

## Planungsleitfaden Klassenzimmerlüftung

Neben dem Planungsleitfaden sind auch noch folgende drei Aspekte in diesem Dokument enthalten.

1. Ausschreibung
2. Finanzielle Betrachtungen
3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Die 61 Qualitätskriterien als integraler Bestandteil der Umsetzungshilfe, sowie die 7 wesentlichen Ausschreibungskriterien, stehen jeweils als eigenes Dokument unter [www.komfortluftung.at](http://www.komfortluftung.at) – Bereich Klassenzimmerlüftung zum Download zur Verfügung.

Der Planungsleitfaden, die 61 Qualitätskriterien und die 7 Ausschreibungskriterien wurden im Rahmen des Projektes „Evaluierung Klassenzimmerlüftungen in Österreich“ geschaffen. Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert.

### Zusammengestellt von:

TB DI Andreas Greml: [andreas.greml@andreasgreml.at](mailto:andreas.greml@andreasgreml.at) (früher FH Kufstein)  
DI Roland Kapferer, Energie Tirol: [roland.kapferer@energie-tirol.at](mailto:roland.kapferer@energie-tirol.at)  
Ing. Wolfgang Leitzinger, arsenal research: [wolfgang.leitzinger@arsenal.ac.at](mailto:wolfgang.leitzinger@arsenal.ac.at)  
DI (FH) Arnold Gössler, AEE Intec [a.goessler@aee.at](mailto:a.goessler@aee.at)

Rückfragen bitte an DI Andreas Greml

Projekthomepage: [www.komfortluftung.at](http://www.komfortluftung.at) oder [www.xn--komfortluftung-3ob.at](http://www.xn--komfortluftung-3ob.at)

Herausgegeben von:



Gefördert durch:



Der Planungsleitfaden wurde nach bestem Wissen und Gewissen entwickelt. Eine Haftung jeglicher Art kann jedoch nicht übernommen bzw. abgeleitet werden.

# 1 PLANUNGSLEITFADEN –KLASSENZIMMERLÜFTUNG

In der ÖNORM EN 13779:2008 befinden sich im Abschnitt C Checklisten für die Auslegung und Nutzung von Anlagen mit niedrigem Energieverbrauch:

1. Checkliste für die Planung des Gebäudes
2. Checkliste für die Planung der Lüftungs- und Klimaanlage
3. Checkliste für die Auslegung einzelner Komponenten
4. Checkliste für die Nutzung der Anlage

Dieser Planungsleitfaden dient als ergänzende Hilfestellung für die qualitätsorientierte Planung von Klassenzimmerlüftungen. Zielgruppe sind nicht nur die mit der Planung von Klassenzimmerlüftungen betrauten FachplanerInnen, sondern vielmehr auch ArchitektInnen und BaumeisterInnen, die bereits in der Entwurfsphase durch Berücksichtigung der Anforderungen dieser Technologie die erforderlichen baulichen Voraussetzungen schaffen können.

Der Planungsleitfaden ist in vier Bereiche unterteilt:

1. Checkliste für die Basisdatenerhebung
2. Entscheidungshilfen
3. Empfehlungen
4. 61 Qualitätskriterien

**Integrale Planung:** Allgemeine Ansätze, wie die integrale Einbindung des Lüftungskonzeptes in die Gesamtplanung, werden vorausgesetzt und nicht eigenes ausgeführt. Insbesondere beim Gewerk „Lüftung“ ist die Einbeziehung der Anforderungen hinsichtlich Platzbedarf, Zonierung und Luftdichtheit, Brandschutz, usw. in die frühe Planungsphase entscheidend für niedrige Investitionskosten, einen effizienten Betrieb und zufriedene Nutzer.

**Ansprüche und Erwartungen:** Bevor Planungsentscheidungen getroffen werden, muss zwischen Auftraggeber und den PlanerInnen abgeklärt werden, inwieweit sich deren Vorstellungen mit den Möglichkeiten einer Lüftungsanlage decken. Die Bandbreite der Erwartungen kann von einer Unterstützung der Fensterlüftung bis zur Vollklimatisierung reichen. Aus diesem Grund ist es ratsam, neben einem klärenden Gespräch auch Referenzanlagen ähnlicher Objekte zu besichtigen und den Erfahrungsvorsprung dieser Anlagenbetreiber zu nutzen.

## 1.1 Checkliste für die Basisdatenerhebung

Im Folgenden sind die früh verfügbaren Daten eines Bauvorhabens und deren mögliche Auswirkungen auf die Lüftungsanlage angeführt.

- Projektmanagement

Verantwortlichkeiten, Ablauf und Termine

- Schultyp

Altersgruppe der SchülerInnen, Nutzungsprofil, max. Schüleranzahl/Klasse, Aktivität, Bekleidung

*Relevanz und Auswirkungen → Luftmenge, Art der Steuerung/Regelung*

- Art des Bauvorhabens

Neubau, Sanierung, Erweiterung

*→ Möglichkeiten der Integration, Verwendung bestehender Infrastruktur*

- Bauvolumen

Bruttogeschoßfläche, Nettoflächen, Nettovolumina, Klassen-/Schüleranzahl

*→ grobe Kostenkalkulation, erforderliche Ressourcen und Kapazitäten*

- Bebauung

Freistehend/dicht verbaut/gekuppelt/Teil eines Objektes

*→ Möglichkeiten der Integration, Lage der Außenluftansaugung, des Fortluftauslasses*

- Grundstück

Garten/Grünfläche/Innenhof/ohne Eigengrund, Nutzung, Orientierung, Bauaushub

*→ mögliche Nutzung von Erdwärme, Lage der Außenluftansaugung*

- Standort Einflüsse

Verkehr, Gewerbe/Industrie, Lärm, Abschattungen, Untergrund (Radonbelastung), Nachbargebäude, Emissionen, Trinkwasserqualität, Grundwasserqualität

→ *erforderliche Außenluftaufbereitung, Schallschutz, mögliche Erdwärmenutzung, Wasseraufbereitung für Befeuchtung*

- Klima

(Norm)außentemperaturen Winter/Sommer, Kleinklima (Waldnähe, Asphaltflächen), Nebelhäufigkeit, Sonneneinstrahlung, Windrichtung, Schneehöhe

→ *Frostschutzdauer, Platzierung und Ausführung der Außenluftansaugung, Durchfeuchtungsgefahr für Filter, Überwärmungsneigung, Wirksamkeit einer Nachtlüftung*

- Raumnutzungen

Unterrichtsräume, Sonderunterrichtsräume, Versammlungsräume, Doppelnutzungen z.B. als Veranstaltungsräume bzw. Vereinsräume am Abend, Aula, Nassräume, Küche, Kantine, Turnsäle, Raucherräume, sonstige belastete Räume, Lage von Stiegenhäusern, Verbindungsgängen, grobes Nutzungsprofil (Nutzungsart und Nutzungszeit) der Räume

→ *Zonierung, mögliche Doppelnutzungen der Luft, Überströmungen, erforderliche Dichtheit der Zonen untereinander, Lüftungssysteme anderer Bereiche, Art der Steuerung und Regelung*

- Bautypus, Kubatur

Geschoßzahl, Unterkellerung, Dachform, Gebäudeform kompakt/stark gegliedert/langgestreckt

→ *Systemwahl: zentral, dezentral, semizentral, Anzahl und Lage der Lüftungszentralen, Leitungsführung, Art der Verteilung, Außenluftfassung*

- Bauweise, Glasflächenanteil

Schwere/mittelschwere/leichte Bauweise, Glasflächenanteil (Orientierung) Baukonstruktion/Statik, Baumaterialien und Oberflächen sowie deren Emissionen

→ *Überwärmungsneigung, zusätzliche Luftmengen, Art der Nachtlüftung, Schallschutz, Integration der Luftleitungen in tragende Teile, Möglichkeiten für Durchbrüche*

- Geräteausstattung

Beamer, PCs, Bildschirme, Laborausstattung

→ *Interne zusätzliche Wärmelasten, Überwärmungsneigung, Schadstoffquellen*

- HKLS

Wärmeerzeugung, Wärmetransport, Wärmeabgabe, Sanitärinstallation, Leittechnik

→ *Art der Zuluft einbringung, Luftströmungsrichtung durch Konvektion, Anschluss für Kondensatableitung, Wasser für Befeuchtung, Möglichkeiten der Steuerung und Regelung*

- PH-Konzept, Energiekennzahl

PH-Konzept (Luftheizung); Energiekennzahl (A++ bis G)

→ *max. Luftmengen, max. Einblastemperaturen, min. Feuchtwerte, Art der Wärme-/Feuchterückgewinnung, Dämmstärken der Verteilungen, Gebäudedichtheit, Art der Steuerung und Regelung, Überwärmungsneigung*

- Möblierung

Ausstattung, Anordnung, Emissionen

→ *Blickrichtung der SchülerInnen, zusätzliche Luftmengen, Anordnung von Luftdurchlässen*

- Erhöhte Feuchtelasten (ausgenommen Personen)

Zimmerpflanzen, Hydrokultur, Aquarium, Befeuchter

→ *Art der Wärme-/Feuchterückgewinnung, mögliche erhöhte Kondensatbildung an der Wärmerückgewinnung bei dezentralen Geräten*

- Örtliche Vorschriften, schulische Vorgaben

Sicherheitsvorschriften Fensteröffnung, örtliche Brandschutzvorschriften

→ *Entscheidung Volllüftung/Teillüftung, Luftleitungsführung, Brandabschnitte*

## 1.2 Entscheidungshilfen

Für die folgenden konkurrenzierenden Ansätze sind die wichtigsten Entscheidungskriterien in eine möglichst einfache Auswahlmatrix zusammengefasst.

1. Teillüftung – Volllüftung
2. Reine Lüftung – Luftheizung
3. Zentral – semizentral – dezentral
4. Quell- oder Mischlüftung
5. Sternverrohrung oder „dezentral“ über Abzweiger
6. Steuerung und Regelung
7. Frostschutzstrategie

### 1.2.1 Entscheidung Teillüftung – Volllüftung

Bei einer Teillüftung werden die geforderten CO<sub>2</sub>-Werte nur mit einer zusätzlichen Fensterlüftung (Stoßlüftung) in den Pausen erreicht. Bei einer Volllüftung ist eine zusätzliche Fensterlüftung in der Heizperiode nicht unbedingt erforderlich, aber möglich.

**Teillüftung:** Dazu muss das Stoßlüften über ausreichend große Querschnitte ohne Sicherheitsrisiko (Absturzgefahr, Ausreißen von Flügeln durch Wind) in den Pausen ohne Aufsicht gewährleistet werden. Für ungünstige Witterung (starker Wind, Niederschlag) ist das Einstellen und Fixieren der Lüftungsöffnungen zu ermöglichen, um das Eindringen von Niederschlag zu verhindern.

**Volllüftung:** Die Lüftungsanlage übernimmt in der Heizperiode oder in Spezialfällen auch ganzjährig die vollständige Lüftungsfunktion für den hygienischen Luftbedarf. Achtung: Die Luftmengen für eine Volllüftung im Sommer müssen gegenüber den typischen Vorgaben nochmals erhöht werden, da Gerüche im Sommer intensiver wahrgenommen werden und die Entfeuchtung höhere Luftmengen erfordert.

**Empfehlung:** Einer Volllüftung für den Winterfall ist aufgrund der Erfahrungen aus der Evaluierung klar der Vorzug zu geben, da die Gefahr besteht, dass eine Teillüftung den Erwartungen der Nutzer nicht entspricht. Außerdem sind bei einer Teillüftung geeignete Lüftungsmöglichkeiten und auch eine entsprechende „Lüftungsdisziplin“ für die Zufriedenheit erforderlich. Aufgrund der größeren Dimensionierung von Volllüftungen für den Winterfall lassen diese auch eher eine Unterstützung der Nachtlüftung zu. Bei Teillüftungen müsste für diese (Zusatz-) Funktion ein separates Nachtlüftungssystem eingeplant werden. Interessant sind Teillüftungen eventuell in Schulen mit kurzen Unterrichtszeiten (Grundschulen), überdurchschnittlich großem Raumvolumen pro SchülerIn (Raumhöhen >3,5 m) und sehr guten Querlüftungsmöglichkeiten. Eine Volllüftung für den Sommerfall sollte nicht angestrebt werden.

## 1.2.2 Reine Lüftung – Luftheizung

Die Beeinflussung der Raumtemperatur durch Klassenzimmerlüftungen ist aufgrund der Luftmenge und der maximal möglichen Spreizung zwischen Zulufttemperatur und Raumlufthtemperatur auf Werte um 5.000 W im Heizfall und etwa 1.600 W für den Kühlfall begrenzt. Grundsätzlich sollte die Wärme- bzw. Kälteeinbringung nach Möglichkeit nicht über die Lüftung, sondern über rasch regelbare statische Heiz- bzw. Kühlflächen erfolgen.

Um mit einer Zuluftheizung die Heizlast vollständig abdecken zu können, sind grundsätzlich die Passivhauskriterien zu erfüllen. Da die Lüftungsanlage nur etwas länger als die Unterrichtszeit in Betrieb sein sollte, um einer zu starken Entfeuchtung der Raumlufth entgegenzuwirken, muss die Wärmeeinbringung an Unterrichtstagen hauptsächlich kurz vor Unterrichtsbeginn erfolgen. Über die Wochenenden oder Ferienzeiten muss die Lüftungsanlage in kalten Winterperioden auch über die Grundlüftung von 0,15 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> nach EN 13779:2008 hinaus in Betrieb sein, um eine zu starke Abkühlung der Räume zu verhindern. Bei Anwesenheit der SchülerInnen ist im Regelfall keine zusätzliche Wärmeeinbringung mehr erforderlich, da die inneren Wärmelasten der anwesenden Personen in einer Passivhauschule deutlich höher sind als die Heizlast der Klasse.

Aufgrund der stark schwankenden inneren Lasten, sind Klassenräume vorzugsweise in schwerer Bauweise auszuführen, um einen Lastausgleich über die Wärmespeicherung in den umgrenzenden Bauteilen zu erreichen. Zuluftheizsysteme ermöglichen wie konvektive Heizkörper bei geeigneter Platzierung der Thermostate bzw. Raumfühler ein sehr rasches Reagieren auf Lastwechsel, wodurch starke Schwankungen der Raumtemperatur vermieden werden können.

**Problematik:** Abhängig von ihrer Exposition im Gebäude weisen Klassenräume unterschiedliche Heizlasten auf. Die Lüftungsanlage muss unter Umständen auch für einige wenige Klassen länger in Betrieb sein, wodurch zentrale Anlagenkonzepte einen hohen Steuerungs- bzw. Regelungsaufwand erfordern. Betriebszeiten außerhalb des Unterrichts erfordern Gegenmaßnahmen, die der Entfeuchtung entgegenwirken, wie Feuchterückgewinnung und/oder Befeuchtungsmaßnahmen.

**Empfehlung:** Grundsätzlich sind daher getrennte Heiz- und Lüftungssysteme zu bevorzugen. Für die Umsetzung von Passivhauskonzepten befinden sich im Protokollband 33 des Passivhausinstitutes „Passivhaus-Schulen“ wertvolle Hinweise.

### 1.2.3 Zentral – dezentral – semizentral

Die folgende Entscheidungsmatrix versucht dieses komplexe Thema, das auch in Kapitel 6 erläutert wurde, zu systematisieren.

Tabelle 1.1: Entscheidungskriterien für die Systemwahl

<i>Kriterien</i>	zentral	dezentral (1)	dezentral (2)	semizentral
Starke Staubbelastung am Standort				
Hohe Außenschallbelastung am Standort				
Starke Aufheizung der Fassade im Sommer			(3)	
Starke Winddruckbelastung an der Fassade			(4)	
Keine Änderungen an der Fassade				
Geringer Aufwand für Filterwechsel				(5)
Entfernung zu Technikraum sehr groß, bzw. Leitungsführung sehr aufwändig				
Hohe Brandschutzanforderungen				
Ausfallsicherheit				
Einfache Steuerbarkeit				
Mehrstufige Luftaufbereitung und Nachbehandlung erforderlich*				
Individuelle Luftkonditionen je Klasse				
Individuelle Nutzungszeiten je Klasse				
Einfacher Eigenschallschutz				(6)
Geringer Planungsaufwand				
Vermeidung von Transmissionsverlusten und Wärmebrücken (System + Integration)				

(1) Lüftungsgerät im Klassenzimmer

(2) Lüftungsgerät außerhalb des Klassenzimmers

(3) Außenluftansaugung an sonnenabgewandter Seite

(4) Außenluft- und Fortluftdurchlässe an windgeschützten Seiten bzw. Querschnitte horizontal

(5) nur bei zentraler Filterung der Luft

(6) ohne Stützventilatoren im Raum

\*z.B. mehrere Filterstufen, Erdvorwärmung, Heiz- und/oder Kühlregister, Befeuchtung, etc.



Da grundsätzlich mit zentralen und dezentralen Systemen die gleichen Ziele erreicht werden können, spitzt sich die Entscheidung meist auf die Kosten zu.

**Errichtungskosten:** Zentrale Anlagen haben auf den ersten Blick meist einen Kostenvorteil gegenüber dezentralen (klassenweisen) Lösungen. Auf den zweiten Blick stellt man fest, dass bei den zentralen Konzepten aber meist auf eine klassenweise Steuerung bzw. Regelung der Luftmenge verzichtet wurde, um den Kostenvorteil gegenüber dezentralen Anlagen nutzen zu können. Vergleicht man gleichwertige Lösungen hinsichtlich bedarfsangepassten Luftmengen, so kann man keine eindeutigen Kostenvorteile mehr ausmachen.

**Betriebskosten Wartung:** Dezentrale Geräte benötigen auf der Abluftseite und bei dezentraler Ansaugung auch auf der Zuluftseite je einen Filter, der aufgrund der kleinen Filterflächen mehrmals pro Jahr gewechselt werden muss. Aufgrund des höheren Manipulationsaufwandes und der höheren Anschaffungskosten bei mehreren dezentralen Filtern gegenüber einem zentralen Filter sind zentrale Anlagen in diesem Bereich klar im Vorteil.

Vergleichbar sind die längerfristigen Wartungskosten nur, wenn auch der Schutz des Luftleitungssystems vor Staubablagerungen in die Überlegung einbezogen wird. Demnach wären dezentrale Abluftfilter an den Abluftdurchlässen bei allen Anlagen mit Luftleitungen erforderlich, da nur diese einen jahrzehntelangen Schutz vor Grobstaubablagerungen im Abluftsystem ermöglichen. Dezentrale Anlagen ohne Verteilsystem und zentrale Anlagen mit zentraler Abluft (Atrium) vermeiden diesen Kostenfaktor, der je nach Filterqualität und Luftbelastung alle ca. 15–20 Jahren zum Tragen kommt.

**Betriebskosten Strom:** Im Regelfall schneiden hier dezentrale Geräte aufgrund der verfügbaren effizienteren Motorentechnologie und der in der Praxis angepassteren Betriebszeiten besser ab. Zusätzlich verursachen die längeren Leitungsnetze von zentralen Anlagen deutlich höhere Druckverluste und damit höhere Stromkosten.

### 1.2.4 Quell- oder Mischlüftung

Mit beiden Lüftungsarten lassen sich zufriedenstellende Lösungen der Luftversorgung bewerkstelligen. Insbesondere im Altbau stellt sich die Frage, wie man den Aufwand für die Leitungsinstallation und -integration minimieren kann. Mischlüftungen (Induktionslüftungen) bieten hinsichtlich Platzierung der Luftauslässe mehr Möglichkeiten. Da Ein- und Auslässe auch an der gleichen Seite angebracht werden können, kommt man im Regelfall mit kürzeren Leitungslängen aus. Die wichtigsten Auswahlkriterien für die Entscheidung, ob eine Quell- oder Induktionslüftung zur Anwendung kommen soll, sind in untenstehender Tabelle aufgelistet.

Tabelle 1.2: Entscheidungskriterien für die Art der Zuluftbringung

<i>Kriterien</i>	Quelllüftung	Mischlüftung
Klassenraumhöhe < 3m		
störende Luftablenkungen an der Decke möglich		
Zuluftheizung		
Zuluftkühlung		
Temperatur-Behaglichkeitsgrenze der Zuluft bei Raumeintritt kann nicht immer eingehalten werden		
Luftleitungsintegration im Deckenbereich (abgehängte Decke)		
vorhandene Überströmquerschnitte in Bodennähe		

### 1.2.5 Sternverrohrung oder „dezentral“ über Abzweiger

Vor allem bei zentralen Anlagen stellt sich die Frage der Art der Luftverteilung. Neben dem klassischen Verteilprinzip über Abzweigungen der Luftleitungen (Baumstruktur), hat sich in der Wohnungslüftung zum Teil die Verteilung bzw. Sammlung der Luft über schalldämmte zentrale Boxen mit Abgängen in gleicher Dimension etabliert. Dieses System findet mittlerweile auch im Schulbereich seinen Einsatz.

Tabelle 1.3: Entscheidungskriterien für die Verteilung bzw. Sammlung

<i>Kriterien</i>	Verteilung über Abzweigungen	zentrale Verteilung
größere Entfernung der Klassenzimmer zueinander		
zentrale Lage des Gerätes zu den Klassenräumen, Geringe Anzahl der zu versorgenden Räume		
langgestreckter Baukörper - Klassenräume nebeneinander		
geringes Platzangebot für Telefoneschalldämpfung		
Reinigungsaufwand		
Einregulierbarkeit		

### 1.2.6 Steuerung und Regelung

Die Art der Steuerung und Regelung hat entscheidenden Einfluss auf die Behaglichkeit (Raumluftfeuchte) und den als Ziel definierten effizienten Betrieb. Die Auswahl der üblichen Systeme ist in untenstehender Tabelle angeführt. Welche Strategie gewählt wird, ist unter anderem vor allem von der Kosten/Nutzen-Erwartung abhängig. Bei Raumluchtqualitätsregelung sollten die teureren CO<sub>2</sub>-Fühler zur Anwendung kommen. So genannte Mischgassensoren haben aufgrund ihrer Detektion verschiedener Schadstoffe (Ammoniak, Tabakrauch, CO, VOCs, kein CO<sub>2</sub>) eine andere Charakteristik und führen bei der typischen Nutzung von Klassenzimmern meist nicht zum gewünschten Sollwert der Raumluchtqualität.

Tabelle 1.4: Arten der Lüftungssteuerung bzw. -regelung

		<b>Betriebssteuerung (ein/aus)</b>	
		<b>Wochenprogramm- Zeitsteuerung</b>	<b>Anwesenheitssteuerung</b>
<b>Luftmengensteuerung/- regelung</b>	fixe Lüftungsstufe		
	Stufenschaltung Zeitprogramm		
	manuelle Stufenschaltung Klassenzimmer		
	personenabhängige Steuerung*		
	CO <sub>2</sub> -Luftgüteregelung		
	kombinierte Luftgüte- und Feuchteregelung		

\*Luftmenge wird aufgrund Stundenplan und Schüleranzahl berechnet

### 1.2.7 Frostschutzstrategie

Bei Außenlufttemperaturen unter 0°C kann es zum Gefrieren des Abluftkondensats in der Wärmerückgewinnung kommen, was die Wärmeübertragungsleistung schmälert und den Druckverlust erhöht. Ohne Maßnahmen kann es sogar zum Zufrieren der Strömungsquerschnitte kommen. Um eine Beeinträchtigung des Lüftungsbetriebs bei niedrigen Außentemperaturen zu verhindern, muss je nach Art und Effizienz der Wärmerückgewinnung eine Vorwärmung der Außenluft erfolgen. Bei sorptiver Feuchteübertragungsfunktion kann auch ein störungsfreier Betrieb bei Außenlufttemperaturen um -10°C gewährleistet werden. Allerdings ist zu beachten, dass dann das Temperaturniveau nach der Wärmerückgewinnung nicht ausreicht, um die für die thermische Behaglichkeit erforderliche Zulufttemperatur im Klassenzimmer zu erreichen. Eine zusätzliche Nacherwärmung ist erforderlich. Wenn die Vorwärmung auf eine Mindesttemperatur um 0°C angehoben wird, dann kann bei einer effizienten Wärme- bzw. Feuchterückgewinnung meist auf eine Nacherwärmung verzichtet werden. Um den Primärenergiebedarf niedrig zu halten, ist wenn möglich Erdwärme zu nutzen bzw. bei Einsatz von Elektroheizungen eine temperaturabhängige Regelung einzusetzen.

Die zu wählende Frostschutzstrategie ist einerseits abhängig von der Art und Effizienz der Wärmerückgewinnung und andererseits vom Zielwert für den Primärenergiebedarf. Folgende Frostschutzstrategien sind anwendbar:

- Erdwärme: Die Nutzung des Temperaturniveaus des Erdreichs in frostfreier Tiefe ist mit luft- oder soledurchströmten Systemen möglich. Eine Hilfestellung zur Auswahl bietet untenstehende Tabelle. Die Nutzung von Erdwärme wird vorzugsweise in Gebäuden mit hohem energetischen Standard eingesetzt. Örtliche Voraussetzungen sind:
  - Untergrund muss bis in ca. 2 m Tiefe leicht abtragbar und möglichst gut wärmeleitfähig sein (keine Felsen, Schotter oder Torf)
  - Möglichst unbeschattet
  - Abstand zu Fundamenten und Nachbargrundstücken >1 m
  - Keine tiefwurzelnden Pflanzen über dem Erdwärmetauscher

Tabelle 1.5: Entscheidungskriterien für die Art des Frostschutzes

Anforderungen	Frostschutzvariante		
	Erdwärme	leistungsgeregelte elektr. Vorwärmung	Außenluftbypass*
hoher energetischer Standard			
geringer energetischer Standard			(1)
Normaußentemperatur < -18°C			

(1) Behaglichkeitstemperatur wird nicht immer erreicht;  
optimierte Quelläftung oder Zuluft-Nachheizung erforderlich

Tabelle 1.6: Entscheidungskriterien für die Art des Erdwärmetauschers (EWT)

Kriterien		Luft-EWT	Sole-EWT
technische Kriterien	Hygienesicherheit		
	Ausfallsicherheit		
	Regelbarkeit		
	zentrale Anlagen		
	Radonbelastung		
	Einbindung Wärmepumpe		
Kosten	Objekt mit < 3 Klassen		
	größere Objekte		

- Elektrische Vorwärmung: unregelmäßige Elektroheizungen sind aufgrund ihres hohen Stromverbrauches strikt abzulehnen. Der Sollwert für die Regelung sollte auf das erforderliche Temperaturniveau der Wärme- bzw. Feuchterückgewinnung eingestellt werden. Bei gemäßigttem Klima (Normaußentemperatur über  $-10^{\circ}\text{C}$ ) ist der Strombedarf relativ gering. Dann ist es auch möglich, das Temperaturniveau so einzustellen, dass auf eine Nacherwärmung verzichtet werden kann (Voraussetzung ist eine effiziente Wärme- bzw. Feuchterückgewinnung).
- Außenluftbypass: Die Außenluft wird zum Teil in einem Bypass an der Wärme- bzw. Feuchterückgewinnung vorbeigeführt. Da die Zulufttemperatur stark sinkt, ist bei dieser Art der Frostschutzstrategie eine Nacherwärmung unverzichtbar. Diese Frostschutzstrategie sollte eigentlich nur in gemäßigten Klimaten eingesetzt werden.
- Zuluftreduktion: Bei dieser Strategie wird die Zuluftversorgung reduziert bis zur vollständigen Abschaltung des Zuluftventilators. Diese Frostschutzstrategie ist eigentlich nicht mehr zeitgemäß, da sie zusätzlich eine entsprechend kontrollierte Nachströmung über Außenluftdurchlässe erfordern würde. Gerade in Zeiten mit sehr niedrigen Außentemperaturen würde diese Strategie im Zusammenhang mit einer „Komfortlüftung“ nur wenig Akzeptanz finden. In Gebieten mit Radonproblematik ist eine Zuluftreduktion auch Gesundheitsgefährdend.

## 1.3 Empfehlungen

Für die folgenden Bereiche werden Empfehlungen bzw. Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt:

1. Integration der Luftleitungen
2. Energetische Standards
3. Innenraumluftqualität
4. Einhaltung der Raumluftfeuchte
5. Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich
6. Akustik
7. Brandschutz
8. Sommerlicher Wärmeschutz
9. Organisatorische Kriterien
10. Wirtschaftliche Aspekte

### 1.3.1 Integration der Rohrleitungen

Ein zentrales Thema bei der Lüftungsinstallation, insbesondere bei Sanierungen, stellt die Unterbringung der Luftleitungen dar. Neben der Führung in Zwischendecken, in Doppelböden oder der Verkleidung mit Trockenbauteilen besteht auch die Möglichkeit der architektonischen Einbindung. Durch besondere Beschichtungen oder Formgebung können Luftleitungen als Gestaltungselement genutzt werden.



Abbildung 1.1: Beispiel einer gelungenen Integration von Luftleitungen in einem Kindergarten



Bei der Unterbringung von Lüftungsbauteilen ist insbesondere auf die Vandalensicherheit zu achten. Außenluftansaugungen sind insbesondere so anzuordnen, dass ein Zugriff ohne Hilfsmittel (Leiter) nicht ohne weiteres möglich ist. Luftleitungen sind so zu befestigen, dass sie nicht als „Turngeräte“ dienen können. In den Klassenzimmern sind Abluft- bzw. Überströmbereiche so anzuordnen bzw. zu schützen, dass sie nicht als „Müllschlucker“ missbraucht werden.

### 1.3.2 Energetische Standards

**Heizlast:** Geringe Heizlasten erlauben grundsätzlich die vollständige Abdeckung der Heizlast über die Zuluftnachheizung (siehe Sonderfall Zuluftheizung).

**Heizwärmebedarf:** Die Reduktion des Heizwärmebedarfs durch die Lüftungsanlage wird meist auf die Effizienz der Wärmerückgewinnung des Gerätes reduziert. Noch immer wird der Einfluss der Transmissionsverluste der Leitungsoberflächen der Luftleitungen unterschätzt. Lange Leitungsführungen von Außenluft und Fortluft innerhalb der beheizten Gebäudehülle sind prinzipiell zu vermeiden, da sie hinsichtlich des Wärmeschutzes wie Außenbauteile behandelt werden müssten. In der Praxis werden aber kaum Dämmstärken >50mm angebracht. In der neuen Berechnungsmethode des Energieausweises werden diese Verluste aber nun ebenfalls berücksichtigt.

**Strombedarf für Lüftung (Ventilation, Frostschutz):** Als Richtwerte für den spezifischen Energiebedarf, bezogen auf die transportierte Luftmenge pro Ventilatoreinheit, dienen die sieben SFP-Klassen gemäß ÖNORM EN 13779:2008. Grundsätzlich ist durch die OIB-Richtlinie 6 nur mehr die SFP-Klasse 1 zulässig. Neben dem Strom für die Ventilatoren ist jedoch insbesondere der Strombedarf für den Frostschutz zu beachten. Weitere Stromverbraucher bei einer Lüftungsanlage sind z.B. der Antrieb für einen Rotor, Pumpen, Regelung, etc. Diese Zusatzverbraucher sind ebenfalls in die Bedarfsberechnungen einzubeziehen und zu optimieren.

### 1.3.3 Innenraumluftqualität

**Außenluftqualität:** Die Innenraumluftqualität ist abhängig von der Außenluftqualität. Abhängig von der Belastung der Außenluft mit Schwebstoffen sollte die Güte der Filterklasse und die erwartete Standzeit des Filters und somit die Filterfläche festgelegt werden. Gasförmige Stoffe oder Gerüche können mit üblicher Filtertechnologie nicht zurückgehalten werden. Grundlegenden Einfluss auf die nutzbare Außenluftqualität sowie die Betriebssicherheit hat die Platzierung der Außenluftansaugung. In der EN 13779:2008 wird eine Einteilung in drei Klassen (ODA1/ODA2/ODA3) vorgenommen, wobei es nur eine grobe Richtlinie zur Zuordnung gibt.

**Schadstoff- bzw. Chemikalienmanagement:** Auch die kontrollierte Be- und Entlüftung von Klassenräumen ersetzt nicht den sorgsamsten Umgang mit flüchtigen, die Raumluft belastenden, Chemikalien. Spezialisierte Berater bieten Hilfestellung bei der Auswahl von Klebern, Anstrichen, Bodenbelägen und sonstiger Innenausstattung. Zum Teil gibt es bereits ein Labelling für schadstoffarme Produkte.

**Betriebsbedingte Geruchs- oder Schadstoffemissionen:** Hausgemachte Geruchs- bzw. Schadstoffe (z.B. Mensa) können durch die Thermik im Gebäude verfrachtet werden. Bei der Mehrfachnutzung der Luft über mehrere Zonen hinweg ist sicherzustellen, dass diese Zone als letztes gereiht ist und der Unterdruck ausreicht, um eine Kontamination benachbarter Bereiche zu verhindern. Bei der Auswahl von Wärmerückgewinnungstypen ist zu gewährleisten, dass belastete Abluft nicht in die Zuluft rückgeführt werden kann.

#### 1.3.4 Einhaltung der Raumluftfeuchte

Unter der Annahme, dass in den Klassenzimmern die SchülerInnen die einzige wesentliche Feuchtelast darstellen, kommt es bereits ab einer Luftqualitätsklasse von IDA 3 nach EN 13779:2008 und bei einem gemäßigten Klima unweigerlich zu einer meist mehrwöchigen Unterschreitung der Behaglichkeitsfeuchte von 30%. In diesem Abschnitt sind die Maßnahmen zur Erhöhung der Raumluftfeuchte erläutert.

**Begleitmaßnahmen:** Wesentlicher Punkt zur Bewahrung der Raumluftfeuchte ist eine luftdichte Gebäudehülle zur Vermeidung des unkontrollierten Luftaustausches und eine bedarfsorientierte Luftmengenregelung, die einerseits die Luftmenge an die Belegung anpasst, und bei Abwesenheit die Lüftungsanlage auf den Grundlüftungsbedarf reduziert.

Wie in Abschnitt 5.2.5 erläutert, wird die Raumluft fälschlicherweise auch als zu trocken empfunden, wenn die Staubkonzentration erhöht ist und es zu einer Staubpyrolyse an heißen Oberflächen wie z.B. an zu klein dimensionierten Heizkörpern mit hohen Vorlauftemperaturen kommt. Grundsätzlich sollten daher Wärmeabgabesysteme eingesetzt werden, die niedrige Oberflächentemperaturen erlauben bzw. eine einfache und rasche Staubreinigung ermöglichen. Mehrreihige Heizkörper mit Konvektorlamellen, sowie nicht rasch öffnende Heizkörperverkleidungen sollten daher aus hygienischen Gründen prinzipiell vermieden werden.

**Feuchterückgewinnung:** Grundsätzlich muss bei Geräten mit Wärme-/Feuchterückgewinnung (Enthalpierückgewinnung) zwischen „Kondensat“-Rückgewinnern und „Wasserdampf“-Rückgewinnern unterschieden werden. „Kondensat“-Rückgewinner sind sowohl aus hygienischer Sicht, als auch aufgrund ihres geringen Kondensationspotentials nicht geeignet, die Raumlufffeuchte merklich anzuheben. „Wasserdampf“-Rückgewinner benötigen für die Feuchteübertragung keine Kondensation, sondern es genügt die Differenz des Feuchtegehaltes zwischen Außenluft und Abluft. Plattenwärmeübertrager mit dampfdurchlässigen Membranen wie sie bei Wohnraumlüftungsgeräten für die kombinierte Wärme- und Feuchteübertragung schon erhältlich sind, werden in der erforderlichen Dimension für die Anwendung im Klassenzimmerbereich noch nicht angeboten.

Bei der Überlegung zum Einsatz von Feuchterückgewinnungstechnologien müssen grundsätzlich etwas höhere Anschaffungskosten einkalkuliert werden. Informationen hinsichtlich spezieller Wartungsanforderungen oder Filterstufen für diese Systeme müssen bei den jeweiligen Herstellern angefordert werden.

**Aktive Befeuchtung:** Unabhängig davon, ob die Befeuchtung zentral oder dezentral bzw. von der Lüftungsanlage unabhängig direkt in den Klassen erfolgt, muss die Wartung gesichert werden, um einem hygienischen Risiko vorzubeugen. Aus energetischer Sicht ist die adiabate Befeuchtung durch Verdunstung (Zerstäuber, Nebler, Luftwäscher) mit aufbereitetem Wasser zu bevorzugen. Die Energiemenge zur Befeuchtung gegenüber Dampfbefeuchtern ist grundsätzlich fast gleich, bei Dampfbefeuchtern wird im Normalfall jedoch Strom als Energiequelle eingesetzt und bei

Verdunstungsbefeuchtern erfolgt die Nachwärmung durch die kostengünstigere Heizung.

**Zimmerpflanzen:** Die Feuchteabgabe von Pflanzen ist direkt proportional zu Ihrer Aktivität (Photosynthese), die wiederum abhängig vom Lichtangebot ist. Die Konkurrenzsituation zwischen Personen und Pflanzen bezüglich Tageslicht erlaubt es nicht, die Pflanzen nahe den Fenstern aufzustellen. In Frage kommen daher nur Pflanzen mit geringem Lichtbedarf. Demnach ist die erzielbare Befeuchtungswirkung im Winter bei üblichen Klassengrößen und konventioneller künstlicher Beleuchtung stark begrenzt und daher nur selten zufriedenstellend. Umgekehrt ist die höhere Feuchteproduktion in den Sommermonaten eher nicht erwünscht. Ähnlich wie die aktive Befeuchtung benötigen Pflanzen eine fachgerechte Betreuung, und das auch in den Ferienzeiten. Unabhängig davon wird Pflanzen aber eine physiologisch positive Wirkung zugeschrieben. Bestimmte Pflanzengattungen ermöglichen außerdem den Abbau von Schadstoffen in der Raumlufft.

**Besondere Anforderungen an die Raumlufffeuchte:** In manchen Fällen kann es unabhängig von den physiologischen Anforderungen auch spezielle Vorgaben an die Raumlufffeuchte geben, die Einrichtungen, Geräte oder Lehrmittel betreffen. Beispielsweise seien hier Musikschulen (Holzinstrumente) oder empfindliche elektronische Laboreinrichtungen (elektrostatische Entladung) angeführt, die die Einhaltung eines bestimmten Feuchtebereiches erfordern.

Tabelle 1.7: Einflussfaktoren auf die Raumlufffeuchte und Gegenmaßnahmen

<i>Risiko niedriger Raumlufffeuchte</i>	<i>Einfluss-Parameter*</i>			<i>Maßnahmen</i>
sehr hoch (<20% r.F. ohne Maßnahmen)	Luftdichtheit Klassenraum >2,0/h	inneralpines Klima, (Normaußentemp. < -18°C)	Raumluffqualität IDA 1	sorptive Feuchterückgewinnung oder/und Befeuchtung
erhöht (<25% r.F. ohne Maßnahmen)	Luftdichtheit Klassenraum 1,0...2,0/h	Klimazone mit alpinem Einfluss (Normaußentemp. -18...-10°C)	Raumluffqualität IDA 2	sorptive Feuchterückgewinnung oder Befeuchtung
mittel (<30% r.F. ohne Maßnahmen)	Feuchtepufferung im Raum eingeschränkt**	gemäßigtes Klima (Normaußentemp. > -10°C)	Raumluffqualität IDA 3	sorptive Feuchterückgewinnung oder kombinierte Feuchte-/CO <sub>2</sub> - Regelung

\*bereits 1 erfülltes Kriterium ist ausreichend, um Maßnahmen zu setzen

\*\*diffusionsdicht beschichtete bzw. lackierte Oberflächen, Glas, Metall, Kunststoffbeläge, etc.

**Entfeuchtung:** An feuchtheißen Junitagen kommt es nach den Erfahrungen der Evaluierung relativ häufig zu einer Überschreitung der oberen Behaglichkeitsgrenzen. Von einer Klimatisierung wird aber abgeraten, da die Nutzungsdauer dieser Einrichtung nur wenige Stunden im Jahr beträgt und daher im Regelfall nicht kosteneffizient erscheint. Zur Begrenzung der Raumlufffeuchte und –temperatur sollte die Nachtlüftungsfunktion der Lüftungsanlage bzw. ein eigenes effizientes Nachtlüftungssystem im Zusammenspiel mit speicherfähigen und feuchtesorptiven Raumboflächen geschaffen werden.

### 1.3.5 Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich

Um das Zugluftrisiko im Aufenthaltsbereich zu minimieren, ist der Platzierung und Auslegung der Luftauslässe bei Induktionssystemen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Quellluftsysteme sind bei den Behaglichkeitswerten bzw. dem Zugluftrisiko deutlich im Vorteil. Insbesondere bei niedrigen Raumhöhen und Ablenkungen an der Decke (z.B. Unterzüge) sind Induktionslüftungen kritisch. Auswahlkriterien für Quell- oder Induktionslüftung siehe Abschnitt 1.2.4.

### 1.3.6 Akustik

**Schallabsorption:** Die Nachhallzeit ist durch entsprechende Bedämpfung (z.B. Akustikdecke) auf  $<0,5s$  bzw. die Werte der Gebäudevoraussetzung V2 der 61 Qualitätskriterien zu beschränken. Neben einer besseren Sprachverständlichkeit kann auch die Schalleinwirkung von Schallquellen im Raum (PC-Lüfter, Beamer, Luftdurchlässe, Lüftungsgerät) reduziert werden. Die üblichen Werte der Gehäuseabstrahlung von Geräten erfordern bei Situierung im Klassenzimmer eine zusätzliche schallgedämmte Einhausung.

**Schallschutz vor Außenlärm:** Um den maximalen Schallschutz geschlossener Fenster nutzen zu können, dürfen die Durchlässe von Außenluft und Fortluft den Schallschutz der Außenbauteile nicht schwächen. Dies wird durch entsprechende Schalldämpferauslegung sichergestellt. An stark lärmbelasteten Standorten sind zentrale Anlagen zu bevorzugen.

**Schallschutz Lüftungsgerät:** Um die Schallfortpflanzung von Gerät an das Luftleitungsnetz zu unterbinden, sind entsprechende an das Frequenzband des Gerätes angepasste Schalldämpfer in der Zuluft- und Ablufthauptleitung vorzusehen.

**Telefonieschallschutz:** Bei zentralen Anlagen muss die Schallübertragung zwischen den Klassenräumen bedingt durch die gemeinsamen Zuluft- und eventuell Abluftstränge mit entsprechenden Schalldämpfern soweit verringert werden, dass das einzuhaltende Schalldämmmaß der Raumtrennung zwischen den Klassenräumen nicht geschwächt wird.

**Trittschallschutz:** Bei im Fußbodenaufbau integrierten Luftleitungen muss beachtet werden, dass das Trittschalldämmmaß nicht geschwächt wird.

**Schallschutz der Anrainer:** Die Schallemissionen der Außen- und Fortluftdurchlässe sind durch Schalldämpfer oder durch geeignete Situierung soweit zu reduzieren, dass bestehende oder zukünftige Anrainer geschützt werden.

### 1.3.7 Brandschutz

Es wird auf die zum Teil noch immer örtlich unterschiedlichen Brandschutzvorschriften hingewiesen.

**Brandabschnitte:** Bei der Festlegung der Luftführung ist das Durchdringen unterschiedliche Brandabschnitte aus Kostengründen möglichst zu vermeiden.

**Materialien von Komponenten:** Bei der Auswahl der Komponenten ist die für den Anwendungsfall geforderte Brandschutzklasse zu beachten.

Allgemeine Hinweise betreffend Bauwerke sind in der OIB-Richtlinie 2, „Brandschutz“, Ausgabe: April 2007 zu finden.

### 1.3.8 Sommerlicher Überwärmungsschutz

Ein häufiger Kritikpunkt, der in der Akzeptanzanalyse angegeben wurde, war die Unzufriedenheit mit der Überwärmung der Klassenzimmer. Diese Komforteinbußen werden fast ausschließlich einer mangelhaften Funktion der Lüftungsanlage zugeschrieben. Diese Überwärmung kann bereits bei Außentemperaturen von unter 15°C auftreten. Auch wenn die Wärmerückgewinnung im Gerät umgangen wird, reicht die Luftmenge nicht aus, um den allein durch den Wärmeeintrag der SchülerInnen verursachten Temperaturanstieg der Raumluft zu verhindern. Wenn zu Unterrichtsbeginn bereits Raumtemperaturen um 24°C herrschen, kann meist eine Überwärmung nicht mehr verhindert werden. Zusätzliche solare Wärmeeinträge können von einer Lüftungsanlage keinesfalls zusätzlich abgeführt werden.

**Bauliche Voraussetzungen:** Erhebliche Wärmeeinträge erfolgen besonders an nicht Nord-orientierten Glasflächen durch direkte Sonneneinstrahlung. Aus diesem Grund müssen primär passive Maßnahmen in Form von automatisierten Außenbeschattungen, die auch außerhalb der Unterrichtszeit ohne Nutzereingriff wirksam sind, eingesetzt werden. Neben der Minimierung von Wärmeeinträgen trägt vor allem eine schwere Bauweise mit wärmespeicherfähigen Oberflächen wesentlich zur Dämpfung der Temperaturspitzen bei.

**Nachtlüftung mittels Lüftungsanlage:** Ergänzend zu den Betriebszeiten der Lüftungsanlage für den hygienischen Luftwechsel während der Unterrichtszeit kann eine Temperatursteuerung bei Bedarf die Anlage in der Nacht in Betrieb nehmen und unter Umgehung der Wärmerückgewinnung eine Nachtlüftungsfunktion übernehmen. Bei längerer Leitungsführung schränken die Transmissionsverluste der ungedämmten Zuluftleitungen den Kühleffekt für die Klassenzimmer deutlich ein. Der praktikablere Weg wäre daher, die Außenlufteinbringung direkt über motorisch öffnbare

Oberlichten in den Klassen zu realisieren, die über Kontakte nur den Abluftventilator des Lüftungsgerätes freigeben. Der Abluftventilator sollte bei der Nachtlüftungsfunktion auf höchster Stufe betrieben werden.

**Eigenes Nachtlüftungssystem:** Noch wirksamer als die Nachtlüftungsfunktion der Lüftungsanlage ist die Schaffung eines eigenen Systems, das es ermöglicht, noch höhere Luftwechselzahlen zu erreichen. Dazu müssen ausreichend dimensionierte Überströmöffnungen eingerichtet werden bzw. Klappen vom Klassenraum zum zentralen Gang hin öffnen. Aufgrund der meist kurzen Nutzungsdauer von wenigen Tagen bzw. Wochen ist allerdings die Kosteneffizienz solcher Systeme zu hinterfragen.

**Kühlung/Klimatisierung:** Siehe unter „Entfeuchtung“



### 1.3.9 Organisatorische Kriterien

**Anlagenbetreuung:** Für die Betriebssicherung der Anlage muss eine klare Trennung der Aufgaben erfolgen, da für die Anlagenbetreuung unterschiedliche Qualifikationen und Einsatzzeiten erforderlich sind (siehe Abschnitt 14.2.2).

Entscheidend für den laufenden Betrieb ist die gesicherte Zusammenarbeit zwischen geschultem Hauswart und dem Fachpersonal (technischer Support).

**Optimierung:** Aus den Erfahrungen der Evaluation sind gerade die ersten 1 bis 2 Jahre im Betrieb problematisch, da in dieser Zeit noch Einstell- und Optimierungsarbeiten notwendig sind. Gerade in dieser Zeit wird aber das Image einer Lüftungsanlage bei den Lehrern/Schülern gebildet. Daher ist es sehr wichtig, diese erste Phase mit gut ausgebildetem Fachpersonal in Kooperation mit der Schulleitung und dem Hauswart zu meistern. Der Hauswart alleine ist oft nicht in der Lage, die komplexen Zusammenhänge zwischen dem Gebäude, der Heizung, der Lüftung und den Benutzern zu verstehen und verfällt bei nicht fachgerechter externer Betreuung in Resignation, die bis zur Abschaltung der Anlage führen kann.

### 1.3.10 Wirtschaftliche Kriterien

Wirtschaftliche Entscheidungen sollten immer anhand der Lebenszykluskosten und nicht an den Investitionskosten getroffen werden. Weitere Ausführungen zu den finanziellen Aspekten finden sie in Kapitel 13.

## 1.4 Die 61 Qualitätskriterien

Die 61 Qualitätskriterien sind ein wesentlicher Bestandteil des Planungsleitfades und stehen als eigenes Dokument „61 Qualitätskriterien für Klassenzimmerlüftungen mit Erläuterungen“ oder als gekürzte Fassung „61 Qualitätskriterien für Klassenzimmerlüftungen ohne Erläuterungen“ zum Download auf [www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at) – Bereich Klassenzimmerlüftung zur Verfügung.

## 2 AUSSCHREIBUNG

Alle für die Anlage relevanten 61 Qualitätskriterien können natürlich als Gesamtheit integraler Bestandteil der Ausschreibung gemacht werden. Für die Ausschreibung bzw. Auftragsvergabe ist die konkrete Definition der folgenden Anforderungen jedoch besonders essentiell, da die Normen teils unterschiedlich sind bzw. nur als Bandbreite (z.B. Luftqualität in EN 13779:2008 bzw. ÖNORM H 6039) enthalten sind, aber keine eindeutigen Vorgabe machen:

1. Luftqualität (QK1) und Feuchteanforderung (QK3)
2. Maximale Schallbelastung (QK4)
3. Energieeffizienz
  - a. Wärmerückgewinnungsgrad (QK 27)
  - b. Strombedarf der Gesamtanlage (QK 28)
  - c. Art bzw. Strombedarf des Frostschutzes (QK 21, 22 bzw. 40)
4. Schutz vor sommerlicher Überwärmung (regelbarer Wärmetauscher bzw. regelbarer Bypass) (QK 38)

Es ist bei den einzelnen Kriterien auch festzulegen, ob die Standardwerte oder Zielwerte gefordert werden. Eine Möglichkeit besteht auch darin, sich die Zielwerte jeweils als Variante anbieten zu lassen.

Ein Punkt der auch schon in der Ausschreibung eingefordert werden sollte ist die Berechnung der laufenden Betriebskosten, wie Stromkosten, Kosten für den Filtertausch, Kosten für den Wartungsvertrag, ... sowie die notwendigen, frühzeitigen Vorgaben für andere Gewerke.

Die 7 wesentlichen Qualitätskriterien für die Ausschreibung bzw. Bestellung stehen als eigenes Dokument „**7 Ausschreibungskriterien für Klassenzimmerlüftungen**“ zum Download auf [www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at) – Bereich Klassenzimmerlüftung zur Verfügung.



## 3 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.

### 3.1 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 €/m<sup>2</sup> und für eine zentrale Anlage mit 80 bis 140 €/m<sup>2</sup> angeführt. Dies entspricht bei einer typischen Klassengröße von 62,5 m<sup>2</sup> für dezentrale Anlagen Kosten zwischen € 5.600,-- und € 10.600 sowie für zentrale Anlagen zwischen € 5.000,-- und € 8.750,-- pro Klasse.

### 3.2 Betriebskosten

Betriebskosten fallen insbesondere an für:

- Strombedarf
- Überwachung – Betrieb
- Instandhaltung

### 3.3 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 3.1: Strombedarf

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

SPF-Kategorie	P <sub>SFP min</sub> [W*m <sup>-3</sup> *h]	P <sub>SFP max</sub> [W*m <sup>-3</sup> *h]	Strom min. kWh/a	Strom max. kWh/a	Kosten min. €/a	Kosten max. €/a
SFP 1 <sup>(*)</sup>	<	0,14	<	137	<	22
SFP 2 <sup>(*)</sup>	0,14	0,21	137	205	22	33
SFP 3 <sup>(*)</sup>	0,21	0,35	205	341	33	55
SFP 4 <sup>(*)</sup>	0,35	0,56	341	546	55	87
SFP 5 <sup>(*)</sup>	0,56	0,83	546	809	87	129
SFP 6 <sup>(*)</sup>	0,83	1,25	809	1.219	129	195
SFP 7 <sup>(*)</sup>	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/(m<sup>3</sup>h) (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 sie für die sommerliche Nachlüftung betrieben wird, erhöhen sich die Kosten entsprechend.

### 3.4 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.

### 3.5 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 CO<sub>2</sub>-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 ÖNORM B 8110-5:2007 von 3.400 Kd Heizgradtagen folgende theoretische Einsparungen bei den Lüftungsverlusten:

Tabelle 3.2: Eingesparte Heizkosten

Spezifischer Luftmenge pro Schüler:	30	m <sup>3</sup> /h
Anzahl SchülerInnen:	25	P.
Gesamte Luftmenge:	750	m <sup>3</sup> /Std.
Betriebsstunden im Winterhalbjahr:	650	Std.
Gesamtluftmenge Winterhalbjahr:	487.500	m <sup>3</sup>
Durchschnittliche Luftmenge Winterhalbjahr:	111	m <sup>3</sup> /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.

## 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.

### 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 CO<sub>2</sub>-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.

## 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.

### Zusammengestellt von:

TB DI Andreas Greml: [andreas.greml@andreasgreml.at](mailto:andreas.greml@andreasgreml.at) (früher FH Kufstein)

DI Roland Kapferer, Energie Tirol: [roland.kapferer@energie-tirol.at](mailto:roland.kapferer@energie-tirol.at)

Ing. Wolfgang Leitzinger, arsenal research: [wolfgang.leitzinger@arsenal.ac.at](mailto:wolfgang.leitzinger@arsenal.ac.at)

DI (FH) Arnold Gössler, AEE Intec [a.goessler@aee.at](mailto:a.goessler@aee.at)

Rückfragen bitte an DI Andreas Greml

Projekthomepage: [www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at) oder [www.xn--komfortlftung-3ob.at](http://www.xn--komfortlftung-3ob.at)

Kritik, Anregungen, ... bitte an:  [andreas.greml@andreasgreml.at](mailto:andreas.greml@andreasgreml.at)

Herausgegeben von:



Gefördert durch:



Der Planungsleitfaden wurde nach bestem Wissen und Gewissen entwickelt. Eine Haftung jeglicher Art kann jedoch nicht übernommen bzw. abgeleitet werden.