



klimaaktiv Leitfaden Komfortlüftung

Empfehlungen für Professionist:innen



Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autoren: Andreas Greml (komfortlüftung.at), Andreas Riedmann (Energie Tirol)

Gesamtumsetzung: Gerhard Moritz (Büro für Effizienz.)

Bildnachweis: stock.adobe.com – AntonSh (Cover)

Wien, August 2022

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMK und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an verein@komfortlueftung.at

Inhalt

So nutzen Sie den Leitfaden	5
Was soll erreicht werden?	7
Stromeffizienz.....	7
Wärmeeffizienz beziehungsweise Wärme-/Feuchterückgewinnung	7
Grundsätzliche Empfehlungen	8
Lage des Technikraums	8
Dimensionierung des Lüftungsgerätes.....	9
Nachteile durch die Überdimensionierung von Lüftungsanlagen	10
Erweiterte Kaskade.....	10
Regelung.....	11
Konstant-Druckregelung	11
Variable Druckregelung.....	11
Externer Druckverlust.....	12
Luftfeuchtigkeit	12
Frostschutzheizung.....	13
Thermische Luftbehandlung und Lüftungseffektivität.....	13
Empfehlungen – Stromeffizienz	14
Interner Druckverlust	16
Externer Druckverlust.....	17
Exkurs: Filternorm ISO 16890.....	18
Optimierung der Gesamtluftmengen	20
Optimierte Luftkaskade.....	20
Einfamilien-/Mehrfamilienhaus	20
Bildungseinrichtungen und vergleichbare Layouts wie Büros.....	21
Dichtheit von raumlufttechnischen Anlagen	22
Nur hygienisch notwendige Luftmengen	23
Einfamilien-/Mehrfamilienhaus	23
Zu- und Abluftmengen im Wohnbau	24
Bildungseinrichtungen und vergleichbare Layouts.....	25
Schulisch und kommunal genutzte Sporthallen.....	26
Optimale Anpassung der Luftmengen an den Bedarf.....	27
Einfamilien-/Mehrfamilienhaus	27
Schulen/Kindergärten	28

Empfehlungen – Wärmeeffizienz	29
Wärme- und Feuchterückgewinnung.....	29
Bypass für Wärmetauscher	30
Dämmung des Lüftungsgerätes.....	30
Dämmung der Luftleitungen	31
Dämmstärken von Lüftungsleitungen bezogen auf Raumauskühlung	32
Aktive Befeuchtung im Winterfall	34
Luftwäscher	35
Adiabate Befeuchtung mit Ionendotierung	35
Dampfbefeuchtung	35
Isotherme Zuluft-Einbringung im Sommerfall	36
Über klimaaktiv	38
Tabellenverzeichnis	39
Abbildungsverzeichnis	39
Abkürzungen	40

So nutzen Sie den Leitfaden

Nicht nur in privaten Wohngebäuden, sondern vor allem auch in Büros und Bildungseinrichtungen ist der Einbau von Lüftungsanlagen inzwischen eine Selbstverständlichkeit. Komfortlüftungen sorgen kontinuierlich für frische, saubere Luft ohne Zugerscheinungen. Durch den Einsatz einer Wärme- und Feuchterückgewinnung wird außerdem Heizenergie eingespart und somit das Klima geschützt. Häuser mit Zukunft bauen auf diese moderne, einfache Technik.

klimaaktiv Hinweis

Während ein Mensch ohne feste Nahrung bis zu einem Monat auskommt und auch ohne Flüssigkeit circa eine Woche überlebt, erstreckt sich dieser Zeitraum ohne Luft nur auf wenige Minuten. Und trotzdem messen wir unserem wichtigsten Lebensmittel zum Großteil nur eine untergeordnete Bedeutung bei!

Der vorliegende klima**aktiv** Leitfaden unterstützt planende und installierende Fachpersonen, aber auch Schüler:innen und Student:innen im Fachbereich technische Gebäudeausrüstung auf dem Weg zur guten, effizienten Planung von Lüftungsanlagen. Dabei wird aufgezeigt, dass Raumluftqualität, niedrige Betriebskosten und Effizienz sich nicht konkurrieren, sondern sehr gut miteinander vereinbar sind.

Zudem dient der Leitfaden als Ergänzung zu den nationalen Normenwerken und den Qualitätskriterien des Vereins [komfortlüftung.at](http://komfortlueftung.at) für

- [das Einfamilienhaus \(EFH\)](#),
- [das Mehrfamilienhaus \(MFH\)](#) sowie
- [Schulen und Kindergärten](#).

Er soll zielgerichtet auf die wichtigsten Aspekte hocheffizienter Komfortlüftungen aufmerksam machen. Der Fokus liegt nicht nur auf der Veröffentlichung von energierelevanten Kennzahlen, sondern auch auf praktischen Handlungsanleitungen, wie diese Kennzahlen erreicht und in zukunftstaugliche Gebäude integriert werden können.

Zudem gibt es klimaaktiv Publikationen, die bei der Planung, Anschaffung und Installation im Bereich Haustechnik helfen:

- [Wegweiser zur guten Installation von Komfortlüftungsanlagen](#)
- [Ratgeber Komfortlüftung](#)
- [Komfortlüftung im Neubau](#)
- [Lüftungslösungen in der Sanierung](#)
- [Die richtige Heizung für mein Haus](#)
- [Wegweiser Heizkessel, Wärmeverteilung und -abgabe](#)
- [Wegweiser zur guten Installation von Wärmepumpen](#)
- [Wegweiser zur guten Installation von Photovoltaik-Anlagen](#)
- [Wegweiser zur guten Installation von Solaranlagen](#)
- [Leitfaden Warmwasserbereitung für Professionist:innen](#)
- [Ratgeber Warmwasserbereitung für Ein- und Zweifamilienhäuser](#)
- [Ratgeber Infrarotheizung](#)
- [So läuft Ihre Wärmepumpe rund – Tipps für die Planung und Installation](#)

Die klimaaktiv Wegweiser und Ratgeber ergänzen gemeinsam mit der [Bewertungsmatrix](#) für klimaaktiv Heizsysteme die klimaaktiv [Gebäudestandards für Neubau und Sanierung](#).

klimaaktiv Gebäudestandard

Mit dem klimaaktiv Gebäudestandard wird die energetische und ökologische Qualität von Neubauten und Sanierungen dokumentiert. Die Bewertung und Qualitätssicherung erfolgt – unter Zuhilfenahme eines Kriterienkatalogs – nach einem einfachen 1000-Punktesystem. Dabei bilden die Basiskriterien einen kompakten Einstieg und die Mindestanforderungen, um klimaaktiv Gebäude zu deklarieren. klimaaktiv Kriterienkataloge gibt es für alle Gebäudekategorien (Wohn- und Dienstleistungsgebäude) und sowohl für Neubauten als auch für Gebäudesanierungen.

Was soll erreicht werden?

Die Planung einer Lüftungsanlage bestimmt nicht nur die Investitionsausgaben, sondern vor allem auch die zukünftigen Betriebskosten. Mit dem vorliegenden Leitfaden sollen Fachpersonen bei der Planung von finanziell günstigen und effizienten Lüftungsanlagen unterstützt werden.

Stromeffizienz

Kennwert für die Stromeffizienz ist die spezifische elektrische Leistungsaufnahme in Watt/(m³/h) umgewälzter Luft der gesamten Anlage bei Validierungsbedingungen (ungebrauchte Filter). Diese Kennzahlen sind wie folgt definiert:

- Einfamilienhaus: maximal 0,40 W/(m³/h) – Zielwert weniger als 0,25 W/(m³/h)
- Mehrfamilienhaus, Schulen/Kindergärten, Büros: maximal 0,45 W/(m³/h) – Zielwert weniger als 0,35 W/(m³/h)

Geringe Mehrverbräuche durch Filterverschmutzung und elektrischen Frostschutz werden als gegeben erachtet.

Wärmeeffizienz beziehungsweise Wärme-/Feuchterückgewinnung

Komfortlüftungsanlagen unterscheiden sich von reinen Abluftanlagen durch eine hohe Wärmeeffizienz (Wärme- und Feuchterückgewinnung) sowie durch die gezielte Vermeidung von Wärmeverlusten beim Lüftungsgerät und den Luftleitungen.

Das Verhältnis von Stromverbrauch (inklusive Frostschutz) im Verhältnis zur Reduktion der Lüftungsverluste soll deutlich über 1 zu 5 liegen (siehe auch Kapitel „Frostschutzheizung“ auf Seite 13).

Grundsätzliche Empfehlungen

Die Dimensionierung und Lage der Lüftungsgeräte und Technischächte wie auch die Lage der Außenluftansaugung und der Fortluftführung müssen von Architekt:innen im Neubau und in der Sanierung bereits in der Leistungsphase „Vorentwurf“ konsequent mitverfolgt werden, um eine kostengünstige und effiziente Lüftungsanlage realisieren zu können.

Je fortgeschrittener die Gebäudeplanung ohne Rücksichtnahme auf die Lüftung ist, desto kostenintensiver ist auch eine nachträgliche Anpassung der Lüftungsplanung an das Gebäudelay-out. Der Ansatz der integralen Planung – bereits ab dem Architektur-Wettbewerb – ist in Österreich noch die Ausnahme, international aber durchaus Standard.

Lage des Technikraums

Die Lage des Technikraums ist eine der wichtigsten planerischen Entscheidungen. Sie ist die Basis für alle weiteren herstellungs- und betriebskostenrelevanten Entscheidungen.

Die Ansaugung der Außenluft sollte an einer Stelle geschehen, an der die Umgebungs-Immissionen (zum Beispiel Autoverkehr, Recyclinginseln und so weiter) möglichst gering sind und an der sich im Sommer kein Hitzestau bilden kann. Kurze Kanalwege für die Außenluftansaugung und auch die Fortluft reduzieren sowohl die Material- und Errichtungskosten (Kanäle und Kanaldämmung) als auch die Stromkosten im laufenden Betrieb. Wo immer möglich empfiehlt es sich, Dachzentralen zu errichten (keine Außen- und Fortluftleitungen notwendig, kaum Platzprobleme, und eventuell notwendige Querverteilungen können unter der Dämmebene erfolgen). Kann keine Dachzentrale realisiert werden, ist die ideale Lage für den Technikraum an einer Außenwand. Bei kleineren Gebäuden bietet sich eine Ecklage an, bei größeren Objekten ist individuell zu entscheiden, wo die optimale Situierung ist. Statische Gesichtspunkte (Decken- und Wanddurchbrüche) fließen in die Betrachtung mit ein. Ein „Kurzschluss“ zwischen Außen- und Fortluft ist unbedingt zu verhindern.

Dimensionierung des Lüftungsgerätes

Der maximale Volumenstrom einer Lüftungsanlage wird mit der hygienisch erforderlichen Luftmenge bemessen. Eine Erhöhung der Luftmenge zum Heizen oder Kühlen sollte keinesfalls angestrebt werden, da die Luft im Verhältnis zum Wasser eine deutlich schlechtere Wärmekapazität aufweist, wodurch der Energietransport stromintensiv und teuer wird. Luft hat im Verhältnis zu Wasser bezogen auf die Masse eine circa viermal und bezogen auf das Volumen eine rund 3600-mal schlechtere spezifische Wärmekapazität, was den Energietransport mit Luft ineffizient macht.

Dieser Ansatz gilt nicht nur auf einzelne Räume bezogen, sondern für das gesamte Objekt. Wie im Wohnbau bereits üblich müssen auch bei öffentlichen Gebäuden Gleichzeitigkeiten in der Personenbelegung angesetzt werden, um Lüftungsgeräte nicht massiv überzudimensionieren.

Beispiele:

- Wenn sich Lehrpersonen in Klassenräumen aufhalten, können sie nicht gleichzeitig im Konferenzzimmer sein.
- Werden Klassen zweigeteilt, sind zwar zwei Räume (zur Hälfte) belegt, die absolute Anzahl der Schüler:innen bleibt jedoch konstant.
- Pausenräume sind nicht besetzt, wenn Personen gerade am Arbeitsplatz sitzen.

Ein stures „Zusammenzählen von Sitzplätzen“ führt in nahezu allen Fällen zu einer massiven Überdimensionierung des Lüftungsgerätes. Negativbeispiele aus der Praxis weisen einen Überdimensionierungsfaktor von bis zu 300 % auf, was zu deutlich überhöhten Investitions- und Betriebskosten führt.

Anmerkung

Das Kanalsystem muss immer auf die maximal mögliche Raumbelastung beziehungsweise Luftmenge ausgelegt werden. Eine Optimierung der Luftmenge durch Gleichzeitigkeit setzt eine raumweise Luftmengenregelung voraus.

Nachteile durch die Überdimensionierung von Lüftungsanlagen

- Unnötige Erhöhung von Errichtungskosten und elektrischer Anschlussleistung.
- Überflüssige Steigerung der Kosten von Nebenaggregaten \Rightarrow Heizen, isothermes Abkühlen, Befeuchten.
- Vermehrter Platzbedarf in Zentralen, Schächten und abgehängten Decken (soweit der freie Querschnitt korrekt dimensioniert wurde).
- Es kann davon ausgegangen werden, dass sich überdimensionierte Anlagen schwerer regeln lassen, da der Teillastfall bei einer optimalen Auslegung bereits im unteren Kennlinienfeld von Ventilatoren oder Volumenstromreglern liegt.
- Übertrieben hohe Luftwechselraten führen im Winterhalbjahr zu extrem trockener Luft und bedingen dadurch erst den Einsatz einer aktiven Befeuchtung.

Werden hingegen Kanäle und Rohre aus Platzgründen zu klein dimensioniert, führt dies sowohl zu einer hohen Stromaufnahme des Ventilators als auch zu Strömungsgeräuschen.

Erweiterte Kaskade

Eine Lüftungskaskade ist bei allen Nutzungen im Wohnbereich wie auch in öffentlichen Gebäuden Stand der Technik. Ziel ist eine sogenannte „optimierte Luftkaskade“ (siehe auch Kapitel „Optimierte Luftkaskade“ auf Seite 20).

Nutzungen mit Abluftfrachten (Küchen, Feuchträume, WCs, Aulen, Garderoben ...) stehen immer am Ende der Kaskade.

Oft werden Kaskaden nur in einer Geschoßebene gedacht. Es macht aber durchaus Sinn, die Kaskade über das gesamte Gebäude zu planen. Das heißt, dass auch Gänge und Stiegenhäuser in die erweiterte Kaskade einzubinden sind, da sich häufig Räume mit großen Abluftfrachten im Keller oder Erdgeschoß und Zulufräume in den oberen Stockwerken befinden.

Regelung

Eine Drehzahlregelung des Ventilators ist – bis auf einige Ausnahmen in der Industrie und im Gewerbe – Stand der Technik.

Konstant-Druckregelung

Als Minimalvariante kann die Konstant-Druckregelung angesehen werden. In diesem Fall erzeugt die Ventilatoreinheit unabhängig vom Volumenstrom immer denselben Druck. Wird – aus welchen Gründen auch immer – die Luftmenge in einem Raum reduziert, reagiert die Lüftungsanlage auf den steigenden Druck mit einer Reduktion der Ventilator-Drehzahl, bis der voreingestellte Anlagendruck wieder erreicht ist.

Variable Druckregelung

Eine weiterentwickelte Möglichkeit der Regelung stellt die variable Druckregelung dar. Ihr Vorteil liegt darin begründet, dass mittels Vernetzung von aktiven Volumenstromreglern in der Peripherie nicht nur der Volumenstrom in der Anlage, sondern auch der Anlagendruck in der Zu- und Abluft reduziert werden kann. Diese Variante bringt ein Maximum an Wartungsfreundlichkeit, Komfort für Nutzer:innen und Effizienz. Anlagen in Schulen und Kindergärten sind immer mit variabler Druck- und CO₂-Regelung auszustatten. Im Mehrfamilienhaus- und Bürobereich wird die variable Druckregelung zur einfacheren Anlagenbetreuung (Funktionskontrolle, Umstellung der Luftmengen) empfohlen. Aufgrund der homogenen Personenbelegung in diesen Gebäudearten ist sie jedoch nicht im gleichen Ausmaß relevant wie in Bildungs- und Betreuungsstätten. Aber auch Bürogebäude mit einer stark schwankenden Belegung profitieren von einer variablen Druckregelung. Die Entscheidung für ein solches technisches Upgrade ist also individuell mit den Nutzer:innen zu treffen.

Hinweis

Die Nachrüstung einer variablen Druckregelung ist nur mit einem sehr großen Aufwand möglich.

Externer Druckverlust

Der externe Druckverlust hängt von der Größe und Länge der Luftleitungen sowie den Einbauteilen (Schalldämpfer, Brandschutzklappen, Ventilen ...) ab. Als Planungsrichtwert für den externen Druckverlust je Strang (Außenluft – Zuluft, Abluft – Fortluft) gelten folgende Kennzahlen:

- Einfamilienhaus: maximal 75 Pa (Zielwert weniger als 50 Pa).
- Mehrfamilienhaus, Schulen/Kindergärten, Büros: maximal 200 Pa (Zielwert 150 Pa).

Werden diese Druckverluste nicht eingehalten, ist in der Regel das Kanalsystem zu klein dimensioniert oder es sind strömungstechnisch ungünstige Komponenten projiziert.

Luftfeuchtigkeit

Eine zu geringe Luftfeuchtigkeit – vor allem während der Heizperiode – ist im Zusammenhang mit dem Einsatz von Lüftungsgeräten immer ein Thema. Hygienisch einwandfreie Raumluft bedingt jedoch nicht zwangsweise zu trockene Bedingungen. Die einfachste Maßnahme, dem Problem zu trockener Luft zu begegnen, ist die Reduktion des Luftwechsels auf das hygienische Minimum. Eine raumweise Luftregelung leistet hier einen wichtigen Beitrag. Die verbleibende Luftmenge wird dann mittels Feuchterückgewinnung aus der Abluft „befeuchtet“. Dies steigert nicht nur die Behaglichkeit im Raum. Geräte mit Feuchterückgewinnung haben zusätzlich den Vorteil, dass sie insgesamt energieeffizienter sind und eine deutlich tiefere Vereisungstemperatur am Wärmetauscher aufweisen. Bei speziellen Nutzungen mit extrem hohen Luftwechselraten (Kliniken, Hörsäle) kann eine aktive Befeuchtung notwendig werden. Dies gilt jedoch immer nur für einzelne Zonen und nicht für die gesamte Anlage, denn eine aktive Befeuchtung ist immer kostenintensiv und hygienerelevant. Im Sinne der Energieeffizienz muss sie exergetisch günstig bereitgestellt werden (siehe auch Kapitel „Aktive Befeuchtung im Winterfall“ auf Seite 34).

Frostschutzheizung

Wenn eine Frostschutzheizung notwendig wird, ist diese genauestens zu regeln, bedarfsgerecht einzusetzen und zu überwachen. Frostschutzheizungen sind häufig für auf den ersten Blick nicht erklärbare Energieverbräuche bei Lüftungsanlagen verantwortlich. Die Frage nach der Einschalttemperatur der Frostschutzheizung und dem zu erwartenden jährlichen Energieverbrauch ist bei jedem Gebäudetyp und jeder Nutzung relevant. Die Bandbreite der Einschalttemperatur des Frostschutzes (ohne Sicherheitszuschlag) reicht von circa minus 15 °C bei Rotationswärmetauschern, über rund minus 7 °C bei Plattenwärmetauschern mit Feuchterückgewinnung bis zu circa minus 2 °C bei Plattenwärmetauschern ohne Feuchterückgewinnung.

Thermische Luftbehandlung und Lüftungseffektivität

Wie in Kapitel „Dimensionierung des Lüftungsgerätes“ auf Seite 9 angemerkt dürfen Lüftungsanlagen nicht zu Heiz- oder Kühlzwecken genutzt werden. Im Ein- und Mehrfamilienhaus soll grundsätzlich auf eine Nacherwärmung der Zuluft verzichtet werden. Dies ist nicht zu verwechseln mit einer isothermen Raumlufteinbringung bei größeren Luftmengen abseits des Wohnbaus. Eine isotherme Zuluft einbringung reduziert Zugscheinung, konterkariert jedoch das Prinzip der Quelllüftung. Das heißt, die Zulufttemperatur hat Auswirkung auf die Lüftungseffektivität und in weiterer Folge auf die Lage der Luftauslässe. Die Fragestellung der Lage der Luftauslässe muss frühzeitig zwischen Architektur und Haustechnik angesprochen und geklärt werden.

Empfehlungen – Stromeffizienz

Die Kennzahl der Stromeffizienz wird über die Leistungsaufnahme des Ventilators pro stündlich geförderter Luftmenge definiert und hat die Einheit $W/(m^3/h)$. Die Stromeffizienz bei Nennvolumenstrom sollte die Werte laut Tabelle 1 nicht überschreiten.

Tabelle 1: Stromeffizienz bei Nennstromvolumen

Gebäudetyp	maximal	Empfehlung
Einfamilienhaus	0,40 $W/(m^3/h)$	0,25 $W/(m^3/h)$
Mehrfamilienhaus/Büro/Schule/Kindergarten	0,45 $W/(m^3/h)$	0,35 $W/(m^3/h)$

Quelle: Maximalwerte H 6038 / H 6039, Empfehlungen: komfortlüftung.at

Diese spezifische elektrische Leistung im Auslegungsfall einer Lüftungsanlage hängt im Wesentlichen nur vom Wirkungsgrad der Ventilatoreinheit und dem Gesamtdruckverlust der Anlage ab. Wenn man davon ausgeht, dass immer eine Ventilatoreinheit (Laufrad, Antrieb, Motor und Frequenzumformer) mit höchstem Wirkungsgrad ausgewählt wird, bleibt der Gesamtdruckverlust die einzige zu optimierende Größe.

Der Gesamtdruckverlust setzt sich aus dem internen Druckverlust im Lüftungsgerät (inklusive aller Luftbehandlungseinheiten) und dem externen Druckverlust im Verteilsystem zusammen. Anstelle von Druckverlust wird auch häufig der Begriff „Pressung“ verwendet. Stromeffiziente Lüftungsplanung bedeutet – auch wenn Computerprogramme zur Hilfe genommen werden – immer eine Iteration¹ in mehreren Schritten hin zum Optimum.

¹ Bei der Iteration handelt es sich um die wiederholte Neuberechnung des Lüftungssystems, bis das angestrebte Optimum erreicht ist.

Um stromeffiziente Anlagen planen zu können, muss der Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit auf den Druckverlust (siehe dazu Tabelle 3 auf Seite 17) und damit auf die Leistungsaufnahme des Ventilators betrachtet werden.

Der Zusammenhang von Luftgeschwindigkeit und Druckverlust ist eine quadratische Funktion. Die doppelte Luftgeschwindigkeit bei gleicher Luftmenge erhöht den Druckverlust beziehungsweise den elektrischen Leistungsbedarf um den Faktor 4. Eine Auslegung mit geringer Luftgeschwindigkeit ist daher der Schlüssel für stromeffiziente Anlagen.

Angewendet auf die Dimensionierung des freien Querschnitts von Lüftungsgeräten und luftführenden Leitungen kann gesagt werden, dass eine Verdopplung des freien Querschnitts eine Halbierung der Strömungsgeschwindigkeit zur Folge hat und bei konstanter Luftmenge über die Anlagenlebensdauer 75 % Energie einspart.

Neben der Luftgeschwindigkeit bei Nennvolumenstrom hat bei Anlagen mit unterschiedlichen Volumenströmen auch die Regelungsstrategie einen deutlichen Einfluss auf den Jahresstromverbrauch.

Anlagen mit variabler Druckregelung können die Anlagenkennlinie fast ideal nachbilden und der elektrische Leistungsbedarf verringert sich annähernd mit der dritten Potenz der Luftmengenreduktion. Ohne Berücksichtigung des sich verändernden Wirkungsgrads der Ventilatoreinheit generiert eine Anlage mit variabler Druckregelung bei 50 % Luftmengenreduktion eine Leistungsreduktion am Ventilator auf ein Achtel beziehungsweise 12,5 % des ursprünglichen Werts.

Bei Anlagen mit Konstant-Druckregelung verringert ein geringerer Volumenstrom den Druckverlust in der Zuluft und Abluft nicht (dieser Druck wird ja konstant gehalten, das heißt, von den Volumenstromreglern aufgebaut oder vernichtet). Daher ändert sich bei einer Anlage mit Konstant-Druckregelung nur der Druckverlust in der Außen- und Fortluftleitung und im Lüftungsgerät. Die Einsparung an elektrischer Energie bei einer Konstant-Druckregelung ist daher deutlich geringer als bei der variablen Druckregelung.

Interner Druckverlust

Die Wahl eines Lüftungsgerätes der Klasse V1 (Luftgeschwindigkeit im Gerät maximal 1,6 m/s, Zielwert maximal 1,0 m/s bei Kleinanlagen) stellt sicher, dass der interne Druckverlust des Lüftungsgerätes den Anforderungen an die Stromeffizienz entspricht.

Bei großen und sehr großen Anlagen kann es nötig werden, diese Empfehlungswerte aus Platzgründen zu überschreiten, was jedoch immer eine individuelle und bewusste Entscheidung sein muss.

Tabelle 2: Geschwindigkeitsklassen von Lüftungsgeräten

Klasse	Geschwindigkeit im Gerät bezogen auf die Filter- oder Ventilatereinheit, wenn kein Filter vorhanden, in m/s
V1	≤ 1,6
V2	> 1,6 bis 1,8
V3	> 1,8 bis 2,0
V4	> 2,0 bis 2,2
V5	> 2,2 bis 2,5
V6	> 2,5 bis 2,8
V7	> 2,8 bis 3,2
V8	> 3,2 bis 3,6
V9	> 3,6

Quelle: RLT-Richtlinie 01 2018 (Richtlinie des Herstellerverbands Raumlufotechnische Geräte e. V.)

Der interne Druckverlust ist mit wenig Aufwand zu reduzieren. Vereinfacht gesagt gilt: je niedriger die Strömungsgeschwindigkeit im Gerät, desto geringer der Druckverlust. Das bedeutet schlichtweg, dass die Lüftungsgeräte in die Höhe und Breite wachsen, was bei vorausschauender Planung kein Problem darstellt. Zur Bemessung des nötigen Revisionsbereichs vor dem Lüftungsgerät gilt bei Anlagen abseits des Einfamilienhauses die Faustformel: einmal die Gerätebreite.

Externer Druckverlust

Ein geringer externer Druckverlust ist die Voraussetzung für einen leisen Betrieb und einen geringen Strombedarf der Komfortlüftungsanlage.

Anders als der interne Druckverlust, der durch den Lieferanten des Lüftungsgerätes ermittelt wird, ist der externe Druck die Summe der Druckverluste aller Bauteile, die auf der Baustelle eingesetzt werden. Dieser Druckverlust ist durch die Planer:innen zu ermitteln und dient dem Gerätelieferanten zur Auswahl des Lüftungsgerätes.

In der Planungsphase erfolgt die Ermittlung des externen Druckes immer vor der Auswahl des Lüftungsgerätes. Geschieht dies nicht in dieser Reihenfolge, kann nicht von einer professionellen Anlagenplanung gesprochen werden.

Schlüsselfaktoren für ein stromeffizientes Anlagendesign sind auch in diesem Fall die Strömungsgeschwindigkeiten, denn wie bereits erwähnt steigt der Druckverlust mit dem Quadrat der Luftgeschwindigkeit.

Tabelle 3: Maximale Strömungsgeschwindigkeiten in Kanälen und Rohren

m ³ /h	maximal	Empfehlung
bis 500	2,5 m/s	1,5 m/s
bis 1.000	3,0 m/s	2,5 m/s
bis 2.000	4,0 m/s	3,0 m/s
bis 5.000	5,0 m/s	4,0 m/s
über 5.000	6 m/s	5,0 m/s

Quelle: EnFK-Vollzugshilfe 2018 (Energiefachstellenkonferenz, Konferenz Kantonalen Energiedirektoren)

Hinweis

In einem verzweigten Luftleitungsnetz ist die Einhaltung der maximalen Luftgeschwindigkeit nur für jene Luftleitungen relevant, die Bestandteil des Strangs mit dem größten Druckverlust sind (häufig ist dies der längste Strang). Bei den übrigen Strängen kann der ohnehin erforderliche Druckabbau ohne energetische Nachteile durch erhöhte Luftgeschwindigkeiten statt mit Druckreduzierelementen umgesetzt werden.

Exkurs: Filternorm ISO 16890

Die Filternorm ISO 16890 hat einen direkten Bezug zu den Feinstaubgrößen PM10, PM2,5 und PM1 und bietet eine konkrete Auswahl für die gewünschten Filterungsziele sowie ein optimiertes Prüfverfahren.

Nachfolgend eine Gegenüberstellung der Filterqualität nach EN 16890 und der 2018 zurückgezogenen EN 779 gemäß VDI 6022 (die in älteren Dokumentationen/ Wartungslisten noch immer zu finden sind):

- G4 entspricht Coarse (60 %)
- M5 entspricht ePM10 (50 %)
- F7 entspricht ePM1 (50 %)
- F9 entspricht ePM1 (80 %)

Komfortlüftung.at – Filteranforderung nach EN ISO 16890:

- Außenluft-Mindeststandard: ePM1 (50 %) nach ISO 16890
- Außenluft-Empfehlung für Allergiker: ePM1 (80 %) nach ISO 16890
- Abluft: Coarse (60 %)

Die folgende Tabelle 4 dient dazu, um abseits des Einfamilienhauses typische Druckverluste bei der Planung von raumluftechnischen Anlagen zu veranschaulichen und auch das Verhältnis zwischen externem (Zuluft- und Abluftkanalsystem) und internem Druckverlust (Einzelkomponenten eines Lüftungsgerätes) aufzuzeigen. Keinesfalls handelt es sich hierbei um Planungswerte, die eine individuelle Druckverlustberechnung ersetzen.

Im Sinne der Stromeffizienz sind immer Druckverluste im „grünen Bereich“ anzustreben.

Tabelle 4: Typische Druckverluste

Bauteil	Druckverlust in Pascal (Pa)		
			
Zuluft Kanalsystem	200	300	600
Abluft-Kanalsystem	100	200	300
Erhitzer	40	80	100
Kühler	100	140	200
Wärmerückgewinnung Einheit Klasse H2-H1	200	300	400
Lufttritt und -austritt	20	50	70
Luftfilter (Enddruck): ISO ePM ₁ ≥ 50 %	100	150	250
Luftfilter (Enddruck): ISO ePM ₁ ≥ 70 %	150	250	400

Quelle: RLT-Richtlinie 01 2018 (Richtlinie des Herstellerverbands Raumluftechnische Geräte e. V.)

Wie in der Strömungsmechanik üblich, hat auch das hydraulische Anlagendesign einen wichtigen Einfluss auf den Druckverlust. Spiro-Rohre sind bei gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit günstiger als eckige Kanäle. Ein Längen-Breiten-Verhältnis bei Lüftungskanälen von 4 zu 1 sollte grundsätzlich nicht überschritten werden. Bei Formstücken ist auf strömungstechnisch günstige Radien Rücksicht zu nehmen. Scharfkantige 90°-Bögen sind nicht zulässig.

Optimierung der Gesamtluftmengen

Die Optimierung der Gesamtluftmenge setzt sich aus den folgenden vier Teilaspekten zusammen:

1. Optimale Luftkaskade
2. Dichtheit der raumlufttechnischen Anlage
3. Nur hygienisch notwendige Luftmengen (Dimensionierung, siehe auch Kapitel „Dimensionierung des Lüftungsgerätes“ auf Seite 9)
4. Optimale Anpassung der Luftmenge an den Bedarf (Betrieb)

Eine optimierte Gesamtluftmenge ist einerseits aus energetischen Gründen, andererseits aber auch aus dem Gesichtspunkt der schlussendlichen Raumluftfeuchte notwendig.

Optimierte Luftkaskade

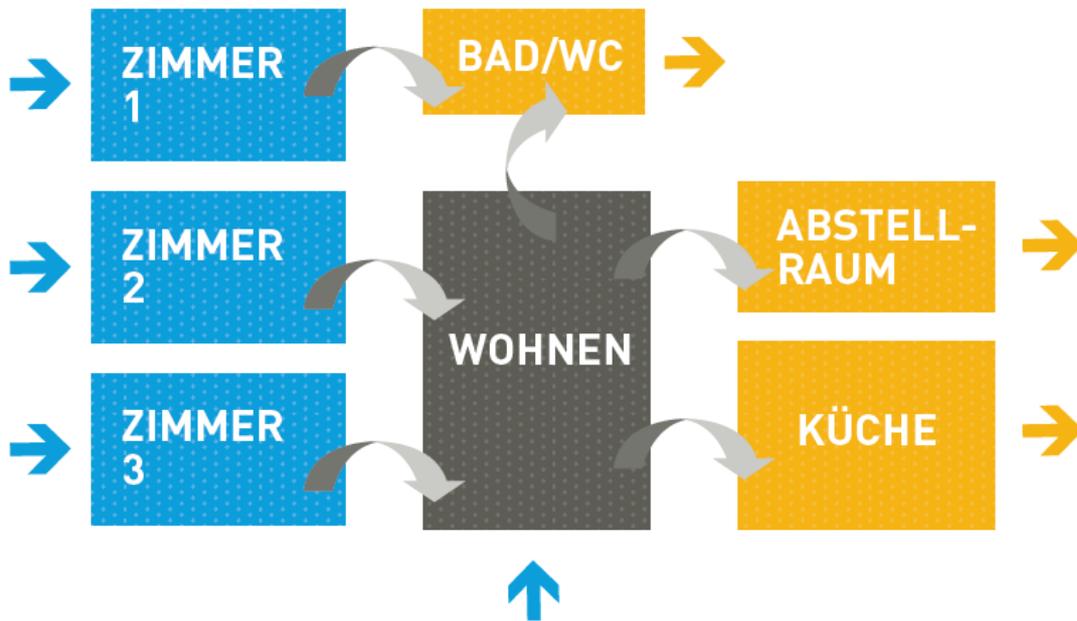
Einfamilien-/Mehrfamilienhaus

Die Zuluft wird möglichst nur in den Schlafräumen eingebracht (im Wohnzimmer wenn möglich als Überströmbereich). Es ist selbstverständlich möglich, das Stiegenhaus als Überströmbereich einzubinden.

Oft wird die Frage nach Voll- oder Teilbelüftung gestellt, also ob Luftmengen reduziert werden sollen. In Ausnahmefällen abseits der Wohnnutzung kann dies sinnvoll sein. Eine mögliche Abweichung von der Norm kann und muss jedoch dem Auftraggeber verständlich dargestellt und die Abweichung verschriftlicht werden. Keinesfalls dürfen die Zuluftmengen in den Schlafzimmern reduziert werden, da in diesen Räumen – vor allem in den energetisch relevanten Wintermonaten – prinzipiell nicht die Möglichkeit einer aktiven Fensterlüftung während der Nutzung durch Personen in der Nacht besteht.

Eine Entscheidungshilfe, ob ein Wohnungsgrundriss für die erweiterte Kaskade (Wohnzimmer als Überströmbereich) geeignet ist, wird auf der Website von [Passivhaus Institut, Standort Innsbruck](#) bereitgestellt.

Abbildung 1: Wohnungskaskade



Quelle: Energie Tirol auf Basis komfortlüftung.at

Bildungseinrichtungen und vergleichbare Layouts wie Büros

Ziel ist es, kein eigenes Lüftungsgerät für Garderoben, WCs oder Sonderräume wie Kleinst- und Aufwärmküchen zu errichten, sondern diese in die Kaskade zu integrieren. Eventuelle Luftüberschüsse werden im Überströmbereich abgeführt. Bei der Lüftung von in Schulen integrierten Sporthallen sind die angrenzenden Sanitärräume in die Hallenbelüftung einzubinden.

Abbildung 2: Kaskade in Bildungseinrichtungen oder Büros



Quelle: Energie Tirol auf Basis komfortlüftung.at

Auch bei Geräten mit Rotationswärmetauschern mit minimierten Leckagen ist eine Kaskade mit den Garderoben und Sanitärräumen möglich, ohne Geruchsprobleme erwarten zu müssen.

Dichtheit von raumluftechnischen Anlagen

Ein oft sträflich vernachlässigtes Qualitätsmerkmal von Lüftungsanlagen ist die Dichtheit des Gerätes und des Kanalsystems. Ventilatoren erzeugen eine Druckdifferenz, die saug- wie druckseitig vom Atmosphärendruck abweicht. Sind die Geräte oder Kanäle nicht entsprechend dicht, tritt zwar kein Schaden wie bei einem Wasserrohrbruch auf, der Ventilator muss jedoch viel mehr Luft fördern, als tatsächlich benötigt wird; oder aber es kommt zu wenig Frischluft in den Räumen an, obwohl der Volumenstrom am Gerät korrekt eingestellt wurde.

Negativbeispiele aus der Praxis zeigen Leckageraten von über 20 %. Bedenkt man, dass diese „verlorene Luft“ eventuell auch noch kostenintensiv behandelt wurde (isotherme Vorwärmung/Kühlung oder Befeuchtung), wird das finanzielle und energietechnische Schadenspotenzial ersichtlich.

Die Dichtheitsklassen von Lüftungsgeräten sind in L1, L2 und L3 eingeteilt, wobei L1 die höchsten Qualitätsanforderungen aufweist. Diese Klassen sind gerätespezifisch und den technischen Datenblättern der Geräte zu entnehmen. Dieser Logik folgend kann man im Zuge einer produktneutralen Ausschreibung neben der Geschwindigkeitsklasse, der Qualität der Wärmerückgewinnung und sonstiger Parameter auch die Dichteklasse des Gerätes spezifizieren.

Die Dichtheit von luftführenden Leitungen wird in die Klassen A, B, C und D nach ÖNORM EN 12237² eingeteilt, wobei A die schlechteste Klasse darstellt. Auch die Klasse B erfüllt nicht die Anforderung an eine stromeffiziente Lüftungsanlage. Die Dichtheitsklasse C (Zielwert Klasse D) an luftführenden Leitungen kann in der Planung definiert und in der Ausschreibung spezifiziert werden. Es wird generell empfohlen, stichprobenartige Kontrollen vorzunehmen, ob die Mindestanforderungen eingehalten werden. Bei großen Objekten sollten Kontrollen aber jedenfalls erfolgen.

² ÖNORM EN 12237: Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech

Nur hygienisch notwendige Luftmengen

Die empfohlenen Mindestvolumenströme dienen – wie schon in Kapitel „Dimensionierung des Lüftungsgerätes“ auf Seite 9 angedeutet – der Dimensionierung der Luftleitungen und der Wahl des Lüftungsgerätes. Insbesondere die Luftleitungen haben eine technische Lebensdauer, die dem des Gebäudes entspricht und somit das Lüftungsgerät überdauert.

Eine großzügige Auslegung dieser Luftleitungen bedeutet daher geringe Druckverluste und damit einen gesicherten effizienten Betrieb, verminderte Geräusche und die Sicherheit, die gewünschten Luftmengen im Bedarfsfall zur Verfügung stellen zu können. Immerhin wird eine Infrastruktur für einen Zeithorizont von deutlich mehr als 50 Jahren errichtet.

Einfamilien-/Mehrfamilienhaus

Die Dimensionierung der Luftmengen soll nach den Vorgaben der ÖNORM H 6038 beziehungsweise den Qualitätskriterien von komfortlueftung.at erfolgen:

Tabelle 5: Zu- und Abluftmengen im Wohnbau

Raumnutzung	Zuluft-Volumenstrom: Richtwert zur Unterschreitung der CO ₂ -Konzentration von 1.000 ppm	Mindest-Abluftvolumenstrom
Schlafzimmer (Kinder-, Gäste-, Elternschlafzimmer)	25 ³ m ³ /h und Person	--- ⁴
Arbeitszimmer	30 m ³ /h und Person	--- ⁴
Wohn-, Esszimmer (für einen 1- bis 2-Personen-Haushalt) ⁵	30 m ³ /h	--- ⁴
Wohn-, Esszimmer (für Mehrpersonen-Haushalte) ⁵	15 m ³ /h und Person	--- ⁴

³ Sofern keine luftqualitätsabhängige Betriebsweise realisiert wird oder der Wert mit 20 m³/h pro Person angesetzt wird, wobei zu beachten ist, dass sich die CO₂-Konzentration gegebenenfalls über dem Richtwert von 1.000 ppm einstellt

⁴ Der verbleibende Abluftvolumenstrom ist auf die anderen Ablufträume aufzuteilen, wobei ein Mindest-Abluftvolumenstrom von 10 m³/h je Abluftraum nicht unterschritten werden darf.

⁵ Bei Wohn-Esszimmern ist der angegebene Volumenstrom als Summe aus Zuluft- und Überströmungsvolumenstrom zu verstehen. Der Abluftvolumenstrom im Küchenbereich ist so zu wählen, dass eine Geruchsverschleppung möglichst vermieden wird.

Raumnutzung	Zuluft-Volumenstrom: Richtwert zur Unterschreitung der CO ₂ -Konzentration von 1.000 ppm	Mindest-Abluftvolumenstrom
Kochnische oder Küche ⁵	---	30 m ³ /h
Badezimmer (auch WC), Hauptnutzung	---	30 m ³ /h
WC-Raum, Hauptnutzung	---	15 m ³ /h

Quelle: ÖNORM H 6038: Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung – Planung, Ausführung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung

Zu- und Abluftmengen im Wohnbau

Qualitätskriterium 3 (M): Zuluft

Mindest-Zuluftvolumenströme (für die Auslegung) von einzelnen Zuluft Räumen für den Betriebsvolumenstrom

Der tatsächliche Betriebsvolumenstrom muss an die aktuell vorherrschende Personenbelegung angepasst werden. Die diesbezüglichen Anforderungen lauten für:

- Wohnzimmer: 60 m³/h (inkl. Überströmung)
- Schlafzimmer: 50 m³/h⁶
- Kinderzimmer (zwei Kinder): 50 m³/h
- Kinderzimmer (ein Kind): 25 m³/h
- Einzelbüro: 30 m³/h

Quelle: komfortlüftung.at

⁶ Bei Kaskadennutzung abzüglich der überströmenden Luftmenge

Qualitätskriterium 3 (M): Abluft

Mindest-Abluftvolumenströme (für die Auslegung) von einzelnen Ablufträumen für den Betriebsvolumenstrom

Die diesbezüglichen Anforderungen lauten für:

- Kochnische: 45 m³/h
- Küche: 60 m³/h
- Bad: 30 bis 40 m³/h⁷
- WC: 20 m³/h oder direkt aus der WC-Schale: 10 m³/h
- Abstellraum: 10 m³/h

Quelle: komfortlüftung.at

Bildungseinrichtungen und vergleichbare Layouts

In Tabelle 6 wird für Kinder des Elementarbereichs für das metabolische Äquivalent (met) der Wert von 2 angenommen, da diese in der Regel eine höhere Aktivität zeigen (spielen, krabbeln et cetera).

Für die Berechnung wurden für Gewicht und Größe die Durchschnittswerte von 2- bis 6-jährigen Kindern (Durchschnitt 4-jährig) herangezogen. Für Schüler:innen der Primarstufe wird für das metabolische Äquivalent ein Wert von 1,4, für Schüler:innen der Sekundarstufen 1 und 2 sowie Personen im Tertiärbereich wird ein Wert von 1,2 angesetzt. Die CO₂-Außenluftkonzentration wird für die Berechnung mit 400 ppm angenommen.

⁷ Bei mehreren Bädern in einer Wohnung 30 m³/h, bei einem Bad in einer Wohnung oder in einem Haus 40 m³/h

Tabelle 6: Personenbezogene Außenluft-Volumenstrom für Bildungseinrichtungen

Kategorien nach Bildungsstufen (Alter der Personen)	Mittlere CO₂-Konzentration in der Raumluf von 1.000 ppm:	Mittlere CO₂-Konzentration in der Raumluf von 1.400 ppm:
	Werte für Funktionsbereiche mit Schwerpunkt Unterricht/Lernen/Arbeit (zum Beispiel Unterrichtsräume, Kindergarten-Gruppenräume, Hörsäle, offene Lernzonen, Mehrzweckräume, Bibliotheken, Arbeitsbereiche für Lehrende et cetera)	Werte für Funktionsbereiche mit Schwerpunkt Freizeit/Erholung (etwa Speisebereich, Homebases, Sozialbereiche für Lehrende, Aula) und Erschließungsbereiche
	Erforderlicher Außenluft-Volumenstrom in m³/h	Erforderlicher Außenluft-Volumenstrom in m³/h
Elementar- und Primarstufe (in der Regel 0- bis 10-Jährige)	28	17
Sekundarstufe I und II (in der Regel 11- bis 18-Jährige)	33	20
Tertiärbereich, Erwachsenenbildung, Lehrpersonen, Betreuer:innen (in der Regel über 19-Jährige)	36	21

Quelle: ÖNORM H 6039

Für Turnhallen beträgt das zuzuführende Außenluftvolumen mindestens 70 m³ pro Person und Stunde beziehungsweise 100 m³ pro Person und Stunde bei Räumen für Konditions- und Krafttraining. Alternativ kann für die notwendigen Luftmengen die Berechnungsmethode der ÖNORM H 6039 (Anhang) mit angepassten Aktivitätsgraden verwendet werden.

Schulisch und kommunal genutzte Sporthallen

Bei raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) in Sporthallen lässt sich in der Praxis eine ausgeprägte Tendenz zur Überdimensionierung erkennen. Oft werden Lüftungsanlagen für Ereignisse ausgelegt, welche zukünftig (möglicherweise) erwartet werden oder nur einmal im Jahr stattfinden. Sollten zusätzlich noch mögliche Zuschauer:innen im Lüftungskonzept berücksichtigt werden, wird der Überdimensionierungsfaktor weiter verstärkt, da im Regelbetrieb mit keinen Zuschauer:innen zu rechnen ist.

In solchen Fällen ist immer kritisch zu hinterfragen, ob die Lüftungsanlage tatsächlich für solche Ausnahmefälle ausgelegt werden soll, denn meist kann man sich in diesen wenigen Stunden im Jahr mit einer gezielten zusätzlichen Fensterlüftung behelfen. Ein klar definiertes Lüftungskonzept schafft Sicherheit für die Auftraggeber:innen und die Planer:innen.

Sollte es unumgänglich sein, Zuschauer:innen in der Luftmengenermittlung für die mechanische Belüftung miteinzubeziehen, empfiehlt es sich, eine CO₂-Konzentration von maximal 1.400 ppm anzustreben. Damit erreicht man für eine „normale“ oder durchschnittliche Nutzung einen CO₂-Gehalt in der Raumluft unter 1.000 ppm. Diese Luftmenge reicht in der Regel auch für eine Kaskade aus, um die Geruchs- und Feuchteemissionen aus Duschen und Garderoben abzuführen.

Wie bei allen Anlagen, bei denen der Auslegungsfall massiv vom zu erwartenden Normalbetrieb abweicht, ist besonders darauf zu achten, dass die Gesamtanlage regelfähig bleibt.

Als Faustformel gilt:

Der tatsächlich zu erwartende Normalbetrieb darf den Auslegungsfall um maximal 60 % unterschreiten. Liegt der zu erwartende Normalbetrieb unter diesem Grenzwert, ist nicht mehr davon auszugehen, dass eine bedarfsgerechte Regelung gewährleistet werden kann.

Optimale Anpassung der Luftmengen an den Bedarf

Einfamilien-/Mehrfamilienhaus

Der tatsächlich eingestellte Gesamtvolumenstrom beziehungsweise die Luftmenge für die einzelnen Räume muss an die tatsächliche Nutzung und Personenbelegung angepasst werden (z.B. wenn ein Kinderzimmer mit nur einem Kind und nicht mit zwei Kindern belegt ist), um Probleme mit trockener Luft zu vermeiden.

Zudem kann eine Anpassung der Luftmenge an die Bedingung „anwesend“ oder „abwesend“ mittels Zeitprogramm oder „Push Button“ vorgenommen werden, da bei einem Dauerbetrieb – insbesondere an sehr kalten Tagen – die Luftfeuchtigkeit unter einen als angenehm empfundenen Wert (meist kleiner als 30 % relative Luftfeuchte) abnehmen kann.

Luftqualitätsfühler (CO₂ und/oder VOC; Volatile Organic Compounds) haben sich im Wohnungsbereich nicht etabliert. Zum einen sind diese Fühler teuer, zum anderen ist deren richtige Platzierung – je nach Wohnungslayout – oft nur schwer möglich. Noch dazu muss die Abfuhr von Gerüchen und Feuchtigkeit gewährleistet bleiben, was mit einem CO₂-Sensor nicht sichergestellt werden kann.

Schulen/Kindergärten

Aufgrund der hohen Luftmengen pro Klasse (circa 600–1.000 m³/h) ist eine raumweise CO₂-Regelung in Kombination mit einer variablen Druckregelung immer das Mittel der Wahl. In Sporthallen sind VOC-Fühler eine Alternative zu CO₂-Fühlern beziehungsweise ergänzen Feuchtefühler und Zeitprogramme das Regelkonzept.

Empfehlungen – Wärmeeffizienz

Die Empfehlungen für die Wärmeeffizienz betreffen die Punkte:

- Wärme- und Feuchterückgewinnung
- Bypass für Wärmetauscher
- Dämmung des Lüftungsgerätes
- Dämmung der Luftleitungen
- Aktive Befeuchtung im Winterfall
- Isotherme Lufteinbringung

Wärme- und Feuchterückgewinnung

Laut EU-Verordnung 1253/2014 sind für Nichtwohnraumlüftungsanlagen (NWLA)⁸ Mindestwerte für die Wärmerückgewinnung vorgegeben. Für wohnungsweise Anlagen und Anlagen für Einfamilienhäuser gibt es keine entsprechenden Anforderungen. Die Mindestanforderung der EU-Verordnung 1253/2014 ist jedoch wenig anspruchsvoll und berücksichtigt nicht das Thema Feuchterückgewinnung.

Die Mindestanforderung für Ein- und Mehrfamilienhäuser, Schulen, Kindergärten, Büros beträgt bei einem zuluftseitigen Temperaturänderungsgrad (η_{WRG}) inklusive Feuchtezuschlag für:

- Reine Lüftungsgeräte: 85 %
- Wärmepumpenkombigeräte: 80 %

(berechnet mit Feuchtezuschlag laut ÖNORM B 8110-6 [Formel 19b])

⁸ NWLA-Geräte: Geräte über 1.000 m³/h beziehungsweise als NWLA deklarierte Geräte unter 1.000 m³/h

Bypass für Wärmetauscher

Laut EU-Verordnung 1253/2014 ist für NWLA verpflichtend ein Bypass für die Wärmerückgewinnung vorgeschrieben und auch praktisch sinnvoll, wenn ein Erdwärmetauscher (EWT; Empfehlung Sole-EWT) vorhanden ist. Dies gilt auch für Betriebsfälle, bei welchen im Sommer die Außenluft nicht erwärmt werden soll. Der Bypass soll 100 % des Volumenstroms abdecken und kann über die Gebäudeleittechnik angesteuert werden.

Dämmung des Lüftungsgerätes

Nicht nur, aber insbesondere bei Dachzentralen, die sommers wie winters in Konvektions- und Strahlungsaustausch mit der Atmosphäre stehen, ist die thermische Eigenschaft des Gehäuses des Lüftungsgerätes ein wichtiges Qualitätsmerkmal.

Folgende Werte für die Wärmedämmung (T1) und die Wärmebrücken (TB1) des Lüftungsgerätes sind nach ÖNORM EN 1886 einzuhalten:

Tabelle 7: Werte für die Wärmedämmung (T1) und die Wärmebrücken (TB1)

Aufstellungsort	T1 – Wärmedurchgangskoeffizient U in W/(m ² .K) Minimal	T1 – Wärmedurchgangskoeffizient U in W/(m ² .K) Zielwert	TB1 – Wärmebrücken- Faktor kb [-]
im Freien	< 0,5 W/(m ² .K)	< 0,3 W/(m ² .K)	0,75 ≤ kb < 1,00
im Kellerbereich	< 1,0 W/(m ² .K)	< 0,5 W/(m ² .K)	0,60 ≤ kb < 0,75

Quelle: ÖNORM EN 1886 Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumlufttechnische Geräte – Mechanische Eigenschaften und Messverfahren

Tabelle 8: Wärmedurchgangskoeffizienten

Gehäuseklasse	Wärmedurchgangskoeffizient U in W/(m ² .K)
T1	≤ 0,5
T2	> 0,5 bis ≤ 1,0
T3	> 1,0 bis ≤ 1,4
T4	> 1,4 bis ≤ 2,0
T5	keine Anforderungen

Quelle: RLT-Richtlinie 01 2018 (Richtlinie des Herstellerverbands Raumluftechnische Geräte e. V.)

Tabelle 9: Wärmebrückenfaktor

Gehäuseklasse	Wärmebrückenfaktor kb [-]
T1	0,75 ≤ kb < 1,00
T2	0,60 ≤ kb < 0,75
T3	0,45 ≤ kb < 0,60
T4	0,30 ≤ kb < 0,45
T5	keine Anforderungen

Quelle: RLT-Richtlinie 01 2018 (Richtlinie des Herstellerverbands Raumluftechnische Geräte e. V.)

Dämmung der Luftleitungen

Die minimalen Dämmstärken von Lüftungskanälen und Lüftungsrohren sind in der ÖNORM H 5155 Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten in haustechnischen Anlagen festgelegt. Diese Anforderungen reichen nicht immer aus, um Lüftungsanlagen zu errichten, die dem Sinn der Energieeffizienz entsprechen. Dies gilt sowohl für eine unerwünschte Abkühlung als auch für eine unerwünschte Erwärmung der geförderten Luft. Schlecht gedämmte Außenluft- und Fortluftkanäle wirken im Winterhalbjahr wie Kühlkörper innerhalb der thermischen Hülle.

Außenluftkanäle in überhitzten Dachgeschoßen wiederum sind im Sommer problematisch. Auch Zu- oder Abluftleitungen müssen entsprechend gedämmt werden, wenn eine unerwünschte Erwärmung oder Abkühlung zu befürchten ist. Der sinnvolle U-Wert der Kanaldämmung ist kein starrer Wert, sondern richtet sich nach der Temperaturdifferenz zwischen Kanaloberfläche und Umgebungsluft, betrachtet für den Sommer- und Winterfall.

Als Vereinfachung können die Empfehlungen der Schweizer Norm SIA 382/1:2014 Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen oder jene von komfortlüftung.at in die Auslegung miteinbezogen werden.

Dämmstärken von Lüftungsleitungen bezogen auf Raumauskühlung

Qualitätskriterium (M)

Vermeidung von Raumauskühlung und Kondensat auf (kalten) Außen- und Fortluftleitungen im warmen Bereich (innerhalb der Dämmhülle, im Keller und im geschlossenen Deckenbereich)

1. Möglichst kurze Außen- und Fortluftleitungen im warmen Bereich.
2. Zumindest 30 mm im ungedämmten Keller, 40 mm im gedämmten Keller und 120 mm im beheizten Bereich ($\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Wobei von den 120 mm zumindest die inneren 40 mm aus einer feuchtebeständigen, geschlossenzelligen Wärmedämmung (z.B. Armaflex, Kaiflex udgl.) bestehen müssen.
3. Vermeidung beziehungsweise mindestens 120 mm Wärmedämmung ($\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) in beheizten Bereichen, wobei zumindest die inneren 40 mm aus einer feuchtebeständigen, geschlossenzelligen Wärmedämmung (z.B. Armaflex, Kaiflex udgl.) bestehen müssen.

Achtung: Gilt auch bei Decken- und Wanddurchbrüchen.

Quelle: komfortlüftung.at

Qualitätskriterium (M)

Geringe Energieverluste von warmen Luftleitungen (Zu- und Abluft) im kalten Bereich (außerhalb der Dämmhülle)

1. Möglichst kurze Zu- und Abluftleitungen im kalten Bereich.
2. Mindestens 60 mm Wärmedämmung ($\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) im unbeheizten Bereich (z.B. im Keller)
3. Befinden sich Luftleitungen im Boden- und Deckenaufbau nicht völlig innerhalb des warmen Bereichs, sondern direkt in der Dämmebene, so ist die Luftleitung zumindest mit einer 30 mm dicken Dämmplatte von der Rohdecke zu trennen ($\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$).
4. Wird die Luftleitung außerhalb der Außenhülle (nur bei Sanierungen) geführt, sollte diese zumindest 120 mm hinterlüftungsfrei überdämmt werden ($\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$).

Achtung: Gilt auch bei Decken- und Wanddurchbrüchen.

Quelle: komfortlueftung.at

Tabelle 10: Dämmdicken von Luftleitungen gemäß SIA 382/1:2014

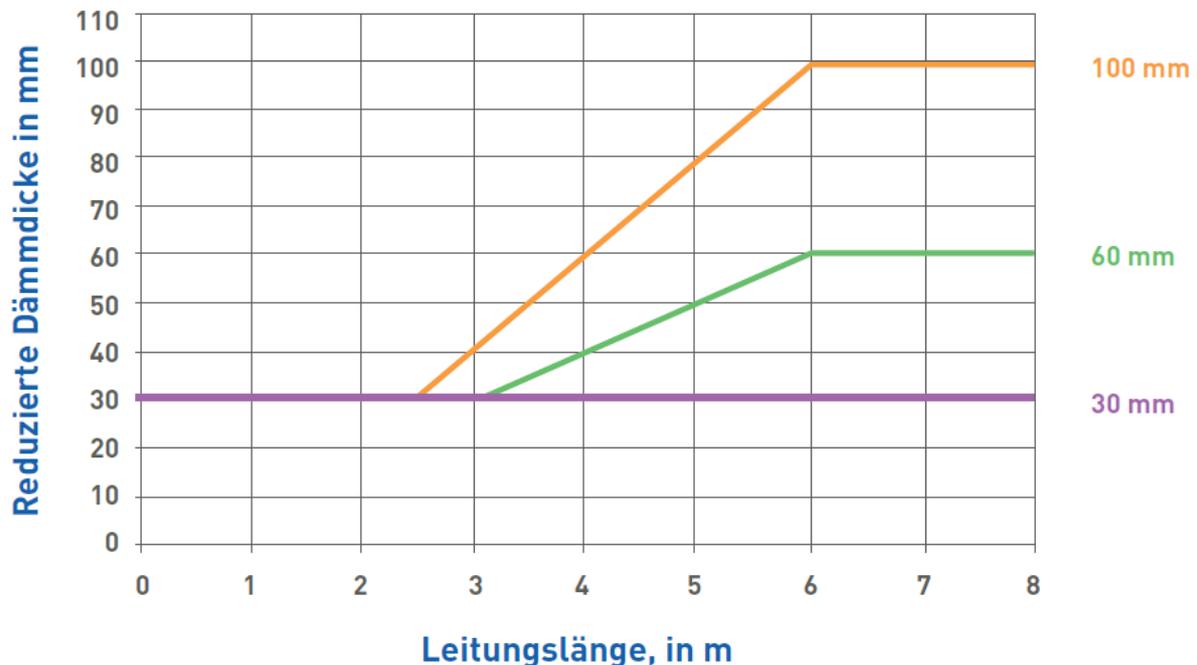
Art der Luftleitung	Innerhalb der thermischen Gebäudehülle	Im allseitig geschlossenen Raum außerhalb der thermischen Hülle	Im nicht allseitig geschlossenen Raum oder im Freien
Außen- oder Fortluft	100 mm (60 mm) - der Wert von 60 mm gilt für die Anlagen mit Erdreich-Wärmeübertrager oder anderer Lufterwärmung vor der Wärmerückgewinnung	30 mm	0 mm
Zu- oder Abluft	Je nach Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung im Auslegungsfall: < 5 K 0 mm 5 K bis < 10 K 30 mm 10 K bis < 15 K 60 mm ≥ 15 K 100 mm	60 mm	100 mm

Quelle: EnFK-Vollzugshilfe 2018 (Energiefachstellenkonferenz, Konferenz Kantonalen Energiedirektoren)

Ebenso legt die SIA 382/1:2014 fest, dass bei kleinen Anlagen mit weniger als 6 m langen Leitungen und maßgebenden Wärmeverlusten die Dämmdicken laut Tabelle 10 entsprechend den Werten gemäß Abbildung 3 reduziert werden können, wenn gleichzeitig folgende Punkte beachtet werden:

- Luftvolumenstrom im Normallüftungsbetrieb maximal 220 m³/h (bei einer Luftgeschwindigkeit von 3 m/s entspricht dies einem Leitungsdurchmesser von 160 mm)
- Zuluft- und Ablufttemperaturen zwischen 15 °C und 30 °C
- Luftaufbereitungsgerät mit Wärmerückgewinnung (Platten- oder Rotationswärmetauscher), aber keine Abluftwärmepumpe

Abbildung 3: Reduzierte Dämmdicken bei Luftleitungen unter 6 Meter



Quelle: EnFK-Vollzugshilfe 2018 (Energiefachstellenkonferenz, Konferenz Kantonalen Energiedirektoren)

Aktive Befeuchtung im Winterfall

Durch die bedarfsgerechte Luftmengenermittlung wie auch durch ein überlegtes regelungstechnisches Konzept kann der erforderliche Luftwechsel auf ein Minimum reduziert werden, was die „Austrocknung“ der Raumluft deutlich reduziert. Eine Feuchterückgewinnung leistet ebenfalls einen wichtigen Beitrag.

Bei sehr großen Luftmengen – abseits der Wohnnutzung – kann es im Winterhalbjahr dennoch nötig sein, aktiv zu befeuchten. Eine Befeuchtung ist jedoch immer energieintensiv und auch hygienetechnisch kritisch, weshalb sie nur in begründeten Ausnahmefällen eingesetzt werden soll.

Technisch stehen folgende Möglichkeiten der Luftbefeuchtung zur Verfügung:

Luftwäscher

Klassische Luftwäscher sind de facto vom Markt verschwunden und sollten auch nicht mehr eingesetzt werden. Die Befeuchtung erfolgt zwar einfach und kostengünstig, jedoch überwiegen eindeutig die hygienischen Nachteile.

Adiabate Befeuchtung mit Ionendotierung

Eine Weiterentwicklung der klassischen Luftbefeuchtung basiert auf dem Prinzip der adiabaten Befeuchtung⁹ und setzt häufig auf eine Kombination aus Zerstäubung sowie Verdunstung. Das eingesetzte Wasser wird mit antibakteriellen Ionen dotiert, was das Hygienierisiko minimiert. Noch dazu wird kein Befeuchtungswasser im Kreislauf geführt. Allerdings sinkt bei der adiabaten Befeuchtung die Zulufttemperatur. Die Nachheizung erfolgt entweder direkt im Lüftungsgerät oder über die konventionellen Heizflächen im Raum.

Dampfbefeuchtung

Die Befeuchtung mit Dampf hat den Vorteil, dass sie aus hygienischer Sicht am wenigsten kritisch ist, da sich in Dampfgeneratoren Mikroorganismen nur schwer vermehren können. Allerdings ist die Wasseraufbereitung für die Befeuchtung aufwendig.

Der Luftvolumenstrom wird bei der Dampfbefeuchtung nicht abgekühlt, da der Wechsel des Aggregatzustandes im Dampfgenerator vor sich geht. Für die Dampferzeugung wird in der Regel elektrischer Strom verwendet, was etwas höhere Kosten verursacht.

⁹ Bei der adiabaten Luftbefeuchtung wird das Wasser in feine Nebel (Aerosole) zerstäubt und von der Luft mit-/aufgenommen.

Es ist ein weitverbreiteter Irrglaube, dass Befeuchtung mit Dampf in der Gesamtbilanz mehr Energie benötigt als adiabate Systeme. Wird eine konstante Zieltemperatur der Luft angesetzt, muss bei beiden Varianten die gleiche Energiemenge zugeführt werden. Ob die Energiezufuhr im Dampferzeuger, im Lüftungsgerät mittels Heizregister oder im Raum durch Heizkörper beziehungsweise die Fußbodenheizung geschieht, ist sekundär. Allerdings ist diese Energiemenge bei Dampfbefeuchtern – zum Beispiel über Stromzähler – leichter zu erfassen und gegenüber „herkömmlichen“ Energieträgern deutlich teurer.

Es kann angenommen werden, dass ein adiabates Befeuchtungssystem kombiniert mit einer Wärmepumpe (als Hauptheizung oder zur Nacherwärmung) exergetisch am günstigsten bewertet werden kann.

Isotherme Zuluft-Einbringung im Sommerfall

Es gilt der Grundsatz, dass Luft aufgrund ihrer schlechten spezifischen Wärmekapazität nicht zu Kühlzwecken eingesetzt werden soll. Allerdings spricht nichts dagegen, die Zuluft isotherm (mit gleicher Temperatur wie die Raumluft) einzublasen und somit den Wärmeeintrag im Sommer durch die Lüftung zu verhindern. Für die Gesamtanlage bedeutet dies, dass die Zuluft nicht kälter sein darf als die Zieltemperatur des wärmsten Raumes. Der gleiche Ansatz ist auch im Winterhalbjahr anzuwenden, wenn die Zuluft auf Raumtemperatur vorgewärmt und somit Zugerscheinungen hintangehalten werden.

Exergetisch günstige und klimaschonendste Quellen für Kühlenergie sind:

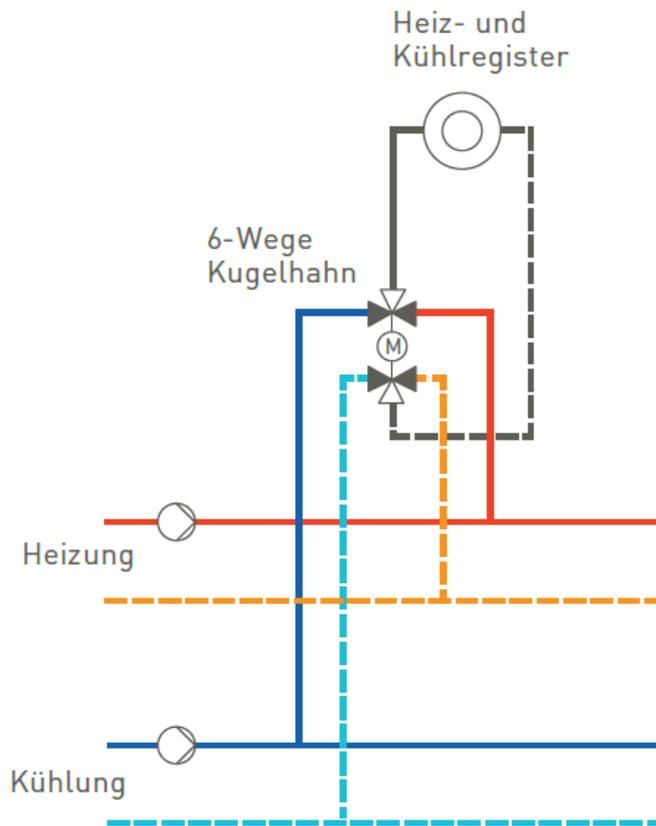
- Grundwasser,
- adiabate Abluftkühlung mit Brauchwasser/Grundwasser wie auch
- Sole aus Wärmepumpenanlagen, die den Erdkörper über die Heizsaison hinweg abkühlen und durch die Kühlung im Sommer regeneriert werden.

Kompressionskälte soll nach Möglichkeit vermieden werden.

Nicht verfolgenswert ist der Ansatz, ein separates Kühlregister in die Anlage einzubauen, wenn bereits ein Heizregister projektiert wurde. Der zusätzlich generierte Druckverlust wirkt sich ganzjährig negativ auf die Stromeffizienz aus. In der Praxis hat es sich bewährt, ein bestehendes Heizregister durch den Einbau eines 6-Wege-Kugelhahns auch für die „sanfte Kühlung“ zu verwenden.

Dieses System kann auch nachgerüstet werden, wenn das Register dementsprechend dimensioniert und ein Kondensatablauf vorgesehen wurde.

Abbildung 4: Prinzipschema 6-Wege-Kugelhahn



Quelle: Energie Tirol

Über klimaaktiv

klima**aktiv** ist die Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Seit 2004 bietet sie in den Themenschwerpunkten „Bauen und Sanieren“, „Energiesparen“, „Erneuerbare Energie“ und „Mobilität“ ein umfassendes, ständig wachsendes Spektrum an Information, Beratung sowie Weiterbildung und setzt Standards, die international Vorbildcharakter haben.

klima**aktiv** zeigt, dass jede Tat zählt: Jede und jeder in Kommunen, Unternehmen, Vereinen und Haushalten kann einen aktiven Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Damit trägt die Initiative zur Umsetzung des nationalen Energie- und Klimaplanes (NEKP) für Österreich bei. Näheres unter klimaaktiv.at.

Das klima**aktiv** Programm Erneuerbare Wärme unterstützt die Dekarbonisierung im österreichischen Wärmesektor und zielt auf eine signifikante Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger im gebäudebezogenen Wärmemarkt und eine deutliche Verbesserung der Systemqualität ab. Die Expert:innen von klima**aktiv** Erneuerbare Wärme bieten Konsument:innen, Planenden, Installateur:innen sowie Entscheidungsträger:innen eine firmenunabhängige Orientierung auf den sich rasch ändernden Märkten.

Kontakt

Strategische Gesamtsteuerung klima**aktiv**

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Sektion VI – Klima und Energie

Stabsstelle Dialog zu Energiewende und Klimaschutz

Stubenbastei 5, 1010 Wien

Programmmanagement klima**aktiv** Erneuerbare Wärme

UIV Urban Innovation Vienna GmbH, Energy Center Wien

Operngasse 17–21, 1040 Wien

klimaaktiv.at/erneuerbarewaerme



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stromeffizienz bei Nennstromvolumen	14
Tabelle 2: Geschwindigkeitsklassen von Lüftungsgeräten.....	16
Tabelle 3: Maximale Strömungsgeschwindigkeiten in Kanälen und Rohren.....	17
Tabelle 4: Typische Druckverluste.....	19
Tabelle 5: Zu- und Abluftmengen im Wohnbau	23
Tabelle 6: Personenbezogene Außenluft-Volumenstrom für Bildungseinrichtungen.....	26
Tabelle 7: Werte für die Wärmedämmung (T1) und die Wärmebrücken (TB1).....	30
Tabelle 8: Wärmedurchgangskoeffizienten	31
Tabelle 9: Wärmebrückenfaktor	31
Tabelle 10: Dämmdicken von Luftleitungen gemäß SIA 382/1:2014.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wohnungs-Kaskade	21
Abbildung 2: Kaskade Bildungseinrichtungen oder Büros	21
Abbildung 3: Reduzierte Dämmdicken bei Luftleitungen unter 6 Meter	34
Abbildung 4: Prinzipschema 6-Wege-Kugelhahn	37

Abkürzungen

RLT-Anlagen	Raumlufttechnische Anlagen
NWLA	Nichtwohnraumlüftungsanlage
EWT	Erdwärmetauscher
EnFK	Energiefachstellenkonferenz, Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
CO ₂	Kohlendioxid
VOC	flüchtige organische Verbindungen (englisch: Volatile Organic Compounds); Sammelbezeichnung für organische, also kohlenstoffhaltige, Stoffe, die bei Raumtemperatur oder höheren Temperaturen durch Verdampfen/ „Verdunsten“ in die Gasphase übergehen, sprich flüchtig sind
ppm	parts per million (zum Beispiel 1.000 CO ₂ -Anteile pro Million Gesamtanteilen)
Pa	Das Pascal ist im internationalen Einheitensystem (SI) die Maßeinheit des Drucks (1 bar = 100.000 Pa).
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m ² .K)
K	Kelvin ist eine Temperatureinheit. Die Kelvin-Skala ist gegenüber dem Grad Celsius (°C) um exakt 273,15 K verschoben. Eine Temperatur von 0 °C entspricht 273,15 K; der absolute Nullpunkt liegt bei 0 K (= -273,15 °C). Der Zahlenwert eines Temperaturunterschieds in den beiden Einheiten Kelvin und Grad Celsius ist gleich.
W/(m ² .K)	Watt pro Quadratmeter und Kelvin
W/(m ³ /h)	Watt pro Kubikmeter Luft pro Stunde
λ	Wärmeleitfähigkeit Lambda in W/(m.K)
W/(m.K)	Watt pro Meter und Kelvin
m/s	Geschwindigkeit in Meter pro Sekunde
η_{WRG}	zuluftseitigen Temperaturänderungsgrad
mm	Millimeter
K _{VS} -Wert	Der Druckverlust von Armaturen im geöffneten Zustand wird über den Ventilwert K _{VS} berechnet. Er bezieht sich spezifisch auf die Baureihe und den Ventiltyp und ist je nach Hersteller unterschiedlich. Der K _{VS} -Wert entspricht dem Wasserdurchfluss durch ein geöffnetes Ventil (in m ³ /h), bei einer Druckdifferenz von 1 Bar und einer Wassertemperatur von 5 bis 30 °C.
udgl.	und dergleichen
z.B.	zum Beispiel



**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)