



Schlussbericht

Lüftung für Schulen

Studie zu geeigneten Lüftungen für Schulhäuser
bei Modernisierungen

IMPRESSUM

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,
Amt für Hochbauten,
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21
8021 Zürich

Bearbeitung:

Werner Hässig, Carsten Schickor
hässig sustech gmbh, Weiherallee 11a, 8610 Uster
info@sustech.ch

Projektleitung:

Franz Sprecher
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amt für Hochbauten

Projektteam:

Werner Hässig, hässig sustech gmbh
Carsten Schickor, hässig sustech gmbh

Redaktion:

Chantal Würmli, Stadt Zürich, Amt für Hochbauten

Download als pdf von
www.stadt-zuerich.ch/egt
-> Projekte realisiert

Zürich, Mai 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Einleitung	5
2.1	Ausgangslage.....	5
2.2	Zielsetzung	5
2.3	Grundlagen zur Luftqualität und zum Luftwechsel	5
3	Ausgeführte Arbeiten.....	6
3.1	Recherche vorhandener Systeme	6
3.2	Resultate der Recherche und weiteres Vorgehen.....	6
4	Ergebnisse	7
4.1	Manuelle Fensterlüftung	7
4.2	Automatische Fensterlüftung.....	7
4.3	Kompakte Einzelraumlüftungssysteme	10
4.4	Zentrales Lüftungsgerät.....	14
4.5	Alternative Lösungen.....	15
5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	17
6	Liste von Referenzprojekten	18
7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	20
8	Literaturverzeichnis	21

1 Zusammenfassung

Eine gute Luftqualität in Unterrichtszimmern wird heute von allen Beteiligten als Pflicht erachtet. Um dies zu realisieren, muss ein Luftwechsel in Abhängigkeit der Belegung sichergestellt werden. Bei Neubauten von Schulhäusern wird dieser sinnvollerweise mit einer Lüftung mit einem dezentralen oder zentralen Lüftungsgerät mit sehr guter Wärmerückgewinnung gewährleistet. Hier ist eine klassische Lüftungsanlage mit WRG die erste Wahl.

Bei der Instandsetzung sieht dies anders aus. Hier gibt es kein Patentrezept. In der jüngeren Vergangenheit wurden verschiedene Lösungen erprobt. Den Luftaustausch mittels automatisch oder manuell kontrolliertem Öffnen und Schliessen der Fenster zu beherrschen, führte nicht immer zu befriedigenden Ergebnissen für die Benutzer. Da häufig der Platz in bestehenden Gebäuden aber nicht ausreicht, um den Einbau eines zentralen oder dezentralen Lüftungsgerätes zu ermöglichen, sind diese Lösungen weiterhin zu prüfen, und bei Bedarf mit entsprechender Sorgfalt einzubauen. Wichtig sind leise funktionierende Antriebe und einfache Steuerungen.

Mittlerweile sind Lüftungsgeräte, welche einen einzelnen Unterrichtsraum belüften können, erhältlich. Die Luft wird mittels Weitwurfdüsen oder Luftschläuchen in das Zimmer gebracht und zentral am Gerät abgesaugt und über eine WRG geleitet. Die Industrie hat in den letzten Jahren viele neue Produkte, speziell für Unterrichtsräume entwickelt. Diese Kompaktlüftungsgeräte pro Unterrichtsraum erscheinen uns in der Instandsetzung die derzeit sinnvollste Lösung zu sein.

Ein sehr spannender Ansatz verfolgt der Schweizer Klimaingenieur Dr. Beat Kegel. Er belüftet die Korridore der Schulhäuser und bringt die frische Luft mittels aktiven Überströmern in die Unterrichtszimmer. Bei diesen Überströmlösungen ist der Brandschutz allerdings noch nicht geklärt.

Sehr viel versprechend sind auch Kreislaufverbundsysteme, welche in den Fassaden Aussenluft-Fassungen haben, in welchen die Zuluft mittels eines Heizkreises aufgewärmt wird. Die Abluft wird zentral in den Toiletten abgesaugt und die Wärmeenergie der Abluft wird mittels einer Abluftwärmepumpe dem Heizkreis zugeführt. Auch hier muss die Überströmung noch genau geklärt werden.

Von den neuen Ansätzen gibt es zurzeit noch keine Referenzprojekte, welche untersucht und publiziert worden sind. Es wäre schön, wenn schon bald erste Pilotprojekte in der Schweiz realisiert werden und messtechnisch ausgewertet würden.

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Die Stadt Zürich, vertreten durch das Amt für Hochbauten, baut nachhaltig, um die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen. Dazu müssen die Gebäudehüllen möglichst dicht sein, damit so wenig Energie wie möglich aus dem Gebäude entweicht. Energetisch dichte Gebäude benötigen eine gute Belüftung, um ein gesundes Raumklima zu gewährleisten. Hier stellen verschieden Gebäude und verschiedene Nutzungen unterschiedliche Anforderungen an das Lüftungssystem.

In Schulhäusern kommt dies besonders zu tragen. Tagsüber, wenn viele Schüler sich in den Klassenzimmern befinden, benötigen die Schulzimmer einen sehr hohen Luftaustausch. Nachts hingegen ist die benötigte Menge der ausgetauschten Luft viel geringer. Untersuchungen haben gezeigt, dass mit manueller Fensterlüftung sobald es keine fest einem Zimmer zugewiesenen Lehrkräfte gibt, die Luftqualität in den Schulräumen unbefriedigend ist und hohe Energieverluste resultieren. Eine kontrollierte, automatische Fensterlüftung führt nach der richtigen Justierung bei zweiseitiger oder raumhoher Lüftungsmöglichkeit mit Schwingflügeln ausgestatteter Fenstern zu einer akzeptablen Luftqualität. Gegen Anfang der Schulstunde liegt die CO₂-Konzentration nahe dem Aussenluftniveau und steigt dann während der Lektion an. Meist resultiert gegen Ende einer Schulstunde ein Konzentrationswert von gegen 2'000 ppm CO₂, welcher dann bereits im kritischen Bereich liegt. Die Forschungsrichtung in Deutschland und Österreich verlagert sich deshalb immer mehr in Richtung mechanischer Einzelraum- oder Komfortlüftung, zum Teil kombiniert mit automatischer Fensterlüftung. Damit lassen sich während der Lektionen angenehme Raumluftqualitäten erreichen.

2.2 Zielsetzung

Ziel ist es geeignete Lüftungssysteme zu finden, welche bei Modernisierungen von Schulhäusern eingesetzt werden können. Der vorliegende Bericht untersucht, welche Lüftungsgeräte bei den Instandsetzung von Schulhäusern im deutschsprachigen Raum bisher eingesetzt wurden respektive werden. Die in der Stadt Zürich realisierten Lösungen sind vom Auftraggeber bekannt und werden nur kurz erwähnt. Es sollen möglichst neue und innovative Systeme gefunden werden. Diese neuen Systeme werden qualitativ beurteilt und es werden Empfehlungen ausgesprochen.

2.3 Grundlagen zur Luftqualität und zum Luftwechsel

Die SIA-Norm 382/1 [9] gibt Vorgaben an die gewünschte Luftqualität an Räumen, die dem Aufenthalt von Personen dienen. Die CO₂-Konzentration sollte dabei nicht über 1'350 ppm steigen. Um diesen Wert einzuhalten, gibt die Norm für ein Schulzimmer bei Belegung pro Person einen Aussenluftvolumenstrom von 22 bis 36 m³/h vor. Das SIA-Merkblatt 2024 [10] gibt als Standard-/Planungswerte für Schulzimmer pro Person einen Aussenluftvolumenstrom von 25 m³/h und pro m² von 8.3 m³/h vor. Die Belegungsdichte wird mit 3 m² pro Person angegeben. Dies bedeutet ein Schulzimmer für 25 Schüler und einer Lehrperson hat eine durchschnittliche Fläche von 78 m² und benötigt während der Belegung einen Aussenluftvolumenstrom von 650 m³/h. Den gleichen Aussenluftvolumenstrom gibt auch der Minergie-Standard vor.

3 Ausgeführte Arbeiten

3.1 Recherche vorhandener Systeme

Nebst eigenen Quellen wurde auch im Internet via Suchmaschinen nach Schulhauslüftungssystemen gesucht, welche im Rahmen einer Instandsetzung eingebaut worden sind. Die gefundenen Resultate wurden in eine Liste eingetragen (vgl. Kapitel 6).

Auf den Seiten der gängigsten Lüftungshersteller wurden die Referenzprojekte auf Schulhauslüftungsprojekte hin untersucht und ebenfalls in die Liste eingetragen.

Im Winter 2008/2009 erschien ein Aufruf im Newsletter des Energie-Cluster.ch bezüglich Schulhauslüftungen. Die auf diesen Aufruf eingegangenen Kontakte wurden ebenfalls ausgewertet und Referenzprojekte in die Liste eingetragen. Die erstellte Liste ist im Kapitel 6 dargestellt.

Interview mit Herrn Dr. Beat Kegel, Maschineningenieur, welcher im Bereich von Schulhauslüftungssystemen neue Ansätze verfolgt.

3.2 Resultate der Recherche und weiteres Vorgehen

Die gefundenen Systeme lassen sich in drei Kategorien einteilen. Die erste Kategorie besteht aus manuellen oder automatischen Fensterlüftungssystemen, die zweite Kategorie aus dezentralen Einzelraumlüftungssystemen oder zentralen Lüftungsanlagen und die dritte Kategorie befasst sich mit neuen Ansätzen.

Die dezentralen Lüftungssysteme werden auch Einzelraumgeräte oder Kompaktgeräte genannt. Hier einige Produkte:

Lüftungsgerät	Hersteller
Aeromat VT WRG	Siegenia Aubi AG
Aeroschool	Drexel und Weiss GmbH
Energenio geniovent.x	Energenio AG
Schoolair	Trox GmbH

Für eines der alternativen Lüftungssysteme wurde Herrn Dr. Beat Kegel ausführlich interviewt. Er machte detaillierte Angaben über ein Projekt in Luxemburg, welches zurzeit in Planung ist, bei dem die Luft über den Korridor verteilt wird.

4 Ergebnisse

4.1 Manuelle Fensterlüftung

Die manuelle Fensterlüftung wird in vielen Schulen schon jahrelang praktiziert. Diese kann mit Hilfsmitteln einfach unterstützt werden. Dabei gibt eine sogenannte Lüftungsampel, welche den CO₂-Gehalt der Luft misst, vor, wann gelüftet werden soll. Ein grünes Licht bedeutet gute Luftqualität, das gelbe Licht bedeutet noch akzeptable Luftqualität und wenn das rote Licht aufleuchtet, sollte gelüftet werden. Die Akzeptanz ist in den meisten Fällen nicht so gross, da gerade im Winter die Schüler lieber warme Luft mit hohen CO₂-Werten haben, als kalte Frischluft. Die Lüftungsampel wird deshalb meist bereits nach kurzer Zeit ignoriert. In einem eng besetzten Schulzimmer springt die Ampel bereits nach 20 Minuten auf Rot. Dann muss für etwa 5 bis 10 Minuten gelüftet werden, bis die Lampe wieder auf Grün anzeigt.



Abbildung 1: Luftampel (Quelle: www.raumlufthygiene.ch)

4.2 Automatische Fensterlüftung

Die automatische Fensterlüftung wurde in den letzten Jahren intensiv untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass mit Kippfensterflügeln nur dann zufriedenstellende CO₂-Konzentrationen in den Unterrichtsräumen erreicht werden, wenn mit einer Querlüftung gearbeitet wird [3]. Ohne Querlüftung wird ein akzeptables Raumklima nur mit Drehflügelfenster erreicht. Diese bieten eine grössere Öffnung, so dass ein höherer Luftwechsel erreicht wird. Dabei ist wichtig, dass die Drehflügel vertikal angeordnet, also schmal und hoch sind. Meist sind diese Systeme CO₂-gesteuert und deshalb sehr häufig während des Unterrichts in Betrieb. Es hat sich gezeigt, dass die Schüler vom Unterricht abgelenkt sein können, wenn sich die Fenster öffnen und schliessen. Sehr häufig wird auch im Winter über zu kalte Temperaturen in den Klassenzimmern geklagt.

Wenn die Flügel nur in den Pausen öffnen, werden die CO₂-Konzentrationen gegen Ende der Lektionen meist deutlich überstiegen.



Abbildung 2: Automatische Fensterlüftung (Quelle: www.windowmaster.dk)

4.2.1 Erfahrungen beim Schulhaus Untermoos der Stadt Zürich

Im Schulhaus Untermoos der Stadt Zürich wurde 2009 eine kontrollierte Fensterlüftung im Hinblick auf Luftqualität, Komfort, Energieverbrauch, Benutzerzufriedenheit und Wirtschaftlichkeit sehr detailliert untersucht [3]. Dabei wurde festgestellt, dass in den kontrolliert gelüfteten Schulzimmern die Luftqualität meist befriedigend ausfiel: Mehr als drei Viertel aller Lektionen bei Vollbelegung wiesen einen CO₂-Medianwert von unter 1'350 ppm auf. Die 1'350 ppm entsprechen dem Grenzwert, den die SIA-Norm 382/1 für Schulhäuser empfiehlt.

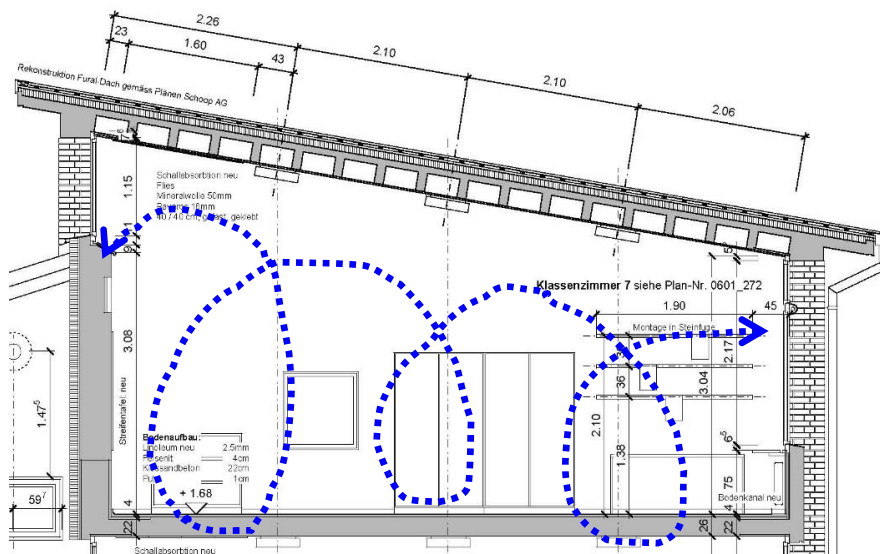


Abbildung 3: Schema Querlüftung Schule Untermoos

Die kontrollierte Fensterlüftung führt ausserdem zu einem 5% bis 10% geringeren Heizenergieverbrauch pro Schulzimmer verglichen mit einem von Hand gut gelüfteten Zimmer. Eine Ventilator-Lüftung mit Wärmerückgewinnung würde eine Einsparung von 20% bis 25% im Vergleich zur Handlüftung ermöglichen.

Im Sommerbetrieb ist der grösste Vorteil der kontrollierten Fensterlüftung die Nachtauskühlung. Ohne kontrollierte Fensterlüftung müsste man ein Fenster unkontrolliert offen stehen lassen, was für den Fall einer Gewitterfront oder eines Einbruchsversuchs unerwünscht ist. In den Zimmern mit kontrollierter Fensterlüftung findet dagegen eine kontrollierte Nachtauskühlung statt. Dank ihr liegt die Raumtemperatur im Schnitt 1°C tiefer, deutlich weniger Lektionen überschreiten den Grenzwert von 26.5°C.

20 Schulzimmer mit einer kontrollierten Fensterlüftung auszustatten, führt – über den Lebenszyklus gerechnet – zu Mehrkosten von 1'500 bis 2'000 CHF pro Schulzimmer und Jahr. Dies ist rund 25% günstiger als eine Ventilator-Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Die höheren Investitionskosten der kontrollierten Fensterlüftung wie auch der Ventilatorlüftung rechtfertigen sich primär durch die bessere Luftqualität und nicht durch die eingesparte Heizenergie.

4.2.2 Schulen in Luxemburg

Um noch bessere Luftwechsel erreichen zu können, ist Luxemburg in den letzten Jahren einen neuen Weg gegangen. Die Planung dieser neuen Anlagen wurden durch den Schweizer Klimasystementwickler Dr. Beat Kegel gemacht, welcher uns freundlicherweise die hier beschriebenen Angaben machte. Die Lüftung wird über schmale, raumhohe Lüftungsklappen,

welche mit einem motorischen Antrieb aufgeföhren und geschlossen werden, sichergestellt. Durch die möglichst raumhohen Lüftungsöffnungen entsteht, thermisch bedingt ein effektiver Luftaustausch zwischen Innen und Aussen. Um Unbehaglichkeit zu vermeiden, werden die Klappen nur in den Pausen (zeitprogrammiert) betätigt. Falls keine Personen präsent sind (Präsenzsensoren, welcher primär für die Lichtausschaltung installiert ist) wird nicht gelüftet. Je nach Aussentemperatur werden die Lüftungsflügel kürzer oder länger offen gehalten. Typische Werte: bei -10° ca. 2 Minuten offen, bei 0° ca. 3-4 Minuten offen. Das System erlaubt auch eine effiziente Nachtauskühlung im Sommer, indem die Lüftungsflügel wiederum über das Kriterium „Aussentemperatur“ freigegeben werden. Die elektrischen Antriebe sind mit einem Einklemmschutz ausgerüstet. Als Witterungs- und Einstiegsschutz ist Aussen ein gestaltbares Gitter-/Lamellengebilde angebracht. Bei Regen und/oder Wind wird nicht automatisch gelüftet (Sensor, welcher auch für Storen genutzt wird). Im Winter wird über eine Zeitschaltuhr in jeder Pause die Öffnung freigegeben, sofern Präsenz = "ja" und Witterungssensor = "ok" ist; Der Schliessbefehl erfolgt aufgrund einer voreingestellten, von der Aussentemperatur abhängigen, Zeitdauer. In der Übergangszeit kann es vorkommen, dass auch über die Pause hinaus die Lüftungsflügel geöffnet bleiben. Im Sommer werden die Flügel über die Aussentemperatur gesteuert. Die Lehrer können die Automatik für kurze Zeit auch manuell übersteuern. Zusätzlich steht mindestens ein manuell zu öffnender Fensterflügel zur Verfügung. An den Innenwänden liegende, thermostatgesteuerte Radiatoren erbringen die notwendige Heizwärme. (ausserliegende Radiatoren würden durch den entstehenden Kaltluftabfall zu schnell aktiviert; zudem senken innenliegende Radiatoren die Kosten).

Wichtig ist, dass die Lüftungsflügel wirklich hoch sind. Die Flügel müssen einen grossen Öffnungs-Querschnitt ermöglichen (z.B. mindestens 60° öffnen bei einem 30 cm breiten Flügel). Der Flügelantrieb muss weitgehend geräuschlos arbeiten (Akzeptanz). Das Schulhaus sollte eher an einer ruhigen Lage liegen. Ungefilterte Zuluft wird akzeptiert.

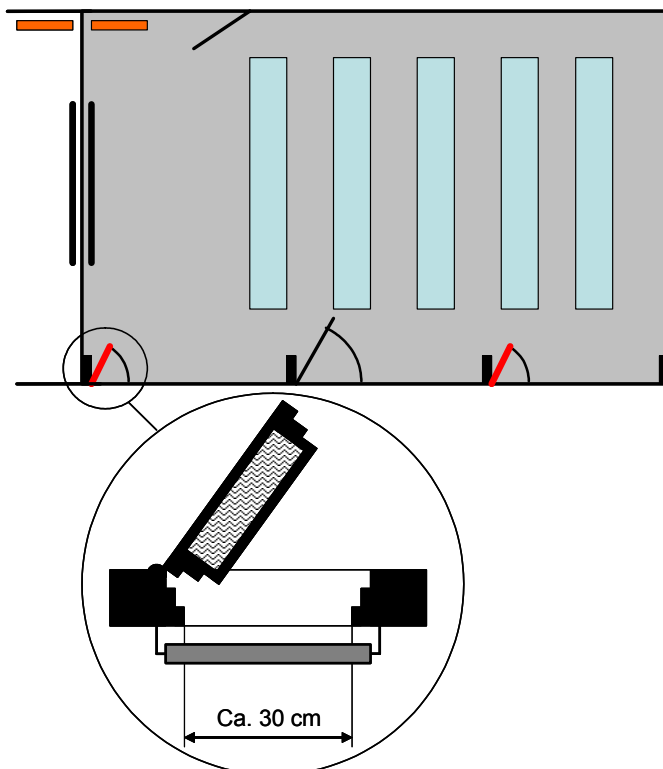


Abbildung 4: Schematischer Grundriss eines Unterrichtszimmers und Vergrösserung des Lüftungsflügels mit Wetterchutzlamellen davor

Die Investitionskosten sind minimal: Lüftungsflügel (= günstiger als Fenster); elektrischer Antrieb; Regulierung mit weitgehend bereits vorhandenen Signalen. Die Betriebskosten dürften ebenfalls sehr interessant sein, da der Energieverbrauch und vor allem der Wartungsaufwand klein sind. Die Tatsache, dass der Luftwechsel auf das hygienisch notwendige Minimum beschränkt bleibt und dass praktisch keine elektrische Energie benötigt wird, lässt dieses System trotz fehlender Wärmerückgewinnung energetisch als ebenbürtig zu einer mechanischen Lüftungsanlage erscheinen.

Die Einfachheit des Systems überzeugt grundsätzlich. Problematisch ist sicher, dass in vollbesetzten, relativ kleinen Schulräumen (ca. 3 m² pro Person) die CO₂-Konzentration nach 50 Minuten auf 2'000 ppm steigt, und somit gegen Ende der Lektion über dem zulässigen Wert von 1'350 ppm zu liegen kommt. Zu beachten ist, dass bis anhin noch keine Erfahrungen über den Einbau bei Instandsetzungen bestehen. Bis jetzt wurden die Lüftungsflügel nur bei Neubauten eingesetzt. Die Autoren sind aber überzeugt, dass sich je nach architektonischen Begebenheiten dieses Systems auch bei Instandsetzungen eignet.



Abbildung 5: Ein Objekt mit ähnlichen Lüftungsflügeln, hingegen nach Aussen öffnend wurde in Genf gebaut (Cycle d'orientation Cayla, Foto: Susanna Fritscher)

4.3 Kompakte Einzelraumlüftungssysteme

Bei den im deutschsprachigen Raum bisher eingesetzten und untersuchten Schulhäusern mit Einzelraumlüftungsgeräten konnten durchwegs positive Erfahrungen gesammelt werden. Die Schulhauswarte und Lehrer sind mehrheitlich zufrieden. Nach dem Einbau wurde deutlich weniger über schlechte Luftqualität, Überhitzung oder zu wenig Wärmeabgabe geklagt. Bei den Schülern war die Akzeptanz durchwegs etwas negativer. Es wurde trotz der Lüftungsanlage auch im Winter weiterhin manuell gelüftet.

Hier scheint es wichtig, dass die involvierten Personen, die mit den eingebauten Anlagen leben müssen, sehr gut informiert und geschult werden, damit die Akzeptanz deutlich steigt. In den Schulen, wo schon sehr frühzeitig in der Projektierung Klimaexperten beigezogen wurden, um die Geräte optimal zu positionieren und zu dimensionieren, konnte eine deutlich höhere Zufriedenheit erreicht werden. Es hat sich gezeigt, dass es keine Standardlösungen gibt, sondern jedes Projekt einer einzigartigen Planung bedarf.

Die häufigsten Kritikpunkte sind:

- Ungenügende Luftmengen
- Zu hohe Schallpegel in den Klassenzimmern
- Nicht angepasstes Gesamtkonzept (beachten der Steuerungsart, Einbausituation)
- Keine ausreichende Betreuung vor Ort (Hauswart ist bzw. fühlt sich nicht zuständig)
- Ungenügende Aufklärung der Nutzer
- Hohe Installationskosten, Verkabelung und unschöne Optik

Auf dem Markt existieren zurzeit Einzelraumlüftungssysteme für Schulzimmer in Kompaktform und eingebauter Wärmerückgewinnung von verschiedenen Herstellern.

4.3.1 Aeromat VT WRG der Firma Siegenia Aubi AG

Der Aeromat der Firma Siegenia Aubi AG ist ein Kompaktlüftungsgerät für den Einbau unterhalb der Fensterbank oder im Fenstersturz. Es hat eine eingebaute Wärmerückgewinnung von bis zu 62 % und eine Schalldämmung. Der Schalldruckpegel von 30 dB (A) ist durchaus akzeptabel und stört den Schulbetrieb kaum. Die Luftleistung von max. 40 m³/h ist so gering, dass eine grössere Anzahl (> 10 Stück) eingesetzt werden müssen. Der Wartungsaufwand wird dann sicher zu gross.



Abbildung 6: Aeromat VT an der HTW Berlin (Quelle: Siegenia Aubi AG)

4.3.2 Aeroschool der Firma Drexel und Weiss GmbH

Der Aeroschool der Firma Drexel und Weiss GmbH ist ein kompaktes Einzelraumlüftungsgerät für den Wandeinbau. Der Aufstellort sollte möglichst nahe an der wärmegeprägten Gebäudehülle liegen, um die Kanalabschnitte möglichst kurz zu halten. Der Schalleistungspegel von 35 dB (A) ist noch als akzeptabel zu bezeichnen, kann aber bei konzentrierter ruhiger Arbeit schon wahrgenommen werden. Die Luftleistung von bis zu 500 m³/h ist knapp ausreichend, um in einem durchschnittlichen Klassenzimmer über den Lektionenverlauf eine ausreichende Frischluftzufuhr

zu gewährleisten. Zusätzlich ist eine Luftvorwärmung für den Winter erhältlich, falls die Luft nicht über ein Erdregister vorgewärmt werden kann. Der Wärmerückgewinnungsgrad von 85 % ist als sehr gut zu bezeichnen.



Abbildung 7: Aeroschool (Quelle: Drexel und Weiss)

4.3.3 geniovent.x der Firma Energenio AG

Bei dem Kompaktlüftungsgerät geniovent.x der Firma Energenio AG handelt es sich um ein Gerät, welches an die Decke gehängt wird und mit verschiedenen Ab- und Zuluftmöglichkeiten kombiniert werden kann. Es sind Geräte von 180 bis 725 m³/h lieferbar. Der geniovent.x weist einen Schalldruckpegel in einem Meter Entfernung von 35 dB (A) auf, welches für den Schulbetrieb noch akzeptabel ist. Der Wärmerückgewinnungsgrad von 90 % ist sehr gut. Das Lüftungsgerät ist mit integrierter, werkseitig montierter Wasser- und Stromheizfläche und Bypassklappe lieferbar, wobei es möglich wird zu heizen oder kühle Aussenluft einzublasen. Der geniovent.x ist ein sehr flexibles Gerät, welches je nach Lüftungsbedarf und Installationswünschen bestellt werden kann. Bei sehr gut gedämmten Schulhäusern kann durch den guten Wärmerückgewinnungsgrad der Heizbedarf auf ein Minimum reduziert werden. Das Gerät wird auch unter dem Namen „Reco Boxx Top“ von Maico angeboten.



Abbildung 8: geniovent.x (Quelle Energenio AG)

4.3.4 Schoolair der Firma Trox GmbH

Beim Schoolair der Firma Trox GmbH handelt es sich um ein kompaktes Lüftungsgerät für den horizontalen Einbau vor einer Brüstung. Dieses hat 4 Drehzahlstufen für den Bereich von 150 bis 325 m³/h Lüftungsbetrieb. Dabei wird bei 8 dB Raumdämpfung ein Schalldruckpegel von 22 bis 36 dB (A) erzeugt. Bei voller Leistung ist dies noch akzeptabel, aber die eingeblasene Luftmenge ist dabei für ein voll besetztes Klassenzimmer eher zu knapp bemessen. Der Wärmerückgewinnungsgrad von ca. 55 % ist eher mangelhaft.



Abbildung 9: Schoolair (Quelle: Trox GmbH)

4.3.5 Lüftungsgerät in Schrankform

Neben den Kompaktgeräten existieren auf dem Markt auch Lüftungsgeräte in Schrankform für die Aufstellung an der Wand. Im Kasten sind die Luftein-/auslässe sowie das Lüftungsgerät mit WRG integriert. Einzig die Aussen- und Fortluftleitungen müssen noch verlegt werden.



Abbildung 10: Lüftungsschrank (Quelle: Energenio AG)

Gewisse Systeme arbeiten mit Weitwurfdüsen oder Textilschlauch für die Lufteinbringung (vgl. Abbildung 11).

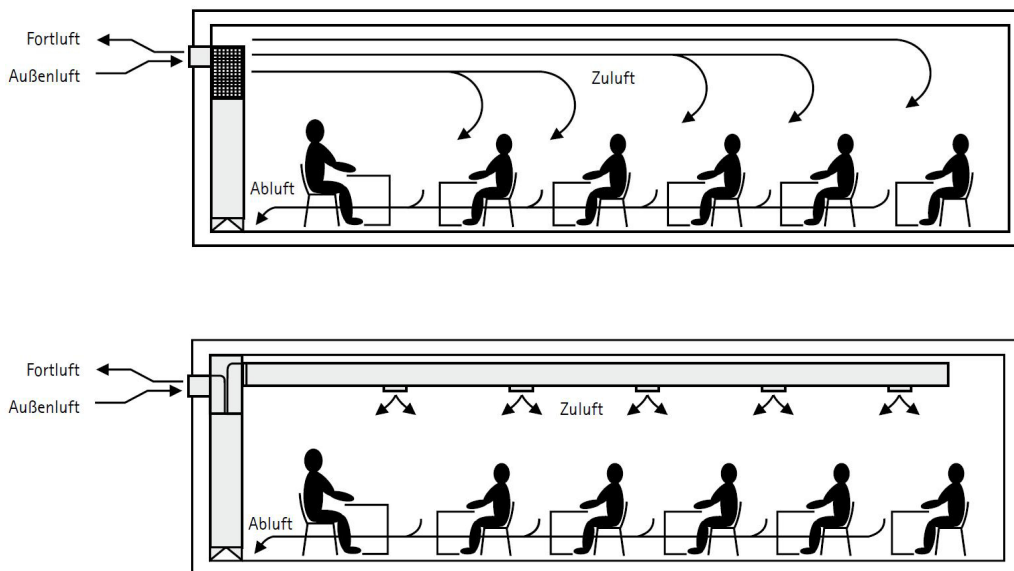


Abbildung 11: Lüftungsschrank Planungshinweis (Quelle: Wolf (Schweiz) AG)

Zu diesen Geräten konnten noch keine Erfahrungsberichte gefunden werden. Der Ansatz scheint den Autoren aber sehr interessant zu sein, da die Geräte doch eine diskretere Erscheinung aufweisen als die Kompaktgeräte und auch die Leistung der Lüfter und der WRG scheinen besser zu sein, als bei den Kompaktgeräten.

4.4 Zentrales Lüftungsgerät

Neben den Einzelraumlüftungsgeräten wurden bei Schulhausinstandsetzungen häufig auch zentrale Lüftungssysteme eingebaut. Die Problematik ist hier, dass für die Verlegung der Zu- und Abluftleitungen im Gebäude Platz vorhanden sein muss und der Steuerung und Regelung der Anlage sehr sorgfältige Beachtung geschenkt werden muss. Häufig verbraucht eine zentrale Lüftungsanlage mehr Strom als eine dezentrale Anlage. Aus Kostengründen wurden die Anlagen oft nur mit einer Zeitschaltuhr und ohne Regelung installiert. Dadurch werden tagsüber alle Schulzimmer mit einem konstanten Aussenluftvolumenstrom bedient, auch wenn die Räume nicht belegt sind. Ausgeklügelte Regelungssysteme mit einem Präsenzmelder oder CO₂-Fühler in den Zimmern und einer Zuluftklappensteuerung pro Zimmer benötigen einen ΔP -geregelten Ventilator. Dieses System muss regelmässig gewartet werden, damit die Anlage auch optimal läuft (Ausfall von Sensoren, verkleben von Lüftungskappen). Wichtig ist, dass das Leitungsnetz der Zu- und Abluft möglichst kurz und mit wenig Druckverlust und Leckagen geplant und gebaut wird. Die grossen Vorteile von zentralen Anlagen sind die einfachere Wartung und die eher bessere Wärmerückgewinnung. Der Filter der Lüftung muss nur an einem Ort gewechselt werden.

Bei gut geplanten Anlagen mit einem zentralen Lüftungsgerät sind die Erfahrungen durchaus positiv. Die Schüler und Lehrer sind sehr zufrieden in Schulhäusern, die mit einem zentralen Lüftungsgeräte ausgestattet sind.

4.5 Alternative Lösungen

4.5.1 Fassadenlüfter mit Kreislaufverbundsystem

Kreislaufverbundsysteme (KVS) transportieren Energie über ein Wasser-Glykol-Gemisch von der Abluft in die Zuluft und umgekehrt. Die Wärmeübertragung vom Glykol-Gemisch an die Luft erfolgt über Wärmetauscher. KVS-Systeme werden vor allem dort eingesetzt, wo eine räumliche Trennung zwischen Zuluft und Abluft vorhanden ist. Im Schulbereich wäre es denkbar, die Frischluft an der Fassade anzusaugen, über das KVS-System vorzuwärmen und mit Hilfe einer Quelläftung in das Schulzimmer zu bringen. Zum Korridor hin hat es Überströmer, damit die verbrauchte Luft dort abgesaugt wird. Mit Hilfe des KVS-Systems wird die Abluftwärme zurück gewonnen und wieder der Frischluft zugeführt.

Als Beispiel hat die Firma BS2 eine Zuluft-Box mit eingebautem Wärmetauscher entwickelt, an dem ein Heizkreislauf angeschlossen wird. Die Aussenluft wird direkt an der Fassade angesaugt, erwärmt und aktiv ins Zimmer geblasen. Eine Box kann 100 m³/h einblasen und lässt sich CO₂-gesteuert betreiben. Die Abluft wird zentral im Korridor oder in der Toilette abgesaugt. Mit Hilfe einer Abluft-Wärmepumpe wird die Wärme zurückgewonnen und dem Heizkreis wieder eingespeist.



Abbildung 12: Airbox (Quelle: BS2 AG)

4.5.2 Kaskadenlüftung mit aktiven Überströmern

Eine weitere alternative Lösung entwickelte der Schweizer Klimaingenieur Dr. Beat Kegel. Da Schulen oder Bürohäuser meist keine Vollbelegung haben, sind die konventionellen Lüftungssysteme meist überdimensioniert. Durch den hohen Luftaustausch geht bei sehr gut gedämmten Gebäuden ein hoher Energieanteil über die Lüftung verloren. Ausserdem verursacht der hohe Luftwechsel ein ungewünschtes trockenes Raumklima.

Herr Kegel hat ein Konzept entwickelt, bei welchem er die aufbereitete Luft mehrmals kaskadiert nutzt. Sein Prinzip basiert darauf, dass die Luftschichtung genutzt wird. Via Quelläftung wird die Luft in den Korridor eines Gebäudes gebracht. Im Korridor halten sich Personen nicht über längere Zeit auf, dadurch wird die Luft nur wenig verbraucht. Es bildet sich im Bodenbereich ein Frischluftsee, der via Öffnungen im Bodenbereich in die einzelnen Zimmer zirkuliert. Diese Luft strömt entlang warmer Flächen (Personen, Computer, Drucker,...) nach oben. Dabei werden Emissionen wie CO₂, Gerüche und Partikel nach oben geführt. Im Deckenbereich befinden sich kleine Ventilatoren mit Schalldämpfern, die die Luft im Deckenbereich zurück in den Korridor befördern. Dort herrscht durch die Temperaturdifferenzen eine Schichtung. Dadurch, dass mit sehr kleinen Strömungsgeschwindigkeiten gearbeitet wird, gibt es auch keine Turbulenzen, die diese

Schichtung stören könnte. Laut Kegel haben Messungen gezeigt, dass die Luft im Bodenbereich CO_2 -Konzentrationen von 400 ppm aufweist und im Deckenbereich gegen 800 ppm. Diese Luft weist immer noch eine akzeptable Qualität auf, so dass sie nochmals für Räume mit weniger Belegung wie Toiletten und Abstellräumen genutzt werden kann. Also wird die Luft an der Decke nochmals gefasst und im Bodenbereich von Toiletten eingeblasen. Im Deckenbereich der Toiletten wird die Luft abgesaugt, und via Wärmetauscher nach draussen befördert.

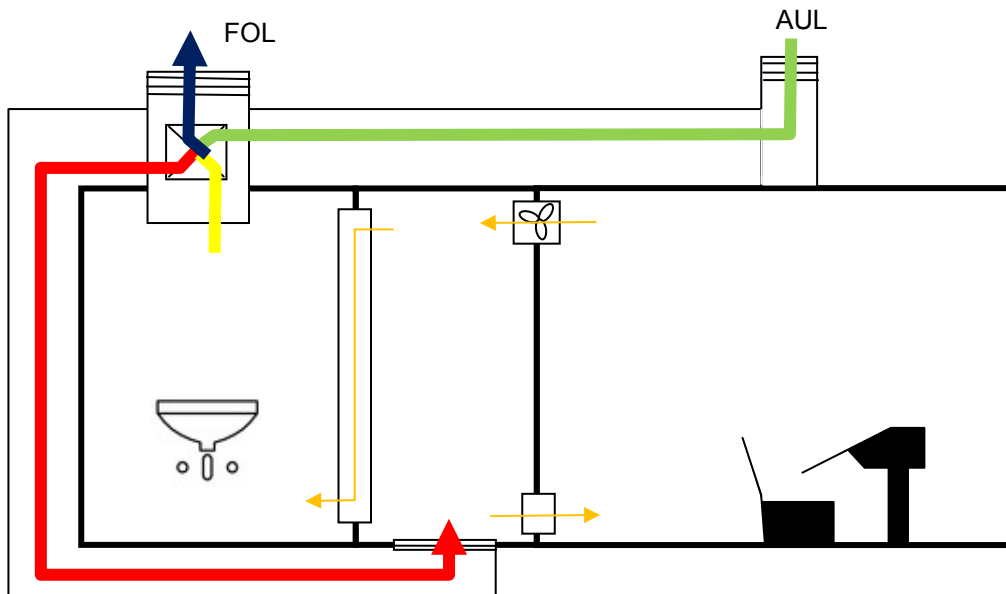


Abbildung 13: System mit aktiver Überströmung (nach Dr. B. Kegel)

Knackpunkt Brandschutz: Bei diesem System sind die Brandschutzbestimmungen noch detailliert abzuklären. Der Korridor ist ein Fluchtweg und somit ein eigener Brandabschnitt. Hier ist noch abzuklären, wie mit aktiven Überströmern die Brandschutzbestimmungen eingehalten werden können.

5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Es war nicht die Absicht, im Rahmen dieser Studie auch eigene Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit durchzuführen. Stattdessen wird auf eine Studie zurückgegriffen, wo dies gemacht wurde. Im Rahmen des Berichtes "Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens" [6] wurde dies bereits gemacht und wir zitieren daraus:

«Grundsätzlich sollte eine mechanische Klassenzimmerlüftung bei einem Neubau oder einer Instandsetzung Standard sein und sich die Wirtschaftlichkeitsberechnung auf die Auswahl von verschiedenen mechanischen Lüftungssystemen beschränken. Ein wirtschaftlicher Vergleich einer mechanischen Lüftungsanlage mit den ungenügenden Luftverhältnissen einer Fensterlüftung ist nur bei Einbeziehung bzw. Bewertung der höheren Luftqualität bzw. der eingesparten Kosten durch die höhere Luftqualität bzw. die damit verbesserte Lernsituation fair.

Wenn man als vereinfachenden Ansatz davon ausgeht, dass die laufenden Kosten einer mechanischen Klassenzimmerlüftung mit Wärmerückgewinnung durch die Energieersparnis in etwa ausgeglichen werden, so bleiben als zu finanzierender Beitrag nur die Investitionskosten übrig. Es ergeben sich dann als grobe Abschätzung folgende Verhältnisse:

Bei Investitionskosten von ca. € 6'000.-- pro Klasse bedeutet dies auf die Lebensdauer der Anlage von ca. 20 Jahren einen Investitionskostenanteil von € 300.-- pro Jahr bzw. bei 25 Schülern pro Klasse einen Investitionsbeitrag von € 12.-- pro Schüler und Jahr bzw. € 1.-- pro Schüler und Monat (statisch).

Über einen Euro pro Monat für einen guten Lernerfolg unserer Kinder, bessere Arbeitsbedingungen für das Lehrpersonal und die Entlastung der Umwelt sollte man an sich schon nicht diskutieren müssen. Wenn man aber die durchschnittliche Leistungsminderung durch schlechte Luftqualität mit fünf Prozent ansetzt, so entspricht diese bei ca. 1'200 Unterrichtseinheiten pro Jahr einem Gegenwert von 60 unproduktiven Einheiten. Bei Gesamtkosten pro Unterrichtseinheit für die Lehrperson von ca. € 40.-- entspricht dies einem finanziellen "Schaden" von € 2'400.-- pro Jahr. Das heisst unter Einbeziehung des höheren Lernerfolges lässt sich eine Lüftungsanlage mit Investitionskosten von € 6'000.-- pro Klasse ganz klar auch wirtschaftlich argumentieren. Die statische Amortisationszeit liegt unter Einrechnung des Lernerfolges bei knapp über drei Jahren. Gesundheitliche Aspekte wie zum Beispiel weniger Krankenstände des Lehrpersonals, gesteigertes allgemeines Wohlbefinden durch eine verbesserte Raumluft und die Umweltentlastung sind in dieser Betrachtung noch gar nicht mit einbezogen.»

6 Liste von Referenzprojekten

Schulhaus/Ort	Ansprechpartner	AF ¹	ML ²	Hersteller
Schulhaus Seematt, Tenniken	Schulanlage Seematt, Seematt 10, 4456 Tenniken, schulleitung.tenniken@bluewin.ch		X	Drexel und Weiss GmbH / Gasser Passivhaustechnik
Schachen, Winterthur	Schulhaus Schachen, Buchackerstrasse 54, 8400 Winterthur	X		
Schulhaus Untermoos, Zürich	Schule Untermoos, Altstetterstrasse 248, 8048 Zürich	X		Window Master AG
OS Bürglen	Schule Bürglen, Friedhofstrasse 5, 8575 Bürglen		X	
Schulen in Luxemburg	Dr. Beat Kegel, Klimasystementwickler, Spyristrasse 7, 8044 Zürich, Tel. 044 363 11 70	X		Ingenieur Dr. Beat Kegel
CEP & Gymnase, Morges	Gemeinde Morges	X		Window Master AG
Kaufmännische Berufsschule, Zug	Baudirektion des Kantons Zug	X		Window Master AG
OSZ Schmitten	Einwohnergemeinde Schmitten	X		Window Master AG
MSW Winterthur	Stadt Winterthur	X		Window Master AG
Wasgenring, Basel	Baudepartement Basel	X		Window Master AG
Accademia di architettura, Mendrisio	Accademia di architettura, Mendrisio	X		Window Master AG
Schulhaus Lättenwiese, Opfikon	Primarschule Lättenwiese, Giebeleichstrasse 48, 8152 Glattbrugg		X	Siegenia Aubi AG
Schulhaus Rossacker, Niederhasli	Gemeinde Niederhasli, Primarschule, Dorfstrasse 17, Postfach, 8155 Niederhasli		X	Siegenia Aubi AG
Kindertagesstätte Pfiffikus	Kindertagesstätte Pfiffikus, Sebastian-Bach-Straße 25, D-01277 Dresden, pfiffikus@kindervereinigung-dresden.de		X	Siegenia Aubi KG
Volksschule Mauth	Volksschule 5 – Mauth, Kopernikusstraße 1b, A-4600 Wels, vs5.wels@eduhi.at		X	Drexel und Weiss GmbH
Hauptschule Hörbranz	Mittelschule Hörbranz, Lindauerstraße, A-6912 Hörbranz, direktion@hshb.snv.at		X	Drexel und Weiss GmbH
Dornbirn Rohrbach	Volksschule Dornbirn Rohrbach, Johann-Strauss-Straße 18, A-6850 Dornbirn, direktion@vsdrb.snv.at		X	Drexel und Weiss GmbH
Passivschulhaus St. Marienkirchen	Volksschule St. Marienkirchen, Schulstraße 20, A-4774 St. Marienkirchen b. Schärding		X	Drexel und Weiss GmbH
Grundschule in Asch, Landkreis Landsberg/Lech, Bayern	Grundschulgebäude in Asch, Römerkesselstraße 16, D- 86925 Fuchstal, buero@schule-fuchstal.de		X	Energenio AG
Montessori Schule Jena	Maria Montessori Schule, Friedrich-Wolf-Straße 2, D-07743 Jena		X	Energenio AG
Kindergarten Rauscherpark Klagenfurt	Kindergarten Rauscherpark, Rauscherpark 1, A- 9020 Klagenfurt, kg.rauscherpark@klagenfurt.at		X	Rewa Energietechnik GmbH

Kindergarten Rosenlächerstrasse Lustenau	Kindergarten Rosenlächer, Rosenlächerstrasse 15, A-6890 Lustenau, rosenlaecher@kiga.lustenau.at		X	Drexel und Weiss GmbH
Volksschule Ainet	Volksschule Ainet, Ainet 17, A-9951 Ainet, direktion@vs-ainet.tsn.at		X	Drexel und Weiss gmbh
Volksschule Ludesch	Volksschule Ludesch, Kirchstrasse 280, A-6713 Ludesch, direktion@vslu.snv.at		X	LTM GmbH
Volksschule Stephanshart	Volksschule Stephanshart, Stephanshart 18, A-3321 Ardagger vsardagger@noeschule.at		X	Troges GmbH
Hauptschule Schwanenstadt	Polytechnische Schule Schwanenstadt, Mühlfeldstraße 1, A-4690 Schwanenstadt pts_schwan@eduhi.at		X	Drexel und Weiss gmbh
Gymnasium Purkersdorf	BG BRG Purkersdorf, Herrngasse 4, A- 3002 Purkersdorf, office@gympurkersdorf.ac.at		X	Rewa Energietechnik GmbH
Franziska Hager Schule	Franziska-Hager-Hauptschule, Franziska-Hager-Straße 1, D-83209 Prien, sekretariat@hauptschuleprien.de		X	Trox GmbH
Gymnasium Fallersleben	Gymnasium Fallersleben, Karl-Heise- Straße 32, D-38442 Wolfsburg, verwaltung@gyfa.de		X	Trox GmbH
Kaufmännische Schule Hechingen	Kaufmännische Schule Hechingen, Schloßackerstrasse 82, D-72379 Hechingen, postmaster@ks-hch.de		X	Trox GmbH
Berufliches Schulzentrum für Technik & Wirtschaft Dresden	BSZ für Technik und Wirtschaft Dresden, Hellerhofstraße 21, D-01129 Dresden, BSZTuWDD@gmx.de		X	Trox GmbH
Noch keine Referenz			X	Aerex GmbH

¹AF: Automatische Fensterlüftung

²ML: Mechanisches dezentrales Lüftungssystem

Herstelleradressen

WindowMaster AG, Industriestrasse 7, 4632 Trimbach, 062 289 22 22, www.windowmaster.ch

Siegenia Aubi AG, Zeltstrasse 97, 3661 Uetendorf, 033 346 10 10, www.siegenia-aubi.ch

Siegenia Aubi KG, Industriestraße 1-3, D-57234 Wilnsdorf-Niederdielfen, +49 271 3931 0, www.siegenia-aubi.com

drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme GmbH, Achstraße 42, A-6922 Wolfurt, +43 5574 478 950, www.drexel-weiss.at

Energenio AG, Industriestrasse 10, D-35232 Dautphetal, +49 6466 897 97 0, www.energenio.de

Rewa Energietechnik GmbH, Johannesfeldstrasse 13, A-6111 Volders, +43 5224 53887, <http://www.rewa-wrg.at>

LTM GmbH, Eberhard-Finckh-Strasse 55, D-89075 Ulm, +49 731 40 98 670, www.ltm.biz

Troges GmbH, Puchgasse 3, A-1220 Wien, +43 1 258 16 270, www.troges.at

Trox GmbH, Heinrich-Trox-Platz, D-47504 Neukirchen-Vluyn, +49 2845 2020, www.trox.de

Aerex Haustechnik GmbH, Königsweg 3, D-37534 Eisdorf, +49 5522 99290, www.aerex.de

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Leider gibt es kein Patentrezept zur Frage des Lüftungssystems, welches bei Erneuerungen von Schulhäusern angewendet werden soll. Jedes Objekt ist einzigartig und bedarf gründlicher und sorgfältiger Planung. Es gilt in jedem Fall gesondert die Gegebenheiten der Gebäude und die Aspekte der Architektur zu sondieren und ein optimales Lüftungskonzept zu entwickeln.

Bereits im Jahr 2008 wurde zudem in einer ausgedehnten Studie [2] festgestellt, dass Schulraum nicht gleich Schulraum ist, was die Lüftung anbelangt. Primar- und Sekundarschulzimmer haben meistens eine Lehrkraft fest zugeordnet und sind zudem weniger dicht belegt als Klassenzimmer von Kantonsschulen oder Fachhochschulen. Bei letzteren würden wir von Systemen mit automatischer Fensterlüftung eher absehen. Als Faustregel kann gesagt werden: Je älter die Schüler, umso wichtiger wird ein automatisiertes Lüftungssystem.

Auch bei Primar- und Sekundarschulzimmern sind mechanische Lüftungssysteme mit Zu- und Abluft grundsätzlich zu bevorzugen, da ein problemloser Betrieb und hohe Luftqualität viel besser gewährleistet werden kann. Von automatischen Fensterlüftungen ist eher ab zu sehen. Die geringen Mehrkosten von Lüftungsanlagen sind mit einem grossen Komfortgewinn sehr leicht zu rechtfertigen. Automatische Fensterlüftungen sollten nur bei möglicher Querlüftung oder hohen und grossen Lüftungsflügeln in Betracht gezogen werden. (Die von Dr. Beat Kegel in Luxemburg gemachten Erfahrungen wären noch auszuwerten).

Die Kompaktlüftungsgeräte könnten in verschiedenen Projekten eingesetzt werden. Vor allem dort, wo Eingriffe in die Fassade durchgeführt werden (bessere Wärmedämmung, Fensterersatz) lassen sich Aussenluft- und Fortluftöffnungen gut integrieren. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Luftmengen und Wärmerückgewinnung genügend gross sind. Es gilt zudem zu beachten, dass zahlreiche Geräte einen eher hohen Schallleistungspegel aufweisen und den Schulbetrieb bei konzentrierter Arbeit (Prüfung) stören können. (Ein Handeingriff durch die Lehrperson soll in solchen Fällen immer möglich sein). Bei den Kompaktgeräten ist den Aussenluft- und Fortluftöffnungen besondere Beachtung zu schenken. Ästhetische und hygienische Gesichtspunkte (zum Beispiel saubere Luft am Ansaugort) können den Einsatz von Kompaktgeräten erschweren.

Interessant scheinen auch Einbaugeräte, welche in Schränke eingebaut werden und somit flexibler sind. Sie haben eine gute WRG, ausreichend Luftmengen (ca. 600 m³/h), einen kleinen Schallleistungspegel und es lassen sich zusätzlich Schalldämpfer installieren.

Vielversprechend ist das Konzept der Überströmung. Hässig sustech versuchte dieses Konzept kürzlich bei einem Schulhaus planerisch umzusetzen. Der Brandschutz-Zuständige intervenierte jedoch und das Projekt ist vorerst gestoppt. Nach einer praktikablen Lösung wird nun gesucht.

Ein Kreislaufverbund-System (KVS) mit einer aktiven Zuluftbox (zum Beispiel Airbox) erscheint uns eine interessante Lösung, welche für einen konkreten Einsatz in einem Objekt nun geplant werden sollte.

Analog wie beim Schulhaus Untermoos wichtige Erfahrungen zu einem System mit automatischer Fensterlüftung gesammelt wurden, sollen nun für die erwähnten neuen, geeigneten Systeme **Pilotprojekte** für eine Schulhausinstandsetzung realisiert werden. Gleichzeitig muss dann auch eine begleitende, unabhängige Auswertung stattfinden.

Die Autoren stellen fest, dass es in der Schweiz schwierig ist, kompetente Ansprechpartner für Auskünfte zu Schulhaus-Instandsetzungen zu finden. Wir schlagen deshalb vor, ein Planerforum für Schulhauslüftungen zu gründen und zu betreiben.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Coutalides, R., Heinss, U., Vergleichende Luftqualitätsmessungen in Schulhäusern im Kanton Aargau, Bau- und Umweltchemie AG im Auftrag des Baudepartements des Kantons Aargau, Abteilung Hochbau, Zürich, 2005. Bezug unter:
www.ag.ch > Departement Bau, Verkehr und Umwelt > Energie > Bauen & Energie
- [2] Hässig, W., Primas, A., Karlström, P., Leonarz, M., Marti, M., CO₂-gesteuerte Lüftungen in Schulen, Energieeinsparungen durch CO₂-gesteuerte Lüftungen, im Auftrag des Bundesamt für Energie, des AHB Zürich und des Kantons Zürich, 2008.
- [3] Hässig, W., Galli A., Kontrollierte Fensterlüftung – Pilotprojekt Schulhaus Untermoos, im Auftrag des Amt für Hochbauten, Stadt Zürich, 2009.
- [4] Seminarunterlagen Symposium Innovative Lüftungstechnik für Schulen – Hybride Lüftung, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 17. Mai 2010. Bezug unter:
www.ibp.fraunhofer.de > Downloads > Informationsmaterial > 17. Mai 2010 Symposium
- [5] Seminarunterlagen Besseres lernen in energieeffizienten Schulen, EnEff Schule, 6. und 7. Oktober 2010, Bezug unter:
www.eneff-schule.de > Veranstaltungen > Jülich 2010
- [6] Greml, A., Blümel, E., Gössler, A., Kapferer, R., Leitzinger, W., Suschek-Berger, J., Tappler, P., Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, Wien, 2008, Bezug unter:
www.nachhaltigwirtschaften.at > Haus der Zukunft > Projekte > Luftqualität + Feuchte
- [7] Hellwig, R. T., Antretter, F., Holm, A., Sedlbauer, K., Untersuchungen zum Raumklima und zur Fensterlüftung in Schulen, aus Bauphysik, 31: 89–98, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 2009
- [8] Klima, M., Reiss, J., Erhorn, H., Fluch, M., Gebäude sanieren – Schulen, BINE Themenheft 01/06, FIZ Karlsruhe GmbH, 2006, Bezug unter:
www.bine.info > Publikationen > Themeninfos
- [9] SIA-Norm 382/1; Lüftungs- und Klimaanlageanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen, Ausgabe 2007
- [10] SIA-Merkblatt 2024; Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik, Ausgabe 2006