	24.05.2004	23.05.2005	
108	RIC	KoFa								
Rickmers Reederei Hamburg		FZR 4.OG W	West	18.02.2004	15.09.2004	Büro W	West	18.02.2004	15.09.2004	
						Büro SO	Süd-Ost	18.02.2004	16.11.2004	
						Büro NO	Nord-Ost	18.03.2004	18.08.2004	
104	PWC	KoFa								
Price Waterhouse Coopers Berlin			FZR 10.OG W	West	01.07.2005	27.04.2006	Büro 1012 W	West	30.06.2005	27.04.2006
102	DRH	MGF								
Deutscher Ring Hochhaus Hamburg		FZR 1.OG	Süd	01.01.2006	18.12.2006	Büro 5067 S	Süd	28.03.2006	18.12.2006	
		FZR 2.OG	Süd	01.01.2006	18.12.2006					
		FZR 5.OG	Süd	01.01.2006	18.12.2006					
110	BAY	MGF								
Hauptverwaltung Bayer Leverkusen		FZR 2.OG NO	Nordost	09.02.2006	09.08.2006	Büro 2.OG NO	Nordost	09.02.2006	10.08.2006	
		FZR 2.OG S	Süd	09.02.2006	09.08.2006	Büro 2.OG S	Süd	09.02.2006	10.08.2006	
111	BIH	MGF								
Bürogebäude Hannover		FZR 1.OG N	Nord	01.01.2006	07.12.2006	Büro N-053 N	Nord			
		FZR 2.OG N	Nord	01.01.2006	07.12.2006					
		FZR 5.OG N	Nord	01.01.2006	07.12.2006					
103	GSW	MGF								
Hauptverwaltung GSW Berlin		FZR 3.OG W	West	23.11.2004	11.10.2005	Büro 18.OG W	West	23.11.2004	11.10.2005	
		FZR 9.OG W	West	23.11.2004	11.10.2005	Büro 9.OG W	West	23.11.2004	11.10.2005	
		FZR 18.OG W	West	23.11.2004	11.10.2005					
109	ALH	KaFe								
Allianz Riegel Berlin			FZR 27.OG NO	Nordost	01.01.2006	27.10.2006	Konferenz NO	Nordost	01.01.2006	08.10.2006
KoFa:Korridorfassade; MGF:Mehrgeschossfassade; KaFe:Kastenfenster										

Tabelle 14 Tabelle Messpunkte Fassadenzwischenraum und Räume



Auswertung DMH:

Abbildung 149 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

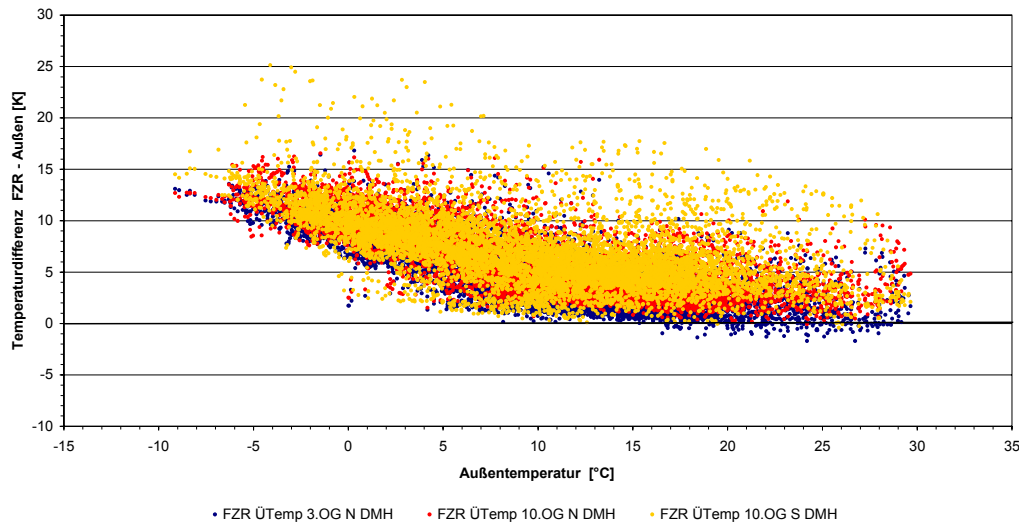
In der Deutschen Messe Hannover (DMH) sind in der Korridorfassade, die mit einer Wärmeschutzverglasung in der Sekundärfassade ausgestattet ist, vor den drei Büros 3.OG Nord, 10.OG Nord und 10.OG Süd jeweils in 0,1 m Höhe und 2,0m ab Korridoroberkante die FZR-Temperaturen gemessen worden. Zur Vereinfachung werden Mittelwerte aus den beiden Höhen gebildet und ausgewertet.

Der Fassadenzwischenraum erwärmt sich im winterlichen Mittel im 3.OG Nord auf 10,2 °C, bis 11,7°C im 10.OG Süd. Das Maximum im Winter wird mit 32,8°C in der Südfassade bei hoher Globalstrahlung erreicht. Minimale FZR-Temperaturen ergeben sich sowohl im Winter als auch in der Übergangszeit im Bereich von 3 °C. Das absolute Maximum in der Fassade liegt bei 43,0 °C ebenfalls in der Südfassade des 10.OG. Die sommerlichen Mittelwerte reichen von 21,0°C im 3.OG Nord bis 22,9°C im 10.OG Süd und sind insbesondere in der Nordfassade als hoch einzuordnen.

Insgesamt sind die Unterschiede zwischen Tag und Nacht mit einer maximalen Differenz von 3,5 K im 10.OG Süd gering.

Im Folgenden werden die mittleren Übertemperaturen der Fassadenseiten über die Differenz der jeweiligen FZR-Temperatur mit der Außentemperatur dargestellt.

101 DMH Deutsche Messe Hannover
 FZR-Übertemperatur über Außentemperatur
 Stundenmittelwerte im Messzeitraum 24.05.04 bis 23.05.05



DMH: Mittlere Übertemperatur											
Jahr			Winter			Übergang			Sommer		
3.OG N	10.OG N	10.OG S	3.OG N	10.OG N	10.OG S	3.OG N	10.OG N	10.OG S	3.OG N	10.OG N	10.OG S
5,1	6,3	7,2	8,1	9,5	9,5	4,6	5,6	6,6	2,7	3,7	5,5
	6,2			9,0			5,6			4,0	

Abbildung 150 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

Deutlich ist in Abbildung 150 die starke Erhöhung der Übertemperatur bei sinkenden Außentemperaturen unter 5°C zu erkennen. Die mittleren Übertemperaturen im Winter steigern sich in Abhängigkeit von der globalen Einstrahlungsstärke vom 3.OG Nord mit 8,1 K bis zum 10.OG Nord und Süd mit 9,5 K. Der Fassadenzwischenraum zeigt hier eine deutliche thermische Pufferwirkung. Vereinzelt wurden in der Südfassade Übertemperaturen bis 25 K gemessen.

Von der Übergangszeit mit etwa 5 K sinken die Übertemperaturen im Sommer im Mittel bis auf 2,7 K für das 3.OG Nord. Die mittlere Übertemperatur für die Südfassade ist dagegen mit 5,5 K durch einen höheren Globalstrahlungseintrag etwa doppelt so hoch. In wenigen Fällen, wenn der Fassadenzwischenraum träge auf Temperaturerhöhungen von außen reagiert, ist der Zwischenraum im 3.OG Nord im Sommer kälter als die Außentemperatur.

Ergebnis:

- Sehr hohe winterliche Übertemperaturen von max. 9,0 K
- Ausgeprägte Pufferfunktion des FZR durch WSV in Sekundärfassade
- Absolutes Maximum mit 43,0°C in Südfassade mäßig hoch
- Aufbau sommerlicher Übertemperaturen für die Südfassade im Mittel mit 5,5 K hoch

Auswertung RIC:

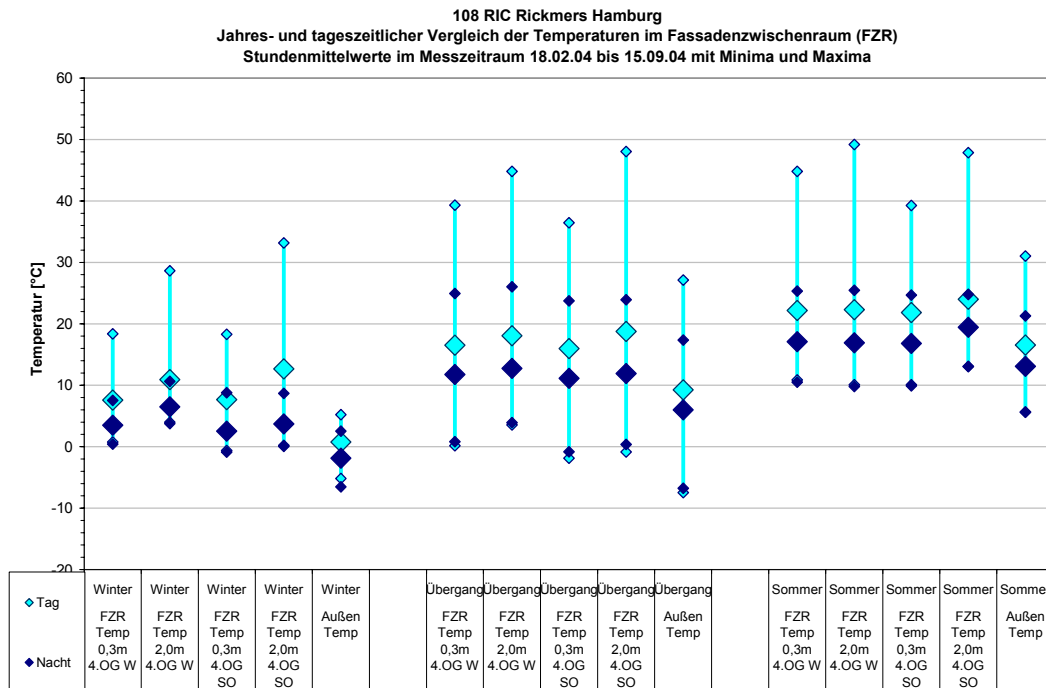


Abbildung 151 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

Im 4.OG der Rickmers-Korridorfassade sind die FZR-Temperaturen jeweils auf den Höhen 0,3 m und 2,0 m in der West- und Südostfassade gemessen worden.

Trotz des geringen Höhenunterschieds der Messpunkte, ist eine Temperaturschichtung in Abhängigkeit von der Jahreszeit zu erkennen. Im Winter liegt die Temperaturdifferenz am Tage für die Westfassade bei sehr hohen 3,2 K, in der Übergangszeit bei 1,4 K und im Sommer bei 0,1 K. In der Südostfassade bauen sich im Winter Temperaturschichtungen von 3,1 K, in der Übergangszeit von 2,0 K und im Sommer von 2,3 K auf.

Die Erhöhung der Schichtung bei winterlichen Außentemperaturen nachts steht im Widerspruch zu einer Abhängigkeit von der Globalstrahlung. Zu vermuten ist hier ein Einfluss der dezentralen Lüftungsgeräte auf Deckenhöhe der Korridorfassade bei kalten Temperaturen. Dies wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

In der Westfassade liegen die mittleren FZR-Temperaturen im Winter bei 5,5°C am unteren und bei 8,7°C am oberen Messpunkt. Entsprechend ergeben sich für den Sommer FZR-Temperaturen von 20,9°C und von 21,0°C.

In der Südostfassade liegen die mittleren FZR-Temperaturen auf ähnlichem Niveau, teilweise leicht darunter.

Das absolute Maximum baut sich in der Westfassade im Winter mit 28,6°C und im Sommer mit 49,2°C auf.

Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht fallen durch die solaren Einträge auf die Westfassade höher aus, als bei den Außentemperaturen. Im Winter und in der Übergangszeit liegt die obere FZR-Temperatur auch ohne Globalstrahlung in der Nacht höher als die untere, was wiederum auf einen Einfluss der dezentralen Lüftungsgeräte hinweist.

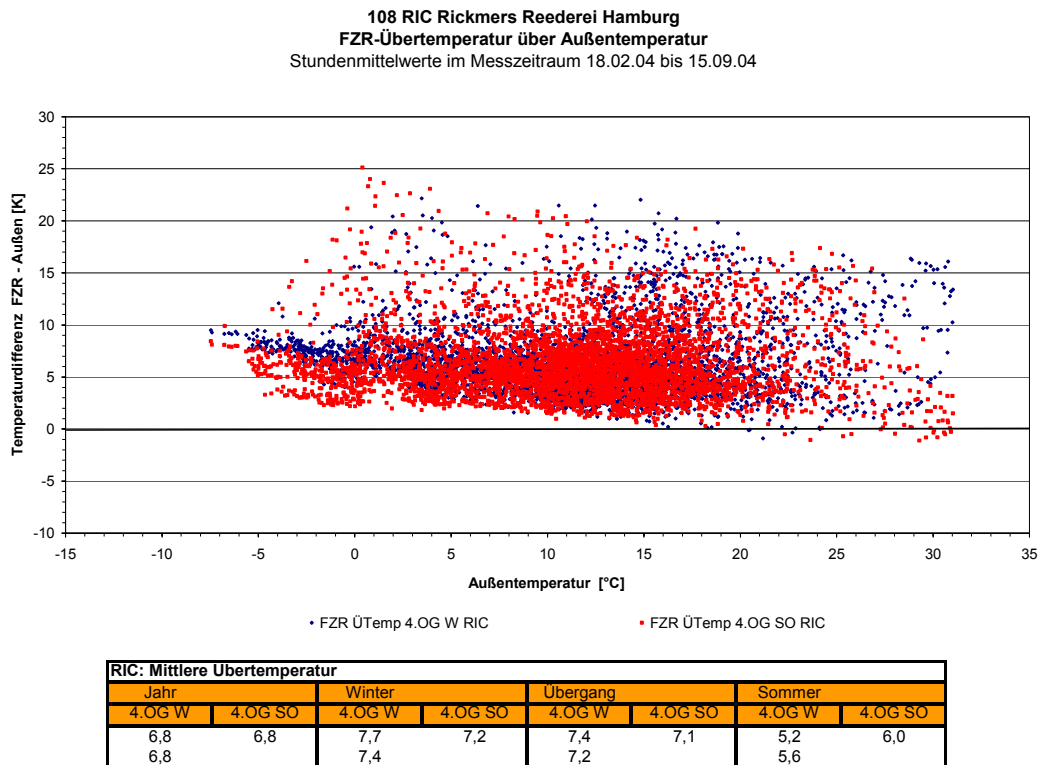


Abbildung 152 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

Die Übertemperaturen in Abbildung 152 liegen im Kernbereich von 0 bis 10 K, wobei einzelne Werte ganzjährig bis 25 K ansteigen. Im Winter bauen sich hohe mittlere Übertemperaturen von 7,7 K im Westen und 7,2 K im Südosten auf, im Sommer liegen diese mit 5,2 K im Westen und 6,0 K im Südosten weiter in einem hohen Bereich.

Untertemperaturen, d.h. geringere Temperaturen im Fassadenzwischenraum als außen, sind im Wesentlichen nicht zu verzeichnen.

Ergebnis:

- Hohe Temperaturschichtung schon bei 1,7 m mit bis zu 3,2 K im winterlichen Mittel
- Hohe mittlere Übertemperaturen im Winter mit 7,7 K in der Westfassade
- Vermutung: Einfluss der dezentralen Lüftungsgeräte bei kalten FZR-Temperaturen
- Sehr hohe mittlere Übertemperatur im Sommer bis zu 6,0 K in der Südost Fassade
- Hohes maximale Fassadentemperatur mit 49,2°C (Westfassade)
- Keine Untertemperaturen

Auswertung PWC

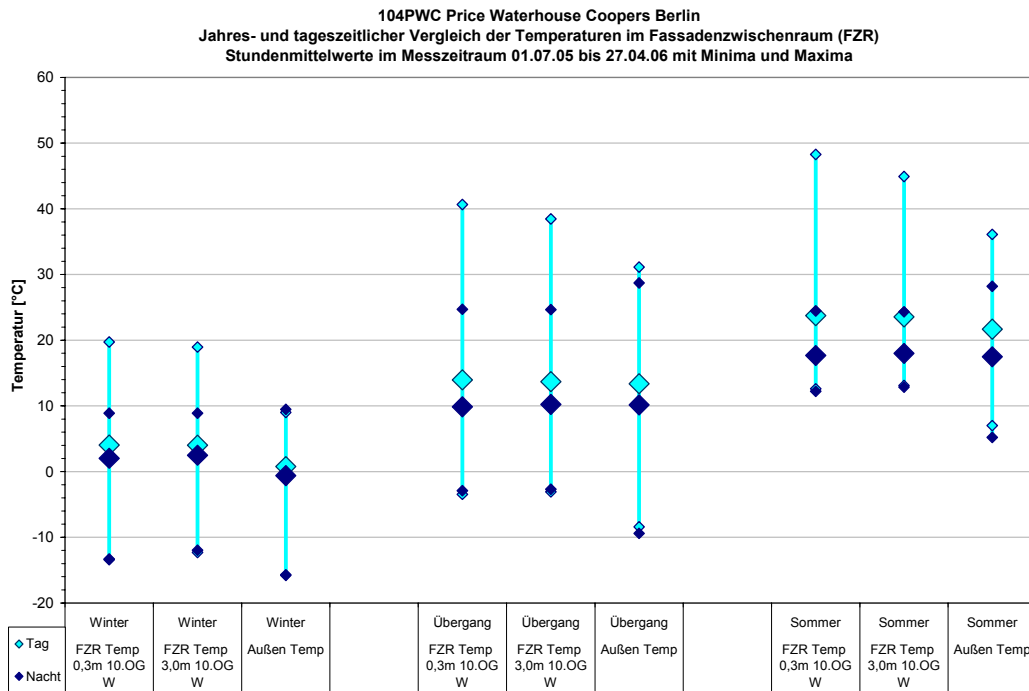


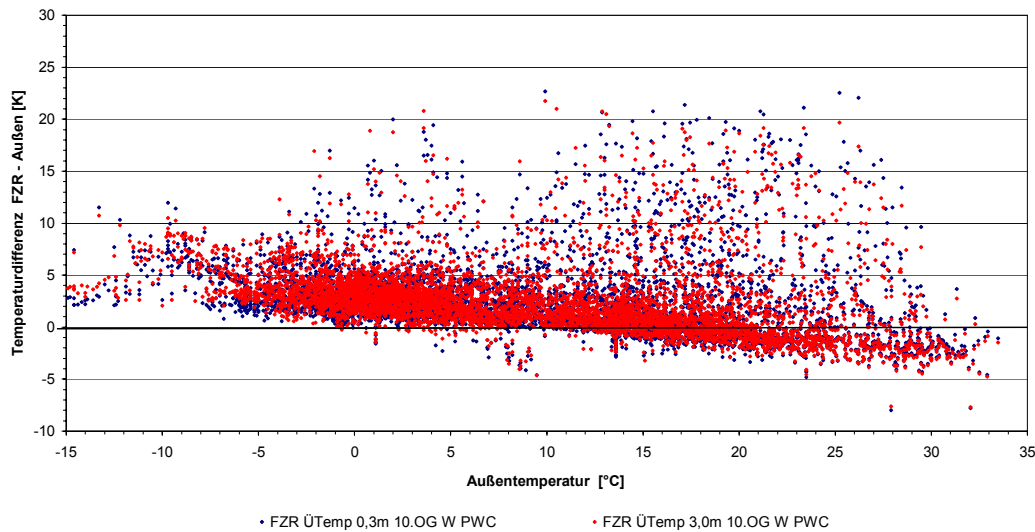
Abbildung 153 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

In der Westfassade des Price Waterhouse Cooper Gebäudes in Berlin sind die Differenzen zwischen 0,3 m und 3,0 m ab Deckenhöhe des 10.OG aufgrund des geringen Höhenunterschieds der Messpunkte erwartungsgemäß gering.

Die mittleren FZR-Temperaturen liegen im Winter mit 3,0°C auf einem niedrigen Niveau, im Sommer steigen sie in der Westfassade auf 23,6°C. Das absolute Maximum liegt bei 19,7°C im Winter und 48,3°C im Sommer.

Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht entsprechen denen der Außentemperatur.

104 PWC Price Waterhouse Coopers Berlin
 FZR-Übertemperatur über Außentemperatur
 Stundenmittelwerte im Messzeitraum 01.07.05 bis 27.04.06



PWC: Mittlere Übertemperatur							
Jahr		Winter		Übergang		Sommer	
10.OG ü S	10.OG o S	10.OG ü S	10.OG o S	10.OG ü S	10.OG o S	10.OG ü S	10.OG o S
2,3	2,3	3,0	3,2	2,3	2,3	1,6	1,6
2,3		3,1		2,3		1,6	

Abbildung 154 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

Die mittleren Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum reichen nach Abbildung 154 von 3,1 K im Winter bis 1,6 K im Sommer und liegen damit auf niedrigem Niveau. Der Kernbereich der Punktwolke in Abbildung 154 bewegt sich von 0 bis 5 K Übertemperatur. Vereinzelt steigen die Übertemperaturen auf etwa 20 K, diese Streuungen sind über weite Teile des Jahres ausgeprägt. Untertemperaturen ergeben sich vorwiegend im Sommer in den Nacht- und Morgenstunden, da die Südfassade den Temperaturanstieg am frühen Morgen aufgrund einer gewissen Trägheit zeitversetzt nachfolgt.

Ergebnis:

- Geringe Übertemperaturen im Winter von 3,1 K , im Sommer von 1,6 K
- Vereinzelt Streuung der Übertemperaturen auf bis zu 20 K
- Erhöhtes absolutes Maximum mit 48,3°C
- Sommerliche Untertemperaturen im unteren FZR-Bereich

Auswertung DRH:

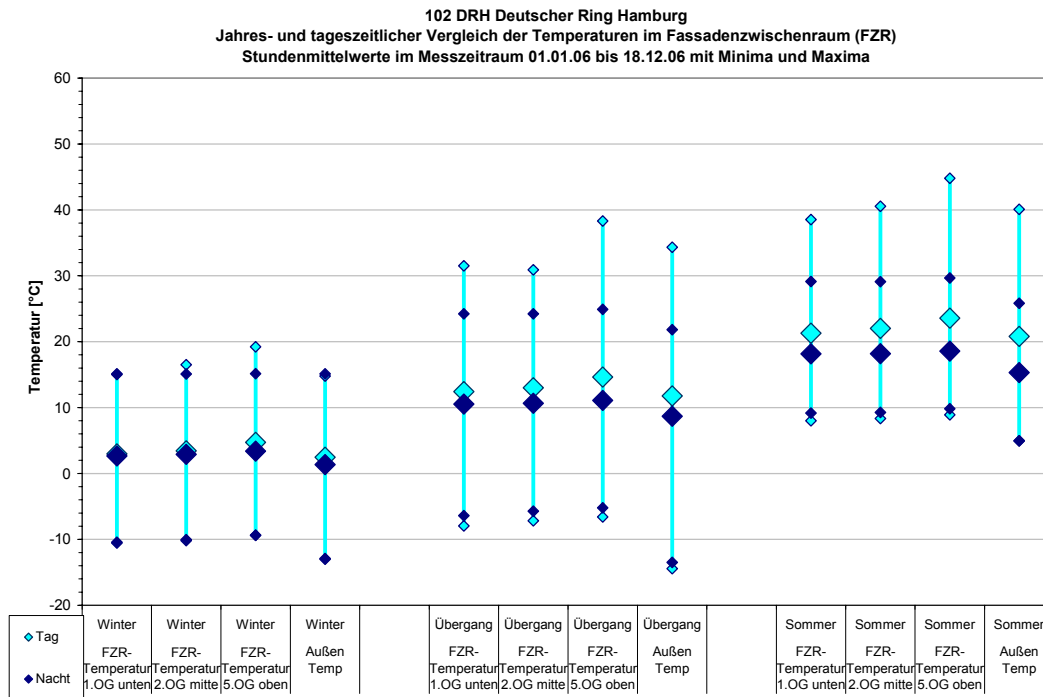


Abbildung 155 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

In der nach Süden orientierten rd. 12 m hohen Mehrgeschossfassade des Deutschen Rings in Hamburg befinden sich die Messpunkte im 1.OG unten, im des 3. mittig und im 5.OG oben im jeweiligen Geschoss.

Der Fassadenzwischenraum erwärmt sich an der Südfassade im winterlichen Mittel von 2,8°C im 1.OG bis 4,0°C im 5.OG und baut auch zu den anderen Jahreszeiten eine geringe Temperaturschichtung von etwa 1,5 K auf.

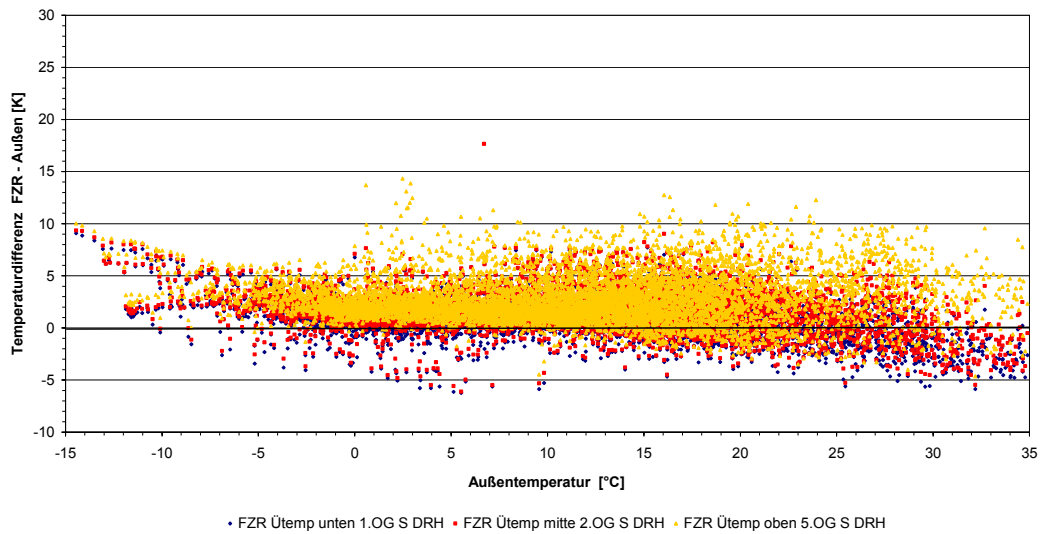
Maximal werden im winterlichen Mittel 19,2 °C auf Höhe des 5.OG erreicht.

Minimale FZR-Temperaturen ergeben sich im Winter von -10°C und in der Übergangszeit bis -5°C. Diese geringen Temperaturen sind auf die statischen Belüftungsöffnungen im oberen und unteren Abschluss der Doppelfassade zurückzuführen.

Die sommerlichen Mittelwerte sind mit einer Schichtung von 20,5°C im 1.OG bis 22,3°C im 5.OG eher gering.

Das absolute Maximum liegt im oberen Messpunkt der Fassade bei 44,8°C und ist damit mäßig hoch. Die Differenz der mittleren Tages- und Nachttemperaturen zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Außentemperatur. Die maximale Differenz zwischen Tag und Nacht beträgt im Sommer 6 K.

102 DRH Deutscher Ring Hamburg
 FZR-Übertemperatur über Außentemperatur
 Stundenmittelwerte im Messzeitraum 01.01.06 bis 18.12.06



DRH: Mittlere Übertemperatur											
Jahr			Winter			Übergang			Sommer		
1.OG S	2.OG S	5.OG S	1.OG S	2.OG S	5.OG S	1.OG S	2.OG S	5.OG S	1.OG S	2.OG S	5.OG S
1,0	1,5	2,6	0,9	1,3	2,1	1,1	1,5	2,7	1,1	1,6	2,9
	1,7			1,4			1,8			1,9	

Abbildung 156 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

Die mittleren Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum unterscheiden sich im Jahreszeitenvergleich nach Abbildung 156 nur wenig. Ganzjährig reichen die mittleren Übertemperaturen von 0,9 K am unteren Fassadenabschluss bis 2,9 K am oberen Fassadenabschluss. Diese geringen Differenzen sind durch den konstanten Öffnungsgrad mit den entsprechend hohen Luftwechsell zu erklären. Maximal steigen die Übertemperaturen bis 14 K auf Höhe des 5.OG.

In Abbildung 156 bewegt sich die Punktwolke im Kernbereich von 0 bis 5 K Übertemperatur. Ab Außentemperaturen unter -10 °C ist in Abbildung 156 bei hoher Solareinstrahlung auf die Südfassade eine Tendenz zu höheren Übertemperaturen bis zu 10 K zu erkennen.

Ganzjährig ergeben sich Streuungen bei den Übertemperaturen bis 10 K und den Untertemperaturen bis 5 K. Gehäuft steigt die Außentemperatur zu allen Jahreszeiten bei hoher Globalstrahlung am Nachmittag über die FZR-Temperatur im 1. und 2. OG der Doppelfassade. Nur die Temperatur im 5.OG bleibt dann oberhalb der Außentemperatur.

Die Ursachen dafür können in den leicht unterschiedlichen Standortbedingungen liegen, da die Außentemperatur in der Wetterstation Hamburg-Bramfeld gemessen wurde.

Ergebnis:

- Ganzjährig hohe Durchlüftung des Fassadenzwischenraums
- Sehr geringe Übertemperaturen zwischen 1,4 K im Winter und 1,9 K im Sommer
- Geringe Temperaturschichtung im FZR im Mittel von ca. 1,6 K
- Absolutes Maximum mit 44,8°C auf Höhe 5.OG durch Schichtung recht hoch
- Untertemperaturen im unteren FZR-Bereich

Auswertung BAY

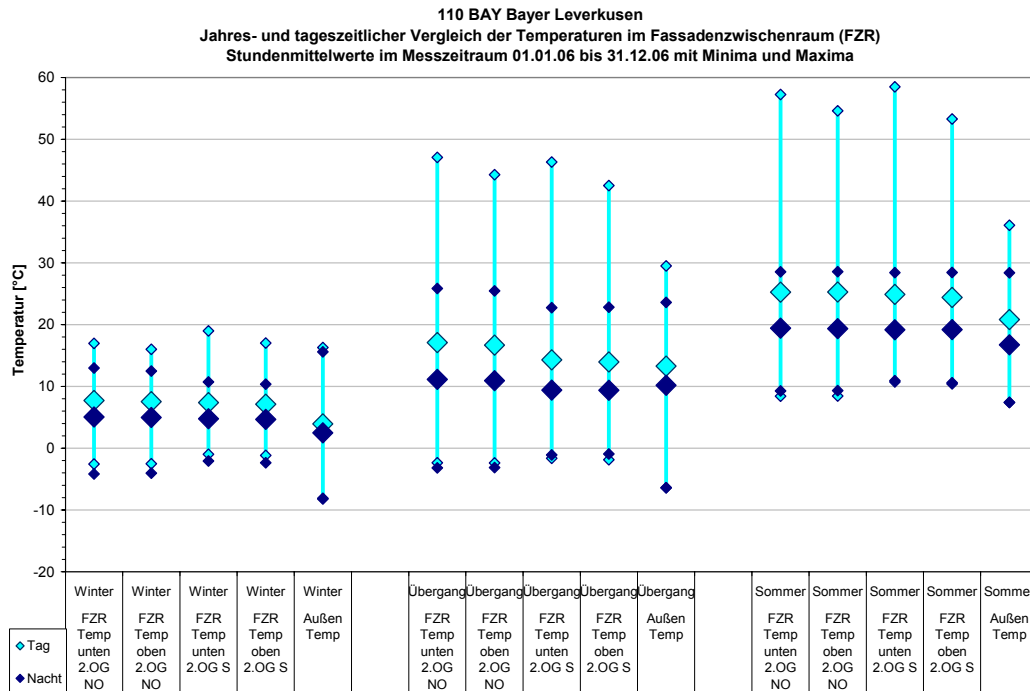


Abbildung 157 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

Die Mehrgeschossfassade der Bayer Hauptverwaltung in Leverkusen reicht über 4 Geschosse und ist etwa 12 m hoch. Die FZR-Messpunkte befinden sich vor zwei nach Nordosten und Süden orientierten Büroräumen auf Höhe des 2.OG, jeweils auf Deckenhöhe und 1,5 m darüber.

Auf dieser geringen Höhendifferenz ist nur eine geringe Temperaturschichtung von 0,2 bis 0,4 K erkennbar, wobei sich die leicht höhere Temperatur zumeist unten findet. Im Folgenden werden zur Vereinfachung die Mittelwerte über die Höhen verwendet.

Die mittleren FZR-Temperaturen liegen im Winter in der Nordostfassade bei 6,2°C und in der 5,9 in der Südfassade. Für den Sommer ergeben sich FZR-Temperaturen von jeweils 24,0°C (NO) und 23,5°C (S). Auffallend sind die etwas höheren Mittelwerte für die Fassade mit Nordost-Orientierung.

Die absoluten Maxima liegen im Winter mit 19,0°C und im Sommer mit 58,5°C beide in der Südfassade.

Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht fallen durch die solaren Einträge auf die Fassaden höher aus, als die tageszeitlichen Differenzen der Außentemperaturen. Dieser Effekt nimmt mit steigender Solarstrahlung zu.

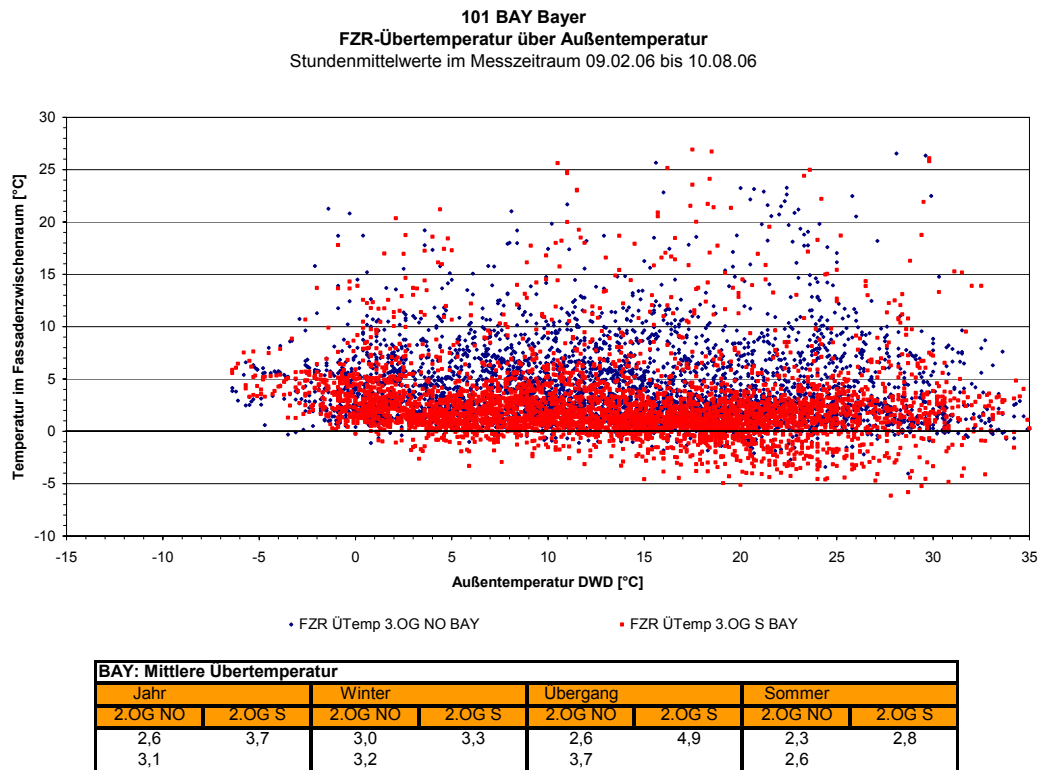


Abbildung 158 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

Der Kernbereich der Übertemperaturen in Abbildung 158 liegt für beide Orientierungen zwischen 0 bis 5 K. Gehäuft sind Ausreißer im Bereich bis 10 K und selten bis 25 K über das gesamte Jahr zu beobachten. Untertemperaturen ergeben sich vor allem in der Südfassade bei Außentemperaturen über 15°C. Bei Prüfung der Daten für das Südbüro ist eine Anhäufung dieser Untertemperaturen bei sommerlichen Außentemperaturen am Morgen zu verzeichnen. Die südlichen FZR-Temperaturen steigen dann wegen der morgendlichen Verschattung erst zeitversetzt an.

Im Winter bauen sich mäßige mittlere Übertemperaturen von 3,3 K im Nordosten und 3,0 K im Süden auf, im Sommer sinken diese auf 2,8 K im Westen und 2,3 K im Südosten.

Ergebnis:

- mäßige mittlere Übertemperaturen im Winter von 3,0 K bis 3,3 K
- Vermutung: Einfluss der dezentralen Lüftungsgeräte bei kalten FZR-Temperaturen
- Absinken der mittleren Übertemperatur im Sommer auf 2,8 K bis 2,3 K
- Hohes sommerliches Temperaturniveau mit absoluten Maximum von 58,5°C

Auswertung BIH

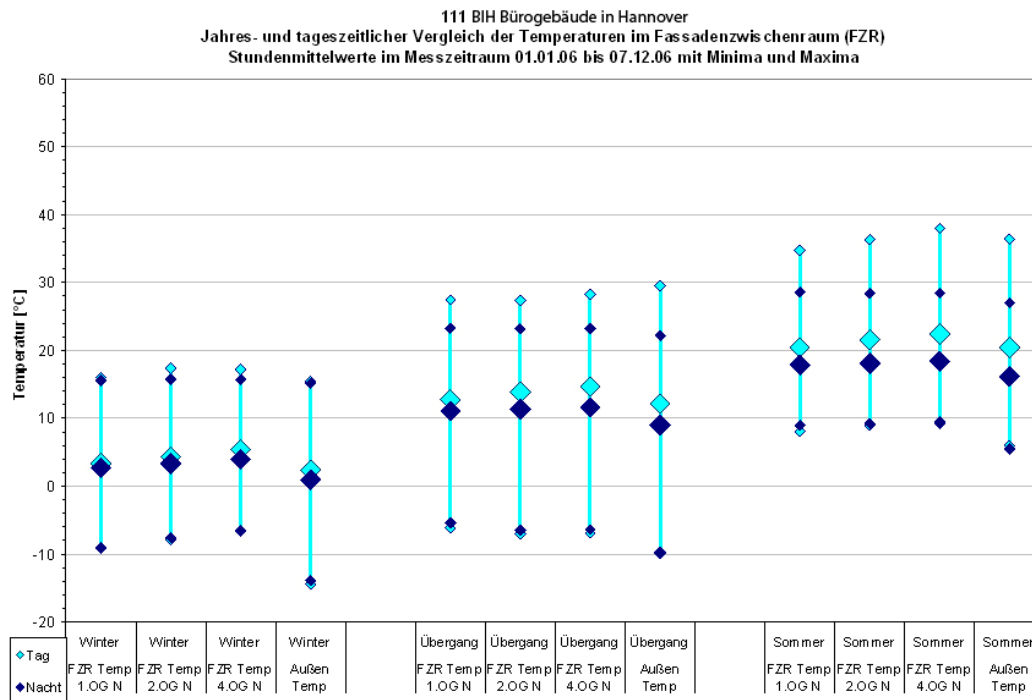


Abbildung 159 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

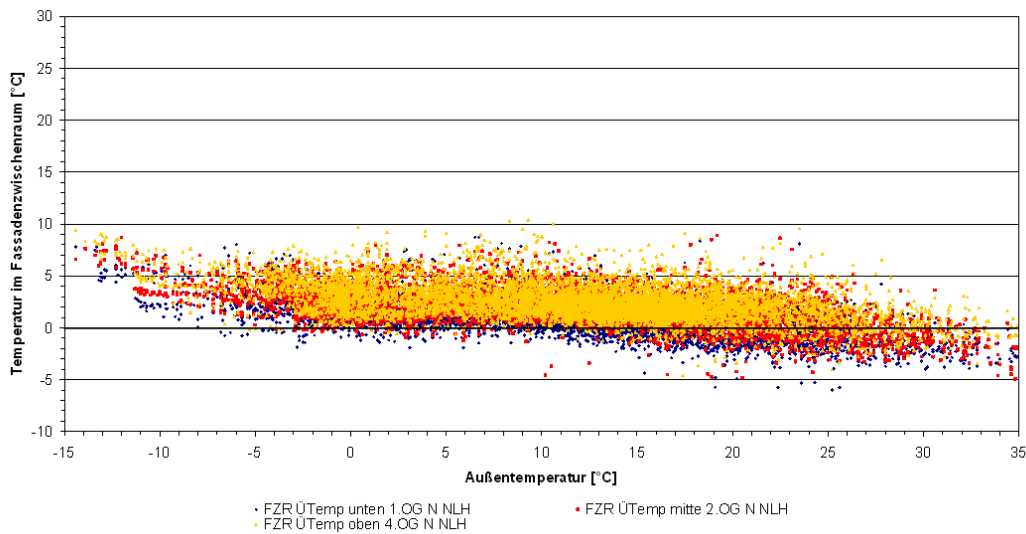
Die Messpunkte in der Nord/LB in Hannover verteilen sich vom unteren Abschluss der Doppelfassade im 1.OG, in mittlerer Höhe über dem 2.OG, bis zu einer Messstelle im oberen Abschluss im 4.OG.

Auf dieser Höhendifferenz von insgesamt 12 m ergibt sich im Winter eine mittlere Temperaturschichtung von 1,2 K und im Sommer von 1,8 K.

Die mittleren FZR-Temperaturen im Winter sind mit 2,2°C auf der unteren und 4,0 °C auf der oberen Höhe mäßig hoch. Im Sommer steigen die mittleren FZR-Temperaturen in Abhängigkeit von der Höhe auf 19,9°C bis 21,6°C. Das absolute Maximum liegt bei 17,4°C im Winter und 38,0°C im Sommer.

Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind abhängig von der Außentemperatur und der Temperaturschichtung.

111 BIH Bürogebäude in Hannover
FZR-Übertemperatur über Außentemperatur
 Stundenmittelwerte im Messzeitraum 01.01.06 bis 07.12.06



BIH : Mittlere Übertemperatur											
Jahr			Winter			Übergang			Sommer		
1.OG N	2.OG N	4.OG N	1.OG N	2.OG N	4.OG N	1.OG N	2.OG N	4.OG N	1.OG N	2.OG N	4.OG N
1,0	1,8	2,5	1,4	2,2	3,0	1,1	1,9	2,5	0,3	1,3	2,0
	1,8			2,2			1,9			1,2	

Abbildung 160 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

Die Übertemperaturen in Abbildung 160 liegen im Kernbereich von 0 bis 5 K. Im Winter baut sich über die drei Geschosse eine mittlere Übertemperatur von 2,2 K und in der Übergangszeit von 1,9 K auf. Bei Außentemperaturen über 10 °C ist ein deutliches Absinken der Übertemperaturen auf bis zu -5 K erkennen. Im sommerlichen Mittel ergibt sich eine Übertemperatur von nur 1,2 K. Die hohe Anzahl der Untertemperaturen im Sommer stellt sich in der nach Norden orientierten Doppelfassade aufgrund des großen Verschattungsanteils ein. Häufig sind die Untertemperaturen bei hohen Außentemperaturen am Nachmittag zu beobachten.

Ergebnis:

- Ganzjährig hohe Durchlüftung des Fassadenzwischenraums
- Geringe Temperaturschichtung über 4 Geschosse bis zu 1,8 K im Mittel
- Absolutes Maximum mit 38,0°C sehr niedrig
- Mäßige Übertemperaturen im Winter von 3,5 K
- Absinken der Übertemperatur im Sommer auf 0,1 K
- Sommerliche Untertemperaturen in der Nordfassade

Auswertung GSW

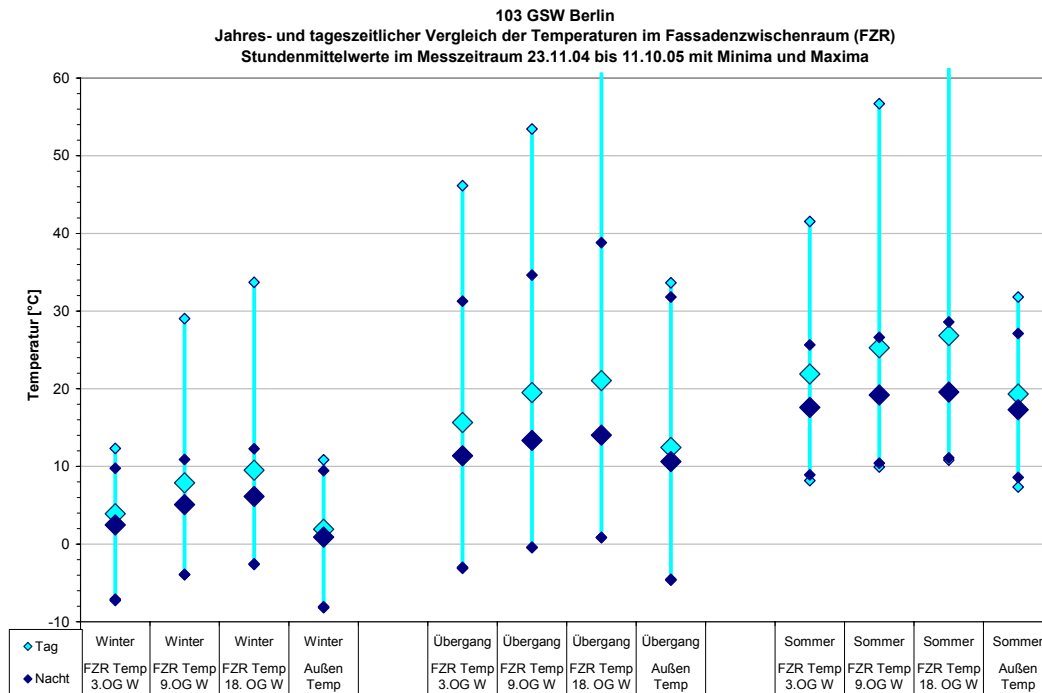


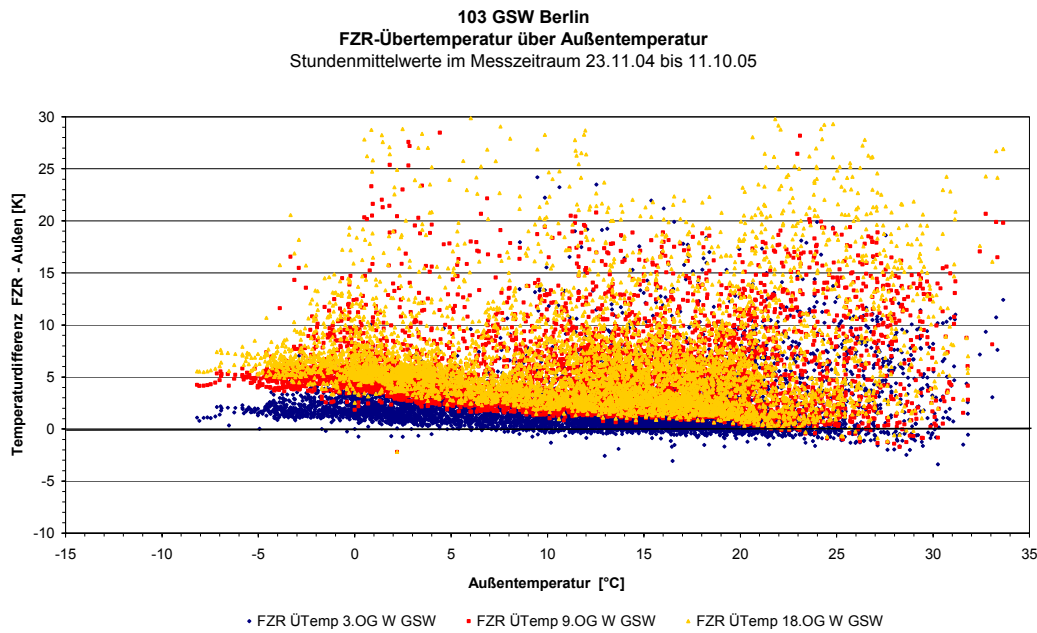
Abbildung 161 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

Die Messpunkte in der insgesamt 71 m hohen GSW-Mehrgeschossfassade befinden sich auf der Höhe des 3.OG's, des 9.OG's und des 18.OG's.

Über die Höhendifferenz ergibt sich im Winter eine mittlere Temperaturschichtung von 4,6 K bei mittleren FZR-Temperaturen von 3,2°C am unteren und von 7,8 °C am oberen Messpunkt. Im Sommer beträgt die Temperaturschichtung 4,2 K bei mittleren FZR-Temperaturen von 20,8°C im 3.OG und von 25,0°C im 18.OG.

Das absolute Maximum liegt im Winter bei 33,7°C und im Sommer bei 61,2°C.

Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht fallen durch die Solarstrahlung auf die Westfassade in Verbindung mit der starken Temperaturschichtung höher aus, als die der Außentemperatur.



GSW: Mittlere Übertemperatur											
Jahr			Winter			Übergang			Sommer		
3.OG N	9.OG N	18.OG N	3.OG N	9.OG N	18.OG N	3.OG N	9.OG N	18.OG N	3.OG N	9.OG N	18.OG N
2,0	5,2	6,4	1,8	5,1	6,4	2,3	5,4	6,7	2,0	4,9	6,2
	4,5			4,4			4,8			4,4	

Abbildung 162 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

In Abbildung 162 ist die starke Temperaturschichtung über die Höhe deutlich in den gestaffelten Punktwolken der Kernzone von 0 bis 10 K zu erkennen. Die mittleren Übertemperaturen aller Messpunkte liegen mit 4,4 K im Winter und Übergang bis 4,8 K im Sommer auf einem erhöhten Niveau, wobei die jahreszeitlichen Unterschiede gering sind. Es ist eine ganzjährige Streuung einzelner Übertemperaturen bis extreme 30 K zu erkennen. Untertemperaturen treten nur selten auf.

Um die Durchlüftung der Doppelfassade für das GSW-Gebäude genauer beurteilen zu können, werden exemplarisch aus gemessenen Luftgeschwindigkeiten die Luftwechsel in der Mehrgeschossfassade (9.OG) errechnet. Im Folgenden sind die jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der Luftgeschwindigkeiten dargestellt:

GSW	v [Luft]	v [Luft]
9.OG	Übergang	Sommer
24h/d		
Mittel	3,9	3,8
Tag		
Min	0,0	0,0
Max	14,1	11,8
Mittel	3,9	3,9
Nacht		
Min	0,4	0,0
Max	12,0	12,8
Mittel	3,9	3,5

Tabelle 15 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte Luftgeschwindigkeit FZR GSW

Über ein Anemometer ist auf Höhe des 9.OG vom 10.07.2004 bis zum 11.10.2004 die Luftgeschwindigkeit in der Doppelfassade gemessen worden. Dabei stellten sich für die Sommerzeit nach Tabelle 15 eine mittlere Luftgeschwindigkeit von 3,8 m/s ein. Die Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 163 dargestellt.

Der daraus resultierende Luftwechsel berechnet sich über die gesamte Grundfläche und Höhe des Fassadenzwischenraums mit 192 1/h. Bei einer maximalen Luftgeschwindigkeit von 14,1 m/s beträgt der Luftwechsel 715 1/h.

Trotz der hohen Luftwechsel baut sich in der Westfassade über die Höhe eine Temperaturschichtung mit erhöhten Übertemperaturen auf.

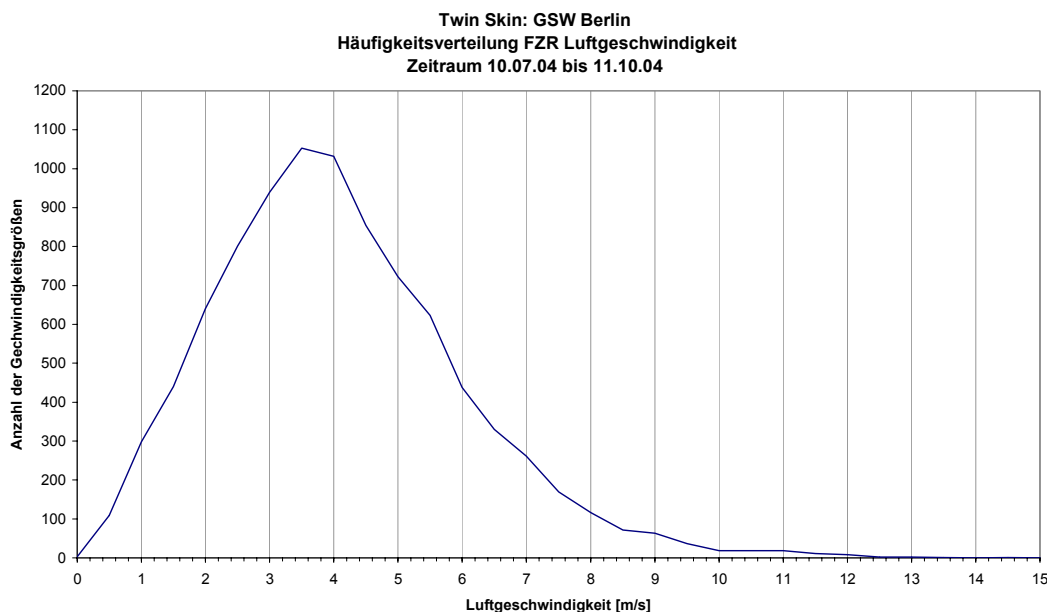


Abbildung 163 Häufigkeitsverteilung Luftgeschwindigkeit im Fassadenzwischenraum GSW

Ergebnis:

- Sehr hohe maximale FZR-Temperaturen bis 61,2 °C auf Höhe des 18.OG
- Hohe Temperaturschichtung in der Mehrgeschossfassade bis zu 4,6 K im Mittel
- Ganzjährig hohe Übertemperaturen von 4,4 K bis 4,8 K
- Sehr hohe Luftwechselrate von etwa 200 [1/h] im Fassadenzwischenraum
- Geringe Anzahl an Untertemperaturen

Auswertung ALH

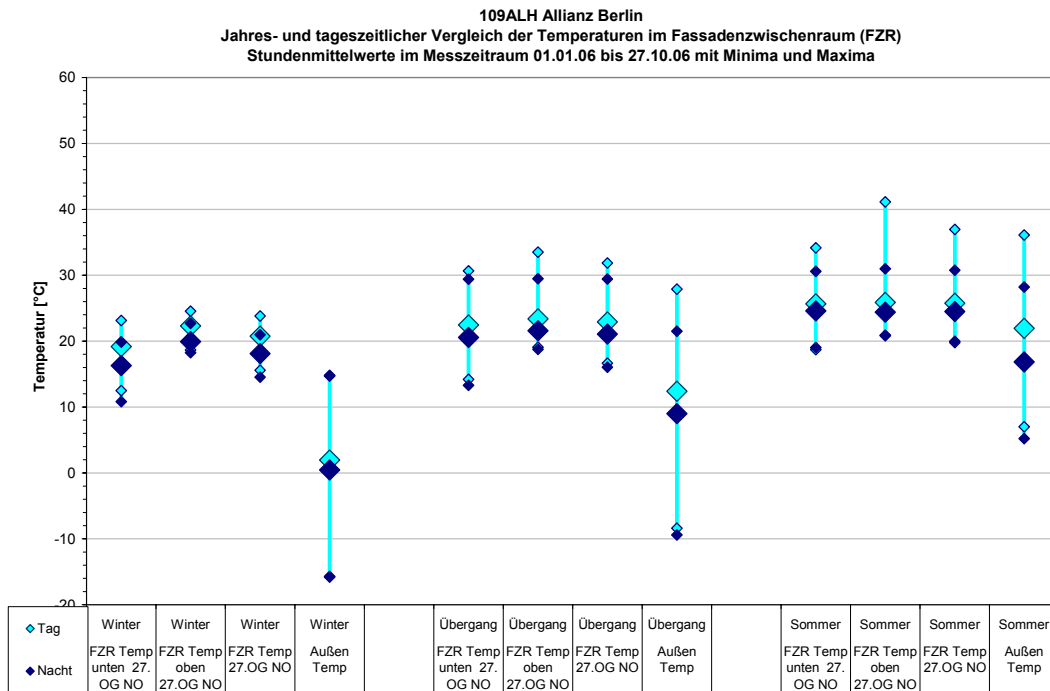


Abbildung 164 Jahres- und tageszeitliche Mittelwerte der FZR-Temperaturen

Das Allianz-Hochhaus Berlin verfügt über Kastenfenster. Das Kastenfenster setzt sich aus einer WSV-Verglasung außen und aus einer ESG-Verglasung innen zusammen. Über eine Abluftöffnung am oberen Rand der ESG-Scheibe wird die Abluft durch den etwa 10 cm breiten Fassadenzwischenraum abgesaugt. Die Messpunkte befinden sich im oberen und unteren Fassadenzwischenraum.

Durch die Abluftfunktion folgen die gemessenen FZR-Temperaturen des Kastenfensters der Innentemperatur weitgehend. Die obere FZR-Temperatur liegt dabei durchgängig über der unteren, da auf der geringen Höhendifferenz von etwa 1,90 m im FZR die warme Abluft abkühlt. Die Temperaturdifferenz von oben nach unten ist abhängig von der Außentemperatur und der Ablufttemperatur. Dementsprechend beträgt sie im Winter bei hohen Ablufttemperaturen und Wärmeverluste nach außen 3,4 K und nimmt in der Übergangszeit auf 1,0 K und im Sommer bis auf 0,1 K ab.

Die mittleren FZR-Temperaturen liegen im Winter oben bei 21,1°C und unten 17,7°C. Im Sommer steigen die mittleren FZR-Temperaturen auf 25,5°C oben und 25,4°C unten an.

Die absoluten Maxima liegen im Winter im oberen Messpunkt bei 24,6°C und im Sommer bei 41,1°C.

Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind gering und folgen den Ablufttemperaturniveau weitgehend. Die nächtliche Abkühlung im Winter ist am unteren Messpunkt zu beobachten.

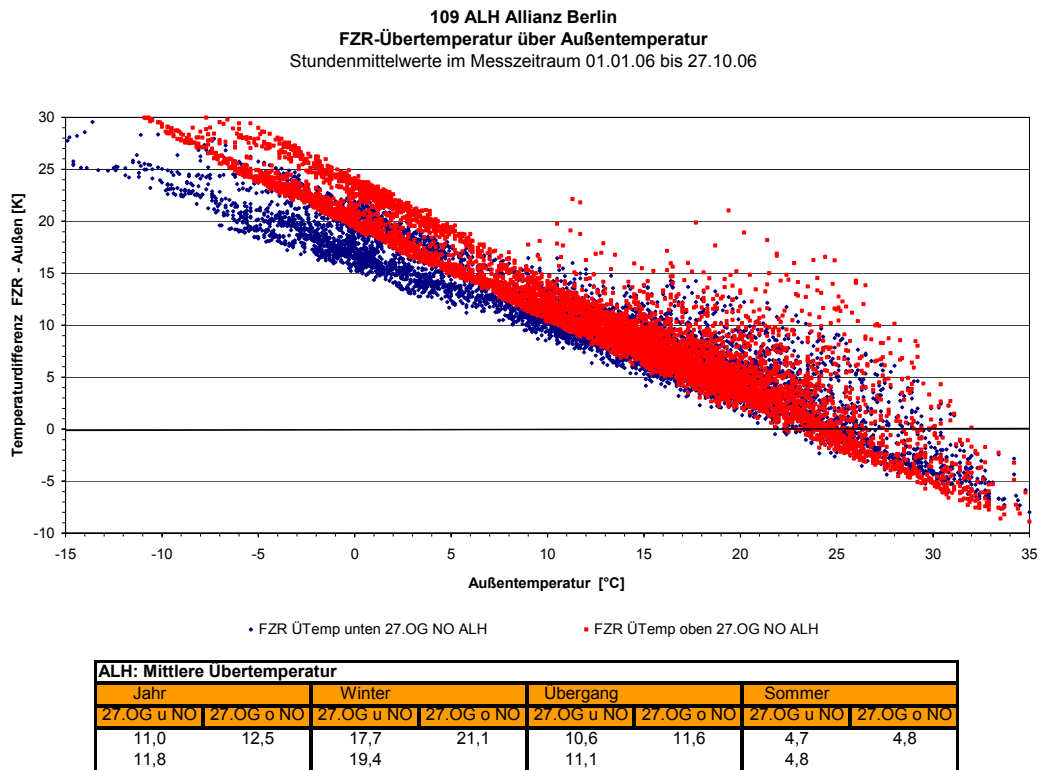


Abbildung 165 Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum

Die Übertemperaturen steigen durch den Einfluss der Ablufttemperatur bei kühleren Außentemperaturen geradlinig auf über 30 K an. Vereinzelt setzen sich bei Außentemperaturen über 10 °C Übertemperaturen bis ca. 20 K zu Zeitpunkten geringer thermischer Konditionierung ab. Bei Außentemperaturen über 25°C sinken die FZR-Temperaturen aufgrund der sommerlichen Raumkühlung unter die Außentemperatur.

Mittlere Übertemperaturen bauen sich durch die warme Abluft im Winter oben von 21,1 K und unten von 17,7 K auf, im Sommer sinken diese auf 4,8 K oben und 4,7 K unten ab.

Die absoluten Maxima liegen im Winter mit 24,6°C und im Sommer mit 41,1°C beide im oberen Bereich des Fassadenzwischenraums.

Ergebnis:

- Sehr hohe mittlere Übertemperaturen im Winter von 17,7 K bis 21,1 K
- Einfluss der warmen Abluft im FZR im Winter
- Absinken der mittleren Übertemperatur im Sommer auf 4,7 K bis 4,8 K
- mäßiges sommerliches Temperaturniveau mit absoluten Maximum von 41,1°C
- Bei hohen Außentemperaturen Untertemperaturen durch gekühlte Büroluft

7.2 Vergleich der Doppelfassadentypen

Um den Einfluss der Temperaturen in den Fassadenzwischenräumen (FZR) der Gebäude beurteilen zu können, wurden die FZR-Temperaturen zunächst in Form von jahres- und tageszeitlichen Mittelwerten sowie der Übertemperaturdarstellung über die Punktwolken für jeweils ein Jahr ausgewertet.

Zum Vergleich der verschiedenen Doppelfassaden-Lösungen/ Typologien, werden in einem zweiten Schritt die Häufigkeiten der Fassadentemperaturen im Jahresverlauf betrachtet. Neben der Beeinflussung des Raumklimas durch die Doppelfassade können so signifikante Unterschiede zwischen den Fassaden herausgearbeitet werden. Es ergibt sich eine neue Einordnung der Doppelfassaden in Gruppen, die die in Kapitel „Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum“ dargestellten Ergebnissen ergänzt und zugleich Hinweise für eine optimale Doppelfassadenausführung ermöglicht.

Auswertemethodik:

Die Häufigkeit der Temperaturen im FZR ergibt sich aus der Anzahl von Stunden innerhalb eines 1 Kelvin-Intervalls und wird über die x-Achse im FZR-Temperaturbereich von -10°C bis 50 °C aufgetragen.

Wenn entsprechende Messdaten vorhanden sind, ist ein Auswertungszeitraum von einem Jahr gewählt worden.

Die Außentemperaturen an den Messorten sind im entsprechenden Diagramm durch gestrichelte Linien gleicher Farbe berücksichtigt. Dies ist notwendig, um die FZR-Temperaturen in Beziehung zum Außenklima setzen zu können. Auf Grundlage der Häufigkeitsverteilung kann über die Verschiebung der FZR-Temperaturkurve zur Außentemperaturkurve auf der x-Achse eine statistische Aussage zu Über- bzw. Untertemperaturen bestimmter Temperaturbereiche getroffen werden.

Um die Übersichtlichkeit der Darstellung zu gewährleisten, ist für jedes Gebäude aus der Tabelle 14 ein Referenzmesspunkt ausgewählt worden, der die Verhältnisse im FZR über die Häufigkeit beispielhaft beschreibt. In Tabelle 16 sind die ausgewählten Messpunkte der Doppelfassaden nach Typologie geordnet dargestellt.

Typ	Korridorfassaden			Mehrgeschossfassaden				Kastenfenster
	DMH	RIC	PWC	DRH	BAY	BIH	GSW	
Objekt								ALH
Höhe/ Orientierung	10.OG S	4.OG SO	10.OG W	2.OG S	2.OG S	4.OG N	9.OG W	27.OG NO
Zeitraum	05/04 - 05/05	02/04 - 09/04	07/04 - 05/05	01/06 - 12/06	02/06 - 08/06	01/06 - 12/06	11/04 - 10/05	01/06 - 11/06

Tabelle 16 Referenzmesspunkte für Häufigkeit nach Typologie und Messzeitpunkt

Bei Messpunkten, die in verschiedenen Höhen in der Doppelfassade angeordnet waren, sind die mittleren Werte als Referenzhöhe gewählt worden, da hier mittlere FZR-Temperaturen in der Schichtung zu beobachten sind.

Da die Fassaden mit hohen Globalstrahlungsanteilen zu höheren Temperaturbereichen neigen, wird zunächst der Einfluss der Orientierung auf die Temperaturverteilung für die betreffenden Gebäude Deutsche Messe Hannover (DMH), Rickmers Hamburg (RIC) und Bayer Leverkusen (BAY) untersucht.

Für die Süd-Orientierung der DMH sind gegenüber der Nordwest und Nordorientierung höhere FZR-Temperaturen ab einer Außentemperatur von ca. $17,5^{\circ}\text{C}$ zu beobachten. Ähnlich verhält sich die Südost-Fassade bei Rickmers. Die FZR-Temperaturen in der Südfassade bei Bayer liegen etwas niedriger als die im Nordosten.

Die Kurvenformen der verschiedenen Orientierungen sind zusammen hinreichend charakteristisch, so dass man die Gebäude mit einer Referenzkurve für alle Ausrichtungen vergleichen kann. Für die Untersuchung werden daher die südorientierten Fassaden mit hohen Strahlungseinträgen bevorzugt gewählt.

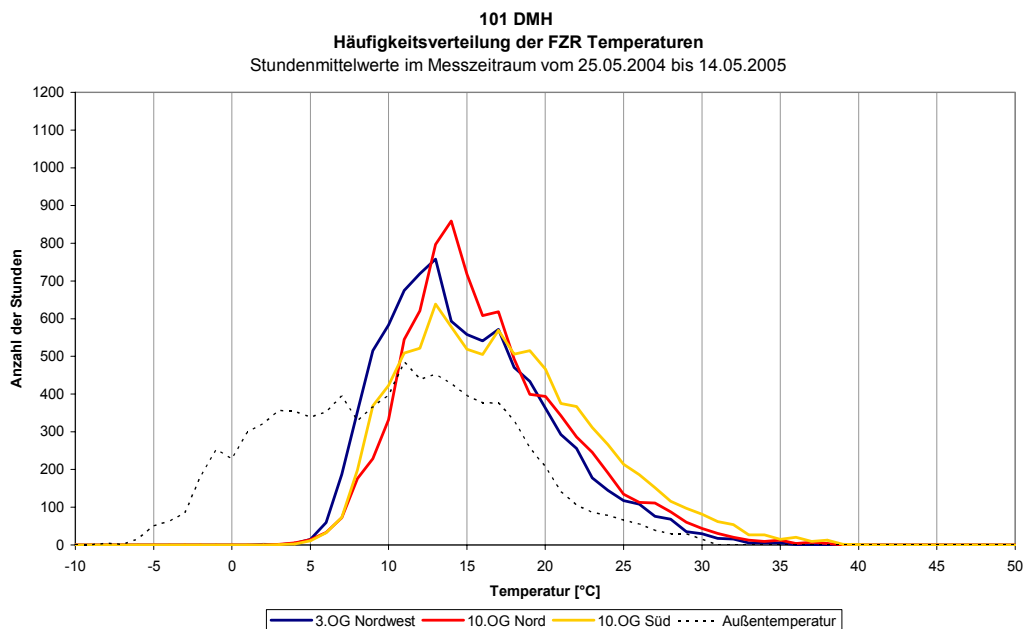


Abbildung 166 Häufigkeitskurven der FZR-Temperaturen für die Deutsche Messe Hannover (alle Orientierungen)

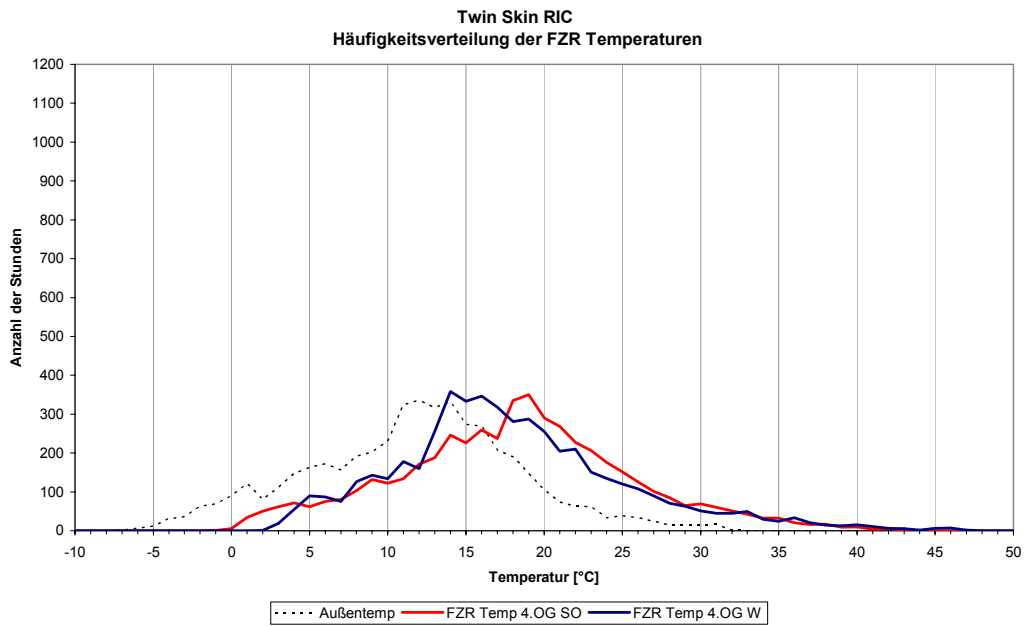


Abbildung 167 Häufigkeitskurven der FZR-Temperaturen für die Rickmers Reederei (alle Orientierungen)

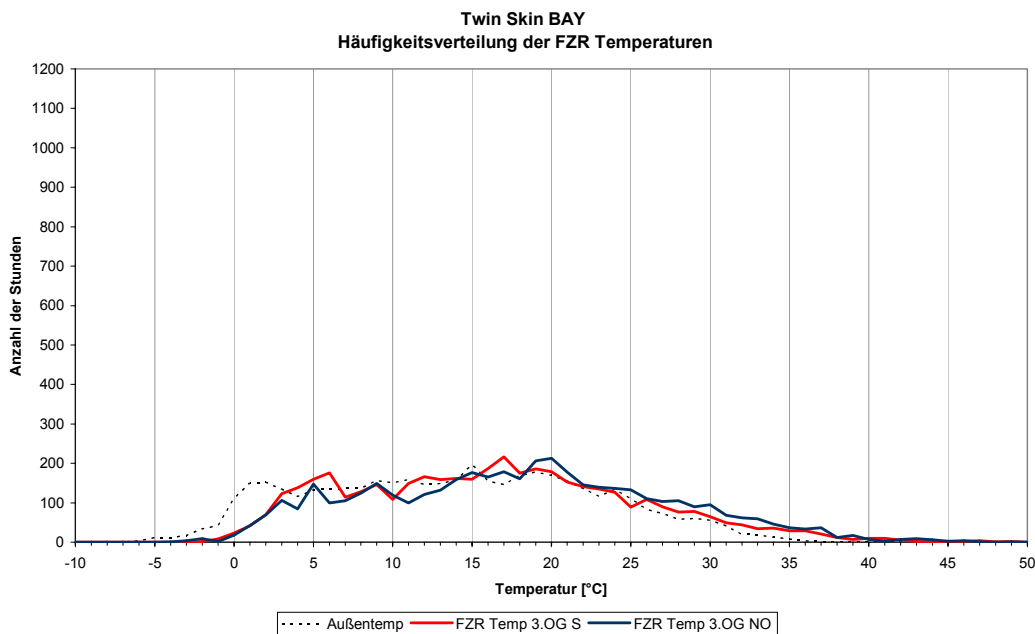


Abbildung 168 Häufigkeitskurven der FZR-Temperaturen für die Hauptverwaltung Bayer (alle Orientierungen)

Fassadengruppen:

Zunächst wurden die Fassaden über ihre Referenzkurven in der bisherigen Einteilung nach Tabelle 16 verglichen (s. a. Kap. 2 Typologie). Aus der Feinanalyse liegen die Messdaten für die differenzierten Fassadentypen vor. Abbildung 169 und Abbildung 170 zeigen die Gegenüberstellung für die Korridor- und Mehrgeschossfassaden. Mit der jeweils gefundenen Referenzkurve wurden die einzelnen Häufigkeitskurven auf Gemeinsamkeiten hin untersucht. Eine

ähnliche Temperaturverteilung bei den verschiedenen Gebäuden mit Korridor- und Mehrgeschossfassade konnte nicht festgestellt werden.

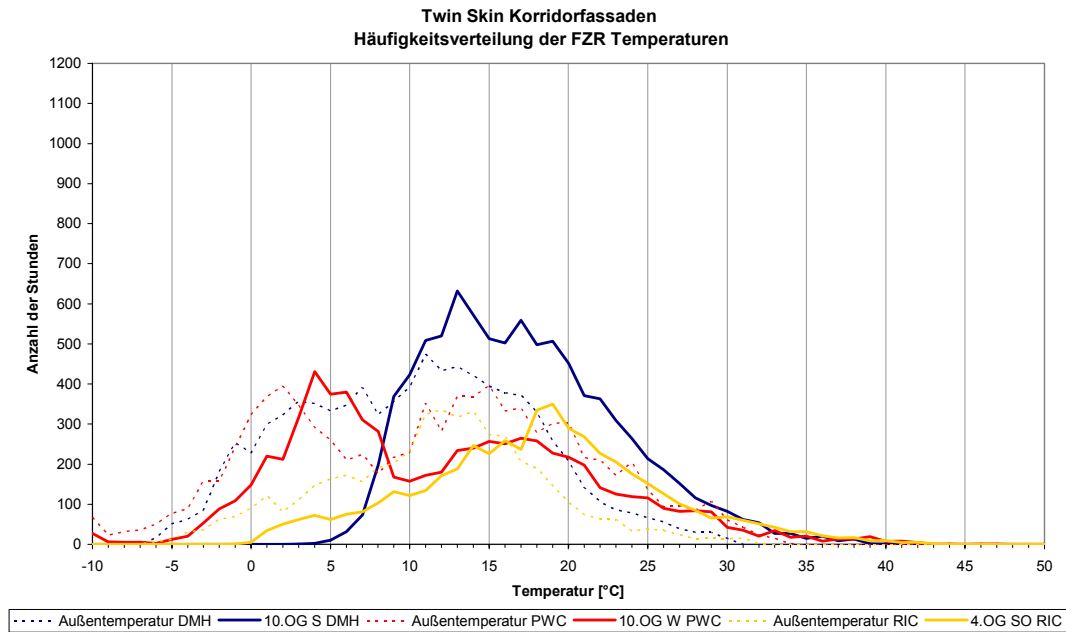


Abbildung 169 Häufigkeitsverteilung der FZR-Temperaturen für Korridorfassaden

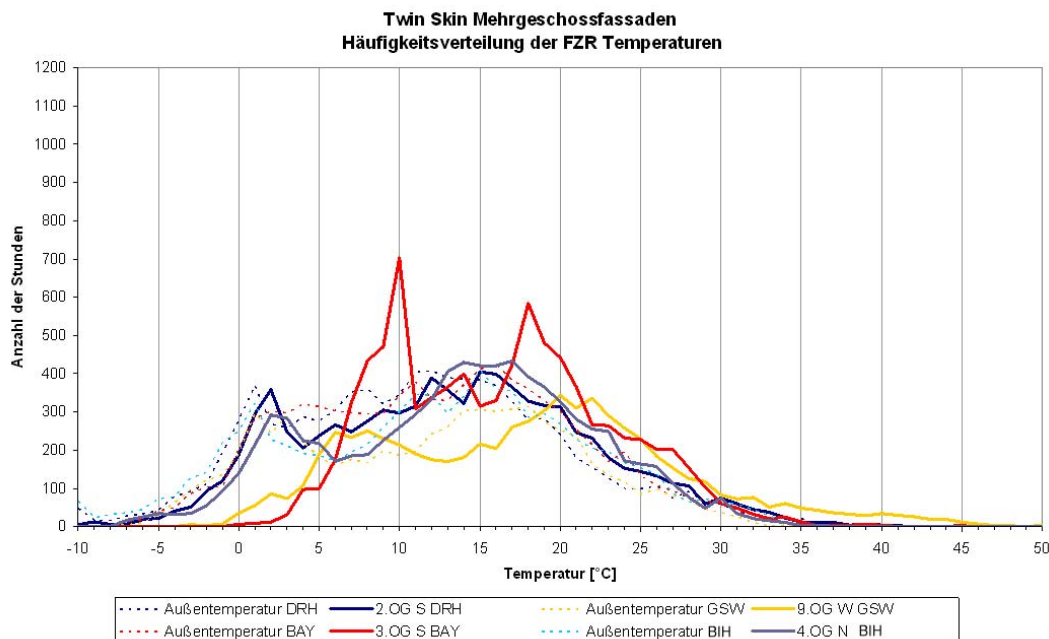


Abbildung 170 Häufigkeitsverteilung der FZR-Temperaturen für Mehrgeschossfassaden

Daraufhin wurden die Verteilungskurven aller Fassadentypen nach unterschiedlichen Kriterien weiter auf Gemeinsamkeiten untersucht. Dabei konnten die Kurven nach winterlichen und sommerlichen FZR-Temperaturbereichen unterschieden und gruppiert werden. Die Abhängigkeiten liegen offenbar nicht in der baulichen Ausbildung einer Korridor- oder Mehrgeschossfassade, sondern sind in den

Öffnungsanteilen zu suchen bzw. in der Möglichkeit mit der Fassade auf unterschiedliche Klimabedingungen zu reagieren.

Es ergeben sich die folgenden vier Gruppen/ Typen:

- Gruppe 1** Fassaden mit hohen winterlichen FZR-Temperaturen (DMH)
- Gruppe 2** Fassaden mit hohen sommerlichen FZR-Temperaturen (GSW, RIC,)
- Gruppe 3** Fassaden mit außentemperaturnahen FZR-Temperaturen (BAY, DRH, PWC, BIH)
- Gruppe 4** Fassaden mit raumtemperaturnahen FZR-Temperaturen (Abluft-Kastenfenster ALH)

Typ	Gruppe 1	Gruppe 2		Gruppe 3				Gruppe 4
Objekt	DMH	GSW	RIC	BAY	DRH	PWC	BIH	ALH
Höhe/ Orientierung	10.OG S	9.OG W	4.OG SO	2.OG S	2.OG S	10.OG W	4.OG N	27.OG NO
Zeitraum	05/04 - 05/05	11/04 - 10/05	02/04 - 09/04	02/06 - 08/06	01/06 - 12/06	07/04 - 05/05	01/06 - 12/06	01/06 - 11/06

Tabelle 17 Gruppierung der Doppelfassadengebäude differenziert nach der Verteilung ihrer FZR Temperaturen

Im Folgenden werden die Fassadengruppen anhand dieser Einteilung erneut verglichen.

Gruppe 1: Hohe winterliche FZR-Temperaturen

DMH:

Das Fassadenkonzept der Deutschen Messe Hannover fällt bei niedrigen Außentemperaturen durch sehr hohe FZR-Temperaturen auf. Die sommerliche Überhitzung im FZR ist dagegen gemessen an den solaren Einträgen der Südfassade nur mäßig hoch.

Die Häufigkeitskurve der FZR-Temperatur ist um etwa 10 K zu der Außentemperaturkurve entlang der Temperatur-Skala auf der X-Achse verschoben, womit sich bei Außentemperaturen unter 0°C anhand der statistischen Häufigkeitsverteilung im Mittel eine Übertemperatur von etwa 10 K ergibt. Bei kühlen Außentemperaturen unter 5°C ist eine gute Pufferwirkung der Doppelfassade zu beobachten. Ab ca. 8°C steigt die Häufigkeitskurve im FZR über die der Außentemperatur. Bei hohen Außentemperaturen über 25°C ist der FZR im Mittel um 3 bis 5 K wärmer.

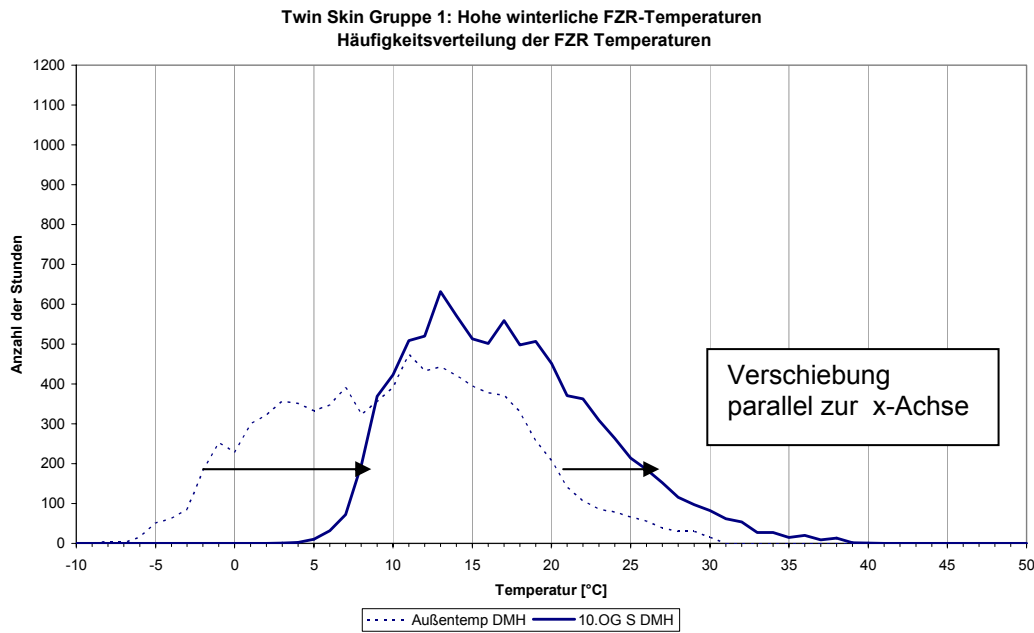


Abbildung 171 Häufigkeitsverteilung Gruppe 1

Für die DMH lassen sich die hohen FZR-Temperaturen im Wesentlichen durch zwei Besonderheiten in der baulichen Ausführung erklären:

Zuluftkanal:

Die Zuluftkanäle sind als ungedämmte Kästen aus Holz und Blech in die Brüstungselemente der Primärfassade integriert und haben deutliche Wärmeverluste in den Fassadenzwischenraum.

Wie Abbildung 172 zeigt, findet der Wärmeverlust des Lüftungskanals nicht nur durch Transmission, sondern zu einem Teil auch über undichte Revisionsklappen zur Doppelfassade hin statt. Abbildung 173 belegt den Wärmeverlust entlang des Lüftungskanals durch unterschiedliche Austrittstemperaturen an den Luftauslässen einer Etage.

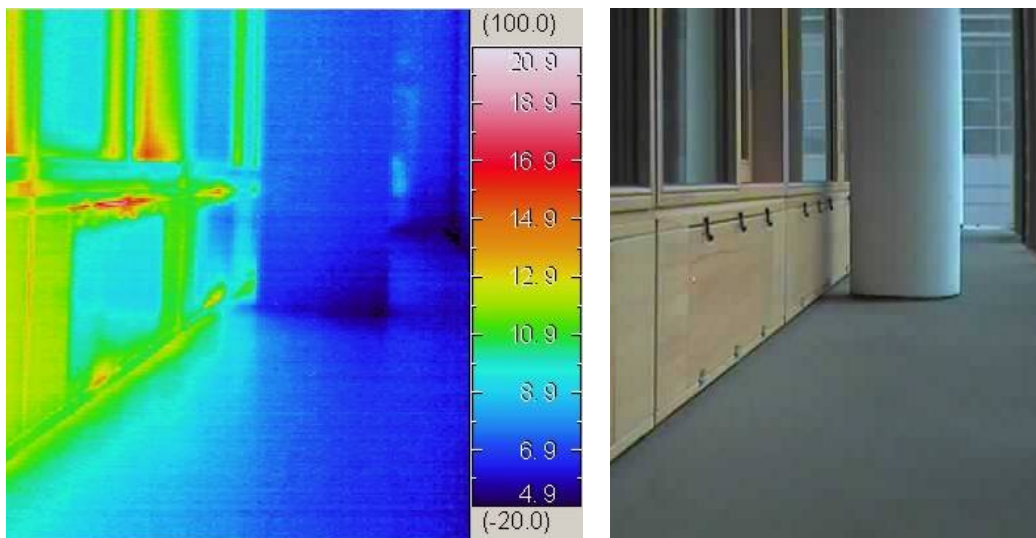


Abbildung 172 Themografie und reale Situation 3.OG Süd-West in der Doppelfassade

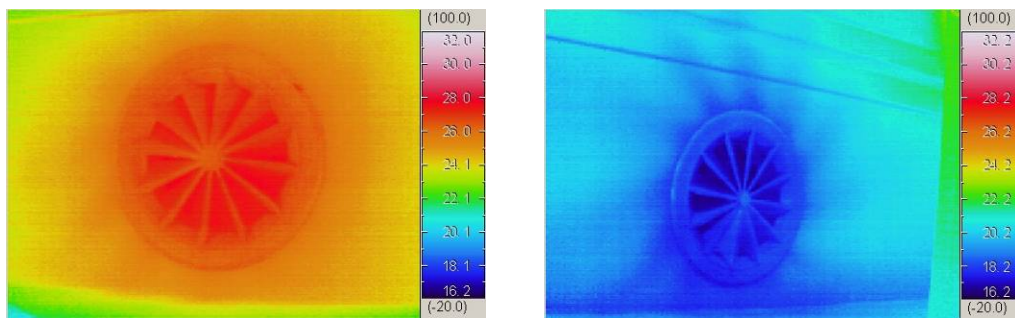


Abbildung 173 Unterschiedliche Austrittstemperaturen an Lüftungsauslässen einer Etage

Wärmeschutzverglasung:

Über die Wärmeschutzverglasung in der Sekundärfassade der DMH werden die Transmissionswärmeverluste im Vergleich zu Doppelfassaden mit Einfachverglasungen erheblich reduziert.

Fazit:

In der Kombination aus Wärmeverlusten aus dem Zuluftkanal und winterlichen solaren Gewinnen stellen sich hohe FZR-Temperaturen bei niedrigen Außentemperaturen ein. Durch die Wärmeschutzverglasung in der Sekundärfassade kann ein erhöhtes Temperaturniveau mit ausgeprägter Pufferwirkung in der Doppelfassade gehalten werden. Ein geringerer Wärmebedarf im Vergleich zu den anderen Fassadentypen lässt sich allerdings durch die spezifischen Energieverbräuche nicht nachweisen (siehe Kapitel 5.1)

Der Vorteil der Wärmeschutzverglasung in der Sekundärfassade im Winter führt bei hohen FZR-Temperaturen im Sommer zu einem geringeren Abbau von Überhitzung. Das Öffnen der Hahn-Lamellen in der Sekundärfassade reicht zum Ablüften der Übertemperaturen im Fassadenzwischenraum nicht mehr aus.

Gruppe 2: Hohe sommerliche FZR-Temperaturen

Charakteristisch für die nächste Gruppe sind sehr hohe FZR-Temperaturen im Sommer von über 50 °C bei maximalen Außentemperaturen von 33 °C (RIC) bis 35°C (GSW). Die Fassaden dieser Gruppe neigen zu einer sommerlichen Überhitzung.

Gleichzeitig liegen die winterlichen Übertemperaturen im FZR von 2 bis 5 K in einem mäßig hohen Bereich.

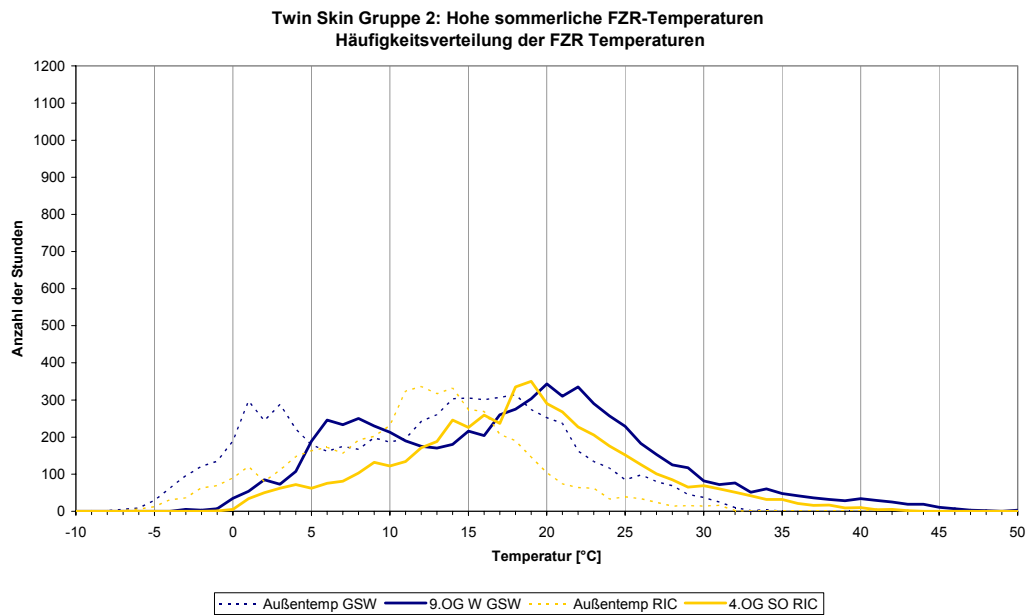


Abbildung 174 Häufigkeitsverteilung der FZR-Temperaturen bei Gruppe 2

GSW:

Im GSW Hochhaus stellen sich über die 71 m hohe Mehrgeschossfassade im Sommer die höchsten FZR-Temperaturen im Gebäudevergleich ein.

Im Winter werden Übertemperaturen von etwa 5 K erreicht, was durch das Schließen der Lüftungsklappen am unteren und oberen Ende der Westfassade möglich wird. Im Vergleich zu den anderen beiden Gebäuden dieser Gruppe (RIC und BAY) ist dies der höchste Wert. Hinzu kommt für die GSW eine hohe Dichtigkeit der Sekundärfassade, da die gesamte Westfläche als Festverglasung ohne weitere Öffnungselemente ausgeführt ist. Für eine Westfassade ergeben sich durch den winterlichen Sonnenstand nur geringe solare Einträge.

Im Sommer wird der Fassadenzwischenraum durch das komplette Öffnen der oberen und unteren Klappen durchlüftet. Der natürliche Auftrieb wird nachts durch den Venturi-Flügel auf dem Dach unterstützt. Trotz hoher Luftwechselzahlen treten in dem FZR aufgrund der hohen sommerlichen Solareinträge auf der großflächigen Westfassade extrem hohe Temperaturen bis zu 57°C im 9.OG und bis zu 62°C im 18.OG auf.

Durch das Öffnen der Fenster zur Doppelfassade kann der Büroraum zum FZR entlüftet werden. In den oberen Geschossen dreht sich bei derart hohen Temperaturen das Strömungsverhalten um und die warme Luft aus dem FZR strömt in die Räume. In der Praxis wird das Gebäude nur in der Übergangszeit zwischen 12 und 22°C frei über die Doppelfassade gelüftet. In der übrigen Zeit geht die GLT von der Vorgabe eines geschlossenen Fensters aus und es wird mechanisch gelüftet (inkl. Heiz und Kühlfunktion).

RIC:

Auch in der Häufigkeitskurve des Rickmers-Gebäudes lässt sich eine fast ganzjährige Übertemperaturbildung feststellen. Die umlaufenden Lamellen der Lüftungsquerschnitte in Höhe der Geschossdecken sind starr und ein Verschließen ist nicht möglich. Dennoch werden im Winter nach

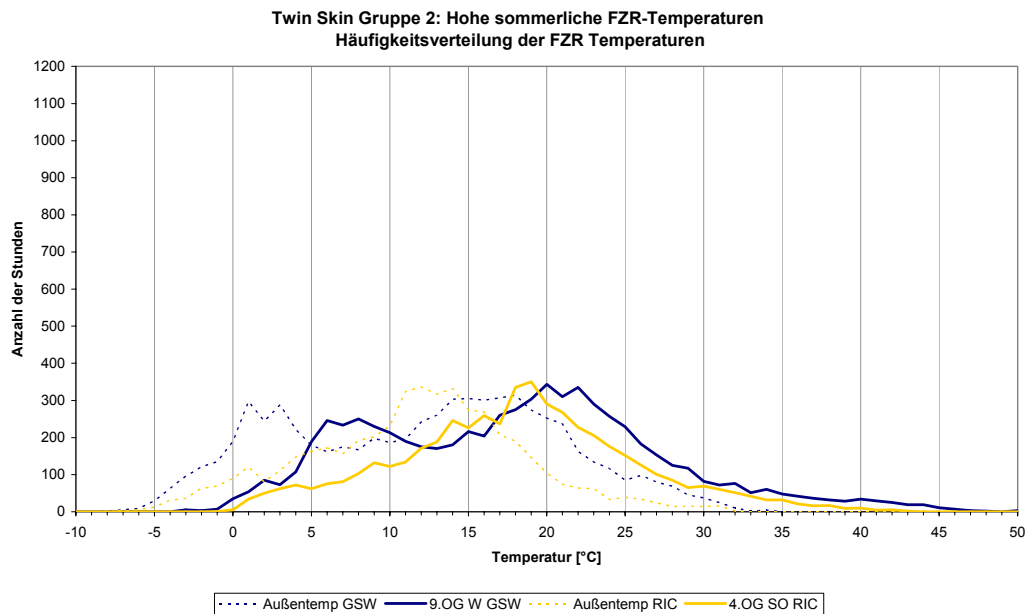


Abbildung 174 Übertemperaturen von 2 K in der süd-ostorientierten Korridorfassade erreicht.

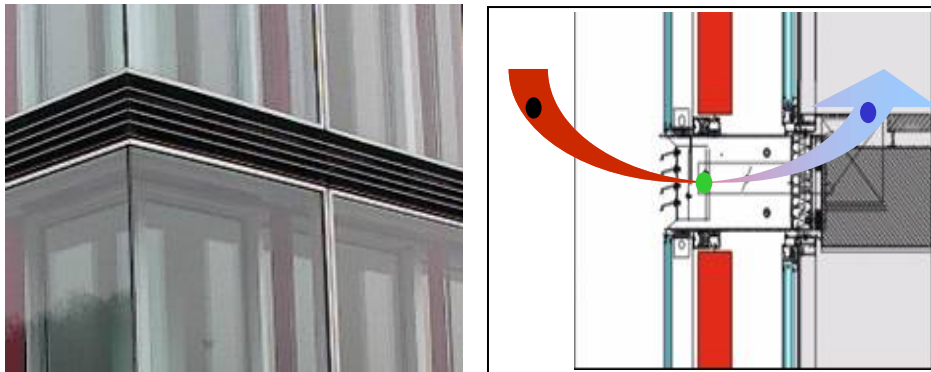


Abbildung 175 Fassadeöffnung Rickmers

Neben der Belüftung des Fassadenzwischenraums wird hier auch die Zuluft für das Gebäude angesaugt, bodenintegrierte Konvektoren sorgen für den nötigen Antrieb. Nähere Untersuchungen haben gezeigt, dass zeitweise die Lufttemperatur an den Fassadenlamellen kurzzeitig stark ansteigt, in der Nacht zum 06.03.04 z.B. um ca. 10 K. Da der Einfluss der Strahlung in der Nacht ausgeschlossen werden kann, ist der Anstieg vermutlich auf eine windinduzierte Unterdrucksituation zurückzuführen. Warme Zuluft wird aus dem Gebäude gesogen. Ein Teil dieser Raumluft tritt wahrscheinlich auch in den FZR aus.

Dieser Effekt tritt nur an wenigen Zeitpunkten auf. Dennoch sind ein in Maßen erhöhter Wärmeverlust des Gebäudes und eine dadurch bedingte Erhöhung der FZR-Temperatur anzunehmen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden weitere Simulationen und Versuche zur Durchströmung des Fassadenzwischenraums durchgeführt. Die Analysen zeigen, dass durch den Einsatz eines Umlenkbleches im Bereich der Fassadenlamellen die Luftgeschwindigkeiten und der Volumenstrom in der Fassade gesenkt wird. Dies führt zu einer Reduzierung des Luftwechsels und lässt eine Erhöhung der Lufttemperatur im Fassadenzwischenraum erwarten, so dass der winterliche Wärmeschutz verbessert wird.

Ab Außentemperaturen größer 18°C nehmen die Anteile der Übertemperaturen im FZR mit einer Differenz von bis zu 10 K stark zu. Erst bei Temperaturen über 24°C nähern sich die Kurven wieder an. Diese Annäherung kann auf ähnliche Rückkopplungseffekte aus dem Kühlregister zurückzuführen sein, wie im beschriebenen Winterfall, da die exponierte Lage an der Elbe mit den besonderen Wind –und Druckverhältnissen Einfluss hat.

Die vertikalen Lamellen im Fassadenzwischenraum, deren Stellung in verschiedenen Fassadenabschnitten über Strahlungsmesser geregelt wird, tragen zu den mäßigen sommerlichen Überhitzungstemperaturen der Südostfassade bei.

Gruppe 3: Außentemperaturnahe FZR-Temperaturen

Das Hauptmerkmal dieser Gruppe liegt in der weitgehenden Übereinstimmung zwischen FZR Temperatur- und Außentemperaturen. Durch hohe Luftwechsel bzw. eine hohe Permeabilität dieser Fassadentypen bauen sich sowohl im Winter als auch im Sommer keine nennenswerten Übertemperaturen auf. Im Sommer liegen die FZR-Temperaturen teilweise sogar unterhalb der Außentemperatur. Erst bei hohen Außentemperaturen über 27 °C gleichen sich die FZR-Temperaturen den Außentemperaturen auffallend genau an. Dabei werden Maxima weit über 35°C erreicht.

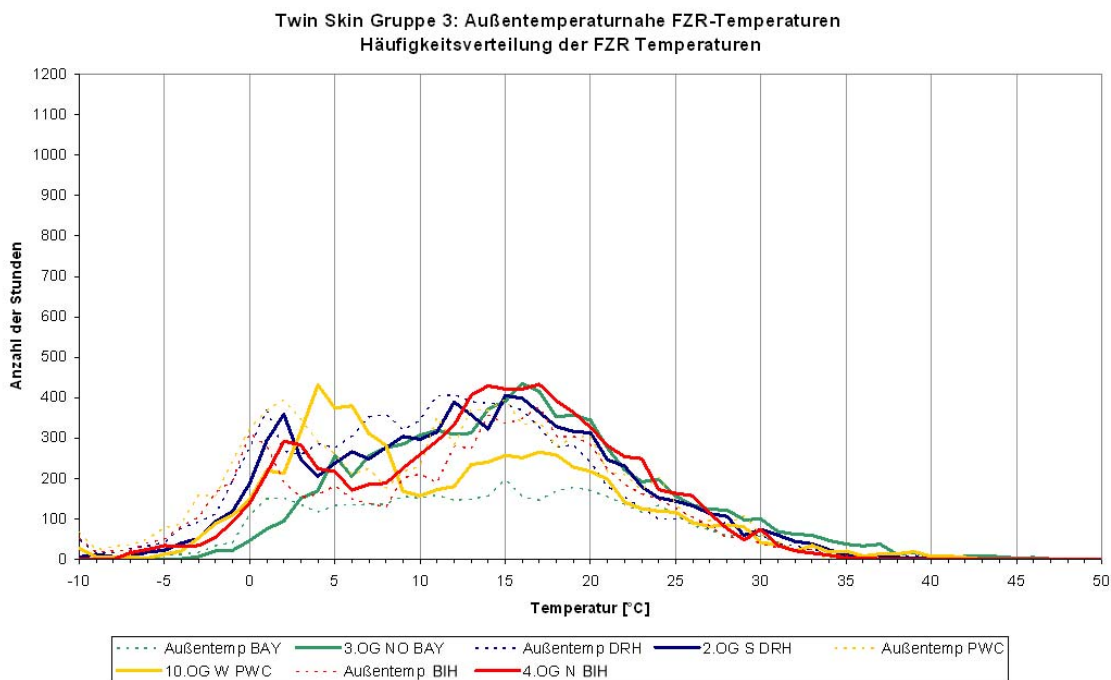


Abbildung 176 Häufigkeitsverteilung der FZR Temperaturen für die Gruppe 3

BAY:

Bei der Bayer Hauptverwaltung werden im Winter nach Abbildung 176 Übertemperaturen von 2 K in der Mehrgeschossfassade erreicht. Bei kalten Außentemperaturen werden die geschossweise vorhandenen Fassadenklappen geschlossen. Die Außenluft gelangt dann über Lüftungsgitter im Sockelbereich in den Fassadenzwischenraum und wird durch den Unterdruck an der Primärfassade nach oben gesogen. Höhere Übertemperaturen bauen sich dabei nicht auf. Ein komplettes Verschließen der Fassade ist nicht möglich, da das Gebäude über die Fenster belüftet bzw. über die Unterflurkonvektoren mit Zuluft aus dem Fassadenzwischenraum versorgt wird. Diese Unterflurkonvektoren arbeiten als dezentrale Lüftungsgeräte und konditionieren die Zuluft für jeden Büroraum.

Ab 18 °C gleichen sich die Temperaturkurven des FZR und der Außentemperatur an. Diese mäßigen FZR-Temperaturen sind mit einem hohen Luftwechsel über die geschossweise klappbaren Lüftungsöffnungen zu erklären.

Da die Fenster durch die Nutzer im sommerlichen Kühlfall nicht geöffnet werden, ist ein Einfluss durch den Eintritt kühlerer Raumluft nicht gegeben.

DRH:

Die Doppelfassade des Gebäudes Deutscher Ring Hamburg ist unten und oben über die gesamte Länge von ca. 136 m permanent geöffnet. Mit einer relativ geringen Höhe von nur 4 Geschossen folgt die FZR-Temperatur der Außentemperatur weitgehend. Übertemperaturen im Winter sind mit etwa einem Kelvin sehr gering.

Die Abbildung 176 zeigt sogar, dass im Bereich bis 2°C der Fassadenzwischenraum geringfügig kühler als der Außenraum ist. Ein solcher Effekt lässt sich im vorliegenden Fall wohl mit durch geringe Messdifferenzen der FZR-Temperatur zum Standort der Außentemperatur begründen. Hierfür sprechen die große Anzahl der Werte und der starke Luftwechsel. Ab Temperaturen größer 15°C gleichen sich die Kurven des FZR und der Außentemperatur bis zum Maximum von 40°C an. Die Hinterlüftung aufgrund der oben beschriebenen Konstruktionsmerkmale ist offensichtlich ausreichend, um die solaren Einträge auf die Südfassade ablüften zu können.

PWC:

Drehbaren Glaslamellen bilden die Sekundärfassade für das PWC-Gebäude. Sie ermöglichen eine maximale Be- und Entlüftung des Fassadenzwischenraumes.

Aufgrund der hohen Fugendurchlässigkeit stellen sich bei geschlossenen Glaslamellen im Winter geringe Übertemperaturen im FZR von etwa 2 bis 3 K ein.

Die Stellung der Glaslamellen ist wettergeregelt und berücksichtigt den Schutz des im Fassadenzwischenraum installierten Lamellenbehangs. Im Sommer kann der Öffnungsanteil durch komplett in die horizontale gedrehte Glaslamellen bis auf 100% vergrößert werden. Durch diese maximale Durchlüftung der Doppelfassade bei gleichzeitigem Sonnenschutz im Zwischenraum treten auch im Sommer keine Übertemperaturen auf. Im Bereich zwischen 8°C und 30°C liegen die FZR-Temperaturen sogar geringfügig unter den Außentemperaturen, was mit zeitlich

begrenzten Temperaturunterschieden zwischen den Messstandorten und der Ausrichtung zur Sonne z.B. morgens zu erklären ist.

BIH:

Die außentemperaturnahe Häufigkeitsverteilung der FZR-Temperaturen des Bürogebäudes in Hannover begründet sich im Wesentlichen durch die permanente, natürliche Belüftung der nördlichen Mehrgeschossfassade. Die Zuluftführung der Büros erfolgt über einen Kanal unter der Decke des ersten Geschosses aus dem Hofbereich des Gebäudes. Neben dem natürliche Auftrieb wird in der Fassade ein Unterdruck durch die zentrale Abluftanlage der Büroetagen erzeugt, die zur Fassade hin lüften. Zusätzlich zur Ansaugung über den Hof besteht die Möglichkeit, Lüftungsklappen im unteren Abschluss der Doppelfassade zu öffnen. Die an die Doppelfassade angrenzenden Büros werden in erster Linie über den Fassadenzwischenraum schallgeschützt zur Straßenseite belüftet.

Ganzjährig bilden sich durch die geringen solaren Einträgen aus der Nordorientierung und den hohen Luftwechsel nur geringe Übertemperaturen aus.

So werden im Sommer wie im Winter Übertemperaturen von etwa 2 K erreicht. Bei extrem hohen Temperaturen können zusätzlich die Lüftungsklappen im unteren Abschluss der Doppelfassade geöffnet werden. Durch den ähnlichen Aufbau verhält sich die Doppelfassade analog zur der des Gebäudes des Deutschen Ringes in Hamburg.

Gruppe 4: Raumtemperaturnahe FZR-Temperaturen

ALH:

Bedingt durch die Funktion als Abluftfenster mit einer inneren ESG-Verglasung und einer äußeren WSV-Verglasung folgt die FZR-Temperatur des Kastenfensters in Allianz-Hochhaus der Innentemperatur der Büroräume. Die sich ergebende Häufigkeitsverteilung zeigt sich somit unabhängig vom Außenklima und gruppiert sich um einen Mittelwert von ca. 23°C, siehe Abbildung 177.

Im Winter bewegen sich die Temperaturen im FZR sehr nah am Bereich der Raumtemperatur, im Sommer stellen sich durch die solaren Gewinne im Vergleich zur Raumtemperatur leicht höhere Temperaturen im FZR ein.

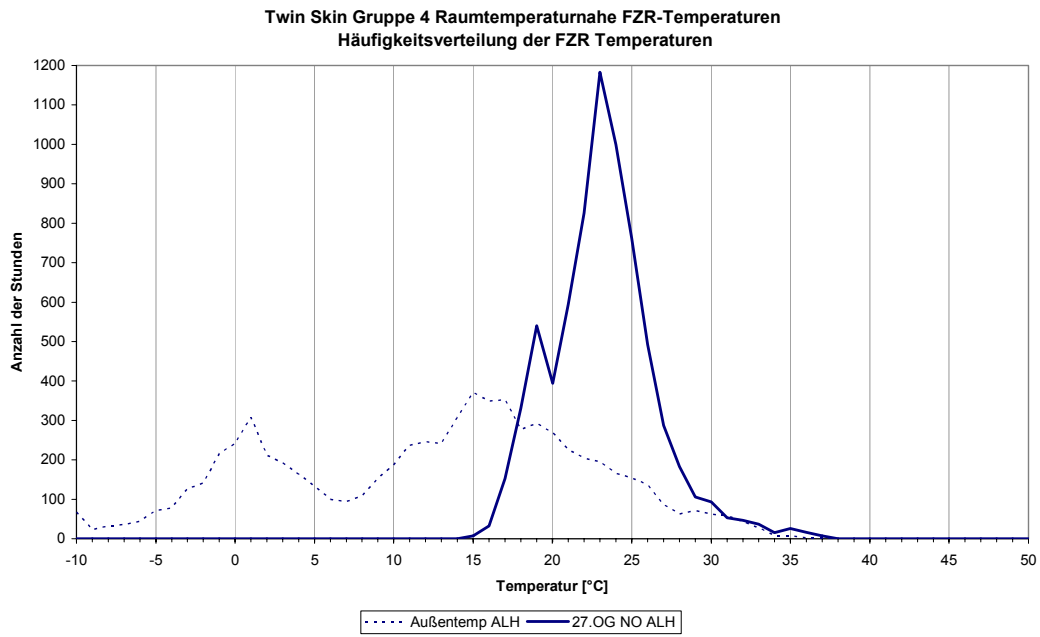


Abbildung 177 Häufigkeitsverteilung Gruppe 4

Zusammenfassung

Durch die Zusammenfassung der Übertemperaturen in einem Diagramm werden die Fassaden der vier Gruppen in Abhängigkeit von der Jahreszeit abschließend bewertet. Über das Verhalten der FZR-Temperaturen konnten die folgenden Gruppen gebildet werden:

Gruppe 1 mit hohen winterlichen FZR-Temperaturen (DMH)

Gruppe 2 mit hohen sommerlichen FZR-Temperaturen (GSW, RIC)

Gruppe 3 mit außentemperaturnahen FZR-Temperaturen (BAY, DRH, PWC, BIH)

Gruppe 4 mit raumtemperaturnahen FZR-Temperaturen (ALH Kastenfenster)

Geordnet nach diesen Gruppen sind die Übertemperaturen in Abbildung 178 aufgetragen.

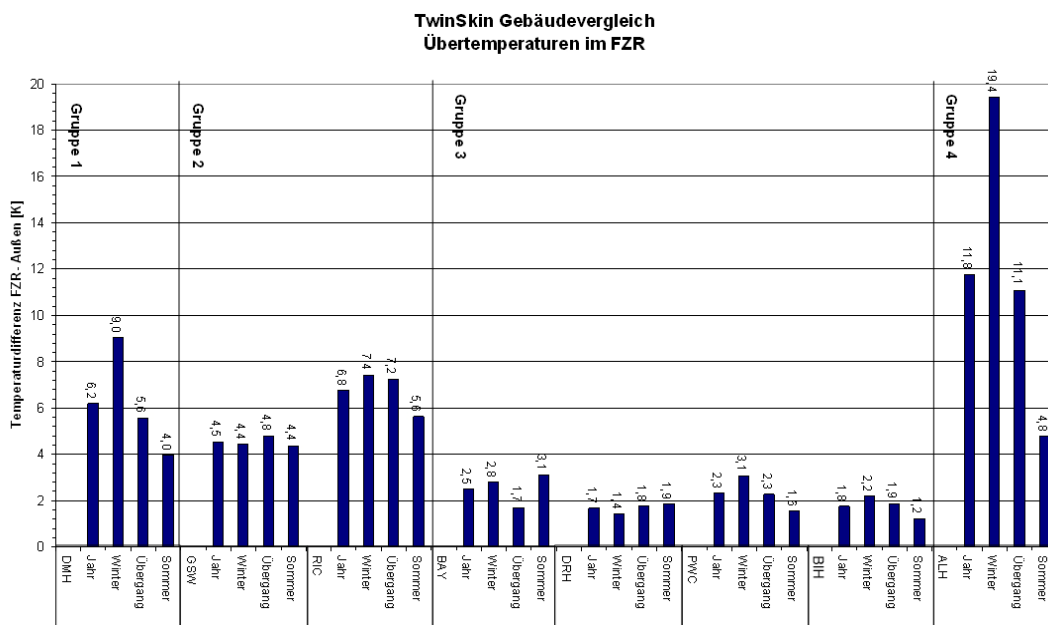


Abbildung 178 Gebäudevergleich der Übertemperaturen geordnet nach Fassadengruppen

In Gruppe 1 steigt durch die bauliche Ausführung der Sekundärfassade mit Wärmeschutzverglasung die mittlere Übertemperatur im Winter auf 9,0 K und trägt damit zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste und der Lüftungswärmeverluste bei. Im Sommer stellen sich erhöhte Übertemperaturen im Mittel von 4,0 K über die drei Fassadenorientierungen ein, wobei die Südfassade eine mittlere Übertemperatur von 5,5 K erreicht. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften der Wärmeschutzverglasung kann die sommerliche Überhitzung nicht ausreichend abgebaut werden. Negativ sind die Wärme- bzw. Kühlenergieverluste des Zuluftkanals an den Fassadenzwischenraum zu bewerten.

Die Fassaden der Gruppe 2 neigen zu einer sommerlichen Überhitzung, wobei die absoluten maximalen FZR-Temperaturen bei der GSW bis 61°C ansteigen. Die mittleren Übertemperaturen bewegen sich zwischen mäßigen 2,6 K und 5,6 K etwas uneinheitlich. Die Übertemperaturen im Winter liegen abhängig von der Durchlässigkeit der Fassade in einem Bereich von 3,2 K bis zu hohen 7,4 K.

In der Gruppe 3 bewegen sich die FZR-Temperaturen durch sehr hohe Luftwechselraten und Fassadendurchlässigkeiten in einem außertemperaturnahen Bereich. Sowohl im Winter als auch im Sommer liegen die Übertemperaturen nur zwischen 1,2 und 2,3 K. Ein Wärmepuffer im Zwischenraum wird im Winter nicht aufgebaut. Bei sehr hohen Außentemperaturen ist der Abbau der Überhitzung aus der Doppelfassade durch große Luftwechsel möglich, so dass die FZR-Temperaturen auf gleichem Niveau mit den Außentemperaturen liegen. Einsparungen im Wärmebedarf ergeben sich somit nicht, allerdings ist im Sommer durch die Doppelfassade auch kein weiterer Kühlaufwand nötig.

Für Gruppe 4 ergibt sich eine maximale mittlere Übertemperatur von 19,4 K im Winter durch die Nutzung der Abluft als Wärmepuffer im Fassadenzwischenraum. Durch das Kastenfensterprinzip ist allerdings auch mit Transmissionswärmeverlusten im Zwischenraum zu rechnen, die die Abluft vor der Wärmerückgewinnung abkühlen.

Typ	Gruppe 1	Gruppe 2		Gruppe 3				Gruppe 4
Objekt	DMH	GSW	RIC	BAY	DRH	PWC	BIH	ALH
Höhe/ Orientierung	10.OG S	9.OG W	4.OG SO	2.OG S	2.OG S	10.OG W	4.OG N	27.OG NO
Ü-Temp Winter	9,0	4,4	7,4	3,2	1,4	2,3	2,2	19,4
Ü-Temp Sommer	4,0	4,4	5,6	2,6	1,9	1,6	1,2	4,8
Zeitraum	05/04 05/05	11/04 10/05	02/04 09/04	02/06 08/06	01/06 12/06	07/04 05/05	01/06 12/06	01/06 11/06

Tabelle 18 Mittlere Übertemperaturen geordnet nach Fassadengruppen

Fazit / Empfehlungen:

Bei keinem der untersuchten Gebäude konnte eine optimale Verteilung der Häufigkeiten im Winter wie im Sommer festgestellt werden.

Eine optimale Verteilung stellt sich ein, wenn bei winterlichen Außentemperaturen möglichst hohe Fassadenzwischenraumtemperaturen erreicht werden. Diese Übertemperaturen tragen zur Erhöhung der Behaglichkeit im Raum und zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste und ggf. der Lüftungswärmeverluste bei.

Eine Wärmeschutzverglasung in der Sekundärfassade wie im Beispiel der Deutschen Messe Hannover gewährleistet zwar geringe Transmissionswärmeverluste, behindert aber den Abbau sommerlicher Übertemperaturen. Im Sommer ist eine derartige Pufferwirkung der Fassade nicht gewünscht.

Eine optimale Strategie stellt im Sommer die Annäherung an die Außenbedingungen dar, evtl. überlagert von der Schutzfunktion für einen möglichst effektiven Sonnenschutz. Hohe Öffnungsgrade der Fassade mit hohen Luftwechseln bei effektiven, witterungsunabhängigen und einem wartungsarmen Betrieb des Sonnenschutzes im Fassadenzwischenraum sind die wesentlichen Maßnahmen zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung.

Für den Sommer und Winter sind beim Sonnenschutz unterschiedliche Steuerungskriterien zu berücksichtigen. Solare Einträge sollten im Winterfall in der

Regel und in Abhängigkeit von den internen Lasten nicht durch einen geschlossenen Sonnenschutz verringert werden. Die Steuerung des Sonnenschutzes ist mit von der Globalstrahlung abhängigen Fahrbefehlen anzupassen. Zusätzlich ist ein Blendschutz hinter der Primärfassade auf Raumseite vorzusehen.

Um eine starke Temperaturschichtung im Sommer zu verhindern sind in hohen Mehrgeschossfassaden zusätzliche Lüftungsöffnungen einzuplanen.

Beispielhaft ist in Abbildung 179 schematisch eine optimale Kennlinie (grün) zugefügt, die bei Berücksichtigung der genannten Anforderungen als Häufigkeitsverteilung der FZR-Temperaturen anzustreben ist. Um eine Referenzlinie für den Vergleich der vier Gruppen zu erhalten, sind die Kurven einer Gruppe über einen Mittelwert zusammengefasst worden.

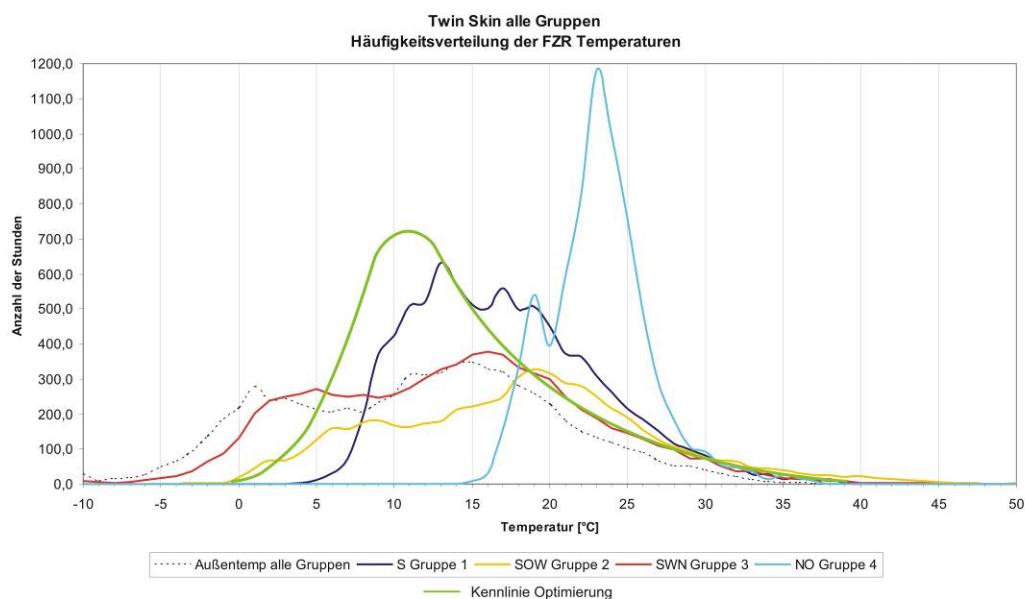


Abbildung 179 Optimierte Häufigkeitsverteilung im Vergleich zu den FZR Temperaturen aller Fassadengruppen

Die Doppelfassade bewegt sich damit im Spannungsfeld zwischen einer ausreichenden Belüftung zum Abbau von sommerlichen Übertemperaturen und ggf. der Belüftung dahinter liegender Büros und den Anforderungen an eine hohe Luftdichtigkeit, um winterliche Wärmeverluste zu vermeiden.

7.3 Thermischer Komfort in Büros

7.3.1 Vergleich der FZR- und Raumtemperaturen

Für die acht TwinSkin- Gebäude werden Temperaturen im FZR in Zusammenhang gesetzt mit den Raumtemperaturen, um mögliche Wechselwirkungen analysieren zu können.

Dazu werden die mittleren Tagestemperaturen im FZR mit den jeweiligen Minima und Maxima nach Jahreszeit geordnet (s. Abbildung 180) dargestellt und durch über einen Balken mit der mittleren Raumtemperatur am Tag ergänzt.

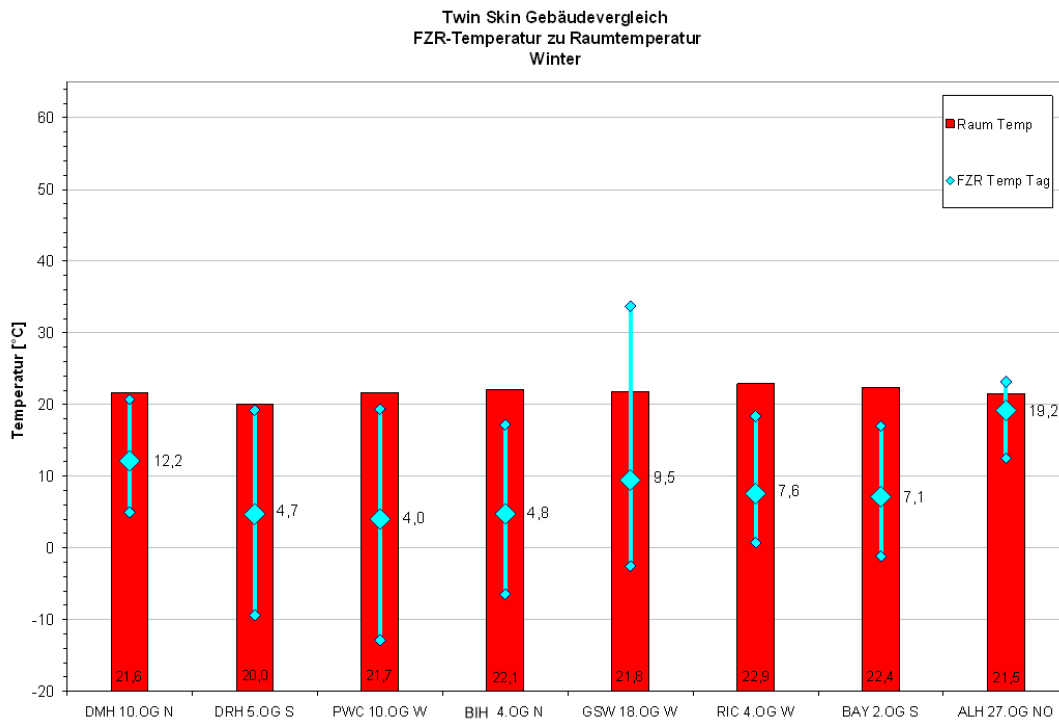


Abbildung 180 Gebäudevergleich FZR-Temperatur Raumtemperatur Winter

Im Winter lassen sich keine größeren Auffälligkeiten feststellen. Die mittleren Raumtemperaturen bewegen sich im Deutschen Ring Hamburg (DRH) mit 20,0°C im unteren Behaglichkeitsbereich bis 22,9°C für das Rickmers Gebäude (RIC). Durch die klimatische Konditionierung der Räume ist eine Beeinflussung durch die FZR-Temperaturen nicht erkennbar. Die Ausführung der Fassade bietet somit in den untersuchten Gebäuden keine Anhaltspunkte für die thermische Behaglichkeit in den Räumen (Winter). Auch in der energetischen Betrachtung finden sich weder niedrigere Raumtemperaturen noch höhere Fassadenzwischenraumtemperaturen als Energieeinsparungen wieder.

Die Sommerauswertung wird ergänzt durch ein Diagramm, das den Prozentsatz der sommerlichen Überhitzung in den Räumen über den Messzeitraum angibt. Als sommerliche Überhitzung wird die Stundenanzahl der Raumtemperaturen über 26 °C während der Arbeitszeit von 8:00 bis 18:00 Uhr definiert.

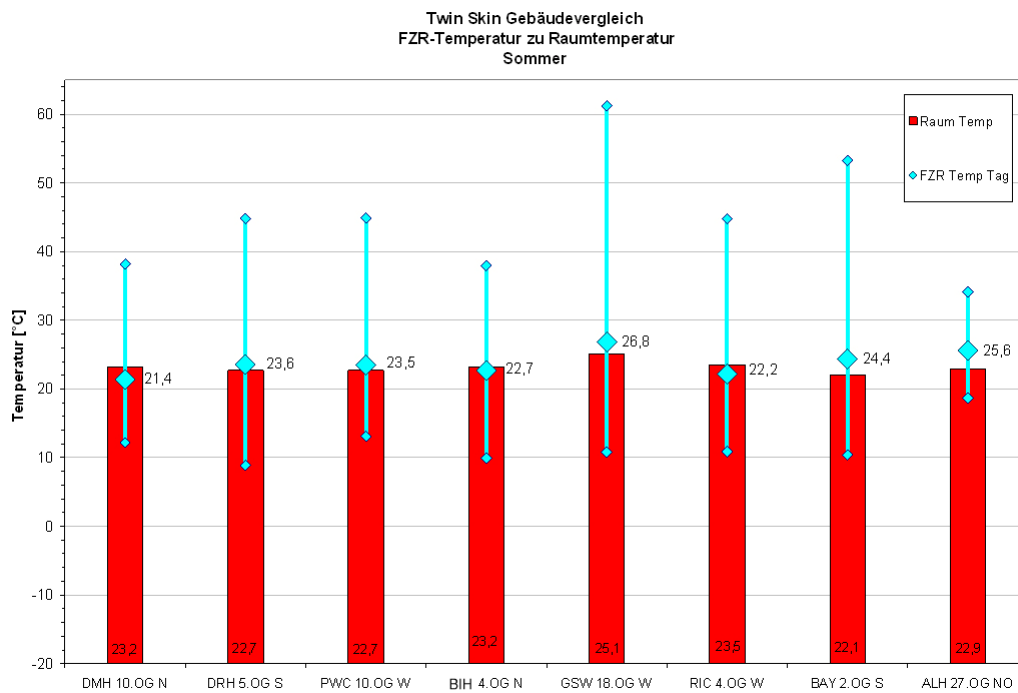


Abbildung 181 Gebäudevergleich FZR-Temperatur Raumtemperatur Übergang

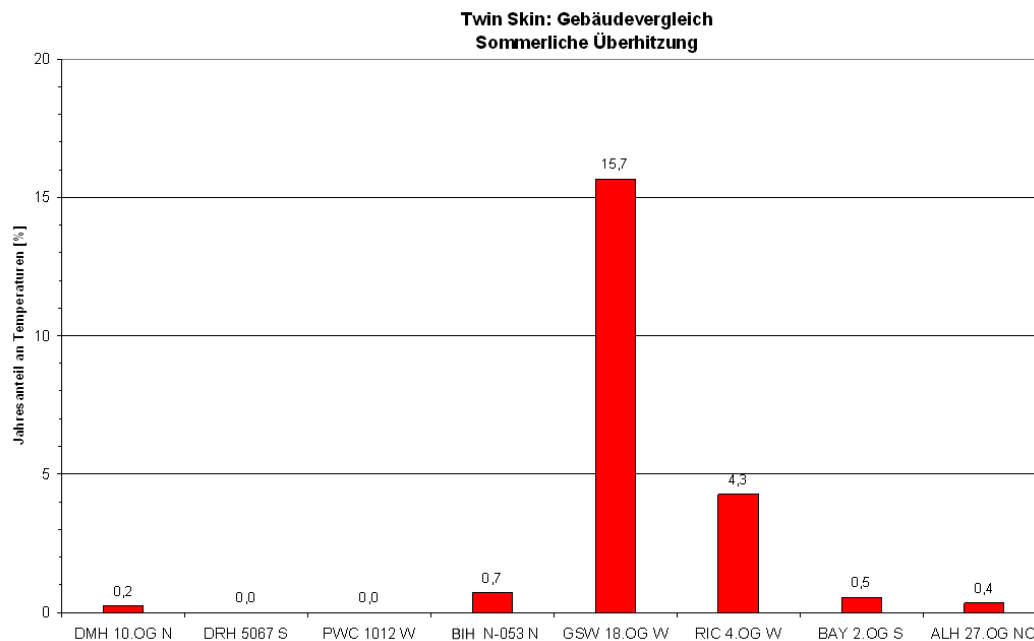


Abbildung 182 Gebäudevergleich Sommerliche Überhitzung Raum (Sortierung wie in Abbildung 181)

Für das Büro im 18. OG des GSW-Gebäudes sind deutliche Überhitzungsstunden von 15,5 % gemessen worden. Über den Messzeitraum vom 23.11.04 bis zum 11.10.04 (Ausfall 31.01.05 – 10.06.05) stellt sich eine extrem hohe mittlere Raumtemperatur von 25,1°C ein.

Hier sind Einflüsse durch die Art der Fassade erkennbar. Die hohe mittlere FZR-Temperatur von 26,8°C resultiert unmittelbar aus der großen Temperaturschichtung in der 71 m hohen Fassade. Im Vergleich setzt sich die mittlere FZR-

Temperatur von 25,3°C im Büro 9.OG nur mit einer mittleren Raumtemperatur von 23,5°C fort. Der Prozentsatz an Überhitzungsstunden sinkt hier auf 2,5 %.

Auch bei Rickmers hat das Büro mit 4,3 Prozent einen erhöhten Überhitzungsanteil, der sich durch die Aufheizung der Lüftungslamellen an der Fassade bei starker Solarstrahlung erklären lässt. Entsprechend liegt die mittlere Raumtemperatur mit 23,5°C ebenfalls im erhöhten Bereich.

Die übrigen Räume haben keine wesentlichen Überhitzungen zu verzeichnen, auch die mittleren Raumtemperaturen liegen in einem unauffälligen Bereich.

Alle in der Untersuchung betrachteten Gebäude verfügen über eine Kühlung der Büroräume. Dennoch lassen sich hier Einflüsse der Fassade erkennen.

Für die übrigen Gebäude ist der Anteil an Stunden oberhalb des def. Richtwertes von 26°C so gering, dass an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen wird.

7.4 Witterungsschutz

Die Funktionalität des Bauteiles Doppelfassade wird im vorliegenden Projekt über die zugeschriebenen Eigenschaften der Fassaden beurteilt. Eine wesentliche Funktion, der Schallschutz wurde bereits an anderer Stelle (s. Kap 5.2, Akustischer Komfort) ausführlich behandelt. Als weiterer wesentlicher Aspekt wird der Witterungsschutz gesehen, der gleich mehrere Aspekte der Doppelfassade beinhaltet. So ermöglicht er durch den Abbau von Winddruck die natürliche Lüftung in hohen Gebäuden ebenso, wie er die Ausprägung der Primärfassade in einem Material wie z.B. Holz erlaubt. Auch die energetisch relevanten Funktionen wie der Schutz des Sonnenschutzes im Fassadenzwischenraum oder eine thermische Pufferwirkung der Doppelfassade lassen sich unter diesem Punkt zusammenfassen.

Zur Beurteilung der o.g. Funktionen wurden in TwinSkin in erster Linie die Temperaturen der Fassadenzwischenräume über einen Zeitraum von mind. 9 Monaten aufgezeichnet (vgl. 7.1). Andere Beobachtungen bezgl. Des Witterungsschutzes ergaben sich. Sie werden in diesem Kapitel aufgeführt, da sie für zukünftige Projekte Berücksichtigung finden sollten.

7.4.1 Schutz der Primärfassade

In zumindest zwei Projekten dient die Doppelfassade explizit dem Schutz der Primärfassade, die sich damit in anderer Qualität, d.h. in Holz; ausführen ließ. In einem weiteren Projekt wurde aufgrund der zu erwartenden Pufferwirkung der Fassade auf eine thermische Ausprägung der primären Gebäudehülle verzichtet. Für alle drei Projekte lässt sich ein hiermit verbundener Verlust an Sorgfalt bei der Ausprägung der Primärfassade feststellen, wobei offen bleibt, ob dies planerisch oder ausführungstechnisch bedingt ist. Alle drei Fassaden weisen Undichtigkeiten, Zugprobleme oder fassadennahe Kaltluftströmungen auf.

7.4.2 Außenliegender Sonnenschutz

Für einen Vergleich außenliegender Sonnenschutzsysteme mit Systemen im Fassadenzwischenraum reichen die in TwinSkin erhobenen Daten nicht aus.

Bedingt durch die anspruchsvollen Konzepte, die in ihrer Durchführung oftmals erst durch Doppelfassaden möglich werden, weisen die Sonnenschutzsysteme im Projekt Anfälligkeiten auf, die mit einem konventionellen außenliegenden Sonnenschutz nicht vergleichbar sind.



Abbildung 183 Sonnenschutzsystem im Projekt TwinSkin

Als Beispiel wird hier die GSW angeführt, die mit den stehenden und Gebäudeprägenden Vertikallamellen über einen Sonnenschutz verfügt, der ohne Doppelfassade nicht möglich bzw. nicht realisierbar ist. Schmutzeintrag und die Komplexität der Fahrbewegung (ausfahren und drehen von drei Lamellen gleichzeitig) beansprucht die Mechanik stark und führen zu einer Vielzahl an Ausfällen. Ähnliche Beobachtungen lassen sich am filigranen Sonnenschutzdesign der Hauptverwaltung Bayer machen.

Der Schmutzeintrag über die Lüftungsöffnungen der Doppelfassaden ist in mindestens zwei Fällen (GSW und Rickmers) unterschätzt worden. So wurden bei der GSW nachträglich Filterfliese in die unteren Zuluftöffnungen eingebaut, bei Rickmers wird erwogen, mit Blenden oder Leitblechen zu arbeiten, um Verunreinigungen zu minimieren. Entscheidend ist hierbei der untere Fassadenbereich, in dem über Lüftungskappen oder Blenden i.d.R. die kühlere Zuluft eingelassen wird. Hier sind in künftigen Planungen entsprechende Schutzmaßnahmen vorzusehen, alternativ ist eine einfache Motorik des Sonnenschutzes zu beachten.

7.5 Tageslichteintrag

Im Vergleich zur Einfachfassade hat eine Doppelfassade bei gleicher Öffnungsgeometrie einen reduzierten Tageslichteintrag. Um gleiche Lichtverhältnisse, bzw. Beleuchtungsstärken im Innenraum zu gewährleisten muss daher früher Kunstlicht zugeschaltet werden, bzw. man schaltet es morgens entsprechend später ab.

Im Vergleich zum Tageslicht sieht die Bilanz wie folgt aus. Bei diffusem Himmel beträgt die Beleuchtungsstärke ca. 10.000 Lux, das entspricht 10.000 lm/m^2 , bzw. 100 W/m^2 . Bei einem Tageslichtquotienten von 3 % im Mittel beträgt daher der Energieeintrag durch das sichtbare Tageslicht 3 W/m^2 . Die erreichte Beleuchtungsstärke beträgt 300 Lux. In der Regel werden für die Erreichung einer Beleuchtungsstärke von 300 Lux mit künstlicher Beleuchtung in der Praxis ca. 10-

12 W/m² installiert, ein Energieaufwand der bei Tageslichtversorgung zu 75% entfällt.

Um die Tageslichtsituation in den Gebäuden zu beurteilen, sind einzelne repräsentative Büros der unterschiedlichen Gebäude simulationstechnisch abgebildet und deren Tageslichtquotienten berechnet worden. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da die Messung Unschärfen für die Vergleichbarkeit beinhaltet. Aus den Ergebnissen wurde eine Bewertung des Energiebedarfs für künstliche Beleuchtung abgeleitet.

In der Erfassung realer Gebäude sind die Messergebnisse einzelner Räume unterschiedlicher Gebäude erheblich vom Messzeitpunkt abhängig. Im Rahmen des gesamten Spotmonitorings (vgl. Kapitel 6.2.1) sind Messungen zur Beleuchtungsstärke durchgeführt worden. Die Untersuchungen der Tageslichtsituationen und die Berechnungen der Tageslichtquotienten erfolgen jedoch bei einer horizontalen Außenbeleuchtungsstärke von 10.000 Lux. Dies entspricht der Beleuchtungsstärke bei bedecktem Himmel. Die Simulationen wurden mit dem Programm Radiance berechnet. Aufgrund des notwendigen diffusen Himmels sind nur 4 Messungen für eine Bestimmung des Tageslichtquotienten nutzbar; diese zeigen eine mittlere Abweichung zwischen Messung und Simulation von 12%. Hierbei liegt der gemessene Wert stets unter dem der Simulation.

Simulation

Die Raumgeometrien wurden als 3D-Rechnermodelle (Eingabe-Programm: 3Dsolar (ALWare) in Kombination mit AutoCAD) mit den verschiedenen Varianten erzeugt. Sie bildeten die Grundlage für die Tageslichtsimulationen und die Berechnungen der Innenraumansichten sowie der Tageslichtquotienten.

Berechnungsgrundlage

Vergleichend wurde der Tageslichtquotient am Arbeitsplatz (Abstand zur Fassade 1,0 – 1,5 m) und der Energieeinsatz für künstliche Beleuchtung bei der Nutzung als Einzelbüro bzw. als Doppelbüro bewertet. Für die Energiebedarfsberechnungen für künstliche Beleuchtung wurde eine Nennbeleuchtungsstärke von 500 Lux auf der Bewertungsebene angenommen. Dies entspricht in etwa einer natürlichen Beleuchtung mit 300 Lux, da die Lichtqualität des Sonnenlichtes besser ist. Nach DIN V 18599 – 10 wurde mit einer Nutzungszeit von 250 d/a gerechnet. Als installierte Leistung wurde für den Vergleich einheitlich mit 15 W/m² HNF Bürofläche gerechnet.

Die Energetische Bewertung wurde über das Programm Primero Licht/Lux View (3D Solar) berechnet.

Ergebnisse

Die Gebäude erreichen in der betrachteten Raumtiefe in der Regel den empfohlenen Wert für den Tageslichtquotienten von 3% am Arbeitsplatz. In allen Fällen wird die Mindestanforderung nach DIN 5034 – 1 eingehalten.

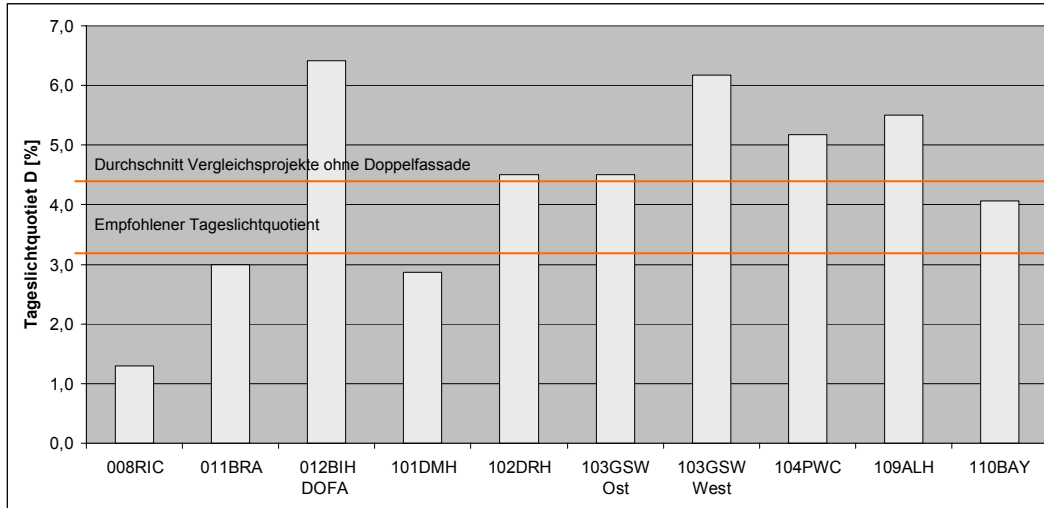


Abbildung 184 Tageslichtquotienten der Büroräume in 1,0 - 1,5 m Abstand zur Fassade

Vergleichende Untersuchungen wurden im Projekt **Solarbau Monitor** sowie im Forschungsprojekt EVA durchgeführt. Die Ergebnisse sind hier als Durchschnittswert der Vergleichsobjekte eingeflossen. Die Untersuchungen ergaben für die unterschiedlichen einschaligen Gebäude eine auf den oben genannten Bereich bezogenen Tageslichtquotienten von ca. 2 - 6 %, im Mittel 4.5%. Für die TwinSkin Gebäude ergibt sich aus der Simulation ein mittlerer Tageslichtquotient von 4.4%. Diese geringfügige Differenz ist in Abb. 1 fast nicht darstellbar, bedeutet aber auf den anderen Seite eine um 4% schlechtere Situation in den TwinSkin-Gebäuden.

Energetische Betrachtung

In der folgenden Grafiken sind die zu erwartenden elektrischen Energieanteile für künstliche Beleuchtung gegenüber gestellt. Der Vergleichsmaßstab wird über die Empfehlungen nach LEE gebildet.

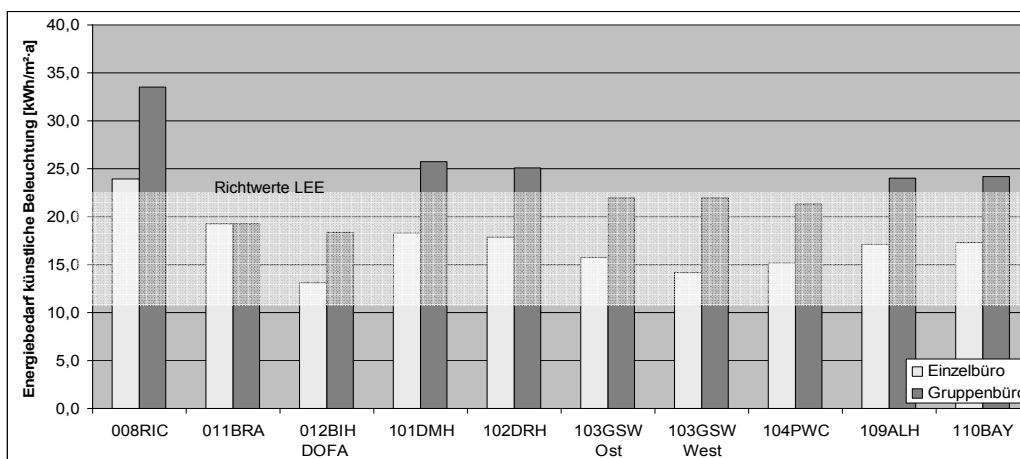


Abbildung 185 Vergleich der Energiekennwerte für künstliche Beleuchtung (Simulation) – Twin Skin Gebäude

Die Grafik zeigt, dass die überwiegende Mehrheit der untersuchten Gebäude die Empfehlungen des LEE einhält. Im Falle einer Ausführung der Räume als Gruppenbüro steigt der Energiebedarf bis zum oberen Richtwert bzw. leicht darüber hinaus. Der erhöhte Energiebedarf des Gruppenbüros resultiert aus veränderten Arbeitszeitansätzen. So kann man die Beleuchtung eines

Einzelraumbüros bei Abwesenheit des Einzelnen abschalten, im Gruppenbüro geht eben dieses nicht.

Im Vergleich zum Durchschnitt der im IGS untersuchten Gebäude anderer Projekte mit einschaligen Fassaden liegen die berechneten Energiekennwerte für künstliche Beleuchtung der Gebäude mit Doppelfassaden um ca. 20% höher.

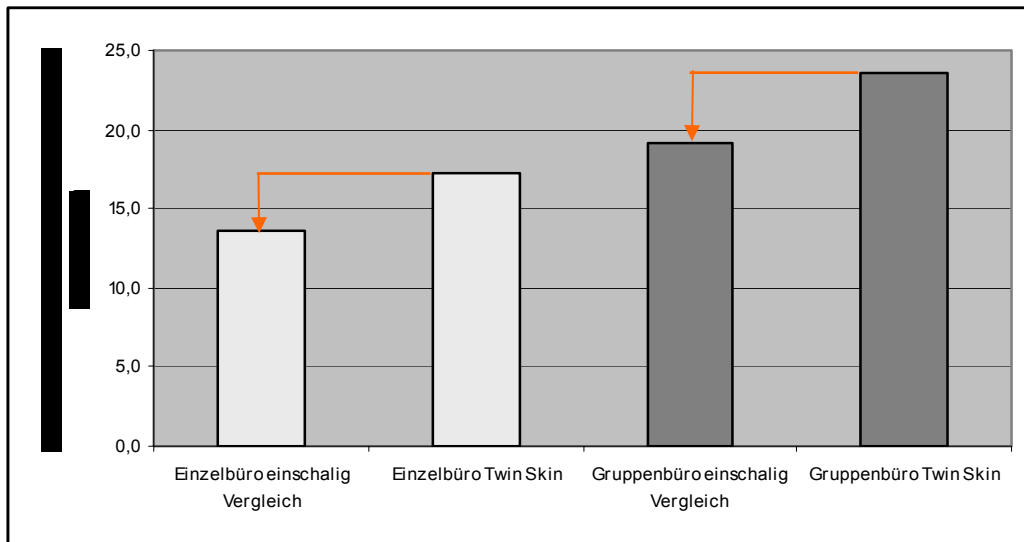


Abbildung 186 Vergleich der Energiekennwerte für künstliche Beleuchtung (Simulation) – Twin Skin-Gebäude gegenüber einschaligen Fassaden

Fazit:

Insgesamt liegen die Gebäude in einem durchschnittlichen Bereich (Vergleich LEE). In der Regel haben Gebäude mit Doppelfassaden einen hohen Glasanteil der die Einbußen durch die Zweischaligkeit teilweise kompensiert. Ein erhöhter Energiebedarf für künstliche Beleuchtung liegt bei ca. 20% gegenüber vergleichbaren Gebäuden mit einschaligen Fassaden.

7.6 Beurteilung der Funktionalität durch die Nutzer

Die Beurteilung über den sinnvollen Einsatz des Bauteiles Doppelfassade ist vielschichtig, wie insbesondere die zahlreichen Untersuchungen des Magdeburger Institutes für Umweltpsychologie über die verschiedenen Gruppen (Experten, Planer, Betreiber und Nutzer) und ihre Sicht auf die Doppelfassade zeigen.

Die Auswirkung von objektiv eher unbehaglichen klimatischen Bedingungen kann abhängig von anderen persönlichen oder kontextuellen Faktoren subjektiv unterschiedlich ausfallen. So können zum einen die Adaption bzw. die Bereitschaft sich unterschiedlichen Bedingungen anzupassen (bspw. durch entsprechende Kleidung) und zum anderen die Möglichkeiten der Regulation der Umgebung ein wichtiger Einflussfaktor auf die Auswirkung klimatischer Bedingungen sein. Aus diesem Grund wurden den Nutzern wissens- und handlungsbezogene Fragen zur Gebäudetechnik gestellt

Abbildung 187 zeigt, wie Funktionalität und Handhabbarkeit der Technik aus Sicht der Nutzer und Nutzerinnen wahrgenommen wird.

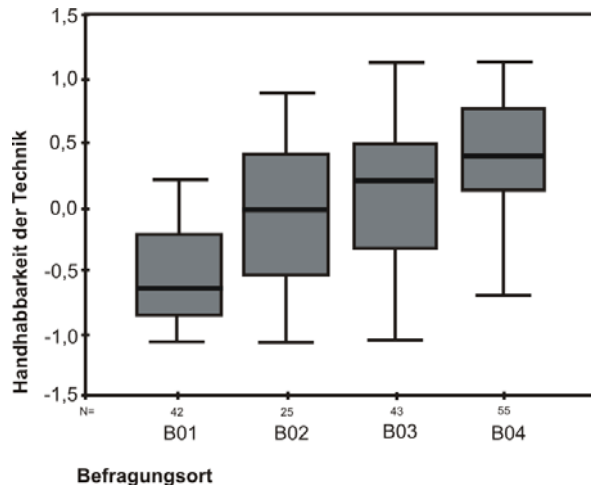


Abbildung 187 Bewertung der Handhabbarkeit und Funktionalität der Technik. Im negativen Bereich liegen Werte für eine geringe Kontrollierbarkeit

Hierbei liegen vor allem die Werte für die Deutsche Messe auffallend schlecht. Die Regelmöglichkeiten *Steuern des Sonnenschutzes* und *individuelle Fensterlüftung* werden als nicht ausreichend empfunden. Wie die Streuungen der Werte in der Abbildung zeigen, werden Funktionalität und Kontrollierbarkeit in den Gebäuden von Bayer und GSW sehr heterogen wahrgenommen: 50 % der Angaben liegen im positiven und negativen Bereich. Ein direkter Zusammenhang mit den gegebenen Möglichkeiten der Kontrolle der Technik scheint nicht vorzuliegen. Hohe Werte erzielt die Victoria Versicherung in Mannheim, hier kommt die einfache Technik (Heizkörper, natürliche Fensteröffnung) den Nutzern entgegen.

Ein funktionsgemäßer Umgang der Nutzer mit der Gebäudetechnik setzt einen bestimmten Wissenstand bzw. den Zugang zu den entsprechenden Informationen hierzu voraus. Bei der Beurteilung des eigenen Infostandes (in Bezug auf die Gebäudetechnik) zeigt sich, dass sich die Mehrzahl (ca. 60%) der Befragten in allen Gebäuden, zusammen genommen ‚eher nicht informiert‘ fühlt, knapp 20% geben sogar an, ‚gar nicht informiert‘ zu sein.

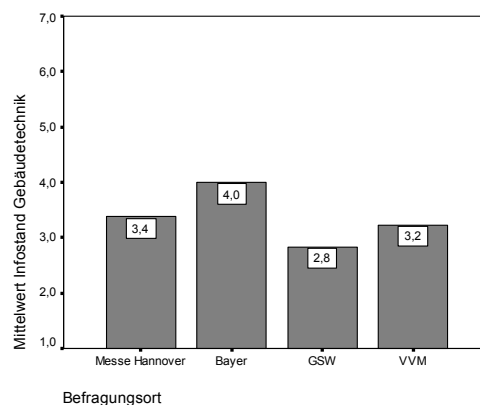


Abbildung 188 Mittelwerte der Einschätzung des Informationsstands zur Gebäudetechnik (Skala: 1 = gar nicht informiert, 7 = sehr gut informiert)

Abbildung 188 zeigt die Mittelwerte pro Gebäude. Am wenigsten informiert fühlen sich die Nutzerinnen und Nutzer im Gebäude der GSW, am besten (wobei der

Mittelwert für ‚mittelmäßig‘ steht) im Gebäude von Bayer. Der Gesamtmittelwert über alle Gebäude hinweg liegt mit 3,3 eher im negativen Bereich.

Dieses Ergebnis ist vor allem deswegen erstaunlich, weil in jedem der untersuchten Gebäude Informationsmaterialien zur Gebäudetechnik vorhanden sind.

Die folgende Tabelle zeigt zusammengefasst für alle Gebäude, welche Angaben die Befragten machten, wenn sie nach der Quelle ihrer Informationen gefragt wurden.

Art der Informierung	Keine Info	Info-Veranstaltung	Kollegen	Internet	Broschüre	Sonstiges
Anzahl Personen*	53	27	54	23	25	26

*Gesamt = 173, Mehrfachnennungen waren möglich

Tabelle 19 Quelle der Information zur Gebäudetechnik

In der Regel geben die Nutzer also an, keine Information zu erhalten bzw. von Kollegen und Kolleginnen informiert zu werden, eine vom Betrieb organisierte Form der Informierung scheint weniger häufig wahrgenommen bzw. genutzt zu werden (obwohl vorhanden).

Interessant ist nun die Frage, inwiefern eher kognitive Faktoren, wie der Wissensstand mit handlungsbezogenen Aspekten, also der Kontrollierbarkeit und Funktionalität miteinander sowie mit dem Wohlbefinden zusammenhängen. Die Ergebnisse einer statistischen Überprüfung von Zusammenhängen zeigt Tabelle 20.

	Funktionalität und Kontrollierbarkeit	Informationsstand Gebäudetechnik
Akustischer Komfort	,275	
Thermischer Komfort	,339	
Hygienischer Komfort	,299	0,174

Tabelle 20: Korrelation zwischen Komfort-Aspekten sowie Funktionalität und Kontrollierbarkeit und Informationsstand

Demnach hängt die Einschätzung der Funktionalität mit der Bewertung von thermischem Komfort 1 (Temperatur und Luftfeuchte), mit hygienischem sowie akustischem Komfort zusammen. Der Informationsstand hängt lediglich mit hygienischem Komfort zusammen und korreliert erstaunlicherweise auch nicht mit der Einschätzung der Kontrollierbarkeit. Thermischer Komfort 2 (Luftzug) sowie visueller Komfort bleiben von den abgefragten wissens- und handlungsbezogenen Aspekten unbeeinflusst. Abbildung 11 veranschaulicht die Zusammenhänge zwischen den drei Dimensionen Wissen, Handlung und Wohlbefinden.

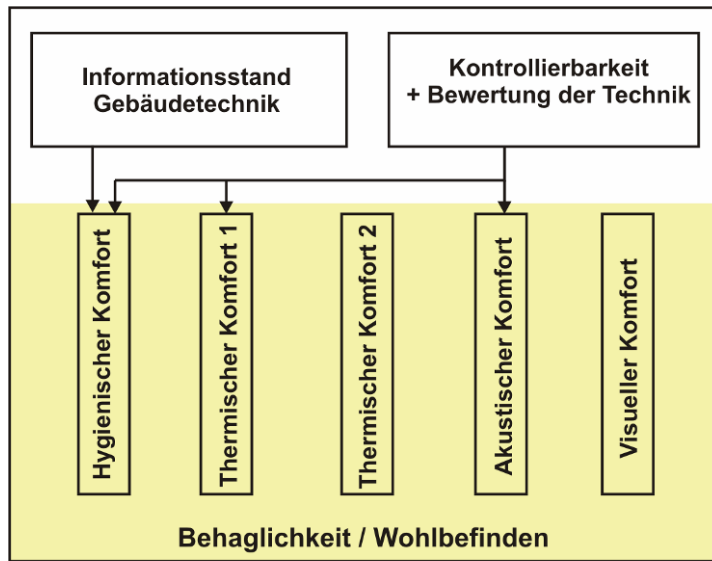


Abbildung 189 Zusammenhang zwischen Komfort-Aspekten sowie Funktionalität und Kontrollierbarkeit und Informationsstand

8 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Wirtschaftlichkeit der in TwinSkin betrachteten Gebäude wurde durch das Architekturbüro hbr untersucht. Das Architekturbüro hbr/Hamburg ist seit 1998 Kooperationsbüro des Baukosteninformationszentrums der Architektenkammern Deutschlands. Im Rahmen dieser Kooperation wurden umfangreiche Kenntnisse in Bezug auf Baukosten von Neubauten und Sanierungen sowie Baunutzungskosten erarbeitet. Diese Erfahrungen sollen in die wirtschaftliche Beurteilung der Doppelfassaden einfließen sowie methodische Grundlagen und praxisbezogene Referenzen zu ihrer Bewertung liefern.

8.1 Kostenkennwerte

8.1.1 Grundlagen und Methodik

Für den Neubau und die Sanierung von Verwaltungsgebäuden stehen zu Vergleichszwecken folgende gebäudebezogene Daten zur Verfügung, s. Tabelle 21.

1. Die Schriftenreihe des BKI [3]: Das Buch gibt für unterschiedliche Gebäudearten objektweise die Kostenkennwerte nach DIN 276 in unterschiedlicher Tiefe an. Für die Einordnung nach Standards werden Qualitätskriterien beschrieben, die eine Gebäudezuordnung ermöglichen. Die Auswertung nach Gebäudestandards wird ergänzt durch eine Auswertung nach Konstruktionsarten. Die vollständige Gebäudedokumentation findet sich im BKI Kostenplaner 9.0 [2], einer Software zur Baukostenermittlung. Außerdem stehen über den BKI die Regionalfaktoren für Deutschland 2007 [5] zur Verfügung.
2. Das Forschungsvorhaben EVA Evaluierung von Energiekonzepten am Institut für Gebäude- und Solartechnik. Es stehen die spezifischen Gebäudekosten nach Kostengruppen zur Verfügung.
3. Die Dissertation „Sanierung von Bürohochhäusern der 1960er und 1970er Jahre“ [38] Dort werden Sanierungskosten für hohe Verwaltungsgebäude der 1960er und 1979er Jahre in Abhängigkeit des Gebäudestandards genannt. Für die dort beschriebenen Vergleichsgebäude stehen die spezifischen Gebäudekosten nach Kostengruppen zur Verfügung.

Bezeichnung	Gebäudezahl	Erläuterung
BKI Baukosten 2007	60*	Verwaltungsgebäude Neubau keine Doppelfassade
EVA	7	Verwaltungsgebäude Neubau keine Doppelfassade
Sanierung von Bürohochhäusern	3	Verwaltungsgebäude Sanierung Doppelfassade

* Arbeitsplatzbezogene Kostenangaben stehen für 9 Gebäude zur Verfügung

Tabelle 21 Übersicht über Datenquellen

Alle flächen- und arbeitsplatzbezogenen, spezifischen Kostenangaben beziehen sich auf den m² Bruttogeschossfläche nach DIN 277 und sind Bruttobaukosten der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276. Es handelt sich um regional bereinigte Bruttobaukosten mit dem Stand I Quartal 2007 [3].

Ziel ist die Ermittlung und Bewertung folgender Kennwerte:

- die flächenspezifischen Kostenkennwerte als €/m² BGF für die Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 [9]
- die arbeitsplatzspezifischen Kostenkennwerte als €/AP für die Summe der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 [9]

Als Datengrundlage stehen zu Vergleichszwecken die Angaben aus dem BKI und dem Forschungsvorhaben EVA zur Verfügung. Dabei handelt es sich um vorwiegend als Verwaltungsgebäude genutzte Vergleichsgebäude ohne Doppelfassaden. Bei den Gebäuden der Dissertation „Sanierung von Bürohochhäusern der 1960er und 1970er Jahre“ handelt es sich um mit Doppelfassaden sanierte Verwaltungsgebäude.

Zu den TWINSKIN Gebäuden liegen die Kostenangaben zum Teil als ausführliche Listen nach Gewerken oder Kostengruppen vor. Ergänzend wurden Daten aus Veröffentlichungen für die weitere Bearbeitung verwendet. Stand mehr als eine Datenquelle zur Verfügung wurden diese Quellen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen.

Die Kostendaten stehen für nur drei der im Vorhaben TWINSKIN untersuchten 13 Gebäude zur Verfügung. In den übrigen Fällen haben die Betreiber / Eigentümer der Gebäude keine Unterlagen zur Verfügung gestellt.

8.1.2 flächenspezifische Kostenkennwerte

Die folgende Abbildung 190 zeigt die Referenzwerte für den Neubau und die Sanierung von Verwaltungsgebäuden. In den Kostengruppen 300 und 400, sowie für die Summen sind mit dem jeweils unteren Wert der einfache Standard und dem jeweils oberen Wert der hohe Standard angegeben.

Der Vergleich von Neubau- und Sanierungskosten zeigt, dass ein Neubau mit ca. 1200 €/m²BGF (Mittelwert, MW) um ca. 40% höhere Baukosten erfordert als eine Sanierung mit ca. 850 €/m²_{BGF}. Dabei sind die Sanierungskosten im hohen Standard dreimal höher als im einfachen Standard. Diese im Vergleich zu den Neubaukennwerten große Preisspanne lässt auf ein hohes Optimierungspotenzial in der Sanierung schließen. Mit 440 bzw. 1.300 €/m²_{BGF} brutto liegen die Sanierungskosten damit im einfachen Standard um ca. 50 % und im hohen Standard um ca. 25 % unter den entsprechenden Neubaukennwerten. Sie erreichen im hohen Standard das Kostenniveau eines Neubaus mittleren Standards. Die Gebäude des Forschungsvorhabens EVA liegen als energieoptimierte Neubauten im Bereich des hohen Gebäudestandards nach BKI. Eine Standardeinordnung nach BKI liegt für diese Gebäude nicht vor.

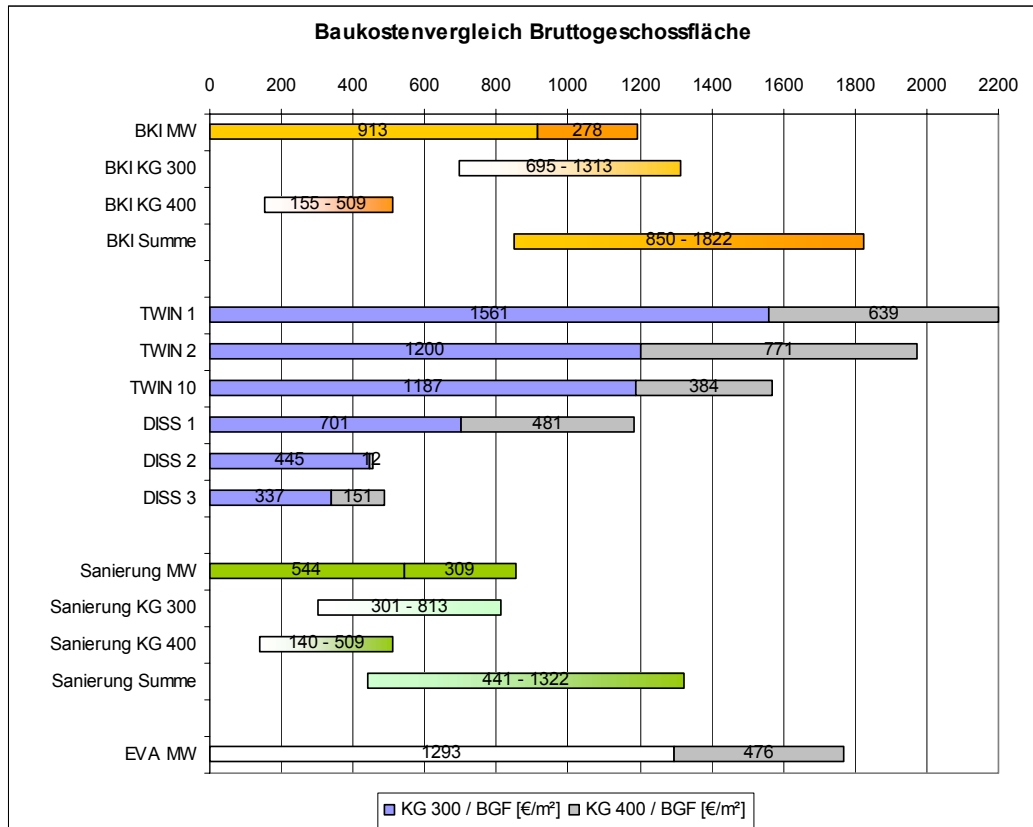


Abbildung 190 Baukostenvergleich Bruttobaukosten [€ / m² BGF]

Die Neubaukosten der beiden Objekte TWIN 1 und TWIN 2 liegen in der Summe mit ca. 2.000 bzw. ca. 2.200 €/m²_{BGF} um bis zu 20% über dem Vergleichswert der Gebäude des hohen Standards des BKI. Ordnet man die beiden Gebäude den BKI Standards zu, so zeigt sich, dass sie sich in der Summe im hohen Qualitätsstandard befinden. Bei dem Objekt TWIN 10 handelt es sich um eine Sanierung, die mit fast 1.600 €/m²_{BGF} um fast 20% über dem Vergleichswert einer Sanierung im hohen Standard liegt. Da die Baukosten jedoch von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, können jedoch ohne eine Kostenanalyse der 2. und 3. Ebene Gründe für die auf den ersten Blick hohen Baukosten nicht genannt werden.

Die in [38] ausführlich dokumentierten sanierten Gebäude zeigen die Spannweite einer Sanierung mit Doppelfassaden auf. Die hochwertige Totalsanierung eines Gebäudes im hohen Sanierungsstandard mit fast 1.200 €/m²_{BGF} auf der einen Seite und die sich auf notwendige Maßnahmen unter weitgehendem Erhalt des Bestands beschränkende Sanierungen der beiden anderen Objekte im einfachen Sanierungsstandard mit ca. 500 €/m²_{BGF} auf der anderen Seite.

8.1.3 Arbeitsplatzbezogene Kostenkennwerte

Die folgende Abbildung 191 zeigt die Referenzwerte für den Neubau und die Sanierung von Verwaltungsgebäuden. Sie sind zum einen als Mittelwerte angegeben und zum anderen in ihrer Spannweite, da sie abhängig sind vom Sanierungsstandard und der Bürotypologie. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Signifikanz einer Mittelwertbildung über 9 (BKI) bzw. 7 (EVA) Gebäude gering sein kann. Hohe Hauptnutzflächenkonzentrationen und geringer arbeitsplatzspezifischer Flächenbedarf führen zu geringen arbeitsplatzspezifischen Baukosten, der Kennzahl, die den Gebäudenutzen beschreibt.

Signifikant ist die Differenz der arbeitsplatzbezogenen Kostenkennwerte zwischen Neubau und Sanierung, die mit den geringeren Baukosten nicht hinreichend erklärt wird. Sanierte Gebäude weisen demnach auch eine höhere Belegungsdichte auf, so dass es sich auch unter diesem Gesichtspunkt um sehr wirtschaftliche Gebäude handelt. Mögliche Ursache kann z. B. sein, dass sich der Arbeitsplatzspezifische Flächenbedarf in den letzten Jahrzehnten erhöht hat und Bestandsgebäude darauf aufgrund ihrer konstruktiven Struktur wie Gebäuderaster oder tragende Bauteile auch im Sanierungsfall nur bedingt reagieren können. Um belastbare Aussagen dazu treffen zu können, ist jedoch die Anzahl der untersuchten Gebäude zu gering.

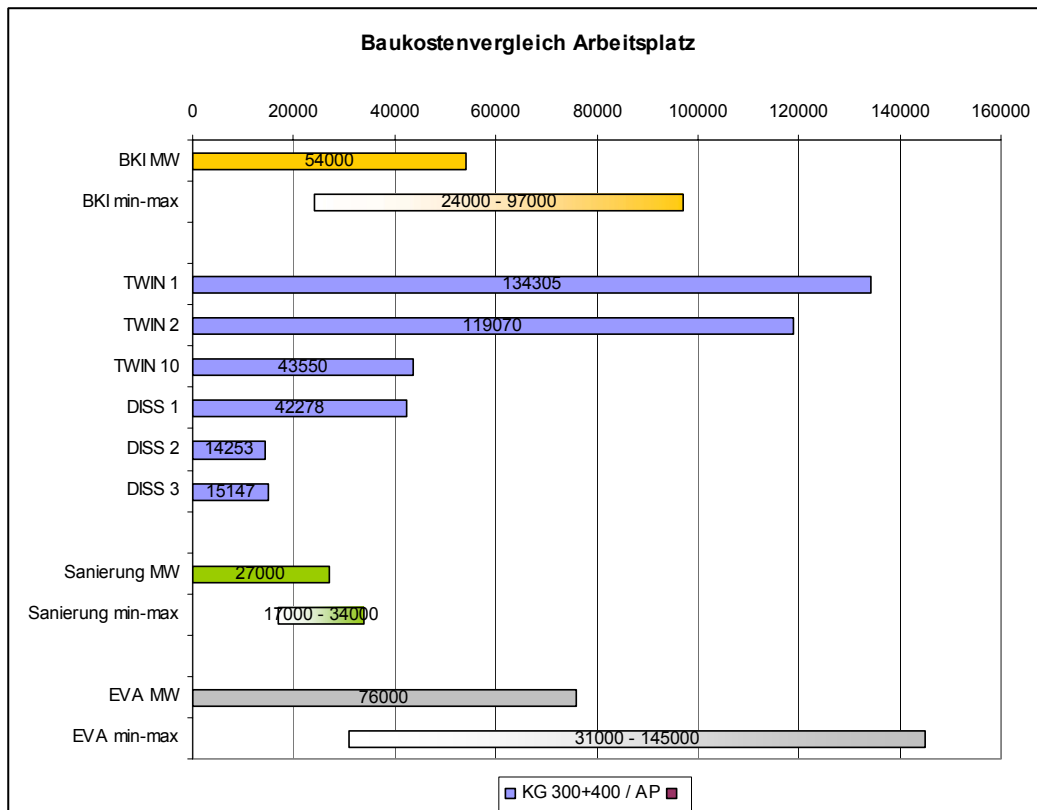


Abbildung 191 Baukostenvergleich Bruttobaukosten [€/AP]

Die beiden Objekte TWIN 1 und TWIN 2, die überdurchschnittliche Baukosten je m² BGF aufwiesen, liegen auch bezogen auf den Arbeitsplatz mit bis zu 135.000 €/AP signifikant über dem höchsten Vergleichswert der BKI Gebäude. Gleiches gilt für das sanierte Gebäude TWIN 10 in Bezug auf die Referenzwerte der Sanierung. Die Gebäude weisen somit auch einen hohen Flächenkomfort auf.

Die arbeitsplatzspezifischen Baukosten der in [38] untersuchten mit Doppelfassaden sanierten Verwaltungsgebäude liegen mit 15.000 bis 42.000 €/AP im Bereich der Referenzwerte für die Sanierung.

8.2 Bewirtschaftung von Doppelfassaden

Um den vermuteten Mehraufwand für die Reinigungs- und Unterhaltskosten einer Doppelfassade denen verschiedener Einfachfassadentypologien gegenüberstellen zu können, wurde den Betreibern der teilnehmenden Gebäude ein Fragebogen zum Thema „Bewirtschaftung von Doppelfassaden“ zugesandt. Der Fragebogen beinhaltete darüber hinaus verschiedene Fragen zur Planung, Reinigung, Wartung und Akzeptanz der Fassaden.

Zur Auswertung lagen zum Projektende trotz mehrmaliger Nachfragen 4 Fragebögen vor, die jedoch nicht alle vollständig ausgefüllt waren.

8.2.1 Planung der Betriebskosten

Den Antworten ist zu entnehmen, dass es während der Planungsphase keine Schätzungen zu den zu erwartenden Betriebskosten gab. Den Anmerkungen zufolge kann davon ausgegangen werden, dass die Frage der Reinigungs- und Wartungskosten während der Planungsphase offensichtlich diskutiert, nicht aber mit Kosten belegt wurde. Da es keine geschätzten Betriebskosten gab, ist kein Vergleich mit den in der Nutzung entstehenden Betriebskosten möglich.

8.2.2 Reinigungskosten

Eine Auswertung der vorliegenden Daten ergab Reinigungskosten von ca. 6 – 8 €/m²a Fassadenfläche. Da es sich bei den zur Verfügung stehenden Flächenangaben zum Teil offensichtlich um die Gesamtfassadenflächen handelt, d.h. um eine Mischung aus Doppel- und Einfachfassaden mit unterschiedlichen Anteilen, muss auf eine Auswertung verzichtet werden. Zudem blieb zum Teil unklar, ob es sich bei den Angaben dieser Reinigungskosten um Brutto- oder Nettoangaben handelt und ob z. B. Kosten für die Fassadenbefahranlage eingerechnet sind oder nicht. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist auch in dieser Hinsicht nicht gewährleistet. Ebenso wenig können diese Kosten somit mit Referenzkosten für die Fassadenreinigung, z. B. in Abhängigkeit vom Fassadensystem oder Reinigungsverfahren verglichen werden.

8.2.3 Wartungsmaßnahmen

Selbstverständlich gibt es an allen Fassaden regelmäßige Wartungsmaßnahmen. Die Betreiber haben Verträge zu Sicht- und Funktionsprüfungen alle 1 bis 2 Jahre angegeben. Die Fassaden werden innen- wie außenseitig mindestens zweimal im Jahr gereinigt, lediglich bei der büro-zugewandten Innenseite der Primärfassade finden sich auch einjährige Abstände der Reinigung.

8.3 Flächenkennwerte

8.3.1 Grundlagen und Methodik

Für den Neubau und die Sanierung von Verwaltungsgebäuden stehen zu Vergleichszwecken in Form gebäudebezogener Daten folgende Quellen zur Verfügung, s. Tabelle 21 und Tabelle 22:

4. Die Schriftenreihe des BKI [3]. Das Buch gibt für unterschiedliche Gebäudearten objektweise die Planungskennwerte für Flächen und Rauminhalte nach DIN 277 sowie weitere Planungskennwerte wie z.B. die Anzahl der Arbeitsplätze oder Bauzeit an. Für die Einordnung nach Standards werden Qualitätskriterien beschrieben, die die Gebäudezuordnung ermöglichen. Die Auswertung nach Gebäudestandards wird ergänzt durch eine Auswertung nach Konstruktionsarten. Die vollständige Gebäudedokumentation findet sich im BKI Kostenplaner 9.0 [2], einer Software zur Baukostenermittlung.
5. Die Projektportraits des SolarBau Monitor [L3]. Es stehen Planungskennwerte für Flächen und Rauminhalte zur Verfügung.
6. Der Abschlussbericht enerken [35]. Für die untersuchten Gebäude stehen die Flächenkennwerte vollständig zur Verfügung.
7. Die Dokumentation PLAKODA [36]. Das Programm Planungs- und Kosten-Daten (PLAKODA) beinhaltet eine vollständige Projektdokumentation unterschieden nach 4 Gebäudegruppen (Verwaltungsbau, Hochschulbau und Kliniken, Schul- und Sportstättenbau, Wohnen und Werkstätten) der

Flächen und Rauminhalte DIN 277. Ergänzt wird die Dokumentation durch eine ausführliche Baubeschreibung.

8. Das Forschungsvorhaben EVA Evaluierung von Energiekonzepten am Institut für Gebäude- und Solartechnik. Es stehen die Flächen und Rauminhalte nach DIN 277 [10] zur Verfügung.
9. Die Dissertation „Sanierung von Bürohochhäusern der 1960er und 1970er Jahre“ [38]. Für die dort beschriebenen Vergleichsgebäude stehen die Flächen und Rauminhalte nach DIN 277 zur Verfügung.

Bezeichnung	Gebäudezahl	Erläuterung
BKI Baukosten 2007	60	Verwaltungsgebäude Neubau keine Doppelfassade
Solar Bau Monitor	11	Verwaltungsgebäude Neubau keine Doppelfassade
Enerkenn	9	Verwaltungsgebäude Neubau keine Doppelfassade
Plakoda	226	öffentliche Bauten Neubau keine Doppelfassade
EVA	16	Verwaltungsgebäude Neubau keine Doppelfassade
Sanierung von Bürohochhäusern	3	Verwaltungsgebäude Sanierung Doppelfassade

Tabelle 22 Übersicht über Datenquellen

Tabelle 23 zeigt die Datentiefe der einzelnen Quellen in Bezug auf die Flächen- und Gebäudeparameter. Als Referenzdatensatz wurden die Flächenangaben aus dem BKI, dem SolarBau Monitor, dem Bericht enerkenn, aus PLAKODA sowie dem Forschungsvorhaben EVA verwendet, sofern es nicht anders beschrieben ist. Dabei handelt es sich um vorwiegend als Verwaltungsgebäude genutzte Vergleichsgebäude ohne Doppelfassaden. Ausgeschlossen wurden die Flächenkennwerte, die mit Hilfe von Faktoren aus der VDI 3807 berechnet wurden. Bei den Gebäuden der Dissertation „Sanierung von Bürohochhäusern der 1960er und 1970er Jahre“ handelt es sich um mit Doppelfassaden sanierte Verwaltungsgebäude.

	BKI	SolarBau	enerkenn	Plakoda	EVA	DISS
BRI [m ³]	x	x	x	x	x	x
BGF [m ²]	x	berechnet ^x	x	x	x	x
NGF [m ²]	x	x	x	x	berechnet ^x	x
NF [m ²]	x	-	x	x	x	x
TF [m ²]	x	-	x	x	x	x
VF [m ²]	x	-	x	x	x	x
NF Hauptnutzung [m ²]	x	x	x	x	x	x
NF Büroarbeit [m ²]	-	-	x	teilweise ^{x3}		
NF sonstige Nutzung [m ²]	x	-	x	x	x	x
Garagen / TG / Atrien / Dofa [m ²]	-	-	-	-	x	x
Arbeitsplätze	teilweise ^{x1}	x	x	-	x	x

^{x1} Angaben liegen für 12 Gebäude, 20 % des Referenzdatensatzes - vor

^{x2} keinen Angaben zur BGF, sie wurde mit dem Faktor NGF / 0,87 aus VDI 3807 berechnet

^{x3} für 141 Gebäude - 62% - des Referenzdatensatzes stehen Angaben zur Verfügung

^{x4} für 7 Gebäude - 44% - des Referenzdatensatzes wurde die NGF mit dem Faktor BGF * 0,87 aus VDI 3807 berechnet

Tabelle 23 Inhalt der Datenquellen

DIN 277 [10] sieht folgende Gliederung der Nettogrundfläche vor:

Tabelle 1 — Gliederung der Netto-Grundfläche nach Nutzungsgruppen

Nr	Netto-Grundflächen	Nutzungsgruppe
1	Nutzfläche (NF)	Wohnen und Aufenthalt
2		Büroarbeit
3		Produktion, Hand- und Maschinenarbeit, Experimente
4		Lagern, Verteilen und Verkaufen
5		Bildung, Unterricht und Kultur
6		Heilen und Pflegen
7		Sonstige Nutzflächen
8	Technische Funktionsfläche (TF)	Technische Anlagen
9	Verkehrsfläche (VF)	Verkehrerschließung und -sicherung

Abbildung 192 Flächendefinition nach DIN 277

In Abweichung von der Norm werden folgende gebräuchliche Flächendefinitionen verwendet: Für die Summe aller Nutzflächen der Hauptnutzungen $[NF_{\text{Hauptnutzung}}]$ wird weiterhin der Begriff Hauptnutzfläche $[HNF]$ verwendet; für die sonstigen Nutzflächen $[NF_{\text{Sonstige Nutzflächen}}]$ der Begriff Nebennutzflächen $[NNF]$.

Ziel ist die Ermittlung und Bewertung folgender Kennwerte:

- die Hauptnutzflächenkonzentration als $m^2 NF_{\text{Hauptnutzung}} / m^2 BGF$ [%] als Maß für die **Flächeneffektivität** des Gebäudes,
- der arbeitsplatzspezifische Flächenbedarf, als $m^2 NF_{\text{Hauptnutzung}} / AP$ [%], als **Arbeitsplatzdichte** bzw. Maß für den **Flächenkomfort**.

Die besondere Bedeutung der Flächeneffektivität zeigt sich deutlich in der Frage nach den Gestaltungsaspekten innovativer Bürokonzepte im Marktreport der Deutschen Gesellschaft für Immobilienfonds [37]: Dort wird mit mehr als 80 % der Nennungen dieser Kennwert als höchste Priorität genannt.

Bei der Bewertung der Flächeneffektivität ist zu berücksichtigen, dass der Anteil von Garagen-, Atrien-, Doppelfassaden- und Sonderflächen an der Bruttogeschossfläche eines Gesamtgebäudes, wie die folgende Auswertung zeigen wird, bis zu 35% betragen kann. Um den Einfluss dieser untypischen Flächen zu eliminieren, wurde mit dem Index r eine nicht genormte, um diese Flächen reduzierte BGF_r definiert.

Zu den TWINSKIN Gebäuden liegen die Flächenangaben zum Teil als ausführliche Listen aus Raumbüchern vor, in jedem Fall aber Planunterlagen, die eine überschlägige Ermittlung der Bruttogrundfläche erlauben. Ergänzend wurden Daten aus Veröffentlichungen für die weiter Bearbeitung verwendet. Als Plausibilitätsprüfung wurde die BGF projektweise manuell aus vorliegenden Planunterlagen nachgemessen. Auf diese Weise kann ausgeschlossen werden, dass größere Teile des Gebäudes nicht berücksichtigt wurden.

Zur Ermittlung der BGF_r wurden aus den vorliegenden Unterlagen oder händisch die den Flächen sonstiger Nutzung zugeordneten Nutzflächen für Tiefgaragen, temperierte oder unbeheizte Atrien, Doppelfassaden sowie Bereiche für Einzelhandel, Gastronomie o.ä. ermittelt. Die BGF_r entspricht näherungsweise der beheizten BGF.

Die Flächendaten stehen für alle im Vorhaben TWINSKIN untersuchten 13 Gebäude zur Verfügung.

8.3.2 Flächeneffektivität

Die Größen der untersuchten Gebäude sind sehr unterschiedlich und reichen von ca. 10.000 bis ca. 120.000 m² BGF wie die folgende Abbildung 193 zeigt.

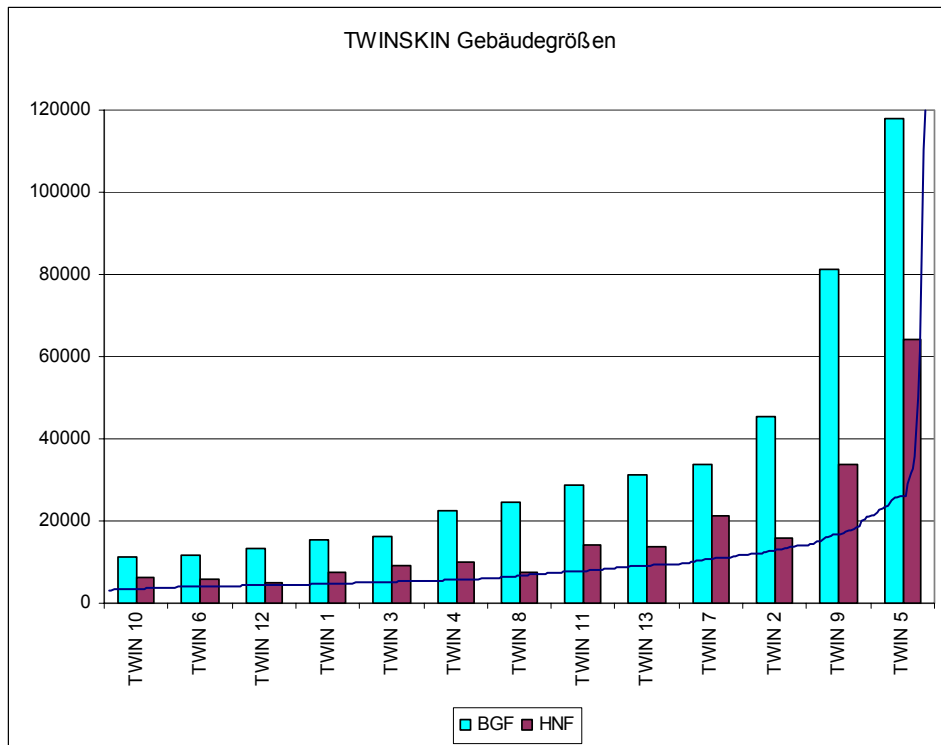


Abbildung 193 Flächen [m²] nach DIN 277 BGF und HNF, zum Vergleich die Verteilung der BGF des Referenzdatensatzes (319 Gebäude)

Der Flächenvergleich der um Nebennutzflächen aus Garagen, Atrien und Doppelfassaden reduzierten BGF_r mit der gesamt Bruttogeschossfläche zeigt, dass diese Flächen einen Anteil von ca. 5 bis 35 % ausmachen und daher bei der Betrachtung unter flächenwirtschaftlichen Gesichtspunkten berücksichtigt werden müssen. Keinen unerheblichen Anteil an diesen untypischen Flächen hat der Konstruktionsflächenanteil der Doppelfassaden mit 1 bis zu 15 % und einem Mittelwert von ca. 6 % (s. Abbildung 194).

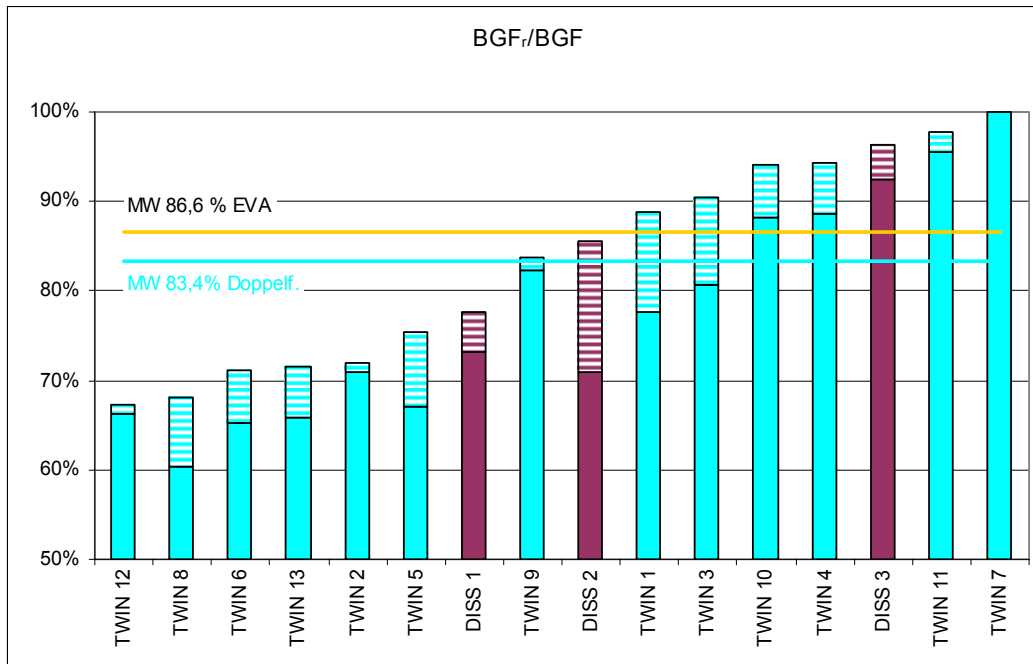


Abbildung 194 Flächenanteil BGF_r / BGF mit separater Darstellung des Konstruktionsflächenanteils der Doppelfassade und Angabe arithmetischer Mittelwerte für die Doppelfassaden- und EVA-Gebäude

Der Vergleich der Konstruktionsflächenanteile für Doppelfassaden mit dem Referenzdatensatz zeigt noch einmal die Bedeutung dieses Flächenanteils wie in Abbildung 195 dargestellt: Der Konstruktionsflächenanteil der Doppelfassadengebäude liegt mit ca. 15 % im Bereich des Mittelwerts des Referenzdatensatzes und um ca. 2 % über dem Mittelwert des VDI. Berücksichtigt man den mittleren Doppelfassadenanteil von ca. 6 % handelt es sich bei den betrachteten Doppelfassadengebäuden sogar um Gebäude mit einem vergleichsweise geringen Konstruktionsflächenanteil mit Ausnahme des Gebäudes TWIN 11. Eine mögliche Ursache kann die Konstruktionstypologie des Skelettbau sein, die typisch für die untersuchten Gebäude ist.

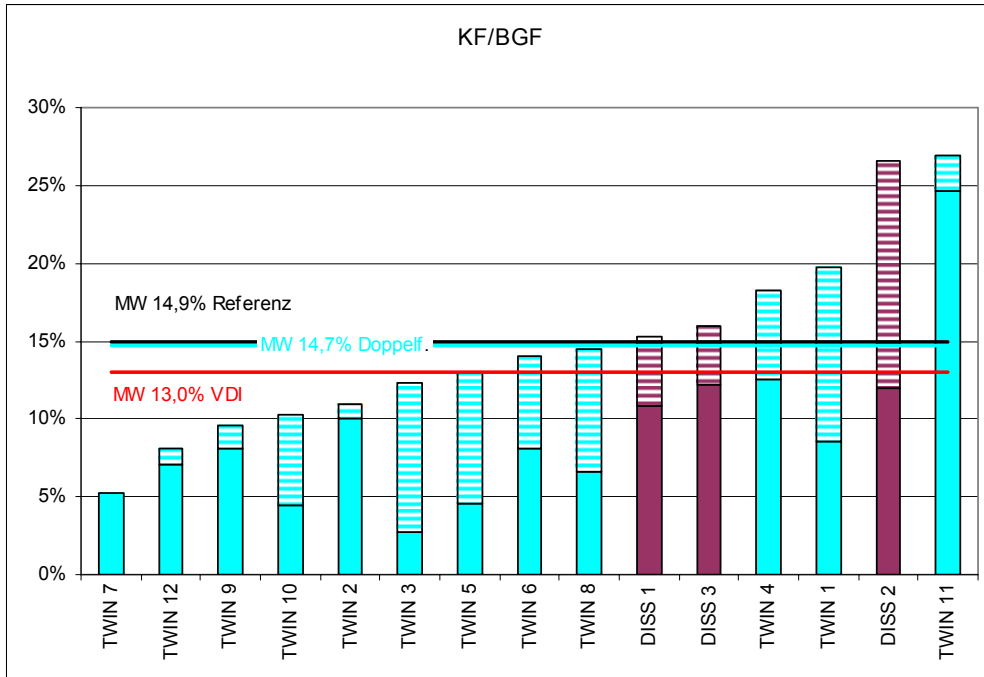


Abbildung 195 Flächenanteil KF / BGF mit separater Darstellung des Konstruktionsflächenanteils der Doppelfassade und Angabe arithmetischer Mittelwerte der Doppelfassadengebäude und des Referenzdatensatzes

Aufgrund der dargestellten hohen Varianz der Größe des Anteils untypischer Flächen – bis zu 35 % Anteil an der BGF - ist die Betrachtung des Flächenanteils der Hauptnutzfläche zur Bruttogeschossfläche für die Einzelfallbetrachtung nur von eingeschränkter Aussagekraft wie die folgende Darstellung in Abbildung 196 zeigt. Die Hauptnutzflächenkonzentration beträgt von ca. 30 bis über 60 %. Aufgrund eines Vergleichs mit mittleren Referenzwerten kann jedoch ein einzelnes Gebäude nicht als mehr oder weniger flächeneffizient eingestuft werden, wenn die Größe untypischer Flächen nicht gleichfalls betrachtet wird.

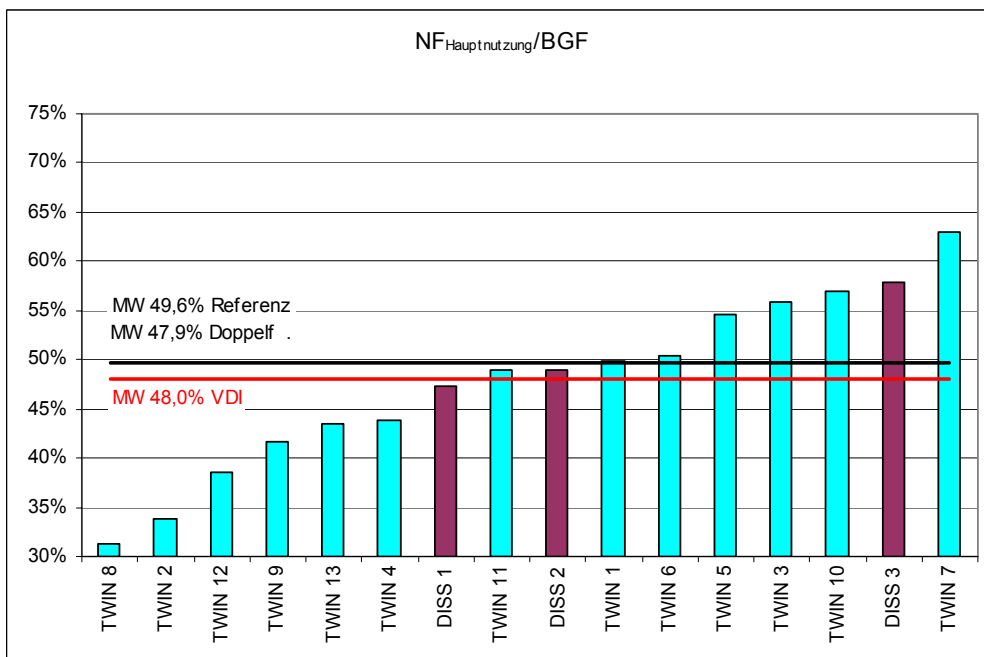


Abbildung 196 Flächenanteil NF Hauptnutzung / BGF mit und Angabe arithmetischer Mittelwerte der Doppelfassadengebäude und des Referenzdatensatzes

Erst die Betrachtung des Hauptnutzflächenanteils bezogen auf die reduzierte Bruttogeschossfläche zeigt eine bereinigte Flächenwirtschaftlichkeit eines Gebäudes auf. Es werden Hauptnutzflächenkonzentrationen von mehr als 70 % erreicht, im Mittel ca. 57,5 %, vgl. Abbildung 197.

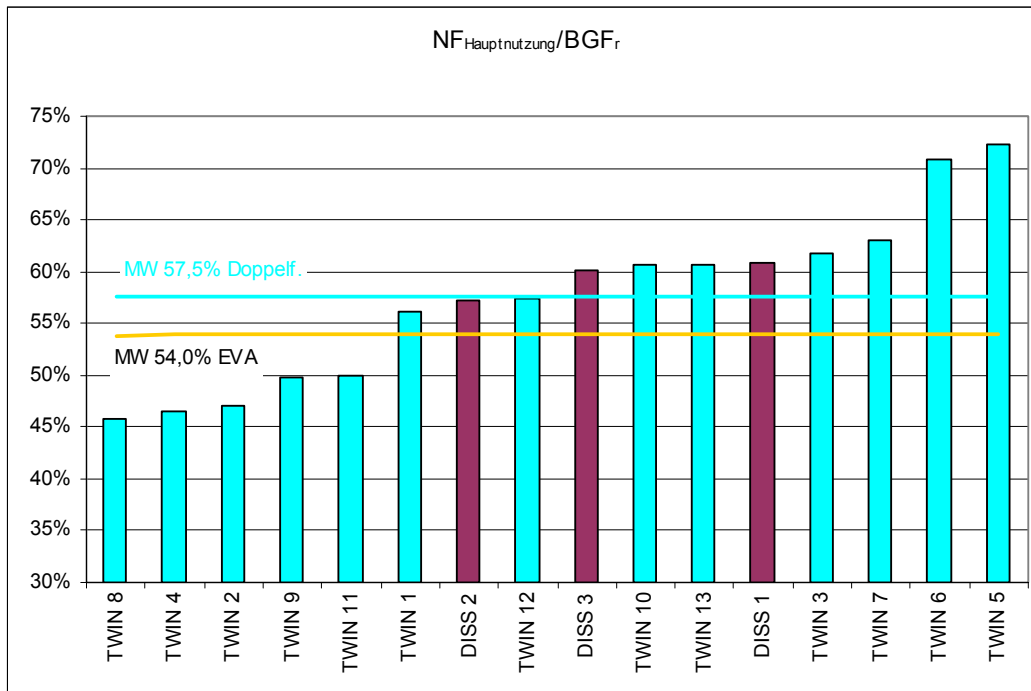


Abbildung 197 Flächenanteil NF Hauptnutzung / BGF_r und Angabe arithmetischer Mittelwerte für die Doppelfassaden- und EVA-Gebäude

8.3.3 Arbeitsplatzdichte und Flächenkomfort

Da keine statistischen Auswertungen zur Arbeitsplatzdichte im Verwaltungsneubau zur Verfügung stehen, wurde als Referenz für diese Auswertung der Mittelwert aus den Gebäuden des Referenzdatensatzes herangezogen, für den die erforderlichen Angaben zur Anzahl der Arbeitsplätze und der NF Hauptnutzung zur Verfügung standen. Sie stehen für 44 Gebäude, d.h. ca. 13 % des Referenzdatensatzes zur Verfügung. Zu berücksichtigen ist dabei, dass wie in [59] beschrieben, die Arbeitsplatzdichte von der Bürotypologie abhängig ist. So weisen z.B. Kombibüros eine um 5 % höhere Arbeitsplatzdichte im Vergleich zum Zellenbüro auf.

Für die Sanierung von Verwaltungsgebäuden der 1960er und 1970er Jahre stehen in [38] aus [61] abgeleitete Kennzahlen nach Bürotypologien unterschieden für Hochhäuser bis 20 Geschosse zur Verfügung. Für Zellen- und Großraumbüros werden dort ca. 14 m² und für Kombibüros ca. 16 m² NF Hauptnutzung / AP als Kennwerte genannt.

Wie in Abbildung 198 dargestellt, reicht die Arbeitsplatzdichte von 10 bis über 30 m² NF Hauptnutzung / AP. Dabei weist z.B. das Gebäude 12 bei einer durchschnittlichen Flächeneffektivität (vgl. Abbildung 197 NF Hauptnutzung / BGF_r) eine außergewöhnlich hohe Arbeitsplatzdichte auf. Das Gebäude 5 dagegen weist bei der größten Flächeneffektivität die geringste Arbeitsplatzdichte, also den höchsten Flächenkomfort auf. Dies zeigt die Bedeutung der Arbeitsplatzdichte als zweites, wichtiges Kriterium einer flächenwirtschaftlichen Betrachtung auf.

Die sanierten Verwaltungsgebäude weisen mit 15 bis 18 m² NF Hauptnutzung / AP vergleichsweise hohe Arbeitsplatzdichten auf und liegen damit leicht über den Kennwerten von 14 bis 16 m² NF Hauptnutzung / AP für die Sanierung. Der Mittelwert des Referenzdatensatzes, der ausschließlich Neubauten enthält, weist mit 23 m²

NF_{Hauptnutzung} / AP eine erheblich geringere Arbeitsplatzdichte als die Gebäudesanierungen auf.

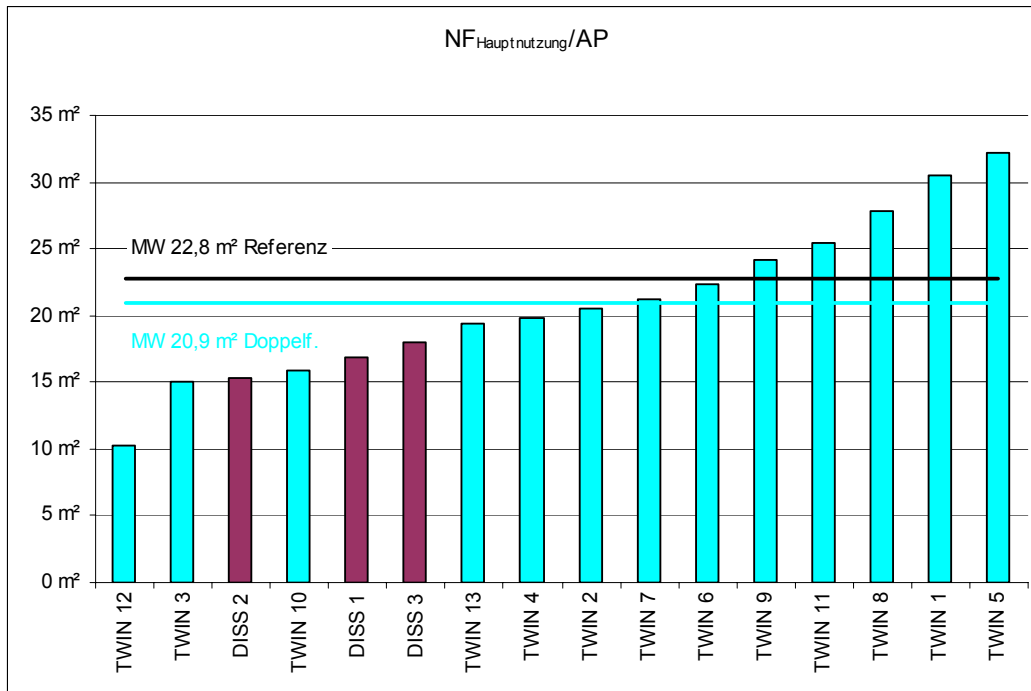


Abbildung 198 Arbeitsplatzdichte NF_{Hauptnutzung} / AP und Angabe arithmetischer Mittelwerte der Doppelfassadengebäude und des Referenzdatensatzes

Ob Neubauten im Allgemeinen einen höheren Flächenkomfort als Sanierungen aufweisen, lässt sich an dieser Stelle aufgrund der geringen Anzahl der untersuchten Gebäude nicht beurteilen. Tatsächlich ist jedoch der arbeitsplatzspezifische Flächenbedarf in den letzten Jahrzehnten gestiegen, so dass - sofern in der Sanierung diesen erhöhten Anforderungen an den Flächenkomfort aufgrund des Gebäudebestands nicht entsprochen werden kann – hier eine mögliche Ursache für unterschiedlich große Arbeitsplatzdichte liegen kann (s. auch Kap. Arbeitsplatzbezogene Kostenkennwerte).

9 DATENAUSWERTUNG

Im Rahmen des Forschungsprojektes TwinSkin wurden Mess- und GLT-Daten zu 8 Bürogebäuden und deren Anlagentechnik gesammelt. Die systematische Auswertung dieser Daten erfordert effiziente und flexible Werkzeuge. Zweck wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Software Systems Engineering (SSE) der TU Braunschweig im Rahmen der Verlängerung ein datenbankbasiertes Werkzeug entwickelt, das auf die Anforderungen der Gebäudeautomation und des Gebäudemonitorings zugeschnitten sind. Es wird eine technische Grundlage für weitere Forschungsarbeit am IGS bilden.

Das Werkzeug folgt hierbei zunächst dem bisher angewandten manuellen Vorgehen bei der Datenerfassung und Verarbeitung, soll aber die stets wiederkehrenden Tätigkeiten (formale Prüfung, Archivierung etc.) automatisieren und vereinfachen. Hierbei waren im Speziellen die folgenden Anforderungen zu beachten:

- **Daten-Import:** Sammeln von Daten aus den Gebäuden
- **Vorverarbeitung:** formale Prüfungen (Qualität, Plausibilität, Vollständigkeit etc.)
- **Archivierung:** strukturierte Ablage der Daten in einer Datenbank
- **Darstellung:** Beschreibung der Daten (grafisch und numerisch)
- **Analyse und Bewertung:** Vergleich mit Funktionsvorgaben, Zielwerten etc.
- **Reporting:** Dokumentation von Analyse und Bewertung (pdf, web ...)
- **F+E:** Entwicklung neuer Verfahren (Expert-Systems und Nutzer-Support)

Diese Anforderungen lassen sich weiter detaillieren.

Für den Import ist die Herkunft der Daten aus verschiedensten Quellen (Institutseigene Messtechnik, GLT-Systeme, Messdaten Dritter (z.B. Wetterdaten, Messungen der Fa. dezem), etc) von entscheidender Bedeutung. Es gilt, diesen Daten ein einheitliches Format zur weiteren Bearbeitung zu geben, um so auch den Quervergleich der Daten untereinander zu ermöglichen.

Idealerweise erfolgt die Ablage in einer Datenbank, die in der Lage ist, eine entsprechend große Anzahl an Datenmenge, Bezügen und Metainformationen zu einzelnen Datenpunkten geordnet abzulegen. Gleichzeitig muss das Format ohne große Änderungen für Filterung und Berechnungen gleichermaßen zur Verfügung stehen. Die eingehenden Rohdaten sind zunächst ohne weitere Bearbeitung zu speichern. Bevor eine Ablage in einer geordneten Struktur erfolgen kann, sind jedoch verschiedene Schritte der Vorverarbeitung durchzuführen.

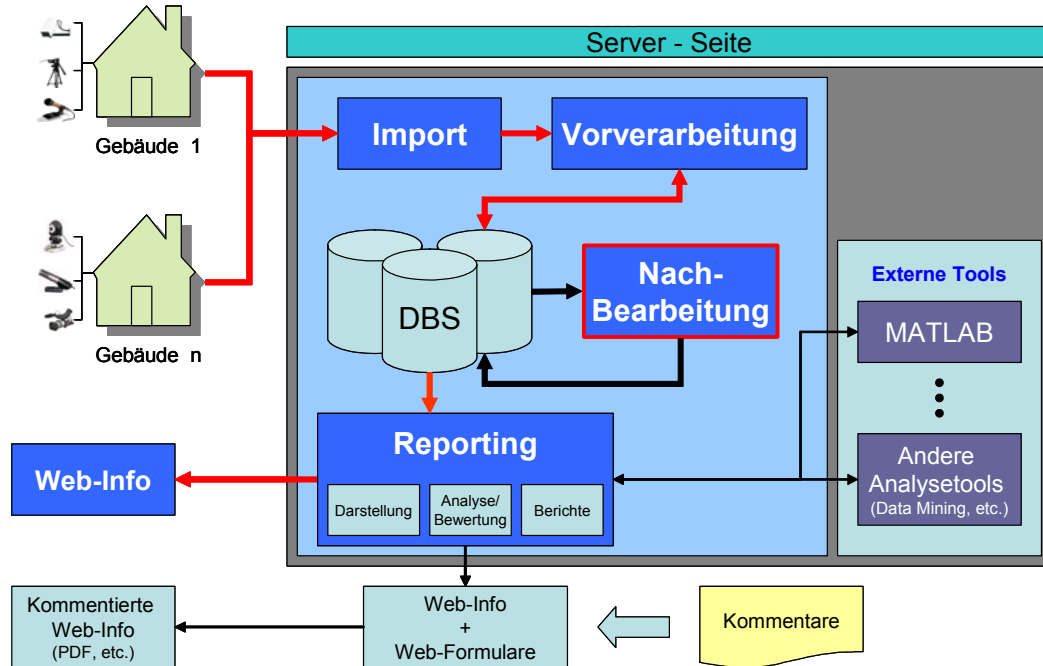


Abbildung 199: Ablaufschema der Datenverarbeitung [Quelle SSE]

Die Erstellung eines Importfilters erschien als zu aufwendig, so dass die Daten noch manuell in ein einheitliches Format (standardisierter Excelfile) gebracht wurden. Auf lange Sicht sollen für die gängigen Formate Importfilter erstellt werden, durch einen modularen Aufbau können weitere durch den Nutzer mit einfachen Mitteln erstellt werden. Daher ist eine erweiterbare Softwarearchitektur (Framework) notwendig, die über ein geeignetes Plugin-Konzept verfügt.

In der Vorverarbeitung werden die Rohdaten automatisch auf Anzahl, Kontinuität und Plausibilität geprüft. Die Prüfung/Bewertung wird mit entsprechenden Kennwerten dokumentiert (z.B. fehlende Daten: 2%). Für einzelne Fehler erfolgt eine automatische Korrektur. z.B. von Ausreißern, fehlenden Daten. Korrigierte Daten werden so markiert, dass sie bei Bedarf nachvollziehbar identifiziert werden können.

Daten in nicht synchronisierten Zeitschritten werden in einem einheitlichen Bearbeitungsschritt auf äquidistante Zeitschritte synchronisiert und als Momentanwerte übernommen.

Die Archivierung erfolgt redundant: zum einen werden die Rohdaten in ihren unterschiedlichen Formaten in der Datenbank abgelegt, zum anderen werden die Daten nach der Vorverarbeitung als bearbeitete Daten gespeichert und stehen nun für weitere Bearbeitungsschritte (Sortieren, filtern etc.) zur Verfügung. Hierbei können mit jedem Datenkanal weitere Informationen verknüpft werden (z.B. Gebäude, Geschoß, Raum- oder Zählernummer). Zusätzlich können durch mathematische und/oder logische Verknüpfung von Datenkanälen „virtuelle“ Datenkanäle erzeugt und wie echte Datenkanäle verwendet werden.

Für die Visualisierung der Daten stehen in einer ersten Version verschiedene Darstellungsarten zur Verfügung:

Line-plots: Darstellung mehrerer Messkanäle als Liniengrafik mit frei einstellbarer Skalierung der Achsen und Standard-Skalierungen

Dauerlinien: Darstellung von Summenhäufigkeitskurven mit frei einstellbarer Skalierung der Achsen und Standard-Skalierungen

Brushing-Funktion: Darstellung von einer oder mehreren Scharen von Wertepaaren in X-Y-Grafiken

Mehrfachansichten: Gleichzeitige Darstellung mehrere Grafiken in einer Übersicht. Mittelfristig soll die besteht die Möglichkeit zur manuellen Markierung (Brushing) einzelner Messpunkte in einer Grafik und automatischer Markierung der entsprechenden Punkte in den anderen Grafiken. Das brushing kann als freie Markierung mit der Maus erfolgen oder z.B. als Markierung eines rechteckigen Feldes in einem carpet-plot.

Weitere Darstellungsarten sind angedacht:

Carpet-plots: Darstellung von Messkanälen als Carpet-Diagramm mit skalierbaren x-Achsen (Datum) und Farbskala (Messwert) sowie Standard-Skalierungen

Numerische Angaben: Tabellarische Angabe von Einzelwerten wie Betriebsstunden, Schaltheufigkeiten etc.

Die Grafiken sind mit automatisch verknüpften Fenstern für Informationen zu den Messwerten zu versehen und sollen nach Möglichkeit darüber hinaus eine manuelle Eingabemöglichkeit haben.

Die Analyse der Daten sowie das Erstellen eines Reportes erfolgt aktuell noch manuell/visuell durch den Bearbeiter.

9.1 Ausblick

Die Entwicklung des Datenbank-Tool wird über den Projekt-Rahmen hinaus weiter entwickelt werden. Neben einem automatisierten Datenimport sind die Analysefunktionen, die grafische Darstellung und die Ausgabe zu verbessern und weiter zu entwickeln. Auf Dauer ist die Erstellung eines schematisierten Objekt-Berichtes angedacht, der in einer Basisversion relevante Grafiken und wesentliche Gebäudedaten für einen Bericht an den Gebäudebetreiber zusammenstellt. Hierbei könnten statistische Daten zu den erhobenen Werten (Zeitraum, Datenmenge etc.) ebenso unkompliziert aufbereitet werden, wie übergeordnete Informationen (Raumgröße, Orientierung usw.) Der zuständige Mitarbeiter kann dann seine Analyse und Bewertung individuell ergänzen.

Die Funktionen des Werkzeugs sollen als Web-basierte Dienste zur Verfügung gestellt und von verschiedenen Orten aus genutzt werden können. Aktuell ist nur eine Verwendung über das Institutsnetz möglich.

10 PROJEKT // AUSBLICK // FAZIT

Im Projekt TwinSkin wurde erstmalig eine größere Anzahl von gleichartigen Bürogebäuden mit Doppelfassaden mit ihren unterschiedlichen Parametern nebeneinander gestellt. Durch die gleichzeitige Bearbeitung von einschaligen Gebäuden am IGS in dem BMWI Projekt EVA wurde ein direkter Vergleich beider Bauarten möglich. Allerdings ergaben sich hierdurch Abhängigkeiten bei der Gebäudeaufnahme und in der Bearbeitung.

Im Verlauf des Projektes erwies sich vor allem die Kooperation mit den Gebäudebetreibern als wichtiges Moment. Eine intensive Objektbearbeitung kam nur mit engagierten Kontaktpersonen zustande. Dem stehen bei anderen Gebäuden Schwierigkeiten mit der Datenbeschaffung und eine schleppende Kommunikation mit den Gebäudebetreibern gegenüber. Für zukünftige Projekte ist es anzustreben, die Daten weitgehend selbst messtechnisch zu erheben, statt auf externen Input angewiesen zu sein.

Die Datenlage reicht von (sehr guten) manuellen Ablesungen bis hin zu umfangreichen GLT-Daten. Auffällig ist, dass viele der Gebäude nicht über eine strukturierte Verbrauchserfassung verfügen, obwohl sie in den letzten Jahren errichtet wurden. In einem Fall existieren nicht einmal die Zähler der ersten Ebene (Versorgung mit Wärme, Strom, etc. auf Gebäudeebene), da das Gebäude im Betriebsgelände mitversorgt wird. Architekten und Planer sind aufgerufen, zumindest diese Grundversorgung für zukünftige Gebäude erfassbar zu machen. Die gültige Energieeinsparverordnung (bzw. DIN 18599) wird hier mit dem verbrauchsorientierten Pass auch eine gesetzliche Motivation schaffen.

Die medienwirksame Ansage eines energieeffizienten Hauses wird in der Praxis nicht überprüft. Hierbei liegt der Fehler weniger bei den Gebäudebetreibern, als vielmehr in der Ausstattung der Gebäude: Trotz teilweise hoher Gebäudeautomation stehen in den Gebäuden keine Werkzeuge zur Betriebsanalyse oder zur Optimierung der Energieverbräuche zur Verfügung. Im Betrieb dient die GLT zum Trouble-Shooting, die Beschwerdehäufigkeit der Nutzer gilt in vielen Fällen als Indiz für ein funktionierendes Gebäudekonzept.

Die in diesem Projekt gesammelten Erfahrungen werden in ein Folgeprojekt zur Energieoptimierung von Bürogebäuden (gefördert durch das BMWI) einfließen, in dem speziell die Anforderungen an derartige Werkzeuge definiert werden sollen. Hierbei soll ein *Energie-Navigator* entwickelt werden, der Methoden des Datamining für regelbasierte Analysen und zur kontinuierlichen Betriebsüberwachung einsetzen wird. Das IGS wird entsprechende Forschungsprojekte mit einem Begleitforschungsteam unterstützen, Inhalte koordinieren und Werkzeuge zur Querschnittsanalyse und Dokumentation zur Verfügung stellen.

Unabhängig von der Verbrauchserfassung und entsprechenden Kontrollalgorithmen stellt sich darüber hinaus die Frage, wie sinnvoll derartig hochkomplexe Regelsysteme sind. Braucht ein Gebäude wirklich 14.000 verschiedene Klappenstellungen für die Lüftungsklappen der Doppelfassade [[63]; S. 30]. Dieses Leistungsbild ist weder bei der Inbetriebnahme abnehmbar, noch im späteren Betrieb sinnvoll nachzuhalten oder zu kontrollieren.

11 GLOSSAR

11.1 Begriffe

Primärenergie:	Energie von Energieträgern, die noch keiner Umwandlung unterworfen wurden (Anfang der Prozesskette)
Primärenergiefaktoren:	Empirisch ermittelte Kennwerte für die Umrechnung von (gemessenen) Endenergiemengen in Primärenergienmengen. In TwinSkin werden die Kennwerte nach [14] zugrunde gelegt.
Endenergie:	Energie nach der Gewinnung, Aufbereitung und Umwandlung von Primärenergieträgern, z.B. Erdgas, elektrische Energie und Fernwärme.
Nutzenergie:	Energie, die am Ende einer Umwandlungskette dem Verbraucher für unterschiedliche Anwendungen zur Verfügung steht (z.B. Licht, Wärme oder mechanische Energie).
Endenergiebedarf:	Energie nach der Gewinnung, Aufbereitung und Umwandlung von Primärenergieträgern, z.B. Erdgas, elektrische Energie und Fernwärme“. Mit „Energiebedarf“ werden Energie- bzw. Stoffmengen bezeichnet, die zur Erreichung von Sollwerten notwendig sind (z.B. nach rechnerischer Ermittlung entsprechend der Wärmeschutzverordnung). Der Bedarf ist immer eine Rechenwert, kein Messwert.
Endenergieverbrauch:	Mit „Verbrauch“ werden Energie- bzw. Stoffmengen bezeichnet, die im Betrachtungszeitraum tatsächlich umgewandelt wurden, z.B. die vom Energieversorger gelieferten Gas- oder Strommengen (Messwerte). Um vergleichbare Kennwerte für die Endenergieverbräuche der Gebäude ermitteln zu können, wurden für TwinSkin/EVA zunächst zusätzliche Festlegungen getroffen, siehe Abbildung 11-1.
Primärfassade	Zum Raum orientierter Teil einer Doppelfassade, in der Regel Abschluss der thermischen Hülle des Gebäudes.
Sekundärfassade	Äußerer Abschluss einer Doppelfassade.
Verglasungsanteil	Der Verglasungsanteil wurde im vorliegenden Projekt durch die Projektion beider Fassadenebenen in eine Fassadenfläche (entspricht i.d.R. der Ansicht) berechnet. Soweit nicht anders vermerkt beziehen sich die angegebenen Werte somit auf beide Fassadenebenen.

Definitionen zur Ermittlung von Energieverbräuchen:

Um im Rahmen von TwinSkin/ EVA vergleichbare Kennwerte für die Endenergieverbräuche der Gebäude ermitteln zu können, wurden zunächst folgende zusätzliche Festlegungen getroffen:

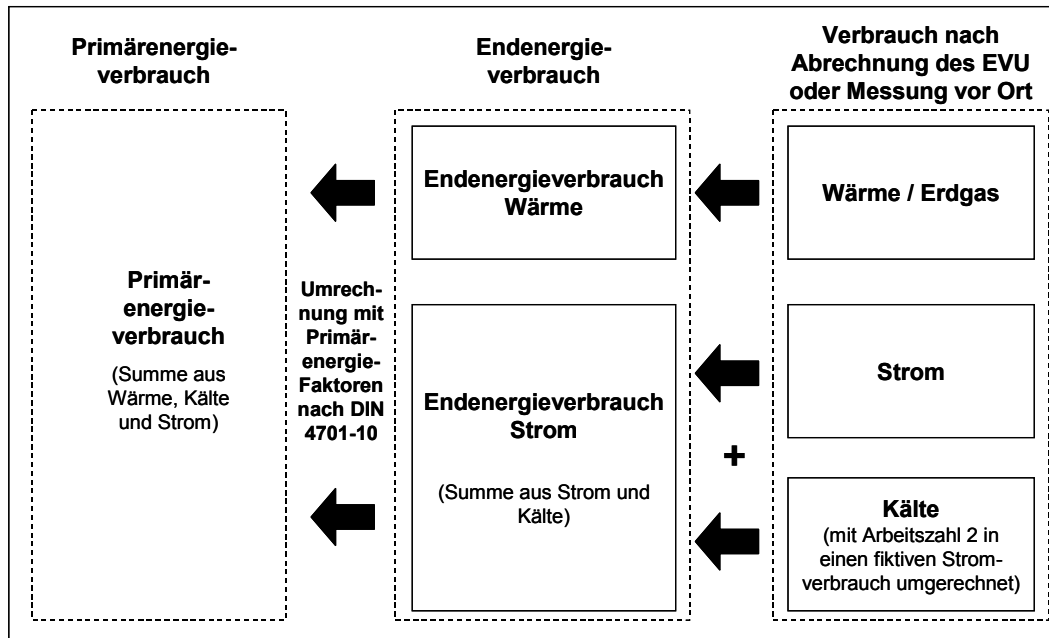


Abbildung 11-1 Berechnung der Primär- und Endenergieverbräuche

Wärme / Erdgas:

Das vom EVU angegebene Volumen und der Brennwert des gelieferten Gases wird der Ermittlung der Endenergiemenge zu Grunde gelegt.

Kaltwasser:

Bei Gebäuden mit externen Kältelieferungen (Nahkälteversorgung) wird die gelieferte Kältemenge mit der Arbeitszahl 2 zur Ermittlung des Endenergieverbrauchs in eine fiktive Strommenge umgerechnet. So können diese Angaben überschlägig mit denen von Gebäuden mit interner elektrischer Kälteerzeugung verglichen werden.

Strom:

Als Endenergie wird die gelieferte Wirkarbeit nach Abrechnung des EVU bzw. sonstiger Messungen angenommen.

11.2 Flächen und Volumen

In TwinSkin werden die Begriffe der DIN 277 verwendet. Als Bezugsgrößen der Kennwerte für Energie und Kosten werden vorwiegend folgende Größen verwendet:

- BRI: „Der Brutto-Rauminhalt ist der Rauminhalt des Baukörpers, der nach unten von der Unterfläche der konstruktiven Bauwerkssohle und im übrigen von den äußeren Begrenzungsflächen des Bauwerks umschlossen wird“.
- BGF: „Die Brutto-Grundfläche ist die Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes.“
- NGF: „Die Netto-Grundfläche ist die Summe der nutzbaren, zwischen den aufgehenden Bauteilen befindlichen Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes“.
- HNF: „Die Hauptnutzfläche entspricht der NGF abzüglich der Verkehrs-(VF) und Funktionsflächen (FF) sowie der Nebennutzflächen (NNF). Die HNF wird entsprechend verschiedener Nutzungsarten in die Gruppen HNF 1-6 unterteilt“.

11.3 weitere Abkürzungen

- AP (Anzahl der) Arbeitsplätze
- CAFM Computer Aided Facility Management
- dena Deutsche Energie Agentur, Berlin
- EVU Energieversorgungsunternehmen
- FM / GM Facility- / Gebäudemanagement
- KGM Kaufmännisches Gebäudemanagement
- IGM Infrastrukturelles Gebäudemanagement
- TGA Technische Gebäudeausrüstung
- TGM Technisches Gebäudemanagement

12 LITERATUR ZUM PROJEKT

Normen, Vorschriften, Regeln, Publikationen

- [1] BKI Baukosten 2006, Teil 1, Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, Baukosteninformationsdienst Stuttgart
- [2] BKI Objektdokumentation, BKI Kostenplaner Version 9.0, 2007, Baukosteninformationsdienst Stuttgart
- [3] BKI Baukosten 2007, Teil 1, Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, Baukosteninformationsdienst Stuttgart
- [4] BKI Objektdokumentation, BKI Kostenplaner Version 9.0, 2007, Baukosteninformationsdienst Stuttgart
- [5] BKI Baukosten, Regionalfaktoren 2007 für Deutschland und Europa
- [6] VDI 3807: Energieverbrauchskennwerte für Gebäude, Blatt 1, 1994, Blatt 2, Beuth-Verlag, Berlin, 1997
- [7] VDI 6022, Blatt 1: Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen, Ausgabe: 2005-02
- [8] DIN EN ISO 140-5 Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 5: Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden an Gebäuden (ISO 150-5: 1998) Deutsche Fassung EN ISO 140-5:1998
- [9] DIN 276: Kosten im Hochbau, Juni 1993
- [10] DIN 277: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau, Juni 1987
- [11] DIN 1946-2, Jan. 1994: Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln)
- [12] DIN 4108: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Juli 2003
- [13] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, November 1989
- [14] DIN 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnische Anlagen, Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, August 2003
- [15] DIN 5034 Tageslicht in Innenräumen
- [16] DIN 5035 Beleuchtung mit künstlichem Licht
- [17] DIN EN ISO 7730:2006-05
- [18] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden, April 2007
- [19] DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen und mittelgroßen Räumen, April 2003

- [20] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden, Teil 1-10, Juli 2005
- [21] DIN 18960: Nutzungskosten im Hochbau, August 1999
- [22] DIN 32736: Gebäudemanagement, August 2000
- [23] DIN 33403-1-3: Klima am Arbeitsplatz und in der Umgebung
- [24] Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vom 16. Dez. 2002, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L1/65, 2003
- [25] EnEV: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV), November 2001
- [26] WschVo'95: Wärmeschutznachweis im Hochbau
- [27] SIA 380: Energie im Hochbau, Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 1995
- [28] Verordnung über Arbeitsstätten, 12.08.2004, BGB II S. 2179
- [29] Arbeitsstätten-Richtlinie, Bundesministerium für Arbeit, Bek. des BMA vom 8. Mai 2001 - IIIb 2-34507-17, BArbBl Nr. 6-7/2001 S.94
- [30] VDI 6011: Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung, August 2002
- [31] Solarbau:MONITOR: Energieeffizienz und Solarenergienutzung im Nichtwohnungsbau – Konzepte und Bauten, Voss, Löhnert, Wagner, Freiburg, 2001
- [32] Evaluierung des DENA- Feldversuches Energieausweise für Nichtwohngebäude, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, IBP Bericht WB 128/2005, Stuttgart 2005
- [33] Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), Bundesminister für Arbeit und Soziales
- [34] Statistisches Bundesamt, Baupreisindex April 2007
- [35] enerken, Abschlussbericht 2005
- [36] Plakoda, PLANungs- und KOSTenDATen, Landesbetrieb Vermögen und Bau, Version 2.5, 2005
- [37] Marktreport 2004, DEGI, Deutsche Gesellschaft für Immobilienfonds, Frankfurt 2004

12.1 Literatur

- [38] Rozynski, M., Sanierung von Bürohochhäusern der 1960er und 1970er Jahre, Dissertation TU Braunschweig 2006
- [39] Fisch, M.N., Rozynski, M., Huckemann, V. „Entwicklung einer ganzheitlichen Sanierungsstrategie im Verwaltungsbau der 60er und 70 Jahre am Beispiel des Hochhauses BS4“, AZ DBU 18023/1 und 18023/2

- [40] Jacob, Werner: „Out of Rosenheim“, Deutsche Bauschrift, Gütersloh, 11/2002
- [41] Dassler, Friedrich: „Vertikale Stadtlandschaft“, Intelligente Architektur 35, Seiten 26-33, Leinfelden-Echterdingen, 2002
- [42] Oswalt, Philipp (Hrsg.); mit Susanne Rexroth: „Wohltemperierte Architektur“, Heidelberg, 1994
- [43] Gertis, Karl: „Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 2: Glas-Doppelfassaden (GDF)“, Bauphysik 21, Heft 2, 1999
- [44] Müller, H.F.O, C. Nolte, T. Pasquay (Hrsg.): Klimagerechte Fassadentechnologie: II. Monitoring von Gebäuden mit Doppelfassaden“, VDI-Fortschrittsberichte, Dortmund, 2002
- [45] Schulz, Matthias: „Leben im Schwitzkasten (Life in the Headlock)“, Der Spiegel, Hamburg, 47/2004
- [46] Vom Nutzen der Nutzer, Abschlussbericht zum DBU-Projekt (AZ 22714), jun. Prof. Petra Schweizer-Ries, Melanie Jaeger, Magdeburg 2007
- [47] Pottgiesser, Uta: „Fassadenschichtungen – GLAS“, , Bauwerk-Verlag, Berlin, 2004
- [48] Blum, Compagno e.a.: „Doppelfassaden“, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2001
- [49] Oesterle, Lieb e.a.: „Doppelschalige Fassaden“, Callwey Verlag, 1999
- [50] Green Building Konzepte für nachhaltige Architektur, M.Bauer, P.Mösle, M. Schwarz, Callwey Verlag, München 2007
- [51] LEE: Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
- [52] „Glasarchitektur- Lehren aus dem Großversuch“, Werner Eicke-Henning, Internetartikel sowie teilweise Veröffentlichung in div. Zeitschriften, 2003
- [53] T. Herzog, R. Krippner, W. Lang; „Fassaden Atlas“; München, 2004.
- [54] B. Weller, U. Pottgiesser; Dissertation; Dresden, 2002.
- [55] P. Kautsch, P. Dreyer; Berichte; Wien, 2002.
- [56] W. Fasold, E. Veres; Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1989
- [57] P. Schulz; Schallschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz, Brandschutz im Innenausbau, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart (1993)
- [58] MEMENTO Glashandbuch 2005 Saint Gobain Glass Deutschland
- [59] Schütz, U., Projektentwicklung von Verwaltungsgebäuden, Expert Verlag Renningen-Malmsheim, 1994
- [60] V. Yellamraju, Evaluation and design of doubleskin facades for office buildings in hot climates, Texas A&M University, 2004

- [61] Siegel, C.; Wonneberg, R.: Bau- und Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsgebäuden - eine Auswertung von 110 ausgeführten und in Betrieb genommenen Gebäuden, Bauverlag Wiesbaden Berlin 1977VDI 2078: Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude bei Raumkühlung über gekühlte Raumumschließungsflächen, Februar 2003
- [62] Wolff, Jagnow e.a., Felduntersuchungen zur Begrenzung des natürlichen und erzwungenen Lüftungswärmeverbrauchs durch Nutzerinformation sowie durch heiz- und regelungstechnische Maßnahmen, 2003
- [63] Nachhaltige Höhe, Verwaltungsgebäude der Deutschen Messe Hannover, hersg. T. Herzog; Prestel-Verlag; München, 1999
- [64] Natürliche Lüftung und Klimatisierung, Victoria-Turm Mannheim, Abschlussbericht zur Strömungssimulation; fbta, Stahl - Büro für Sonnenenergie, Karlsruhe/ Freiburg Jan. 2000
- [65] LG Bielefeld: Urteil vom 16.4.03, AZ: 3 O 411/01
- [66] OLG Köln, Urteil vom 28.10.91, AZ: 2 U 185/90
- [67] OLG Hamm, Urteil vom 18.10.94, AZ: 7 U 132/92
- [68] OLG Düsseldorf, Urteil vom 4.6.98, AZ: 24 U 194/96
- [69] OLG Rostock, Urteil vom 29.12.00, AZ: 3 U 83/98

12.2 Links

Im Folgenden sind einige Internet-Links zum Institut für Gebäude- und Solartechnik und themenverwandten Forschungsprojekten aufgeführt.

www.igs.bau.tu-bs.de

Solarbau

Energieeffizienz und Solarenergienutzung im Nichtwohnungsbau:
Entwicklung und Begleitforschung bei 20 innovativen Nichtwohnungsbauten
Das IGS ist an den Projekten *Energieforum Berlin* und *Neubau Informatikzentrum* (NIZ) der TU Braunschweig beteiligt.

www.energieforum-berlin.de

www.solarbau.de

www.enerkenn.de

EnSan

Förderung innovativer Projekte zur Sanierung von Gebäuden

www.ensan.de

[L1] http://www.variotherm.at/de/02_produkte/024_flaechenkuehlung/leistungsfahigkeit_raumklima.jpg

[L2] DIN EN ISO 7730:2006

[L3] SolarBau MONITOR, Objektdokumentationen www.solarbau.de

[L4] www.archinform.de über Ludwig Mies van der Rohe (Stand 9.09.2008)

”

Anhang A Steckbriefe der bearbeiteten Gebäude



Doppelfassade



Blick in den Fassadenzwischenraum



Regelgrundriss

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutsche Messe Hannover

Standort und Baukörper

Das Gebäude der Hauptverwaltung der Deutschen Messe AG wurde 1998 am Nordeingang des Messegeländes als Ergänzung zu einem vorhandenen Verwaltungsgebäude errichtet. Das 20geschossige Gebäude besteht aus einem quadratischen Büroturm von 24 x 24 m und seitlich angegliederten Erschließungstürmen. Pro Geschoss stehen ca. 400 m² Nutzfläche zur Verfügung.

Das Gebäude ist vertikal in 5 Abschnitte gegliedert: Über einer 3-geschoßigen Eingangshalle befinden sich 15 Regelgeschosse mit Büronutzung, von denen das oberste dem Vorstand der Messe AG zur Verfügung steht. Darüber schließen sich die sog. Hermeslounge, eine Cafeteria mit Aufenthaltsräumen, sowie ein Technik-Geschoß (Heizung und Kühlung) an. Zusätzlich gibt es ein Untergeschoß, das weitere technische Anlagen (Hausanschlüsse etc.) beherbergt.

Eigentümer und Betreiber des Verwaltungsgebäudes ist die Deutsche Messe AG, die das komplette Gebäude selbst nutzt.

Fassadenkonzept

Für die Gebäudehülle wurden im wesentlichen zwei unterschiedliche Fassadenkonstruktionen eingesetzt: die Doppelfassade im Verwaltungsteil, sowie eine Vorhangfassade aus segmentierten Ziegelementen an den Erschließungstürmen. An den Türmen dienen schmale vertikale Fensterbänder zur Belichtung der Treppenhäuser mit Tageslicht. Die Zweite Haut ist als Pfosten-Riegel-Konstruktion ausgeführt, diese wurde an den auskragenden Etagendecken befestigt. Typologisch handelt es sich somit um eine Korridorfassade. Sie kann nach außen mit Hahn-Lamellen geöffnet werden, um eine natürliche Durchlüftung des Fassadenzwischenraumes bzw. der Büros zu ermöglichen. Gleichzeitig bietet sie in gewissem Umfang Schutz vor den auftretenden Winddrücken. Die Primärfassade ist im Abstand von 1.32 m hinter der Sekundärfassade als einfache Holzkonstruktion eingebaut.

Bürokonzept

Die Büroräume sind als Zellenbüros vorgesehen. Variable Trennwände ermöglichen die Realisierung unterschiedlicher Bürogrößen. Ein offenes Erscheinungsbild und größtmögliche Lichtausnutzung wird durch den Einbau hoher Fenster und den Verzicht auf einen Sturz erreicht. Die Büroräume werden generell mechanisch be- und entlüftet, optional können die Fenster zur Lüftung geöffnet werden, in diesem Fall wird das betreffende Zuluftventil automatisch geschlossen. In der Doppelfassade ist auf der Außenseite ein Lamellenbehang zur Verschattung der Büroräume installiert. Ein raumseitiger Blendschutz soll die visuelle Behaglichkeit am Arbeitsplatz sicherstellen. Der Sonnenschutzbehang im Fassadenzwischenraum wird zentral geregelt und kann manuell übersteuert werden.

In jedem zweiten Achsmaß befindet sich ein fast raumhohes Schiebefenster, das manuell zu öffnen ist. Über eine mechanische Verbindung wird zeitgleich die Zuluft für diesen Bereich abgesperrt. Bei geschlossenem Fenster öffnet sich das Zuluftventil wieder, und die Luft kann über den Zuluftkanal im Brüstungsbereich nachströmen. Es wird ein 1,5facher Luftwechsel gefahren.

Thermisch aktivierte Decken heizen oder kühlen die gesamte Etage je nach Raumlufttemperatur.

Energiekonzept

Geringe Verbrauchswerte und ein maßvoller Technikeinsatz für die Energieversorgung waren die Zielvorstellungen der Planer des Energiekonzeptes der Deutschen Messe AG. Die Gebäudestruktur und die Oberfläche sind so ausgelegt, dass das Gebäude ganzjährig mit einem geringen Einsatz von Fremdenergie bewirtschaftet werden kann.

- Gaskesselanlage
- Grundlastabdeckung durch thermisch aktivierte Decken (TAD)
- Zusätzliche Lastabdeckung durch die Konditionierung der Zuluft
- Bürozonieren als Zuluftbereiche, zentrale Flächen als Abluftbereiche
- Energierückgewinnung aus der Abluft im Sommer und Winter
- Natürliche Be- und Entlüftung der Bürobereiche über Fensterlüftung in der Übergangszeit
- Thermische Pufferwirkung der Doppelfassade



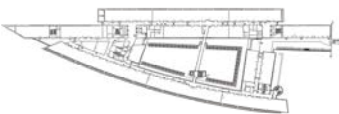
Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutsche Messe Hannover

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	101DMH				
Bezeichnung	Deutsche Messe Hannover				
Nutzung	Bürogebäude				
Klassifizierung	Neubau				
Standort	Messeturm / Messegelände 30512 Hannover				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	1997-1999				
Arbeitsplätze	250				
Mitarbeiter	238				
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	20 Obergeschosse; 1 Untergeschoss				
mittlere Raumhöhe	2,79	[m]			
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRauminhalt	BRI	k.A.	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	13.586	[m ²]	15.288 (um die Fläche der Doppelfassaden ergänzt)	
NettoGrundFläche	NGF	12.259	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	7.444	[m ²]		
Eigentümer	Deutsche Messe Hannover				
Betreiber	Deutsche Messe Hannover				
Nutzer	Deutsche Messe Hannover				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	Herzog und Partner				
Energiekonzept	Design Flow Solutions, Arrington GB				
TGA-Planung	Ing. Büro Hausladen				
<i>Bauphysik</i>					
Tragwerksplanung/Statik	Sailer Stephan und Partner				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,26	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	558.307	[kWh/(a)]			
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: Holzkonstruktion	Fenster: U _w = 1,4 W/m ² K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 60 %		
		Sekundärfassade: eingeschossiger, belüfteter Korridor, Wärmeschutzglas, Lüftungslamellen	Fenster: U _w = 1,4 W/m ² K g-Wert 0,58 [-]		
	Erschließungs- türme	segmentierte Ziegelelemente	k.A.		
<i>Endenergie</i>					
Wärme	-	1.550	-	114	6.200
Elektrische Energie	-	886	-	65	3.544
<i>Primärenergie</i>					
Wärme	1,1	1.705	39%	126	6.820
Elektrische Energie	3,0	2.658	61%	196	10.632
gesamt		4.363	100%	322	17.452
<i>Veröffentlichungen:</i>					

Primärenergie-	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)				
faktoren	absolut	Anteil	spezifisch BGF	spezifisch AP	
[-]	[MWh/a]	[%]	[kWh/(m ² _{BGF} *a)]	[kWh/(AP*a)]	
Wärme	1.550	-	114	6.200	
Elektrische Energie	886	-	65	3.544	
Wärme	1.705	39%	126	6.820	
Elektrische Energie	2.658	61%	196	10.632	
gesamt	4.363	100%	322	17.452	



Luftbild



Grundriss 1.OG



Nordansicht Fassade



Ecksituation Neanderstr.

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutscher Ring, Hamburg

Standort und Baukörper

Die Versicherungsgesellschaft Deutscher Ring besetzt mit dem im April 1996 fertiggestellten Neubau die städtebauliche Spitze zwischen Ludwig-Erhard-Straße und Neuer Steinweg. Der keilförmig nach Westen zulaufende Neubau, ist 160 m lang, 55 m breit und 33 m hoch. Die Nord- und Ostspange sind als Zweibund ausgeführt, die gebogene Südspange als Einbund. Zusammen umschließen sie einen großzügig angelegten Innenhof, der von einer mehrgeschossigen Brückenkonstruktion überspannt wird. Die Dachflächen des Gebäudes sind extensiv begrünt. Zwei Treppenhaus-/Aufzugskerne an der ca. 100 m langen Achse erschließen das Gebäude. Der geschlossene Verbindungsgang, der den Hof überspannt, hält die internen Wege kurz. Die Anbindung an das Hochhaus erfolgt über eine mehrgeschossige Brückenkonstruktion. Neben den Bürobereichen in den Regelgeschossen und dem Staffelgeschoss, befinden sich im Erdgeschoss des Gebäudes Konferenzräume und ein Teil der insgesamt fünf Ebenen umfassenden Parkgarage. Die Untergeschosse im westlichen Teil sowie Teilbereiche des Erdgeschosses bieten Platz für das Rechenzentrum. Technik-/ Lüftungszentralen befinden sich sowohl im Untergeschoss als auch auf dem Dach.

Eigentümer und Nutzer der siebengeschossigen Spitzenbebauung ist die Versicherungsgesellschaft Deutscher Ring.

Fassadenkonzept

Nach Norden, Osten und Westen erscheint die gedämmte Stahlbetonkonstruktion als Lochfassade, die mit hinterlüfteten roten Natursteinplatten verkleidet ist. Die Fenster bestehen aus thermisch getrennten weiß lackierten Aluminiumprofilen. Der südliche Riegel der Spitze hebt sich durch die gebogene Form und weiße Natursteinplatten vom Gebäude ab. Die Fassade (Primärfassade) der vier Bürogeschosse besteht aus einer Pfosten-Riegel-Konstruktion. Zum verbesserten Schallschutz gegen den Straßenlärm wurde diese Fassade doppelschalig ausgebildet. Die mehrgeschossige Doppelfassade (Sekundärfassade) besteht aus punktgehaltenen Glasscheiben.

Der Vorhang aus Einscheibensicherheitsglas (ESG) ist unten und oben zur Hinterlüftung geöffnet, die Seiten der Fassade sind geschlossen.

Die Gläser sind aus Sicherheitsgründen mit einer Folie verstärkt. Geschossweise führt ein Wartungsgang aus Gitterrosten zwischen Primär- und Sekundärfassade entlang. Das Staffelgeschoss wird durch feststehende, auskragende Lamellen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt.

Bürokonzept

Die Büroräume, im wesentlichen Großraumbüros, sind nach außen offen und transparent gestaltet. Aufgrund der Vollklimatisierung sind die Fenster nicht zu öffnen. Die Trennwände der Büros untereinander sind opak, die zum Flur als Schränke ausgebildet.

Der Sonnen- und Blendschutz ist rauminnenseitig als manuell bedienbares Rolllösch ausgeführt. Die Büros werden über statische Heizflächen im Brüstungsbereich mit Wärme versorgt. Das Kunstlicht ist als Komponentenbeleuchtung mit abgedoppelten Deckenleuchten zweireihig und einer Reihe Einbauleuchten ausgeführt. Die fensterseitige Leuchtenreihe wird tageslichtabhängig gesteuert. Die Büros sind vollklimatisiert. Ganzjährig gelangt die Zuluft über Quellaftauslässe in den Schranksockeln in die Büros. Die Abluft strömt im Fassadenbereich in Spalte der Einbauleuchten, die als Abluftöffnungen genutzt werden. Kühldecken unterstützen die Klimatisierung der Räume im Sommer.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an die Fernwärmeversorgung der HEW
- Vollklimatisierung der Büro- und Konferenzräume
- Wärmerückgewinnung aus Abluft
- Zu- und Abluftanlagen für Sanitärbereiche und Serverräume
- innenliegendes Sonnen- und Blendschutzrollo
- abgehängte Decken/ Kühldecken
- Doppelboden
- Dachbegrünung zur dezentralen Retention
- Doppelfassade:
 - Vorhangdoppelfassade mit Hinterlüftung
 - Doppelfassade zum Schallschutz (Südseite)



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutscher Ring, Hamburg

Allgemeines

Objektkennziffer
Bezeichnung
Nutzung
Klassifizierung
Standort
Baujahr (Nutzungsbeginn)
Arbeitsplätze
Mitarbeiter

009DRH
Deutscher Ring, Hamburg
Bürogebäude
Neubau
Ludwig-Erhard-Str. 22
20459 Hamburg
1996
755
k.A.

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)
mittlere Raumhöhe

6+1/2

2,50 [m]

Flächen und Volumen

BruttoRaumInhalt
BruttoGrundFläche
NettoGrundFläche
HauptNutzFläche

BRI 110.168 [m³]
BGF 29.300 [m²]
NGF 25.491 [m²]
HNF 15.676 [m²]

Eigentümer
Betreiber
Nutzer

Versicherungs Ag Deutscher Ring, Hamburg
Versicherungs Ag Deutscher Ring, Hamburg
Versicherungs AG Deutscher Ring, Hamburg

Planungsteam

Architektur
Energiekonzept
TGA-Planung
Bauphysik
Tragwerksplanung/Statik

v. Bassewitz, Patschan, Hupertz, Limbrock GmbH, Hamburg
k.A.
Heinze, Stockfisch, Grabe und Partn. Hamburg
Taubert und Ruhe, Halstenbeck
Gemeinschaft beratender Ingenieure Dres, Windels, Timm, Morgen, Hamburg

Energiekennwerte

A/V - Verhältnis
Jahresheizwärmebedarf

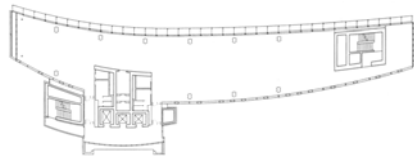
0,26 [m⁻¹]
1.277.821 [kWh/a]

Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
Doppelfassade, Südseite	Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion	Fenster: U _w = 2,2 W/m ² K Brüstung: U _{AW} = 0,4 W/m ² K
		Verglasungsanteil > 45 %
	Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	Verglasung: ESG, folienverstärkt
Bürofassade, einschalig, Nord-, Ost- und Westseite	Lochfassade	Fenster: U _w = 2,2 W/m ² K Außenwand: U _{AW} = 0,39 W/m ² K

Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)				
	absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]	
Wärme	2.225	-	76	2.947	
Elektrische Energie	4.248	-	145	5.626	
Primärenergie					
Wärme	1.558	11%	53	2.063	
Elektrische Energie	12.744	89%	435	16.879	
gesamt	14.302	100%	488	18.942	

Veröffentlichungen:



Regelgrundriss



Westfassade



Ostfassade

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Hauptverwaltung der GSW, Berlin

Standort und Baukörper

Die Gebäude der Hauptverwaltung der Gemeinnützigen Siedlungs- und Wohnungsbaugesellschaft mbH (GSW) befinden sich an der Kochstrasse 22.

Die neuen Verwaltungsbauten ergänzen ein vorhandenes Bürogebäude aus den 50er Jahren. Bei dem untersuchten Gebäudeteil handelt sich um ein 22-geschossiges Hochhaus mit sichelförmigem Grundriss. Der Grundriss verjüngt sich zu den Enden, so dass pro Etage ca. 840 m² Bruttogeschossfläche, bzw. 750m² Nutzfläche zur Verfügung stehen.

Die Etagen des Hochhauses werden hauptsächlich als Büro genutzt. Zurzeit sind etwa 70% des Gebäudes belegt/ vermietet. In den oberen 2 Etagen befindet sich die Lüftungs- und Klimatechnik für das gesamte Gebäude.

Eigentümer und Betreiber des

Verwaltungsgebäudes ist zur Zeit die GSW Berlin, die zehn der 20 Etagen mit eigenen Büroräumen nutzt.

Fassadenkonzept

In Abhängigkeit von der Orientierung sind drei Fassadentypen zu unterscheiden. Zwei unterschiedliche Doppelfassadentypen auf der Ost- und Westseite, und die einschaligen Fassaden im Norden und Süden.

Die Westfassade wird durch eine gebäudehohe Mehrgeschosfassade gebildet. Lüftungsklappen am unteren und oberen Ende ermöglichen eine komplette Hinterlüftung des insgesamt 71 m hohen Fassadenzwischenraums. Durch Öffnung der Bürofenster können die Geschosse entlüftet werden.

Im Fassadenzwischenraum sind geschosshohe, farbige Vertikallamellen aus gelochtem Blech zur Verschattung der Büroräume installiert. Die Ostfassade ist als Kastenfassade konzipiert. Ein Feld besteht aus jeweils einem ca. 30 cm tiefen Kastenfenster, einem opaken Brüstungs- und einem Lüftungselement, das in besonderer Weise schalldämmend ausgebildet wurde. Nord- und Südfassade sind als einschalige Pfosten-Riegel- Konstruktionen in gleicher Weise wie die Primärfassade der Westseite ausgebildet. Jede Fassade des Gebäudes besitzt einen hohen Glasanteil mit Sonnenschutz, der bei den Doppelfassaden im Zwischenraum und im Süden außen als starre Verschattungslamellen angebracht ist. Ein innen liegender Lamellenbehang dient im Norden als Blendschutz.

Bürokonzept

Der offene Grundriss der Regeletage ermöglicht die Realisierung unterschiedlicher Bürokonzepte, vom Großraumbüro bis zum Einzelbüro sind alle Varianten verwirklicht.

Das offene Erscheinungsbild und der hohe Glasanteil sollen zusammen mit der geringen Gebäudetiefe zu einer hohen Ausnutzung des Tageslichtanteils beitragen. Der Sonnenschutz in der Doppelfassade im Westen wird strahlungsabhängig gesteuert und kann manuell mittels Taster übersteuert werden. Ein Lochanteil von 18% ermöglicht selbst bei vollständig geschlossenen Paneelen einen Bezug nach außen.

Der Einsatz von Lüftungsanlagen wird auf ein Minimum begrenzt. Zu ca. 70% des Jahres soll ganz auf die mechanische Lüftung verzichtet werden. Tagsüber wird die natürliche Lüftung über den Sog in der Abluffassade gewährleistet. Die Nachtlüftung wird durch den Venturi-Flügel unterstützt. Zur Aktivierung von Speichermassen ist die Decke in den Büros unverkleidet.

Ein angenehmes Raumklima soll im Falle der natürlichen Lüftung über nächtliche Querlüftung und Auskühlung gewährleistet werden. Reicht dies nicht aus, kann gekühlte Zuluft über die mechanische Lüftung eingeblasen werden. Die Zuluft strömt über Luftauslässe im Doppelboden. Die Kühlung der Zuluft erfolgt zentral in der DEC-Anlage.

Die Heizung erfolgt im Winter über die statischen Heizflächen im Fassadenbereich. Zusätzlich wird erwärmte Zuluft durch den Boden eingebracht. Die Abluftöffnungen befinden sich in Fassadennähe. Von hier wird die verbrauchte Luft der Wärmerückgewinnung im 21.OG zugeführt.

Energiekonzept

- Fernwärmeanschluss an das EAB (Energie Agentur Berlin) -Fernwärmenetz
- Natürliche Be- und Entlüftung der Bürobereiche über den thermischen Auftrieb in der Doppelfassade (Abluffassade)
- Venturi-Flügel zur Unterstützung des Kamineffektes
- Orientierungsangepasste Fassadengestaltung
- Geringe Gebäudetiefe zur Reduktion des Kunstlichteinsatzes
- Zu- und Abluftanlage mit WRG
- Desiccant- Cooling System
- Wärmerückgewinnung aus der Abluft im Winter



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Hauptverwaltung der GSW, Berlin

Allgemeines

Objektkennziffer 103GSW
 Bezeichnung GSW
 Nutzung Büro- und Verwaltungsgebäude
 Klassifizierung Ergänzung eines vorhandenen Bürogebäudes
 Standort Kochstr. 22
 Berlin

Baujahr (Nutzungsbeginn) 600
 Arbeitsplätze k.A.
 Mitarbeiter

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch) 22-geschossiges Hochhaus, dreigeschossiger Flachbau, mit aufgesetztem dreigeschossigen Rundbau
 mittlere Raumhöhe 2,75 [m]

Flächen und Volumen

BruttoRauminhalt BRI 600.40,81 [m³]
 BruttoGrundFläche BGF 16.208 [m²]
 NettoGrundFläche NGF 14.204 [m²]
 HauptNutzFläche HNF 9.058 [m²]

Eigentümer GSW Berlin
 Betreiber GSW Berlin
 Nutzer GSW Berlin

Planungsteam

Architektur Sauerbruch und Hutton
 Energiekonzept Ove Arup
 TGA-Planung Arge ARUP GmbH Berlin / Ingenieurgemeinschaft Höpfner mbH Berlin
 Bauphysik Prof. Rahn, Potsdam
 Tragwerksplanung/Statik Arge ARUP GmbH Berlin / Ingenieurgemeinschaft Höpfner mbH Berlin
 Berater: Prof. Mehlhorn, Berlin

Energiekennwerte

A/V - Verhältnis 0,27 [m⁻¹]
 Jahresheizwärmebedarf 14 [kWh/m³a]

Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
Vorhangfassade Westen	zweischalig; Elementbauweise	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K
Fassade, einschalig Norden	Pfosten-Riegel Konstruktion	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K
Kastenfenster Osten	innen Elementfassade; außen Pfosten-Riegel Konstruktion	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K
Fassade, einschalig Süden	Pfosten-Riegel Konstruktion	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K

Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)			
	absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]
Wärme	0		0	0
Elektrische Energie	1.303		80	2.172
Primärenergie				
Wärme	0,7	0%	0	0
Elektrische Energie	3,0	100%	241	6.515
gesamt	3.909	100%	241	6.515

Veröffentlichungen:



Blick in die Doppelfassade



Ostfassade eines Büros



Fassadenzwischenraum

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Price Waterhouse Coopers, Berlin

Standort und Baukörper

Der keilförmige Büroturm B1 bildet den nördlichen Abschluss des Baublocks B zwischen der ‚Alten Potsdamer Straße‘ und der Linkstraße. 1998 wurde das Gebäude fertig gestellt und an die Price Waterhouse Cooper AG (PWC) vermietet. Insgesamt 17 Bürogeschosse erheben sich über der umlaufenden Arkade, nach Osten und Westen schließt je ein sechs geschossiger Riegel an, der zusammen mit dem Südflügel einen kleinen Innenhof bildet. Das 6. OG öffnet den Innenhof zum Weinhaus Huth. Das 18. Obergeschoss bietet Platz für Technikzentralen und Aufzugüberfahrten. Vier Untergeschosse nehmen eine Tiefgarage, Technik und Lagerräume auf. Der Haupteingang des Gebäudes wird durch ein großes Vordach betont. Von der Spitze aus gelangt man in die zu zwei Seiten komplett verglaste Eingangshalle. Fünf Aufzüge erschließen die Obergeschosse. Die südlichen Bürobereiche können über einen dritten Zugang von der ‚Alten Potsdamer Straße‘ erschlossen werden. Auf jeder Etage gibt es natürlich belichtete und belüftete Empfangsbereiche.

Fassadenkonzept

Als Bestandteil des Komfortkonzeptes für die Büros im Hochhaus hat das Gebäude B1 eine zweischalige Hülle. Eine natürliche Be- und Entlüftung über die Fassade wird ermöglicht. Hochtransparente Lamellen aus Weißglas bilden die äußere Haut der Doppelfassade. Im Fassadenzwischenraum ist ein Sonnenschutz/ Lamellenbehang installiert. Der südliche Teil des Turm sowie die angrenzenden Riegel haben eine einschalige Fassade, die mit sandfarbenen Tonziegeln verkleidet sind. Der Büroturm hat auf seiner Ost- und Westseite eine Doppelfassade. Witterungsunabhängig wird eine natürliche Lüftung der Büros ermöglicht, eine ständige mechanische Belüftung kann vermieden werden. Drehbare Glaslamellen unterstützen die horizontale Gliederung der Fassade und sorgen für eine maximale Belüftung des Fassadenzwischenraums. Der sich aus der Grundrissform ergebende spitz zulaufende Büroraum nach Süden hat eine glättflächige äußere Haut. Die Hinterlüftung erfolgt über Fugen in der Glashülle.

Der Abstand von Primär- und Sekundärfassade variiert zwischen 65 bis 80 cm. Typologisch als Korridorfassade konstruiert ist der Fassadenzwischenraum jeweils pro Geschoss geschottet.

Bürokonzept

Der Grundriss lässt eine Nutzung mit Zellen-, Kombi- und Großraumbüros zu. Jedes Geschoss kann in drei Mietbereiche geteilt werden. Der durch das gleichschenklige Dreieck im Grundriss aufgespannte Kern nimmt Nebenfunktionen und Sanitärräume auf. Die Büroräume orientieren sich entlang der Ost- und Westfassade nach außen. Fensterflügel in der Primärfassade sind bis hinauf ins 17. Obergeschoss zur freien Lüftung vom Nutzer zu öffnen. Weiße Wände stehen im Kontrast zur Einrichtung aus Holz. Die Trennwände zu Nachbarbüros und zum Flur sind opak. Die Funktionen Raumlüftung, Heizung/ Kühlung lassen sich über ein Thermostat beeinflussen. Ganzjährig gelangt die Zuluft über die Fassade in die Büros. Die Abluft strömt zur Wärmerückgewinnung in die Skygärten. Die Betonkernaktivierung unterstützt die Klimatisierung der Räume im Sommer und deckt die Grundlast der Beheizung im Winter.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an das Fernwärme- und kältenetz der BEWAG
- Mechanische Lüftung, Zu- und Abluft mit WRG, für alle Büros
- Kühldecke für alle Büro- und Besprechungsräume
- Natürliche Belüftung über die Fassade möglich
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum
- Korridorfassade (Schottung pro Geschoss)
- Drehbare Glaslamellen zur Belüftung des Fassadenzwischenraums
- Südspitze des Gebäude glattflächig verglast
- Doppelfassade zum Wind-, Regenschutz
- verbesserte Verfügbarkeit des Sonnenschutzes
- Fassade als städtebauliches Argument der Spitze zum Potsdamer Platz

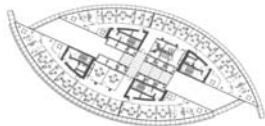


Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Price Waterhouse Coopers - Berlin

<i>Allgemeines</i>			
Objektkennziffer	104PWC; B1		
Bezeichnung	Price Waterhouse Coopers		
Nutzung	Bürogebäude		
Klassifizierung	Neubau		
Standort	Potsdamer Platz Nr. 3 10875 Berlin		
Baujahr (Nutzungsbeginn)	1997-2000		
Arbeitsplätze			
Mitarbeiter			
<i>Baukörper</i>			
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	18 Obergeschosse, 4 Untergeschosse		
mittlere Raumhöhe	3,75	[m]	
<i>Flächen und Volumen</i>			
BruttoRauminhalt	k.A.	[m ³]	
BruttoGrundFläche	BGF 21.298	[m ²]	
NettoGrundFläche	NGF 18.466,29	[m ²]	
HauptNutzFläche	HNF 9.914,07	[m ²]	
Eigentümer	Daimler-Benz u. Co `Regina`		
Betreiber	debis Immobilienmanagement		
Nutzer	Price Waterhouse Cooper AG		
<i>Planungsteam</i>			
Architektur	Planungsgemeinschaft Renzo Piano Building Workshop; Christoph Kohlbecker		
Energiekonzept	Müller BBM, Berlin		
TGA-Planung	Schmidt, Reuter, Partner		
Bauphysik	Müller BBM, Berlin		
Tragwerksplanung/Statik	Ingenieurbüro IBF Dr. Falkner GmbH		
<i>Energiekennwerte</i>			
A/V - Verhältnis	0,187	[m ⁻¹]	
Jahresheizwärmebedarf	k. A.	[kWh/a]	
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
	Doppelfassade	Primärfassade:	Fenster:
	Ost- und Westseite	Loch-/ Bandfassade	U _w = 1,8 W/m ² K
			Außenwand:
			U _{AW} = 0,31 W/m ² K
			Verglasungsanteil
			64-75 %
		Sekundärfassade:	
		eingeschossige, hinterlüftete	
		Korridorfassade, drehbare Glaslamellen	
	Einschlaige	Lochfassade mit	Verglasung:
	Fassade	Vorhangschale aus	2 - 6 mm VSG
		Tonziegel	
	Primärenergie-	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)	
	faktoren	absolut	Anteil
	[-]	[MWh/a]	[%]
			spezifisch BGF
			spezifisch AP
			[kWh/(m ² _{BGF} *a)]
			[kWh/(AP*a)]
<i>Endenergie</i>			
Wärme			
Elektrische Energie			
<i>Primärenergie</i>			
Wärme	k.A.		
Elektrische Energie			
gesamt			
<i>Veröffentlichungen:</i>			



Ansicht Süd



Regelgrundriss



Fassadenzwischenraum



schwengbare Lüftungsclappen

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Posttower, Bonn

Standort und Baukörper

Die Hauptverwaltung der Deutschen Post AG wurde im Frühjahr 2003 fertiggestellt. Großzügige Treppen und Rampen und eine offene überdachte Passage schaffen den Übergang zwischen Kurt-Schumacher-Straße und den Rheinauen. Das vom Architekten Helmut Jahn entworfene Gebäude hat die Form von zwei zueinander versetzten Ellipsenhälften. 40 Stockwerke erreichen eine Höhe von 162 m und schließen mit zwei Penthousegeschossen für den Vorstand ab. Der Neubau bietet in etwa 1.500 Büros Platz für ca. 2.000 Mitarbeiter. Im Sockelgebäude sind Cafeteria, Sitzungs- und Konferenzeinrichtungen untergebracht. Fünf Untergeschosse bieten Platz für Tiefgarage, Technik und Lager. Darüber hinaus befindet sich im 20.OG ein Technikgeschoss.

Die viergeschossige Eingangshalle befindet sich im „Spalt“ des Gebäudes, der von den ovalen Ellipsenhälften gebildet wird. Gläserne Böden unterteilen diesen Zwischenraum in neungeschossige Skygärten. Sie bieten Platz für Kommunikationsbereiche und erhöhen durch die vollverglaste Seiten die Transparenz des Gebäudes. Durch die Einbündelanlage haben alle Büroräume gleichwertigen Außenbezug. Der Flur folgt der Krümmung der Ellipse, die zentralen Bereiche stehen für Nebenräume, Installationen und Fluchtwege zur Verfügung.

Fassadenkonzept

Als Bestandteil des Komfort- und Energiekonzepts hat der Post Tower eine zweischalige Hülle, komplett aus Glas. Windmispült ergibt sich im Gebäude eine ausgeglichene Luftbewegung durch die verschiedenen Fassadenschichten und -räume. Das Gebäude wird ganzjährig über den Luftraum der Doppelfassade belüftet. Glas vom Boden bis zur Decke optimiert den Tageslichteinfall.

Im Bereich der Skygärten bildet eine einschalige Konstruktion den Raumabschluss. Die typische Büroetage wird über den Luftraum der zweischaligen Fassade mit frischer Zuluft versorgt, die innenliegenden Skygärten dienen als Abluftsammler.

Als Vorteil der Gebäudeform (zwei zueinander verschobene Ellipsen) soll die Abminderung von Druckspitzen im Zwischenraum der Doppelfassade durch Querströmung unterstützt werden.

Bürokonzept

Die Büroräume, im wesentlichen Ein- bzw. Zweiraumbüros, orientieren sich entlang der gebogenen Fassaden nach außen. Gläserne Trennwände zu Nachbarbüros und zum Flur bieten ein Maximum an Transparenz und Helligkeit.

Fensterflügel in der Primärfassade bis hinauf ins 40. Geschoss geben dem Nutzer die Möglichkeit der freien Lüftung. Ansonsten strömt die Luft über die Unterflurkonvektoren weiter in den Turm. Je nach Lichteinfall wird automatisch der Stand der Jalousien korrigiert.

Reicht die natürliche Beleuchtung nicht aus, schaltet sich die elektrische Beleuchtung ein. Alle Funktionen lassen sich neben Lüftung, Heizung und Kühlung manuell übersteuern.

Die Büros werden natürlich belüftet. Ganzjährig gelangt die Zuluft über Fassade in die Büros. Die Abluft strömt zur Wärmerückgewinnung in die Skygärten. Die Betonkernaktivierung unterstützt die Klimatisierung der Räume im Sommer und deckt die Grundlast der Beheizung im Winter.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an das Fernwärmenetz der Stadt Bonn (SWB)
- Grundwassernutzung zur natürlichen Kühlung
- Dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz- und Kühlfunktion
- Vorhangdoppelfassade (alle neun Geschossen geschottet) zum Wind-, Regen- u. Schallschutz
- Abminderung von Druckspitzen durch Querströmung im Fassadenzwischenraum
- Natürliche Belüftung aller Büros
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum
- Klimatisierung der Konferenzräume
- Betonkerntemperierung
- Zwei Kältemaschinen für die RLT Anlagen, im Wärmepumpenbetrieb für die zum Beheizen Betonkernaktivierung
- Abluft zur Wärmerückgewinnung in die Skygärten
- Südfassade zur besseren Durchlüftung geschindelt
- Nordfassade glattflächig



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Posttower, Bonn

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	106POT				
Bezeichnung	Posttower, Konzernzentrale Deutsche Post AG				
Nutzung	Bürogebäude				
Klassifizierung	Neubau				
Standort	Kurt Schumacher Straße				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	2002				
Arbeitsplätze	2000				
Mitarbeiter	k.A.				
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	41 Obergeschosse, 5 Untergeschosse				
mittlere Raumhöhe	2,85	[m]			
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRaumInhalt	BRI	k.A.	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	117.902	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	102.575	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	64.267	[m ²]		
Eigentümer	Deutsche Post AG				
Betreiber	Deutsche Post AG				
Nutzer	Deutsche Post AG				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	Murphy und Jahn, Chicago / USA				
Energiekonzept	Transsolar Energietechnik GmbH , Stuttgart				
TGA-Planung	Brandi Consult, Köln - Berlin				
Bauphysik	Horstmann u. Berger				
Tragwerksplanung/Statik	Werner Sobek Ingenieure				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,13	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	13	[kWh/m ³ a]			
Mittlere U-Werte	Fassade		Konstruktion		Verglasungsqualität (U-, g-, τ -Wert)
	Vorhangdoppel- fassade, Nord- und Südseite		Primärfassade: geschossshohe Elementfassade		Verglasung: U _v = 1,2 W/m ² K U _w = 1,4 W/m ² K g-Wert 0,59 [-] Verglasungsanteil > 90 %
			Sekundärfassade: neugeschossige hinterlüftete Vorhangfassade		Verglasung: 2 - 8 mm VSG
	Glasfassade, einschalig	Fassade: Postenriegel-Konstruktion		Fenster: U _w = 2,6 W/m ² K g-Wert 0,80 [-]	
<i>Endenergie</i>					
Wärme	-	5.701	-	48	2.851
Elektrische Energie	-	14.657	-	124	7.329
<i>Primärenergie</i>					
Wärme	0,7	3.991	8%	34	1.995
Elektrische Energie	3,0	43.971	92%	373	21.986
gesamt		47.962	100%	407	23.981
<i>Veröffentlichungen:</i>					



städttebaulicher Kontext



Blick in ein Büro

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Bürogebäude Neumühlen IV - Hamburg

Standort und Baukörper

Das Gebäude Neumühlen IV wurde 2002 in Hamburg an der Elbe errichtet. Das U-förmige Bürogebäude ist auf ein neu errichtetes, lang gestrecktes Polderbauwerk aufgesetzt. Der Eingang liegt auf der Nordseite des Gebäudes im Polder, in dem sich auch die Tiefgarage befindet. Der Baukörper öffnet sich mit 5 Geschossen nach Süden zur Elbe hin. Die oberen 4 Geschosse kragen ca. 10 m über den Polder aus. Auf der Nordseite ist ein Gebäudekern angeordnet, der die notwendigen Treppenhäuser, Serviceräume und ein vom Eingangsfoyer aufgehendes repräsentatives Treppenhaus umfasst. Zur Zeit sind in den genutzten Geschossen an den Ost-/Westseiten jeweils Zellenbüros angeordnet. Die Innenseiten der U-Form sind zu Großraumbüros zusammengefasst.

Eigentümer des Gebäudes ist die Neumühlen Grundstücksverwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG. Es wird seit September 2002 vom Generalmieter, der Rickmers Reederei GmbH & Cie. KG, in den oberen 3 Geschossen mit ca. 140 Mitarbeitern genutzt und ist damit zu ca. 60 % belegt.

Fassadenkonzept

Das Gebäude ist mit Ausnahme des Treppenhauses auf der Nordseite von einer Doppelfassade umschlossen. Die ca. 50 cm tiefe Konstruktion wurde als Korridorfassade mit nur wenigen vertikalen Schotts ausgeführt. Sie besteht aus einer Aluminiumrahmenkonstruktion mit Schiebeflügeln auf der Innenseite in jedem zweiten Feld, einem aus rot/silber-eingefärbten Vertikal-Lamellen bestehenden Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum und einer außenliegenden Festverglasung. Außen befinden sich umlaufend vor den Geschossdecken Blechkanäle, in denen Lüftungsöffnungen zum Fassadenzwischenraum angeschlossen sind.

Bürokonzept

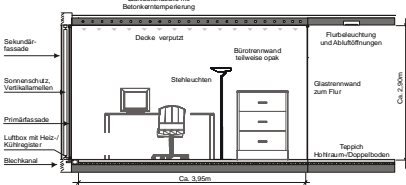
Die Büroräume sind offen und transparent gestaltet. Die Trennwände sind teilweise, die Trennwände zum Flur einschließlich der Türen vollständig verglast. Bei geschlossenem Sonnenschutz wird der Raumeindruck deutlich von den roten Lamellen dominiert und der Ausblick eingeschränkt.

Energiekonzept

Das Gebäude wird neben dem Netzstrom mit Fernwärme versorgt. Darüber hinaus wird dem Erdreich im Winter über 17 je 100 m tiefe Energiepfähle Wärme entzogen, die mittels einer elektrischen Wasser-Wasser-Wärmepumpe zum Heizen genutzt wird. Zur Kühlung wird im Sommer über die Energiepfähle Wärme aus dem Gebäude ohne zusätzliche Wärmepumpe in das Erdreich geleitet.

Die Wärme-/Kälteübergabe im Gebäude erfolgt in der Grundlast durch eine Bauteiltemperierung in den Geschossdecken und in den Seitenwänden des Treppenhauses auf der Nordseite. Sie wird durch Luftboxen (Lubos) ergänzt, die im Fassadenbereich in den Geschossdecken eingebaut sind. Durch die Lubos strömt Außenluft in das Gebäude und wird durch ein Register beheizt bzw. gekühlt. Das Gebäude wird über zwei zentrale Abluftanlagen für die linke bzw. rechte Gebäudehälfte entlüftet. Die Nachströmung erfolgt über die Lubos. Im Heizfall wird der Abluft mit einer elektrischen Luft-Wasser-Wärmepumpe Wärme entzogen. In der Primärebene der Doppelfassade können zusätzlich Schiebeelemente manuell geöffnet werden.

Ziel der Planung war die Errichtung eines Bürogebäudes mit einem um 20 % niedrigeren Wärmeverbrauch gegenüber konventionellen Gebäude bei gleichwertigem Komfort. Das Gebäude zeichnet sich aus durch einen anspruchsvollen architektonischen Entwurf, eine Doppelfassade und ein schlankes Klimakonzept.



Schnitt durch ein Büro



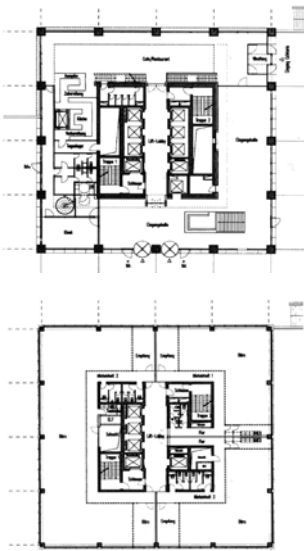
Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Bürogebäude Neumühlen IV - Hamburg

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	008RIC				
Bezeichnung	Bürogebäude der Rickmers Reederei, Hamburg				
Nutzung	Neubau				
Klassifizierung	Neumühlen 19				
Standort	22763 Hamburg				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	2002				
Arbeitsplätze	260				
Mitarbeiter	k.A.				
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	5 / 1 (Tiefgarage im Polderbauwerk)				
mittlere Raumhöhe	3,00 m				
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRauminhalt	BRI	k.A.	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	10.886	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	9.920	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	5.818	[m ²]		
Eigentümer	Neumühlen 4, Grundstücksverwaltungs-Gesellschaft mbH & Co. KG				
Betreiber	k.A.				
Nutzer	Rickmers Reederei GmbH & Cie. KG				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	BRT Architekten Hamburg				
Energiekonzept	k.A.				
TGA-Planung	BFI Ansorg + Horn, Hamburg				
Bauphysik	IB Dr. Binnewies, Hamburg				
Tragwerksplanung/Statik	IB Dr. Binnewies, Hamburg				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,28	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	18,7	[kWh/a]	(ermittelt nach WSchVo'95)		
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: geschoss hohe Elementfassade, Schiebefenster	Verglasung: U _v = 1,1 W/m ² K		
			Verglasungsanteil > 90 %		
		Sekundärfassade: eingeschossige hinterlüftete Korridorfassade, Lüftungslamellen	Verglasung: ESG 8mm		
<i>Endenergie</i>					
Wärme	-	0	-	0	0
Elektrische Energie	-	0	-	0	0
<i>Primärenergie</i>					
Wärme	1,1	38	50%	3	146
Elektrische Energie	1,1	38	50%	3	146
gesamt		76	100%	6	292
<i>Veröffentlichungen:</i>					

Primärenergie- faktoren	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)	Anteil	spezifisch BGF	spezifisch AP
[-]	absolut [MWh/a]	[%]	[kWh/(m ² _{BGF} *a)]	[kWh/(AP*a)]
Wärme	0	-	0	0
Elektrische Energie	0	-	0	0
Wärme	38	50%	3	146
Elektrische Energie	38	50%	3	146
gesamt	76	100%	6	292



Ansicht Süden



Regelgrundrisse

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Allianz Hochhaus; Berlin

Standort und Baukörper

Der Komplex 'An den Treptowers' in Berlin wurde 1998 fertig gestellt. Er besteht aus insgesamt 4 Gebäuden. Alle Angaben beziehen sich jedoch ausschließlich auf das Hochhaus direkt am Ufer der Spree.

Der 125 m hohe Tower wird von der Allianz-Grundstück GmbH vermietet und bietet auf 31 oberirdischen Geschossen Raum für ca. 1000 Arbeitsplätze.

Der Tower hat einen quadratischen Grundriß mit einer Kantenlänge von 32,40m. In der Mitte stehen sich zwei Kerne mit Aufzügen, Treppenhäusern, Sanitäreinrichtungen und Nebenräumen gegenüber, die durch eine Lobby miteinander verbunden sind. Ein umlaufender Flur erschließt die Büroräume auf den einzelnen Etagen. Dies ist in den nebenstehenden Regelgrundrissen zu erkennen.

Technikgeschosse befinden sich in der 11., 21. und 31. Etage. Sie zeichnen sich optisch in der Fassade des Towers ab. Zudem gibt es zwei Untergeschosse, die ebenfalls Raum für Technik bieten.

Fassadenkonzept

Der Tower besitzt zwei unterschiedliche Fassadentypen. Das durch ein kräftiges Fassadenraster gegliederte untere Drittel (Geschosse 1-10) nimmt höhenmäßig die benachbarte Struktur auf. Das großflächige Raster ist als hinterlüftete Natursteinfassade ausgeführt die Rasterflächen selbst sind mit vollverglasten Elementen gestaltet. Ab der elften Etage wirkt die Fassade filigraner und eine Pfosten-Riegel-Konstruktion aus Stahl und Glas bildet die Gebäudehülle.

Dieses Fassadenraster ist in sich noch einmal horizontal gegliedert. Auf ein Glaselement, das die jeweilige Geschoßdecke und ein kurzes Brüstungselement überdeckt, folgen zwei Fensterelemente die zusammen den transparenten Teil der Gebäudehülle bilden.

Die Außenfenster des Gebäudes sind komplett zweischalig ausgeführt. Typologisch handelt es sich um Kastenfenster, die als Abluftfenster funktionieren. Die äußere Scheibe, eine Doppelverglasung aus Verbundsicherheitsglas (VSG), läuft durch, während die innere Scheibe aus Einscheibensicherheitsglas (ESG), je eine Überströmöffnung an der Oberseite hat. Eine manuelle Fensterlüftung ist nicht möglich. Sonnenschutzlamellen befinden sich im ca. 10 cm breiten Fensterzwischenraum. Form und Stellung der Lamellen ermöglichen Lichtlenkung, so daß ein zusätzlicher Blendschutz im Innern nicht nötig ist. Die Regelung der Lamellen erfolgt in Abhängigkeit von den Tageslichtverhältnissen.

Über aktuelle Tageslichtwerte werden in Abhängigkeit von Schattenberechnungen optimale Lichtverhältnisse in den Büros ermittelt und die Lamellenstellung wird zentral geregelt. Darüber hinaus wird der Fassaden- bzw. Fensterzwischenraum (FZR) zur Absaugung der Abluft genutzt. Über Abluftöffnungen im Boden des Kastenfensters und einen Brüstungskanal wird die warme Raumluft im FZR abgesaugt und durch Leitungen im Doppelboden abgeführt. Im Winter wird somit die Auskühlung der inneren Scheibe verhindert und ein Kaltluftabfall vor der Scheibe nahezu unterbunden. Im Sommer wird die erwärmte Luft des FZR abgesaugt, der Wärmeeintrag in den Raum wird verhindert. In jeder Jahreszeit soll so für ein besseres Raumklima erzielt werden und Energie eingespart werden können.

Bedingt durch die Nähe zum Flughafen Tempelhof (ca. 3.5 km) absorbiert die Fassade aus Gründen der Flugsicherheit Radarstrahlen und streut sie so, daß sie auf dem Radarschirm kaum noch Echos zeigen.

Bürokonzept

Durch ein spezielles Trennwandsystem und das gewählte Ausbauraster ist es möglich, je nach Mieterwunsch verschiedene Nutzungseinheiten und Bürokonzepte anzubieten. Die Größe kann jederzeit von Einzelbüros zu Doppel- oder Gruppenbüros variiert werden. Hohlraum- und Doppelböden sowie eine strukturierte Installationsführung lassen unterschiedliche Büronutzungen zu.

Die Büros sind nach außen offen und transparent gestaltet. Aufgrund des gewählten Konzepts (Abluftfenster und Vollklimatisierung) sind die Fenster zum Lüften nicht zu öffnen. Die flexiblen Trennwände zwischen den Büros sind teils opak, teils transparent.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an die Fernwärmeversorgung der BEWAG
- Klimaanlage mit Be- und Entfeuchtung der Büros
- Doppelfassade als Kastenfenster
- Sonnenschutz-Lamellen im Fassadenzwischenraum
- abgehängte Decken/ Kühldecken
- Doppelboden zur Lüftungsführung
- Statische Heizflächen
- Fußbodenheizung (Foyer, Cafeteria, Restaurant)



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Allianz Hochhaus; Berlin

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	109ALH				
Bezeichnung	Allianz Hochhaus Berlin				
Nutzung	Büro-/Verwaltungsgebäude				
Klassifizierung	Neubau				
Standort	Eisenstr. / Hoffmannstr. Berlin				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	1995-1998				
Arbeitsplätze	k.A.				
Mitarbeiter	k.A.				
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	32 Obergeschosse; 11/21/31/32 Technik				
mittlere Raumhöhe	2,6	[m]			
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRauminhalt	BRI	k.A.	[m ³]	beheiztes Bauwerksvolumen gesamt 117543m ³	
BruttoGrundFläche	BGF	33.544	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	31.777	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	21.155	[m ²]		
Eigentümer	Grundstücksgesellschaft am Treptower Park				
Betreiber	Allianz Grundstücks GmbH				
Nutzer	Allianz				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	ASP Schweger&Partner, Gerhard Spangenberg, Reichel&Stauth				
Energiekonzept	k.A.				
TGA-Planung	Brandi Ingenieure, Köln/Berlin				
Bauphysik	Ingenieurbüro Schalm, München				
Tragwerksplanung/Statik	IFB Planungsgruppe Dr. Braschel, Stuttgart/Berlin				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,18	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	11	[kWh/(m ³ a)]			
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Doppelfassade als Kastenfenster, allseitig	Pfostenriegel-Konstruktion, Abluft über Zwischenraum	Verglasung innen: ESG Verglasung außen: U _v = 1,1 W/m ² K g-Wert 0,60 [-] Verglasungsanteil 66 %		
	opake Fassade, einschalig	vorgehängte Natursteinfassade	Außenwand: U _{wA_w} = 0,43 W/m ² K		
	opake Fassade, einschalig	Brüstungselemente als Paneel	Außenwand: U _{AW} = 0,27 W/m ² K		
<i>Endenergie</i>	Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]
Wärme	-	2.225	-	76	2.947
Elektrische Energie	-	4.248	-	145	5.626
<i>Primärenergie</i>	Wärme	0,7	1.558	11%	2.063
Elektrische Energie	3,0	12.744	89%	435	16.879
gesamt			100%	488	18.942



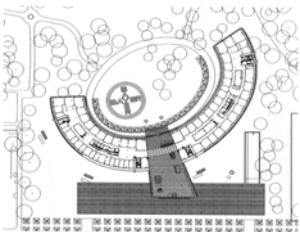
Nordfassade



Flur 3. Obergeschoss



Fassadenzwischenraum



Grundriss Erdgeschoss

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Konzernzentrale der Bayer AG, Leverkusen

Standort und Baukörper

Das Werksgelände von Bayer ist eine „Stadt in der Stadt“. Die neue Konzernzentrale von Helmut Jahn reiht sich als modernes und innovatives Gebäude in die Reihe der Bestandsbauten ein.

Als Ovalsegment öffnet sich das neue viergeschossige Gebäude zum angrenzenden Carl-Duisberg-Park. Zur städtebaulichen Einbindung der Halbellipse verläuft eine transparente Pergola parallel zur Kaiser-Wilhelm-Allee.

Eine gebäudehohe gläserne Eingangshalle gliedert das Gebäude in zwei Flügel unterschiedlicher Größe. Freitreppen und Panoramaaufzüge erschließen die drei Obergeschosse, wobei das 3. OG dem Vorstand vorbehalten ist. In zwei Untergeschossen sind Tiefgarage und Haustechnik untergebracht.

Die Konzernzentrale ist Sitz des Vorstandes der Bayer AG

Fassadenkonzept

Als Bestandteil des Komfort- und Energiekonzepts besitzt das Gebäude eine zweischalige Hülle, komplett aus Glas. Die Doppelfassade ermöglicht die natürliche Belüftung. Lediglich die großzügige Eingangshalle ist einschalig konstruiert. Die Stirnseiten des Gebäudes erhalten durch ein Gewebe aus Edelstahl je nach Perspektive einen semitransparenten bis geschlossenen Charakter. Die Transparenz von innen nach außen bleibt bewahrt. Anpassungsfähig und regulierbar soll das Fassadenkonzept natürliche Belüftung und Belichtung maximalen Komfort bei einem Minimum an Technik erreichen. Eine geschoßhohe Verglasung optimiert den Tageslichteinfall. Das Dach, eine Stahlleichtbaukonstruktion, ist mit einem angepasst radialen Raster gedeckt. Die Dacheindeckung besteht aus teils opaken, teils transparenten Paneelen und lässt so an definierten Stellen den Einfall von Tageslicht zu. Durch den Grad des Öffnungsanteiles wird mit geschlossenen oder transparenten Flächen einer Überhitzung entgegengewirkt und gleichzeitig der Anteil an Kunstlicht verringert. Über der Eingangshalle befindet sich bedruckte Überkopfverglasung, womit der Wärmeeintrag reduziert werden soll.

Neben einer natürlichen Klimatisierung waren größtmögliche Transparenz und Leichtigkeit ein gestalterisches Ziel für das Gebäude. Zu diesem Zweck wurde die äußere Hülle der zweischaligen Glasfassade über Kragarme und Zugstäbe vom Dach abgehängt.

Bürokonzept

Die Büroräume orientieren sich in einer Zweibundanlage mit Ein- bzw. Zweiraumbüros entlang der gebogenen Fassaden nach Norden und Süden. Raumhohe Verglasungen bieten ein Optimum an Transparenz und Außenbezug. Fensterflügel in der Primärfassade geben dem Nutzer die Möglichkeit zur freien Lüftung. Sonnenschutzvorrichtungen wie der Lamellenbehang und das innenliegende Blendschutzrollo sowie die Beleuchtung und die Fensterflügel lassen sich für jedes Büro elektrisch bedienen.

Die Abluft wird gesammelt und strömt zur Wärmerückgewinnung in die Eingangshalle. Die Betonkernaktivierung unterstützt die Klimatisierung der Räume im Sommer und deckt die Grundlast der Beheizung im Winter.

Energiekonzept

- Doppelfassade zum Wind-, Regen- und Schallschutz
- Sonnenschutzlamellen im Fassadenzwischenraum
- Südfassade zur besseren Durchlüftung geschuppt
- Nordfassade glattflächig
- natürlichen Belüftung aller Büro- und Besprechungsräume möglich (Besprechungsräume mit erhöhtem Luftwechsel)
- Dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz- und Kühlfunktion (Gerätebestandteile: u.a. Rückschlagklappe, Schalldämpfer, Wärmetauscher, Verkabelung und Verteilerbox)
- Abluft zur Wärmerückgewinnung in Eingangshalle
- Anschluss des Gebäudes an das Nahwärmenetz des Werksgebietes
- Betonkernaktivierung zur Deckung der Grundlasten (Heizen/Kühlen)
- Kältemaschine für die RLT Anlagen
- zusätzlich Kühldecken im 3. OG



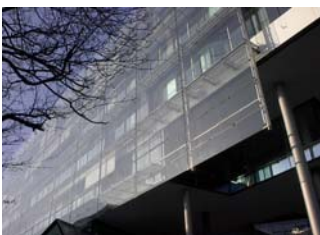
Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Konzernzentrale der Bayer AG, Leverkusen

<p><i>Allgemeines</i></p> <p>Objektkennziffer Bezeichnung Nutzung Klassifizierung Standort</p> <p>Baujahr (Nutzungsbeginn) Arbeitsplätze Mitarbeiter</p> <p><i>Baukörper</i></p> <p>Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch) mittlere Raumhöhe</p> <p><i>Flächen und Volumen</i></p> <p>BruttoRaumInhalt BruttoGrundFläche NettoGrundFläche HauptNutzFläche</p> <p>Eigentümer Betreiber Nutzer</p> <p><i>Planungsteam</i></p> <p>Architektur Energiekonzept TGA-Planung</p> <p>Bauphysik Tragwerksplanung/Statik</p> <p><i>Energiekennwerte</i></p> <p>A/V - Verhältnis Jahresheizwärmebedarf</p> <p>Mittlere U-Werte</p>	<p>110BAY Konzernzentrale Bayer AG, Leverkusen Bürogebäude Neubau Building W11 51368 Leverkusen 2003 275</p> <p>4 Obergeschosse / 2 Untergeschosse</p> <p>2,85 [m]</p> <p>BRI k.A. [m³] BGF 23.109 [m²] NGF 15.579 [m²] HNF 7.658 [m²]</p> <p>BayerAG, Leverkusen Bayer AG (Industry Services) Bayer AG (Technology Services)</p> <p>Murphy und Jahn, Chicago / USA Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart Brandi Consult, Köln - Berlin</p> <p>Horstmann und Berger, Altensteig Werner Sobek Ingenieure, Stuttgart</p> <p>0,26 [m⁻¹] 859.165 [kWh/a]</p> <table border="0"> <tr> <td>Fassade</td> <td>Konstruktion</td> <td>Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Vorhangdoppelfassade, Nord- und Südseite</td> <td>Primärfassade: geschossshohe Elementfassade</td> <td>Verglasung: U_v = 1,5 W/m²K g-Wert 0,58 [-]</td> </tr> <tr> <td>Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade</td> <td>Verglasung: 2 - 8 mm VSG</td> </tr> <tr> <td>Glasdach</td> <td>Stahlrahmenkonstruktion, bedrucktes Glas</td> <td>U-Wert: k. A.</td> </tr> </table>	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)	Vorhangdoppelfassade, Nord- und Südseite	Primärfassade: geschossshohe Elementfassade	Verglasung: U _v = 1,5 W/m ² K g-Wert 0,58 [-]	Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	Verglasung: 2 - 8 mm VSG	Glasdach	Stahlrahmenkonstruktion, bedrucktes Glas	U-Wert: k. A.				
Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)														
Vorhangdoppelfassade, Nord- und Südseite	Primärfassade: geschossshohe Elementfassade	Verglasung: U _v = 1,5 W/m ² K g-Wert 0,58 [-]														
	Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	Verglasung: 2 - 8 mm VSG														
Glasdach	Stahlrahmenkonstruktion, bedrucktes Glas	U-Wert: k. A.														
<p><i>Endenergie</i></p> <p>Wärme Elektrische Energie <i>Primärenergie</i> Wärme Elektrische Energie gesamt</p> <p>Veröffentlichungen:</p>	<table border="0"> <tr> <td>Primärenergiefaktoren [-]</td> <td>Jahresenergieverbrauch absolut [MWh/a]</td> <td>Anteil [%]</td> <td>spezifisch BGF [kWh/(m²_{BGF}*a)]</td> <td>spezifisch AP [kWh/(AP*a)]</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>k.A.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]								k.A.		
Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]												
		k.A.														

Luftbild- städtebaulicher Kontext



Grundriss 1.OG



Doppelfassade Blockrandbebauung



Fassade zu Innenhof

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Bürogebäude in Hannover

Standort und Baukörper

Das Bürogebäude am Friedrichswall, Hannover, wurde im Juni 2002 fertiggestellt. Es nimmt die umgebende Blockrandbebauung auf. Im Erdgeschoss befinden sich hier Restaurants und Boutiquen. Der Innenhof ist ebenfalls für Passanten begehbar.

Unter dem Gebäude befindet sich eine 2-geschossige Tiefgarage.

Eigentümer des Gebäudes ist die Demuro Grundstücksverwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG, Nutzer ist die Nord/LB.

Fassadenkonzept

Die Gebäudehülle besteht aus einer Stahlbeton-Konstruktion mit einer Pfosten-Riegel-Fassade. Diese ist an den Nord- und Westseiten der Blockrandbebauung und an den nach Süden ausgerichteten Fronten des Hochhauses als Doppelfassade ausgebildet. Dies ermöglicht den Büros der Blockrandbebauung an der stark befahrenen Straße eine schallgeschützte Fensterlüftung über den Fassadenzwischenraum mit zugeführter Luft aus dem Innenhof. Im Hochhaus ist im Fassadenzwischenraum der Sonnenschutz windgeschützt untergebracht. Die Gebäudehülle des Blockrandes besteht aus einer Pfosten-Riegel-Fassade, die in Teilbereichen (Norden und Westen) als Doppelfassade ausgebildet ist.

Die südorientierten Büros besitzen außenliegende Lamellen-Behänge mit Tageslichtoption: Die obersten Lamellen sind versetzt zum restlichen Behang eingestellt, um den Tageslichteintrag zu erhöhen. In allen Büros sind verschiebbliche innenliegende Screens als Blendschutz vorgesehen.

Die Zuluftführung in die Doppelfassade erfolgt über einen Kanal unter der Decke des 1. Obergeschosses aus dem Hofbereich des Gebäudes. Die Luft wird dabei auf der Hofseite eingeleitet und fließt unter dem Gebäude hindurch. Sie strömt über ein Leitschwert aus Kunststoff in die Doppelfassade ein. Die angeschlossenen Büros können somit schallgeschützt zum Fassadenzwischenraum geöffnet und gelüftet werden. Den Antrieb für die Luftströmung erzeugt neben dem natürlichem Auftrieb in der Fassade die Abluftanlage, an die alle Büros angeschlossen sind.

Bürokonzept

Die Büroräume sind als Zellenbüros für Einzel- oder Gruppennutzung als Zweibund angeordnet. Die Trennwände sind an den Seiten und oben von einem Glasfeld umgeben. Die Büros sind zum Flur hin vollverglast.

Das Konzept der Südbüros unterscheidet sich von dem der Nordbüros vor allem in der Lüftungsstrategie. Bei beiden wird jedoch das Konzept der natürlichen Fensterlüftung verfolgt.

Während die Südbüros über eine Ausstellklappe und den Dreh-/Kippflügel direkt nach außen belüftet werden können, werden Büros auf der Nordseite zur Doppelfassade gelüftet. Neben der natürlichen Lüftung gibt es zentrale Abluftanlagen, die die Luft aus den Büros über die Flurdecken in Sammelschächten abführen und über Dach ableiten. Über den Flurtüren sind Lüftungsklappen zum Lüftungsverbund angebracht.

Die Büroräume der Blockrandbebauung werden über statische Heizflächen beheizt. Sie unterscheiden sich konzeptionell von den Büros des Hochhauses, in denen die Beheizung zum einen über Unterflurkonvektoren vor den raumhohen Verglasungen sowie über die Kühl-/Heizdecken erfolgt. Zudem wird im Hochhaus temperierte Luft aus der Zu- und Abluftanlage eingebracht.

Eine Besonderheit des Heizungskonzeptes stellt die Energiepfehleanlage dar. Über eine Wärmepumpe werden im Winter die thermisch aktivierten Decken des Gebäudes (nur Blockrand und Hochhaus bis 8. OG.) beheizt. Durch die Wärmepumpe wird dem Erdreich Wärmeenergie entzogen und gleichzeitig ein Kältepotenzial für die sommerliche Gebäudekühlung erzeugt.

Energiekonzept

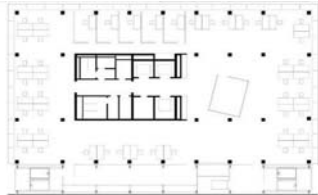
- externe Energieversorgung des Gebäudes durch Netzstrom und Fernwärme
- Energiepfehleanlage im Gründungsbereich des Gebäudes als regenerative Energiequelle
- thermische Bauteilaktivierung
- ca. 120 m² große thermische Solaranlage auf dem Dach
- natürliche Fensterlüftung für die Blockrandbebauung
- Hochhaus mechanisch be- und entlüftet, Vorstand klimatisiert
- Doppelfassaden zum Schallschutz
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum
- außenliegender Sonnenschutz



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten

<i>Allgemeines</i>	012BIH				
Objektkennziffer	Bürogebäude				
Bezeichnung	Neubau				
Nutzung	30159 Hannover				
Klassifizierung	2002				
Standort	1400				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	k.A.				
Arbeitsplätze	k.A.				
Mitarbeiter	k.A.				
<i>Baukörper</i>	k.A.				
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	k.A.				
mittlere Raumhöhe	k.A.				
<i>Flächen und Volumen</i>	BRI 298.000 [m³]				
BruttoRauminhalt	BGF 81.300 [m²]				
BruttoGrundFläche	NGF 73.523 [m²]				
NettoGrundFläche	HNF 33.888 [m²]				
HauptNutzFläche	Demuro Grundstücksverwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG				
Eigentümer	Behnisch, Behnisch und Partner Stuttgart				
Betreiber	Behnisch, Behnisch und Partner Stuttgart				
Nutzer	Arge TGA, Becker + Becker, BS; Lindhorst BS; Grabe Hannover; Taube-Goerz-Liegat, Hannover; Federführung: Ing.-büro Gierke, BS				
<i>Planungsteam</i>	Horstmann + -Berger, Altensteig				
Architektur	Arge Tragwerksplanung, Wetzels + von Seht, Hamburg; Pfefferkorn + Partner, Stuttgart				
Energiekonzept					
TGA-Planung					
Bauphysik					
Tragwerksplanung/Statik					
<i>Energiekennwerte</i>	0,26 [m ⁻¹]				
A/V - Verhältnis	17,67 [kWh/(m³a)] (ermittelt nach WSchVo'95)				
Jahresheizwärmebedarf					
Mittlere U-Werte					
	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Doppelfassade, Blockrand Nordost, West	Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: U _v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %		
		Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	k. A.		
	Bürofassade, einschalig	Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: U _v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %		
	Primärenergie-faktoren [-]	Jahresenergieverbrauch absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]
<i>Endenergie</i>	-	10.961	-	135	7.830
Wärme	-	6.807	-	84	4.862
Elektrische Energie	0,7	7.673	27%	94	5.481
Primärenergie	3,0	20.422	73%	251	14.587
Wärme		28.095	100%	346	20.068
Elektrische Energie					
gesamt					

Veröffentlichungen:



Regelgrundriss



Fassadenthemen

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Landwirtschaftliche Sozialversicherung, Stuttgart

Standort und Baukörper

Das Gebäude wurde in den sechziger Jahren als Hauptverwaltung der Fa. Bauknecht an einer der Einfallstraßen im Stuttgarter Süden errichtet. Da das 12 geschossige Gebäude nicht mehr den Anforderungen an ein modernes Bürogebäude entsprach, entschloß sich die Landwirtschaftliche Sozialversicherung Baden-Württemberg, zu einer kompletten Sanierung. Das mit der Durchführung beauftragte Architekturbüro Hermann, Bosch und Keck umgab den Büroturm von 14,5 x 27 m mit einer zweiten Haut, die auf der Südseite zugleich eine neue Erschließungsspanne miteinschließt. Hierfür konnte einer der beiden alten Erschließungskerne entfernt werden. Pro Geschoß stehen nun ca. 750 m² BGF zur Verfügung.

Das Gebäude ist vertikal in 3 Abschnitte gegliedert: Über einer Eingangshalle befinden sich 10 Regelgeschosse mit Büronutzung und vorgehängter Doppelfassade. Darüber schließt sich die Vorstandsetage und im 12. OG der Konferenzbereich an, die jeweils mit einer separaten Korridorfassade umschlossen wird. Die technischen Anlagen sowie die Versorgungseinrichtungen befinden sich im Wesentlichen im Untergeschoß.

Das komplette Gebäude wird vom Eigentümer selbst genutzt.

Fassadenkonzept

Das gesamte Gebäude ist mit drei unterschiedlichen Ausführungsvarianten einer Doppelfassade saniert worden. Typologisch handelt es stets sich um eine Korridorfassade, bei der der Abstand zwischen innerer und äußerer Schale variiert.

Die Zweischaligkeit wurde aus Gründen des Schallschutzes vorgeschlagen und realisiert. Zugleich bietet sie der Primärfassade einen Witterungsschutz, so daß diese einfacher ausgeführt werden konnte. Die äußere Schicht der Fassade besteht aus punkt- und liniengehaltenen ESG-Scheiben, die über Kragarme an der Bestandsdecke befestigt sind. Achsversetzte Zu- und Abluftöffnungen ermöglichen einen Luftstrom im Fassadenzwischenraum und eine natürliche Belüftung der Büros. Die horizontale Abschottung erfolgt mit bedruckten VSG-Scheiben, im 11. und 12. OG durch eine massive Decke.

Die Sanierung der Primärfassade konnte aufgrund des Witterungsschutzes in Holz ausgeführt werden. Neben der ca. 60 cm tiefen Doppelfassade in den Regelgeschossen bis zum 10. OG wurde die Fassade im Süden mit erweitertem Zwischenraum wie ein Wintergarten vorgestellt. Die Verglasungsanteile sind je nach Orientierung unterschiedlich zu bewerten.

Bürokonzept

Die Etage ist als Großraumbüro um den Kern herum geplant worden. Sie bleibt auf diese Weise offen und hell, lediglich im Osten werden fünf sog. Denkkzellen als Einzelraumbüros vorgesehen. Ein offenes Erscheinungsbild und größtmögliche Tageslichtausnutzung wird durch den Einbau sturzfreier Fenster erreicht. Im Fassadenzwischenraum der Doppelfassade befindet sich ein Lamellenbehang zum Sonnenschutz. Der Behang wird zentral geregelt und kann manuell übersteuert werden. Ein zusätzlicher raumseitiger Blendschutz soll nachgerüstet werden, um blendfreies Arbeiten zu ermöglichen. Die Decke ist zur optimalen Nutzung der Bauteilaktivierung von Installation freigehalten. Stoffbahnen unter einem Teil der Decke bieten Absorptionsfläche und verringern die Nachhallzeit.

Energiekonzept

- Doppelfassade als Korridorfassade
- Lamellenbehang im Fassadenzwischenraum
- Grundlastabdeckung durch Bauteilaktivierung
- Energiequelle Abluft
- Freie Fensterlüftung über die Doppelfassade in der Übergangszeit
- Bürozone als Zuluftbereiche, zentrale Flächen als Abluftbereiche
- Zu- und Abluftanlage, Konditionierung der Luft zur Spitzenlastdeckung



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Landwirtschaftliche Sozialversicherung, Stuttgart

Allgemeines

Objektkennziffer 112LSV
 Bezeichnung Landwirtschaftliche Sozialversicherung Stuttgart
 Nutzung Bürogebäude
 Klassifizierung Sanierung / Korridorfassade
 Standort Vogelrainstraße 25
 70199 Stuttgart
 Baujahr (Nutzungsbeginn) 2003
 Arbeitsplätze k. A.
 Mitarbeiter 400

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch) 13 (oberirdisch)
 mittlere Raumhöhe 3,32 [m]

Flächen und Volumen

BruttoRauminhalt	BRI	k. A.	[m ³]
BruttoGrundFläche	BGF	11.088	[m ²]
NettoGrundFläche	NGF	9.947	[m ²]
HauptNutzFläche	HNF	6.326	[m ²]

Eigentümer LVS Baden-Württemberg, Stuttgart
 Betreiber LVS Baden-Württemberg, Stuttgart
 Nutzer LVS Baden-Württemberg, Stuttgart

Planungsteam

Architektur Hermann Bosch Keck
 Energiekonzept k. A.
 TGA-Planung Trippe + Partner

Bauphysik GN Bauphysik, Stuttgart
 Tragwerksplanung/Statik IGB Dietrich&Netztel GmbH Stuttgart
 Pfefferskorn+Partner Stuttgart

Energiekennwerte

A/V - Verhältnis 0,21 [m⁻¹]
 Jahresheizwärmebedarf 446.870 [kWh/a]

Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: Holzkonstruktion	Fenster: U _w = 1,4 W/m ² K
		Verglasungsanteil 58 - 90 %
unterschiedliche Fassadenthemen	Sekundärfassade: eingeschossiger Korridor, Wärmeschutzglas, Lüftungslamellen	Verglasung: ESG

Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)				
	absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} ·a)]	spezifisch AP [kWh/(AP·a)]	
Wärme	1.250	-	113	3.125	
Elektrische Energie	k. A.	-	k. A.	k. A.	
Primärenergie					
Wärme	1,1	28%	124	3.438	
Elektrische Energie	3,0	-	k. A.	k. A.	
gesamt	-	-	-	-	

Veröffentlichungen:



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Victoria Turm, Mannheim

Standort und Baukörper

Die Frankfurter Architekten Albert Speer&Partner bauten unmittelbar am Mannheimer Bahnhof und am Schloßgarten einen gläsernen Turm für die Victoria Versicherung. Es ist mit fast hundert Metern das höchste Haus Mannheims und Baden-Württembergs.

Das Gebäude hat die Form einer langgezogenen gläsernen Raute. Die Verglasung der frei auskragenden Treppenhäuser in den beiden nadelspitzen Ecken und das oberste Geschoss bilden gemeinsam mit der Sockelzone eine Ebene, die vorspringende doppelschalige Glasfassade vor dem kleinteiligen Büroraster wirkt dadurch wie eine riesige Tafel, um die sich ein Lichter, bei Dunkelheit beleuchteter Rahmen legt.

Fassadenkonzept

Die Fassade ist aus Gründen des Schallschutzes als Doppelfassade ausgebildet. In Verbindung mit innenliegenden, zu öffnenden Fenstern ermöglicht diese Konstruktion eine optimale und natürliche Belüftung der Büroräume. Die Zufuhr der Außenluft erfolgt über die schrägen Öffnungen in den äußeren Fensterrahmen. Die Abluft gelangt über Lamellen im oberen Bereich der äußeren Doppelfassade nach Außen.

- Doppelfassade im Bereich der Büros, einfache Glasfassade in den Treppenhäusern, im Sockel und im Obergeschoss
- Kastenfenster mit diagonal geteiltm Zu- und Abluftkasten in den Achsen
- Außenschale VSG, Innenschale Wärmeschutzverglasung
- manuell öffnbare Fenster innen
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum (20cm)
- horizontale und vertikale Schottung der Doppelfassade in jeder Achse (Schallschutz)
- Fensterflächenanteil: 46%

Bürokonzept

Die ein- bis dreiaxigen Büros sind zurückhaltend ausgestattet, die 25 Regelgeschosse sind konventionell teilbar und bieten vom Zellen- bis zum Großraumbüro alle Möglichkeiten.

Ein in den Leuchten integrierter Lichtsensor regelt je nach Tageslichteinfall die Beleuchtungsstärke, d.h. bei einem höheren Tageslichteinfall in das Büro wird die Beleuchtungsstärke der Leuchten heruntergeregelt. Bei weniger Tageslichteinfall wird die Beleuchtungsstärke erhöht.

Beim Sonnenschutzkonzept wurde berücksichtigt, dass auch bei heruntergefahrenem Sonnenschutz Tageslicht in die Räume gelangt. Dies wurde durch eine Perforation der Sonnenschutzlamellen erreicht. Der Sonnenschutz wird, getrennt nach Etagen und Fassadenseiten, abhängig von der Sonneneinstrahlung, automatisch betrieben. Bei hohen sommerlichen Außentemperaturen sorgt eine automatische Bauteilkühlung für ein angenehmes Raumklima. Diese Bauteilkühlung ist in den Deckenbereichen der Büroräume mit Doppelfassade installiert.

Über Nacht gekippte Fenster können im Sommer gleichfalls zu einer Abkühlung der Büros führen. Die hier gespeicherte Kälte trägt tagsüber zu einer Senkung der Raumtemperatur bei.

Energiekonzept

- Fernwärmeanschluss
- Doppelfassade im Bereich der Büros
- Lüftung ausschließlich über die Fassade
- vollständiger Verzicht auf Klimatisierung in den Büros
- Zu- und Abluftanlage für Flur- und Kernzonen
- Betonkernaktivierung, Luftkühlung nur in Sonderbereichen

Der Victoria Turm in Mannheim ist ein modernes und flexibles Gebäude, das nach den neuesten technischen und ökologischen Erkenntnissen geplant und gebaut wurde. Große Glasflächen und helle Farben sorgen für Leichtigkeit und Transparenz und somit insgesamt für einen offenen Charakter des Hauses. Besonderer Wert wurde bei der Planung und Ausführung darauf gelegt, durch eine hochwertige Fassade, eine intelligente individuelle Raumsteuerung und besondere Sonnenschutz- und Lichtlenkungssysteme zu gewährleisten und den Energieverbrauch auf ein Minimum zu reduzieren.



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Victoria Turm, Mannheim

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer		113VVM			
Bezeichnung		Victoria Turm			
Nutzung		Bürogebäude			
Klassifizierung		Neubau			
Standort		Am Victoria Turm 2			
		Mannheim			
Baujahr (Nutzungsbeginn)		2001			
Arbeitsplätze					
Mitarbeiter		500			
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)		28/2			
mittlere Raumhöhe		2,85	[m]		
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRaumInhalt	BRI	109.218	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	28.664	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	20.967	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	14.014	[m ²]		
Eigentümer		VVM			
Betreiber		VVM			
Nutzer		VVM			
<i>Planungsteam</i>					
Architektur		Albert Speer und Partner, Frankfurt am Main			
Energiekonzept		Stahl und Weiss			
TGA-Planung		Konzept fbta			
Fassadenplanung		IFFT, Karlotto Schott, Frankfurt am Main			
<i>Bauphysik</i>					
Tragwerksplanung/Statik		Genest undPartner			
		König und Heunisch			
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis		0,17	[m ⁻¹]		
Jahresheizwärmebedarf		k.A.	[kWh/m ² a]		
Mittlere U-Werte		Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)	
		Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: k. A.	
				Verglasungsanteil 46 %	
			Sekundärfassade: geschossshohe Elementfassade	Verglasung: VSG	
		Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807) absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]
					spezifisch AP [kWh/(AP*a)]
<i>Endenergie</i>					
Wärme		-		-	
Elektrische Energie		-		-	
<i>Primärenergie</i>					
Wärme				k.A.	
Elektrische Energie gesamt					
<i>Veröffentlichungen:</i>					



Grundriss Erdgeschoss

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Doppel XX Bürohaus, Hamburg

Standort und Baukörper

Städtebaulich nimmt der Baukörper als Solitär, umgeben von zwei Straßen, einem Hofbereich und einem Kanal, die Kanten der umgebenden Straßenrandbebauung sowie die Höhe des Nachbargebäudes auf, was in dem relativ breiten Straßenraum für wohltuende Proportionen sorgt. Der Baukörper ist entwickelt als "Haus im Haus-Konzept". Das innere, massive Haus basiert auf einem x-x-förmigen Grundriss, der dem Gebäude seinen Namen verleiht. Umschlossen wird der Körper von einer kubisch, gläsernen Hülle. Dadurch bilden sich nach außen über die gesamte Höhe von 48m sechs dreieckige begrünte Wintergärten.

Die Konstruktion basiert auf einer Stahlbetonfertigteilkonstruktion mit jeweils vier Wandscheiben im zentralen Kernbereich und Wandscheiben in den Gebäudeecken. Der allgemeine Bürobereich wird stützenfrei mit Rippendecken überspannt. Die zentral gelegenen Kernbereiche mit der haustechnischen Versorgung bieten auch die Erschließung der 72 etwa 220m² großen Büroeinheiten über Aufzugsanlagen und Fluchttreppen. Die Füre zu den WC-Einheiten und Teeküchen sind über Glasbaustein-Elemente in den Erschließungskernen natürlich belichtet.

Fassadenkonzept

Die Fassade des Doppel-XX besteht aus zwei Schichten: der inneren Fassade für den XX-förmigen Baukörper und der äußeren Fassade, die als "Box" mit Einfach-Sicherheitsgläsern gestülpt ist. Dadurch entsteht ein Pufferraum, der es ermöglicht, trotz der stark befahrenen Straße die Büros unter schalltechnisch guten Bedingungen natürlich zu belüften. Außerdem bildet er eine ausgleichende Klimazone, die den Wärmeverlust in den kalten Jahreszeiten minimiert und zusätzliche Energie durch Sonneneinstrahlung nutzt. Durch die horizontale Verbindung der Wintergärten findet ein Klima ausgleichender Luftaustausch zwischen der jeweiligen "Sonnenseite" und der "Schattenseite" statt, der sich wiederum energetisch günstig auswirkt. Im Sommer schützen Aluminiumraffstores, die sich wind- und schmutzgeschützt im Fassadenzwischenraum befinden, und die Ablufteinrichtung vor Überhitzung.

Bürokonzept

Die Büroriegel des doppel-X-förmigen Grundrisses haben eine Tiefe von 13,2m bei einer Geschoßhöhe von 3,5m und einem flexiblen Ausbaurastr von 1,25m, was eine freie Einteilung der Fläche in Großraum-/Kombibüros oder dem konventionellen Zweibund ermöglicht. Der allgemeine Bürobereich wird stützenfrei mit Rippendecken überspannt. Die Büro Innenfassade mit einer 50 cm hohen Brüstung besitzt Glasschiebefenster zur natürlichen Belüftung. Die Wintergärten dienen als Erholungszonen für die Büroangestellten.

Energiekonzept

- Low-Tec-Konzept
- Doppelfassade zum Wind-, Regen- und Schallschutz
- Sonnenschutz: Aluminiumstores im Fassadenzwischenraum
- natürlichen Belüftung der Büroräume über Wintergärten
- Zu- und Abluft werden über Temperatur-, Wind- und Regenwächter elektronisch gesteuert
- Zuluft erfolgt über drehbare Glaslamellen in der Außenfassade
- Entlüftung/ Entrauchung der Wintergärten über die dreieckigen Glasdächer



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Doppel XX Bürohaus, Hamburg

Allgemeines

Objektkennziffer
Bezeichnung
Nutzung
Klassifizierung
Standort

116 DXH
Bürohochhaus Doppel XX
Bürogebäude
Neubau
Heidenkampsweg
Hamburg

Baujahr (Nutzungsbeginn)
Arbeitsplätze
Mitarbeiter

1999
72 Mieteinheiten zu je 220 m²

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss /
unterirdisch)
mittlere Raumhöhe

12 Obergeschosse / Untergeschosse

3,5 [m] Büro

Flächen und Volumen

BruttoRaumInhalt
BruttoGrundFläche
NettoGrundFläche
HauptNutzFläche

BRI 110.200 [m³]
BGF 22.300 [m²]
NGF 16.400 [m²]
HNF 13.586 [m²]

Eigentümer
Betreiber
Nutzer

ehem. Becken Immobilien
dto.
AON

Planungsteam

Architektur
Energiekonzept
TGA-Planung

Bothe Richter Teherani, Hamburg
DS-Plan, Stuttgart
Haustechnik: Ingenieurgesell-schaft Ridder und Meyn mbH, Hamburg

Bauphysik
Tragwerksplanung/Statik

Ingenieurbüro Brakemeier, Hamburg
Ingenieurbüro Brakemeier, Hamburg

Energiekennwerte

A/V - Verhältnis
Jahresheizwärmebedarf

0,25 [m⁻¹]
233500 [kWh/a]

Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ -Wert)
Vorhangdoppel- fassade	Haus im Haus Konzept	U-Wert: 1,5 W/m ² K
Glasdach		U-Wert: 1,5 W/m ² K



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Braun GmbH, Kronsberg/Taunus

Das Gebäude 10 der Braun AG wurde im Jahr 2000 auf dem firmeneigenen Gelände an der Frankfurter Straße in Kronberg im Taunus fertig gestellt. Der kubische Baukörper ist u-förmig um ein unbeheiztes, überdachtes Atrium angelegt. In der nord-westlichen Ecke ist der westliche Schenkel des Baukörpers etwas verkürzt, so dass hier ein überdachter Eingangsbereich entsteht. Im nördlichen Bereich verbindet eine Brücke die beiden Schenkel des Baukörpers. Unter dem Gebäude befindet sich eine Tiefgarage.

Eigentümer und Nutzer des Gebäudes ist die Braun AG. Es bietet Platz für 500 Mitarbeiter und ist zu annähernd 100% belegt.

Die Gebäudehülle besteht aus einer Doppelfassade, die mit Ausnahme des Eingangsbereichs das gesamte Gebäude umschließt. Die Fassade ist in geschosshohe Kastenelemente mit einer Feldbreite von 1,45 m aufgeteilt. Die verglasten Flächen der Primärfassade sind feststehend. Durch eine schmale vertikale Lüftungsklappe je Feld besteht eine manuelle Öffnungsmöglichkeit zum Fassadenzwischenraum. Die Sekundärfassade besteht aus einer feldweisen Einfachverglasung, die als Drehflügel motorisch nach außen geöffnet werden kann („gespreiztes Gefieder“). Im Fassadenzwischenraum sind silberne, perforierte Sonnenschutz-Jalousien angeordnet, der auch die Funktion eines Blendschutzes übernehmen soll. Das Atrium ist durch ein Dach aus transparenten Membrankissen geschlossen. Die Gebäudehülle zum nicht beheizten Atrium ist als einfache Fassade wie die Primärebene der Doppelfassade ausgeführt. Die Verglasungen sind unabhängig von den unterschiedlichen Himmelsrichtungen einheitlich Sonnenschutzverglasungen. Auf der Südseite ist zusätzlich ein Sonnenschutz raumseitig montiert.

Energiekonzept
Die Energieversorgung des Gebäudes erfolgt durch Netzstrom und durch ein firmeneigenes Nahwärmenetz. Das Gebäude wird über zwei Systeme beheizt bzw. gekühlt. Die Decken der Hauptnutzflächen werden durch eingeputzte Kapillarmatten thermisch aktiviert. Diese Heiz-/Kühldeckensysteme sind in jedem der Bereiche A-C des Gebäudes in jeweils 3 Unterverteilungen aufgeteilt: die Innen-/Flurzone und die beiden Außenzonen. In den exponierten Büroräumen wird die Flächenheizung durch elektrische Unterflurkonvektoren unterstützt. Statische Heizungen sind nur in den Treppenhäusern und im Empfangsraum installiert.

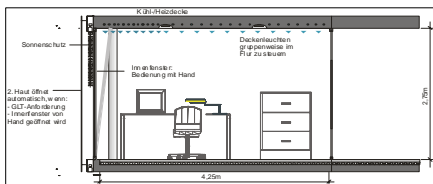
Die Flur- bzw. Innenzonen des Gebäudes werden über Zu- und Abluftanlagen belüftet. Die Außen- bzw. Bürobereiche sind über die vertikalen Lüftungsklappen manuell nach außen bzw. zum Atrium hin zu belüften. Das Atrium wird weder beheizt noch gekühlt. Im Sommer kann das Membrandach aufgestellt werden, so dass die erwärmte Luft über Dach abströmen kann. Außenluft strömt über den Erdkanal unter dem Gebäude und als Zuluft im Bereich des Wasserbeckens in das Atrium nach.

Bürokonzept
Die Büroräume sind offen und transparent gestaltet. Neben den transparenten Fassaden sind auch die Flurtrennwände deckenhoch verglast. Die Betondecken sind mit den aufmontierten Kapillarmatten eingeputzt und wie die Bürotrennwände weiß gestrichen. Sie bilden einen starken Kontrast zu den dunklen Teppichböden. Die Möbel sind ebenfalls überwiegend weiß. Die Arbeitsplätze sind zur Zeit entgegen der ursprünglichen Planung nicht in Großraum-, sondern überwiegend in Gruppen bzw. Einzelbüros organisiert. Die Schreibtische stehen senkrecht, die Blickrichtung auf die Monitore ist entsprechend parallel zu den Fassaden. Als Beleuchtungselemente wurden spezielle Bauteile flächenbündig in die Rohbaukonstruktion integriert.

Ziel der Planung war die Errichtung eines zweckmäßigen Gebäudes, niedrige Ausführungskosten und eine Ästhetik, die im Rahmen der Corporate Identity der Design-Philosophie der Braun AG entspricht. Eine über die gesetzlichen und normativen Richtlinien hinausgehendes Ziel hinsichtlich der Energieeffizienz wurde nicht angestrebt.

Das Gebäudemanagement wurde bereits zu einem frühen Zeitpunkt in die Errichtung des Gebäudes eingebunden. In der Entwicklungs- und Planungsphase des Gebäudes wurde aus Sicht des Gebäudemanagements gezielt Einfluss auf die Planung genommen. Sehr gezielt ist das Personal aus der Planungsphase in die Betriebsphase übernommen worden.

Die Gebäudedokumentation liegt zu ca. 70% in Papierform vor, dabei handelt es sich um Dokumentation aus dem Bereich des technischen Gebäudemanagements. In digitalisierter Form liegen die Pläne des Gebäudes mit den Flächen nach DIN 276 vor, dies entspricht einem Dokumentationsanteil von ca. 30%.



Anhang B Fragebogen Nutzerbefragung



Institut für Psychologie der Otto-von-Guericke -
Universität Magdeburg

Prof. Dr. V. Linneweber
Prof. Dr. P. Schweizer-Ries (Jun. Prof.)

Institut für Gebäude und Solartechnik
Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. M.N. Fisch



Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

zunächst einmal möchten wir uns für Ihr Mitwirken an dieser Studie bedanken. Wir möchten Ihnen einige Fragen zum Raumkomfort an Ihrem Arbeitsplatz und Ihrem Arbeitsraum stellen. Das Ziel dieser Umfrage ist es, den Nutzerkomfort des Gebäudes zu untersuchen und mögliche Optimierungspotentiale aufzuzeigen.

Sie werden auf den folgenden Seiten Fragen zu Ihrem Arbeitsplatz, dem Gebäude, in dem Sie arbeiten und Ihrem Betrieb vorfinden. Häufig werden Sie dazu aufgefordert, Ihre Antworten auf einer 7-stufigen Skala anzugeben.

Ein Beispiel:

Wie empfinden Sie das Raumklima im Moment?

sehr unangenehm ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ***sehr angenehm***

Wenn Sie das Klima als sehr angenehm empfinden, kreuzen Sie den Punkt ganz rechts an. Wenn das genaue Gegenteil der Fall ist, wählen Sie den Punkt ganz links. Falls Sie das Raumklima im Moment als befriedigend oder angenehm empfinden, dann kreuzen Sie den mittleren Punkt an. Für Tendenzen wie zum Beispiel: ‚eher angenehm als unangenehm‘ gehen Sie von der Mitte aus einen Punkt weiter nach rechts, usw.

Bitte beantworten Sie alle Fragen so ehrlich wie möglich und lassen möglichst keine Frage aus.

Alle Angaben in diesem Fragebogen sind freiwillig und anonym. Ihre Daten werden von uns vertraulich behandelt. Bitte füllen Sie den Fragebogen vollständig aus. Sie werden hierfür etwa 20 bis 25 Minuten benötigen. Für Ihre Anregungen, Ideen und Vorschläge sind wir Ihnen dankbar.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Zunächst einige Fragen zu Ihrer Person.

Alter: _____

Geschlecht:

- männlich
- weiblich

Berufliche Tätigkeit: _____

Wie lange arbeiten Sie bereits in diesem Unternehmen? _____ Jahre _____ Monate

Wie lange arbeiten Sie bereits in diesem Gebäude? _____ Jahre _____ Monate

A. Beschreiben Sie nun Ihren Arbeitsplatz.

In welchem Bereich des Gebäudes haben Sie Ihr Büro?

_____geschoss

Orientierung des Büros: Nord Süd Ost West

(Bei Eckbüros bitte zwei Kreuze setzen!)

Orientierung des Büros: Nord Süd Ost West

speziell: zum Park

Wie lange arbeiten Sie schon in diesem Raum?

_____ Jahre _____ Monate

Wie viele Personen nutzen durchschnittlich das Büro?

_____ Person/en

Wie und wo verbringen Sie den größten Teil Ihrer Arbeitszeit?

am Schreibtisch, kaum Bildschirmarbeit

am Schreibtisch, überwiegend Bildschirmarbeit

andere Tätigkeit(en):

Wie viele Stunden Ihrer Gesamtarbeitszeit verbringen Sie an einem durchschnittlichen Arbeitstag an Ihrem Büroarbeitsplatz?

weniger als 4 Stunden

4 bis 6 Stunden

7 bis 10 Stunden

Wie weit ist Ihr Arbeitsplatz vom Fenster entfernt?

weniger als zwei Meter vom Fenster

2 bis 4 Meter vom Fenster

mehr als 4 Meter vom Fenster

Welche Orientierung hat Ihr Arbeitsplatz im Bezug auf die Fenster?

Fenster sind vor mir

Fenster sind seitlich von mir

Fenster sind hinter mir

B: Behaglichkeit und Aufenthaltsqualität an Ihrem Arbeitsplatz

Bitte geben Sie Ihre persönliche Beurteilung der Aufenthaltsqualität in Ihrem Büro an:

<p>Die Raumtemperatur empfinde ich im Sommer als:</p> <p><i>sehr kalt</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr warm</i></p> <p>Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:</p> <p><i>sehr gering</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p>
<p>Die Raumtemperatur empfinde ich im Winter als:</p> <p><i>sehr kalt</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr warm</i></p> <p>Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:</p> <p><i>sehr gering</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p>
<p>Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Sommer als:</p> <p><i>sehr trocken</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr feucht</i></p> <p>Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:</p> <p><i>sehr gering</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p>
<p>Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Winter als:</p> <p><i>sehr trocken</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr feucht</i></p> <p>Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:</p> <p><i>sehr gering</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p>
<p>Die Qualität der Luft im Raum empfinde ich als:</p> <p><i>sehr schlecht</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr gut</i></p> <p>Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:</p> <p><i>sehr gering</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p>
<p>An meinem Arbeitsplatz verspüre ich Luftzug:</p> <p><i>gar nicht</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p> <p>Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:</p> <p><i>sehr gering</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p>
<p>An meinem Arbeitsplatz kommt es zu Geruchsbelästigungen:</p> <p><i>gar nicht</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p> <p>Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:</p> <p><i>sehr gering</i> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <i>sehr stark</i></p>

Wenn es an Ihrem Arbeitsplatz zu Beeinträchtigungen wie Zugluft, Geruchsbelästigungen, etc. kommt, beschreiben Sie diese bitte kurz:

Insgesamt empfinde ich meinen Arbeitsplatz im Bezug auf die klimatischen Bedingungen als:

sehr unangenehm *sehr angenehm*

Fühlen Sie sich an Ihrem Arbeitsplatz bei geschlossenem Fenster gestört durch Geräusche von:

außerhalb des Gebäudes?

nie immer

innerhalb des Gebäudes?

nie immer

(andere Büros bzw. Etagen)

Wenn ja, wie sehr fühlen Sie sich durch diese Geräusche gestört?

nicht gestört stark gestört

Hören Sie bei geöffnetem Fenster die Geräusche von außerhalb des Gebäudes?

nie immer

Wenn ja, welche Klappenstellung hat dann die äußere Fassade?

geöffnet geschlossen

Können Sie bei geöffnetem Fenster Gespräche bzw. Geräusche im Nachbarraum über die Doppelfassade hören?

nicht hörbar gut hörbar

Wann öffnen Sie in der Regel das/die Fenster?

Ich öffne die Fenster, wenn die Luft zu:

<input type="radio"/> sauerstoffarm	<input type="radio"/> warm	<input type="radio"/> kalt
<input type="radio"/> geruchsbelastet	<input type="radio"/> trocken	<input type="radio"/> feucht ist
<input type="radio"/> gar nicht	sonstiges, und zwar:	

Bewerten Sie bitte die Raumakustik in Ihrem Büro mit Noten von 1 = sehr gut bis 7 = sehr schlecht!

Note: _____, weil: _____

Note: _____, weil: _____

Wie zufrieden sind Sie mit der Belüftungssituation Ihres Büros?

sehr zufrieden sehr unzufrieden

Öffnen Sie Ihre Tür aus raumklimatischen/ Behaglichkeitsgründen während des Tages?

ja nein

Wenn ja, wie oft erfolgt dann die Öffnung der Tür?

<input type="radio"/> 1 mal am Tag	<input type="radio"/> ca.3 mal am Tag	<input type="radio"/> ca.5 mal am Tag
<input type="radio"/> ca.10 mal am Tag	<input type="radio"/> häufiger am Tag	<input type="radio"/> nie

Die Länge der Öffnungsdauer beträgt ungefähr

<input type="radio"/> 0 bis 5 Minuten	<input type="radio"/> 5 bis 10 Minuten	<input type="radio"/> 10 bis 15 Minuten
<input type="radio"/> 15 bis 30 Minuten	<input type="radio"/> die Tür ist ständig geöffnet	

Passen Sie Ihre Kleidung an, wenn es zu warm im Büro wird?

- ja
- nur ungern, weil: _____
- nein, weil: _____

Passen Sie Ihre Kleidung an, wenn es zu kalt im Büro wird?

- ja
- nur ungern, weil: _____
- nein, weil: _____

Bewerten Sie bitte die Heizungs-/ Kühlungstechnik in Ihrem Büro mit Noten von
1 = sehr gut bis 7 = sehr schlecht:

Regelung: Note: _____, weil: _____
Behaglichkeit der Raumtemperatur:
 Note: _____, weil: _____

Wie stark beeinträchtigen folgenden Faktoren in den letzten 4 Wochen Ihre Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz?

Beleuchtung	gar nicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Geräusche	gar nicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Raumtemperatur	gar nicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Gerüche	gar nicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Arbeitsatmosphäre	gar nicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Sonstiges, und zwar :	_____									
	gar nicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark

Wie war innerhalb der letzten vier Wochen die Beleuchtungssituation durch Tageslicht

- an Ihrem Arbeitsplatz:
- Licht zu wenig zu viel
- im gesamten Raum:
- Licht zu wenig zu viel

Regulieren Sie den Sonnenschutz in Ihrem Büro selbstständig?

- ja nein

Wie beurteilen Sie ganz allgemein den Sonnen und Blendschutz in Ihrem Büro?

- sehr schlecht sehr gut

Wie beurteilen Sie ganz allgemein die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Kunstlicht?

- sehr schlecht sehr gut

Wie beurteilen Sie ganz allgemein die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Tageslicht?

- sehr schlecht sehr gut

Bewerten Sie bitte die allgemeine Arbeitsatmosphäre an Ihrem Arbeitsplatz

- sehr schlecht sehr gut

C. Technische Ausstattung

Wie ist die technische Ausstattung Ihres Arbeitsplatzes (nicht die des gesamten Raumes)?

Bitte kreuzen Sie auch an, ob die Geräte ständig betrieben werden, bzw. im Stand-by-Modus laufen

	Anzahl	Stand-by-Modus
Monitor		
LCD-Bildschirm		
Computer		
Laptop		
Drucker		
Scanner		
Schreibtischleuchte		
Faxgerät		
Telefon		
Sonstiges:		

Spielt der Energieverbrauch bei der Anschaffung technischer Geräte in Ihrem Arbeitsbereich eine Rolle?

Ja nein weiß nicht

Wie ausschlaggebend ist der Energieverbrauch der technischen Geräte bei deren Anschaffung?

sehr gering sehr stark

D: Fassade/ Doppelfassade des Gebäudes:

Die Doppelfassade/ Kastenfassade hat folgende Vorteile:

Die Doppelfassade/ Kastenfassade hat folgende Nachteile:

Falls Ihnen noch weitere Aspekte in Bezug auf die Doppel-/ Kastenfassade einfallen, notieren Sie diese bitte in den folgenden Zeilen:

Bitte geben Sie Ihre persönliche Beurteilung der Doppelfassade an:

Die Doppelfassade ist optisch ansprechend:	trifft nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trifft zu
Dieser Aspekt ist mir:	nicht wichtig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr wichtig
Die Doppelfassade ermöglicht eine kreativere Gestaltung des Gebäudes	trifft nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trifft zu
Dieser Aspekt ist mir:	nicht wichtig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr wichtig
Durch die Doppelfassade ist das Gebäude transparenter:	trifft nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trifft zu
Dieser Aspekt ist mir:	nicht wichtig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr wichtig
Die Doppelfassade bietet besseren Schallschutz als eine normale Fassade:	trifft nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trifft zu
Dieser Aspekt ist mir:	nicht wichtig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr wichtig
Die Doppelfassade trägt dazu bei, dass mein Arbeitsplatz angenehmer wird:	trifft nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trifft zu
Dieser Aspekt ist mir:	nicht wichtig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr wichtig
Die Doppelfassade ermöglicht eine natürliche Belüftung:	trifft nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trifft zu
Dieser Aspekt ist mir:	nicht wichtig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr wichtig
Durch die Doppelfassade lässt sich Energie sparen:	trifft nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trifft zu
Dieser Aspekt ist mir:	nicht wichtig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr wichtig

Wie beurteilen Sie die folgenden Aspekte der Doppelfassade

Die Luft in der Doppelfassade ist im Winter häufig zu	kalt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	warm
Die Luft in der Doppelfassade ist im Sommer häufig zu	kalt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	warm
Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:	sehr gering	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Die Luftqualität in der Doppelfassade im Winter ist	sehr gut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr schlecht
Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:	sehr gering	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Die Zegerscheinungen aus der Doppelfassade sind	nicht spürbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	stark spürbar
Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:	sehr gering	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Die Geräuschentwicklung über die Doppelfassade ist	sehr schwach	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark
Dies wirkt sich auf mein Wohlbefinden aus:	sehr gering	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sehr stark

E. Gebäudetechnik

Wie beurteilen Sie Ihren Informationsstand über die haustechnischen Anlagen dieses Gebäudes (z.B. Heizung, Kühlung, Lüftung)?

gar nicht informiert sehr gut informiert

Wie wurden Sie über die technischen und baulichen Besonderheiten des Gebäudes informiert?

<input type="radio"/> Gar nicht	<input type="radio"/> Internet-Information	<input type="radio"/> Infobroschüre
<input type="radio"/> Info-Veranstaltung	<input type="radio"/> Kollegen	<input type="radio"/> Sonstiges

Haben sie Einfluss auf die Raumtemperatur? Regeln Sie Ihre Raumtemperatur selbstständig?

ja nein

a) Wurden Ihnen die Funktionsweise und die Handhabung des natürlichen Lüftungskonzeptes erklärt?

Funktionsweise: ja nein

Wenn ja, von wem? _____

Handhabung: ja nein

Wenn ja, von wem? _____

b) Wurden Ihnen die Funktionsweise und die Handhabung des mechanischen Lüftungskonzeptes erklärt?

Funktionsweise: ja nein

Wenn ja, von wem? _____

Handhabung: ja nein

Wenn ja, von wem? _____

War die Einführung verständlich?

ja nein

Wenn nein, was war unverständlich?

Bitte tragen Sie im Folgenden ein, welche Möglichkeiten Sie haben, die haustechnischen Anlagen zu regeln bzw. zu bedienen und wie sehr Sie diese nutzen!

Möglichkeit	Nutze ich				
_____	<input type="radio"/> nie	<input type="radio"/> selten	<input type="radio"/> gelegentlich	<input type="radio"/> oft	<input type="radio"/> immer
_____	<input type="radio"/> nie	<input type="radio"/> selten	<input type="radio"/> gelegentlich	<input type="radio"/> oft	<input type="radio"/> immer
_____	<input type="radio"/> nie	<input type="radio"/> selten	<input type="radio"/> gelegentlich	<input type="radio"/> oft	<input type="radio"/> immer
_____	<input type="radio"/> nie	<input type="radio"/> selten	<input type="radio"/> gelegentlich	<input type="radio"/> oft	<input type="radio"/> immer

Was können Sie bei Fehlfunktionen der Lüftung /Heizung unternehmen?

Welche Gesamtbewertung zwischen 1 = sehr gut und 7 = sehr schlecht geben Sie der installierten Technik?

Note: _____, weil: _____

Welche Veränderungsvorschläge hinsichtlich der Funktion und Nutzung einzelner Gebäudetechniken haben Sie?

F: Fragen zum Betrieb

Bitte geben Sie an, inwiefern die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen oder nicht:

Allgemein: Wenn Ihre eigene Arbeit/ Ihr Arbeitsplatz von Veränderungen betroffen wird, wie oft gibt Ihnen Ihr Vorgesetzter eine Begründung wieso und warum?	<i>fast immer</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>fast nie</i>
Der Aufbau und die langfristige Planung dieses Betriebes werden uns für gewöhnlich ausführlich erläutert.	<i>stimmt absolut nicht genau</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>stimmt</i>
Jeder bekommt die Information, die er braucht.	<i>stimmt absolut nicht genau</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>stimmt</i>
In diesem Betrieb kümmert sich die Geschäftsleitung wirklich um die Beschäftigten.	<i>stimmt absolut nicht genau</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>stimmt</i>
Wie oft bespricht sich Ihr Vorgesetzter mit Ihnen und Ihren Kolleg(inn)en, bevor er eine für Ihren Arbeitsbereich wichtige Entscheidung trifft?	<i>fast immer</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>fast nie</i>
Wurde die Gestaltung der Doppelfassade aus Ihrer Sicht ausreichend begründet?	<i>nein, absolut nicht</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>ja, absolut</i>
Finden Sie persönlich, dass die Entscheidung zur Doppelfassade sinnvoll und notwendig war?	<i>nein, absolut nicht</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>ja, absolut</i>
Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit den Möglichkeiten, an den Entscheidungen in Ihrem Betrieb teilzunehmen?	<i>sehr zufrieden unzufrieden</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<i>sehr</i>

Sie sind nun am Ende des Fragebogens angelangt. Wenn Sie noch allgemeine Anmerkungen zum Fragebogen oder zu dem Gebäude haben, oder Ihnen noch weitere Aspekte im Bezug auf die Doppelfassade einfallen, die Sie im Fragebogen nicht angeben konnten nutzen Sie bitte die folgenden Zeilen:

Danke für Ihre Mitarbeit

Zu Ihrer Nahrungsaufnahme

10. Bitte geben Sie an, welche **Nahrungsmittel** Sie in den letzten 15 Minuten zu sich genommen haben.

- | | | | | | |
|----------------|--------------------------|------------------|--------------------------|--------|--------------------------|
| Warmes Getränk | <input type="checkbox"/> | Koffein- Getränk | <input type="checkbox"/> | Essen | <input type="checkbox"/> |
| Kühles Getränk | <input type="checkbox"/> | Zigaretten | <input type="checkbox"/> | Nichts | <input type="checkbox"/> |

Zu Ihrem Aktivitätsniveau

11. Welche **Aktivität** haben Sie in der angegebenen Zeit überwiegend gemacht ?

	(innen)			(außen)		
	Sitzen	Stehen	Gehen	Gehen	Laufen	Auto Fahren
Akt.1 in den letzten 10 Minuten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akt.2 in den vorigen 10 Minuten vor Akt. 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akt.3 in den vorigen 10 Minuten vor Akt. 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akt.4 in den vorigen 30 Minuten vor Akt. 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zu Ihrer Bekleidung

12. Bitte beschreiben Sie, welche **Kleidungsstücke** Sie im Moment tragen.

Füße								
Strümpfe	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Dünne	<input type="checkbox"/>	Dicke	<input type="checkbox"/>	Wolle
Schuhe	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Leichte	<input type="checkbox"/>	Straßen-	<input type="checkbox"/>	Winter-/Stiefel
Mittelschicht								
Unterwäsche	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Kurze	<input type="checkbox"/>	Lange	<input type="checkbox"/>	Schwerer Stoff
T-Shirt	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Kurzer Ärmel	<input type="checkbox"/>	Langer Ärmel	<input type="checkbox"/>	Schwerer Stoff
Hemde/Bluse	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Schulter frei	<input type="checkbox"/>	Kurzer Ärmel	<input type="checkbox"/>	Langer Ärmel
Außenschicht								
Hose	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Kurze	<input type="checkbox"/>	anliegend	<input type="checkbox"/>	Locker fallend
Kleider	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Kurzer Ärmel	<input type="checkbox"/>	Langer Ärmel	<input type="checkbox"/>	Schwere Stoff
Röcke	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Minirock	<input type="checkbox"/>	Knielang	<input type="checkbox"/>	Knöchellang
Pullover	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Kurzer Ärmel	<input type="checkbox"/>	Langer Ärmel	<input type="checkbox"/>	Rollkragen
Jacke	<input type="checkbox"/>	(keine)	<input type="checkbox"/>	Leichte	<input type="checkbox"/>	Schwere	<input type="checkbox"/>	Anzugsjacke

13. **Insgesamt** empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:

sehr unangenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr angenehm
-----------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------

14. Wenn Sie noch irgend etwas **über Ihren Arbeitsplatz** oder diesen kurzen Fragebogen mitteilen möchten, können Sie dies hier tun:

- Vielen Dank! -



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Braum GmbH, Kronsberg/Taunus

Das Gebäude 10 der Braun AG wurde im Jahr 2000 auf dem firmeneigenen Gelände an der Frankfurter Straße in Kronberg im Taunus fertig gestellt. Der kubische Baukörper ist u-förmig um ein unbeheiztes, überdachtes Atrium angelegt. In der nord-westlichen Ecke ist der westliche Schenkel des Baukörpers etwas verkürzt, so dass hier ein überdachter Eingangsbereich entsteht. Im nördlichen Bereich verbindet eine Brücke die beiden Schenkel des Baukörpers. Unter dem Gebäude befindet sich eine Tiefgarage.

Eigentümer und Nutzer des Gebäudes ist die Braun AG. Es bietet Platz für 500 Mitarbeiter und ist zu annähernd 100% belegt.

Die Gebäudehülle besteht aus einer Doppelfassade, die mit Ausnahme des Eingangsbereichs das gesamte Gebäude umschließt. Die Fassade ist in geschosshohe Kastenelemente mit einer Feldbreite von 1,45 m aufgeteilt. Die verglasten Flächen der Primärfassade sind feststehend. Durch eine schmale vertikale Lüftungsklappe je Feld besteht eine manuelle Öffnungsmöglichkeit zum Fassadenzwischenraum. Die Sekundärfassade besteht aus einer feldweisen Einfachverglasung, die als Drehflügel motorisch nach außen geöffnet werden kann („gespreiztes Gefieder“). Im Fassadenzwischenraum sind silberne, perforierte Sonnenschutz-Jalousien angeordnet, der auch die Funktion eines Blendschutzes übernehmen soll. Das Atrium ist durch ein Dach aus transparenten Membrankissen geschlossen. Die Gebäudehülle zum nicht beheizten Atrium ist als einfache Fassade wie die Primärebene der Doppelfassade ausgeführt. Die Verglasungen sind unabhängig von den unterschiedlichen Himmelsrichtungen einheitlich Sonnenschutzverglasungen. Auf der Südseite ist zusätzlich ein Sonnenschutz raumseitig montiert.

Energiekonzept
Die Energieversorgung des Gebäudes erfolgt durch Netzstrom und durch ein firmeneigenes Nahwärmenetz. Das Gebäude wird über zwei Systeme beheizt bzw. gekühlt. Die Decken der Hauptnutzflächen werden durch eingeputzte Kapillarmatten thermisch aktiviert. Diese Heiz-/Kühldeckensysteme sind in jedem der Bereiche A-C des Gebäudes in jeweils 3 Unterverteilungen aufgeteilt: die Innen-/Flurzone und die beiden Außenzonen. In den exponierten Büroräumen wird die Flächenheizung durch elektrische Unterflurkonvektoren unterstützt. Statische Heizungen sind nur in den Treppenhäusern und im Empfangsraum installiert.

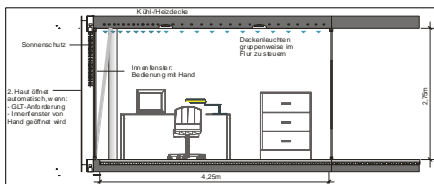
Die Flur- bzw. Innenzonen des Gebäudes werden über Zu- und Abluftanlagen belüftet. Die Außen- bzw. Bürobereiche sind über die vertikalen Lüftungskappen manuell nach außen bzw. zum Atrium hin zu belüften. Das Atrium wird weder beheizt noch gekühlt. Im Sommer kann das Membrandach aufgestellt werden, so dass die erwärmte Luft über Dach abströmen kann. Außenluft strömt über den Erdkanal unter dem Gebäude und als Zuluft im Bereich des Wasserbeckens in das Atrium nach.

Bürokonzept
Die Büroräume sind offen und transparent gestaltet. Neben den transparenten Fassaden sind auch die Flurtrennwände deckenhoch verglast. Die Betondecken sind mit den aufmontierten Kapillarmatten eingeputzt und wie die Bürotrennwände weiß gestrichen. Sie bilden einen starken Kontrast zu den dunklen Teppichböden. Die Möbel sind ebenfalls überwiegend weiß. Die Arbeitsplätze sind zur Zeit entgegen der ursprünglichen Planung nicht in Großraum-, sondern überwiegend in Gruppen bzw. Einzelbüros organisiert. Die Schreibtische stehen senkrecht, die Blickrichtung auf die Monitore ist entsprechend parallel zu den Fassaden. Als Beleuchtungselemente wurden spezielle Bauteile flächenbündig in die Rohbaukonstruktion integriert.

Ziel der Planung war die Errichtung eines zweckmäßigen Gebäudes, niedrige Ausführungskosten und eine Ästhetik, die im Rahmen der Corporate Identity der Design-Philosophie der Braun AG entspricht. Eine über die gesetzlichen und normativen Richtlinien hinausgehendes Ziel hinsichtlich der Energieeffizienz wurde nicht angestrebt.

Das Gebäudemanagement wurde bereits zu einem frühen Zeitpunkt in die Errichtung des Gebäudes eingebunden. In der Entwicklungs- und Planungsphase des Gebäudes wurde aus Sicht des Gebäudemanagements gezielt Einfluss auf die Planung genommen. Sehr gezielt ist das Personal aus der Planungsphase in die Betriebsphase übernommen worden.

Die Gebäudedokumentation liegt zu ca. 70% in Papierform vor, dabei handelt es sich um Dokumentation aus dem Bereich des technischen Gebäudemanagements. In digitalisierter Form liegen die Pläne des Gebäudes mit den Flächen nach DIN 276 vor, dies entspricht einem Dokumentationsanteil von ca. 30%.





städttebaulicher Kontext



Blick in ein Büro

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Bürogebäude Neumühlen IV - Hamburg

Standort und Baukörper

Das Gebäude Neumühlen IV wurde 2002 in Hamburg an der Elbe errichtet. Das U-förmige Bürogebäude ist auf ein neu errichtetes, lang gestrecktes Polderbauwerk aufgesetzt. Der Eingang liegt auf der Nordseite des Gebäudes im Polder, in dem sich auch die Tiefgarage befindet. Der Baukörper öffnet sich mit 5 Geschossen nach Süden zur Elbe hin. Die oberen 4 Geschosse kragen ca. 10 m über den Polder aus. Auf der Nordseite ist ein Gebäudekern angeordnet, der die notwendigen Treppenhäuser, Serviceräume und ein vom Eingangsfoyer aufgehendes repräsentatives Treppenhaus umfasst. Zur Zeit sind in den genutzten Geschossen an den Ost-/Westseiten jeweils Zellenbüros angeordnet. Die Innenseiten der U-Form sind zu Großraumbüros zusammengefasst.

Eigentümer des Gebäudes ist die Neumühlen Grundstücksverwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG. Es wird seit September 2002 vom Generalmieter, der Rickmers Reederei GmbH & Cie. KG, in den oberen 3 Geschossen mit ca. 140 Mitarbeitern genutzt und ist damit zu ca. 60 % belegt.

Fassadenkonzept

Das Gebäude ist mit Ausnahme des Treppenhauses auf der Nordseite von einer Doppelfassade umschlossen. Die ca. 50 cm tiefe Konstruktion wurde als Korridorfassade mit nur wenigen vertikalen Schotts ausgeführt. Sie besteht aus einer Aluminiumrahmenkonstruktion mit Schiebeflügeln auf der Innenseite in jedem zweiten Feld, einem aus rot/silber-eingefärbten Vertikal-Lamellen bestehenden Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum und einer außenliegenden Festverglasung. Außen befinden sich umlaufend vor den Geschossdecken Blechkanäle, in denen Lüftungsöffnungen zum Fassadenzwischenraum angeschlossen sind.

Bürokonzept

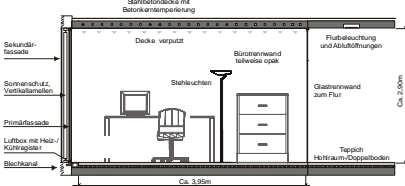
Die Büroräume sind offen und transparent gestaltet. Die Trennwände sind teilweise, die Trennwände zum Flur einschließlich der Türen vollständig verglast. Bei geschlossenem Sonnenschutz wird der Raumeindruck deutlich von den roten Lamellen dominiert und der Ausblick eingeschränkt.

Energiekonzept

Das Gebäude wird neben dem Netzstrom mit Fernwärme versorgt. Darüber hinaus wird dem Erdreich im Winter über 17 je 100 m tiefe Energiepfähle Wärme entzogen, die mittels einer elektrischen Wasser-Wasser-Wärmepumpe zum Heizen genutzt wird. Zur Kühlung wird im Sommer über die Energiepfähle Wärme aus dem Gebäude ohne zusätzliche Wärmepumpe in das Erdreich geleitet.

Die Wärme-/Kälteübergabe im Gebäude erfolgt in der Grundlast durch eine Bauteiltemperierung in den Geschossdecken und in den Seitenwänden des Treppenhauses auf der Nordseite. Sie wird durch Luftboxen (Lubos) ergänzt, die im Fassadenbereich in den Geschossdecken eingebaut sind. Durch die Lubos strömt Außenluft in das Gebäude und wird durch ein Register beheizt bzw. gekühlt. Das Gebäude wird über zwei zentrale Abluftanlagen für die linke bzw. rechte Gebäudehälfte entlüftet. Die Nachströmung erfolgt über die Lubos. Im Heizfall wird der Abluft mit einer elektrischen Luft-Wasser-Wärmepumpe Wärme entzogen. In der Primärebene der Doppelfassade können zusätzlich Schiebeelemente manuell geöffnet werden.

Ziel der Planung war die Errichtung eines Bürogebäudes mit einem um 20 % niedrigeren Wärmeverbrauch gegenüber konventionellen Gebäude bei gleichwertigem Komfort. Das Gebäude zeichnet sich aus durch einen anspruchsvollen architektonischen Entwurf, eine Doppelfassade und ein schlankes Klimakonzept.



Schnitt durch ein Büro



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Bürogebäude Neumühlen IV - Hamburg

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	008RIC				
Bezeichnung	Bürogebäude der Rickmers Reederei, Hamburg				
Nutzung	Neubau				
Klassifizierung	Neumühlen 19				
Standort	22763 Hamburg				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	2002				
Arbeitsplätze	260				
Mitarbeiter	k.A.				
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	5 / 1 (Tiefgarage im Polderbauwerk)				
mittlere Raumhöhe	3,00 m				
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRauminhalt	BRI	k.A.	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	10.886	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	9.920	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	5.818	[m ²]		
Eigentümer	Neumühlen 4, Grundstücksverwaltungs-Gesellschaft mbH & Co. KG				
Betreiber	k.A.				
Nutzer	Rickmers Reederei GmbH & Cie. KG				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	BRT Architekten Hamburg				
Energiekonzept	k.A.				
TGA-Planung	BFI Ansorg + Horn, Hamburg				
Bauphysik	IB Dr. Binnewies, Hamburg				
Tragwerksplanung/Statik	IB Dr. Binnewies, Hamburg				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,28	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	18,7	[kWh/a]	(ermittelt nach WSchVo'95)		
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: geschoss hohe Elementfassade, Schiebefenster	Verglasung: U _v = 1,1 W/m ² K		
		Sekundärfassade: eingeschossige hinterlüftete Korridorfassade, Lüftungslamellen	Verglasungsanteil > 90 % Verglasung: ESG 8mm		
<i>Endenergie</i>					
Wärme	-	0	-	0	0
Elektrische Energie	-	0	-	0	0
<i>Primärenergie</i>					
Wärme	1,1	38	50%	3	146
Elektrische Energie	1,1	38	50%	3	146
gesamt		76	100%	6	292

Veröffentlichungen:



Doppelfassade



Blick in den Fassadenzwischenraum



Regelgrundriss

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutsche Messe Hannover

Standort und Baukörper

Das Gebäude der Hauptverwaltung der Deutschen Messe AG wurde 1998 am Nordeingang des Messegeländes als Ergänzung zu einem vorhandenen Verwaltungsgebäude errichtet. Das 20geschossige Gebäude besteht aus einem quadratischen Büroturm von 24 x 24 m und seitlich angegliederten Erschließungstürmen. Pro Geschoss stehen ca. 400 m² Nutzfläche zur Verfügung.

Das Gebäude ist vertikal in 5 Abschnitte gegliedert: Über einer 3-geschoßigen Eingangshalle befinden sich 15 Regelgeschosse mit Büronutzung, von denen das oberste dem Vorstand der Messe AG zur Verfügung steht. Darüber schließen sich die sog. Hermeslounge, eine Cafeteria mit Aufenthaltsräumen, sowie ein Technik-Geschoß (Heizung und Kühlung) an. Zusätzlich gibt es ein Untergeschoß, das weitere technische Anlagen (Hausanschlüsse etc.) beherbergt.

Eigentümer und Betreiber des Verwaltungsgebäudes ist die Deutsche Messe AG, die das komplette Gebäude selbst nutzt.

Fassadenkonzept

Für die Gebäudehülle wurden im wesentlichen zwei unterschiedliche Fassadenkonstruktionen eingesetzt: die Doppelfassade im Verwaltungsteil, sowie eine Vorhangfassade aus segmentierten Ziegelementen an den Erschließungstürmen. An den Türmen dienen schmale vertikale Fensterbänder zur Belichtung der Treppenhäuser mit Tageslicht. Die Zweite Haut ist als Pfosten-Riegel-Konstruktion ausgeführt, diese wurde an den auskragenden Etagendecken befestigt. Typologisch handelt es sich somit um eine Korridorfassade. Sie kann nach außen mit Hahn-Lamellen geöffnet werden, um eine natürliche Durchlüftung des Fassadenzwischenraumes bzw. der Büros zu ermöglichen. Gleichzeitig bietet sie in gewissem Umfang Schutz vor den auftretenden Winddrücken. Die Primärfassade ist im Abstand von 1.32 m hinter der Sekundärfassade als einfache Holzkonstruktion eingebaut.

Bürokonzept

Die Büroräume sind als Zellenbüros vorgesehen. Variable Trennwände ermöglichen die Realisierung unterschiedlicher Bürogrößen. Ein offenes Erscheinungsbild und größtmögliche Lichtausnutzung wird durch den Einbau hoher Fenster und den Verzicht auf einen Sturz erreicht. Die Büroräume werden generell mechanisch be- und entlüftet, optional können die Fenster zur Lüftung geöffnet werden, in diesem Fall wird das betreffende Zuluftventil automatisch geschlossen. In der Doppelfassade ist auf der Außenseite ein Lamellenbehang zur Verschattung der Büroräume installiert. Ein raumseitiger Blendschutz soll die visuelle Behaglichkeit am Arbeitsplatz sicherstellen. Der Sonnenschutzbehang im Fassadenzwischenraum wird zentral geregelt und kann manuell übersteuert werden.

In jedem zweiten Achsmaß befindet sich ein fast raumhohes Schiebefenster, das manuell zu öffnen ist. Über eine mechanische Verbindung wird zeitgleich die Zuluft für diesen Bereich abgesperrt. Bei geschlossenem Fenster öffnet sich das Zuluftventil wieder, und die Luft kann über den Zuluftkanal im Brüstungsbereich nachströmen. Es wird ein 1,5facher Luftwechsel gefahren.

Thermisch aktivierte Decken heizen oder kühlen die gesamte Etage je nach Raumlufttemperatur.

Energiekonzept

Geringe Verbrauchswerte und ein maßvoller Technikeinsatz für die Energieversorgung waren die Zielvorstellungen der Planer des Energiekonzeptes der Deutschen Messe AG. Die Gebäudestruktur und die Oberfläche sind so ausgelegt, dass das Gebäude ganzjährig mit einem geringen Einsatz von Fremdenergie bewirtschaftet werden kann.

- Gaskesselanlage
- Grundlastabdeckung durch thermisch aktivierte Decken (TAD)
- Zusätzliche Lastabdeckung durch die Konditionierung der Zuluft
- Bürozonens als Zuluftbereiche, zentrale Flächen als Abluftbereiche
- Energierückgewinnung aus der Abluft im Sommer und Winter
- Natürliche Be- und Entlüftung der Bürobereiche über Fensterlüftung in der Übergangszeit
- Thermische Pufferwirkung der Doppelfassade



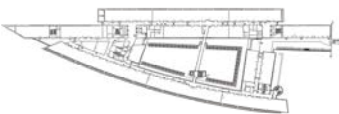
Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutsche Messe Hannover

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	101DMH				
Bezeichnung	Deutsche Messe Hannover				
Nutzung	Bürogebäude				
Klassifizierung	Neubau				
Standort	Messeturm / Messegelände 30512 Hannover				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	1997-1999				
Arbeitsplätze	250				
Mitarbeiter	238				
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	20 Obergeschosse; 1 Untergeschoss				
mittlere Raumhöhe	2,79	[m]			
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRauminhalt	BRI	k.A.	[m ³]		
BruttoGrundfläche	BGF	13.586	[m ²]	15.288 (um die Fläche der Doppelfassaden ergänzt)	
NettoGrundfläche	NGF	12.259	[m ²]		
HauptNutzfläche	HNF	7.444	[m ²]		
Eigentümer	Deutsche Messe Hannover				
Betreiber	Deutsche Messe Hannover				
Nutzer	Deutsche Messe Hannover				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	Herzog und Partner				
Energiekonzept	Design Flow Solutions, Arrington GB				
TGA-Planung	Ing. Büro Hausladen				
<i>Bauphysik</i>					
Tragwerksplanung/Statik	Sailer Stephan und Partner				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,26	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	558.307	[kWh/(a)]			
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: Holzkonstruktion	Fenster: U _w = 1,4 W/m ² K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 60 %		
		Sekundärfassade: eingeschossiger, belüfteter Korridor, Wärmeschutzglas, Lüftungslamellen	Fenster: U _w = 1,4 W/m ² K g-Wert 0,58 [-]		
	Erschließungs- türme	segmentierte Ziegelelemente	k.A.		
<i>Endenergie</i>					
Wärme	-	1.550	-	114	6.200
Elektrische Energie	-	886	-	65	3.544
<i>Primärenergie</i>					
Wärme	1,1	1.705	39%	126	6.820
Elektrische Energie	3,0	2.658	61%	196	10.632
gesamt		4.363	100%	322	17.452
<i>Veröffentlichungen:</i>					

Primärenergie-	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)				
faktoren	absolut	Anteil	spezifisch BGF	spezifisch AP	
[-]	[MWh/a]	[%]	[kWh/(m ² _{BGF} *a)]	[kWh/(AP*a)]	
Wärme	1.550	-	114	6.200	
Elektrische Energie	886	-	65	3.544	
Wärme	1.705	39%	126	6.820	
Elektrische Energie	2.658	61%	196	10.632	
gesamt	4.363	100%	322	17.452	



Luftbild



Grundriss 1.OG



Nordansicht Fassade



Ecksituation Neanderstr.

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutscher Ring, Hamburg

Standort und Baukörper

Die Versicherungsgesellschaft Deutscher Ring besetzt mit dem im April 1996 fertiggestellten Neubau die städtebauliche Spitze zwischen Ludwig-Erhard-Straße und Neuer Steinweg. Der keilförmig nach Westen zulaufende Neubau, ist 160 m lang, 55 m breit und 33 m hoch. Die Nord- und Ostspange sind als Zweibund ausgeführt, die gebogene Südspange als Einbund. Zusammen umschließen sie einen großzügig angelegten Innenhof, der von einer mehrgeschossigen Brückenkonstruktion überspannt wird. Die Dachflächen des Gebäudes sind extensiv begrünt. Zwei Treppenhaus-/Aufzugskerne an der ca. 100 m langen Achse erschließen das Gebäude. Der geschlossene Verbindungsgang, der den Hof überspannt, hält die internen Wege kurz. Die Anbindung an das Hochhaus erfolgt über eine mehrgeschossige Brückenkonstruktion. Neben den Bürobereichen in den Regelgeschossen und dem Staffelgeschoss, befinden sich im Erdgeschoss des Gebäudes Konferenzräume und ein Teil der insgesamt fünf Ebenen umfassenden Parkgarage. Die Untergeschosse im westlichen Teil sowie Teilbereiche des Erdgeschosses bieten Platz für das Rechenzentrum. Technik-/ Lüftungszentralen befinden sich sowohl im Untergeschoss als auch auf dem Dach.

Eigentümer und Nutzer der siebengeschossigen Spitzenbebauung ist die Versicherungsgesellschaft Deutscher Ring.

Fassadenkonzept

Nach Norden, Osten und Westen erscheint die gedämmte Stahlbetonkonstruktion als Lochfassade, die mit hinterlüfteten roten Natursteinplatten verkleidet ist. Die Fenster bestehen aus thermisch getrennten weiß lackierten Aluminiumprofilen. Der südliche Riegel der Spitze hebt sich durch die gebogene Form und weiße Natursteinplatten vom Gebäude ab. Die Fassade (Primärfassade) der vier Bürogeschosse besteht aus einer Pfosten-Riegel-Konstruktion. Zum verbesserten Schallschutz gegen den Straßenlärm wurde diese Fassade doppelschalig ausgebildet. Die mehrgeschossige Doppelfassade (Sekundärfassade) besteht aus punktgehaltenen Glasscheiben.

Der Vorhang aus Einscheibensicherheitsglas (ESG) ist unten und oben zur Hinterlüftung geöffnet, die Seiten der Fassade sind geschlossen.

Die Gläser sind aus Sicherheitsgründen mit einer Folie verstärkt. Geschossweise führt ein Wartungsgang aus Gitterrosten zwischen Primär- und Sekundärfassade entlang. Das Staffelgeschoss wird durch feststehende, auskragende Lamellen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt.

Bürokonzept

Die Büroräume, im wesentlichen Großraumbüros, sind nach außen offen und transparent gestaltet. Aufgrund der Vollklimatisierung sind die Fenster nicht zu öffnen. Die Trennwände der Büros untereinander sind opak, die zum Flur als Schränke ausgebildet. Der Sonnen- und Blendschutz ist rauminnenseitig als manuell bedienbares Rolllö ausgeführt. Die Büros werden über statische Heizflächen im Brüstungsbereich mit Wärme versorgt. Das Kunstlicht ist als Komponentenbeleuchtung mit abgependelten Deckenleuchten zweireihig und einer Reihe Einbauleuchten ausgeführt. Die fensterseitige Leuchtenreihe wird tageslichtabhängig gesteuert. Die Büros sind vollklimatisiert. Ganzjährig gelangt die Zuluft über Quellaftauslässe in den Schranksockeln in die Büros. Die Abluft strömt im Fassadenbereich in Spalte der Einbauleuchten, die als Abluftöffnungen genutzt werden. Kühldecken unterstützen die Klimatisierung der Räume im Sommer.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an die Fernwärmeversorgung der HEW
- Vollklimatisierung der Büro- und Konferenzräume
- Wärmerückgewinnung aus Abluft
- Zu- und Abluftanlagen für Sanitärbereiche und Serverräume
- innenliegendes Sonnen- und Blendschutzrollo
- abgehängte Decken/ Kühldecken
- Doppelboden
- Dachbegrünung zur dezentralen Retention
- Doppelfassade:
 - Vorhangdoppelfassade mit Hinterlüftung
 - Doppelfassade zum Schallschutz (Südseite)



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Deutscher Ring, Hamburg

Allgemeines

Objektkennziffer
Bezeichnung
Nutzung
Klassifizierung
Standort
Baujahr (Nutzungsbeginn)
Arbeitsplätze
Mitarbeiter

009DRH
Deutscher Ring, Hamburg
Bürogebäude
Neubau
Ludwig-Erhard-Str. 22
20459 Hamburg
1996
755
k.A.

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss /
unterirdisch)
mittlere Raumhöhe

6+1/2

2,50 [m]

Flächen und Volumen

BruttoRauminhalt
BruttoGrundfläche
NettoGrundfläche
HauptNutzfläche

BRI 110.168 [m³]
BGF 29.300 [m²]
NGF 25.491 [m²]
HNF 15.676 [m²]

Eigentümer
Betreiber
Nutzer

Versicherungs Ag Deutscher Ring, Hamburg
Versicherungs Ag Deutscher Ring, Hamburg
Versicherungs AG Deutscher Ring, Hamburg

Planungsteam

Architektur
Energiekonzept
TGA-Planung
Bauphysik
Tragwerksplanung/Statik

v. Bassewitz, Patschan, Hupertz, Limbrock GmbH, Hamburg
k.A.
Heinze, Stockfisch, Grabe und Partn. Hamburg
Taubert und Ruhe, Halstenbeck
Gemeinschaft beratender Ingenieure Dres, Windels, Timm, Morgen, Hamburg

Energiekennwerte

A/V - Verhältnis
Jahresheizwärmebedarf

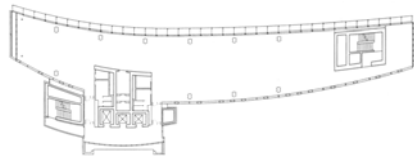
0,26 [m⁻¹]
1.277.821 [kWh/a]

Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
Doppelfassade, Südseite	Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion	Fenster: U _w = 2,2 W/m ² K Brüstung: U _{AW} = 0,4 W/m ² K
		Verglasungsanteil > 45 %
	Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	Verglasung: ESG, folienverstärkt
Bürofassade, einschalig, Nord-, Ost- und Westseite	Lochfassade	Fenster: U _w = 2,2 W/m ² K Außenwand: U _{AW} = 0,39 W/m ² K

Primärenergie- faktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)				
	absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]	
Wärme	-	2.225	-	76	2.947
Elektrische Energie	-	4.248	-	145	5.626
Primärenergie					
Wärme	0,7	1.558	11%	53	2.063
Elektrische Energie	3,0	12.744	89%	435	16.879
gesamt		14.302	100%	488	18.942

Veröffentlichungen:



Regelgrundriss



Westfassade



Ostfassade

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Hauptverwaltung der GSW, Berlin

Standort und Baukörper

Die Gebäude der Hauptverwaltung der Gemeinnützigen Siedlungs- und Wohnungsbaugesellschaft mbH (GSW) befinden sich an der Kochstrasse 22.

Die neuen Verwaltungsbauten ergänzen ein vorhandenes Bürogebäude aus den 50er Jahren. Bei dem untersuchten Gebäudeteil handelt sich um ein 22-geschossiges Hochhaus mit sichelförmigem Grundriss. Der Grundriss verjüngt sich zu den Enden, so dass pro Etage ca. 840 m² Bruttogeschossfläche, bzw. 750m² Nutzfläche zur Verfügung stehen.

Die Etagen des Hochhauses werden hauptsächlich als Büro genutzt. Zurzeit sind etwa 70% des Gebäudes belegt/ vermietet. In den oberen 2 Etagen befindet sich die Lüftungs- und Klimatechnik für das gesamte Gebäude.

Eigentümer und Betreiber des

Verwaltungsgebäudes ist zur Zeit die GSW Berlin, die zehn der 20 Etagen mit eigenen Büroräumen nutzt.

Fassadenkonzept

In Abhängigkeit von der Orientierung sind drei Fassadentypen zu unterscheiden. Zwei unterschiedliche Doppelfassadentypen auf der Ost- und Westseite, und die einschaligen Fassaden im Norden und Süden.

Die Westfassade wird durch eine gebäudehohe Mehrgeschosfassade gebildet. Lüftungsklappen am unteren und oberen Ende ermöglichen eine komplette Hinterlüftung des insgesamt 71 m hohen Fassadenzwischenraums. Durch Öffnung der Bürofenster können die Geschosse entlüftet werden.

Im Fassadenzwischenraum sind geschosshohe, farbige Vertikallamellen aus gelochtem Blech zur Verschattung der Büroräume installiert. Die Ostfassade ist als Kastenfassade konzipiert. Ein Feld besteht aus jeweils einem ca. 30 cm tiefen Kastenfenster, einem opaken Brüstungs- und einem Lüftungselement, das in besonderer Weise schalldämmend ausgebildet wurde. Nord- und Südfassade sind als einschalige Pfosten-Riegel- Konstruktionen in gleicher Weise wie die Primärfassade der Westseite ausgebildet. Jede Fassade des Gebäudes besitzt einen hohen Glasanteil mit Sonnenschutz, der bei den Doppelfassaden im Zwischenraum und im Süden außen als starre Verschattungslamellen angebracht ist. Ein innen liegender Lamellenbehang dient im Norden als Blendschutz.

Bürokonzept

Der offene Grundriss der Regeletage ermöglicht die Realisierung unterschiedlicher Bürokonzepte, vom Großraumbüro bis zum Einzelbüro sind alle Varianten verwirklicht.

Das offene Erscheinungsbild und der hohe Glasanteil sollen zusammen mit der geringen Gebäudetiefe zu einer hohen Ausnutzung des Tageslichtanteils beitragen. Der Sonnenschutz in der Doppelfassade im Westen wird strahlungsabhängig gesteuert und kann manuell mittels Taster übersteuert werden. Ein Lochanteil von 18% ermöglicht selbst bei vollständig geschlossenen Paneelen einen Bezug nach außen.

Der Einsatz von Lüftungsanlagen wird auf ein Minimum begrenzt. Zu ca. 70% des Jahres soll ganz auf die mechanische Lüftung verzichtet werden. Tagsüber wird die natürliche Lüftung über den Sog in der Abluffassade gewährleistet. Die Nachtlüftung wird durch den Venturi-Flügel unterstützt. Zur Aktivierung von Speichermassen ist die Decke in den Büros unverkleidet.

Ein angenehmes Raumklima soll im Falle der natürlichen Lüftung über nächtliche Querlüftung und Auskühlung gewährleistet werden. Reicht dies nicht aus, kann gekühlte Zuluft über die mechanische Lüftung eingeblasen werden. Die Zuluft strömt über Luftauslässe im Doppelboden. Die Kühlung der Zuluft erfolgt zentral in der DEC-Anlage.

Die Heizung erfolgt im Winter über die statischen Heizflächen im Fassadenbereich. Zusätzlich wird erwärmte Zuluft durch den Boden eingebracht. Die Abluftöffnungen befinden sich in Fassadennähe. Von hier wird die verbrauchte Luft der Wärmerückgewinnung im 21.OG zugeführt.

Energiekonzept

- Fernwärmeanschluss an das EAB (Energie Agentur Berlin) -Fernwärmenetz
- Natürliche Be- und Entlüftung der Bürobereiche über den thermischen Auftrieb in der Doppelfassade (Abluffassade)
- Venturi-Flügel zur Unterstützung des Kamineffektes
- Orientierungsangepasste Fassadengestaltung
- Geringe Gebäudetiefe zur Reduktion des Kunstlichteinsatzes
- Zu- und Abluftanlage mit WRG
- Desiccant- Cooling System
- Wärmerückgewinnung aus der Abluft im Winter



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Hauptverwaltung der GSW, Berlin

Allgemeines

Objektkennziffer 103GSW
 Bezeichnung GSW
 Nutzung Büro- und Verwaltungsgebäude
 Klassifizierung Ergänzung eines vorhandenen Bürogebäudes
 Standort Kochstr. 22
 Berlin

Baujahr (Nutzungsbeginn) 600
 Arbeitsplätze k.A.
 Mitarbeiter

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch) 22-geschossiges Hochhaus, dreigeschossiger Flachbau, mit aufgesetztem dreigeschossigen Rundbau
 mittlere Raumhöhe 2,75 [m]

Flächen und Volumen

BruttoRauminhalt BRI 600.40,81 [m³]
 BruttoGrundFläche BGF 16.208 [m²]
 NettoGrundFläche NGF 14.204 [m²]
 HauptNutzFläche HNF 9.058 [m²]

Eigentümer GSW Berlin
 Betreiber GSW Berlin
 Nutzer GSW Berlin

Planungsteam

Architektur Sauerbruch und Hutton
 Energiekonzept Ove Arup
 TGA-Planung Arge ARUP GmbH Berlin / Ingenieurgemeinschaft Höpfner mbH Berlin
 Bauphysik Prof. Rahn, Potsdam
 Tragwerksplanung/Statik Arge ARUP GmbH Berlin / Ingenieurgemeinschaft Höpfner mbH Berlin
 Berater: Prof. Mehlhorn, Berlin

Energiekennwerte

A/V - Verhältnis 0,27 [m⁻¹]
 Jahresheizwärmebedarf 14 [kWh/m³a]

Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
Vorhangfassade Westen	zweischalig; Elementbauweise	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K
Fassade, einschalig Norden	Pfosten-Riegel Konstruktion	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K
Kastenfenster Osten	innen Elementfassade; außen Pfosten-Riegel Konstruktion	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K
Fassade, einschalig Süden	Pfosten-Riegel Konstruktion	Fenster: U _w = 1,6 W/m ² K g-Wert = 0,6 [-]; U _{AW} = 0,32 W/m ² K

Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)			
	absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]
Wärme	0		0	0
Elektrische Energie	1.303		80	2.172
Primärenergie				
Wärme	0,7	0%	0	0
Elektrische Energie	3,0	100%	241	6.515
gesamt	3.909	100%	241	6.515

Veröffentlichungen:



Blick in die Doppelfassade



Ostfassade eines Büros



Fassadenzwischenraum

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Price Waterhouse Coopers, Berlin

Standort und Baukörper

Der keilförmige Büroturm B1 bildet den nördlichen Abschluss des Baublocks B zwischen der ‚Alten Potsdamer Straße‘ und der Linkstraße. 1998 wurde das Gebäude fertig gestellt und an die Price Waterhouse Cooper AG (PWC) vermietet. Insgesamt 17 Bürogeschosse erheben sich über der umlaufenden Arkade, nach Osten und Westen schließt je ein sechs geschossiger Riegel an, der zusammen mit dem Südflügel einen kleinen Innenhof bildet. Das 6. OG öffnet den Innenhof zum Weinhaus Huth. Das 18. Obergeschoss bietet Platz für Technikzentralen und Aufzugüberfahrten. Vier Untergeschosse nehmen eine Tiefgarage, Technik und Lagerräume auf. Der Haupteingang des Gebäudes wird durch ein großes Vordach betont. Von der Spitze aus gelangt man in die zu zwei Seiten komplett verglaste Eingangshalle. Fünf Aufzüge erschließen die Obergeschosse. Die südlichen Bürobereiche können über einen dritten Zugang von der ‚Alten Potsdamer Straße‘ erschlossen werden. Auf jeder Etage gibt es natürlich belichtete und belüftete Empfangsbereiche.

Fassadenkonzept

Als Bestandteil des Komfortkonzeptes für die Büros im Hochhaus hat das Gebäude B1 eine zweischalige Hülle. Eine natürliche Be- und Entlüftung über die Fassade wird ermöglicht. Hochtransparente Lamellen aus Weißglas bilden die äußere Haut der Doppelfassade. Im Fassadenzwischenraum ist ein Sonnenschutz/ Lamellenbehang installiert. Der südliche Teil des Turm sowie die angrenzenden Riegel haben eine einschalige Fassade, die mit sandfarbenen Tonziegeln verkleidet sind. Der Büroturm hat auf seiner Ost- und Westseite eine Doppelfassade. Witterungsunabhängig wird eine natürliche Lüftung der Büros ermöglicht, eine ständige mechanische Belüftung kann vermieden werden. Drehbare Glaslamellen unterstützen die horizontale Gliederung der Fassade und sorgen für eine maximale Belüftung des Fassadenzwischenraums. Der sich aus der Grundrissform ergebende spitz zulaufende Büroraum nach Süden hat eine glättflächige äußere Haut. Die Hinterlüftung erfolgt über Fugen in der Glashülle.

Der Abstand von Primär- und Sekundärfassade variiert zwischen 65 bis 80 cm. Typologisch als Korridorfassade konstruiert ist der Fassadenzwischenraum jeweils pro Geschoss geschottet.

Bürokonzept

Der Grundriss lässt eine Nutzung mit Zellen-, Kombi- und Großraumbüros zu. Jedes Geschoss kann in drei Mietbereiche geteilt werden. Der durch das gleichschenklige Dreieck im Grundriss aufgespannte Kern nimmt Nebenfunktionen und Sanitärräume auf.

Die Büroräume orientieren sich entlang der Ost- und Westfassade nach außen. Fensterflügel in der Primärfassade sind bis hinauf ins 17. Obergeschoss zur freien Lüftung vom Nutzer zu öffnen.

Weißer Wände stehen im Kontrast zur Einrichtung aus Holz. Die Trennwände zu Nachbarbüros und zum Flur sind opak.

Die Funktionen Raumlüftung, Heizung/ Kühlung lassen sich über ein Thermostat beeinflussen. Ganzjährig gelangt die Zuluft über die Fassade in die Büros. Die Abluft strömt zur Wärmerückgewinnung in die Skygärten. Die Betonkernaktivierung unterstützt die Klimatisierung der Räume im Sommer und deckt die Grundlast der Beheizung im Winter.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an das Fernwärme- und kältenetz der BEWAG
- Mechanische Lüftung, Zu- und Abluft mit WRG, für alle Büros
- Kühldecke für alle Büro- und Besprechungsräume
- Natürliche Belüftung über die Fassade möglich
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum
- Korridorfassade (Schottung pro Geschoss)
- Drehbare Glaslamellen zur Belüftung des Fassadenzwischenraums
- Südspitze des Gebäude glattflächig verglast
- Doppelfassade zum Wind-, Regenschutz
- verbesserte Verfügbarkeit des Sonnenschutzes
- Fassade als städtebauliches Argument der Spitze zum Potsdamer Platz

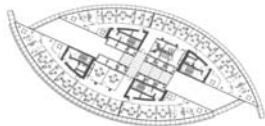


Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Price Waterhouse Coopers - Berlin

<i>Allgemeines</i>			
Objektkennziffer	104PWC; B1		
Bezeichnung	Price Waterhouse Coopers		
Nutzung	Bürogebäude		
Klassifizierung	Neubau		
Standort	Potsdamer Platz Nr. 3 10875 Berlin		
Baujahr (Nutzungsbeginn)	1997-2000		
Arbeitsplätze			
Mitarbeiter			
<i>Baukörper</i>			
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	18 Obergeschosse, 4 Untergeschosse		
mittlere Raumhöhe	3,75	[m]	
<i>Flächen und Volumen</i>			
BruttoRauminhalt	k.A.	[m ³]	
BruttoGrundFläche	BGF 21.298	[m ²]	
NettoGrundFläche	NGF 18.466,29	[m ²]	
HauptNutzFläche	HNF 9.914,07	[m ²]	
Eigentümer	Daimler-Benz u. Co `Regina`		
Betreiber	debis Immobilienmanagement		
Nutzer	Price Waterhouse Cooper AG		
<i>Planungsteam</i>			
Architektur	Planungsgemeinschaft Renzo Piano Building Workshop; Christoph Kohlbecker		
Energiekonzept	Müller BBM, Berlin		
TGA-Planung	Schmidt, Reuter, Partner		
Bauphysik	Müller BBM, Berlin		
Tragwerksplanung/Statik	Ingenieurbüro IBF Dr. Falkner GmbH		
<i>Energiekennwerte</i>			
A/V - Verhältnis	0,187	[m ⁻¹]	
Jahresheizwärmebedarf	k. A.	[kWh/a]	
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
	Doppelfassade	Primärfassade:	Fenster:
	Ost- und Westseite	Loch-/ Bandfassade	U _w = 1,8 W/m ² K
			Außenwand:
			U _{AW} = 0,31 W/m ² K
			Verglasungsanteil
			64-75 %
		Sekundärfassade:	
		eingeschossige, hinterlüftete	
		Korridorfassade, drehbare Glaslamellen	
	Einschlaige	Lochfassade mit	Verglasung:
	Fassade	Vorhangschale aus	2 - 6 mm VSG
		Tonziegel	
	Primärenergie-	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)	
	faktoren	absolut	Anteil
	[-]	[MWh/a]	[%]
			spezifisch BGF
			spezifisch AP
			[kWh/(m ² _{BGF} *a)]
			[kWh/(AP*a)]
<i>Endenergie</i>			
Wärme			
Elektrische Energie			
<i>Primärenergie</i>			
Wärme	k.A.		
Elektrische Energie			
gesamt			
<i>Veröffentlichungen:</i>			



Ansicht Süd



Regelgrundriss



Fassadenzwischenraum



schwengbare Lüftungsclappen

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Posttower, Bonn

Standort und Baukörper

Die Hauptverwaltung der Deutschen Post AG wurde im Frühjahr 2003 fertiggestellt. Großzügige Treppen und Rampen und eine offene überdachte Passage schaffen den Übergang zwischen Kurt-Schumacher-Straße und den Rheinauen. Das vom Architekten Helmut Jahn entworfene Gebäude hat die Form von zwei zueinander versetzten Ellipsenhälften. 40 Stockwerke erreichen eine Höhe von 162 m und schließen mit zwei Penthousegeschossen für den Vorstand ab. Der Neubau bietet in etwa 1.500 Büros Platz für ca. 2.000 Mitarbeiter. Im Sockelgebäude sind Cafeteria, Sitzungs- und Konferenzeinrichtungen untergebracht. Fünf Untergeschosse bieten Platz für Tiefgarage, Technik und Lager. Darüber hinaus befindet sich im 20.OG ein Technikgeschoss.

Die viergeschossige Eingangshalle befindet sich im „Spalt“ des Gebäudes, der von den ovalen Ellipsenhälften gebildet wird. Gläserne Böden unterteilen diesen Zwischenraum in neungeschossige Skygärten. Sie bieten Platz für Kommunikationsbereiche und erhöhen durch die vollverglaste Seiten die Transparenz des Gebäudes. Durch die Einbündelanlage haben alle Büroräume gleichwertigen Außenbezug. Der Flur folgt der Krümmung der Ellipse, die zentralen Bereiche stehen für Nebenräume, Installationen und Fluchtwege zur Verfügung.

Fassadenkonzept

Als Bestandteil des Komfort- und Energiekonzepts hat der Post Tower eine zweischalige Hülle, komplett aus Glas. Windmispült ergibt sich im Gebäude eine ausgeglichene Luftbewegung durch die verschiedenen Fassadenschichten und -räume. Das Gebäude wird ganzjährig über den Luftraum der Doppelfassade belüftet. Glas vom Boden bis zur Decke optimiert den Tageslichteinfall.

Im Bereich der Skygärten bildet eine einschalige Konstruktion den Raumabschluss. Die typische Büroetage wird über den Luftraum der zweischaligen Fassade mit frischer Zuluft versorgt, die innenliegenden Skygärten dienen als Abluftsammler.

Als Vorteil der Gebäudeform (zwei zueinander verschobene Ellipsen) soll die Abminderung von Druckspitzen im Zwischenraum der Doppelfassade durch Querströmung unterstützt werden.

Bürokonzept

Die Büroräume, im wesentlichen Ein- bzw. Zweiraumbüros, orientieren sich entlang der gebogenen Fassaden nach außen. Gläserne Trennwände zu Nachbarbüros und zum Flur bieten ein Maximum an Transparenz und Helligkeit.

Fensterflügel in der Primärfassade bis hinauf ins 40. Geschoss geben dem Nutzer die Möglichkeit der freien Lüftung. Ansonsten strömt die Luft über die Unterflurkonvektoren weiter in den Turm.

Je nach Lichteinfall wird automatisch der Stand der Jalousien korrigiert.

Reicht die natürliche Beleuchtung nicht aus, schaltet sich die elektrische Beleuchtung ein. Alle Funktionen lassen sich neben Lüftung, Heizung und Kühlung manuell übersteuern.

Die Büros werden natürlich belüftet. Ganzjährig gelangt die Zuluft über Fassade in die Büros. Die Abluft strömt zur Wärmerückgewinnung in die Skygärten. Die Betonkernaktivierung unterstützt die Klimatisierung der Räume im Sommer und deckt die Grundlast der Beheizung im Winter.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an das Fernwärmenetz der Stadt Bonn (SWB)
- Grundwassernutzung zur natürlichen Kühlung
- Dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz- und Kühlfunktion
- Vorhangdoppelfassade (alle neun Geschossen geschottet) zum Wind-, Regen- u. Schallschutz
- Abminderung von Druckspitzen durch Querströmung im Fassadenzwischenraum
- Natürliche Belüftung aller Büros
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum
- Klimatisierung der Konferenzräume
- Betonkerntemperierung
- Zwei Kältemaschinen für die RLT Anlagen, im Wärmepumpenbetrieb für die zum Beheizen Betonkernaktivierung
- Abluft zur Wärmerückgewinnung in die Skygärten
- Südfassade zur besseren Durchlüftung geschindelt
- Nordfassade glattflächig



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Posttower, Bonn

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	106POT				
Bezeichnung	Posttower, Konzernzentrale Deutsche Post AG				
Nutzung	Bürogebäude				
Klassifizierung	Neubau				
Standort	Kurt Schumacher Straße				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	2002				
Arbeitsplätze	2000				
Mitarbeiter	k.A.				
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	41 Obergeschosse, 5 Untergeschosse				
mittlere Raumhöhe	2,85	[m]			
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRaumInhalt	BRI	k.A.	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	117.902	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	102.575	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	64.267	[m ²]		
Eigentümer	Deutsche Post AG				
Betreiber	Deutsche Post AG				
Nutzer	Deutsche Post AG				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	Murphy und Jahn, Chicago / USA				
Energiekonzept	Transsolar Energietechnik GmbH , Stuttgart				
TGA-Planung	Brandi Consult, Köln - Berlin				
Bauphysik	Horstmann u. Berger				
Tragwerksplanung/Statik	Werner Sobek Ingenieure				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,13	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	13	[kWh/m ³ a]			
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Vorhangdoppel- fassade, Nord- und Südseite	Primärfassade: geschossshohe Elementfassade	Verglasung: U _v = 1,2 W/m ² K U _w = 1,4 W/m ² K g-Wert 0,59 [-] Verglasungsanteil > 90 %		
		Sekundärfassade: neugeschossige hinterlüftete Vorhangfassade	Verglasung: 2 - 8 mm VSG		
	Glasfassade, einschalig	Fassade: Postenriegel-Konstruktion	Fenster: U _w = 2,6 W/m ² K g-Wert 0,80 [-]		
	Primärenergie- faktoren [-]	Jahresenergieverbrauch absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]
<i>Endenergie</i>					
Wärme	-	5.701	-	48	2.851
Elektrische Energie	-	14.657	-	124	7.329
<i>Primärenergie</i>					
Wärme	0,7	3.991	8%	34	1.995
Elektrische Energie	3,0	43.971	92%	373	21.986
gesamt		47.962	100%	407	23.981
Veröffentlichungen:					



Ansicht Süden



Regelgrundrisse

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Allianz Hochhaus; Berlin

Standort und Baukörper

Der Komplex 'An den Treptowers' in Berlin wurde 1998 fertig gestellt. Er besteht aus insgesamt 4 Gebäuden. Alle Angaben beziehen sich jedoch ausschließlich auf das Hochhaus direkt am Ufer der Spree.

Der 125 m hohe Tower wird von der Allianz-Grundstück GmbH vermietet und bietet auf 31 oberirdischen Geschossen Raum für ca. 1000 Arbeitsplätze.

Der Tower hat einen quadratischen Grundriß mit einer Kantenlänge von 32,40m. In der Mitte stehen sich zwei Kerne mit Aufzügen, Treppenhäusern, Sanitäreinrichtungen und Nebenräumen gegenüber, die durch eine Lobby miteinander verbunden sind. Ein umlaufender Flur erschließt die Büroräume auf den einzelnen Etagen. Dies ist in den nebenstehenden Regelgrundrissen zu erkennen.

Technikgeschosse befinden sich in der 11., 21. und 31. Etage. Sie zeichnen sich optisch in der Fassade des Towers ab. Zudem gibt es zwei Untergeschosse, die ebenfalls Raum für Technik bieten.

Fassadenkonzept

Der Tower besitzt zwei unterschiedliche Fassadentypen. Das durch ein kräftiges Fassadenraster gegliederte untere Drittel (Geschosse 1-10) nimmt höhenmäßig die benachbarte Struktur auf. Das großflächige Raster ist als hinterlüftete Natursteinfassade ausgeführt die Rasterflächen selbst sind mit vollverglasten Elementen gestaltet. Ab der elften Etage wirkt die Fassade filigraner und eine Pfosten-Riegel-Konstruktion aus Stahl und Glas bildet die Gebäudehülle.

Dieses Fassadenraster ist in sich noch einmal horizontal gegliedert. Auf ein Glaselement, das die jeweilige Geschoßdecke und ein kurzes Brüstungselement überdeckt, folgen zwei Fensterelemente die zusammen den transparenten Teil der Gebäudehülle bilden.

Die Außenfenster des Gebäudes sind komplett zweischalig ausgeführt. Typologisch handelt es sich um Kastenfenster, die als Abluftfenster funktionieren. Die äußere Scheibe, eine Doppelverglasung aus Verbundsicherheitsglas (VSG), läuft durch, während die innere Scheibe aus Einscheibensicherheitsglas (ESG), je eine Überströmöffnung an der Oberseite hat. Eine manuelle Fensterlüftung ist nicht möglich. Sonnenschutzlamellen befinden sich im ca. 10 cm breiten Fensterzwischenraum. Form und Stellung der Lamellen ermöglichen Lichtlenkung, so daß ein zusätzlicher Blendschutz im Innern nicht nötig ist. Die Regelung der Lamellen erfolgt in Abhängigkeit von den Tageslichtverhältnissen.

Über aktuelle Tageslichtwerte werden in Abhängigkeit von Schattenberechnungen optimale Lichtverhältnisse in den Büros ermittelt und die Lamellenstellung wird zentral geregelt. Darüber hinaus wird der Fassaden- bzw. Fensterzwischenraum (FZR) zur Absaugung der Abluft genutzt. Über Abluftöffnungen im Boden des Kastenfensters und einen Brüstungskanal wird die warme Raumluft im FZR abgesaugt und durch Leitungen im Doppelboden abgeführt. Im Winter wird somit die Auskühlung der inneren Scheibe verhindert und ein Kaltluftabfall vor der Scheibe nahezu unterbunden. Im Sommer wird die erwärmte Luft des FZR abgesaugt, der Wärmeeintrag in den Raum wird verhindert. In jeder Jahreszeit soll so für ein besseres Raumklima erzielt werden und Energie eingespart werden können.

Bedingt durch die Nähe zum Flughafen Tempelhof (ca. 3.5 km) absorbiert die Fassade aus Gründen der Flugsicherheit Radarstrahlen und streut sie so, daß sie auf dem Radarschirm kaum noch Echos zeigen.

Bürokonzept

Durch ein spezielles Trennwandsystem und das gewählte Ausbauraster ist es möglich, je nach Mieterwunsch verschiedene Nutzungseinheiten und Bürokonzepte anzubieten. Die Größe kann jederzeit von Einzelbüros zu Doppel- oder Gruppenbüros variiert werden. Hohlraum- und Doppelböden sowie eine strukturierte Installationsführung lassen unterschiedliche Büronutzungen zu.

Die Büros sind nach außen offen und transparent gestaltet. Aufgrund des gewählten Konzepts (Abluftfenster und Vollklimatisierung) sind die Fenster zum Lüften nicht zu öffnen. Die flexiblen Trennwände zwischen den Büros sind teils opak, teils transparent.

Energiekonzept

- Anschluss des Gebäudes an die Fernwärmeversorgung der BEWAG
- Klimaanlage mit Be- und Entfeuchtung der Büros
- Doppelfassade als Kastenfenster
- Sonnenschutz-Lamellen im Fassadenzwischenraum
- abgehängte Decken/ Kühldecken
- Doppelboden zur Lüftungsführung
- Statische Heizflächen
- Fußbodenheizung (Foyer, Cafeteria, Restaurant)



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Allianz Hochhaus; Berlin

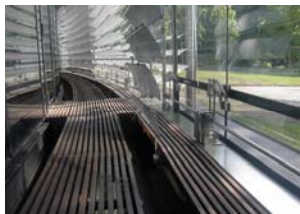
<i>Allgemeines</i>						
Objektkennziffer	109ALH					
Bezeichnung	Allianz Hochhaus Berlin					
Nutzung	Büro-/Verwaltungsgebäude					
Klassifizierung	Neubau					
Standort	Eisenstr. / Hoffmannstr. Berlin					
Baujahr (Nutzungsbeginn)	1995-1998					
Arbeitsplätze	k.A.					
Mitarbeiter	k.A.					
<i>Baukörper</i>						
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	32 Obergeschosse; 11/21/31/32 Technik					
mittlere Raumhöhe	2,6	[m]				
<i>Flächen und Volumen</i>						
BruttoRauminhalt	BRI	k.A.	[m ³]beheiztes Bauwerksvolumen gesamt 117543m ³			
BruttoGrundFläche	BGF	33.544	[m ²]			
NettoGrundFläche	NGF	31.777	[m ²]			
HauptNutzFläche	HNF	21.155	[m ²]			
Eigentümer	Grundstücksgesellschaft am Treptower Park					
Betreiber	Allianz Grundstücks GmbH					
Nutzer	Allianz					
<i>Planungsteam</i>						
Architektur	ASP Schweger&Partner, Gerhard Spangenberg, Reichel&Stauth					
Energiekonzept	k.A.					
TGA-Planung	Brandi Ingenieure, Köln/Berlin					
Bauphysik	Ingenieurbüro Schalm, München					
Tragwerksplanung/Statik	IFB Planungsgruppe Dr. Braschel, Stuttgart/Berlin					
<i>Energiekennwerte</i>						
A/V - Verhältnis	0,18	[m ⁻¹]				
Jahresheizwärmebedarf	11	[kWh/(m ³ a)]				
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)			
	Doppelfassade als Kastenfenster, allseitig	Pfostenriegel-Konstruktion, Abluft über Zwischenraum	Verglasung innen: ESG Verglasung außen: U _v = 1,1 W/m ² K g-Wert 0,60 [-] Verglasungsanteil 66 %			
	opake Fassade, einschalig	vorgehängte Natursteinfassade	Außenwand: U _{w,AW} = 0,43 W/m ² K			
	opake Fassade, einschalig	Brüstungselemente als Paneel	Außenwand: U _{AW} = 0,27 W/m ² K			
<i>Endenergie</i>	Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]	
Wärme	-	2.225	-	76	2.947	
Elektrische Energie	-	4.248	-	145	5.626	
<i>Primärenergie</i>	Wärme	0,7	1.558	11%	53	2.063
Elektrische Energie	3,0	12.744	89%	435	16.879	
gesamt			100%	488	18.942	



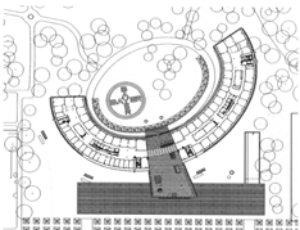
Nordfassade



Flur 3. Obergeschoss



Fassadenzwischenraum



Grundriss Erdgeschoss

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Konzernzentrale der Bayer AG, Leverkusen

Standort und Baukörper

Das Werksgelände von Bayer ist eine „Stadt in der Stadt“. Die neue Konzernzentrale von Helmut Jahn reiht sich als modernes und innovatives Gebäude in die Reihe der Bestandsbauten ein.

Als Ovalsegment öffnet sich das neue viergeschossige Gebäude zum angrenzenden Carl-Duisberg-Park. Zur städtebaulichen Einbindung der Halbellipse verläuft eine transparente Pergola parallel zur Kaiser-Wilhelm-Allee.

Eine gebäudehohe gläserne Eingangshalle gliedert das Gebäude in zwei Flügel unterschiedlicher Größe. Freitreppen und Panoramaaufzüge erschließen die drei Obergeschosse, wobei das 3. OG dem Vorstand vorbehalten ist. In zwei Untergeschossen sind Tiefgarage und Haustechnik untergebracht.

Die Konzernzentrale ist Sitz des Vorstandes der Bayer AG

Fassadenkonzept

Als Bestandteil des Komfort- und Energiekonzepts besitzt das Gebäude eine zweischalige Hülle, komplett aus Glas. Die Doppelfassade ermöglicht die natürliche Belüftung. Lediglich die großzügige Eingangshalle ist einschalig konstruiert. Die Stirnseiten des Gebäudes erhalten durch ein Gewebe aus Edelstahl je nach Perspektive einen semitransparenten bis geschlossenen Charakter. Die Transparenz von innen nach außen bleibt bewahrt. Anpassungsfähig und regulierbar soll das Fassadenkonzept natürliche Belüftung und Belichtung maximalen Komfort bei einem Minimum an Technik erreichen. Eine geschoßhohe Verglasung optimiert den Tageslichteinfall. Das Dach, eine Stahlleichtbaukonstruktion, ist mit einem angepasst radialen Raster gedeckt. Die Dacheindeckung besteht aus teils opaken, teils transparenten Paneelen und lässt so an definierten Stellen den Einfall von Tageslicht zu. Durch den Grad des Öffnungsanteiles wird mit geschlossenen oder transparenten Flächen einer Überhitzung entgegengewirkt und gleichzeitig der Anteil an Kunstlicht verringert. Über der Eingangshalle befindet sich bedruckte Überkopfverglasung, womit der Wärmeeintrag reduziert werden soll.

Neben einer natürlichen Klimatisierung waren größtmögliche Transparenz und Leichtigkeit ein gestalterisches Ziel für das Gebäude. Zu diesem Zweck wurde die äußere Hülle der zweischaligen Glasfassade über Kragarme und Zugstäbe vom Dach abgehängt.

Bürokonzept

Die Büroräume orientieren sich in einer Zweibundanlage mit Ein- bzw. Zweiraumbüros entlang der gebogenen Fassaden nach Norden und Süden. Raumhohe Verglasungen bieten ein Optimum an Transparenz und Außenbezug. Fensterflügel in der Primärfassade geben dem Nutzer die Möglichkeit zur freien Lüftung. Sonnenschutzvorrichtungen wie der Lamellenbehang und das innenliegende Blendschutzrollo sowie die Beleuchtung und die Fensterflügel lassen sich für jedes Büro elektrisch bedienen.

Die Abluft wird gesammelt und strömt zur Wärmerückgewinnung in die Eingangshalle. Die Betonkernaktivierung unterstützt die Klimatisierung der Räume im Sommer und deckt die Grundlast der Beheizung im Winter.

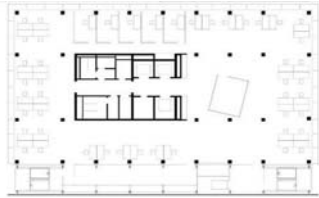
Energiekonzept

- Doppelfassade zum Wind-, Regen- und Schallschutz
- Sonnenschutzlamellen im Fassadenzwischenraum
- Südfassade zur besseren Durchlüftung geschuppt
- Nordfassade glattflächig
- natürlichen Belüftung aller Büro- und Besprechungsräume möglich (Besprechungsräume mit erhöhtem Luftwechsel)
- Dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz- und Kühlfunktion (Gerätebestandteile: u.a. Rückschlagklappe, Schalldämpfer, Wärmetauscher, Verkabelung und Verteilerbox)
- Abluft zur Wärmerückgewinnung in Eingangshalle
- Anschluss des Gebäudes an das Nahwärmenetz des Werksgeländes
- Betonkernaktivierung zur Deckung der Grundlasten (Heizen/Kühlen)
- Kältemaschine für die RLT Anlagen
- zusätzlich Kühldecken im 3. OG



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Konzernzentrale der Bayer AG, Leverkusen

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer	110BAY				
Bezeichnung	Konzernzentrale Bayer AG, Leverkusen				
Nutzung	Bürogebäude				
Klassifizierung	Neubau				
Standort	Building W11 51368 Leverkusen				
Baujahr (Nutzungsbeginn)	2003				
Arbeitsplätze	275				
Mitarbeiter					
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	4 Obergeschosse / 2 Untergeschosse				
mittlere Raumhöhe	2,85	[m]			
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRaumInhalt	BRI	k.A.	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	23.109	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	15.579	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	7.658	[m ²]		
Eigentümer	BayerAG, Leverkusen				
Betreiber	Bayer AG (Industry Services)				
Nutzer	Bayer AG (Technology Services)				
<i>Planungsteam</i>					
Architektur	Murphy und Jahn, Chicago / USA				
Energiekonzept	Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart				
TGA-Planung	Brandi Consult, Köln - Berlin				
Bauphysik	Horstmann und Berger, Altensteig				
Tragwerksplanung/Statik	Werner Sobek Ingenieure, Stuttgart				
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis	0,26	[m ⁻¹]			
Jahresheizwärmebedarf	859.165	[kWh/a]			
Mittlere U-Werte	Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)		
	Vorhangdoppel- fassade, Nord- und Südseite	Primärfassade: geschoss hohe Elementfassade	Verglasung: U _v = 1,5 W/m ² K g-Wert 0,58 [-]		
		Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	Verglasungsanteil > 90 % Verglasung: 2 - 8 mm VSG		
	Glasdach	Stahlrahmenkonstruktion, bedrucktes Glas	U-Wert: k. A.		
<i>Endenergie</i>					
Wärme					
Elektrische Energie					
Primärenergie	Primärenergie- faktoren	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807) absolut	Anteil	spezifisch BGF	spezifisch AP
Wärme	[-]	[MWh/a]	[%]	[kWh/(m ² _{BGF} *a)]	[kWh/(AP*a)]
Elektrische Energie gesamt					
Veröffentlichungen:	k.A.				



Regelgrundriss



Fassadenthemen

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Landwirtschaftliche Sozialversicherung, Stuttgart

Standort und Baukörper

Das Gebäude wurde in den sechziger Jahren als Hauptverwaltung der Fa. Bauknecht an einer der Einfallstraßen im Stuttgarter Süden errichtet. Da das 12 geschossige Gebäude nicht mehr den Anforderungen an ein modernes Bürogebäude entsprach, entschloß sich die Landwirtschaftliche Sozialversicherung Baden-Württemberg, zu einer kompletten Sanierung. Das mit der Durchführung beauftragte Architekturbüro Hermann, Bosch und Keck umgab den Büroturm von 14,5 x 27 m mit einer zweiten Haut, die auf der Südseite zugleich eine neue Erschließungsspanne miteinschließt. Hierfür konnte einer der beiden alten Erschließungskerne entfernt werden. Pro Geschoß stehen nun ca. 750 m² BGF zur Verfügung.

Das Gebäude ist vertikal in 3 Abschnitte gegliedert: Über einer Eingangshalle befinden sich 10 Regelgeschosse mit Büronutzung und vorgehängter Doppelfassade. Darüber schließt sich die Vorstandsetage und im 12. OG der Konferenzbereich an, die jeweils mit einer separaten Korridorfassade umschlossen wird. Die technischen Anlagen sowie die Versorgungseinrichtungen befinden sich im Wesentlichen im Untergeschoß.

Das komplette Gebäude wird vom Eigentümer selbst genutzt.

Fassadenkonzept

Das gesamte Gebäude ist mit drei unterschiedlichen Ausführungsvarianten einer Doppelfassade saniert worden. Typologisch handelt es stets sich um eine Korridorfassade, bei der der Abstand zwischen innerer und äußerer Schale variiert.

Die Zweischaligkeit wurde aus Gründen des Schallschutzes vorgeschlagen und realisiert. Zugleich bietet sie der Primärfassade einen Witterungsschutz, so daß diese einfacher ausgeführt werden konnte. Die äußere Schicht der Fassade besteht aus punkt- und liniengehaltenen ESG-Scheiben, die über Kragarme an der Bestandsdecke befestigt sind. Achsversetzte Zu- und Abluftöffnungen ermöglichen einen Luftstrom im Fassadenzwischenraum und eine natürliche Belüftung der Büros. Die horizontale Abschottung erfolgt mit bedruckten VSG-Scheiben, im 11. und 12. OG durch eine massive Decke.

Die Sanierung der Primärfassade konnte aufgrund des Witterungsschutzes in Holz ausgeführt werden. Neben der ca. 60 cm tiefen Doppelfassade in den Regelgeschossen bis zum 10. OG wurde die Fassade im Süden mit erweitertem Zwischenraum wie ein Wintergarten vorgestellt. Die Verglasungsanteile sind je nach Orientierung unterschiedlich zu bewerten.

Bürokonzept

Die Etage ist als Großraumbüro um den Kern herum geplant worden. Sie bleibt auf diese Weise offen und hell, lediglich im Osten werden fünf sog. Denkkzellen als Einzelraumbüros vorgesehen. Ein offenes Erscheinungsbild und größtmögliche Tageslichtausnutzung wird durch den Einbau sturzfreier Fenster erreicht. Im Fassadenzwischenraum der Doppelfassade befindet sich ein Lamellenbehang zum Sonnenschutz. Der Behang wird zentral geregelt und kann manuell übersteuert werden. Ein zusätzlicher raumseitiger Blendschutz soll nachgerüstet werden, um blendfreies Arbeiten zu ermöglichen. Die Decke ist zur optimalen Nutzung der Bauteilaktivierung von Installation freigehalten. Stoffbahnen unter einem Teil der Decke bieten Absorptionsfläche und verringern die Nachhallzeit.

Energiekonzept

- Doppelfassade als Korridorfassade
- Lamellenbehang im Fassadenzwischenraum
- Grundlastabdeckung durch Bauteilaktivierung
- Energiequelle Abluft
- Freie Fensterlüftung über die Doppelfassade in der Übergangszeit
- Bürozone als Zuluftbereiche, zentrale Flächen als Abluftbereiche
- Zu- und Abluftanlage, Konditionierung der Luft zur Spitzenlastdeckung



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Landwirtschaftliche Sozialversicherung, Stuttgart

Allgemeines

Objektkennziffer 112LSV
 Bezeichnung Landwirtschaftliche Sozialversicherung Stuttgart
 Nutzung Bürogebäude
 Klassifizierung Sanierung / Korridorfassade
 Standort Vogelrainstraße 25
 70199 Stuttgart
 Baujahr (Nutzungsbeginn) 2003
 Arbeitsplätze k. A.
 Mitarbeiter 400

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch) 13 (oberirdisch)
 mittlere Raumhöhe 3,32 [m]

Flächen und Volumen

BruttoRauminhalt	BRI	k. A.	[m ³]
BruttoGrundFläche	BGF	11.088	[m ²]
NettoGrundFläche	NGF	9.947	[m ²]
HauptNutzFläche	HNF	6.326	[m ²]

Eigentümer LVS Baden-Württemberg, Stuttgart
 Betreiber LVS Baden-Württemberg, Stuttgart
 Nutzer LVS Baden-Württemberg, Stuttgart

Planungsteam

Architektur Hermann Bosch Keck
 Energiekonzept k. A.
 TGA-Planung Trippe + Partner

Bauphysik GN Bauphysik, Stuttgart
 Tragwerksplanung/Statik IGB Dietrich&Netztel GmbH Stuttgart
 Pfefferskorn+Partner Stuttgart

Energiekennwerte

A/V - Verhältnis 0,21 [m⁻¹]
 Jahresheizwärmebedarf 446.870 [kWh/a]

Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)
Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: Holzkonstruktion	Fenster: U _w = 1,4 W/m ² K
		Verglasungsanteil 58 - 90 %
unterschiedliche Fassadenthemen	Sekundärfassade: eingeschossiger Korridor, Wärmeschutzglas, Lüftungslamellen	Verglasung: ESG

Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807)				
	absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]	spezifisch AP [kWh/(AP*a)]	
Wärme	1.250	-	113	3.125	
Elektrische Energie	k. A.	-	k. A.	k. A.	
Primärenergie					
Wärme	1,1	28%	124	3.438	
Elektrische Energie	3,0	-	k. A.	k. A.	
gesamt	-	-	-	-	

Veröffentlichungen:



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Victoria Turm, Mannheim

Standort und Baukörper

Die Frankfurter Architekten Albert Speer&Partner bauten unmittelbar am Mannheimer Bahnhof und am Schloßgarten einen gläsernen Turm für die Victoria Versicherung. Es ist mit fast hundert Metern das höchste Haus Mannheims und Baden-Württembergs.

Das Gebäude hat die Form einer langgezogenen gläsernen Raute. Die Verglasung der frei auskragenden Treppenhäuser in den beiden nadelspitzen Ecken und das oberste Geschoss bilden gemeinsam mit der Sockelzone eine Ebene, die vorspringende doppelschalige Glasfassade vor dem kleinteiligen Büroraster wirkt dadurch wie eine riesige Tafel, um die sich ein Lichter, bei Dunkelheit beleuchteter Rahmen legt.

Fassadenkonzept

Die Fassade ist aus Gründen des Schallschutzes als Doppelfassade ausgebildet. In Verbindung mit innenliegenden, zu öffnenden Fenstern ermöglicht diese Konstruktion eine optimale und natürliche Belüftung der Büroräume. Die Zufuhr der Außenluft erfolgt über die schrägen Öffnungen in den äußeren Fensterrahmen. Die Abluft gelangt über Lamellen im oberen Bereich der äußeren Doppelfassade nach Außen.

- Doppelfassade im Bereich der Büros, einfache Glasfassade in den Treppenhäusern, im Sockel und im Obergeschoss
- Kastenfenster mit diagonal geteiltm Zu- und Abluftkasten in den Achsen
- Außenschale VSG, Innenschale Wärmeschutzverglasung
- manuell öffnembare Fenster innen
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum (20cm)
- horizontale und vertikale Schottung der Doppelfassade in jeder Achse (Schallschutz)
- Fensterflächenanteil: 46%

Bürokonzept

Die ein- bis dreiaxigen Büros sind zurückhaltend ausgestattet, die 25 Regelgeschosse sind konventionell teilbar und bieten vom Zellen- bis zum Großraumbüro alle Möglichkeiten.

Ein in den Leuchten integrierter Lichtsensor regelt je nach Tageslichteinfall die Beleuchtungsstärke, d.h. bei einem höheren Tageslichteinfall in das Büro wird die Beleuchtungsstärke der Leuchten heruntergeregelt. Bei weniger Tageslichteinfall wird die Beleuchtungsstärke erhöht.

Beim Sonnenschutzkonzept wurde berücksichtigt, dass auch bei heruntergefahrenem Sonnenschutz Tageslicht in die Räume gelangt. Dies wurde durch eine Perforation der Sonnenschutzlamellen erreicht. Der Sonnenschutz wird, getrennt nach Etagen und Fassadenseiten, abhängig von der Sonneneinstrahlung, automatisch betrieben. Bei hohen sommerlichen Außentemperaturen sorgt eine automatische Bauteilkühlung für ein angenehmes Raumklima. Diese Bauteilkühlung ist in den Deckenbereichen der Büroräume mit Doppelfassade installiert.

Über Nacht gekippte Fenster können im Sommer gleichfalls zu einer Abkühlung der Büros führen. Die hier gespeicherte Kälte trägt tagsüber zu einer Senkung der Raumtemperatur bei.

Energiekonzept

- Fernwärmeanschluss
- Doppelfassade im Bereich der Büros
- Lüftung ausschließlich über die Fassade
- vollständiger Verzicht auf Klimatisierung in den Büros
- Zu- und Abluftanlage für Flur- und Kernzonen
- Betonkernaktivierung, Luftkühlung nur in Sonderbereichen

Der Victoria Turm in Mannheim ist ein modernes und flexibles Gebäude, das nach den neuesten technischen und ökologischen Erkenntnissen geplant und gebaut wurde. Große Glasflächen und helle Farben sorgen für Leichtigkeit und Transparenz und somit insgesamt für einen offenen Charakter des Hauses. Besonderer Wert wurde bei der Planung und Ausführung darauf gelegt, durch eine hochwertige Fassade, eine intelligente individuelle Raumsteuerung und besondere Sonnenschutz- und Lichtlenkungssysteme zu gewährleisten und den Energieverbrauch auf ein Minimum zu reduzieren.



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Victoria Turm, Mannheim

<i>Allgemeines</i>					
Objektkennziffer		113VVM			
Bezeichnung		Victoria Turm			
Nutzung		Bürogebäude			
Klassifizierung		Neubau			
Standort		Am Victoria Turm 2			
		Mannheim			
Baujahr (Nutzungsbeginn)		2001			
Arbeitsplätze					
Mitarbeiter		500			
<i>Baukörper</i>					
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)		28/2			
mittlere Raumhöhe		2,85	[m]		
<i>Flächen und Volumen</i>					
BruttoRaumInhalt	BRI	109.218	[m ³]		
BruttoGrundFläche	BGF	28.664	[m ²]		
NettoGrundFläche	NGF	20.967	[m ²]		
HauptNutzFläche	HNF	14.014	[m ²]		
Eigentümer		VVM			
Betreiber		VVM			
Nutzer		VVM			
<i>Planungsteam</i>					
Architektur		Albert Speer und Partner, Frankfurt am Main			
Energiekonzept		Stahl und Weiss			
TGA-Planung		Konzept fbta			
Fassadenplanung		IFFT, Karlotto Schott, Frankfurt am Main			
<i>Bauphysik</i>					
Tragwerksplanung/Statik		Genest undPartner			
		König und Heunisch			
<i>Energiekennwerte</i>					
A/V - Verhältnis		0,17	[m ⁻¹]		
Jahresheizwärmebedarf		k.A.	[kWh/m ² a]		
Mittlere U-Werte		Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)	
		Doppelfassade, allseitig	Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: k. A.	
				Verglasungsanteil 46 %	
			Sekundärfassade: geschosshohe Elementfassade	Verglasung: VSG	
		Primärenergiefaktoren [-]	Jahresenergieverbrauch (zeit- und witterungsbereinigt nach VDI 3807) absolut [MWh/a]	Anteil [%]	spezifisch BGF [kWh/(m ² _{BGF} *a)]
					spezifisch AP [kWh/(AP*a)]
<i>Endenergie</i>					
Wärme		-		-	
Elektrische Energie		-		-	
<i>Primärenergie</i>					
Wärme				k.A.	
Elektrische Energie gesamt					
<i>Veröffentlichungen:</i>					



Grundriss Erdgeschoss

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Doppel XX Bürohaus, Hamburg

Standort und Baukörper

Städtebaulich nimmt der Baukörper als Solitär, umgeben von zwei Straßen, einem Hofbereich und einem Kanal, die Kanten der umgebenden Straßenrandbebauung sowie die Höhe des Nachbargebäudes auf, was in dem relativ breiten Straßenraum für wohltuende Proportionen sorgt. Der Baukörper ist entwickelt als "Haus im Haus-Konzept". Das innere, massive Haus basiert auf einem x-x-förmigen Grundriss, der dem Gebäude seinen Namen verleiht. Umschlossen wird der Körper von einer kubisch, gläsernen Hülle. Dadurch bilden sich nach außen über die gesamte Höhe von 48m sechs dreieckige begrünte Wintergärten.

Die Konstruktion basiert auf einer Stahlbetonfertigteilkonstruktion mit jeweils vier Wandscheiben im zentralen Kernbereich und Wandscheiben in den Gebäudeecken. Der allgemeine Bürobereich wird stützenfrei mit Rippendecken überspannt. Die zentral gelegenen Kernbereiche mit der haustechnischen Versorgung bieten auch die Erschließung der 72 etwa 220m² großen Büroeinheiten über Aufzugsanlagen und Fluchttreppen. Die Füre zu den WC-Einheiten und Teeküchen sind über Glasbaustein-Elemente in den Erschließungskernen natürlich belichtet.

Fassadenkonzept

Die Fassade des Doppel-XX besteht aus zwei Schichten: der inneren Fassade für den XX-förmigen Baukörper und der äußeren Fassade, die als "Box" mit Einfach-Sicherheitsgläsern gestülpt ist. Dadurch entsteht ein Pufferraum, der es ermöglicht, trotz der stark befahrenen Straße die Büros unter schalltechnisch guten Bedingungen natürlich zu belüften. Außerdem bildet er eine ausgleichende Klimazone, die den Wärmeverlust in den kalten Jahreszeiten minimiert und zusätzliche Energie durch Sonneneinstrahlung nutzt. Durch die horizontale Verbindung der Wintergärten findet ein Klima ausgleichender Luftaustausch zwischen der jeweiligen "Sonnenseite" und der "Schattenseite" statt, der sich wiederum energetisch günstig auswirkt. Im Sommer schützen Aluminiumraffstores, die sich wind- und schmutzgeschützt im Fassadenzwischenraum befinden, und die Ablufteinrichtung vor Überhitzung.

Bürokonzept

Die Büroriegel des doppel-X-förmigen Grundrisses haben eine Tiefe von 13,2m bei einer Geschoßhöhe von 3,5m und einem flexiblen Ausbaurastr von 1,25m, was eine freie Einteilung der Fläche in Großraum-/Kombibüros oder dem konventionellen Zweibund ermöglicht. Der allgemeine Bürobereich wird stützenfrei mit Rippendecken überspannt. Die Büro Innenfassade mit einer 50 cm hohen Brüstung besitzt Glasschiebefenster zur natürlichen Belüftung. Die Wintergärten dienen als Erholungszonen für die Büroangestellten.

Energiekonzept

- Low-Tec-Konzept
- Doppelfassade zum Wind-, Regen- und Schallschutz
- Sonnenschutz: Aluminiumstores im Fassadenzwischenraum
- natürlichen Belüftung der Büroräume über Wintergärten
- Zu- und Abluft werden über Temperatur-, Wind- und Regenwächter elektronisch gesteuert
- Zuluft erfolgt über drehbare Glaslamellen in der Außenfassade
- Entlüftung/ Entrauchung der Wintergärten über die dreieckigen Glasdächer



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Doppel XX Bürohaus, Hamburg

Allgemeines

Objektkennziffer	116 DXH
Bezeichnung	Bürohochhaus Doppel XX
Nutzung	Bürogebäude
Klassifizierung	Neubau
Standort	Heidenkampsweg Hamburg
Baujahr (Nutzungsbeginn)	1999
Arbeitsplätze Mitarbeiter	72 Mieteinheiten zu je 220 m ²

Baukörper

Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	12 Obergeschosse / Untergeschosse
mittlere Raumhöhe	3,5 [m] Büro

Flächen und Volumen

BruttoRaumInhalt	BRI	110.200 [m ³]
BruttoGrundFläche	BGF	22.300 [m ²]
NettoGrundFläche	NGF	16.400 [m ²]
HauptNutzFläche	HNF	13.586 [m ²]

Eigentümer
Betreiber
Nutzer

ehem. Becken Immobilien
dto.
AON

Planungsteam

Architektur: Bothe Richter Teherani, Hamburg
Energiekonzept: DS-Plan, Stuttgart
TGA-Planung: Haustechnik: Ingenieurgesellschaft Ridder und Meyn mbH, Hamburg

Bauphysik
Tragwerksplanung/Statik

Ingenieurbüro Brakemeier, Hamburg
Ingenieurbüro Brakemeier, Hamburg

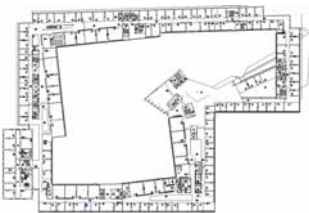
Energiekennwerte

A/V - Verhältnis: 0,25 [m⁻¹]
Jahresheizwärmebedarf: 233500 [kWh/a]

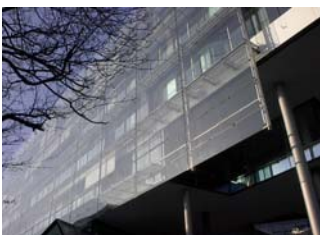
Mittlere U-Werte

Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ -Wert)
Vorhangdoppel- fassade	Haus im Haus Konzept	U-Wert: 1,5 W/m ² K
Glasdach		U-Wert: 1,5 W/m ² K

Luftbild- städtebaulicher Kontext



Grundriss 1.OG



Doppelfassade Blockrandbebauung



Fassade zu Innenhof

Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten Bürogebäude in Hannover

Standort und Baukörper

Das Bürogebäude am Friedrichswall, Hannover, wurde im Juni 2002 fertiggestellt. Es nimmt die umgebende Blockrandbebauung auf. Im Erdgeschoss befinden sich hier Restaurants und Boutiquen. Der Innenhof ist ebenfalls für Passanten begehbar.

Unter dem Gebäude befindet sich eine 2-geschossige Tiefgarage.

Eigentümer des Gebäudes ist die Demuro Grundstücksverwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG, Nutzer ist die Nord/LB.

Fassadenkonzept

Die Gebäudehülle besteht aus einer Stahlbeton-Konstruktion mit einer Pfosten-Riegel-Fassade. Diese ist an den Nord- und Westseiten der Blockrandbebauung und an den nach Süden ausgerichteten Fronten des Hochhauses als Doppelfassade ausgebildet. Dies ermöglicht den Büros der Blockrandbebauung an der stark befahrenen Straße eine schallgeschützte Fensterlüftung über den Fassadenzwischenraum mit zugeführter Luft aus dem Innenhof. Im Hochhaus ist im Fassadenzwischenraum der Sonnenschutz windgeschützt untergebracht. Die Gebäudehülle des Blockrandes besteht aus einer Pfosten-Riegel-Fassade, die in Teilbereichen (Norden und Westen) als Doppelfassade ausgebildet ist.

Die südorientierten Büros besitzen außenliegende Lamellen-Behänge mit Tageslichtoption: Die obersten Lamellen sind versetzt zum restlichen Behang eingestellt, um den Tageslichteintrag zu erhöhen. In allen Büros sind verschiebbliche innenliegende Screens als Blendschutz vorgesehen.

Die Zuluftführung in die Doppelfassade erfolgt über einen Kanal unter der Decke des 1. Obergeschosses aus dem Hofbereich des Gebäudes. Die Luft wird dabei auf der Hofseite eingeleitet und fließt unter dem Gebäude hindurch. Sie strömt über ein Leitschwert aus Kunststoff in die Doppelfassade ein. Die angeschlossenen Büros können somit schallgeschützt zum Fassadenzwischenraum geöffnet und gelüftet werden. Den Antrieb für die Luftströmung erzeugt neben dem natürlichem Auftrieb in der Fassade die Abluftanlage, an die alle Büros angeschlossen sind.

Bürokonzept

Die Büroräume sind als Zellenbüros für Einzel- oder Gruppennutzung als Zweibund angeordnet. Die Trennwände sind an den Seiten und oben von einem Glasfeld umgeben. Die Büros sind zum Flur hin vollverglast.

Das Konzept der Südbüros unterscheidet sich von dem der Nordbüros vor allem in der Lüftungsstrategie. Bei beiden wird jedoch das Konzept der natürlichen Fensterlüftung verfolgt.

Während die Südbüros über eine Ausstellklappe und den Dreh-/Kippflügel direkt nach außen belüftet werden können, werden Büros auf der Nordseite zur Doppelfassade gelüftet. Neben der natürlichen Lüftung gibt es zentrale Abluftanlagen, die die Luft aus den Büros über die Flurdecken in Sammelschächten abführen und über Dach ableiten. Über den Flurtüren sind Lüftungsklappen zum Lüftungsverbund angebracht.

Die Büroräume der Blockrandbebauung werden über statische Heizflächen beheizt. Sie unterscheiden sich konzeptionell von den Büros des Hochhauses, in denen die Beheizung zum einen über Unterflurkonvektoren vor den raumhohen Verglasungen sowie über die Kühl-/Heizdecken erfolgt. Zudem wird im Hochhaus temperierte Luft aus der Zu- und Abluftanlage eingebracht.

Eine Besonderheit des Heizungskonzeptes stellt die Energiepfehleanlage dar. Über eine Wärmepumpe werden im Winter die thermisch aktivierten Decken des Gebäudes (nur Blockrand und Hochhaus bis 8. OG.) beheizt. Durch die Wärmepumpe wird dem Erdreich Wärmeenergie entzogen und gleichzeitig ein Kältepotenzial für die sommerliche Gebäudekühlung erzeugt.

Energiekonzept

- externe Energieversorgung des Gebäudes durch Netzstrom und Fernwärme
- Energiepfehleanlage im Gründungsbereich des Gebäudes als regenerative Energiequelle
- thermische Bauteilaktivierung
- ca. 120 m² große thermische Solaranlage auf dem Dach
- natürliche Fensterlüftung für die Blockrandbebauung
- Hochhaus mechanisch be- und entlüftet, Vorstand klimatisiert
- Doppelfassaden zum Schallschutz
- Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum
- außenliegender Sonnenschutz



Twin Skin - Validierung von Doppelfassadenkonzepten

<i>Allgemeines</i>	012BIH																																								
Objektkennziffer	Bürogebäude																																								
Bezeichnung	Neubau																																								
Nutzung	30159 Hannover																																								
Klassifizierung	2002																																								
Standort	1400																																								
Baujahr (Nutzungsbeginn)	k.A.																																								
Arbeitsplätze	k.A.																																								
Mitarbeiter	k.A.																																								
<i>Baukörper</i>	k.A.																																								
Geschosse (überirdisch + Staffelgeschoss / unterirdisch)	k.A.																																								
mittlere Raumhöhe	k.A.																																								
<i>Flächen und Volumen</i>	BRI 298.000 [m³]																																								
BruttoRauminhalt	BGF 81.300 [m²]																																								
BruttoGrundFläche	NGF 73.523 [m²]																																								
NettoGrundFläche	HNF 33.888 [m²]																																								
HauptNutzFläche																																									
Eigentümer	Demuro Grundstücksverwaltungsgesellschaft mbH & Co. KG																																								
Betreiber																																									
Nutzer																																									
<i>Planungsteam</i>	Behnisch, Behnisch und Partner Stuttgart																																								
Architektur	Behnisch, Behnisch und Partner Stuttgart																																								
Energiekonzept	Arge TGA, Becker + Becker, BS; Lindhorst BS; Grabe Hannover; Taube-Goerz-Liegat, Hannover;																																								
TGA-Planung	Federführung: Ing.-büro Gierke, BS																																								
Bauphysik	Horstmann + -Berger, Altensteig																																								
Tragwerksplanung/Statik	Arge Tragwerksplanung, Wetzels + von Seht, Hamburg; Pfefferkorn + Partner, Stuttgart																																								
<i>Energiekennwerte</i>	0,26 [m ⁻¹]																																								
A/V - Verhältnis	17,67 [kWh/(m³a)] (ermittelt nach WSchVo'95)																																								
Jahresheizwärmebedarf																																									
Mittlere U-Werte	<table border="0"> <tr> <td>Fassade</td> <td>Konstruktion</td> <td>Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)</td> </tr> <tr> <td>Doppelfassade, Blockrand Nordost, West</td> <td>Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion</td> <td>Verglasung: U_v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade</td> <td>k. A.</td> </tr> <tr> <td>Bürofassade, einschalig</td> <td>Postenriegel-Konstruktion</td> <td>Verglasung: U_v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %</td> </tr> </table>					Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)	Doppelfassade, Blockrand Nordost, West	Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: U _v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %		Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	k. A.	Bürofassade, einschalig	Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: U _v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %																								
Fassade	Konstruktion	Verglasungsqualität (U-, g-, τ-Wert)																																							
Doppelfassade, Blockrand Nordost, West	Primärfassade: Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: U _v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %																																							
	Sekundärfassade: mehrgeschossige, hinterlüftete Vorhangfassade	k. A.																																							
Bürofassade, einschalig	Postenriegel-Konstruktion	Verglasung: U _v = 1,2 W/m²K g-Wert 0,58 [-] Verglasungsanteil > 90 %																																							
<i>Endenergie</i>	<table border="0"> <tr> <td>Wärme</td> <td>-</td> <td>10.961</td> <td>-</td> <td>135</td> <td>7.830</td> </tr> <tr> <td>Elektrische Energie</td> <td>-</td> <td>6.807</td> <td>-</td> <td>84</td> <td>4.862</td> </tr> <tr> <td><i>Primärenergie</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wärme</td> <td>0,7</td> <td>7.673</td> <td>27%</td> <td>94</td> <td>5.481</td> </tr> <tr> <td>Elektrische Energie</td> <td>3,0</td> <td>20.422</td> <td>73%</td> <td>251</td> <td>14.587</td> </tr> <tr> <td>gesamt</td> <td></td> <td>28.095</td> <td>100%</td> <td>346</td> <td>20.068</td> </tr> </table>					Wärme	-	10.961	-	135	7.830	Elektrische Energie	-	6.807	-	84	4.862	<i>Primärenergie</i>						Wärme	0,7	7.673	27%	94	5.481	Elektrische Energie	3,0	20.422	73%	251	14.587	gesamt		28.095	100%	346	20.068
Wärme	-	10.961	-	135	7.830																																				
Elektrische Energie	-	6.807	-	84	4.862																																				
<i>Primärenergie</i>																																									
Wärme	0,7	7.673	27%	94	5.481																																				
Elektrische Energie	3,0	20.422	73%	251	14.587																																				
gesamt		28.095	100%	346	20.068																																				
<i>Veröffentlichungen:</i>																																									