

Einbau von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in Schul-, Seminar- und ähnlichen Räumen

Du möchtest frische Luft im Raum, aber möglichst ohne, dass dieser durch Stoßlüftung immer wieder auskühlt? Dann ist diese Anleitung genau richtig für dich. Denn kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung übernimmt nicht nur die Lüftungsfunktion, sie sorgt auch dafür, dass die Luft vorerwärmt und gefiltert einströmt und dadurch der Raum warm und sauber bleibt. Weitere Informationen zu den verschiedenen Lüftungsarten sowie zur Lüftung mit Wärmerückgewinnung findest du hier: https://passipedia.de/planung/haustechnik/lueftung/grundlagen/arten_der_gebaeudelueftung

Bevor es los geht noch eine Empfehlung:

Am besten funktioniert die Lüftungsanlage, wenn die Luftdichtheit der Gebäudehülle deines Hauses bereits verbessert ist. Also wenn beispielsweise die Fenster schon erneuert wurden oder der Fenstertausch demnächst auf der Agenda steht. Denn eine luftdichte Gebäudehülle ist Voraussetzung dafür, dass die Lüftungsanlage richtig funktioniert und du mit der Wärmerückgewinnung auch Energie einsparen kannst. Warum eine luftdichte Gebäudehülle wichtig ist, kannst du hier nachlesen: https://passipedia.de/planung/luftdichtheit/grundprinzipien/problematik_von_undichtigkeiten

Und noch ein wichtiger Punkt: wenn du schon in ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung investierst, dann sollten folgende Mindestanforderungen erfüllt sein:

- Wärmerückgewinnungsgrad > 75 %
- Stromverbrauch < 0,45 Wh/m³
- Zuluftfilter F7
- Schall: der Betrieb des Lüftungsgerätes darf nicht als Störend empfunden werden. Lüftungsgeräte, die in Wohnräume installiert werden, sollten im Dauerbetrieb einen Schalleistungspegel von 25 dB(A) nicht übersteigen. In Nichtwohngebäuden sind 35 dB (A) erlaubt. Wir empfehlen hier 30 dB(A).

Geeignete Geräte findest du beispielsweise über die Passivhaus-Komponentendatenbank:

<https://database.passivehouse.com/de/components/>

Für Schulungs- und Seminarräume:

https://database.passivehouse.com/de/components/list/ventilation_decentralised_school



Abbildung 1: installiertes Lüftungsgerät



Abbildung 2: direkter Link zu Infos über Luftqualität in Schulen auf Passipedia



Erste Überlegungen

Bevor es zur Installation geht, solltest du dir folgende Dinge überlegen:

- Welche Art von Lüftung kommt hier in Frage?
Möchtest du eine ganzes Gebäude belüften oder nur einen Raum?
In unserem Beispiel haben wir das Gerät in einen großen Besprechungsraum eingebaut. Die Anleitung kannst du auch verwenden, wenn du Versammlungsräume, Gemeindegäuser, Büros, Seminar oder Gruppenräume mit Wärmerückgewinnung lüften möchtest.
- Welches Lüftungsgerät bzw. welches Lüftungssystem ist das passende?
Das Ziel der Lüftungsanlage ist ein möglichst großer Nutzen für die belüfteten Räume. Folgende Möglichkeiten gibt es:
 - Belüftung eines großen Raumes (z.B. Schulungsraum): Installation des Lüftungsgerätes nahe der Außenwand dieses Raumes.
 - Umfassender: Belüftung von mehreren Räumen mit einem Gerät. Dann kannst du Zu- und Ablufträume definieren, und die Luft beispielsweise in einem Besprechungsraum einbringen und Abluft z.B. aus Toiletten oder Lagerräumen absaugen. So kannst du die Luft mehrfach nutzen. Weitere Informationen über die richtigen Luftmengen von Lüftungsanlagen findest du hier: <https://passipedia.de/planung/haustechnik/lueftung/grundlagen/luftmengen>
- Wo kann das Lüftungsgerät platziert werden?
Folgende weitere Punkte solltest du bei der Platzierung des Lüftungsgerätes berücksichtigen:
 - Ein Elektroanschluss mit 230 V sollte in der Nähe sein.
 - Die zukünftigen Wanddurchbrüche für die Außenluft- und Fortluftkanäle oder alternativ für das gesamte Gerät (bei wandintegrierten Geräten) müssen frei von Elektrokabeln, Wasserleitungen und Trägern sein. Dies kann z. B. mit einem Leitungsortungsgerät überprüft werden.
 - Wichtig ist, dass gute Luft angesaugt wird, also möglichst nicht auf der Seite einer vielbefahrenen Straße, und nicht in Bodennähe sondern möglichst hoch.

Bitte lies dir diese Anleitung erst einmal komplett durch, bevor du startest.



Abbildung 3: fertig montiertes Lüftungsgerät vor dem Fenster



| Materialliste | Werkzeugliste |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung | 1. Meterstab, Stift und einen langen, geraden Gegenstand |
| 2. Passende Montagematerialien (i. d. R. im Lieferumfang des Geräts enthalten) | 2. Hand-/Tisch- oder Tauch-Kreissäge zum Schneiden der Holzwerkstoff-Platten |
| 3. XPS-Platten | 3. Schlagbohrmaschine mit Bohrer |
| 4. Siebdruckplatte in der Größe des Fensters | 4. Kartuschenpresse oder Schlauchbeutelpestole |
| 5. Dichtkleber in einer Kartusche oder einem Schlauchbeutel | 5. Akkuschrauber mit Bit-Set |
| 6. Luftdichtmassen | 6. Holzbohrer mit Senker |
| 7. Dämmstoffdübel aus Kunststoff | 7. Schere und Cuttermesser |
| 8. Luftdichtes Klebeband | 8. Styrocutter oder Fuchsschwanz |
| 9. Komprimband | 9. Schleifpapier |
| 10. Butylfolie | 10. Gehörschutz |
| 11. Akustikschaumstoff | 11. Schutzbrille |
| 12. Beplankung (bspw. Multiplexplatten 12 mm) | 12. Leitungsortungsgerät |
| 13. Holzleisten für die Kanten zur Verschraubung | 13. Eventuell Tauchsäge mit Führungsschiene (oder die Platten zur Beplankung im Baumarkt sägen lassen) |

Vorbereiten

1. Hast du dich für ein Lüftungsgerät entschieden, dann lies dir zunächst die Installationsanleitung zum Gerät genau durch. Nur so kannst du gerätespezifische Besonderheiten mit berücksichtigen (z. B. ein evtl. erforderlicher Abstand vom Gerät zur Innenwand für das Öffnen der Gerätetür).
2. Nun überlege dir für das Gerät die beste Position. Achte dabei darauf, die notwendigen Rohrleitungslängen nach draußen so kurz wie möglich zu halten. So hast du weniger Kosten und später geringere Wärmeverluste durch die Luftkanäle.
3. Überlege dir, wie du die Außen- und Fortluftkanäle durch die Wand führen möchtest. Hierfür ist nicht unbedingt eine Kernbohrung oder ein Mauerdurchbruch notwendig. Wir haben den Flügel eines Fensters ausgebaut und dort eine starre Platte installiert, durch die dann die Kanäle geführt wurden.
4. Nun plane den Anschluss der Lüftungskanäle zwischen Wanddurchführung und dem Lüftungsgerät. In unserem Fall mussten wir einen Unterzug umgehen und daher den Lüftungskanal mit zwei 90-Grad-Knicken ausführen (Innenansicht siehe **Abbildung 4** **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Achte hierbei darauf, Richtungsänderungen nicht mit 90-Grad-Kanten umzusetzen, da diese den Luftstrom zu stark stören. Du kannst Außenecken in einem 45-Grad-Winkel kappen und das abgeschnittene Stück in die Innenecken einsetzen, wie in **Abbildung 5** **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

Wenn es möglich ist, kannst du den Kanal auch seitlich durch die Wand führen. Dann sparst du dir einen Knick im Kanal und deine Kanallänge ist kürzer.



Abbildung 4: Innenansicht des Luftkanals vom Lüftungsgerät nach außen

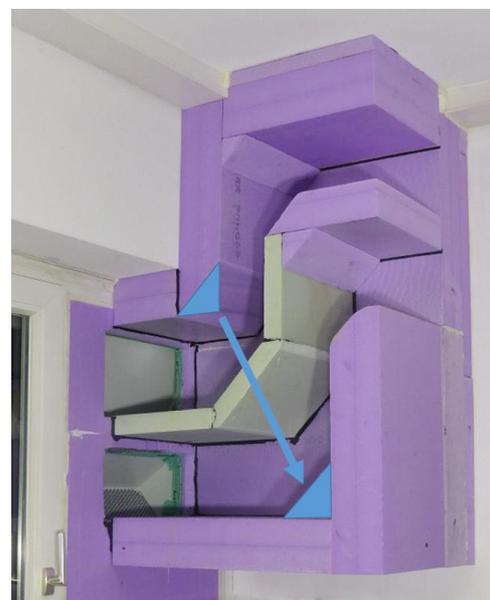


Abbildung 5: Verbesserung des Luftstroms





Demontage des Fensterflügels und Vorbereitung der Luftdurchführung:

5. Hänge den Fensterflügel aus und demontiere die Beschläge.
6. Messe nun das Fenster aus. Wichtig sind hierbei die lichten Innenmaße des Rahmens. Die Siebdruckplatte sollte etwa 5 mm kleiner sein als dieses lichte Maß.
7. Platziere nun die Außenhaube auf der Siebdruckplatte, markiere die Luftdurchlässe und säge die Öffnungen mit einer Stich- oder Tauchsäge aus.
8. Markiere die Befestigungslöcher der Außenhaube und bohre die Löcher an der entsprechenden Stelle in die Siebdruckplatte.
9. Verschraube nun die Außenhaube mit der Siebdruckplatte.
10. Klebe die Kanten des Lochs mit luftdichtem Klebeband ab, damit keine Luft oder Kondensat an der Kante zwischen die Siebdruckplatte und die Außenhaube gelangt.



Abbildung 6: Fensterrahmen mit entfernten Beschlägen

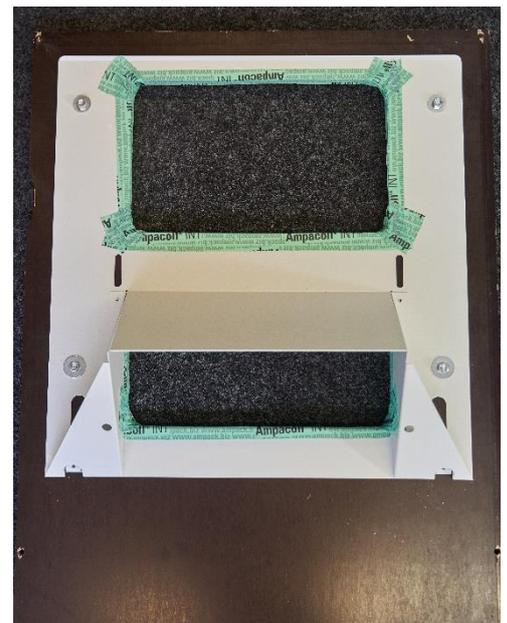


Abbildung 7: Außenhaube auf Siebdruckplatte



Einbau der Luftdurchführung:

11. Die Siebdruckplatte mit der Luftdurchführung kann mit Schrauben am Fensterrahmen befestigt werden. Markiere dir dazu die Maße und bohre die Löcher durch die Siebdruckplatte und den Rahmen. Achte dabei, nicht zu nah am Rand der Platte oder des Rahmens zu bohren.
12. Die Siebdruckplatte muss luftdicht mit dem Fensterrahmen abschließen. Hierzu kannst du meist die vorhandene Dichtung verwenden. Als zusätzliche Abdichtung, vor allem für die Stellen mit den Schrauben, haben wir die Platte zusätzlich mit Dichtkleber abgedichtet. Ziehe hierzu neben der Dichtung am Fensterrahmen umlaufend eine Raupe auf.
13. Schraube nun die Siebdruckplatte mit den Schrauben am Fensterrahmen fest.
14. Schneide nun eine XPS-Dämmplatte mit den gleichen Maßen wie die Siebdruckplatte zurecht und überdämme damit die Siebdruckplatte. Zum Befestigen der Dämmplatte kannst du ebenfalls den Dichtkleber verwenden. Spalte zum Fensterrahmen füllst du mit PU-Schaum aus.
15. Lass den PU-Schaum aushärten und schneide dann den überschüssigen Schaum bündig ab, siehe Abbildung 12.



Abbildung 8: Vorbohren der Schraublöcher zur Befestigung der Siebdruckplatte am Fensterrahmen



Abbildung 9: Ziehen der Kleberaupe neben der alten Dichtung



Abbildung 10: Entfernen des überflüssigen PU-Schaums



Abbildung 11: Im Fensterrahmen befestigte Siebdruckplatte mit Luftdurchlass.



Abbildung 12: Siebdruckplatte mit aufgeklebter Dämmplatte



Bau des Luftkanals:

16. Mach dir zunächst eine Skizze mit allen Maßen für die notwendigen Platten. Die Platten sollten mindestens ca. 4 cm dick sein.
Da wir in unserem Beispiel nur einen kleinen Spalt zwischen Luftkanal und der seitlichen Wand gehabt hätten, haben wir diesen Spalt mit 4-Kant-Profilen aus den Dämmplatten überbrückt und somit den Kanal an der Wand unterstützt und angeklebt (Siehe Abbildung 16).
17. Markiere dir die Maße auf den Platten.
18. Schneide die Platten auf das gewünschte Maß. Hierfür kannst du einen Heißdrahtschneider verwenden, im Notfall auch engen Fuchschwanz. Der macht aber viel Dreck und die resultierende Oberfläche ist rau. Schleife die Oberflächen am besten mit Schleifpapier glatt.
19. Halte die Platten so zusammen, wie du sie später haben möchtest, um zu sehen, ob alle Platten richtig geschnitten sind.
20. Klebe nun den hinteren Teil des Kanals zusammen. Bringe hierfür auf der Klebefläche den Dichtkleber umlaufen und mit einem Zickzack-Muster auf. Drücke dann die Platten zusammen und schiebe sie dabei leicht hin und her.
21. Zur weiteren Verstärkung der Konstruktion kannst du nach dem Verkleben Einschlag-Dämmstoffdübel aus Kunststoff für Wärmedämmung in die Konstruktion einschlagen (siehe Abbildung 17).
Das Resultat ist in Abbildung 18 dargestellt.



Abbildung 13: Anzeichnen der Dämmplatten

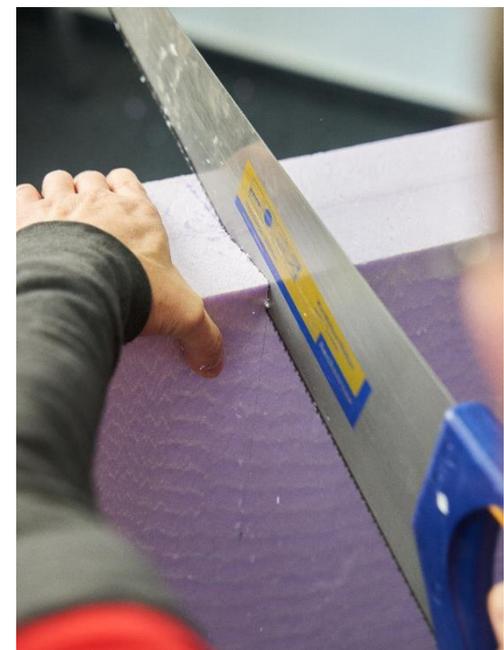


Abbildung 14: Zuschneiden der Dämmplatten



Abbildung 15: Aufbringen des Dichtklebers



Abbildung 16: Unterstützung der Rückseite



Abbildung 17: Einschlagen der Einschlag-Dämmstoffdübel



Montage der Unterkonstruktion:

22. Bringe nun den Dichtkleber auf die Flächen auf, die mit der Wand in Berührung kommen (siehe Abbildung 19).
23. Klebe nun die Dämmplatten an die entsprechenden Stellen. Sind manche Flächen nicht gerade und es würde ein Spalt entstehen, beispielsweise bei einem nicht ideal ausgeführten Unterzug, kannst du den Spalt mit PU-Schaum ausfüllen. Bringe hierzu einfach den PU-Schaum auf die entsprechende Fläche auf, wie in Abbildung 20 gezeigt.
24. Nun konstruierst du Stück für Stück den Luftkanal. Um die Platten nicht längere Zeit festhalten zu müssen bis der Klebstoff aushärtet, kannst du die Platten unterkeilen, wie in Abbildung 22 gezeigt.



Abbildung 18: Ansicht der Rückseite des Luftkanals



Abbildung 19: Rückwand des Lüftungskanals mit aufgebrachtem Montagekleber



Abbildung 20: Aufbringen des PU-Schaums



Abbildung 21: Anbringen der Dämmplatten

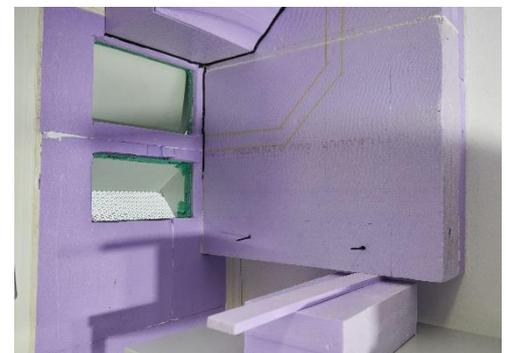


Abbildung 22: Unterkeilung der hinteren Luftkanal-Dämmplatte



Fertigstellen des Luftkanals:

25. Dichte nun die Kanten und Spalten der Konstruktion mit Dichtkleber ab (siehe Abbildung 27) und streiche die Flächen innen mit luftdichter Masse.
26. Schneide schräge Kanten (das geht leichter mit einem Fuchschwanz).
27. Schleife die schrägen Kanten nun mit einem groben Schleifpapier glatt, wie in Abbildung 25 gezeigt.
28. Wenn nun alle Platten richtig zusammengeklebt sind, streichst du den kompletten Kanal innen und außen mit Luftdichtheitsmasse ein. Das Resultat ist in Abbildung 28 dargestellt.
29. Nun kannst du das Lüftungsgerät schon auf die richtige Höhe anheben und etwas unterstellen. Wir haben hierfür Tische und übrige XPS-Platten verwendet (siehe Abbildung 29).
30. Schiebe außerdem das Lüftungsgerät mit der richtigen Seite ca. 20 bis 30 cm vor den Lüftungskanal.



Abbildung 23: Aufbau des fast fertiggestellten Luftkanals

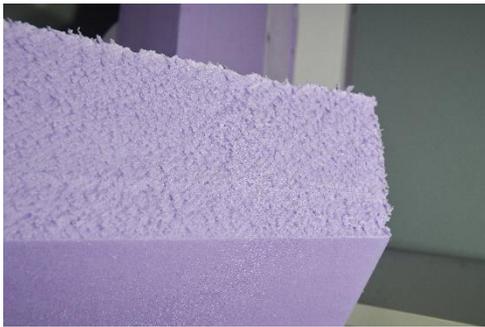


Abbildung 29: Schnittkante vor dem Schleifen



Abbildung 28: Schleifen der Schnittkante



Abbildung 27: Schnittkante nach dem Schleifen



Abbildung 24: Abdichten der Fugen



Abbildung 25: Vollflächig abgedichteter Luftkanal



Abbildung 26: Aufgebocktes Lüftungsgerät



Einbau des Lüftungsgeräts:

Halte dich beim Einbau des Lüftungsgeräts an die Einbauanleitung des Herstellers. Bei vielen Geräten ist eine Montage an eine Wand oder eine Geschossdecke möglich. Wir haben uns für die Montage an der Decke entschieden.

31. Markiere und bohre die Löcher für die Befestigung der Montageschienen.
32. Befestige die Montageschiene in der Decke. Wir haben hierfür die beim Gerät mitgelieferten Dübel und Schrauben verwendet. An diese Montageschiene werden später die Befestigungselemente des Lüftungsgeräts (siehe Abbildung 32) eingehängt.
33. Falls dein Gerät einen Kondensatablauf hat, überlege dir eine Möglichkeit, das anfallende Kondensat über den Lüftungskanal nach außen zu bringen. In unserem Fall haben wir an der entsprechenden Stelle am Luftkanal ein Loch gebohrt und dort später den Kondensatablauf bis in den Fortluftkanal durchgesteckt. Es kann hierbei außen zu Tropfenbildung und eventuell auch zu Eiszapfenbildung kommen. Beachte das bitte bei der Platzierung des Gerätes (beispielsweise nicht über einem Eingang).
34. Bringe nun umlaufend um die Lüftungsöffnungen im Luftkanal Komprimband auf, um das Lüftungsgerät später luftdicht mit dem Kanal zu verbinden.
35. Bringe hierzu auf die Verbindungsstellen zwischen den Bändern Dichtkleber auf.
36. Nun kannst du das Lüftungsgerät an den Luftkanal heranschieben. Du musst dich bei dem Aufbringen des Komprimbandes, der Luftdichtmassen und beim Heranschieben des Gerätes beeilen, da sich das Komprimband in kurzer Zeit wieder ausdehnt. Diese Ausdehnung sorgt für einen luftdichten Abschluss zwischen dem Luftkanal und dem Lüftungsgerät. Wenn sich das Band allerdings vorher schon ausgedehnt hat, funktioniert dies nicht mehr vollständig. Führe bei diesem Schritt am besten schon das Kabel für die Steuerung und den Stromanschluss des Geräts in die vorgesehene Kabeldurchführung ein.



Abbildung 30: Bohren der Löcher für das Anschrauben der Montageschienen

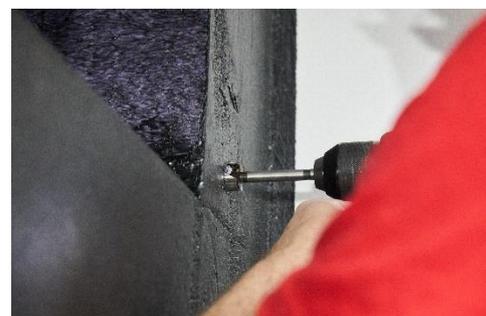


Abbildung 31: Vorbereitung für den Anschluss des Kondensatablaufs



Abbildung 32: Mechanismus des Lüftungsgeräts zur Befestigung an Montageschienen

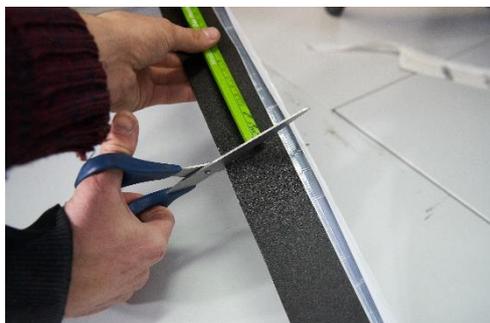


Abbildung 35: Schneiden des Komprimbandes



Abbildung 34: Aufkleben des Komprimbandes



Abbildung 33: Luftdichte Verklebung des Komprimbandes



37. Hänge nun die Befestigungselemente in die Montageschiene an der Decke ein und schraube sie fest.
38. Wenn alle Befestigungspunkte eingehängt und befestigt sind, kannst du das Gerät mit einer Wasserwaage ausrichten. Du kannst zum Justieren die Befestigungspunkte lockerer oder fester schrauben.
39. Kontrolliere nun, ob sich die Wartungsklappen noch öffnen lassen.
40. Schließe nun das Gerät und die Steuerung des Geräts gemäß der Herstellerangaben an.
41. Wenn dein Gerät über einen Schalldämpfer verfügt, verfähre mit diesem wie mit dem Lüftungsgerät (Montageleiste anbringen und einhängen).
42. Falls du einen solchen Schalldämpfer hast, richte ihn, nachdem du ihn in die Montageleisten eingehängt hast, aus und verschraube ihn mit dem Lüftungsgerät. Dies sollte auch in der Einbauanleitung des Lüftungsgeräts oder des Schalldämpfers beschrieben sein.
43. Je nach Gerät kann es für diese vorhergehenden Schritte notwendig sein, den Filter zu entfernen. Falls du ihn entfernen musstest, baue ihn nun wieder in das Gerät ein.

Trick enge Bauräume:

Da für die hintere Schrauben im Lüftungskanal selbst unsere kleinste Knarre mit Nuss zu groß waren, haben wir uns den entsprechenden Bit einfach mit Heißkleber an einem Gabelschlüssel angeklebt. Das ist ausreichend, um die Schraube zu befestigen und lässt sich danach auch wieder voneinander trennen.

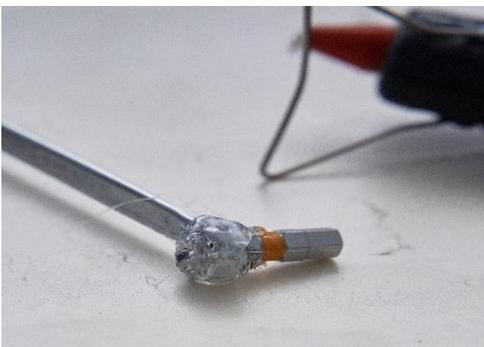


Abbildung 38: An einen Gabelschlüssel angeklebter Bit

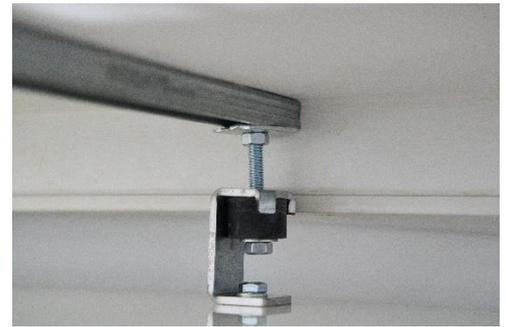


Abbildung 36: Befestigungselement des Lüftungsgeräts an die Montageschienen

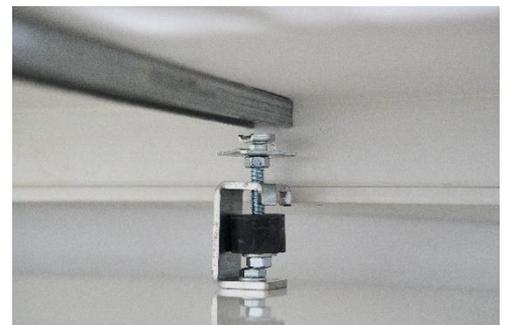


Abbildung 37: Befestigungsmechanismus vor dem Einhängen



Abbildung 39: Befestigung des Schalldämpfers



Abbildung 40: Fertig eingebautes Lüftungsgerät mit Schalldämpfer



Abbildung 41: Funktionskontrolle der Wartungsklappen – Ein Öffnen ist noch gerade möglich



Schallschutz des Luftkanals:

Um einen leisen Betrieb des Gerätes sicherzustellen, muss auch der Kanal schalltechnisch ertüchtigt werden. Hierfür ist es am einfachsten, den Kanal mit einem Akustikschaum oder Akustik-Mineralwolle zu bekleiden und dann mit Holz- oder Gipskarton-Platten zu verkleiden.

Wir haben hierfür pyramidenförmige Akustik-Schaumstoffmatten auf den Luftkanal geklebt und das Ganze dann mit Birkenperrholz verkleidet.

Zur Befestigung der Holzplatten haben wir kleine Vierkanthölzer (28 x 28 mm) an die Wand gedübelt und daran die Platten festgeschraubt.

Am Fenster haben wir die Platte mit kleinen Holzschrauben direkt in den Rahmen verschraubt.

Inbetriebnahme:

Für die Bedienung des Geräts ist eventuell noch eine Steuerungsbox mit Schaltern oder Reglern vorhanden. Bringe diese am besten an einem gut zugänglichen Platz im Raum an der Wand an, beispielsweise neben der Eingangstür.

Damit das Lüftungsgerät ordnungsgemäß funktioniert, solltest du unbedingt die Anleitung des Geräteherstellers zur Inbetriebnahme beachten.

Wenn du dann die Anlage anleitungsgemäß in Betrieb genommen hast, kannst du die Anlage testen.

Und dann ist es geschafft! Für den Bau des Luftkanals und den Einbau des Geräts haben wir zu zweit, teilweise zu dritt, etwa vier Tage gebraucht. Mit dieser Anleitung und guter Vorbereitung solltest du es an einem Wochenende schaffen.



Abbildung 43: Hersteller-Anleitung zur Inbetriebnahme



Abbildung 42: Mit Akustik-Schaumstoffplatten verkleideter Luftkanal



Abbildung 44: fertig verkleideter Luftkanal



Unsere Materialkosten für den Luftkanal lagen bei ca. 200 €. Der Preis des Lüftungsgeräts schwankt natürlich je nach deinen Anforderungen, kann aber im Bereich von ein paar Tausend Euro liegen.

Was kostet's und was bringt's?

Für einen Schulungs-/Seminar-Raum für ca. 20 Personen wird je nach Volumenstrombereich und Schallpegel des Lüftungsgeräts in der Regel nur ein Gerät benötigt. Für Gerät, Kanal und Verkleidung kannst du mit den Kosten rechnen, die im Kasten rechts dargestellt sind. Ein ungefähres Zeitfenster für die Installation eines Gerätes inklusive Kanal und Zubehör findest du dort ebenfalls.

Aber wieviel kannst du sparen? Das hängt im Wesentlichen ab von

- deinem bisherigen Lüftungsverhalten,
- der Gebäudeluftdichtheit sowie
- den Energiekennwerten (Wärmerückgewinnung und Stromverbrauch) des gewählten Lüftungsgerätes.

Mal angenommen du tätigst bisher für eine ausreichende Luftqualität und Feuchteabfuhr ca. drei Stoßlüftungen täglich (also weit geöffnete Fenster für wenige Minuten), dann kannst du im Vergleich zu einer Abluftanlage durch ein Lüftungsgerät mit sehr guter Wärmerückgewinnung und Stromeffizienz bei gleichbleibender Gebäudeluftdichtheit, Energiekosten in Höhe von bis zu 10 € pro Jahr und Person einsparen (Randbedingungen: Schule für ca. 350 Personen, Wärmekosten von 0,12 €/kWh, Stromkosten von 0,34 €/kWh). Bis sich die Investitionskosten bezahlt machen dauert es zugegebenermaßen etwas länger, dafür hast du durch dauerhaft frische Luft ohne Zugerscheinungen einen deutlichen Komfortgewinn und der ist eigentlich unbezahlbar.

Wegen der höheren Zulufttemperaturen steigt zusätzlich die Behaglichkeit.

Gut investierte Zeit, oder?

Als Mieter solltest du unbedingt deinen Vermieter fragen, bevor du startest! Vielleicht gibt er dir einen Zuschuss, denn sein Gebäude erfährt durch deine Arbeit eine Wertsteigerung.

Wir wünschen dir alles Gute mit deinem Projekt.



Abbildung 45: fertig verkleideter Luftkanal

Kosten und Arbeitszeit

Für einen Raum für ca.
20 Personen:

- 1 Lüftungsgerät
- + Material für Kanal
- + Verkleidung
- + elektrischer Anschluss
- = 15.000 – 20.000 €

Alle Fotos und Abbildungen: ©Passivhaus Institut.

Hinweis: Die Inhalte dieser Anleitung wurden sorgfältig recherchiert und getestet. Das Passivhaus Institut und seine Partner und Mittelgeber haften jedoch nicht für möglicherweise entstehende Schäden.

