



Kurzbericht: Abwärmenutzung bei Lüftungsanlagen

Ausgangslage

Die Vorschriften im Kanton ZH (Besondere Bauverordnung I, LS 700.21) verlangen:

§ 29. ¹ Klima-, Belüftungs- und Beleuchtungsanlagen sind so zu erstellen und zu unterhalten, dass baurechtlich einwandfreie Verhältnisse herrschen.

² Lüftungstechnische Anlagen mit Aussen- und Fortluft sind mit einer Wärmerückgewinnung auszurüsten, die einen Temperatur-Änderungsgrad nach dem Stand der Technik aufweist. Lüftungstechnische Anlagen für Räume oder Raumgruppen mit wesentlich abweichenden Nutzungen oder Betriebszeiten sind mit Einrichtungen auszurüsten, die einen getrennten Betrieb ermöglichen.

³ Einfache Abluftanlagen von beheizten Räumen sind mit einer Anlage zur Nutzung der Abluftwärme auszurüsten, sofern der Abluftvolumenstrom mehr als 1000 m³/h und die Betriebsdauer mehr als 500 Stunden pro Jahr beträgt. Dabei gelten mehrere getrennte einfache Abluftanlagen im gleichen Gebäude als eine Anlage.

Inhaltlich entspricht diese Vorschrift den Vorgaben von Art. 1.17 der MuKE n 2008. Diese Anforderungen stützen sich wiederum auf die Anforderungen der Norm SIA 382/1, Ausgabe 2007, Ziffern 5.10.1 bis 5.10.4 (vgl. nachfolgenden Auszug). Diese Anforderungen sind sinngemäss auch in der nächstens erscheinenden Revision enthalten (Ziffern 5.10.1 - 5.10.5).

5.10 Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung

- 5.10.1 Alle Lüftungsanlagen und alle Klimaanlageanlagen sind mit einer wirksamen Wärmerückgewinnung auszurüsten. Ausnahmen sind zu begründen.
- 5.10.2 Einfache Abluftanlagen sind soweit als möglich und zweckmässig mit einer Abwärmenutzung auszurüsten. Bei Abluft aus warmen Räumen mit einem Luftvolumenstrom über 1000 m³/h und einer Betriebszeit von mehr als 500 h/a sind einfache Abluftanlagen immer mit einer Abwärmenutzung auszuführen, sofern ein geeigneter Abnehmer vorhanden ist. Dabei gelten mehrere getrennte einfache Abluftanlagen im gleichen Gebäude als eine Anlage, das heisst, deren Abluftvolumenströme im Auslegefall sind zu addieren.
- 5.10.3 Wärmerückgewinnungsanlagen sollen auf einen Jahresnutzungsgrad von mindestens 75% ausgelegt werden und müssen die Anforderungen gemäss den Richtlinien SWKI 2000-3 (Wärmerückgewinnung) und SWKI 2003-3 (Rückkühlung) erfüllen (Systemanforderung).
- 5.10.4 Der Temperatur-Änderungsgrad der Wärmerückgewinnung muss auch ohne Kondensation immer mindestens 70% erreichen (Einzelanforderung).

Die Begriffe «soweit als möglich und zweckmässig» und «geeigneter Abnehmer vorhanden» in Ziffer 5.10.2 sind nicht präzise und deshalb auslegungsbedürftig.

Problembeschreibung

Es ist unbestritten, dass eine Anlage mit Zuluft, Fortluft und Wärmerückgewinnung aus energetischer Sicht optimal ist. Wenn aber keine solche Anlage realisiert werden soll, haben doch die meisten Wohnbauten (zumindest MFH) wenigstens eine Abluftanlage. Bei Minergie ist ein kontrollierter, automatisierter Luftaustausch sogar unverrückbare Vorgabe. Minergie lässt aber ausdrücklich Abluftanlagen zu, vgl. Broschüre «Standard-Lüftungssysteme für Wohnbauten». Darin wird u.a. geschrieben: «Optional kann der Abluft Energie über eine



Wärmepumpe entzogen werden, die der Wassererwärmung oder dem Beheizen der Wohnung dient.» Gestützt auf die Vorschriften wird aktuell jedoch von vielen Zertifizierungsstellen bei Abluftanlagen über 1000 m³/h und mehr als 500 h Betriebszeit eine Wärmerückgewinnung oder eine Abwärmenutzung gefordert. Der Sinn einer Abwärmenutzung aus der Fortluft ist aber stark umstritten. Als Diskussionsgrundlage sollen diese Anlagen an exemplarischen Beispielen nachfolgend betrachtet werden.

Fazit: Abwärmenutzung bei Lüftungsanlagen

Die Analyse zeigt, dass Abwärmenutzungen mit Abluft-Wärmepumpen in Kombination mit Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung in den allermeisten Fällen energetisch kontraproduktiv sind und den gewichteten Endenergiebedarf erhöhen. In vielen Fällen wäre es sinnvoller, auf die Abwärmenutzung ganz zu verzichten statt eine Abluft-Wärmepumpe einzusetzen.

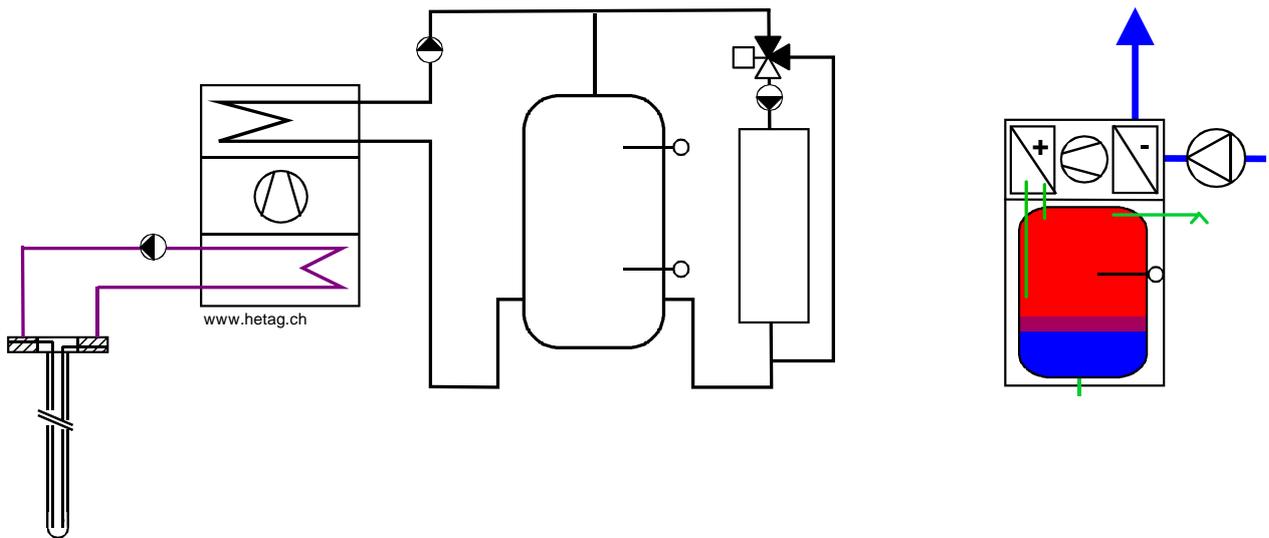
Die Gründe für dieses vernichtende Resultat können wie folgt zusammengefasst werden:

- Wenn keine Lüftungsanlage mit Aussenluft, Fortluft und Wärmerückgewinnung eingesetzt wird, erhöht sich der Wärmebedarf des Gebäudes. Es muss mehr Wärme zur Verfügung gestellt werden.
- Die Arbeitszahl von Abluftwärmepumpen ist relativ tief. Der Grund dafür ist die Verdampfungstemperatur, die immer unter der Fortlufttemperatur liegen muss. Um genügend Wärme zu erzeugen, arbeiten die meisten Abluftwärmepumpen mit Abkühlungen um 10-20K, womit die Abluft-Wärmepumpen nicht besser da stehen als Luft-Wasser-Wärmepumpen. Die Abluft-Wärmepumpe kann somit die fehlende Wärmerückgewinnung in keiner Art und Weise kompensieren (dazu müsste die Arbeitszahl der Abluft – Wärmepumpe massiv höher liegen als die Arbeitszahl der Heizungs-Wärmepumpe).
- Abluft enthält mehr Feuchtigkeit als die Aussenluft. Dies führt entweder zu vielen Abtauzyklen, oder die Fortlufttemperatur wird nach unten begrenzt und die fehlende Wärme über eine Zusatzheizung (=Elektroheizstab) zugeführt.
- Abluftwärmepumpen benötigen einen minimale Abluftvolumenstrom, unabhängig vom Lüftungsbedarf. Damit kann die Lüftung (d.h. der Aussenluftvolumenstrom) in der Regel nicht bedarfsgerecht gefahren werden, der Luftwechsel wird gar erhöht.

Bei fossiler Wärmeerzeugung ist die Bewertung von Abluft-Wärmepumpen eine Ermessens-Einschätzung. Aber auch hier kann es vorkommen, dass der erhöhte Luftwechsel den Wärmebedarf so stark erhöht, dass man selbst bei fossiler Wärmeerzeugung mit einer Abluft-Wärmepumpe schlechter da steht (d.h. höherer gewichteter Endenergiebedarf) als ohne eine Abwärmenutzung.

Abwärmenutzung bei Wärmeerzeugung mit Erdsonden-Wärmepumpen

Die Abwärmenutzung von Lüftungen mit zentraler Abluft-Wärmepumpe wird häufig eingesetzt um Investitionskosten und Lüftungsinstallationen einzusparen. Dabei wird die Abluft zum Beispiel aus den Nassräumen zentral gefasst und die Wärme über eine Abluft-Wärmepumpe zurückgewonnen und damit das Brauchwasser erzeugt oder die Heizung unterstützt:

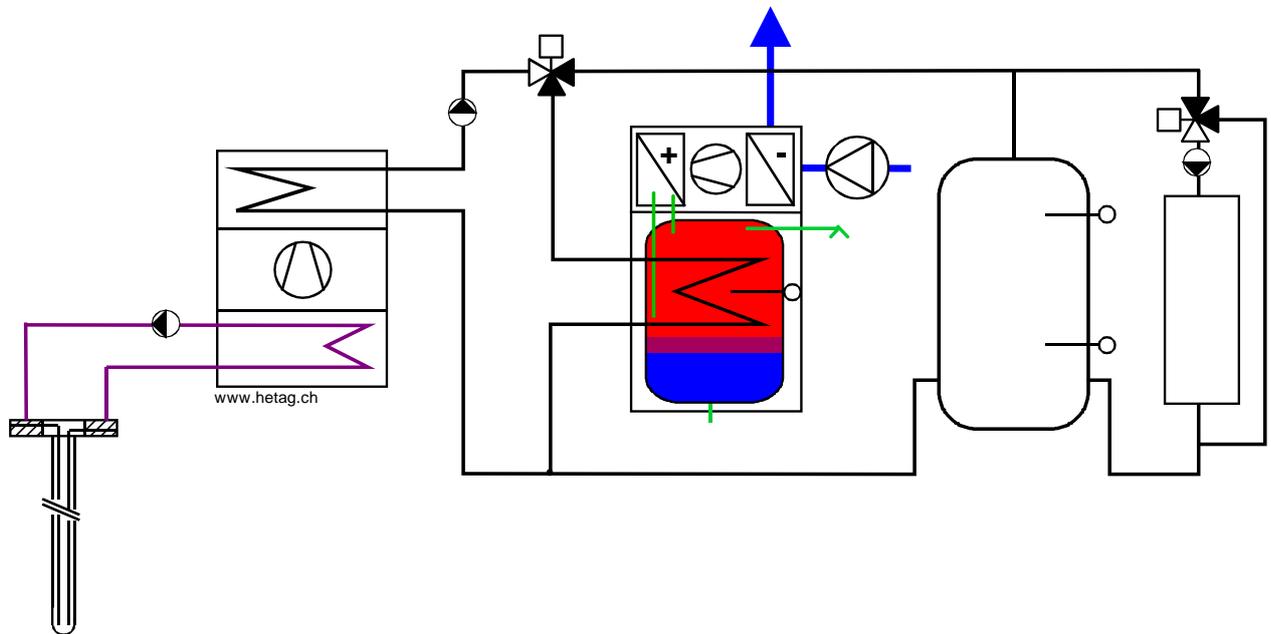
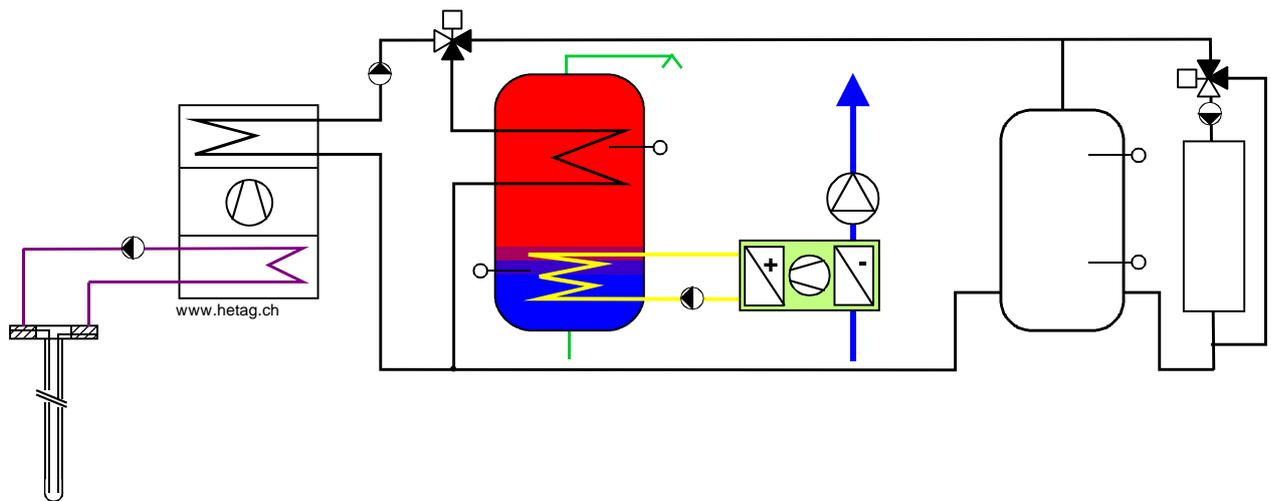


Die Lösung sieht auf den ersten Blick bestehend aus, die Wärme aus der Abluft wird zurückgewonnen und genutzt, die Investitionskosten sind gering. Mit diesen Abluft-Wärmepumpen wird in der Regel eine Arbeitszahl von 3.5 erreicht, was auf den ersten Blick nicht schlecht aussieht. Bessere Werte sind kaum erreichbar, weil die Arbeitszahl einer Abluftwärmepumpe durch die Verdampfungstemperatur bestimmt wird, und die liegt häufig bei ca. 0°C.

Sieht man etwas genauer hin, so merkt man, dass die gleiche Arbeitszahl mit der Heizungswärmepumpe im Warmwasserbetrieb auch erreicht werden kann, auch ohne dass die Abwärme aus der Fortluft zurückgewonnen wird. Bei einer Abluft-Wärmepumpe muss aber immer eine minimale Fortluftmenge zur Verfügung stehen, unabhängig davon, ob Lüftungsbedarf besteht oder nicht. Und die Minimalluftmenge ist häufig höher als der Ersatzluftbedarf, wodurch der Wärmebedarf für die Erwärmung der Ersatzluft höher ist als ohne Abluft-Wärmepumpe. Strömt die Ersatzluft ohne Erwärmung durch eine Wärmerückgewinnung oder Heizregister nach, so sind Zugserscheinungen vorprogrammiert, eine Feuchterückgewinnung ist nicht realisierbar. Luftherhitzer ohne vorgeschaltete Wärmerückgewinnung sind frostgefährdet.

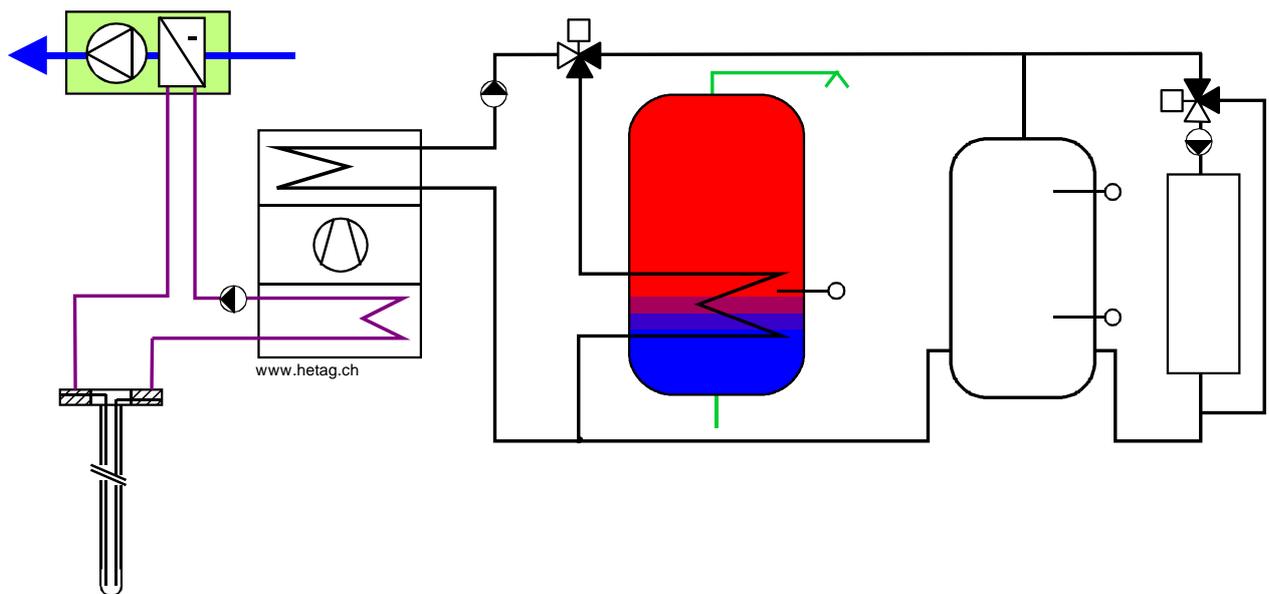
Zusammenfassend: Bei Wärmeerzeugung mit Erdsonden-Wärmepumpen sollte aus energetischen Gründen besser auf eine Abluft-Wärmepumpe ganz verzichtet werden, dafür aber die Lufterneuerung bedarfsgerecht geregelt werden. Dabei spielt es keine Rolle, ab die Abluft-Wärmepumpe für das Brauchwasser oder die Heizung eingesetzt werden soll.

Es wurde auch schon versucht, die Abluft-Wärmepumpe neben die Wärmepumpe zu stellen und die Nachwärmung mit der Erdsonden-Wärmepumpe zu gewährleisten. Bei dieser Lösung muss die Minimalluftmenge nur eingehalten werden, wenn die Abluftwärmepumpe läuft, auf den Warmwasserbedarf muss keine Rücksicht genommen werden, da diese notfalls immer mit der Erdsonden-Wärmepumpe gewährleistet ist. Nachteilig ist, dass die Abluftkanäle in den Heizraum geführt werden müssen:



Zusammenfassend: Auch bei diesen Lösungen sollte aus energetischen Gründen besser auf eine Abluft-Wärmepumpe ganz verzichtet werden. Vorteile dieser Anlagenart sind nicht zu erkennen, einziger Grund für die Wahl dieser Lösung ist die gesetzliche Anforderung.

Eine etwas interessantere Lösung ist die Einkopplung der Fortluft in den Erdsonden-Kreislauf. Diese Lösung wird zum Beispiel von der Firma Dolder Wärmetechnik AG angeboten. Dabei wird auf eine eigentliche Abluft-Wärmepumpe verzichtet, die Fortluft wird über ein Register, das in den Erdsonden-Kreislauf eingebunden ist, abgekühlt und damit Wärme zurück gewonnen:

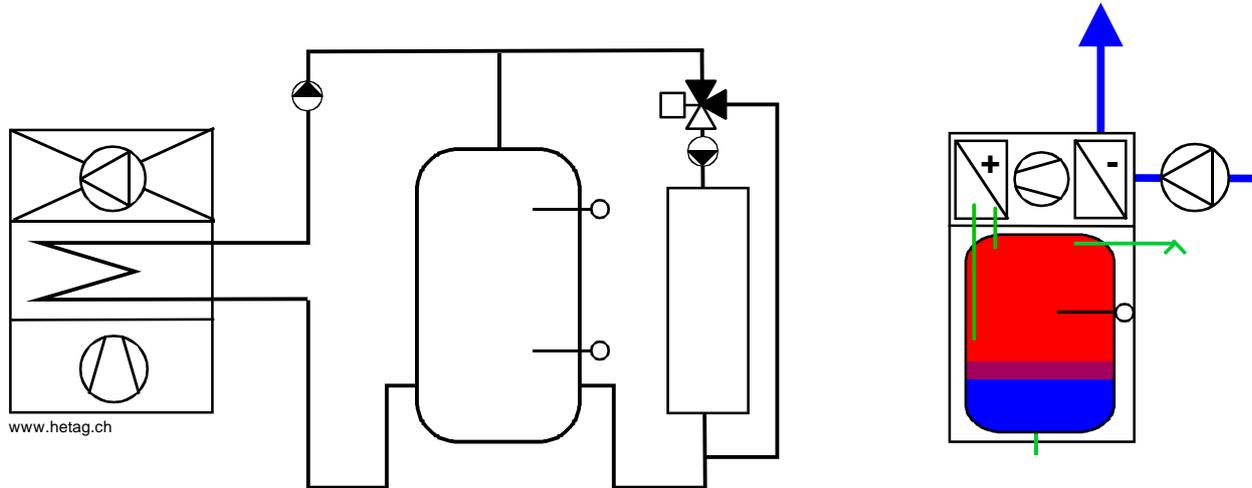


Auch diese Lösung liefert keine besseren Arbeitszahlen als eine Erdsonden-Wärmepumpe ohne Abwärmenutzung, aber die Erdwärmesonden können kleiner dimensioniert werden und die Luftmenge kann dem Bedarf angepasst werden.

Zusammenfassend: Auch diese Lösung kann energetisch die Wärmerückgewinnung in der Lüftung nicht ersetzen, aber hier kann zumindest die Erdsonde kleiner dimensioniert werden und eine bedarfsabhängige Lüftung ist realisierbar. Bei der Zuluft stellen sich grundsätzlich die gleichen Probleme wie bei den Lösungen mit Abluft-Wärmepumpe. Das relativ gute Kosten-Nutzen-Verhältnis kann diese Lösung trotz fehlender Wärmerückgewinnung sinnvoll machen. Die Lösung kann energetisch in etwa mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Wärmerückgewinnung mithalten.

Abwärmenutzung bei Wärmeerzeugung mit Luft/Wasser-Wärmepumpen

Die Abwärmenutzung von Lüftungen mit zentraler Abluft-Wärmepumpe wird häufig eingesetzt um Investitionskosten und Lüftungsinstallationen einzusparen. Dabei wird die Abluft zum Beispiel aus den Nassräumen zentral gefasst und die Wärme über eine Abluft-Wärmepumpe zurückgewonnen und damit das Brauchwasser erzeugt oder die Heizung unterstützt:



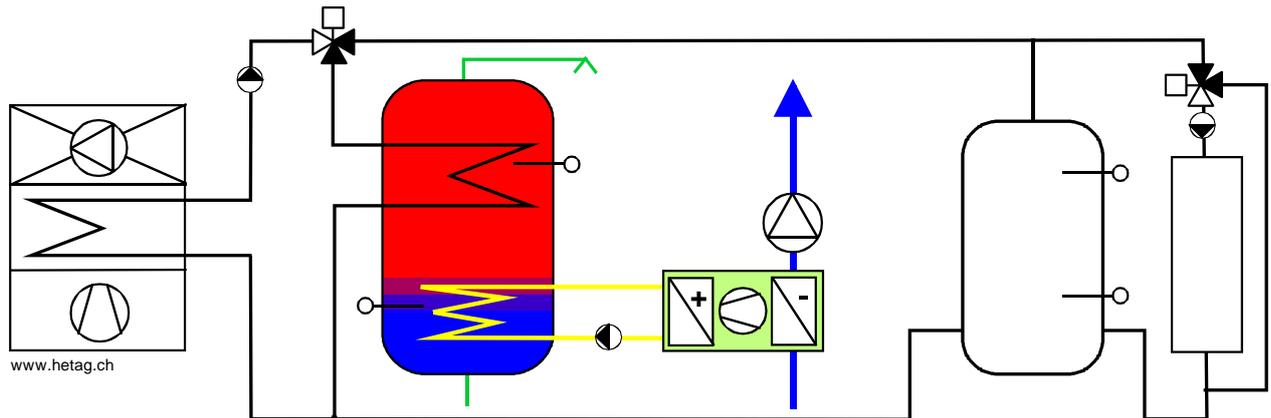
Auch diese Lösung sieht auf den ersten Blick bestechend aus, die Wärme aus der Abluft wird zurückgewonnen und genutzt, die Investitionskosten sind gering. Mit diesen Abluft-Wärmepumpen wird in der Regel eine Arbeitszahl von 3.5 erreicht, was auf den ersten Blick nicht schlecht aussieht. Bessere Werte sind kaum erreichbar, weil die Arbeitszahl einer Abluftwärmepumpe durch die Verdampfungstemperatur bestimmt wird, und die liegt häufig bei ca. 0°C.

Sieht man etwas genauer hin, so merkt man, dass die gleiche Arbeitszahl mit der Luft-Wasser-Heizungswärmepumpe im Warmwasserbetrieb auch erreicht werden kann, auch ohne dass die Abwärme aus der Fortluft zurückgewonnen wird. Die Heizungswärmepumpe hat zwar im Winter etwas tiefere Arbeitszahlen, im Sommer sind sie aber höher als bei der Abluft-Wärmepumpe (höhere Verdampfungstemperaturen).

Bei einer Abluft-Wärmepumpe muss aber immer eine minimale Fortluftmenge zur Verfügung stehen, unabhängig davon, ob Lüftungsbedarf besteht oder nicht. Und die Minilluftmenge ist häufig höher als der Ersatzluftbedarf, wodurch der Wärmebedarf für die Erwärmung der Ersatzluft höher ist als ohne Abluft-Wärmepumpe. Strömt die Ersatzluft ohne Erwärmung durch eine Wärmerückgewinnung oder Heizregister nach, so sind Zugserscheinungen vorprogrammiert, eine Feuchterückgewinnung ist nicht realisierbar. Luftherhitzer ohne vorgeschaltete Wärmerückgewinnung sind frostgefährdet.

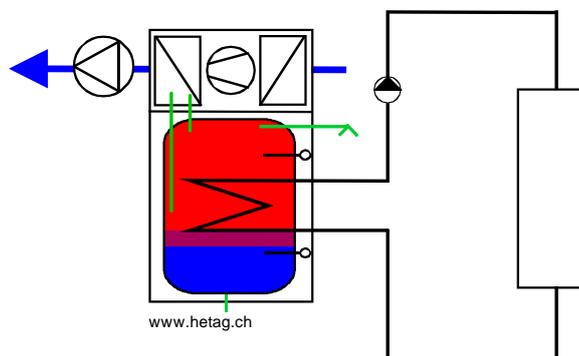
Zusammenfassend: Bei Wärmeerzeugung mit Luft-Wasser-Wärmepumpen sollte aus energetischen Gründen besser auf eine Abluft-Wärmepumpe ganz verzichtet werden, dafür aber die Lufterneuerung bedarfsgerecht geregelt werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Abluft-Wärmepumpe für das Brauchwasser oder die Heizung eingesetzt werden soll.

Es wurde auch schon versucht, die Abluft-Wärmepumpe neben die Wärmepumpe zu stellen und die Nachwärmung mit der Luft-Wasser-Wärmepumpe zu gewährleisten. Bei dieser Lösung muss die Minimalluftmenge nur eingehalten werden, wenn die Abluftwärmepumpe läuft, auf den Warmwasserbedarf muss keine Rücksicht genommen werden, da diese notfalls immer mit der Erdsonden-Wärmepumpe gewährleistet ist. Nachteilig ist, dass die Abluftkanäle in den Heizraum geführt werden müssen:



Zusammenfassend: Auch bei diesen Lösungen sollte aus energetischen Gründen besser auf eine Abluft-Wärmepumpe ganz verzichtet werden. Vorteile dieser Anlagenart sind nicht zu erkennen, einziger Grund für die Wahl dieser Lösung ist die gesetzliche Anforderung.

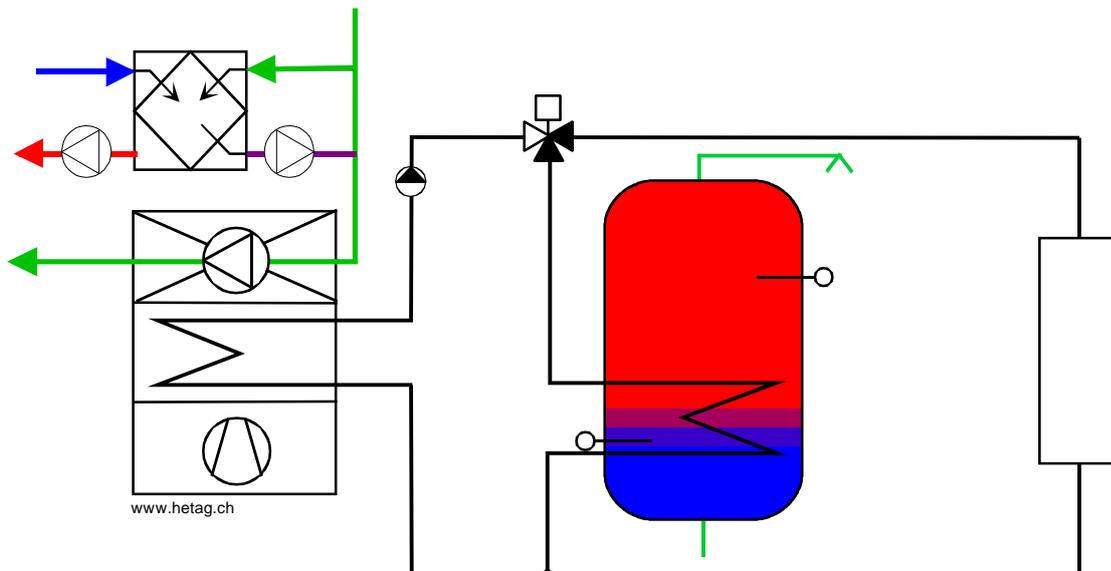
Immer wieder versucht wird, mit einer Abluftwärmepumpe zu heizen und das Brauchwasser zu erzeugen. Dieses Konzept geht energetisch nicht auf, weil die Abluft gar nicht so weit abgekühlt werden kann, dass damit die Transmissionsverluste, Lüftungsverluste und Warmwasserbedarf gedeckt werden können. Zusatzheizungen sind dann zwingend nötig, meist in Form von Elektro-Heizstäben.



Das Konzept ist aus dem Passivhausbereich übernommen. Die Passivhaus-Zertifizierung erfordert dabei aber neben einer überdurchschnittlichen Wärmedämmung zwingend eine Lüftungs-Wärmerückgewinnung, ein Luft-Erdregister und eine solare Wassererwärmung.

Zusammenfassend: Reine Abluftwärmepumpen-Konzepte ohne Zusatzheizung funktionieren technisch nicht.

Das nachfolgende Kompaktgeräte-Konzept gibt es mit und ohne Wärmerückgewinnung. Dabei wird die Abluft über Verdampfer der Heizungs-Wärmepumpe abgekühlt (aber nur wenn die Wärmepumpe Wärmebedarf hat):



Nur wenn der Abluft zusätzlich Aussenluft als Wärmequelle für die Wärmepumpe beigemischt wird (wie bei der LWZ – Reihe von Stiebel Eltron) kann die Lüftung bedarfsabhängig geregelt werden, andernfalls wird der Luftbedarf durch die Wärmepumpe bestimmt und nicht durch den Lüftungsbedarf.

Zusammenfassend: Kompakt-Abluftwärmepumpen gibt es mit und ohne Wärmerückgewinnung. Nur mit zusätzlicher Aussenluftbeimischung kann die Lüftung bedarfsabhängig geregelt werden. Ohne Aussenluftbeimischung ist eine Zusatzheizung erforderlich. Die Arbeitszahl entspricht im besten Fall einer Luft-Wasser-Wärmepumpe, der Effekt der Abluftbeimischung ist gering.

Hinweis zum notwendigen Volumenstrom von Abluftanlagen: Der Volumenstrom von Abluftanlagen muss 30% höher dimensioniert werden als der hygienisch notwendige Aussenluftvolumenstrom (vgl. Merkblatt SIA 2023), weil durch den in den Wohnungen induzierten Unterdruck auch Luft aus «unbekannten» Quellen angesaugt wird (vgl. z.B. Bericht «Küchenabluft in Wohnungen», AWEL, Dezember 2004). Der hygienisch notwendige Volumenstrombedarf ist durch die definierten Nachströmöffnungen bestimmt. Sind spezielle Nachströmelemente mit Zuluftventilator ausgerüstet, so entfällt die Unterdruckproblematik, hingegen sind andere, z.T. bereits im vorangehenden Text festgehaltene, Probleme (Frostgefahr, Zugserscheinungen, keine Feuchterückgewinnung, Schwächung der Schalldämmung, Einfluss Fehlverhalten Bewohner, ...) zu beachten.