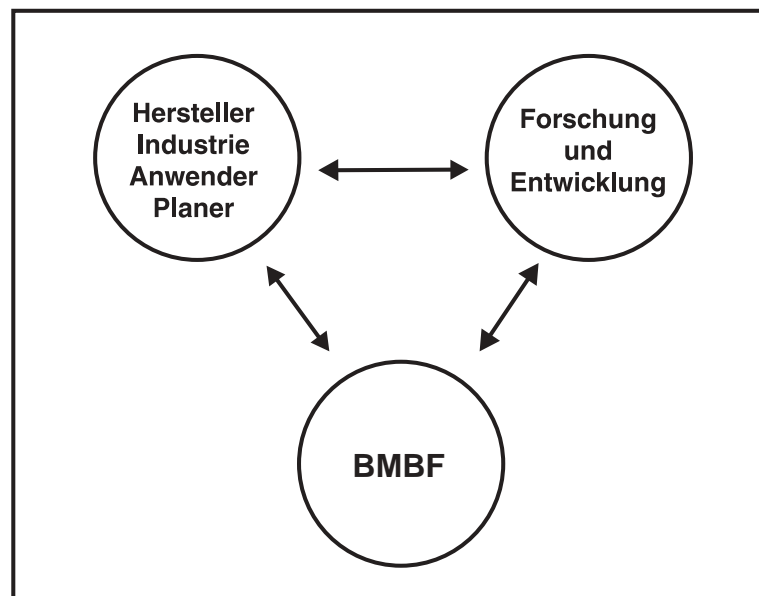


R. Grundmann, J. Roloff, U. Meinold, M. Rösler, u.a.

Hybride Lüftungssysteme

Prinzipien, Planung, Berechnung und Beispiele



Forschungsberichte

Hybride Lüftungssysteme

Prinzipien, Planung, Berechnung und Beispiele

Herausgeber: FIA-Projekt – Forschungs-Informations-Austausch
unterstützt durch das
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

im Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.
Danziger Straße 20
74321 Bietigheim-Bissingen
Tel.: 071 42/5 44 98
www.fgk.de

Autoren und Mitarbeiter des Berichtes:

Übertragung und Bearbeitung des englischsprachigen Berichtes
„Principles of Hybrid Ventilation“: U. Meinhold und M. Rösler

Untersuchungen und Berechnungen zum Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden:
Th. Albrecht, R. Buckisch, R. Gritzki, V. Hildebrand, A. Perschk, I. Müller, U. Meinhold, M. Rösler,
J. Seifert; TU Dresden und F. Al-Sibai, U. Renz; RWTH Aachen

Untersuchungen an einem innovativen Lüftungssystem für Bürogebäude:
E. Mayer, R. Schwab und H. Sinnesbichler, IBP Holzkirchen

Projektleitung: R. Grundmann und J. Roloff

Veröffentlicht im April 2004 Best. Nr.: 90
Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren

Hybride Lüftungssysteme

*Prinzipien
Planung und Berechnung
Beispiele*

Vorwort zum deutschen Bericht

Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen, die auf nationaler und internationaler Ebene im Rahmen des Projektes IEA ECBCS Annex 35 zu hybriden Lüftungssystemen erzielt wurden. Teile des Berichtes sind eine inhaltliche Übersetzung des beiliegenden internationalen Abschlussberichtes „Principles of Hybrid Ventilation“. Sie sollen den Leser auf die interessanten Aspekte hybrider (gemeint ist: gemischter oder kombinierter) Lüftungssysteme in kurzer Form hinweisen. Die ausführlicheren Darlegungen sind jeweils im internationalen, englischsprachigen Bericht zu finden (Editor: Per Heiselberg). Mit Hilfe beider Berichte und der beiliegenden CD-ROM erhalten Sie einen umfassenden Überblick zum Stand der Forschung und dem Einsatz von hybriden Lüftungssystemen.

Der Abschnitt 8 berichtet über die Untersuchungen im Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden, das als deutsches Case-Study-Building in das IEA-Projekt eingebracht wurde. Zum Stand der Forschungsarbeiten am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen gibt der Abschnitt 9 Auskunft. Dort wird ein innovatives hybrides Lüftungssystem für Büroräume entwickelt und getestet.

Die Arbeiten an der TU Dresden und dem IBP Holzkirchen wurden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie unter den Kennzeichen 0329016G und 0327252A gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Jülich, Herrn J. Gehrman, betreut.

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Autoren und Mitarbeiter des Berichtes:

Übertragung und Bearbeitung des englischsprachigen Berichtes „Principles of Hybrid Ventilation“:
U. Meinhold und M. Rösler

Untersuchungen und Berechnungen zum Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden:
Th. Albrecht, R. Buckisch, R. Gritzki, V. Hildebrand, A. Perschk, I. Müller, U. Meinhold, M. Rösler,
J. Seifert; TU Dresden und F. Al-Sibai, U. Renz; RWTH Aachen

Untersuchungen an einem innovativen Lüftungssystem für Bürogebäude:
E. Mayer, R. Schwab und H. Sinnesbichler, IBP Holzkirchen

Projektleitung: R. Grundmann und J. Roloff

Dresden, September 2003

Inhalt

1	Einführung.....	4
1.1	Beweggründe für die Installation von hybriden Lüftungssystemen.....	5
1.2	Aspekte des Entwurfs und der Planung / Design Philosophie	8
2	Prinzipien	9
2.1	Lüftung zur Regelung der Raumluftqualität	10
2.2	Lüftung zur Regelung der Temperatur.....	10
2.3	Technische Komponenten	11
3	Entwurf und Planung.....	12
3.1	Integrale Planung von Lüftung und Gebäude	12
3.2	Der Entwurfsprozess	12
3.3	Ausgangsbetrachtungen	15
3.3.1	Gebäudeprogramm	15
3.3.2	Machbarkeitsstudie.....	16
3.3.3	Zielstellungen	17
3.3.4	Umweltaspekte und Kostenbetrachtung.....	18
3.4	Der erste Entwurf von Gebäude und System	20
3.4.1	Entwicklung eines Konzeptes	20
3.4.2	Machbarkeitsstudie für ein Gebäudekonzept	23
3.5	Die weiteren Entwurfsphasen.....	24
4	Steuerung und Regelung	26
4.1	Regelungsaufgaben	27
4.1.1	Raumluftqualität während der Nutzungszeit.....	27
4.1.2	Raumluftqualität während der belegungsfreien Zeiten	27
4.1.3	Raumlufttemperatur während der Belegungszeit im Sommer	27
4.1.4	Sonnenschutz.....	28
4.1.5	Nachtlüftung im Sommer	28
4.1.6	Außerkräftsetzen wegen Wetterbedingungen	28
4.1.7	Raumheizung.....	28
4.1.8	Raumkühlung	29
4.1.9	Ventilatorsteuerung	29
4.2	Sensoren	29
5	Berechnungsmethoden	31
5.1	Untersuchungsmethoden	31
5.1.1	Einfache analytische und empirische Methoden.....	31
5.1.2	Netzwerkmodelle	31
5.1.3	Mehrzonmethoden.....	32
5.1.4	Numerische Strömungsberechnung – CFD Methoden.....	32
5.2	Neue Entwicklungen in den Berechnungsverfahren	32
5.2.1	Berechnung der notwendigen Öffnungsflächen.....	32
5.2.2	Analytische Lösungen für einfache Gebäude.....	33
5.2.3	Zonenmethoden und Numerische Strömungsberechnung (CFD)	33
5.2.4	Kopplung von thermischer und Strömungsmodellierung	34
5.2.5	Wahrscheinlichkeitstheoretische Methoden.....	34
5.3	Auswahl der Methoden	35
5.4	Komplizierte Strömungsprozesse bei hybrider Lüftung	38
5.4.1	Mehrere stationäre Lösungen und dynamische Phänomene	38
5.4.2	Die Luftströmung durch Öffnungen in der Gebäudehülle	38

5.4.3	Thermische Behaglichkeit in Räumen	39
5.5	Kombination mechanischer und natürlicher Kräfte	39
6	Qualitätssicherung	40
7	Beispiele hybrider Lüftungssysteme	40
7.1	Übersicht über die Pilotprojekte	40
7.2	Was kann man von den nationalen Pilotprojekten lernen?	40
7.2.1	Gestaltung des Gebäudes und des Lüftungssystems	41
7.2.2	Sensoren und Regelungsstrategie	41
7.2.3	Komponenten	43
7.2.4	Energieverbrauch	43
7.2.5	Komfort und Raumluftqualität	43
7.2.6	Investitions- und Betriebskosten	44
8	Untersuchungen im Bertolt-Brecht-Gymnasium Dresden	45
8.1	Beschreibung des Gebäude	45
8.1.1	Ziele und Maßnahmen der Sanierung	45
8.1.2	Heizenergetischer Zustand des Gebäudes	46
8.1.3	Das Lüftungskonzept	46
8.2	Auswertung der messtechnischen Untersuchungen	48
8.2.1	Lüftung des Gebäudes im Winter	48
8.2.2	Untersuchungen der sommerlichen Raumlufttemperaturen / Nachtlüftung	53
8.2.3	Untersuchung einer Nachtlüftungssituation im Atrium	55
8.2.4	Fazit der messtechnischen Untersuchungen	56
8.3	Lichtschnittmessung und Windkanalversuch	57
8.3.1	Lichtschnittmessung	57
8.3.2	Windkanalversuch	60
8.4	Numerische Untersuchungen	64
8.4.1	Motivation	64
8.4.2	Thermische Gebäudesimulation	64
8.4.3	Aerodynamisches und thermisches Modell für das Bertolt-Brecht-Gymnasium	64
8.4.4	Erreichte Ergebnisse	66
8.4.5	Strömungssimulation	69
8.4.6	Kopplung von Gebäude- und Strömungssimulation	72
8.4.7	Fazit der numerischen Untersuchungen	74
8.5	Literatur	74
9	Untersuchungen an einem innovativen hybriden Lüftungssystem für Büroräume am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen	75
9.1	Ziele der Untersuchungen	75
9.2	Beschreibung des Versuchsaufbaus	75
9.2.1	Versuchsraum	75
9.2.2	Klimasegel	76
9.2.3	Fensterlüftungssystem	77
9.2.4	Behaglichkeitsmesssystem DRESSMAN	78
9.2.5	Äquivalenttemperatursensor zur Steuerung eines individuellen Raumklimas	80
9.2.6	Solarkamin	80
9.3	Ergebnisse	82
9.3.1	Thermische Leistung des Klimasegels	82
9.3.2	Behaglichkeit bei Fensterlüftung	82
9.3.3	Luftwechsel durch Solarkamin	85
9.4	Literatur	87
10	Zusammenfassung	88

1 Einführung

In unserer Zeit sollten Gebäude unter bewusster Einbeziehung der Wirkung des Außen- auf das Raumklima geplant werden.

Die äußeren Bedingungen können dabei ausgenutzt werden, um ein angenehmeres Innenklima zu erzeugen. In welchem Umfang umweltfreundliche Strategien zur Beeinflussung des Raumklimas, wie passive Nutzung von Solarenergie, passive bzw. natürliche Kühlung, Tageslichtnutzung und natürliche Lüftung eingesetzt werden können, hängt vom Außenklima, der Funktion des Gebäudes, dem Standort des Gebäudes und dem Gebäudekonzept ab. Bei optimalen Bedingungen wird es möglich sein, unter Ausnutzung natürlicher Ressourcen den Anforderungen an Wärme, Licht und frischer Luft zu genügen. Meist wird es jedoch erforderlich sein, unterstützende mechanische Komponenten zu installieren.

In sehr gut wärmegeprägten Gebäuden verliert der Wärmeverlust durch Transmission zunehmend an Bedeutung. Dafür wird mehr als 50 % des Gebäudeenergiebedarfes für Lüftung und Kühlung benötigt. Ein geregeltes und energieeffizientes Lüftungssystem ist daher eine unbedingte Voraussetzung für geringen Energieverbrauch. Natürliche Lüftung und passive Kühlung sind umweltfreundliche Konzepte, die auch von den Gebäudenutzern angenommen werden. Sie sollten deshalb überall, wo es nur möglich ist, eingesetzt werden. Leider ist es meist so, dass man sich bei der Planung einer energieeffizienten Lüftungsanlage für Büro- oder Schulgebäude entweder für eine natürliche oder eine mechanische Lüftung entscheiden muss. Dies hat die Verbreitung nachhaltig wirkender Systeme behindert, denn mit natürlicher Lüftung allein sind nicht unter allen Außenklimabedingungen akzeptable Raumklimazustände erreichbar. Allerdings wäre in den meisten Fällen mit der Kombination von beiden Systemen eine gute Lösung zu erreichen.

Viele Jahre haben sich mechanische und natürliche Lüftungssysteme getrennt voneinander entwickelt, siehe Abbildung 1. Für die mechanische Lüftung verlief der Weg von Systemen mit konstantem Volumenstrom über Systeme mit aufwändiger Wärmerückgewinnung und mit bedarfsgerechter Lüftung hin zu energie-optimierten Niederdruck-Systemen. Im gleichen Zeitraum entwickelte sich die natürliche Lüftung von größtenteils unregelmäßigen Systemen über Gebäudeundichtigkeiten und Fensterlüftung hin zu bedarfsgesteuerter Lüftung mit (Nacht-) Kühlung. Bei beiden Entwicklungslinien lag der Schwerpunkt auf der Reduzierung des Energieverbrauches bei gleichzeitiger Einhaltung eines behaglichen und gesunden Innenklimas.

Der nächste Schritt bei der Entwicklung neuer Lüftungskonzepte ist es, durch Kombination von natürlicher und mechanischer Lüftung die Vorteile beider Systeme zu nutzen.

Damit wird ein neuer Typ von Lüftungssystem geschaffen - das hybride Lüftungssystem.

Abbildung 1 Entwicklung von natürlichen und mechanischen Lüftungssystemen [Wouters, 2000]



Definition der hybriden Lüftung

Bei hybrider Lüftung werden mechanische und natürliche Antriebskräfte kombiniert oder wechseln sich ab. Damit kann hybride Lüftung definiert werden als ein Lüftungssystem, das die Vorteile mechanischer und natürlicher Lüftungssysteme vereint. Die tatsächlich angewendete Betriebsweise kann sich in Abhängigkeit von der Jahreszeit und innerhalb jedes einzelnen Tages ändern. Das heißt, die gerade aktive Betriebsweise ist abhängig von den Außenklimazuständen.

Ermöglichen die Außenklimazustände die Schaffung eines akzeptablen Innenklimas wird die natürliche Lüftung genutzt, andernfalls wird teilweise oder vollständig auf die mechanische Lüftung zurückgegriffen.

Das Hauptmerkmal eines hybriden Lüftungssystem ist die Tatsache, dass es eine intelligente Steuerung besitzt, die zwischen natürlicher und mechanischer Lüftung umschaltet, um den Energieverbrauch zu minimieren.

Nutzen hybrider Lüftungssysteme

Bei hybrider Lüftung kann in einem System auf zwei Betriebsweisen zurückgegriffen sowie neue Optimierungsmöglichkeiten erzeugt werden womit die Qualität der gesamten Lüftung verbessert wird.

Fortschrittliche hybride Lüftungskonzepte sollen die hohen Anforderungen an das Raumklima und die Notwendigkeit zur Energieeinsparung durch ein Abwägen zwischen Raumluftqualität, thermischer Behaglichkeit, Energieverbrauch und Umweltbeeinflussung erfüllen und damit die Entwicklung zu mehr Nachhaltigkeit fördern.

Hybride Lüftung erfährt eine hohe Nutzerakzeptanz weil sie auf Basis einer natürlichen Lüftung die Möglichkeit der individuellen Regelung des Raumklimas einschließt (adaptive Behaglichkeit).

1.1 Beweggründe für die Installation von hybriden Lüftungssystemen

Hybride Lüftung macht den Weg frei für innovative Lösungen bei der Lüftung von Gebäuden. Lösungen, die gleichzeitig das Raumklima verbessern und den Energieverbrauch verringern. Natürliche und mechanische Lüftung haben sich über viele Jahre einzeln entwickelt und das Potential für weitere Verbesserungen ist begrenzt. Die Kombination von natürlicher und mechanischer Lüftung hingegen eröffnet viele neue Möglichkeiten.

Es gibt eine ganze Reihe von Motivationen für die Anwendung hybrider Lüftung. Zum Beispiel:

- ≠# der positive Einfluss auf die Produktivität,
- ≠# die geringere Umweltverschmutzung aufgrund des geringeren Energieverbrauches,
- ≠# die höhere Flexibilität und Adaptivität
- ≠# und angesichts geringerer Betriebskosten auch finanzielle Vorteile.

Selbstverständlich sind aufgrund anderer klimatischer Verhältnisse, Energiepreise und verschiedener anderer Faktoren die Erwartungen an die Leistungen der hybriden Lüftung in den einzelnen Ländern unterschiedlich.

In Ländern mit kaltem Außenklima werden aufgrund von gewachsenen Ansprüchen der Nutzer, Forderungen aus Normen und Richtlinien und teilweise höherer innerer Lasten und Veränderungen im Gebäudeentwurf (große Glasflächen) immer häufiger Klimaanlage eingebaut, um während der kurzen Sommerperiode eine akzeptable Raumluftqualität zu gewährleisten. Die hybride Lüftung kann helfen diesen Trend zu stoppen.

In Ländern mit warmem Klima kann die Dauer der jährlichen Klimatisierung reduziert und damit entsprechende Kosten eingespart und energetische Kennziffern verbessert werden. Schließlich sinkt auch die Beeinträchtigung der Umwelt, wenn keine ganzjährige Klimatisierung eingesetzt wird.

Sowohl natürliche als auch mechanische Lüftungen haben Vor- und Nachteile. Für die natürliche Lüftung ist eine der größten Unsicherheiten die Ungewissheit der Leistung, die sich in verstärkten Zugproblemen während der kalten Jahreszeit und in der Gefahr nicht akzeptabler thermischer Bedingungen während der Sommerperiode äußert. Auf der anderen Seite führt eine Klimaanlage oft zu Beschwerden der Nutzer, vor allem dort, wo keine individuelle Steuerung möglich ist. Hybride Lüftungssysteme können auf beide Betriebsweisen zurückgreifen und erlauben somit den günstigsten Lüftungsmodus bei den jeweils vorherrschenden Bedingungen.

Mit Blick auf die Umweltbeeinträchtigungen durch Energieerzeugung und –verbrauch wird auch die notwendige Energie für Ventilatoren, Heiz- und Kühlregister und andere Geräte bei Lüftung und Klimatisierung stärker wahrgenommen. Die erwartete Reduzierung der jährlichen Energiekosten ist auch eine wichtige Triebkraft für die Entwicklung hybrider Lüftungsstrategien in vielen Pilotprojekten gewesen. Verfügbare Daten dieser Projekte sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine deutliche Energieeinsparung in einer Reihe von Gebäuden vor allem durch eine drastische Verringerung des Energieverbrauches für Ventilatoren und Kühlung erreicht wurde.

Der positive Einfluss auf die Produktivität ist weniger offensichtlich, obwohl verschiedene Studien das Potential dafür aufzeigen [Seppänen, Fisk, 2002]. Zusätzlich zur Erhöhung der Produktivität aufgrund besserer thermischer Behaglichkeit und Raumluftqualität beeinflusst der Grad der Eingriffsmöglichkeiten des Nutzers die Produktivität – je größer die Möglichkeiten der Beeinflussung durch den Nutzer, desto besser die Produktivität. Ein Gebäude mit Möglichkeiten zur passiven Kühlung und Fenstern, die man öffnen kann, führt zu einem höheren Grad an Einflussmöglichkeiten für den Nutzer und kann damit die Produktivität fördern. Ein anderer Aspekt ist, dass eine hybride Lüftung nur eine geringe Geräuschbelastung verursacht (vorausgesetzt, dass es keine größeren äußeren Geräuschquellen gibt), was ebenfalls die Produktivität erhöhen könnte. In einem der Pilotprojekte (CS1 Wilkinson Building, AU) haben Untersuchungen über Nutzerbefragung gezeigt, dass die erreichte Leistung als eine Funktion der erreichten Raumluftqualität und thermischen Behaglichkeit ansteigt.

Relativer Energieverbrauch [%]	Gebäude-typ	Land	Gesamt	Heizung	Kühlung	Elektroenergie	
						Gesamt	Lüfter
Wilkinson building	Büro	AU	77	23	23		
IVEG building	Büro	B					
PROBE building	Büro	B					
B&O Headquarters	Büro	DK		142	-	140	10
B. Brecht Gymnasium	Schule	D		80	-	100	10
I Guzzini Illuminazione	Büro	I					
Liberty Tower of Meiji University	Schule	J	60		83		
Tokyo Gas Earth Port	Büro	J					
Fujita Technology Center	Büro	J		150	50		
Mediå School	Schule	N	90	90	-	90	10
Jear School	Schule	N					
Tånga School	Schule	S	58	70	-	40	2
Waterland School	Schule	NL					

Tabelle 1 Energieverbrauch in den Pilotprojekten bezogen auf ein landestypisches Referenzgebäude

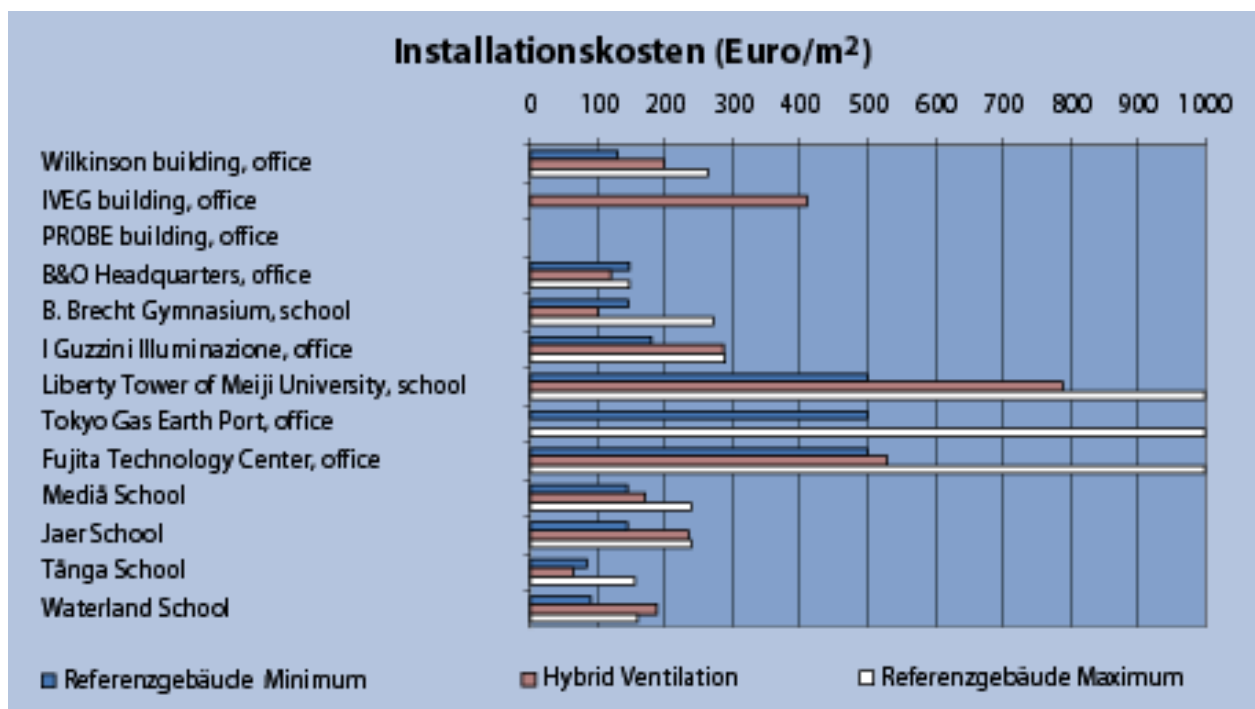


Abbildung 2 Vergleich der Installationskosten von Gebäuden mit hybriden Lüftungssystemen und Referenzgebäuden

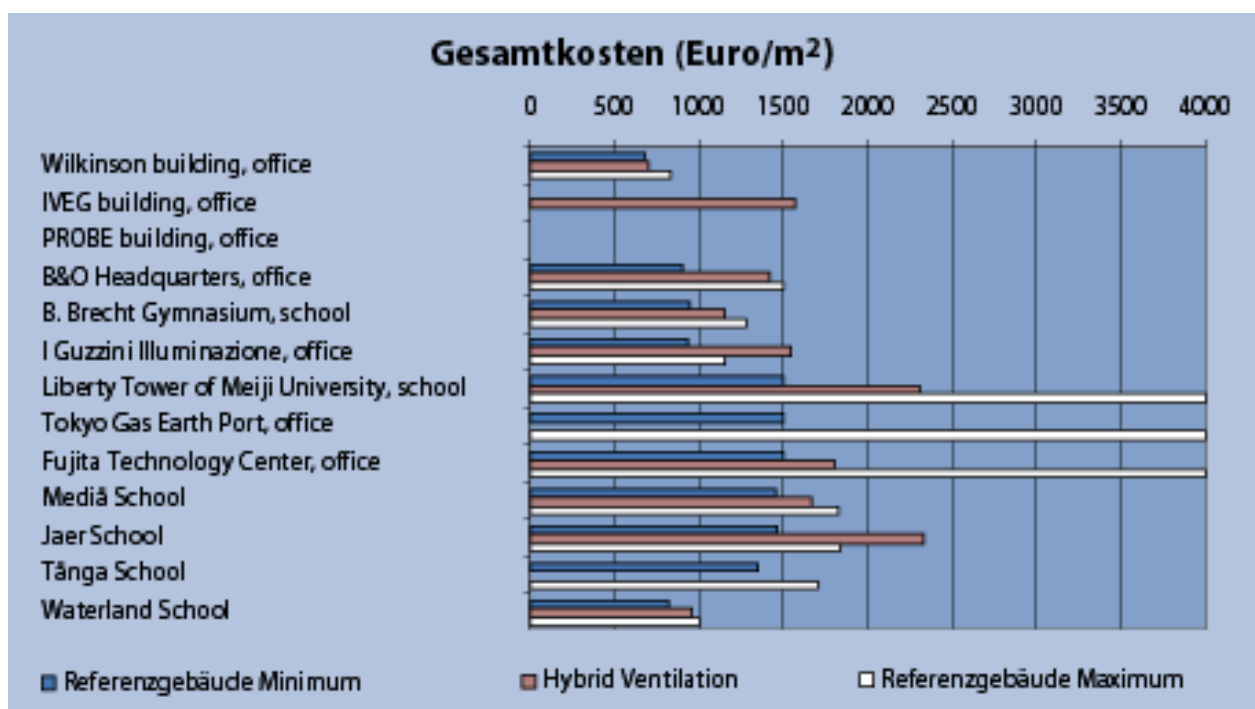


Abbildung 3 Vergleich der Gesamtkosten von Gebäuden mit hybriden Lüftungssystemen und Referenzgebäuden

Es kann sehr schwierig sein, die Investitionskosten für ein hybrides Lüftungssystem abzuschätzen, da sich die Kosten oft aus unterschiedlichen Kostengruppen zusammensetzen. Sie sind eine Mischung aus Kosten für Baukonstruktion und technischen Anlagen (DIN 276: Kostengruppe 300 und 400). Ein Teil der Investitionen in technische Ausrüstungen wird zugunsten von Investitionen in das Gebäude verschoben, z.B. größeres Raumvolumen pro Person, besondere baukonstruktive Gestaltung zur besseren Luftdurchströmung, ein intelligenteres Fassade/Fenster-System oder passive Abluftsysteme.

Die Betriebskosten für Gebäude mit hybrider Lüftung sind oftmals geringer als für Referenzgebäude, aber das Verhältnis zwischen Investitions- und Betriebskosten ist ein anderes.

Innerhalb des Annex 35 – Projektes wurde ein Referenzkostenbereich, der von den Teilnehmern erarbeitet wurde, genutzt, um die baukonstruktiven Kosten und die Kosten für das Lüftungssystem unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können (siehe „TR11 Cost of hybrid ventilation systems“). In Abbildung 2 ist ein Vergleich der Installationskosten zwischen Gebäuden mit hybriden und konventionellen Lüftungssystemen aufgeführt. Die Abbildung zeigt, dass die Installationskosten von weniger als der untere Referenzwert (drei Gebäude) bis mehr als der obere Referenzwert (zwei Gebäude) variieren können, typisch sind aber Installationskosten auf dem selben Niveau wie für andere Gebäude. In Abbildung 3 sind die gesamten Gebäudekosten mit Referenzwerten verglichen. Von zwei Ausnahmen abgesehen, liegen die Werte zwischen dem unteren und oberen Referenzwert. Die Ergebnisse der Pilotprojekte zeigen ein Potential für weitere Kosteneinsparungen, vor allem bei den Installationskosten. Die Installationskosten betragen ungefähr 20-25% der gesamten Gebäudekosten. Dieser Prozentsatz könnte bei einer breiteren Anwendung von hybriden Lüftungssystemen sicherlich verringert werden.

1.2 Aspekte des Entwurfs und der Planung / Design Philosophy

„Hybrid Ventilation“ basiert auf einer anderen Entwurfsphilosophie als rein mechanische Lüftungssysteme. Insofern sind die Erwartungen an die Leistungsfähigkeit aber auch die Energieverbrauchs- und Behaglichkeitsanforderungen andere. Bei den Kostenanalysen bekommt die Nutzungsdauer einen größeren Einfluss. Das ist insofern wichtig, da die auf Grund des Entwurfskonzeptes möglicherweise höheren Investitionskosten durch niedrigere Betriebskosten ausgeglichen werden.

Bei Gebäuden mit hybrider Lüftung werden oft auch weitere nachhaltige Konzepte verwirklicht, z.B. Tageslichtnutzung, passive Kühlung und passive Solarnutzung. Eine Optimierung des Energieverbrauches für diese Gebäude erfordert eine integrale Planung des Gebäudes und der passiven und mechanischen Systeme. Bei einer integralen Planung werden Planungsteams bestehend aus Architekten und Ingenieuren gebildet und der Entwurf des Gebäudes innerhalb eines iterativen Prozesses von konzeptionellen Ideen bis zur endgültigen detaillierten Planung entwickelt.

Der Energieverbrauch des Gebäudes und die Größe der mechanischen Komponenten kann reduziert werden, wenn eine effektive Integration von architektonischen Gesichtspunkten und Konstruktion des mechanischen Systems gelingt.

Der Erfolg der hybriden Lüftung ist stark abhängig vom lokalen Außenklima und thermischen Verhalten des Gebäudes. Daher ist es wichtig, dass diese Faktoren vom Beginn des Entwurfs berücksichtigt werden. Es ist weiterhin wichtig, dass solche Gesichtspunkte wie die Möglichkeit zur Nachtkühlung, Geräusche und Verschmutzung aus der Umgebung, Brandschutz und Gebäudesicherheit Beachtung finden. Sowohl die Planung von Ort und Größe der Öffnungen im Gebäude als auch die Einrichtungen zur Nutzung der treibenden Kräfte, wie Solarkamine oder passive Abluftöffnungen müssen unbedingt mit der ausgewählten Strategie zur Tages- und Nachtlüftung abgestimmt sein. Passive Methoden um die Außenluft zu erwärmen oder zu kühlen und Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung und Filterung sind ebenfalls zu berücksichtigen. Angepasste Steuerungen und Regelungen müssen überlegt werden und es muss entschieden werden, auf welchem Niveau eine automatische oder manuelle Steuerung mit welchen Eingriffsmöglichkeiten der Nutzer stattfindet. Weiterhin sind mechanische Systeme zu entwerfen, die notwendig sind, um Behaglichkeitskriterien und energetische Vorgaben zu erfüllen, wenn die natürliche Lüftung nicht ausreicht. Diese können einfache mechanische Abluftventilatoren sein um die treibenden Kräfte zu verstärken, auch Zu- und Abluftanlagen oder gar Klimaanlage. Schließlich ist dann die gesamte Steuerung und Regelung so auszulegen, dass der Energieverbrauch, bei Aufrechterhaltung akzeptabler Komfortbedingungen, optimiert wird. Dies erfordert einen großen Aufwand von den Planenden. Es ist aber für jeden Planer eine große Herausforderung diese schwierige Aufgabe zufriedenstellend zu lösen.