



Stefan Menzel (Autor)

# Ein Ansatz zur Optimierung des Luftströmungsverhaltens von Glas-Doppelfassaden unter Verwendung bionischer Prinzipien



1

**Schriftenreihe aus dem  
Institut für Massivbau**

Ein Ansatz zur Optimierung  
des Luftströmungsverhaltens  
von Glas-Doppelfassaden  
unter Verwendung  
bionischer Prinzipien

Dipl.-Ing. Stefan Menzel



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2949>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Kapitel 1

## Einleitung

Die Gebäudehülle besitzt aufgrund ihres gestalterischen Elements einen außerordentlich prägenden Charakter für das Erscheinungsbild und den Gesamteindruck eines Bauwerks. Die Fassade als äußere Schutzhaut transportiert dabei allerdings nicht nur architektonisch begründete Leitmotive, sondern hat auch zahlreiche weitere Funktionen, insbesondere im Hinblick auf ein bauphysikalisches Anforderungsprofil, zu erfüllen. Seit Ende des 20. Jahrhunderts findet bei zahlreichen Entwürfen und Konzeptionen von modernen Bürogebäuden und innerstädtischen Hochhäusern der Typ der Glas-Doppelfassade eine weitverbreitete Anwendung. So konnten in der Vergangenheit einige Gebäude, die diesen Fassadentyp in ihrer Planung berücksichtigten, realisiert werden, und auch in dem weiten Spektrum der Gebäudesanierung fand diese Fassadenart als eine sinnvolle ergänzende Maßnahme ihre Verwendung.



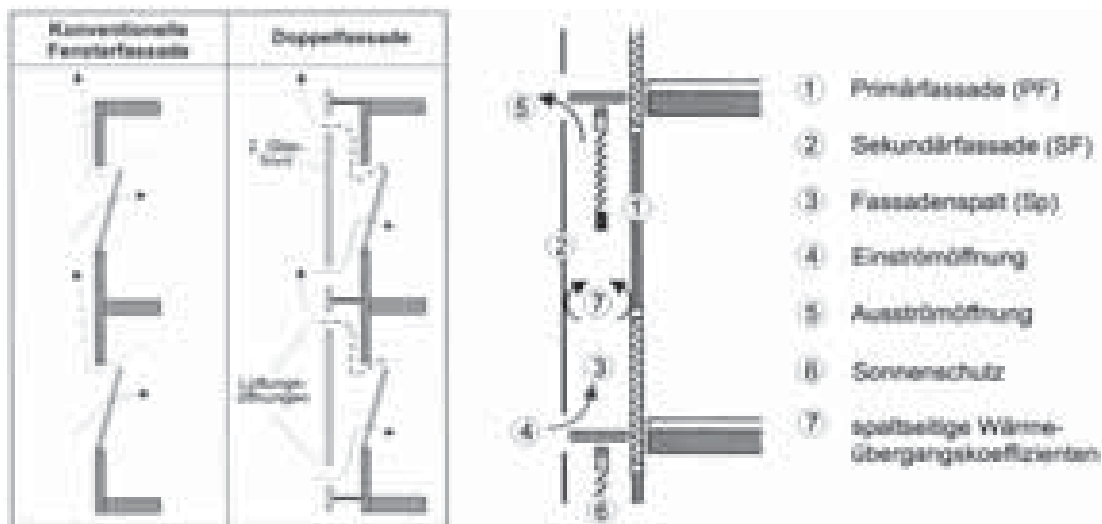
**Abbildung 1.1:** Beispiele realisierter Projekte

links: Victoria Ensemble, Köln [27]

rechts: RWE AG, Essen [5]

## 1.1 Definition einer Glas-Doppelfassade

Im allgemeinen Fall besteht eine doppelschalige Fassadenkonstruktion aus zwei Ebenen, die den Übergang und die Schnittflächen des zu schützenden Innenraums eines Gebäudes zur natürlichen Umwelt mit all ihren dynamischen Einflüssen bilden. Die Innenräume werden dabei von einer verglasten, transparenten oder teilweise opaken Primärfassade zu einem vorgelagerten, luftdurchströmten Zwischenraum abgegrenzt, dessen Abschluss zur Umgebung eine meist vollflächig verglaste Sekundärfassade übernimmt. Dieser äußeren „Haut“ werden dabei zum einen der überwiegende Teil der bauphysikalischen Schutzfunktionen gegenüber wetterbedingten Einflüssen zugewiesen, zum anderen ist sie aber auch aus tragwerksplanerischer Sicht für die sichere Aufnahme und Weiterleitung der Lasten aus Eigengewicht und teilweise aus Winddruck, dem insbesondere bei Hochhäusern eine wichtige Bedeutung zukommt, verantwortlich [25], [46].



**Abbildung 1.2:** links: Einschalige Fassade – Doppelfassade [45]

rechts: Schematischer Vertikalschnitt durch eine Doppelfassade [46]

Die Primärfassade wird konsequenterweise von diesen Aufgabenbereichen entlastet und kann aus diesen Gründen zumeist einfacher konstruiert sein. Der Abstand zwischen den Fassadenebenen variiert von Bauwerk zu Bauwerk und kann von wenigen Zentimetern bis über einen Meter betragen, wenn dieser z.B. als Aufenthaltsfläche bzw. begehbar ausgeführt werden soll. In diesem Zwischenraum oder Fassadenspalt befindet sich häufig der erforderliche Sonnenschutz, der dadurch sehr gut vor Windeinflüssen geschützt werden kann und aufgrund dieser Lage keine zusätzlichen Wärmeeinträge in den Innen-

raum mit sich bringt. Die Verbindung zu der Außenluft wird über Luftein- und -auslassöffnungen gewährleistet, deren Lage und Gestaltung von der gewählten Systemvariante, die je nach Art der Segmentierung der Fassade unterschieden werden können, abhängig ist [25], [46].

Die wesentlichen Zielsetzungen, die mit dem Einsatz der Glas-Doppelfassade bei der Realisierung eines Gebäudes verfolgt werden, sind äußerst vielfältig und entstanden aus den unterschiedlichsten Motivationen. Aus architektonischer Betrachtungsweise bieten die großflächigen Glaselemente zahlreiche neue Gestaltungsformen und verleihen den Gebäuden bei einer sinnvollen Verwendung dieses Fassadentyps einen modernen, lebendigen, kommunikativen und einladenden Charakter. Bei den Verwaltungs- und Bürogebäuden im städtischen Raum, die gleichermaßen als Aushängeschilder der ansässigen Unternehmen oder Behörden fungieren, kann und soll der Betrachter dieses positive Image im Sinne einer „corporate identity“ auf die jeweiligen Nutzer übertragen. Aus technischer Sicht können an dieser Stelle die oft zitierten Vorteile einer Energieersparnis im Winter durch die Nutzung des im Fassadenzwischenraum entstehenden Wintergarteneffekts, die Möglichkeit einer natürlichen Belüftung der Büroräume in hohen Gebäuden und die Verbesserung des Schallschutzes angeführt werden. Weiterhin reduziert die Sekundärfassade die im Gebäude auftretenden Staudrücke und kann bei Einbau von Horizontal- und Vertikalschotten die Brandausbreitung vorteilhaft begrenzen. Einhergehend mit den genannten Vorteilen ergibt sich für den Nutzer eine Reduzierung des sogenannten „sick-building-syndrom“, das bei einer Verwendung von HLK (Heizung, Lüftung, Klima)-Anlagen auftreten kann, und für den Betreiber eine Verringerung der Betriebskosten aufgrund der genannten Energieeinsparungen. Im Gegensatz dazu sind an eine derartige Konstruktion auch zahlreiche Nachteile gekoppelt, die bei einer sorgfältigen Planung minimiert werden sollten und die den noch bestehenden immensen Forschungsbedarf andeuten. Aus energetischen Gesichtspunkten kann bei mangelhafter Durchlüftung des Fassadenzwischenraums im Sommer durch die hohen Übertemperaturen im Spalt ein großer Kühlbedarf für die dahinterliegenden Räume entstehen, ein Effekt der zusätzlich durch die hohen internen Lasten, die aufgrund der technischen Ausstattung in den Büroräumen vorhanden sind, verstärkt wird. Dies wiederum erfordert in vielen Fällen den Einsatz einer HLK-Anlage und kann die oben angeführten Energie- und Kostenvorteile aufbrauchen und eine natürliche Belüftung verhindern. Zusätzliche Kosten zu einer herkömmlichen Fassadenausführung entstehen durch den Aufbau der zweiten verglasten Ebene, die höhere Unterhaltskosten nach sich zieht. Die angesprochene Reduktion des Schalleintrags von außen, die die Verwendung dieser Fassadenart

gerade in Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen interessant macht, kann allerdings die Wahrnehmbarkeit der internen Geräusche erhöhen und zusätzliche bauliche Maßnahmen, z.B. den Einsatz höherwertiger und somit kostenintensiverer Materialien nach sich ziehen [13].

Anhand dieses Auszugs von Beweggründen für eine Anwendung dieses Fassadentyps einhergehend mit den dazugehörigen konträren Auswirkungen kann schon die Vielzahl der unterschiedlichen Themenspektren erahnt werden, die für eine optimale Konstruktion beachtet werden sollten. So sind Fragestellungen z.B. aus den Bereichen des Schall- und Wärmeschutzes ebenso zu untersuchen wie aus den Gebieten der Wärmeübertragung und der Strömungsmechanik. Zusätzlich zu diesen objektivierbaren Einflüssen spielt das Verhalten der Nutzer eines Gebäudes eine weitere wichtige Rolle. Aufgrund der Komplexität des Zusammenwirkens der verschiedenen Teildisziplinen wären für den planenden Ingenieur abgeleitete überschaubare Diagramme wünschenswert, bedürfen aber einer breitgefächerten Untersuchung der maßgebenden Einflussgrößen und ihrer Effekte, die zueinander in Korrelation gebracht werden müssen. Die Erforschung der Zusammenhänge wurde in jüngerer Vergangenheit mit unterschiedlichen Methoden angegangen und führte zu einigen veröffentlichten Ergebnissen über z.B. den konvektiven Wärmetransport in Doppelfassaden [46] und ein Auslegungsverfahren für die Abschätzung der Lüftungswerte in Glas-Doppelfassadensystemen aufgrund von thermisch induzierten Luftströmungen [45]. Ergänzt werden diese experimentellen und numerischen Untersuchungen mit Studien an bereits realisierten Gebäuden, dem sogenannten Gebäudemonitoring, z.B. [24], [28], die einen Einblick in die tatsächlich praktisch auftretenden Messdaten liefern. Die Komplexität der einzelnen Einflussparameter und ihre Interaktion erschwert die Erstellung von allgemeingültigen Leitlinien ungemein. Letztendlich muss man sich vor Augen führen, dass jedes Gebäude ein Unikat unterschiedlichster Form mit einem individuell gestaltetem Fassadensystem ist, das lokalen und äußerst variablen Umwelteinflüssen ausgesetzt ist und auf diese Effekte individuell angepasst und optimiert werden muss.

## 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, aufgrund der angesprochenen einzigartigen und von Gebäude zu Gebäude unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Einflüsse einen Ansatz für ein allgemeingültiges Konzept zu entwickeln, das aufgrund seiner Optimierungsstrategie für definierte individuelle Ausgangssituationen einen jeweils einzigartigen Lösungsvor-

schlag für die Gestaltung einer Doppelfassade unterbreiten kann. Die Vorteile, die sich dadurch ergeben sollen, sind in einem besseren Lüftungswert der Fassadenkonstruktion, geringeren Übertemperaturen im Fassadenspalt und einer auf die Strömung individuell zugeschnittenen Geometrie zu sehen. Konsequenzen könnten sich z.B. dahingehend ergeben, dass die Ein- und Auslässe optimal auf die Strömung angepasst werden oder sich die Fassadenzwischenraumbreite verringert und dadurch mehr Nettogeschossfläche für eine Nutzung zur Verfügung steht. Das zu entwickelnde Konzept soll äußerst flexibel sein, so dass es auf eine Vielzahl von Bedingungen reagieren und adaptiert werden kann, ohne die Allgemeingültigkeit in Frage zu stellen. Einen maßgeschneiderten hochwertigen Lösungsansatz für ein derartiges Anforderungsprofil können in diesem konkreten Fall die Evolutionären Algorithmen in Kombination mit der numerischen Strömungsmechanik liefern. Der in dieser Arbeit vorgeschlagene Ansatz setzt sich aus zwei wesentlichen Teilaspekten zusammen. Der erste Teilaspekt wird dabei durch den Einsatz der Evolutionären Algorithmen bestimmt, die die Grundlage für die Optimierungsmethode an sich bilden und die „Overall“-Strategie verfolgen, Systeme effizient in eine neue und günstigere Form zu verändern, so dass diese eine höhere Leistungsfähigkeit besitzen. Die Evolutionären Algorithmen entstammen dem Wissenschaftszweig der Bionik und beruhen auf den biologischen Ansätzen aus der Vererbungslehre, die auf moderne technische Systeme übertragen werden und dort ihr Leistungspotential ausspielen können. Ihre Aufgabe ist es, den Optimierungsprozess gezielt voranzutreiben, um ein effizientes geometrisches System zu erstellen, das die zugrundeliegenden strömungsmechanischen Randbedingungen effektiv erfüllen kann. Der zweite wichtige Teilaspekt beinhaltet die Methode, anhand derer die Leistungsfähigkeit der einzelnen Systeme überprüft und verifiziert wird. Im Rahmen dieses Projekts soll dieser Auswertungsprozess über die numerische Strömungssimulation mittels sogenannter Computational Fluid Dynamics (CFD)-Programme realisiert werden. Es stellt sich nun vorab zum einen die Frage, ob auftriebsinduzierte Luftströmungen, die einen kritischen Lastfall für die Auslegung eines Glas-Doppelfassadensystems bilden, von CFD-Programmen qualitativ hochwertig abgebildet und quantitativ hinreichend genau berechnet werden können, und zum anderen, wenn dieses erfolgreich bestätigt werden kann, nach welchen Kriterien man die Leistungsfähigkeit der Systeme beurteilt bzw. wie man die Zielfunktion für den Optimierungsprozess definiert. Aus diesem Grund wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, um einerseits eine durch Temperaturgradienten erzeugte Luftströmung innerhalb des Fassadenspalts visualisieren, vermessen und analysieren zu können, und andererseits die experimentell bestimmten Messdaten für eine Validierung der CFD-Programme heranziehen und somit deren Einsatzmöglich-