



# Kurzbericht

zum Forschungsprojekt

## - Interface -

„Entwicklung von multifunktionalen Elementfassaden zur  
energetischen Sanierung von Nicht-Wohngebäuden“

(Aktenzeichen: Z6 – 10.08.18.7-07.16/II2 – F20-07-32)

### **Bearbeitung:**

Dr.-Ing. Lars Kühl

Dipl.-Ing. Philipp Eickmeyer

Dipl.-Ing. (FH) Lindrun Winkler

„Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren“

**März 2009**

## Ziel der Forschungsaufgabe

### Stand der Technik

Heutige Büroarbeitswelten weichen stark von denen der 50er bis 70er Jahre ab. Sowohl die Ausstattung der Büroarbeitsplätze hinsichtlich Funktion und Ergonomie, als auch die Art des Informationsflusses mittels technischer Medien sowie die internen Arbeitsabläufe haben wesentliche Veränderungen erfahren.

Neben der flexiblen Ausstattung der Büroarbeitsplätze und den (elektronischen) Kommunikationsmöglichkeiten wird ein optimales Raumklima als wesentlicher Faktor für eine hohe Produktivität der Mitarbeiter erkannt. Die „Sanierung“ von Büroarbeitsplätzen hin zu modernen Arbeitswelten von morgen, in denen der Nutzer seinen Arbeitsplatz sowie das Raumklima selbst bestimmen und regulieren kann, ist die Grundlage für die Erhöhung der Zufriedenheit sowie der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Über die Verbesserung des Komforts ergeben sich damit unmittelbare Einflüsse auf die Betriebskosten. Die Akzeptanz des Arbeitsplatzes führt über eine Reduzierung der Ausfallzeiten und eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit zu einer Reduzierung der Gesamtkosten.

Voraussetzung für ein gutes Innenraumklima ist eine gute Raumluftqualität sowie guter akustischer, thermischer und visueller Komfort. Die Verringerung der Wertschöpfung am Arbeitsplatz von nur einem Prozent durch ein schlechtes Raumklima entspricht mehr als den jährlichen Gesamtkosten der im Gebäude eingebauten Klima- und Heizungsanlagen. Unter diesem Gesichtspunkt weist die Sanierung von Nicht-Wohngebäuden aus der Zeit erhöhter Bautätigkeit zwischen den 50er und 70er Jahren, mit einem oft sehr beeinträchtigten Innenraumklima, nicht nur ökologische und gesundheitliche, sondern auch wirtschaftliche Potentiale auf.

### Forschungsvorhaben

Die Chancen der Instandsetzung von Gebäudehülle und TGA-Komponenten mit dezentralen Systemen in einem Gesamtsystem werden im Forschungsprojekt *„Entwicklung von multifunktionalen Elementfassaden zur energetischen Sanierung von Nicht-Wohngebäuden“* (Interface) analysiert. Im Rahmen des Vorhabens werden die Potentiale dezentraler Lüftungstechnik im Hinblick auf die Forderung nach flexibler, raumsparender Technik in Bürogebäuden bei Gewährleistung eines optimierten, nutzerangepassten Raumklimas untersucht. Charakterisierend für die dezentralen Lüftungssysteme sind einerseits die raumweise Zuluftansaugung und Abluftausblasung durch die Außenfassade sowie die Möglichkeit der Konditionierung der Außenluft in jedem Gerät.

Um Erkenntnisse hinsichtlich des Raumkomforts zu erlangen, die ein solches Gesamtfassadensystem bestehend aus Gebäudehülle und TGA- Komponenten ermöglicht,

wird eine Musterfassade im Labor des Instituts für Gebäude- und Solartechnik unter praxisnahen Gegebenheiten errichtet.

Im Vergleich zu zentralen Lüftungs- und Klimatisierungssystemen bietet die dezentrale Technik eine Reihe von Vorteilen, die eine Alternative für zukünftige Sanierungen von Bürogebäuden darstellt. Das Projekt „Interface“ soll einen Beitrag zur Beurteilung der Eignung von multifunktionalen Elementfassaden zur energetischen Sanierung von Nicht-Wohngebäuden mit Büronutzung leisten.

## **Durchführung der Forschungsaufgabe**

### **Vorarbeiten und Durchführung**

Bei den Voruntersuchungen zum Forschungsprojekt kann auf den Ergebnissen von zwei bereits abgeschlossenen Projekten am IGS aufgebaut werden. Neben dem Forschungsprojekt „PROsab – Energieeffiziente und komfortgerechte Sanierung von Bürogebäuden der 50er bis 70er Jahre“, bei dem typische Sanierungsbausteine architektonisch, funktionell, baukonstruktiv und anlagentechnisch entsprechend der Gebäudealtersklasse strukturiert wurden, wurde innerhalb des Forschungsprojektes „DeAL“ das Verhalten von dezentralen außenwandintegrierten Lüftungssystemen in Bürogebäuden analysiert.

Die Ergebnisse der genannten Vorstudien sowie die gewonnenen Erkenntnisse der theoretischen Untersuchungen in „Interface“ werden in einer Potenzialanalyse zusammengefasst. Entscheidende Randbedingungen und zukünftige Anforderungen an das Gebäude werden unter dem Gesichtspunkt der Verwendung von dezentraler Versorgungstechnik in multifunktionalen Elementfassaden untersucht und bewertet. Parallel zur Literaturrecherche als Ermittlung des aktuellen Wissenstandes, wird im Labor des Instituts für Gebäude- und Solartechnik ein Versuchsaufbau bestehend aus Musterfassade und Klimakammer (Testbed) entwickelt und umgesetzt.

Bei der zu untersuchenden Musterfassade handelt es sich um die Schüco E<sup>2</sup>-Fassade – ein modulares energieeffizientes Gesamtsystem, bestehend aus verschiedenen Funktionsmodulen. Hauptmerkmal dieses multifunktionalen Fassadenelements ist die Kombination aus Gebäudehülle und integrierter, dezentraler Anlagentechnik. Die E<sup>2</sup>-Fassade ermöglicht durch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Komponenten eine hohe Energieeffizienz und einen hohen Nutzerkomfort. Durch die Automatisierung von Öffnungselementen, Sonnenschutz und dezentraler Lüftungstechnik kann die Fassade bei geringem



**Abb. 1 Ansicht E<sup>2</sup>-Fassade**

Bedienaufwand situations- und nutzergerecht arbeiten. Alle Systemantriebe können in die Gebäudeleittechnik eingebunden werden und lassen so sowohl eine zentrale als auch dezentrale Ansteuerung der Fassadenmodule, z.B. für eine automatische Nachtauskühlung oder individuelle Fensteröffnung zu.



Abb. 2 Detail E<sup>2</sup>-Fassade

### Experimenteller Aufbau

Zur Abbildung einer praxisnahen Einbausituation wird das zu untersuchende Fassadenprüfmuster in der Klimakammer so aufgestellt, dass es den Raum zweiteilt. Die Warmseite entspricht dem nachgestellten Büroraum, auf der Kaltseite wird das Außenklima simuliert. Das ca. 11 m<sup>2</sup> große „Büro“ auf der simulierten Warmseite wird mit einer internen thermischen Last von 160 Watt (entspricht etwa der Wärmeabgabe von zwei Personen) und einer relativen Raumluftfeuchte von ca. 40 % beaufschlagt. Die Feuchte wird mit einem Dampfbefeuchter zugeführt. Die Raumsolltemperatur beträgt 20°C.

Auf der Kaltseite in der Klimakammer werden die nachfolgenden Außenlufttemperaturen eingestellt:

- Heizfall: **-10°C, -5°C und 0°C**
- Kühlfall: **26°C, 29°C und 32°C**

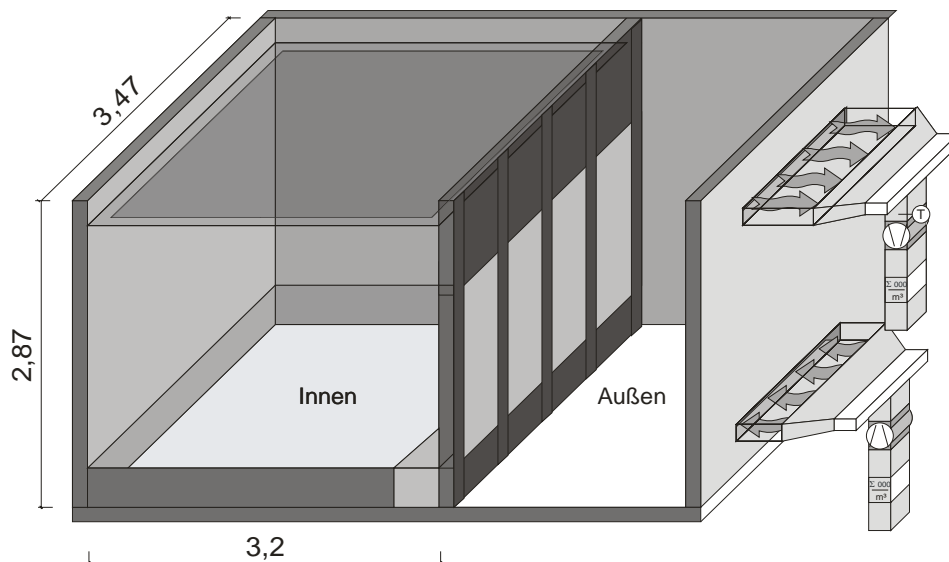


Abb. 3 schematischer Versuchsaufbau in der Klimakammer

Die in der Klimakammer montierte Schüco E<sup>2</sup>-Musterfassade besteht anlagentechnisch aus dezentralen Geräten in Form von Unterflur- und Deckengeräten. Heizen, Kühlen und Lüften erfolgt somit dezentral über die nachgebildete Außenfassade. Dabei werden verschiedene Lüftungsstrategien untersucht, um einen optimalen Betrieb u.a. unter dem Aspekt der

Verbesserung der Energieeffizienz zu erzielen. Weiterhin werden die Fassade und Lüftungsgeräte hinsichtlich ihrer Eignung zur Gewährleistung eines behaglichen Raumklimas bzw. zur Steigerung des Nutzerkomforts untersucht. Dazu wird die Leistungsfähigkeit bzw. das Leistungsspektrum der dezentralen Geräte bei verschiedenen Randbedingungen analysiert und bewertet.

Entscheidende Behaglichkeitsparameter bei der Untersuchung in der Klimakammer sind:

- Raumlufttemperatur / globale Temperatur
- Oberflächentemperatur
- Oberflächentemperatur des Fensters
- relative Raumluftfeuchte
- Luftverteilung und Raumluftgeschwindigkeit
- Schalldruckpegelmessung
- Verhalten bei Windeinfluss

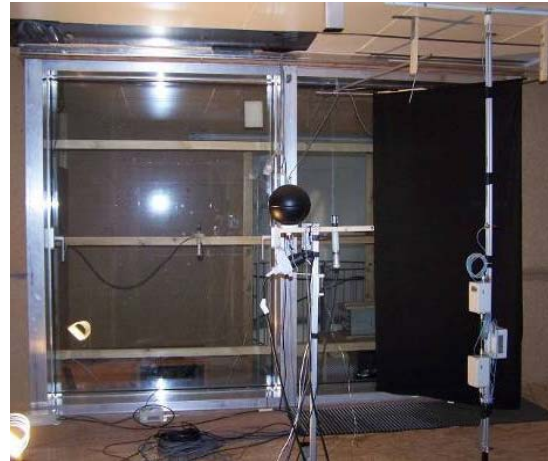


Abb. 4 Anordnung der Messtechnik

Mit diesem experimentellen Aufbau werden drei funktionale Lüftungsstrategien der Fassade untersucht:

Anlagenvariante 1	Anlagenvariante 2	Anlagenvariante 3
<p>Unterflurlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung (Schüco IFV 120 GH)</p>	<p>Unterflurlüftungsgerät und Unterdeckenlüftungsgerät (Schüco IFV 120 GI und Schüco IFV 120 CE)</p>	<p>Unterdeckenlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung und Bypass (Schüco IFV 120 CB)</p>

Tabelle 1 Anlagenvarianten / Lüftungsstrategien

Die sich aus den Untersuchungen ergebenden Vor- und Nachteile der drei beschriebenen dezentralen Lüftungsstrategien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### Anlagenvariante / Lüftungsstrategie 1:

Unterflurlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung (Schüco IFV 120 GH)

<u>Vorteile</u>	<u>Nachteile</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einsatz bei großen Leistungen möglich, Energieeinsparung durch WRG</li> <li>- Warmluftschleier vor der Fassade im Heizfall durch senkrecht aufsteigende Warmluft</li> <li>- gute Luftverteilung im Kühlfall: gleichmäßige Verteilung im Raum</li> <li>- gute / befriedigende Luftverteilung im Heizfall</li> <li>- einfache Wartung mit Filterwechsel und Reinigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftverteilung dominiert in der Konvektorachse</li> <li>- Zugscheinungen bei kurzzeitiger Boost-Stufe möglich (daher Einsatz der Boost-Stufe auf Zeiten außerhalb der Nutzung über eine GLT)</li> <li>- höhere Gerätekosten durch WRG</li> <li>- Lüftungsgeräte am Boden dürfen nicht zugestellt werden</li> </ul>

Tabelle 2 Anlagenvariante / Lüftungsstrategie 1

### Anlagenvariante / Lüftungsstrategie 2:

Unterflurlüftungsgerät und Unterdeckenlüftungsgerät (Schüco IFV 120 GI und Schüco IFV 120 CE)

<u>Vorteile</u>	<u>Nachteile</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einsatz bei geringen Leistungen</li> <li>- Lüftungsgeräte leiser als vergleichbare Geräte mit WRG (geringere Druckverluste)</li> <li>- sehr gute Luftverteilung im Kühlfall: gleichmäßige Verteilung im Raum</li> <li>- gute / befriedigende Luftverteilung im Heizfall</li> <li>- Warmluftschleier vor der Fassade im Heizfall durch senkrecht aufsteigende Warmluft</li> <li>- höhere Gerätekosten für Geräte mit WRG</li> <li>- einfacher Filterwechsel und Reinigung (nur beim Zuluftgerät)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- weniger energieeffizient durch fehlende WRG</li> <li>- Zugscheinungen bei hoher Leistungsstufe möglich</li> <li>- höherer Platzbedarf (Boden und Decke)</li> <li>- Lüftungsgeräte am Boden dürfen nicht zugestellt werden</li> </ul>

Tabelle 3 Anlagenvariante / Lüftungsstrategie 2

### Anlagenvariante / Lüftungsstrategie 3:

Unterdeckenlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung und Bypass (Schüco IFV 120 CB)

<u>Vorteile</u>	<u>Nachteile</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Luftverteilung im Kühlfall: gleichmäßige Verteilung im Raum</li> <li>- Einsatz bei großen Leistungen möglich, Energieeinsparung durch WRG</li> <li>- bei waagerechtem Luftauslass: keine Zugscheinungen am Arbeitsplatz</li> <li>- bequeme Regulierung des Lamellenauslasses am Lüftungsgerät</li> <li>- nutzbarer Flächengewinn in Fußbodennähe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftverteilung dominiert in der Konvektorachse</li> <li>- befriedigende Luftverteilung im Heizfall: bei waagerechter Luftausblasung in den Raum geringe Luftbewegung im Arbeitsplatzbereich</li> <li>- aufwändigere Wartung (Aufstellen einer Leiter – „Überkopparbeiten“)</li> </ul>

Tabelle 4 Anlagenvariante / Lüftungsstrategie 3

## **Zusammenfassung der Ergebnisse**

Insgesamt lassen sich die in „Interface“ untersuchten Ergebnisse der Lüftungsstrategien hinsichtlich des Nutzerkomforts, der Behaglichkeit am Arbeitsplatz sowie der Energie- und Flächeneffizienz wie folgt zusammenfassen:

- Die in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur gewünschten Raumtemperaturen werden für den Sommer- und Winterfall durch den Einsatz dezentraler Technik unter Laborbedingungen gut eingehalten.
- Durch die Raumkonditionierung mit dezentralen Lüftungsgeräten kann eine gute Behaglichkeit am Arbeitsplatz erreicht werden.
- Die Komfortkriterien nach DIN EN ISO 7730 (Kategorie A bzw. B) werden hinsichtlich Temperatur, Raumluftfeuchte und Geschwindigkeit eingehalten.
- Durch die Integration einer Wärmerückgewinnung kann der Wärmebedarf deutlich verringert werden.
- Die Investitionskosten für die Umsetzung dezentraler Lüftungskonzepte sind vergleichbar zu denen zentraler Lüftungsanlagen.
- Der Luftvolumenstrom kann individuell durch das Einstellen entsprechender Leistungsstufen auf den Nutzerbedarf angepasst werden.
- Dezentrale Lüftungsgeräte lassen sich ohne großen Aufwand präsenzabhängig regeln. Durch einen entsprechenden Betrieb können damit in der Praxis deutliche Energieeinsparungen erzielt werden.
- Bei Neubauten lässt sich durch dezentrale Lüftungskonzepte eine höhere Volumeneffizienz erzielen. Durch die Integration der Technik in die Fassade (Elementfassade) lassen sich z.B. der Deckenaufbau und damit die Geschosshöhe reduzieren.
- Durch das hohe Maß an Vorfertigung eignet sich die dezentrale Elementfassade mit integrierter Technik besonders für die Sanierung. Die Bildung von Sanierungsabschnitten wird durch die Modulbauweise begünstigt.

Vor- und Nachteile dezentraler und zentraler Lüftungskonzepte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

dezentrale Technik	zentrale Technik
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entfernen von abgehängten Decken – größere Gestaltungsfreiheit – ggf. Aktivierung der Speichermassen</li> <li>• Komfortverbesserung durch Nutzereingriff möglich</li> <li>• Gebäudesanierung abschnittsweise möglich</li> <li>• kleinere Technikzentralen</li> <li>• geringer Platzbedarf</li> <li>• geringere Energiekosten</li> <li>• flexible Raumnutzung</li> <li>• Nutzereinfluss auf das Raumklima mit individuellem Komfort</li> <li>• Elektroenergieeinsparung für den Lufttransport (geringe Druckverluste)</li> <li>• Verzicht auf Abschottung von Lüftungskanälen</li> <li>• größerer Nutzflächengewinn durch Lage der Lüftungsgeräte möglich</li> <li>• verursacherbezogene Abrechnungsmöglichkeit</li> <li>• Betrieb nur bei individueller Nutzerpräsenz im jeweiligen Raum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geringerer Wartungsaufwand</li> <li>• kürzere Medienleitungen</li> <li>• Be- und Entfeuchtung der Raumluft einfacher realisierbar</li> <li>• Klimatisierung größerer Raumtiefen möglich</li> <li>• höherer Wärmerückgewinnungsgrad</li> <li>• Wartung erfolgt außerhalb des vermieteten Raums, jedoch muss die gesamte Lüftungsanlage deaktiviert werden</li> <li>• Sanierung im Betrieb sehr aufwändig</li> <li>• lange verlustreiche und aufwändig zu erstellende Versorgungswege mit trägem Verteilverhalten</li> <li>• schwierige Messung von individuellen Verbräuchen und damit geringe Transparenz und Vergleichbarkeit</li> <li>• mangelnde Revisionsmöglichkeit des Kanalnetzes, dadurch ggf. Belastung der Räume im Betriebsfall</li> </ul>

**Tabelle 5 Vor- und Nachteile dezentraler und zentraler Lüftungsanlagen**

### Ausblick

Überträgt man die Integrationsmöglichkeiten dezentraler Technik auf multifunktionale Elementfassaden, so bestehen für Architekten und Ingenieure neue Gestaltungsmöglichkeiten zur energetischen Sanierung von Nicht-Wohngebäuden. Dies führt so weit, dass die für die dezentralen Lüftungsgeräte notwendigen Medienversorgungen in die zu sanierende Fassade bzw. Gebäudehülle verlegt und somit weitestgehend von der ausführenden Fassadenfirma vorab vorkonfektioniert werden können. Dieses multifunktionale Fassadenelement wird schließlich komplett auf die Baustelle geliefert und an das Gebäude montiert, so dass auf der Baustelle nur noch geringe Montageleistungen im Sinne eines „plug and play“ notwendig sind. Eine passgenaue Vorfertigung im Werk unter Berücksichtigung der Komponenten von Gebäudehülle und -technik ist in diesem Fall gegeben. Durch die multifunktionale Elementbauweise besteht die Möglichkeit, das Sanierungsobjekt unter geringer Einflussnahme der Mietflächen abschnittsweise zu renovieren. Sowohl der Rückbau der Fassade, als auch die „Sanierung im Betrieb“ und die damit verbundene Ertüchtigung der Gebäudesubstanz erfolgt in den meisten Fällen schnell



und problemlos. Unter architektonischen, bauphysikalischen und gebäudetechnischen Gesichtspunkten wird bei einem Nicht-Wohngebäude der 50er bis 70er Jahre ein hoher energetischer Standard durch den Einsatz der multifunktionalen Elementfassade erreicht, der die individuellen Bedürfnisse der Nutzer und die damit verbundenen Komfortanforderungen berücksichtigt.

Die Einbindung nachhaltiger dezentraler Komponenten zur Energieerzeugung (z.B. Photovoltaik) in die Fassade, ermöglicht der Elementbauweise die Gewährleistung zusätzlicher Funktionen. Bereits in der Planungsphase arbeitet ein interdisziplinäres Team aus Architekten, Statikern, Fachingenieuren zusammen und ermöglicht somit die Einbindung unterschiedlicher Aufgaben und Lösungsansätze in die multifunktionale Elementfassade. Aufgrund des hohen Grades der Vorfertigung im Werk und der abgestimmten Einbindung verschiedener Gewerke bei der Montage ist in der Praxis eine sehr hohe Produktqualität erreichbar. Die Herstellung im Werk wird überwacht und die Elemente erst nach einer Prüfung für die Baustelle freigegeben. Durch die im Rahmen der Vorfertigung erfolgende Abstimmung der Bauteile aufeinander ist neben einem hohen Maß an Passgenauigkeit eine qualitativ hochwertige Ausführung von Anschlussdetails erzielbar. Hierdurch ist auf der Baustelle eine reibungslose und kostensparende Montage gegeben.

Im Sanierungsfall besteht die Möglichkeit, die veralteten Komponenten der zentralen Lüftungs-/Klimatechnik aus den Innenbereichen des Gebäudes zu entfernen. Durch den Einsatz und die Integration der gesamten Gebäudetechnik in die Fassade können neue, flexible und architektonisch anspruchsvolle Bürostrukturen im Innenraum realisiert werden. Dies gilt auch für Gebäude, die bisher mit einer geringen technischen Ausstattung versehen und nur mit einer Fensterlüftung betrieben wurden.

Die in diesem Forschungsprojekt gewonnenen Kenntnisse ermöglichen eine Potentialabschätzung des Einsatzes von multifunktionalen Elementfassaden im Sanierungsfall. Durch die Möglichkeit der „abschnittsweisen“ Sanierung einzelner Gebäudeteile ergibt sich für die Elementfassade bei der Sanierung im Betrieb ein großes Potential.

Des Weiteren kann die individuelle Regelung kleiner Nutzungseinheiten zur Verringerung des Energieverbrauchs bei gleichzeitiger Verbesserung des Komforts führen.