

## Energieeffiziente Klimasysteme in der Fassade

Von Dr.-Ing. Hans Werner Roth

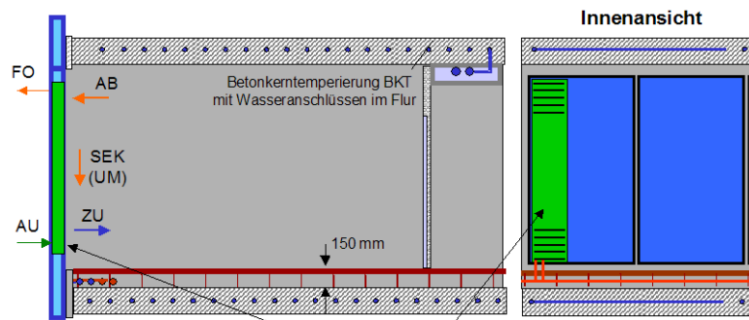
Der Wunsch, Innenräume direkt über die Fassade effizient zu belüften, zu beleuchten und zu temperieren, ist nicht nur seit den visionären Vorstellungen von Mike Davies über polyvalente Wände /1/ im Entwurf des Architekten tief verwurzelt. Es gibt in unserer gemäßigten Klimazone keinen besseren und direkteren Weg, das lokale Wetter vor dem Fenster zur Konditionierung des Raumklimas zu nutzen. Der Zeitraum für freie Lüftung ohne raumseitige Energiezufuhr sollte bei gleitenden Temperaturen und Feuchten so weit wie möglich verlängert werden. Zeitpunkt und Dauer bestimmt der Nutzer nach dem Empfinden seines Wärmehaushalts und der Luftqualität. Im weitaus größeren Zeitraum, das sind etwa 95% des Jahres, sollten Volumenstrom und Zulufttemperatur des Außenluftstroms maschinell der Nutzung des Raums angepasst werden. Mit dem Blick auf 80% der Zeit im Jahr, in der ein Büroangestellter im Durchschnitt nicht an seinem Arbeitsplatz sitzt, ist eine „intelligente“ Raumklimatechnik erforderlich, um den Energiebedarf zu minimieren. Genau da liegt das größte Einsparpotenzial für eine dezentrale Technik.

In den letzten Jahren wurden in mehr als 40 größeren Bürogebäuden ca. 10.000 solcher dezentralen Lüftungsgeräte an die Fassaden angebaut. Ganz neue Möglichkeiten und Vorteile ergeben sich, wenn man diese neue Generation von dezentralen Lüftungsgeräten direkt in die Fassade einbaut:

- die frühzeitige und notwendige Abstimmung zwischen Architekt, Fassadenplaner und Komponentenlieferanten ist die beste Voraussetzung für eine gute Technikintegration ohne Einschränkungen beim Schall-, Wärme- und Wetterschutz der Fassade.
- die frühzeitige Erprobung und messtechnische Überprüfung sichern alle Funktionen, ermöglichen weitere Optimierungsschritte und Verbesserungen, die in einer späteren Bauphase nicht mehr möglich sind
- die technischen Module sind werkseitig weitgehend vormontiert und geprüft
- sie lassen sich mit wenigen Handgriffen in die vorbereitete elementierte Fassade einbauen
- sie ersparen damit Zeit bei Montage und Inbetriebnahme
- durch modularen Aufbau, getrennt nach den Funktionen Heizen, Kühlen, Lüften und Wärmehückgewinnung, kann je nach Nutzung der Räume nur die notwendige Technik eingebaut und bei Änderungen nach- oder umgerüstet werden
- die Bedienung an der raumseitigen Fassadenverkleidung ist übersichtlich, direkt sichtbar, spürbar und damit sehr individuell auf den Nutzer abgestimmt
- der Architekt kann die raumseitige Verkleidung weitgehend frei gestalten
- alle Bauelemente sind nach Öffnen dieser Frontplatte (z.B. Türe) für die Instandhaltung frei zugänglich

### Welche Fassaden eignen sich für den Einbau der dezentralen maschinellen Lüftung?

Doppelschalige Fassaden bieten eine ausreichende Einbautiefe und einen guten Wetterschutz. Doch ist die Ansaugung des Außenluftstroms aus dem Fassadenzwischenraum nicht zu empfehlen, da sich die Außenluft im Sommer durch solare Einstrahlung stark erwärmt und sich mit der Fortluft aus anderen Räumen vermischen kann (Ausnahme Kastenfenster). Für einschalige Fassaden wurde von einem Fassadenberater /2/ ein raumhoher, schlanker Technik-Einbauraum vorgeschlagen, wie in Bild 1 skizziert ist. Jeweils 2 Fensterachsen bilden eine Raumeinheit. Sie besteht in der ersten Achse aus einem 450 mm breiten Technik-Modul mit einem benachbarten Lüftungsflügel und in der zweiten Achse aus einem festverglasteten Fassadenelement. Die raumhohe Anordnung ermöglicht, die Einbautiefe des Lüftungsgeräts auf 160 mm zu begrenzen und die Öffnungen für Außen- und Fortluft soweit zu trennen, dass der Strömungskurzschluss vernachlässigt werden kann. Auch ohne den Einbau des Lüftungsgeräts ist der Wärme- und Schallschutz der Fassade gewährleistet. Das Lüftungsgerät wird über Wasserleitungen (4-Leiter) im Hohlraumboden im überwiegenden Teil des Jahres mit Kalt- und Warmwasser versorgt. In der Skizze ist eine sekundäre Raumtemperierung als Betonkerntemperierung dargestellt mit deren Unterstützung Kühllasten bis zu 50 W/m<sup>2</sup> aus dem Raum abführbar sind.

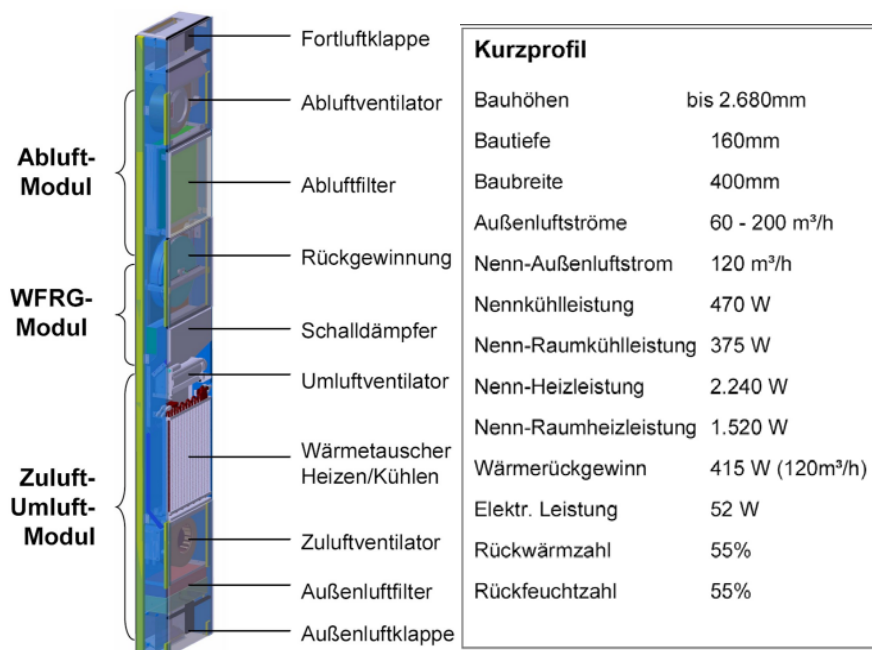


**Dezentrales Lüftungsgerät FVM innerhalb der Elementfassade mit Funktionen: Lüften, Heizen, Kühlen, WFRG**

**Bild 1:** Prinzipieller Fassadenaufbau mit integriertem Lüftungsgerät FVM

### RLT-Gerät, Luftleitungen, Luftdurchlässe und Regelungstechnik flächenbündig in der Fassade

Bild 2 zeigt eine Geräteansicht und ein Kurzprofil mit den wichtigsten technischen Daten. Der an der Geräteunterseite angesaugte Außenluftstrom passiert eine dicht absperrbare Klappe und wird in einem Feinstaubfilter (Filterklasse F7, hält nahezu 100% der Allergene zurück) gefiltert. In einem rotierenden Wärme- und Feuchterückgewinner werden während der Heizperiode über 50% der im Abluftstrom enthaltenen Abwärme und Feuchte auf den Zuluftstrom übertragen. Damit kann die Außenluft bei Temperaturen von z.B.  $-8^{\circ}\text{C}$  mit einer Vorlauftemperatur des Heizungswassers von nur  $40^{\circ}\text{C}$  auf  $21^{\circ}\text{C}$  erwärmt werden. Der Wärmeübertrager, über den der Zuluftstrom in den Raum austritt, ist an einen kompakten Umluftventilator angeschlossen. Dieser wird nur dann eingeschaltet, wenn während einer kalten Nacht zusätzlich Heizenergie angefordert, oder im Sommer eine Spitzenkühlung gewünscht wird. Ein Feinstaubfilter der Klasse F5 reinigt den Abluftstrom, um den angeschlossenen Wärmerückgewinner sauber zu halten. Auch die Abluftöffnung wird bei Gerätestillstand durch eine wärmeisolierte Klappe dicht verschlossen. Beide Klappenantriebe sind mit einem Federrücklauf ausgestattet, der die Klappen bei Stromausfall (Störung oder Eingriff der Feuerwehr) selbsttätig schließt. Ebenso wird die Temperatur in Luftrichtung hinter dem Wärmeübertrager überwacht, um einen zu kalten oder zu warmen Zuluftstrom zu unterbinden und um bei Ausfall der Heizung ein Einfrieren zu verhindern. Eine Volumenstromregelung steuert die Drehzahl der Ventilatoren und die Drosselstellung der Lüftungsklappen in Sequenz, und hält damit die eingestellten Volumenströme bei Filterverschmutzung und bei Windbelastung konstant.



**Bild 2:** Dezentrales Lüftungsgerät FVM mit Kurzprofil

## Gute Akzeptanz bei Bauherrn und Nutzern durch hohe Flexibilität

Je nach Gestaltung der raumseitigen Verkleidung kann die Zuluft parallel zur Fassade und/oder impulsarm direkt in die Aufenthaltszone ausgeblasen werden. Es ist auch eine Verstellmöglichkeit durch den Nutzer möglich.

Die Rauchaufnahmen eines Kühlfalls in Bild 3 zeigen bei seitlicher Ausblasung entlang der Glasfläche eine Mischlüftung und in der Aufenthaltszone eine Quelllüftung, die sich durch niedrige Luftgeschwindigkeiten und gute Lüftungseffektivität auszeichnet. Jeder Nutzer verfügt über seine eigene RLT-Anlage, die er zum freien Lüften abschalten, bei maschineller Lüftung in der Zulufttemperatur und in der Stärke des Zuluftstroms frei einstellen kann. Bei Abwesenheit schaltet das Lüftungsgerät in einen definierten Sparmodus.

Durch die automatische oder manuelle Wahl der Außenluftströme im Verhältnis 1:3 bis 1:4 wird für alle Betriebsarten von „Abwesenheit“ bis „Besprechung“ eine gute Luftqualität erreicht.



**Bild 3:** Sichtbarmachung der Raumströmung im Kühlfall (Laborversuch)

Durch den Einsatz zusätzlicher Geräte können Eckräume als Besprechungsräume genutzt werden. Zur Belüftung von Fluren und Vorräumen eignen sich reine Zuluftgeräte, um innenliegende Nebenräume und Nasszellen mit ausgeglichener Luftbilanz maschinell entlüften zu können. Für Räume mit guten Bedingungen für eine ausschließliche Fensterlüftung genügen reine statische Heizmodule oder kombinierte Heiz- Kühlmodule, die als Ventilator-konvektoren arbeiten. Alle Gerätekombinationen sind um- und nachrüstbar ohne das Fassadendesign anpassen zu müssen.

## Energiebedarf und Nachhaltigkeit

Der Primärenergiebedarf von zentralen Klimaanlage wird durch Lufttransport und Luftbehandlung bestimmt. Der Lufttransport ist aufwändiger als die Luftbehandlung (ca. Faktor 1,5), die Luftnachheizung auch mit Wärmerückgewinnung aufwändiger als die Kühlung (ca. Faktor 3). Zentrale Klimaanlage sind in Bürogebäuden an etwa 3000 bis 3500 h im Jahr eingeschaltet. Sie werden täglich häufig 1-2 Stunden vor Arbeitsbeginn in Betrieb genommen und abends zu einer festen Zeit abgeschaltet. In Gebäuden, in denen Verlage für Tageszeitungen arbeiten, sind Laufzeiten rund um die Uhr keine Seltenheit, auch wenn nur wenige Räume nachts genutzt werden. Die Betriebszeiten lassen sich nur wirksam vermindern, wenn RLT-Anlagen Gebäudezonen oder einzelnen Räumen zugeordnet werden. Kleinere Laufzeiten mindern den Energieaufwand für Luftaufbereitung und Lufttransport gleichermaßen.

Beim dezentralen Lüftungsgerät muss der Ventilator nur etwa 1/10 der Druckerhöhung aufbringen, den ein zentraler Ventilator zur Überwindung der Druckverluste im Leitungsnetz und im Zentralgerät benötigt. Fasst man die Einsparpotenziale von Lufttransport und nutzungsabhängiger Betriebsweise zusammen, so kann der Primärenergiebedarf um den Faktor 2 bis 4 verringert werden und damit das Niveau eines nicht klimatisierten Gebäudes erreichen.

Die hohe Qualität der werkseitigen Vorfertigung von Lüftungsgerät und Fassade sowie die spätere Anpassung von Gerät und MSR-Technik an neue Forderungen zukünftiger Nutzer ermöglichen es, die Systeme über lange Zeiträume zu nutzen. Damit wird der „ökologische Rucksack“ nicht nur durch den niedrigeren Energieverbrauch, sondern auch seitens Materialeinsatz und -nutzung kleiner.

## Wirtschaftlicher Einsatz dezentraler Lüftungsgeräte

Bei der Frage nach der wirtschaftlichsten Lösung sind drei Möglichkeiten zu unterscheiden:

1. Gebäude, in denen keine zentrale Lüftung möglich ist und nur zwischen Fensterlüftung oder dezentraler Lüftung gewählt werden kann

Gebäude, die saniert oder revitalisiert werden sollen, bieten häufig keine Möglichkeiten, eine zentrale Lüftungsanlage nachträglich einzubauen. Die hierfür erforderlichen Technikräume und Vertikalschächte sind z. B. nicht vorhanden oder nachrüstbar. Es fehlt der Platz in den abgehängten Decken, um Luftleitungen unterzubringen. Die Nachrüstung einer dezentralen Lüftung erfordert nur die Erneuerung der Fassade oder der Fenster, die bei einer grundlegenden Sanierung ohnehin ansteht. Ein nachträgliches Einbringen von Durchbrüchen in der Außenwand ist in der Regel zu aufwändig. Ein Beispiel ist das Deutsche Historische Museum in Berlin, wo zusätzlich noch Auflagen des Denkmalschutzes einzuhalten waren /3/.

2. Gebäude, in denen man beabsichtigt, eine mechanische Lüftung einzubauen und zwischen einer zentralen und dezentralen Lüftung zu entscheiden ist

Die Investitionen für eine zentrale Raumluftechnische Anlage mit allen Luftleitungen von der Außenluftöffnung bis zum Luftauslass im Raum sind bezogen auf die Einheit des geförderten Zu- und Abluftstroms niedriger als bei der dezentralen Lüftung. Dieser Unterschied wird mit zunehmendem Luftwechsel umso größer, je kleiner die Nutzfläche ausfällt, die ein dezentrales Lüftungsgerät zu versorgen hat. Rechnet man den baulichen Aufwand dagegen, der durch Technikräume, Schächte und größere Decken- oder Bodenhohlräume erforderlich ist, um eine zentrale RLT-Anlage unterzubringen, so kann sich diese Bilanz umkehren. Die größten bauseitigen Kostentreiber sind die Vergrößerung der Geschosshöhe, der Wegfall von Nutzflächen durch Lüftungsschächte oder die Notwendigkeit eines Doppelbodens oder einer abgehängten Decke. Ein Investitionsvergleich ist bei jedem Bauprojekt neu durchzuführen. Die bisherigen Erfahrungen und Kostenvergleiche zeigen, dass sich die dezentrale Lüftung besonders wirtschaftlich in Niedrig-Energie-Bürohäusern einsetzen lässt. Der Vorteil der niedrigeren Energiekosten wird allerdings durch die gegenüber einer zentralen Lüftung höheren Instandhaltungskosten bei den heutigen Energiepreisen noch ausgeglichen.

3. Gebäude, in denen man beabsichtigt, dezentrale Lüftungsgeräte einzubauen, die Wahl offen steht, die Geräte in der Fassade zu integrieren oder davor einzubauen

Diese Entscheidung trifft der Architekt nach seinen Vorstellungen über die Gestaltung der Innenräume. Bei raumhoher Verglasung bleibt nur die Wahl zwischen dem Einbau in Fassadenelemente oder im Bodenhohlraum vor der Fassade. Unterflurgeräte benötigen eine Einbauhöhe von ca. 220mm. Bisher haben sich am Markt nur reine Zuluft-Bodengeräte durchgesetzt. Die Abluft wird über Überströmschlitze in den Flurwänden von einer zentralen maschinellen Lüftungsanlage im Gebäudekern abgesaugt. Bei Lochfassaden gibt es Brüstungsgeräte, die über Schlitze unterhalb der Fensterzarge Außenluft ansaugen und daneben Fortluft ausblasen.

## Zusammenfassung

Dezentrale, in die Fassade integrierte Lüftungsgeräte sind wegen der hohen Nutzerakzeptanz, Flächenwirtschaftlichkeit und Flexibilität für Investoren, Architekten und Fachplaner eine anspruchsvolle und innovative Alternative zu zentralen Klimaanlage. Sie bieten sowohl bei Neubauten, als auch bei Sanierungsvorhaben große Potentiale, Primärenergie einzusparen. Die Wirtschaftlichkeit fällt im Vergleich mit zentralen Klimaanlage umso besser aus, je stärker die zusätzlichen Baukosten der zentralen Technik und die Mietflächenverluste zu Buche schlagen.

/1/ Mike Davies: Eine Wand für alle Jahreszeiten, Arch+, Nr.104, 1990

/2/ Martin Lutz, Dr.-Ing. Gerd Schaal: Dezentrale Raumlufkonditionierung- „flächenbündig“ in die einschalige Fassade integriert, TAB 12/2006

/3/ Ralf Wagner: Dezentrale Klimatisierung mit Be- und Entfeuchtung HLH 10/2004

**Dr.-Ing. Hans Werner Roth, Leiter Technische Innovationen, LTG Aktiengesellschaft, Stuttgart**