



LUFTAUSTAUSCH

Technik für die 2000-Watt-Gesellschaft

11 | 2009

IMPRESSUM

Herausgeberin:
Stadt Zürich,
Hochbaudepartement

Projektleitung:

Werner Kälin (bis 31.8.2009),
Franz Sprecher (ab 1.9.2009)
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amt für Hochbauten

Ausschuss Hochbaudepartement

LSP 4, Themenfeld 3*:

Wiebke Rösler (Vorsitz), Cornelia Mächler,
Dr. Heinrich Gugerli (Hochbaudepartement),
Roland Stulz (Novatlantis)

Projektgruppe LSP 4, Themenfeld 3*:

Dr. Heinrich Gugerli (Leitung),
Andrea Holenstein, Marc Huber, Virag Kiss,
Dr. Annick Lalive d'Épinay, Michael Pöll, Franz
Sprecher, Ralph Wyer, Markus Ziegler (Hochbau-
departement), Hansruedi Hug,
Toni W. Püntener (Umwelt- und Gesundheitsschutz
Zürich), Dr. Stephan Lienin (Sustainserv, Zürich)

Begleitgruppe «Luftaustausch»:

Annette Aumann, Alois Bölsterli, Dr. Heinrich Gugerli,
(Amt für Hochbauten), Jürg Rimann (Umwelt- und
Gesundheitsschutz Zürich)
Adrian Altenburger (Amstein + Walthert AG, Zürich),
Dr. Stefan Barp, Dr. Alois Schälin (AFC Air Flow
Consulting AG, Zürich), Urs Frei (Fensterfabrik
Ablisrieden), Rudolf Furter (Hochschule Luzern, Horw),
Heinrich Huber (Fachhochschule Nordwestschweiz,
Muttenz), Michael Kriegers (Meierhans + Partner AG,
Schwerzenbach)

Text:

Daniel Walther, Zürich

Fotos:

Seite 4: Walter Mair
Seite 6: Hannes Henz
Seite 10 und 16: Luca Zanier
Seite 14 Mitte: Theodor Stalder

Gestaltung:

blink design, Zürich

Druck:

Kyburz AG, Dielsdorf

Bezug:

Stadt Zürich
Amt für Hochbauten
Lindenhofstrasse 21
8021 Zürich

Download als pdf von
www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen
> 2000-Watt-Gesellschaft > Technik

Zürich, November 2009

* **LSP 4:** Legislatorschwerpunkt

«Nachhaltige Stadt Zürich – auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft»

Themenfeld 3: «Nachhaltiges Planen, Bauen, Bewirtschaften»

Einleitung

Steigende Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden führen zu einer immer dichteren Bauweise. Hoch effizient gedämmte und dichte Gebäudehüllen trennen in modernen Bauten aussen und innen nahezu luftdicht voneinander ab. So bleibt im Winter die Kälte draussen und die Heizwärme in den Räumen. Im Sommer verhindern eine gute Dämmung und Luftdichtigkeit, dass die hohen Aussentemperaturen die Baumasse aufheizen und die Räume überhitzen.

Bedeutet dies, dass für gutes, energieeffizientes Bauen grundsätzlich gilt: Je dichter, desto besser? Die Antwort darauf lautet: «Ja – aber ...». Zwar muss die Gebäudehülle möglichst dicht sein, um effektiv vor Energieverlusten zu schützen. Für ein gesundes, komfortables Raumklima ist aber ein ausreichender Luftaustausch unabdingbar. Sauerstoffreiche Aussenluft muss in genügender Menge nach innen und verbrauchte CO₂-belastete Luft nach aussen gelangen können. Hinzu kommt das richtige Quantum an Luftfeuchtigkeit. Nicht zu wenig, damit die Atemwege nicht austrocknen. Nicht zu viel, um Bauschäden zu vermeiden.

Wer sich – wie die Stadt Zürich – als Ziel «Bauen für die 2000-Watt-Gesellschaft» auf die Fahne geschrieben hat, muss sich demnach intensiv mit dem Luftaustausch in dichten Gebäuden auseinandersetzen. Gerade weil in einem modernen Gebäude die Be- und Entlüftung von grosser energetischer Relevanz ist. Für den Luftaustausch in 2000-Watt-Bauten müssen praxiskonforme, taugliche und günstige Lösungswege aufgezeigt werden. Dies gilt für unterschiedliche Nutzungsformen des Gebäudeparks der Stadt Zürich wie Wohnbauten, Schulen oder Spitäler.

Vor diesem Hintergrund hat die Stadt Zürich zu Beginn der Legislaturperiode 2006 bis 2010 das Projekt Luftaustausch lanciert. Ein Projekt, das bei Neubauten und Instandsetzungen das Grundlagenwissen für ausreichenden «Luftwechsel» in 2000-Watt-konformen Bauten erweitern soll und dessen Erkenntnisse mit dieser Broschüre näher vorgestellt werden.



Der Mensch steht im Zentrum

Dank guter Atemluft in ausreichender Menge können die Gebäudenutzerinnen und -nutzer in einem hygienisch einwandfreien Umfeld lernen, arbeiten und wohnen.

Das Projekt «Luftaustausch»

Die Ziele

Für eine Trendwende hin zur 2000-Watt-Gesellschaft spielt das energie- und ressourceneffiziente Bauen eine Schlüsselrolle. Und: Als eine der grössten Immobilienbesitzerinnen der Schweiz und eine der bedeutendsten Bauherrinnen unseres Landes hat die Stadt Zürich eine entscheidende Schrittmacher-Funktion bei der Herausforderung, die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft im Baubereich umzusetzen. Etwa indem neue Wissensgrundlagen für die Realisierung 2000-Watt-konformer Neubauten und Instandsetzungen erarbeitet und den Planungsfachleuten zur Verfügung gestellt werden. Die Projekt-Erkenntnisse sollen:

Die Systemwahl vereinfachen

Um einen ausreichenden Luftaustausch in den immer dichteren Gebäuden zu gewährleisten, kommen bei Neubauten und Instandsetzungen immer häufiger Lüftungsanlagen zum Einsatz. So ist etwa bei Gebäuden, die nach MINERGIE-Standard gebaut sind, praktisch immer eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung integraler Teil des Haustechnikkonzeptes.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt «Luftaustausch» dienen dazu, die Wahl des richtigen Systems zu unterstützen. Das Planungsteam erhält Hilfsmittel zur Systemselektion in die Hand.

Empfehlungen für die Lüftungssysteme 2000-Watt-konformer Gebäude liefern

Die Lüftung ist Teil des Gesamtsystems «Gebäude». Das Projekt «Luftaustausch» soll neue Erkenntnisse und Fakten liefern, die als Grundlage für Empfehlungen zur Konzeption von raumluftechnischen Anlagen und Installationen in nachhaltigen Gebäuden dienen.

Fehler vermeiden

Beim Planen und Bauen passieren Fehler – das ist angesichts der Komplexität der Aufgaben und dem oft unter Zeitdruck stehenden Zusammenwirken von Spezialisten aus unterschiedlichsten Fachdisziplinen leider nicht immer zu vermeiden. Die Erfahrung der Stadt Zürich zeigt aber: es sind häufig dieselben Mängel, die sich einschleichen. Die Resultate aus dem Projekt «Luftaustausch» dienen dazu, diese häufigen Fehlerquellen bei der Projektdefinition, der Planung und der Installation von lüftungstechnischen Anlagen aufzudecken und zu eliminieren. Und die Erkenntnisse aus dem Projekt liefern Inputs, wie diese Stolpersteine zu umschiffen sind und wie eine einwandfreie Qualität gewährleistet werden kann.



Mit guter Luft zum Lernerfolg

Jede Schülerin und jeder Schüler verbraucht pro Stunde 25 m³ Luft. Bei 25 Schülern sind dies stündlich 625 m³ – eine beachtliche Menge, die durch eine mechanische Lüftungsanlage oder offene Fenster ins Klassenzimmer eingebracht werden muss. Wird zu wenig Luft ausgetauscht, steigt die CO₂-Konzentration im Raum an und die Konzentrationsfähigkeit nimmt ab.

Das Projekt «Luftaustausch»

Fünf Themenkreise

Im Rahmen des Projektes Luftaustausch wurden zu den fünf Themenkreisen «Systemwahl», «Automatische Fensterlüftung», «Raumluftrömungen in Wohnbauten», «Raumluftrömungen in Schulräumen und Bettzimmern» und «Qualitätssicherung» Grundlagen geschaffen und Werkzeuge erarbeitet. Dabei hat man sich auf die typischen Gebäude- und Nutzungsarten konzentriert, die im Immobilienportfolio der Stadt Zürich zu finden sind. Im Fokus des Projektes Luftaustausch stehen daher Schulbauten, Gesundheitsbauten und Wohnbauten.

Thema «Systemwahl»

Das Kernelement des Themas «Systemwahl» ist ein neu entwickeltes Werkzeug für die Unterstützung der Selektion des optimalen Lüftungssystems. Optimal im Hinblick auf Energieeffizienz, Hygiene, Komfort und Wirtschaftlichkeit. Das Werkzeug unterstützt bereits in einer frühen Planungsphase die Systemevaluation und zeigt Ausschlusskriterien auf.

Thema «Automatische Fensterlüftung»

Das Teilprojekt «Automatische Fensterlüftung» befasst sich mit der Fragestellung, ob eine automatische Fensterlüftung insbesondere in Schulräumen eine praxistaugliche und gute Alternative zu Konzepten mit Wärmerückgewinnung darstellt.

Thema «Raumluftrömungen in Wohnbauten»

Je nach Platzierung der Luftdurchlässe fallen im Wohnungsbau grössere oder kleinere Kosten an. Im Rahmen des Teilprojektes «Raumluftrömungen in Wohnbauten» wurde die Relevanz der Luftdurchlassanordnung für die Raumlufthausqualität untersucht.

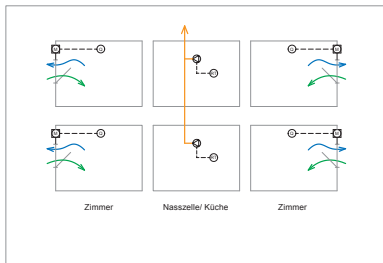
Thema «Raumluftrömungen in Schulräumen und Bettzimmern»

Schulräume und Bettzimmer in Spitälern und Pflegezentren haben aufgrund der grossen Personendichte einen hohen Luftbedarf. Dies stellt besondere Anforderungen an die Lüftung. Im Themenkreis «Raumluftrömung in Schulräumen und Bettzimmern» wurden unterschiedliche Raumtypen anhand von Strömungssimulationen untersucht.

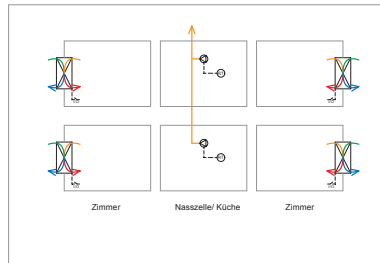
Thema «Qualitätssicherung»

Im Themenkreis «Qualitätssicherung» evaluiert das Projektteam Massnahmen zur Qualitätssicherung in den einzelnen Phasen «Planung», «Realisierung», «Abschluss» und «Betrieb». Dazu wurden für die Systeme «automatische Fensterlüftung», «Einzelraumlüftung», «einfache Abluftanlage» und «Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung» Kontrollpunkte definiert.

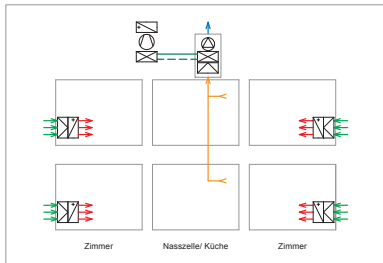
Die folgenden Seiten geben einen Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse, die aus dem Projekt «Luftaustausch» in den hier genannten Themenkreisen resultieren.



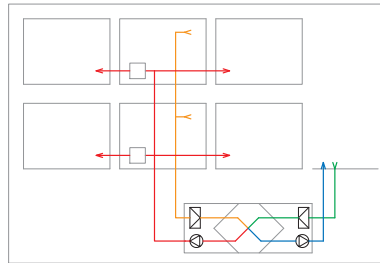
1 Automatische Fensterlüftung



2 Einzelraumlüftung



3 Abluftanlage



4 Komfortlüftung

Vier Systemtypen

Bei Lüftungen wird zwischen 4 verschiedenen Systemtypen unterschieden. Die Komfortlüftung gibt es in zentraler Ausführung (1 Gerät für ein Mehrfamilienhaus) und in dezentraler Ausführung (1 Gerät pro Wohnung).

Hauptsystem				Einzelraumlüftungen		Abluftanlagen	Komfortlüftung		Bewertung
	Gewichtung	Bewertung	Nutzwert	Automatische Fensterlüftung (System 1)	Einzelraum-Komfortlüftung inkl. WRG (System 2)	Abluftanlage mit Aussenluft-Durchlässen (System 3)	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung pro Nutzungseinheit (System 4)	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung pro Gebäude (System 4)	Bewertung Minimal (1)
Anforderungen/Kriterien		1-5	G. x B.						
Energie	20								
Luftförderung	6			sehr gering	gering	gering	mittel	hoch	Zentral
Wärmebedarf (netto)	7			hoch	mittel	gering	sehr gering	sehr gering	ohne W
Nachtauskühlung (Freie Kühlung)	2			möglich	bedingt möglich	bedingt möglich	bedingt möglich	bedingt möglich	direkt
Materialaufwand (Graue Energie)	5			tief	mittel	mittel	hoch	hoch	keine Kä
Hygiene	3								
Garantie Feinstaub, Allergien, NO	1			nicht möglich	beding möglich	bedingt möglich	gut möglich	sehr gut möglich	Zul = Au
Garantie Gerüche, Schadstoffe (Raum)	2			nicht möglich	bedingt möglich	möglich	gut möglich	sehr gut möglich	Zul = Au
Behaglichkeit	15								
Raumfeuchte (> 30 % r.F.)	2			nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	bedingt möglich	möglich	keine G
Luftqualität (< 1350 ppm CO ₂)	5			bedingt kontrolliert	kontrolliert	kontrolliert	kontrolliert	kontrolliert	keine G
Luftgeschwindigkeit (< 0.15 m/s)	1			unkontrolliert	kontrolliert	kontrolliert	kontrolliert	kontrolliert	ungeföh
Aussenlärm	5			nicht möglich	bedingt möglich	bedingt möglich	gut möglich	gut möglich	keine G
Luft- und Körperschall (System)	2			bei allen Systemen zu beachten					zentral
Wirtschaftlichkeit	30								
Kapitalkosten (Zins, Nutzungsdauer)	10			ist fallweise zu ermitteln					maxim
Flächeneffizienz (Ziel max. NF)	3			gut	gut	mittel	schlechter	schlechter	dezent
Nutzungsflexibilität (Modularität etc.)	5			ja	ja	mittel	eingeschränkt	sehr eingeschränkt	dezent
Wartungskosten	2			sehr gering	gering	mittel	hoch	mittel	zent
Energiekosten Luftförderung	5			sehr gering	gering	gering	mittel	hoch	zentral
Energiekosten Wärme	5			hoch	mittel	gering	gering	gering	zentral
Nutzung	20								
Betreiberfreundlich (Zugänglichkeit)	5			innerhalb Nutzung	innerhalb Nutzung	teilweise in Nutzung	innerhalb Nutzung	ausserhalb Nutzung	dezent
Bedienung (Einfachheit)	10			einfach	einfach	mittel	mittel	aufwändig	zentral
Benutzerfreundlich (Einflussnahme)	3			gut	gut	mittel	gut	eingeschränkt	zentral
Benutzergerecht (Verursacherprinzip)	2			möglich	möglich	möglich	gut möglich	kaum möglich	zentral
Vorgaben	5								
Aufwand Brandschutzmassnahmen	5			klein	klein	mittel	mittel	gross	zentral
Grundhaltung Bauherrenvertretung				siehe Richtlinien Gebäudetechnik und Standards					
Bauliche Anforderungen	7								
Baulicher Aufwand	3			klein	mittel	mittel	gross	sehr gross	zentral
Einbruchschutz	1			eingeschränkt	gut	gut	gut	gut	unkont
Erschliessung (Kerne)	3			kein Platzbedarf	wenig Platzbedarf	mittlerer Platzbedarf	hoher Platzbedarf	hoher Platzbedarf	zentral
TOTAL GEWICHTUNG	100								

Systemmatrix

Die Systemmatrix ermöglicht die projektspezifische Bewertung der Lüftungssysteme. Dabei müssen die einzelnen Kriterien unterschiedlich gewichtet und

bewertet werden. So kann zum Beispiel dem Umstand Rechnung getragen werden, dass bei Komfortlüftungen die Energiegewinne im Betrieb die Investitionen für

die graue Energie nach wenigen Jahren kompensieren.

Thema «Systemwahl»

Praktisch wäre es, wenn es das «ultimative» Lüftungssystem gäbe. Ein System, das in jeder Situation die Ideallösung darstellt, das auf der einen Seite die Nutzeranforderungen perfekt abdeckt und das auf der anderen Seite beste Ressourceneffizienz bei tiefsten Lebenszykluskosten garantiert. Tatsache ist: das «allein selig machende» Lüftungssystem existiert nicht. Vielmehr muss die richtige Lösung für jedes Bauprojekt evaluiert werden, abgestimmt auf die objektspezifischen Gegebenheiten und auf die Bedürfnisse der jeweiligen Nutzergruppen. Diesen Evaluationsprozess zu unterstützen, war das Ziel des Themenkreises «Systemwahl». Entstanden ist ein neues Entscheidungshilfsmittel, welches das Planungsteam bei der Selektion des Lüftungssystems unterstützt.

Ein neues Tool für eine rationelle Systemevaluation

Damit der Mensch sich wohl fühlt und leistungsfähig ist, muss er mit genügend Luft versorgt werden. Je nach Art der Tätigkeit verbraucht eine Person bis zu 10 Litern Luft pro Sekunde oder 36 m³ pro Stunde. Parallel zur Versorgung mit Aussenluft muss die verbrauchte und feuchte Luft aus dem Gebäude abgeführt werden, damit keine Bauschäden entstehen können. Die Lufterneuerung wird insbesondere in den aus energetischen Gründen dicht gebauten Gebäuden ein immer wichtigeres Thema.

Doch: Welches System löst diese Aufgabe bei einem Gebäude, das neu gebaut oder instandgesetzt werden soll, am wirtschaftlichsten und effizientesten? Eine Frage, die bereits in einer sehr frühen Planungsphase beantwortet werden muss. Eine Frage aber auch, bei der Projektverantwortliche und Planer vor der Wahl stehen. Das neue Tool zeigt Ausschlusskriterien auf und hilft, möglichst alle Aspekte eines Lüftungssystems zu hinterfragen.

Aus vier Systemtypen die «richtige» Lösung ermitteln

Mit dem neuen Tool lassen sich die vier wichtigsten Standardsystemtypen miteinander vergleichen. Es sind dies:

- 1 Automatische Fensterlüftung mit separater Abluftanlage für Nasszellen
- 2 Einzelraumkomfortlüftung mit Wärmerückgewinnung und separater Abluftanlage für Nasszellen
- 3 Aussenluftdurchlässe mit Abluftanlage für Nasszellen und Abwärmernutzung mittels Abluft-Wärmepumpe
- 4 Kombinierte Zu- und Abluftanlage mit integrierter Wärmerückgewinnung

Mit dem Tool können Anforderungen und Kriterien bezüglich Energie, Hygiene, Behaglichkeit, Wirtschaftlichkeit, baulicher Möglichkeiten und Nutzerbedürfnisse der verschiedenen Systeme individuell durch das Planungsteam gewichtet und beurteilt werden. Die Gewichtung der einzelnen Kriterien geschieht projektspezifisch.

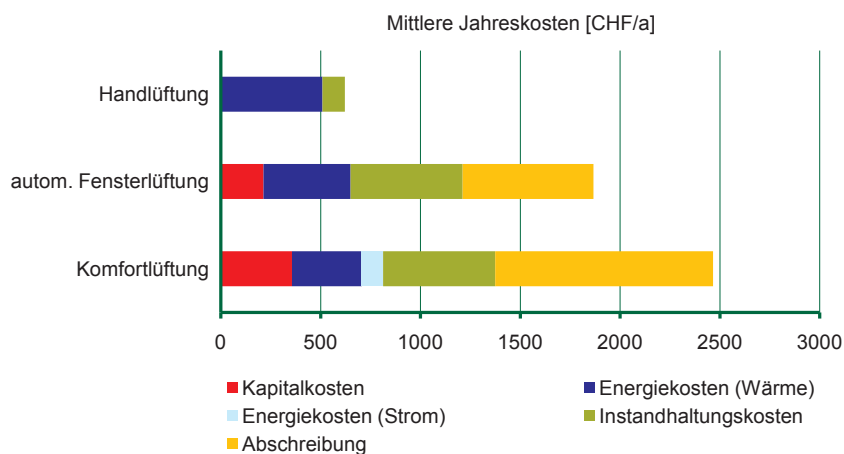
Rahmenbedingungen bei der Evaluation einbeziehen

Aus energetischer Sicht sind Systeme mit Wärmerückgewinnung wie zentrale oder dezentrale Komfortlüftungen und Einzelraumlüftungsgeräte gegenüber reinen Abluftanlagen, automatischen Fensterlüftungen oder Fensterlüftung von Hand zu bevorzugen. Es gibt jedoch objektspezifische Rahmenbedingungen, die in die Systemwahl einbezogen werden müssen. Ausschlusskriterien für Systeme können zum Beispiel sein: kein Platz für das Führen von Lüftungsrohren bei Komfortlüftungen, zu viel Aussenlärm für Fensterlüftung, keine Akzeptanz von Filterwechseln durch den Hausabwart in Privaträumen (Einzelraumlüftungsgeräte) oder intern undichte Gebäude bei Abluftanlagen. Kriterien wie diese können in die Beurteilungsmatrix mit einbezogen werden. Insbesondere bei der Evaluation des Lüftungssystems bei Instandsetzungen müssen bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung das gesamte Gebäude inklusive aller baulichen Massnahmen und nicht nur die reinen Gebäudetechnikkosten betrachtet werden.



Automatisch frische Luft

Das Bild zeigt einen sich automatisch öffnenden Kippflügel. Der Antrieb ist unsichtbar in den Fensterrahmen eingelassen.



Lebenszykluskosten

Bezüglich Kosten ordnet sich die automatische Fensterlüftung zwischen einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung und manueller Fensterlüftung ein. Entscheidend für die Kosten ist, ob die Fensterantriebe sichtbar installiert werden können oder ob diese wie im untersuchten Schulhaus in die Fensterrahmen integriert werden müssen.

Thema «Automatische Fensterlüftung»

Gerade in Schulzimmern ist eine gute Versorgung mit Aussenluft entscheidend. Die vielen Personen in den relativ engen Räumen hätten ohne Lüftung eine hohe CO₂-Belastung zur Folge. Wird die kritische Grenze des CO₂-Medianwertes von 1350 ppm überschritten, so führt dies zu Konzentrationsverlust, Reduktion der Aufnahmefähigkeit und Leistungsabfall (1350 ppm = Grenzwert der SIA-Norm 382/1 für Schulräume). Abhilfe schafft hier eine Lüftungsanlage. Der nachträgliche Einbau von Lüftungskanälen ist schwierig und somit kommt ein konventionelles Lüftungssystem oft nicht in Frage. Eine Alternative zu konventionellen mechanischen Lüftungsanlagen sind automatische Fensterlüftungssysteme.

Fensterlüftung

Die Untersuchung zeigt: wenn die Lüftung von Hand erfolgt, so muss für eine ausreichende Luftqualität konsequent in allen Pausen und zusätzlich noch mindestens einmal während der Lektionen quergelüftet werden.

Im Gegensatz dazu kann durch eine automatisierte Fensterlüftung die Frischluftzufuhr mittels CO₂-Fühler auf die Luftqualität abgestimmt werden. Die Luftqualität bleibt gemäss der Untersuchung weitgehend unterhalb des Grenzwertes von 1350 ppm (siehe Grafik Luftqualität).

In der Praxis kommen zwei unterschiedliche Systeme automatisierter Fenster vor: Systeme, bei denen die Luftzufuhr lediglich durch «komplett auf» oder «komplett zu» geregelt wird. Und Systeme, die feinere Zwischenstellungen erlauben. Die feinregulierbaren Systeme haben eine bessere Nutzerakzeptanz und sind reinen Auf/Zu-Anlagen unbedingt vorzuziehen.

Komfort und Nutzerakzeptanz

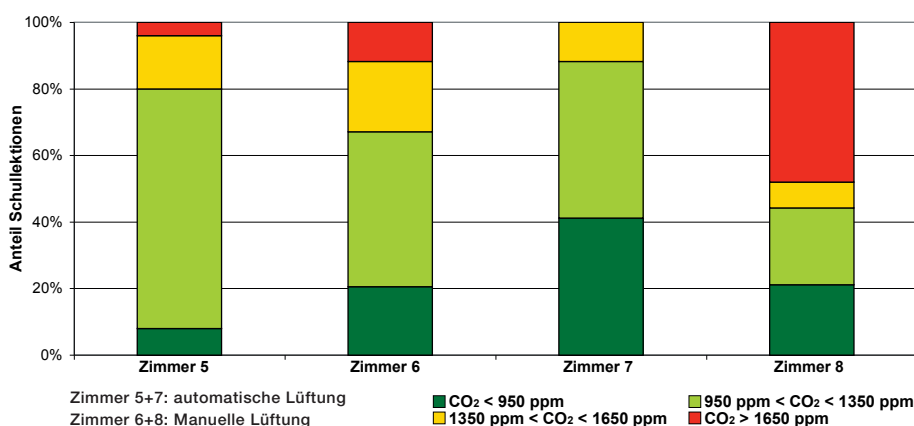
Die Untersuchung belegt, dass die Akzeptanz der automatischen Fensterlüftung bei den Nutzern gut ist. Die Lehrer, die in den untersuchten Räumen Lektionen geben, bevorzugen Zimmer mit automatischer Fensterlüftung gegenüber handbelüfteten Räumen.

Neben den Platzvorteilen hat die automatische Fensterlüftung auch einige Nachteile. So wird die Aussenluft ungefiltert in den Raum geleitet, das System bietet keinen Schutz vor Aussenlärm, eine Wärmerückgewinnung ist nicht möglich, und das System ist nicht witterungsunabhängig. Automatische Fensterlüftungssysteme sind aufgrund der Sensoren und Motoren komplexer, als es auf den ersten Blick erscheint. Sie erlauben jedoch eine hohe Standardisierung.

Energiebilanz und Lebenszykluskosten

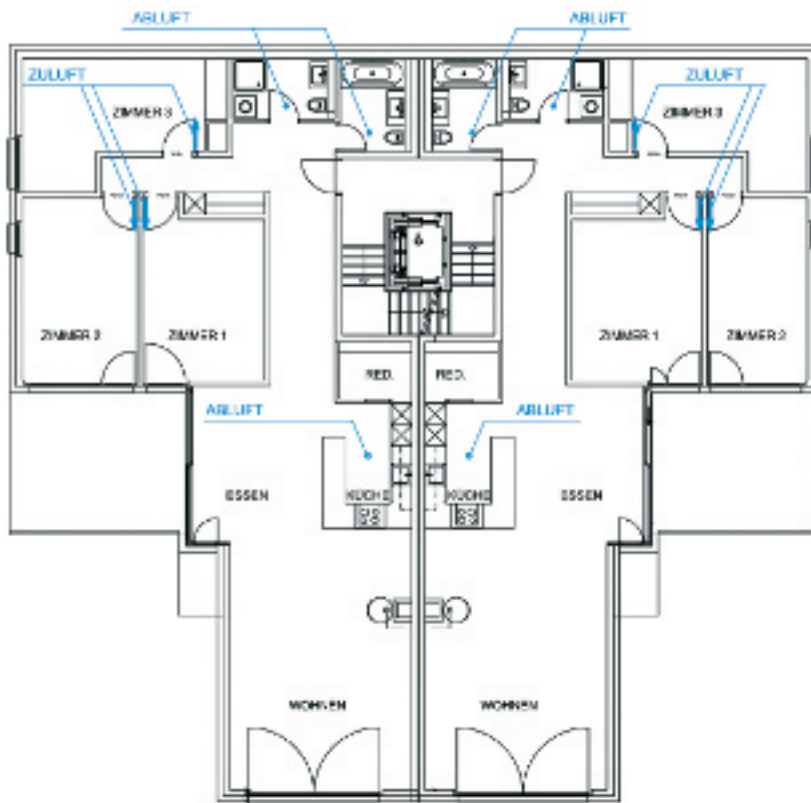
Verglichen mit einem Zimmer, das von Hand ausreichend gelüftet wird, spart die automatisierte Fensterlüftung beim untersuchten Schulzimmer 5 bis 10% Heizenergie. Eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung würde eine weitere Einsparung im Vergleich zur Handlüftung ermöglichen.

20 Schulzimmer mit einer automatischen Fensterlüftung auszustatten, führt über den Lebenszyklus gerechnet zu Mehrkosten von 1'500 bis 2'000 Franken pro Schulzimmer und Jahr. Dies ist rund 25% günstiger als eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Die höheren Investitionskosten der Lüftungssysteme rechtfertigen sich bei den heutigen Energiepreisen primär durch die bessere Luftqualität und nicht durch die eingesparte Heizenergie.



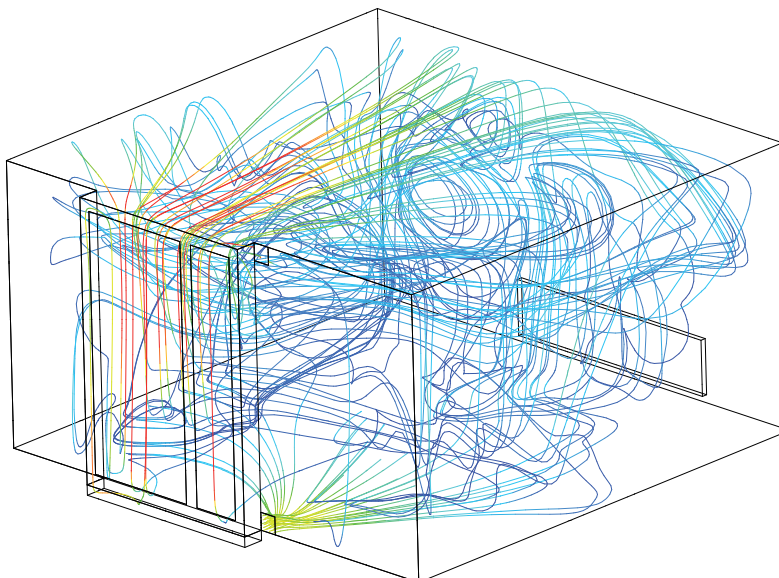
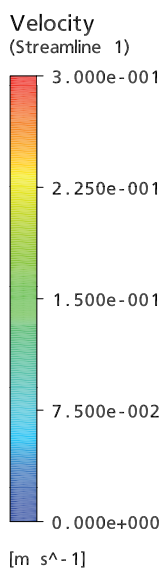
Luftqualität

Dank der automatischen Fensterlüftung kann die Luftqualität in den Schulzimmern 5 und 7 in einem guten Bereich gehalten werden. Die Zimmer 6 und 8 werden von Hand gelüftet und dienen als Referenz. Zu bemerken ist, dass die Werte im Zimmer 6 nur dank manuellem Lüften auch während der Lektion zu erreichen waren.



Fragestellung

Ist die Luftqualität überall im Wohnbereich einwandfrei, obwohl die Wohnzone über keinen separaten Zuluftdurchlass verfügt und die Abluft lediglich über die offene Küche und Nassräume geführt wird? Dieser Frage ging man im Rahmen des Teilprojekts «Raumlufströmungen in Wohnungen» mittels Simulation auf den Grund.



Die natürliche Raumlufströmung dominiert

Personen, Fenster, Heizsysteme und andere warme oder kalte Oberflächen erzeugen eine natürliche Luftströmung, die um ein Vielfaches intensiver ist als diejenige der mechanisch zugeführten Luft.

Thema «Raumluftströmungen in Wohnbauten»

Komfortlüftungen gehören in Wohnbauten der Zukunft zur Standardausrüstung. Mit dem Teilprojekt «Raumluftströmungen in Wohnbauten» wurde untersucht, welchen Einfluss die Anordnung der Luftdurchlässe in den Wohnungen hat. Im Zentrum stand die Fragestellung: «Beeinflusst die Position der Zuluft einbringung und der Ablufffassung die CO₂-Belastung der Nutzer?» Denn je nach Platzierung der Luftdurchlässe fallen höhere oder geringere bauliche Kosten an. Ein besonderes Augenmerk lag auf modernen Wohnraum-Grundrissen mit offener Küche.

Die Untersuchung am realen Objekt und am Bauprojekt

Im Rahmen des Projektes wurden Räume in zwei Wohnobjekten mittels Strömungssimulation untersucht. Eines der untersuchten Objekte ist bereits realisiert, das zweite – die Überbauung Sihlbogen der Baugenossenschaft Zurlinden – befindet sich in der Projektphase. Ziel der Untersuchungen war es, die Luftströmungen in Wohnräumen besser zu verstehen, um Anlagen künftig einfacher und günstiger zu bauen.

Spannend als Untersuchungsobjekte waren insbesondere Wohnungen mit kombinierter Küchen-/Wohnzone (offene Wohnküchen). Im Bereich der Küche ist zwingend ein Abluftdurchlass erforderlich. Vor der Untersuchung unklar war jedoch, ob im Wohnbereich ein eigener, separater Zuluft-Durchlass eingeplant werden muss.

Die wichtigsten neuen Erkenntnisse aus der Untersuchung

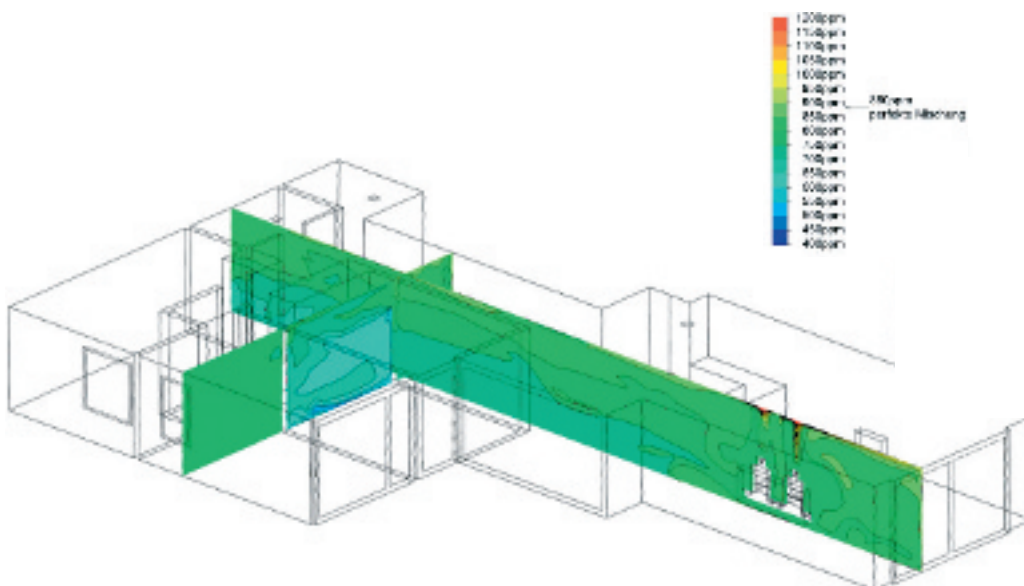
Die Strömungssimulationen zeigen: Die natürlichen Strömungen im Raum, die durch Fenster, Heizsysteme und andere warme oder kalte Oberflächen erzeugt werden, führen zu einer guten Durchmischung der Raumluft.

Die Untersuchung belegt, dass die Anordnung der Luftdurchlässe bei Wohnungen unkritisch ist. Auch Luftdurchlässe, die scheinbar aus strömungstechnischer Sicht nicht optimal positioniert sind, mindern die Luftqualität nur in einem so geringen Mass, dass es vom Nutzer nicht wahrnehmbar ist. Der minimale Mehraufwand einer «perfekten» Raumluftströmung rechtfertigt daher keinen Mehraufwand für eine strömungstechnisch optimale Platzierung der Luftdurchlässe.

Die Schlussfolgerung für Wohnbauten der Stadt Zürich

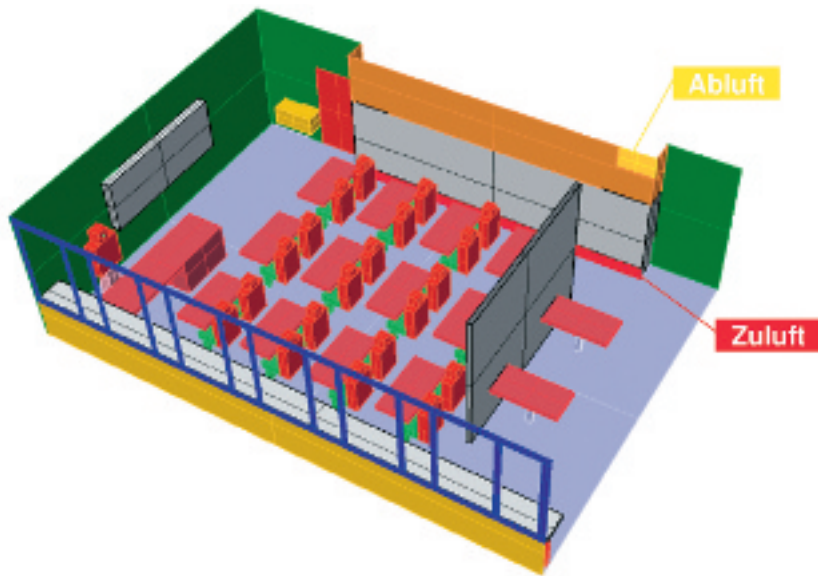
Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen zeigen, dass die Lüftung von Wohnungen mit kombinierten Wohn-/Küchenbereichen unproblematisch ist. Dies gilt auch, wenn der Wohnungsgrundriss und die Anordnung von Zu- und Abluftdurchlässen aus strömungstechnischer Sicht alles andere als ideal sind (siehe Abbildung «Visualisierung der Luftströme mittels dynamischer Simulation»).

Einerseits kann auf den Einbau von Zuluftdurchlässen in entsprechend angeordneten Wohnzimmern verzichtet werden. Andererseits kann durch die Wegfallenden Zuluftdurchlässe die umgewälzte Luftmenge tiefer gehalten werden. Beides Faktoren, die Betriebsenergie und – insbesondere bei Instandsetzungen – Investitionskosten sparen.



Visualisierung der Luftströme mittels dynamischer Simulation

Im Fall des untersuchten Objektes liegt die zum Wohnbereich hin offene Küche mit der Ablufffassung unmittelbar neben dem Nachströmbereich. Die Wohn-/Ess-Zone befindet sich nicht zwischen einer Zu- und einer Abluffposition. Die Vermutung liegt nahe, dass der Wohn-/Ess-Bereich nicht mit ausreichend Frischluft durchströmt wird. Eine Vermutung, die durch die Untersuchung widerlegt werden konnte.



Simulation Schulzimmer

Ideale Lüftungsanordnung: die Zuluft wird durch grossflächige Luftdurchlässe (rot) unter den Schränken ins Zimmer eingebracht und über einen im Deckenbereich angeordneten Abluftdurchlass (gelb, im rechten Bereich über den Schränken) abgesaugt.



Das neue Schulhaus Albisriederplatz

Das nach dem MINERGIE-Standard gebaute Schulhaus verfügt über eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Die frische Luft wird entlang der Fassade nach dem Prinzip der Quelllüftung in die Klassenzimmer eingebracht, die Abluft im oberen Bereich der Räume abgesogen.



Luftführung im neuen Bettenhaus des Stadtspitals Triemli

Die Simulation der Raumluftströmung hat ergeben, dass die ideale Einführung der Luft durch Quellluftdurchlässe an der Zimmertrennwand erfolgt. Die Abluft muss für eine gute Luftqualität im Deckenbereich abgeführt werden.

Zuluft➔
 Abluft➔

Thema «Raumluchtströmungen in Schulräumen und Bettenzimmern»

Schulbauten und Gesundheitsbauten wie Spitäler und Pflegeheime sind neben den Wohnbauten weitere wichtige Gebäudegruppen im Portfolio der Stadt Zürich. Sowohl Schulräume als auch Bettenzimmer unterscheiden sich in ihren Anforderungen und Rahmenbedingungen bezüglich Lüftung massgeblich von Wohnräumen. So haben Schulbauten aufgrund der hohen Personendichte einen weit grösseren Luftbedarf. In Bettenzimmern kommen zu der intensiven Belegung noch Geruchsemissionen von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln oder von Essen hinzu. Beim Thema «Raumluchtströmung in Betten- und Schulzimmern» wurden die hohen Anforderungen, die diese Räume an die Lüftung stellen, unter die Lupe genommen.

Erkenntnisse für Schulzimmer

Der grosse Luftbedarf in Schulzimmern macht diese Räume insbesondere punkto störender Zuglufterscheinungen heikel. Im Projekt wurden verschiedene Anordnungen von Quellluft- und Induktionsluft-Durchlässen geprüft, unterschiedliche Platzierungen der Abluftentnahme im Raum untersucht und die beste Lösung für die Anordnung von Zu- und Abluft eruiert.

Die Untersuchung zeigt, dass die Platzierung der Abluftdurchlässe unkritisch ist – vorausgesetzt, der Luftdurchlass befindet sich im Deckenbereich. Für die Anordnung der Zuluft kristallisierten sich zwei Varianten als Bestlösungen heraus.

- Variante 1: die Anordnung der Quellluftdurchlässe entlang der Fenster.
- Variante 2: die Platzierung der Quellluftdurchlässe unter den Schränken entlang des Gangs (siehe Abbildung «Simulation Schulzimmer»).

Die Untersuchung weist zudem nach, dass Quellluftsysteme für dieselbe Luftqualität rund einen Drittel weniger Luft benötigen als Induktionsluftsysteme. Quellluftsysteme sind damit energieeffizienter und wirtschaftlicher.

Als ungeeignet erwiesen hat sich die Anordnung der Quellluftdurchlässe über der Wandtafel oder in Türnähe. Diese Varianten führen im vorderen Bereich des Zimmers zu Zugluftrisiko und im hinteren Bereich zu ungenügender Raumdurchspülung.

Erkenntnisse für Bettenzimmer

Im Rahmen des Teilprojekts wurde eine Simulationsstudie für ein Zweibett-Zimmer durchgeführt.

Bei den Simulationen hat sich gezeigt, dass die Anordnung der Zu- und der Abluftdurchlässe sehr entscheidend für die Luftqualität in den Patientenzimmern ist. Da sich in einem Spitalzimmer Menschen lange am selben Ort aufhalten, stellt sich schnell eine stationäre Strömung ein.

Das Bild «Luftführung im Bettenzimmer» zeigt die in der Simulationskampagne ermittelte Idealösung. Analog der Untersuchung der Schulzimmer bietet auch hier eine Quelllüftung die besten Resultate hinsichtlich Komfort und Energieeffizienz.



Die Inbetriebsetzung ist ebenso wichtig wie die Planung

Komfortlüftungssysteme funktionieren mit vergleichsweise kleinen Luftmengen. Entsprechend wichtig ist es, dass beim Abgleichen der Luftmengen zwischen den einzelnen Räumen genau gearbeitet wird und präzise und geeichte Messgeräte zum Einsatz kommen.

Thema «Qualitätssicherung»

Bei der Planung und Realisierung von Lüftungsanlagen – und insbesondere bei Komfortlüftungsanlagen – treten immer wieder dieselben oder ähnliche Mängel auf. Dies zeigen auch die Erfahrungen bei städtischen Bauten. Die Stolpersteine, die zu einem unbefriedigenden Resultat führen, verbergen sich dabei über den gesamten Planungsprozess hinweg und können alle an der Planung und Ausführung beteiligten Akteure betreffen. Beim Thema «Qualitätssicherung» setzt die Stadt Zürich Standards für die Massnahmen zur Qualitätssicherung. Dazu wurden für die verschiedenen Systeme Kontrollpunkte definiert. Zum Einsatz kommen hier bewährte Qualitätssicherungs-Werkzeuge wie etwa die SIA 2023 ebenso wie Erfolgsmessungen durch neutrale Dritte.

Standard für phasengerechtes Controlling

Wann und was im Planungsprozess muss kontrolliert werden? Wie ist an diesen Kontrollpunkten die einwandfreie Qualität zu prüfen? Und wer ist für das Controlling verantwortlich? Eine erste Antwort auf diese Fragen gibt ein neues Instrument, mit dem die Stadt Zürich einen gangbaren Qualitätssicherungsprozess für die Planung und Realisierung von Lüftungsanlagen anstösst.

Dazu wurden für jede Planungs- und Ausführungsphase Kontrollpunkte formuliert, die wesentliche funktionell oder energetisch relevante Aspekte abdecken. Durch Befolgung dieser Kontrollpunkte in den einzelnen Planungsphasen sollen allfällige Fehler rechtzeitig erkannt und korrigiert werden können.

Bewährte Qualitätssicherungswerkzeuge sowie -messungen durch neutrale Dritte

Für die Sicherung des Qualitätsstandards von Lüftungsanlagen existiert bereits eine ganze Reihe von Empfehlungen, Richtlinien und Instrumentarien. Die wichtigsten sind die Grundlagentexte für Lüftungsanlagen SIA 382/1, das Merkblatt SIA 2023, die Leistungsgarantie Komfortlüftungen, Dimensionierungshilfen oder Abnahmeprotokolle für Komfortlüftungen.

Die Stadt Zürich baut bei ihrem Prozess für die Qualitätssicherung von Lüftungsanlagen auf diesen bewährten Mitteln auf. Die bestehenden Werkzeuge dienen als Grundlage bei der Erfüllung der projektspezifisch klar definierten Kontrollpunkte. Ergänzend dazu werden Kontrollmessungen durch neutrale Dritte in den Qualitätssicherungsprozess integriert werden.

Durchsetzung des neuen Qualitätssicherungsprozesses in der Praxis

In der Praxis wird die Umsetzung der Qualitätskontrolle zu Beginn der Planung besprochen. Dabei werden die Verantwortlichkeiten und die zu erfüllenden Kontrollpunkte festgelegt.

In der Phase Abnahme sind Kontrollmessungen durch unabhängige Personen vorzusehen. Dies ist ein Ansatz analog den Dichtigkeitsmessungen (Blowerdoor-Test) bei MINERGIE-P-Gebäuden. Die Erfahrungen mit Messungen sind gut. Schon das Wissen, dass vor Projektabschluss Prüfmessungen durchgeführt werden, führt häufig zu sorgfältigerem Arbeiten auf der Baustelle.

Die erarbeiteten Grundlagen für die Qualitätssicherung bei Lüftungsanlagen werden in den kommenden Monaten in die Richtlinien der Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik integriert.

Kontrollpunkt	Automatische Fensterlüftung mit separater Abluftanlage für Nasszellen	Einzelraumkomfortlüftung inkl. WRG und separater Abluftanlage für Nasszellen	Aussenluftdurchlässe mit separater Abluftanlage für Nasszellen und WRG mit Abluft-WP	Kombinierte Zu- und Abluftanlage mit integrierter Wärmerückgewinnung
Luftförderung (Dimensionierung des Luftverteilnetzes so, dass die Zielwerte gemäss SIA 2023 erreicht werden können)	Zielwert: 0.083 W/m ³ /h (einfache Abluftanlage) Möglichkeit der Messung der elektrischen Aufnahmeleistung vorsehen (evtl. separater Zähler)	Zielwert: 0.17 W/m ³ /h (einfache Lüftungsanlage mit Einzelgeräten) Möglichkeit der Messung der elektrischen Aufnahmeleistung vorsehen (evtl. separater Zähler)	Zielwert: 0.17 W/m ³ /h (einfache Lüftungsanlage mit Einzelgeräten) Möglichkeit der Messung der elektrischen Aufnahmeleistung vorsehen (evtl. separater Zähler)	Zielwert: 0.22 W/m ³ /h (Lüftungsanlage mit Lufterwärmer) Möglichkeit der Messung der elektrischen Aufnahmeleistung vorsehen (evtl. separater Zähler)

Überprüfbare Vorgaben definieren

Die wichtigsten Anlagekennwerte wie Luftvolumenströme, Schall, Lufttemperaturen, Feuchtegehalt und elektrische Aufnahmeleistung lassen sich verhältnismässig einfach messen. Durch das angekündigte Prüfen der vereinbarten Leistungen wird die Qualität der Komfortlüftungsanlagen gesteigert.

Résumé und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Studie nicht der Abschluss des Themas «Luftaustausch» ist. Vielmehr beleuchtet sie den heutigen Stand der Dinge, weist auf aktuelle Handlungsfelder hin und zeigt den weiteren Entwicklungsbedarf auf. Immer mit dem Ziel, den Menschen ein optimales Lern-, Arbeits- und Wohnumfeld zu schaffen.

Erkenntnisse

Das für alle Anwendungen in städtischen Bauten passende Lüftungssystem gibt es nicht. Je nach Platzverhältnissen und Komfortbedürfnissen erfüllen unterschiedliche Systeme die objektspezifischen Anforderungen am besten.

Im Zentrum stehen die Nutzerinnen und Nutzer, die dank guter Atemluft gute Arbeit verrichten, resp. in einem hygienisch einwandfreien Umfeld leben können.

Aus energetischer Sicht soll auf eine Lösung mit Wärmerückgewinnung tendiert werden. Systeme ohne eine solche Wärmerückgewinnung können aber vor allem bei Instandsetzungen einen guten Kompromiss darstellen. So schneiden zum Beispiel stufenlos automatisch öffnende und schliessende Fenster energetisch besser ab als manuelle Lüftung von Hand, da die Benutzer im Normalfall nicht optimal lüften.

Die Erkenntnis der Studie, dass die Lufteinführung im Wohnungsbau in grosse Zimmer – auch wenn diese über ungünstig angeordnete Luftdurchlässe verfügen – sehr unkritisch ist, hilft Energie und Investitionskosten sparen. Dies insbesondere auch bei dem für die Stadt Zürich wichtigen Thema Instandsetzung.

Umsetzung

Die Technik für den Bau von Lüftungsanlagen mit hoher Akzeptanz ist bekannt. Leider wird der korrekte Umgang mit den im Wohnungsbau kleinen Luftmengen oft unterschätzt. Dies führte in der Vergangenheit zu Problemen, da die Nutzer besonders auf Lärm von Lüftungsanlagen sehr sensibel sind. Auch ist die korrekte, gleichmässige und verlustfreie Verteilung von wenig Luft in weitverzweigten Leitungssystemen sehr anspruchsvoll.

Es ist die Aufgabe von professionellen Bauherrschaften, die minimal notwendige Anlagenqualität zu definieren und einzufordern. Je früher im Projekt die geforderten Standards klar sind, umso günstiger kann eine zufriedenstellende Qualität zum optimalen Preis-Leistungs-Verhältnis realisiert werden.

Ausblick

Ebenso ist es die Aufgabe des HBD, sich immer wieder Gedanken über den Einsatz der am besten passenden Systeme zu machen und neue Systeme auf dem Markt zu prüfen.

Insbesondere der Einsatz von dezentralen Lüftungsgeräten im Mietwohnungsbau und der Einsatz von automatischer Fensterlüftung in weiteren Anwendungsbereichen werden vom AHB in der nächsten Zeit näher untersucht werden.

Ein grosses Energieeinsparungspotenzial liegt beim bedarfsgerechten Betrieb von Lüftungsanlagen, z.B. mittels CO₂- oder Mischgas-Steuerungen. Bei solchen Systemen wird die Stadt Zürich der angemessenen, einfach bedienbaren Technisierung grosse Beachtung schenken.

Weiterführende Informationen

Dokumentationen und Grundlagenberichte, welche im Rahmen des Legislatorschwerpunktes zum Thema «Luftaustausch» erarbeitet wurden, sind verfügbar unter:

www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen > 2000-Watt-Gesellschaft > Technik

- Technik für die 2000-Watt-Gesellschaft, Luftaustausch, Synthesebericht
- Excel-Modul Systemvergleich
- Kontrollierte Fensterlüftung – Pilotprojekt Schulhaus Untermoos
- Strömungssimulation Wohnungslüftung ohne separate Zuluft im Bereich Essen/Wohnen

Vorgaben für Energie- und Gebäudetechnik bei städtischen Bauten und Bauvorhaben mit städtischen Unterstützungsleistungen sind verfügbar unter:

www.stadt-zuerich.ch/energie-gebaeudetechnik

Weitere ergänzende Informationen zum Thema:

- SIA 382/1: Lüftungs- und Klimaanlage. SIA, Zürich, 2007
www.sia.ch
- Merkblatt SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten. SIA, Zürich, 2008
www.sia.ch
- Standard-Lüftungssysteme. Verein MINERGIE, Bern, 2009
www.minergie.ch
- Huber H., Mosbacher R.: Wohnungslüftung. Faktor-Verlag, Zürich, 2006
www.faktor.ch

