

Lüftungen für Schulen bei Modernisierungen

Mit System gegen dicke Luft in Schulen

Die Studie «Lüftung für Schulen. Studie zu geeigneten Lüftungen für Schulhäuser bei Modernisierungen» der Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik der Stadt Zürich gibt einen Überblick über bewährte und neuartige Lüftungen für Schulen. Laut Studie sind Kompaktlüftungsgeräte zurzeit die sinnvollste Lösung bei Instandsetzungen.



Eine ausreichende Lufterneuerung ist eine Grundvoraussetzung für die optimale Konzentrationsfähigkeit von Schülern. (Foto: hässig sustech gmbh)

Werner Hässig und Christian Bärtschi

■ Früher öffnete man in jeder Pause die Fenster im Schulzimmer und gut wars. Heute weiss man: Handlüften genügt meist nicht, um den CO₂-Gehalt im Raum auf ein gesundes Niveau zu senken. Eine Studie vom Mai 2012, erstellt im Auftrag der Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik der Stadt Zürich, erfasst bewährte und neue Lüftungssysteme, die zur Modernisierung von Schulhäusern taugen. Die Studie behandelt manuelle und automatische Fensterlüftungssysteme, dezentrale Einzelraumlüftungen und zentrale Lüftungsanlagen sowie Kreislaufverbundsysteme und das Konzept der Überströmung.

1. Manuelle und automatische Fensterlüftungen

Die Handlüftung ist laut Studie keine Alternative zu Lüftungssystemen: «Untersuchungen haben gezeigt, dass mit manueller Fensterlüftung die Luftqualität in den Schulräumen unbefriedigend

ist und hohe Energieverluste resultieren.» Vor allem wenn es keine fest einem Zimmer zugewiesenen Lehrkräfte gibt. Mit einer Lüftungsampel lässt sich verhindern, dass das Lüften vergessen geht. Sie misst den CO₂-Gehalt und zeigt, ob die Luftqualität gut (grün), ausreichend (gelb) oder schlecht (rot) ist. Problematisch bei manueller Fensterlüftung: In kleinen Schulzimmern zeigt die Ampel nach 20 Minuten Rot, für eine gute Luftqualität muss dann 5 bis 10 Minuten gelüftet werden. Die automatische Fensterlüftung erzielt bessere Resultate: «Eine kontrollierte, automatische Fensterlüftung führt nach der richtigen Justierung zweiseitiger und raumhoher, mit Schwingflügeln ausgestatteten Fenstern zu einer akzeptablen Luftqualität.» Doch oft resultiert am Ende einer Lektion ein Konzentrationswert von gegen 2000 ppm CO₂, der kritisch ist. Laut Studie macht eine automatische Fensterlüftung nur Sinn mit ei-

ner Querlüftung oder mit schmalen, hohen Drehflügel Fenstern. Ein Problem ist, dass automatische Fensterlüftungen die Schüler stören können. Wird nur in Pausen gelüftet, übersteigt die CO₂-Konzentration am Lektionsende die Grenzwerte deutlich.

Im Praxistest, im Schulhaus Untermoos in Zürich (2009), brachte die kontrollierte Fensterlüftung eine zufriedenstellende Luftqualität. Mehr als drei Viertel aller Lektionen zeigten bei Vollbelegung einen CO₂-Medianwert unter 1350 ppm, was dem empfohlenen Grenzwert der SIA-Norm 382/1 für Schulen entspricht. Gegenüber der Handlüftung glänzt die kontrollierte Fensterlüftung mit einem 5 bis 10 % tieferen Heizenergieverbrauch pro Zimmer und einer kontrollierten Nachtauskühlung im Sommer. Dank ihr lag die Raumtemperatur im Schnitt 1 °C tiefer, deutlich weniger Lektionen überschritten den Grenzwert von 26.5 °C.

2. Dezentrale Einzelraumlüftungssysteme (Kompaktlüftungsgeräte)

Die Erfahrungen mit Einzelraumlüftungen in Schulen im deutschsprachigen Raum sind positiv; Hauswarte und Lehrer sind meist zufrieden. Nach dem Einbau wurde weniger über schlechte Luft, Hitze oder zu wenig Wärmeabgabe geklagt. Schüler akzeptieren die Geräte offenbar weniger und lüften auch im Winter manuell.

Häufige Kritikpunkte:

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

Die Studie empfiehlt, Betroffene besser zu informieren, um die Akzeptanz von Einzelraumlüftungen zu fördern. In Schulen, die frühzeitig Klimaexperten beizogen, ergab eine bessere Positionie-

rung und Dimensionierung der Geräte eine höhere Zufriedenheit.

Eine Auswahl von Kompaktlüftungsgeräten Aeromat VT WRG (Siegenia Aubi AG): Kompaktlüftungsgerät für den Einbau unter der Fensterbank oder im Fenstersturz. Es verfügt über eine integrierte Wärmerückgewinnung von bis zu 62 % und eine Schalldämmung. Der Schalldruckpegel von 30 dB (A) stört laut Studie kaum. Die geringe Luftleistung von max. 40 m³/h erfordert für ein Schulzimmer eine grössere Gerätezahl (mehr als 10 Stück). Der Wartungsaufwand würde damit, laut Studie, zu gross.

Aeroschool (Drexel und Weiss GmbH): Kompaktlüftungsgerät für den Wand einbau. Der Schalleistungspegel von 35 dB (A) ist laut Studie noch akzeptabel, kann aber bei ruhiger Arbeit wahrgenommen werden. Die Luftleistung von 500 m³/h reicht knapp zur Versorgung eines Schulzimmers. Für den Winter ist eine Luftvorwärmung erhältlich. Der Wärmerückgewinnungsgrad beträgt gute 85 %.

geniovent.x (Energenio AG): Das Kompaktlüftungsgerät geniovent.x wird an die Decke gehängt und lässt sich mit verschiedenen Ab- und Zuluftmöglichkeiten kombinieren. Es sind Geräte von 180 bis 725 m³/h lieferbar. Der geniovent.x weist einen Schalldruckpegel von 35 dB (A) auf, was noch akzeptabel ist. Der Wärmerückgewinnungsgrad beträgt sehr gute 90 %. Das Gerät ist mit integrierter Wasser- und Stromheizfläche und Bypassklappe erhältlich; so kann

Bezeichnung	Bereits erprobt	Referenzobjekte vorhanden?	Einschätzung der Studie	Empfehlung für die Zukunft
Manuelle Fensterlüftung* (Hier ist keine Wärmerückgewinnung WRG möglich.)	Ja	Ja	Genügt gesetzlichen Grenzwerten meist nicht und wird oft vergessen.	Nicht empfehlenswert, (für Primarschul-Unterstufe akzeptierbar)
Automatische Fensterlüftung (Hier ist keine Wärmerückgewinnung WRG möglich.)	Ja	Ja	Erfordert Querlüftung oder Drehflügelventilator für ein gutes Raumklima. Akzeptanzprobleme bei grosser Kälte. Ist kaum günstiger als Lüftungsanlagen.	Bei grossem Lüftungsbedarf, d.h. grosse Klasse in kleinem Raum nicht zu empfehlen. Eine Sonderform wurde in Luxemburg vom Schweizer Klimaingenieur Dr. Beat Kegel getestet. Dabei wird über schmale, raumhohe Lüftungsklappen gelüftet.
Kompakte Einzelraumlüftungssysteme	Ja	Ja	Macht vor allem bei minimaler Innenrenovation Sinn. Luftmengen und Wärmerückgewinnung müssen gross genug sein. (mind. 25 m ³ /h pro Person). Viele Geräte weisen einen eher hohen Schalleistungspegel auf.	Für die Studienverfasser sind diese Geräte bei Instandsetzungen «die derzeit sinnvollste Lösung».
Kleinst-Lüftungsgeräte in Brüstung/Fassade	wenig	wenige	Verglichen mit Kompaktlüftungsgeräten wird die Leistung der Lüfter und vor allem der Wartungsaufwand negativ beurteilt.	Es macht kaum Sinn ein Dutzend Kleinstgeräte pro Schulzimmer zu installieren und zu warten.
Zentrale Lüftungssysteme	Ja	Ja	Von Schülern und Lehrern häufig besser akzeptiert als dezentrale Lüftungen. Problem: grosser Platzbedarf.	Bei grösserer Sanierungseingriffstiefe durchaus sinnvoll. Einzelraumregulierung soll sichergestellt sein.
Fassadenlüfter mit Kreislaufverbundsystem	Nein	Nein	Ansatz gilt als «vielversprechend». Wird jedoch von der Feuerpolizei nicht akzeptiert.	Da die Fluchtwege nicht rauchfrei bleiben, kann diese Lösung bei Schulen nicht eingesetzt werden.
Konzept der Überströmung	Nein	Nein	Ansatz gilt als «vielversprechend». Wird jedoch von der Feuerpolizei nicht akzeptiert.	Da die Fluchtwege nicht rauchfrei bleiben, kann diese Lösung bei Schulen nicht eingesetzt werden.

Ein Überblick über die von der Studie erfassten Lüftungssysteme

geheizt oder kühle Aussenluft eingeblasen werden. Dank hohem WRG sinkt der Heizbedarf in gut gedämmten Schulen auf ein Minimum.

Schoolair (Trox GmbH): Kompaktlüftungsgerät für den horizontalen Einbau vor einer Brüstung. Er weist 4 Drehzahlstufen für den Bereich von 150 bis 325 m³/h auf. Bei 8 dB Raumdämpfung wird ein Schalldruckpegel von 22 bis 36 dB (A) erzeugt. Bei Volleistung ist das akzeptabel, die Luftleistung ist für ein voll besetztes Schulzimmer eher zu knapp. Der Wärmerückgewinnungsgrad von 55 % ist eher mangelhaft.

Lüftungsgeräte in Schrankform

Diese Lüftungsgeräte werden an einer Wand aufgestellt. Im Kasten sind Luftein-/auslässe, mit WRG integriert, Aussen- und Fortluftleitungen müssen verlegt werden. Es existieren noch keine Erfahrungsberichte. Die Studie bezeichnet den Ansatz als sinnvoll, «da die Ge-

räte doch eine diskretere Erscheinung aufweisen als die Kompaktgeräte und auch die Leistung der Lüfter und der WRG scheinen besser zu sein».

3. Zentrale Lüftungsanlagen

Bei Schulhausinstandsetzungen werden oft zentrale Lüftungssysteme eingebaut, wenn fürs Verlegen der Zu- und Abluftleitungen genug Platz vorhanden ist. Häufig braucht eine zentrale Lüftungsanlage mehr Strom als dezentrale Anlagen. Aus Kostengründen, so die Verfasser, würden zentrale Lüftungsanlagen oft nur mit Zeitschaltuhr und ohne Regelung installiert. Dadurch werden tagsüber alle Räume, auch leere, mit einem konstanten Aussenluftvolumenstrom bedient. Regelungssysteme mit einem Präsenzmelder oder CO₂-Fühler in den Zimmern und einer Zuluftklappensteuerung pro Zimmer sind zu bevorzugen. Solche Systeme müssen regelmässig gewartet werden, um Ausfälle zu verhindern. Vorteile: die



Automatische Fensterlüftung von WindowMaster. (Foto: WindowMaster AG)



Das Kompaktlüftungsgerät Aeroschool. (Foto: drexel und weiss)

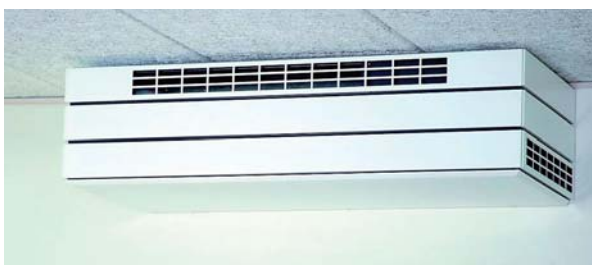
einfachere Wartung und die eher bessere Wärmerückgewinnung. Auch kann der LüftungsfILTER an nur einem Ort gewechselt werden. Bei gut geplanten Anlagen sind die Erfahrungen positiv; Schüler und Lehrer in Schulen mit zentralen Lüftungsanlagen sind sehr zufrieden.

4. Alternative Lösungen

Die Studie nennt zwei alternative Lüftungssysteme: Fassadenlüfter mit Kreislaufverbundsystem und die Kaskadenlüftung mit aktiven Überströmern.

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 geschieht über Wärmetauscher. KVS-Systeme werden vor allem dort eingesetzt, wo eine räumliche Trennung von Zu- und Abluft vorhanden ist. In Schulen wäre es denkbar, die Frischluft an der Fassade anzusaugen, per KVS-System vorzuwärmen und mit einer Quelllüftung ins Zimmer zu bringen. Zum Korridor hat es Überströmer, dort wird dann die verbrauchte Luft abgesaugt. Mithilfe des KVS-Systems wird die Abluftwärme zurückgewonnen und wieder der Frischluft zugeführt. Die Firma BS2 entwickelte eine Zuluft-Box mit Wärmetauscher, an dem ein Heizkreislauf angeschlossen wird. Die Aussenluft wird an der Fassade angesaugt, erwärmt und ins Schulzimmer geblasen. Eine Box kann 100 m³/h einblasen und lässt sich CO₂-gesteuert betreiben. Die Abluft wird im Korridor oder in der Toilette abgesaugt. Die Wärme wird mit einer Abluft-Wärmepumpe zurückgewonnen und dem Heizkreis zugeführt.

Die Kaskadenlüftung mit aktiven Überströmern wurde vom Schweizer Klimaingenieur Beat Kegel entwickelt. Da Schulen meist nicht voll belegt sind, sind konventionelle Lüftungssysteme oft überdimensioniert. Bei sehr gut gedämmten Bauten geht durch den Luftaustausch ein hoher Energieanteil über die Lüftung verloren. Zudem fördert der Luftwechsel ein trockenes Raumklima. Kegel will die aufbereitete Luft mehrmals kaskadiert nutzen (Prinzip der



Deckengerät Energio geniovent.x (Foto: Energio AG)

«Das VRF-Klimasystem von Mitsubishi Electric ist wartungsarm und leise im Betrieb, kann sowohl individuell wie auch zentral gesteuert werden, und der Einbau erfolgte rasch und ohne Unterbruch des Tagesgeschäftes. Das sorgt für ein gutes Klima bei uns und unseren Gästen.»

Marine Gadiolet-Girard
Rezeptionistin,
BEST WESTERN Hôtel
Chavannes de Bogis

CoolLine 0848 842 844
www.waltermeier.com/cool



VRF-Klimagerät
von Mitsubishi Electric

WIR MACHEN DEN
UNTERSCHIED

WÄRME/KLIMA/SERVICE

**walter
meier**

Luftschichtung). Via Quelläftung wird die Luft in den Korridor eines Gebäudes gebracht. Im Korridor halten sich Personen nicht lange auf, die Luft wird wenig verbraucht. Am Boden bildet sich ein Frischluftsee, der via Öffnungen im Bodenbereich in die Schulzimmer zirkuliert. Diese Luft strömt entlang warmer Flächen (Personen, Computer, Drucker usw.) nach oben und führt Emissionen wie CO₂, Gerüche und Partikel mit sich. Im Deckenbereich sitzen schallgedämpfte Ventilatoren, welche die aufsteigende Luft in den Korridor zurückbringen. Dort herrscht durch die Temperaturdifferenzen eine Luftschichtung. Laut Kegel weist die Luft am Boden CO₂-Konzentrationen von 400 ppm auf und an der Decke gegen 800 ppm. Diese noch akzeptable Luftqualität lässt sich für wenig belegte Räume wie Toiletten nutzen. Dazu wird die Luft nochmal



Das Kompaktlüftungsgerät Aeromat VT WRG (Foto: Siegenia Aubi AG)

Schlussbericht zur Studie

Der Schlussbericht zur Studie «Lüftung für Schulen. Studie zu geeigneten Lüftungen für Schulhäuser bei Modernisierungen» (Mai 2012, 21 Seiten) steht als PDF zur Verfügung:

www.stadt-zuerich.ch/egt > Projekte realisiert.

Auftraggeber: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik, Amtshaus III, 8021 Zürich, Projektleitung: Franz Sprecher.

Bearbeitung: Werner Hässig, Carsten Schickor, hässig sustech gmbh, 8610 Uster

info@sustech.ch, www.sustech.ch

an der Decke gefasst und im Bodenbereich von Toiletten eingeblasen. Im Deckenbereich der Toilette wird die Luft dann abgesaugt und via Wärmetauscher nach draussen befördert.

Problematisch ist der Brandschutz: Für dieses System müssen die Brandschutzbestimmungen detailliert abgeklärt werden. Der Korridor ist ein Fluchtweg und somit ein eigener Brandabschnitt. In einem konkreten Fall wurde diese Lüftungsform von der Feuerpolizei abgelehnt, da der Korridor im Brandfall nicht rauchfrei gehalten werden kann. Es braucht wohl noch weitere Entwicklungen, um mit aktiven Überströmern die Brandschutzbestimmungen einhalten zu können.

5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Rahmen dieser Studie wurden keine eigenen Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit durchgeführt. Stattdessen wird aus einer österreichischen Studie («Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich und Erstellung eines Planungsleitfadens») zitiert, wo dies gemacht wurde: «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. € 6000.- 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. 1200 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 € 2400.- pro Jahr. Das heisst unter Einbeziehung des höheren Lernerfolges lässt sich eine Lüftungsanlage mit Investitionskosten von € 6000.- 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.»



Titelblatt der Studie «Lüftung für Schulen. Studie zu geeigneten Lüftungen für Schulhäuser bei Modernisierungen» (Mai 2012, 21 Seiten).

www.stadt-zuerich.ch/egt
www.sustech.ch