

Finanzielle Betrachtungen von mechanischen Klassenzimmerlüftungen

Auszug aus dem Endbericht:

Evaluierung von mechanischen
Klassenzimmerlüftungen in Österreich und
Erstellung eines Planungsleitfadens

Autoren:

DI Andreas Greml (Projektleitung) – FHS-KufsteinTirol
DI Ernst Blümel u. DI (FH) Arnold Gössler – AEE INTEC
DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL
Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research

Mag. Jürgen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum
DI Peter Tappler – IBO/Department für Bauen und Umwelt/Donauuniversität Krems



Ein Auszug aus einem Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis:

1	Finanzielle Betrachtung	3
1.1	Investitionskosten.....	3
1.2	Betriebskosten	4
1.2.1	Strombedarf.....	4
1.2.2	Instandhaltung.....	5
1.3	Einsparungen	6
1.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	7
1.4.1	Mechanische Lüftung gegenüber Fensterlüftung.....	7
1.4.2	Zentral gegenüber dezentral.....	8
	Kurzfassung.....	9

Das Projektteam:

- DI Andreas Greml (PL) – FHS-KufsteinTirol bzw. TB Andreas Greml
- DI Ernst Blümel u. DI (FH) Arnold Gössler – AEE INTEC
- DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL
- Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research
- Mag. Juergen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum Graz
- DI Peter Tappler – IBO/Department für Bauen und Umwelt/Donauuniversität Krems

Projekthomepage:

- www.komfortluftung.at bzw. www.xn--komfortluftung-3ob.at – Klassenzimmerlüftung



1 Finanzielle Betrachtung

Mechanische Belüftungsanlagen bedeuten einerseits Investitionskosten und andererseits laufende Betriebskosten. Laufende Einsparungen ergeben sich theoretisch aus den eingesparten Heizkosten durch die Wärmerückgewinnung. Grundsätzlich sind Lüftungsanlagen nicht primär aus dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit, sondern vielmehr aus der schlichten Notwendigkeit heraus, lerngerechte Verhältnisse zu schaffen, zu sehen. Denn sonst müsste man konsequenterweise auch die Beheizung eines Schulgebäudes einstellen, da auch diese nicht wirtschaftlich ist, und ebenfalls der Herstellung lerngerechter und komfortabler Verhältnisse dient. Ausreichende Luftqualität muss, wie die Sicherstellung von ca. 20° Raumtemperatur, eine Selbstverständlichkeit darstellen, die dann auf die effizienteste Weise umgesetzt wird.

1.1 Investitionskosten

Bei den Investitionskosten ergeben sich je nach Lüftungskonzept auch Einsparungen an den immer notwendigen Entlüftungen der Sanitärbereiche, die man gegebenenfalls der Klassenzimmerlüftung gegen rechnen kann.

Die Investitionskosten bei den erhobenen Anlagen liegen in der Bandbreite von:

- Dezentrale Anlage: € 5.400,-- bis 8.200,-- pro Klasse (exkl. MWSt.)
- Zentrale Anlagen: € 5.600,-- bis 16.750,-- pro Klasse (exkl. MWSt.)

Wobei bei den zentralen Anlagen meist auch noch das Konferenzzimmer, oder auch die Aula und Sanitärräume in das Gesamtkonzept einbezogen sind. Für die spezifische Kostenermittlung wurden jedoch nur die Klassenzimmer (inkl. Physik, EDV-Räume, ...) herangezogen. Die Werte sind daher nur bedingt vergleichbar. Zudem ist bei der oberen Bandbreite von zentralen Anlagen auch eine Befeuchtung inkludiert, und eine Turnhalle, die ebenfalls nachgeordnet mitversorgt wird, nicht herausgerechnet.

Die Kosten passen grundsätzlich mit den von Muss (2004) angeführten Herstellkosten zusammen. Dort sind die Herstellkosten für eine dezentrale Anlage mit 90 bis 170 €/m² und für eine zentrale Anlage mit 80 bis 140 €/m² angeführt. Dies entspricht bei einer typischen Klassengröße von 62,5 m² für dezentrale Anlagen Kosten zwischen € 5.600,-- und € 10.600 sowie für zentrale Anlagen zwischen € 5.000,-- und € 8.750,-- pro Klasse.

1.2 Betriebskosten

Betriebskosten fallen insbesondere an für:

- Strombedarf
- Überwachung – Betrieb
- Instandhaltung

1.2.1 Strombedarf

Der Strombedarf von Lüftungsanlagen hängt insbesondere von der gewählten Antriebstechnik (EC-Motoren) und dem gesamten Druckverlust ab. Siehe 44 Qualitätskriterien.

Bei angenommenen 1.200 Schulstunden und der zusätzlichen Laufzeit zum Vorspülen ergeben sich jährlich ca. 1.300 Betriebsstunden für eine dezentrale Klassenzimmerlüftung. Bei einer zentralen Anlage ist die Gesamtlaufzeit aufgrund der unterschiedlichen Nutzung der Räume normalerweise deutlich höher. Für die einzelne Klasse ergeben sich bei entsprechender Luftmengenregelung aber dennoch keine höheren Betriebsstunden bzw. Gesamtluftmengen.

Bezogen auf die gelieferte Luftmenge und die unterschiedlichen Energieeffizienzklassen ergeben sich Stromkosten pro Klasse mit 25 SchülerInnen nach folgender Aufstellung:

Tabelle 1.1: Strombedarf

Spezifischer Luftmenge pro Schüler:	30	m ³ /h
Anzahl SchülerInnen:	25	P.
Gesamte Luftmenge:	750	m ³ /Std.
Betriebsstunden:	1.300	Std.
Stromkosten (exkl. MWSt.):	0,16	€/kWh

SPF-Kategorie	$P_{SFP\ min}$ [W*m ⁻³ *h]	$P_{SFP\ max}$ [W*m ⁻³ *h]	Strom min. kWh/a	Strom max. kWh/a	Kosten min. €/a	Kosten max. €/a
SFP 1 ^(*)	<	0,14	<	137	<	22
SFP 2 ^(*)	0,14	0,21	137	205	22	33
SFP 3 ^(*)	0,21	0,35	205	341	33	55
SFP 4 ^(*)	0,35	0,56	341	546	55	87
SFP 5 ^(*)	0,56	0,83	546	809	87	129
SFP 6 ^(*)	0,83	1,25	809	1.219	129	195
SFP 7 ^(*)	1,25	>	1.219	>	195	>

(*) SFP.....spezifische Ventilatorleistung - Effizienzklasse

Die derzeit realistisch erreichbaren Verbrauchswerte für die Gesamtanlage liegen im Bereich 0,20 bis 0,35 W/(m³h) (Achtung: SFP-Werte beziehen sich eigentlich jeweils auf einen Ventilator) und bedeuten daher Stromkosten von ca. € 33,-- bis € 55,-- pro Klasse und Jahr. Wenn die Lüftungsanlage nur im Winterhalbjahr in Betrieb ist, halbieren sich die Kosten entsprechend. Die Wärme der Ventilatoren kommt je nach Geräteaufbau meist zwischen 50 % und 80 % dem Gebäude zugute. Wenn die Lüftungsanlage für die sommerliche Nachlüftung betrieben wird, erhöhen sich die Kosten entsprechend.

1.2.2 Instandhaltung

Die Instandhaltung kann nach der ÖNORM M 8100:1985 grundsätzlich in die drei folgenden Bereiche eingeteilt werden:

- Wartung (versierte Hausbetreuung und/oder Wartungsfirma)
- Inspektion (Fachfirma)
- Instandsetzung – Überholung bzw. Reparatur (Fachfirma)

Für die gesamten Instandhaltungskosten von Klassenzimmerlüftungen liegen bei den Schulen (noch) keine Werte vor. Typische Werte für die jährlichen Instandhaltungskosten von Lüftungsanlagen in Bürogebäuden liegen bei ca. 3 bis 4 % der Investitionskosten (Quelle: IBI-Datenbankprojekt der FH Kufstein). Die wichtigsten kostenrelevanten Punkte für eine Schule sind:

Filterkosten: Die Filterkosten bei den untersuchten Anlagen liegen in der Bandbreite von:

- Für dezentrale Anlagen ca. € 40,-- bis 80,-- pro Schulklasse und Jahr (exkl. MWSt.)
- Für zentrale Anlagen ca. € 400,-- bis 600,-- für die gesamte Schule bzw. 25–50,-- pro Klasse und Jahr (exkl. MWSt.)

Anlagenbetreuung (Wartung, z.B. Zeit für Filtertausch): Die laufende Betreuung durch die Hausbetreuung der Anlagen ohne Wartungsvertrag liegen nach den Angaben der Hausbetreuer (Schulwarte) in der Bandbreite von:

- Für dezentrale Anlagen 0,25 bis 2 Std. pro Schulklasse und Jahr
- Für zentrale Anlagen 4 bis 50 Std. pro Monat für die gesamte Schule bzw. 0,3 bis 2 Std. pro Klasse

Instandsetzung: Für die Instandsetzungskosten alleine liegen derzeit ebenfalls noch keine Erfahrungen bei den Schulen vor. Sie sollten sich aber auch nicht wesentlich von den allgemeinen Ansätzen aus dem Lüftungsbereich unterscheiden.

1.3 Einsparungen

Einsparungen ergeben sich theoretisch vor allem durch die Wärmerückgewinnung. Theoretisch, weil sich gegenüber einer ungenügenden Lüftung, wie sie bei einer Fensterlüftung immer gegeben ist, in der Praxis deutlich geringere bzw. keine Einsparungen ergeben. Würde man allerdings die gleiche Luftmenge bzw. die gleiche CO₂-Qualität wie bei einer mechanischen Lüftung durch konsequente Fensterlüftung tatsächlich umsetzen, würden etwa folgende Einsparungen zum Tragen kommen. Wobei diese Einsparungen auch vom Gebäude, insbesondere Luftdichtheit und Anteil bzw. Nutzungsmöglichkeit der solaren und inneren Gewinne an der Gesamtbilanz, abhängen. Rein auf der Verlustseite ergeben sich beim Standardklima der Ö-NORM B 8110-5:2007 von 3.400 Kd Heizgradtagen folgende theoretische Einsparungen bei den Lüftungsverlusten:

Tabelle 1.2: Eingesparte Heizkosten

Spezifischer Luftmenge pro Schüler:	30	m ³ /h
Anzahl SchülerInnen:	25	P.
Gesamte Luftmenge:	750	m ³ /Std.
Betriebsstunden im Winterhalbjahr:	650	Std.
Gesamtluftmenge Winterhalbjahr:	487.500	m ³
Durchschnittliche Luftmenge Winterhalbjahr:	111	m ³ /h
Heizgradtage:	3.400	Kd
Lüftungsverluste ohne Wärmerückgewinnung:	3.088	kWh
Wärmekosten inkl. Verluste (exkl. MWSt.):	0,080	€/kWh

Rückwärmezahl %	*Eingesparte Lüftungsverluste kWh/a	*Eingesparte Heizkosten €/a
60	1.853	148
70	2.162	173
80	2.470	198
90	2.779	222
100	3.088	247

*Gegenüber theoretischer Fensterlüftung mit gleicher Luftmenge

Eine Wärmerückgewinnung hat aber auch Einfluss auf den Ausnutzungsgrad der Gewinne. Diese Verringerung des Ausnutzungsgrades ist aber sehr gebäudespezifisch und daher nur individuell im Rahmen der Energieausweisberechnung zu ermitteln.

1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Grundsätzlich sollte eine mechanische Klassenzimmerlüftung bei einem Neubau oder einer Sanierung 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.

1.4.1 Mechanische Lüftung gegenüber Fensterlüftung

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 (siehe Kapitel CO₂-Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit), 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. D.h. 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 z.B. weniger Krankenstände des Lehrpersonals, gesteigertes allgemeines Wohlbefinden durch eine verbesserte Raumluft und die Umweltentlastung sind in dieser Betrachtung noch gar nicht mit einbezogen.

1.4.2 Zentral gegenüber dezentral

Grundsätzlich ergibt die Evaluierung auch von der Kostenseite keine eindeutige Aussage zu zentral oder dezentral. Durch die Möglichkeit der kaskadischen Nutzung der Luft und der damit verbundenen Verringerung der Gesamtluftmengen, den Vorteilen bei der Wartung und bei den Filterkosten wird im Neubau eine zentrale Anlage bei den meisten Grundrissen leichte Vorteile haben. In vielen Fällen der (Teil)-Sanierung werden sich oft nur dezentrale Lösungen verwirklichen lassen. Es sollte jedoch auch von der Kostenseite immer jeweils eine dezentrale und zentrale Lösung konkret gegenübergestellt werden.

Das Projektteam:

- DI Andreas Greml (PL) – FHS-KufsteinTirol bzw. TB Andreas Greml
- DI Ernst Blümel u. DI (FH) Arnold Gössler – AEE INTEC
- DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL
- Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research
- Mag. Juergen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum Graz
- DI Peter Tappler – IBO/Department für Bauen und Umwelt/Donauuniversität Krems

Projekthomepage:

- www.komfortluftung.at bzw. www.xn--komfortluftung-3ob.at – Klassenzimmerlüftung



Kurzfassung

Ausgangspunkt der Arbeit: Mechanische Klassenzimmerlüftungen mit Wärmerrückgewinnung sind sowohl aus dem Anspruch einer lerngerechten Umgebung, d.h. einer ausreichenden Luftqualität als auch aus dem Ansatz der Energieeinsparung bei Kindergärten und Schulen unentbehrlich. Die mangelnde Luftqualität bei Schulen mit Fensterlüftung wird in zahlreichen Studien hinreichend belegt. Dass gesunde, frische Luft aber eine wesentliche Grundbedingung für einen sehr guten Lernerfolg darstellt, steht außer Zweifel. Außer Diskussion steht auch, dass das Thema mechanische Klassenzimmerlüftung noch in den Anfängen steckt und die Erfahrungen mit bestehenden Anlagen bisher nicht ausreichend erfasst und für zukünftige Projekte nutzbar gemacht wurden.

Ziel: Wichtigstes Endziel im Hinblick auf die Ziele der Programmlinie „Haus der Zukunft“ war es, positive Lösungen, Fehler und Mängel zu sammeln und aus den Erfahrungen der Evaluierung einen Planungsleitfaden bzw. Qualitätskriterien für die zukünftige Umsetzung von Klassenzimmerlüftungen bei Neubau und Sanierung zu schaffen, um die Qualität zu verbessern und die Verbreitung von Klassenzimmerlüftungen zu erleichtern.

Vorgangsweise: Das Projekt gliedert sich in zwei große Teilbereiche – die Evaluierung der mechanischen Klassenzimmerlüftungen – unterteilt in eine Akzeptanzanalyse und eine technische Evaluierung – und die Erstellung eines Planungsleitfadens mit einer Anzahl von detaillierten Qualitätskriterien.

Der Evaluierung vorgelagert war die Erstellung einer „Österreich-Landkarte der bestehenden Klassenzimmerlüftungen“ sowie die Sammlung bzw. Sichtung von Studien zum Thema „Klassenzimmerlüftung“. Aus dem gesammelten Pool von Schulen mit mechanischen Klassenzimmerlüftungen wurden 16 Schulen für die Evaluierung herangezogen. Neben den technischen Aspekten wurde ein besonderer Fokus auf die Erfassung und Darstellung der Akzeptanz bei den bisherigen Nutzern (SchülerInnen, LehrerInnen, HausmeisterInnen) gelegt. Die Evaluierung teilt sich daher in eine Akzeptanzanalyse und eine technische Evaluierung.

Akzeptanzanalyse: Für die Akzeptanzanalyse wurde jeweils ein schriftlicher Fragebogen für SchülerInnen, LehrerInnen, HausmeisterInnen und einer für ArchitektInnen, PlanerInnen und GebäudeeigentümerInnen entwickelt.

Technische Evaluierung: Bei der technischen Evaluierung wurde folgenden Punkten besonderes Augenmerk geschenkt: der Wahl des Lüftungskonzeptes (dezentral, semizentral, zentral), der Luftmengenwahl, der Luftverteilung, dem Druckverlust, der Art der Wärmerückgewinnung, dem elektrischen Energiebedarf, der Art des Vereisungsschutzes, der Art der Nacherwärmung auf Komforttemperatur, der erreichten Luftqualität (CO₂, Feuchte, VOC), notwendigen Wartungsarbeiten bzw. Wartungskosten und den tatsächlichen Schallbelastungen.

Planungsleitfaden: Aufbauend auf bestehenden Planungsrichtlinien, Normen bzw. Normentwürfen und den Ergebnissen der Akzeptanzanalyse und der technischen Evaluierung wurden ein Planungsleitfaden bzw. detaillierte 61 Qualitätskriterien für „Klassenzimmerlüftungen“ erarbeitet.

Projekthomepage: www.komfortlüftung.at bzw. www.xn--komfortlftung-3ob.at

Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick:

- **Österreichlandkarte – Klassenzimmerlüftung:** Die Sammlung der Klassenzimmerlüftungen ergab 59 Schulen mit Lüftungsanlagen in Österreich (Stand Dez. 2007).
- **Übersicht über Studien zum Thema Klassenzimmerlüftungen:** Zahlreiche Studien in Deutschland, der Schweiz und Österreich zum Thema Luftqualität in Schulen zeigen, dass mit einer Fensterlüftung keine lerngerechte Luftqualität erreicht werden kann. Die signifikante Verschlechterung der Leistungen bei ungenügenden, aber nutzungstypischen Luftqualitäten in Klassenzimmern ohne mechanische Lüftung wurde ebenfalls eindeutig nachgewiesen.
- **Akzeptanzanalyse:** Die Akzeptanzanalyse verdeutlichte die Notwendigkeit einer intensiven Kommunikationsstrategie mit den LehrerInnen und SchülerInnen, um Missverständnisse und falsche Erwartungen zu minimieren und eine optimale Nutzung der Lüftungsanlage zu erreichen. Fehlende Information und Kommunikation bringen Akzeptanzprobleme und führen, insbesondere bei Störungen der Anlage in der Einführungsphase, zu falschen Reaktionen und unzufriedenen NutzerInnen.
- **Technische Evaluierung:** Klassenzimmerlüftungen stellen bisher für BauherrInnen, ArchitektInnen und LüftungsplanerInnen ein noch eher selten beanspruchtes Betätigungsfeld dar. Einige Unsicherheit bzw. beträchtliches Verbesserungspotenzial zeigte sich vor allem bei der Systemwahl, den notwendigen Luftmengen, der Luftführung (Kaskadennutzung) und der Regelungsstrategie.
- **Planungsleitfaden – 61 Qualitätskriterien für Klassenzimmerlüftungen:** Der Planungsleitfaden setzt sich aus folgenden drei Bereichen zusammen:
 - 1.) Checkliste für die Basisdatenerhebung
 - 2.) Entscheidungshilfen und Empfehlungen
 - 3.) 61 Qualitätskriterien

Resümee: Schulneubauten bzw. Schulsanierungen ohne Einbau einer mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewinnung sind nicht mehr zeitgemäß. Der Nachweis, dass mit einer Fensterlüftung keine ausreichende Luftqualität erreicht werden kann, wurde durch Studien eindeutig erbracht. Dass die bisher umgesetzte Anlagenqualität teilweise noch zu wünschen übrig lässt, ist einerseits auf die bisher sehr geringen Erfahrungen der PlanerInnen und andererseits auf unzureichende Vorgaben der AuftraggeberInnen zurückzuführen. Zahlreiche sehr gute Beispiele zeigen aber auch, dass eine zufriedenstellende Klassenzimmerlüftung ohne großen Aufwand und mit moderaten Kosten ausgeführt werden kann. Mit den 61 Qualitätskriterien für Klassenzimmerlüftungen besteht nun für die Auftraggeber die Möglichkeit, die Anlagenqualität hinreichend genau zu definieren. Der Planungsleitfaden unterstützt die Sammlung aller erforderlichen Informationen und die konzeptionellen Überlegungen einer qualitätsorientierten Planung. Unter Einbeziehung des höheren Lernerfolges ist eine Lüftungsanlage auch wirtschaftlich von Vorteil. Die Notwendigkeit bzw. der „Wert“ einer guten Gebäudebetreuung zeigt sich bei einer mechanischen Klassenzimmerlüftung besonders deutlich.

Das Projektteam: DI Andreas Greml (PL) – FHS-KufsteinTirol bzw. TB Andreas Greml, DI Ernst Blümel u. DI (FH) Arnold Gössler – AEE INTEC, DI Roland Kapferer – ENERGIE TIROL, Ing. Wolfgang Leitzinger – arsenal research, Mag. Juergen Suschek-Berger – Interuniversitäres Forschungszentrum Graz, DI Peter Tappler – IBO/Department für Bauen und Umwelt/Donauuniversität Krems.