



WÄRMERÜCKGEWINNUNG

WAS GIBT ES FÜR SYSTEME?
WIE STETS MIT DER
WIRTSCHAFTLICHKEIT?

KOSTEN/NUTZENVERGLEICH AUS DER
PRAXIS

Inhalt

Abkürzungen	4
Wärmerückgewinnungssysteme	5
Richtgrösse für WRG-Systeme – Rückwärmzahl (Temperatur-Änderungsgrad)	7
Wirkungsgrad WRG	11
Richtgrösse für WRG-Systeme – Rückfeuchtezahl (Feuchte-Änderungsgrad)	11
Energiekennzahlen	11
Jahresnutzungsgrad	11
Zusammenfassung: Leistungskennzahlen der WRG	12
Energetische Berechnungen	13
ERP-Richtlinie 1253/2014/EG (Öko-Design-Richtlinie)	14
Zusammenfassung der wichtigsten Punkte	14
Kreuzstromplattentauscher	16
Allgemein	16
Eigenschaften / Einsatzbereich	17
Vorteile	17
nachteile	17
Rotor	19
Allgemein	19
Eigenschaften / Einsatzbereich	20
Vorteile	20
nachteile	20
Kreislaufverbundsystem	22
Allgemein	22
Eigenschaften / Einsatzbereich	23
Vorteile	23
nachteile	24
Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungen	25
Vergleichsrechnung	25
Variante 1: Vergleich 16.000 m ³ /h	25
Variante 2: Vergleich 30.000 m ³ /h	28

Variante 3: Vergleich 53.000 m ³ /h	31
Varianten Vergleiche – Einsparung Energiekosten	34
Fazit / Abschluss	36

Abkürzungen

WRG	Wärmerückgewinnung
KPT	Kreuzstromplattentauscher
KVS	Kreislaufverbundsystem
HKVS	Hochleistungs-Kreislaufverbundsystem
RWZ	Rückwärmzahl
RFZ	Rückfeuchtezahl

WÄRMERÜCKGEWINNUNGSSYSTEME

Der Vorgang der Wärmeübertragung umfasst grundsätzlich den Energietransport in Form von Wärmeenergie von einem Wärmeträgermedium an ein zweites. Die Wärmeübertragung ist also die Weitergabe von Wärmeenergie von einem wärmeren Fluidstrom an einen Kälteren.

Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es unterschiedliche Lösungen. Die dazu erforderlichen Apparate sind Wärmeüberträger. In der Praxis wird oft von „Wärmetauschern“ gesprochen, wobei aber der Vorgang des Übertragens (eindeutige Transportrichtung) nichts mit Tauschen (beide Partner steuern etwas zum Vorgang bei) zu tun hat.

Im Sommerfall wird durch diesen thermodynamischen Prozess aber auch Kälte zurückgewonnen. Betrachtet über das ganze Jahr ermöglichen die Systeme Wärme- und Kälterückgewinnung. Man müsste hier klarerweise von Energierückgewinnung sprechen, aber umgangssprachlich hat sich das Wort Wärmerückgewinnung gefestigt. Daher wird im folgenden Ablauf von Wärmerückgewinnung gesprochen, aber dieser inkludiert natürlich auch den Kälterückgewinn im Sommer.

Die Wärmerückgewinnung wird abgekürzt mit WRG.

Kreuzstromplattentauscher

Damit es nicht zur Vermischung der beiden Fluidströme kommt, haben die Kreuzstromplattentauscher eine Trennwand zwischen den beiden Fluidströmen. Der Wärmestrom fließt durch diese Trennwand vom wärmeren Fluidstrom an den kälteren. Die Kreuzstromplattentauscher sind die dominierende Variante der Wärmeüberträger bei kleineren Luftvolumenströmen auf Grund des Platzbedarfes.

Rotoren

Im Rotor wird eine feste Speichermasse abwechselnd von den beiden Fluidströmen durchströmt. Dabei heizt der wärmere Fluidstrom die Speichermasse auf und der kältere kühlt sie wieder ab und übernimmt damit die vom wärmeren Fluidstrom abgegebene Wärmeenergie. Wenn die Übertragungsfläche des Rotors entsprechend behandelt wird, kann ein Rotor nicht nur sensible, sondern auch latente Wärme übertragen. Sogenannte Kondensationsrotoren übertragen Feuchte nur bei Taupunkt-Unterschreitung.

Kreislaufverbundsystem

In der Lüftungstechnik sind die räumlichen Verhältnisse oft so, dass der wärmere Abluftstrom nicht direkt an den kälteren Zuluftstrom vorbeigeführt werden kann. Dann kommt die mittelbare/indirekte Wärmeübertragung zur Anwendung, indem die Wärmeenergie zeitweise an ein Wärmetransportmedium übergeben wird.

Es besteht im Wesentlichen aus Vor- und Rücklauf mit dem Wärmeträgermedium (meist Wasser/Glykolgemisch) und zwei Wärmeüberträgern. Der eine sitzt im wärmeren Abluftstrom, der andere im kälteren Zuluftstrom. Eine Pumpe fördert das Wasser/Glykolgemisch im Kreis. Es nimmt über den Wärmeüberträger Energie aus der Abluft auf und gibt sie über den anderen Wärmeüberträger an die kältere Zuluft wieder ab. Im Sommer besteht ein umgekehrtes Verhalten.

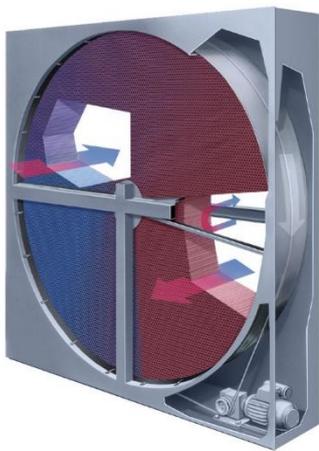
Hier wird ebenfalls marktgeläufig stark unterschieden zwischen einfachen KV-Systemen und HKVS. HKVS bedeutet Hochleistungs-Kreislaufverbund-System. Das Wort „Hochleistung“ wird hinzugefügt, sobald die trockene Rückwärmzahl (Temperatur-Änderungsgrad) bei Nennbedingungen mindestens 70% beträgt.

Visualisierungen der drei Varianten, die in der Lüftungstechnik eingesetzt werden:

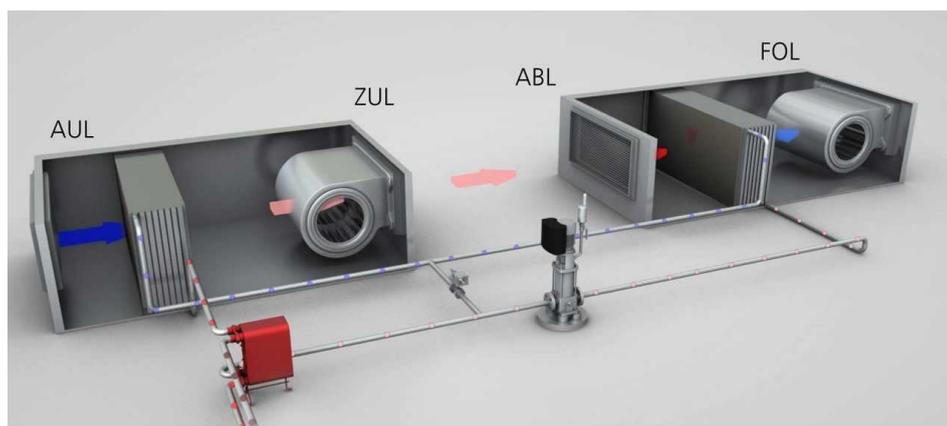
Kreuzstromplattentauscher



Rotor



Kreislaufverbundsysteme



RICHTGRÖSSE FÜR WRG-SYSTEME – RÜCKWÄRMZAHL (TEMPERATUR-ÄNDERUNGSGRAD)

Der Temperatur-Änderungsgrad gibt das Verhältnis der Temperaturveränderung der Außenluft einer Wärmerückgewinnung zur maximal möglichen Temperaturänderung, der Differenz zwischen Außenluft -und Abluft-Temperatur an. Der Temperatur-Änderungsgrad ist unter trockenen Bedingungen, das heißt ohne Kondensation definiert. Rückwärmzahl ist das andere und geläufigere Wort für den Temperatur-Änderungsgrad. Die Rückwärmzahl lässt sich auf die Warm- und auch auf die Kaltseite beziehen. Bei gleichem Wärmekapazitätenstrom sind im sensiblen Fall die Werte beider Rückwärmzahlen gleich.

Die Rückwärmzahl wird entweder in Prozenten oder in absoluten Werten angegeben.

Eine Rückwärmzahl von 0.75 = 75%.

Formel für die Berechnung der Rückwärmzahl:

$$\phi_2 = \frac{(t_{ZUL} - t_{AUL})}{(t_{ABL} - t_{AUL})}$$

t_{ZUL} = Zuluft-Temperatur

t_{AUL} = Außenluft-Temperatur

t_{ABL} = Abluft-Temperatur

Beispielberechnung:

$$\phi_2 = \frac{(20^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C})}{(25^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C})} = \frac{(15^\circ\text{C})}{(20^\circ\text{C})} = 0.75 = 75\%$$

Gemäß Wärmerückgewinnungsnorm, VDI Norm 3803 Blatt 5, wird die Rückwärmzahl bei gleichem Luftvolumenstromverhältnis, sowie Außenlufttemperatur (t_{ZUL}) von 5°C und Ablufttemperatur (t_{ABL}) von 25°C ausgelegt.

Warum ist das so? – Damit die verschiedenen Systeme verglichen und die vorgegebenen Werte auch nachgemessen werden können. Auslegungen bei Minus-Temperaturen führen zur Feuchteausscheidung in der Fortluft. Dies lässt sich zwar auf dem Papier berechnen, aber in der Praxis nicht umsetzen.

(siehe folgender Punkt: Keine Taupunktunterschreitung auf der Fortluftseite).

Auslegungsbedingungen für ein WRG-System:

5.1.7 Referenzbetriebszustand

Zum Vergleich von Systemen untereinander und hinsichtlich der Forderungen der EN 13053 sind die in dieser Richtlinie definierten Leistungskennzahlen für folgende Referenzbedingungen, in Anlehnung an EN 308, anzugeben:

- Massenstromverhältnis $\dot{m}_1/\dot{m}_2 = 1$
(bei $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)
- Außenlufttemperatur = 5 °C
- Fortlufttemperatur = 25 °C
- keine Taupunktunterschreitung auf der Fortluftseite und somit keine Kondensatbildung (sensible Wärmeübertragung)
- ohne Wärmeein- oder Auskopplung
- ohne Umluftanteil

Die Leistungskennzahlen gelten nur für diesen Referenzbetriebszustand und dürfen nicht für andere Betriebszustände übernommen werden. Sie

Speziell zu beachten:

- Keine Taupunktunterschreitungen auf der Fortluftseite

Kondensation auf dem Wärmeüberträger kann nicht gemessen werden und weist eine erhöhte Wärmeübertragung auf.

Eine WRG wird normalerweise durch eine trockene Rückwärmzahl definiert, d.h. ohne Unterschreitung des Taupunktes in der Fortluft. Durch die Feuchteabgabe durch Personen wird der Taupunkt bei tiefen Außentemperaturen jedoch meistens unterschritten. Dadurch wird die Rückwärmzahl erhöht.

Eine WRG darf jedoch nie bei der tiefsten Aussentemperatur dimensioniert werden, da die Frostschutz-Regulierung ein Einfrieren des ausgeschiedenen Kondensats verhindert und die WRG-Leistung somit reduziert.

Um ein Einfrieren des aus der FOL ausgeschiedenen Kondensats bei tiefen Aussentemperaturen zu vermeiden, werden meistens folgende Massnahmen ergriffen :

Plattentauscher : Öffnen der Bypassklappe. Wegen der dadurch reduzierten WRG-Leistung muss der Warmwasser-Nachwärmer auf die volle Leistung bei der tiefsten Aussentemperatur dimensioniert werden.

Rotor : Veränderung der Rotordrehzahl. Bei tiefen Aussentemperaturen wird der Rotor zeitweise für eine Abtauphase abgestellt. Daher muss der Warmwasser-Nachwärmer auf die volle Leistung bei der tiefsten Außentemperatur dimensioniert werden.

KVS: Beimischung von warmem Wasser/Glykol-Gemisch, sodass die Eintrittstemperatur des Wasser/Glykol-Gemisches bei Eintritt in das WRG-Fortluft-Register eine minimale Temperatur von -1°C bis -2°C nicht unterschreitet. Der Warmwasser-Nachwärmer muss nicht auf die volle Leistung bei der tiefsten Aussentemperatur dimensioniert werden, da die WRG-Leistung ab der Einfriergrenze konstant bleibt.

Eine Auslegung unter feuchten Bedingungen führt dazu, dass eine vermeintlich hohe Leistung (hohe Rückwärmzahl) mit weniger Materialeinsatz erzielt wird. Bei genauerer Nachrechnung mit Normtemperaturen (wie oben erwähnt), ergibt sich allerdings eine geringere Leistung des Systems und damit auch eine stark verringerte Rückwärmzahl. Im Betrieb merkt man dies kaum, da der

fehlende Wärmerückgewinn über vermehrtes Nachheizen abgedeckt wird. Folge sind höhere Energiekosten für den Betreiber, da die Leistung der WRG zu gering ist.

Konsequenz bei Dimensionierung der Heizung:

Größerer Spitzenbedarf Nachwärmung-> Heizleistung (Maximum) um vielfaches grösser

Zahlenbeispiel „simpl“:

Spitzenleistung Heizung: 800kW

RWZ 75% (nach Norm ausgelegt – VDI 3803 Blatt 5) = 200 kW Spitzenleistung

Auslegung mit Taupunktunterschreitung: Ausfallsicherheit Faktor 4 = 800 kW Spitzenleistung

• Ohne Umluftanteil

Umluftanteile weisen eine hohe Temperatur aus und verzerren die Berechnung der Rückwärmzahl.

Rotoren haben konstruktionsbedingt immer eine gewisse Leckage.

Je nach Anordnung der beiden Ventilatoren entstehen beim Rotor grosse Druckdifferenzen zwischen den beiden Luftströmen. Je höher die Druckdifferenzen, desto höher die Leckluftstraten. Entweder wird die AUL im Rotor erwärmt und gleich wieder ausgeblasen (→Energieverlust) oder Abluft gelangt als Umluft in die Zuluft.

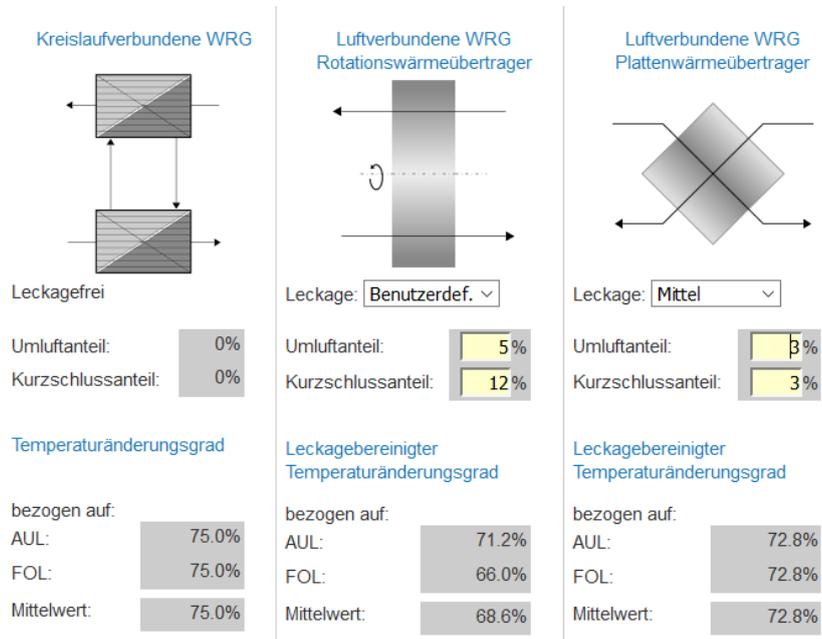
Gemäss den in EUROVENT Certification veröffentlichten Messresultaten können Leckluftmengen in der Grössenordnung von 30-40% resultieren (selbst bei neuen luftseitigen Abdichtungen).

Diese Leckluftmengen müssen bei der Dimensionierung von Ventilatoren und Luftkanälen sowie bei der Bestimmung der Ventilatorenergie berücksichtigt werden.

Kreuzstromplattentauscher können relativ dicht gebaut werden (falls gewünscht). Leckagen erfolgen jedoch durch Undichtheiten beim Einbau in die Lüftungsgeräte.

KVS: Da die Luftströme vollständig getrennt sind, können keine Leckluftströme auftreten. Bei aggressiver oder kontaminierter Abluft können daher nur KV -Systeme gewählt werden.

Hier ist daher Sorge zu tragen, dass es keine Umluftanteile ins System einwirken, oder dass diese zumindest in Abzug gebracht werden. Vor allem beim Rotor ist dies sehr wichtig. Diese Umluftanteile sind abzuziehen bei der Berechnung der Rückwärmzahl. Hier sollte jeweils immer die Leckagenbereinigte Rückwärmzahl angefordert werden.



(Beispiel: Rückwärmzahl 75% abzüglich Umluftanteile- Leckagenbereinigt)

Rückwärmzahlen nach Systemvarianten

WRG - System	mit Wärmeüberträger	Rückwärmzahl	Rückfeuchtzahl	Leckagen / Umluftanteile
Kreuzstromplattentaucher	Kreuzstromplattentaucher	0,4-0,8	0,0	Ja, gering
	Kreuzstromplattentaucher (feuchtedurchlässige Folien)	0,4-0,8	0-0,8	Ja, gering
KV-Systeme	Wärmetaucher (Lamellentaucher mit Rohrbogenende)	0,3-0,5	0,0	Nein
	Hochleistungs-Wärmetaucher	0,7-0,8	0,0	Nein
Rotoren	Rotor mit Sorption	0,7-0,8 (inkl. Umluftanteile)	0,6-0,7	Ja, groß
	Rotor ohne Sorption	0,7-0,8 (inkl. Umluftanteile)	0,1-0,2	Ja, Groß

Vorsicht beim Wort „Rückwärmzahl“

Die Rückwärmzahl bezieht sich nur auf die Wärmeüberträger-Masse. Sie definiert die Größe des Wärmeüberträgers und seine theoretische Leistungsgröße bei den für die Berechnung ausgelegten Bedingungen (Luftmenge, Temperatur, Feuchte, etc.). Dies bedeutet, dass die Rückwärmzahl eine rein statische Größe des Übertragungsmaterials und der Bauart ist und nicht gleichzusetzen ist mit dem gesamten Energierückgewinn. Daher ist eine einfache Energieberechnung, welche den Wert der Rückwärmzahl in Prozent vom Gesamtenergiebedarf abzieht falsch.

Eine Rückwärmzahl von 80% deckt nicht pauschal den Energierückgewinn mit 80%. Hier muss bei der Planung mit Vorsicht gerechnet werden. WRG-Hersteller können mit einer energetischen Berechnung das System so auslegen, dass der Energierückgewinn ebenfalls maximale Werte erreicht unter Beachtung der gesetzlichen Mindestanforderungen und der Betriebsbedingungen. Die Rückwärmzahl ist somit nur die statische Leistungsgröße der Wärmerückgewinnung, ähnlich dem Motor bei Autos.

WIRKUNGSGRAD WRG

Der Wirkungsgrad ist eine weitere Messgröße für die WRG-Systeme, wobei dieser eher weniger Beachtung findet. Es muss beachtet werden, dass umgangssprachlich auch sehr oft fälschlicherweise der Wirkungsgrad mit der Rückwärmzahl gleich gestellt wird, bzw. dass man vom Wirkungsgrad spricht, aber eigentlich die Rückwärmzahl meint.

Der Wirkungsgrad der WRG ergibt sich aus der Rückwärmzahl abzüglich zusätzlich benötigter elektrischer Leistung. Das bedeutet, dass jede elektrische Leistung, welche zusätzlich benötigt wird für die Erreichung der Wärmerückgewinnung, von der Rückwärmzahl abgezogen wird. Beim Ventilator, sowie auch für die Pumpe beim KV-System.

Ziel ist es hier, energetisch die Berechnung der Rückwärmzahl zu bereinigen. Die zusätzliche Ventilatorenleistung und die Pumpenleistung schmälern die Leistung der Wärmerückgewinnung.

RICHTGRÖSSE FÜR WRG-SYSTEME – RÜCKFEUCHTEZAHL (FEUCHTE-ÄNDERUNGSGRAD)

Analog zur Rückwärmzahl lässt sich die Rückfeuchtezahl (Rückgewinnung von Luftfeuchtigkeit) berechnen. Die Rückfeuchtezahl wird in ψ angegeben, die absolute Feuchtigkeit in g/kg in X.

Berechnung Rückfeuchtezahl:

$$\psi = \frac{(X_{ZUL} - X_{AUL})}{(X_{ABL} - X_{AUL})}$$

Beispielberechnung:

$$\psi = \frac{(10 - 2)}{(12 - 2)} = \frac{(8)}{(10)} = 0.8 = 80\%$$

ENERGIEKENNZAHLEN

Ergänzend zu den zuvor aufgeführten Berechnungskennzahlen, können die Energiekennzahlen zu Aussagen über die Wirtschaftlichkeit und den tatsächlichen Nutzen einer WRG herangezogen werden. Dazu müssen Energieströme über ein Jahr bilanziert werden. Die Energiekennzahlen werden aus den kumulierten Energien ermittelt und sind somit repräsentative Beurteilungskriterien für die WRG.

JAHRESNUTZUNGSGRAD

Der Jahresnutzungsgrad beschreibt den Anteil der WRG am Gesamtwärmebedarf der RLT-Anlage. Der Jahresnutzungsgrad ist der reale Energierückgewinn über das ganze Jahr, da er den Wärmebedarf mit dem Wärmerückgewinn ins Verhältnis setzt. Hier spielt der tatsächliche Betrieb eine entscheidende Rolle.

Grundlegend kann gesagt werden:

- Nicht nur die Güte der WRG entscheidet über einen hohen Jahresnutzungsgrad, sondern auch die Soll-Werte, welche im Betrieb gesetzt werden.

- Der Jahresnutzungsgrad besitzt immer eine gewisse Ungenauigkeit, da der Betrieb jederzeit variieren kann. Jedoch werden Gebäude, je nach Bedarf und Nutzen, ähnlich oder gleich betrieben.
- Krankenhäuser weisen einen hohen Anteil an internen Lasten auf, so dass sich dies positiv auf die Wärmerückgewinnung auswirken kann (dafür negativ auf den Kälterückgewinn). Dies führt zu höheren Jahresnutzungsgraden.
- Eine effiziente WRG sollte (müsste) einen hohen Jahresnutzungsgrad aufweisen, der über der ausgelegten Rückwärmzahl liegt.
- Ein WRG System muss für den effektiven Anwendungsfall optimiert und angepasst werden, um den Jahresnutzungsgrad zu steigern und damit den Energierückgewinn zu erhöhen. Der Unterschied zwischen den geplanten Luftmengen und den tatsächlichen betriebenen Luftmengen ist oft sehr groß. Dies wirkt sich, unabhängig der Bauweise, auf den Energierückgewinn aus. Kreuzplattentaucher und Rotoren sind kaum optimierbar, da sie für den Planungsfall ausgelegt sind. Daraus resultieren tiefere Jahresnutzungsgrad und somit weniger Energierückgewinn.
- Einzig KV-Systeme können auf Grund der Systemkonstellation nachjustiert und angepasst werden, so dass der ideale Energierückgewinn, trotz Unterschiede von Planung und Betrieb, resultieren kann.

Jahresnutzungsgrade sollten daher nur mit Anlagen ähnlicher Nutzung verglichen werden. Ziel der WRG muss es sein, diese Punkte bestmöglich zu erfüllen und damit den Betreiber im Betriebsunterhalt zu unterstützen. Anzustrebender Jahresnutzungsgrad in Krankenhäusern: 80-95%.

ZUSAMMENFASSUNG: LEISTUNGSKENNZAHLEN DER WRG

5.1 Leistungskennzahlen

Die Güte eines Wärmerückgewinnungssystems wird unter trockenen Bedingungen durch den Temperaturänderungsgrad Φ_r (Rückwärmzahl) bezogen auf die Außenluft bestimmt.

Bei Feuchteübertragung wird die Wärmerückgewinnung (WRG) zusätzlich durch den Feuchteänderungsgrad Ψ (Rückfeuchtzahl) beschrieben. Aus der Kombination dieser Kennzahlen ergibt sich der Enthalpieänderungsgrad Φ_h .

Die Änderungsgrade werden gemäß EN 308 nur auf der Außenluftseite definiert, um Verwechslungen zu vermeiden. Physikalisch ist aber auch die Definition der Änderungsgrade, bezogen auf die Fortluft, möglich.

(Ausschnitt aus der VDI-Norm 3803 Blatt 5 – Leistungskennzahlen)

ENERGETISCHE BERECHNUNGEN

WRG-Lieferanten bringen bereits in der Planungsphase die Kennzahlen und Berechnungsmethoden zur Bewertung von WRG-Systemen ein. Die hohe Computerisierung in der Planung ermöglicht jedem Lieferanten Berechnungen und Kennzahlen in der Planungsphase zu erarbeiten, welche mit bereits realisierten Projekten verglichen werden können. Dafür sind Berechnungsverfahren auf Basis von Summenhäufigkeiten und gegebenenfalls zur umfassenderen Betrachtung dynamische oder quasidynamische Berechnungsverfahren notwendig. Grafische Verfahren und statische Rechenverfahren zur Ermittlung der Energiekennzahlen auf Basis von mittleren Monatstemperaturen sind nicht zulässig. Es müssen folgende Parameter zugrunde gelegt und dokumentiert werden:

- Wetterdatensatz entsprechend der Klimazone und den Betriebszeiten
- Betriebszeiten der Anlage
- Luftzustände (Temperatur, Feuchte, Position des Ventilators und Luftmassenströme)
- Sollwerte entsprechend der Bilanzgrenze (Temperatur, Feuchte, Position des Ventilators und Luftmassenströme) entsprechend den Nutzervorgaben
- Erfassung aller durch das WRG-System, innerhalb der festgelegten Bilanzgrenzen, direkt und indirekt verursachten zusätzlichen elektrischen und thermischen Zusatzenergien (im Vergleich zu einer Anlage ohne WRG-System)

Grundsätzlich lässt sich klar sagen, dass jeder WRG-Hersteller, energetische Berechnungen von Anfang an mitliefern kann. Dies ermöglicht wiederum für alle Projektpartner einen einfachen energetischen Überblick und somit auch eine einheitliche Entscheidungsgrundlage zur weiteren Projektfindung (wirtschaftlich und energetisch).

Leistungswerte von WRG-Systemen ohne genaue Angaben und ohne energetische Berechnungen sind schwer zu beurteilen und schwer zu bewerten (Vergleiche zu Alternativen). Einfache Angaben von Rückwärmzahlen ohne die dazugehörigen energetischen Berechnungen können täuschen.

Wenn mehrere WRG-Anbieter eine energetische Berechnung zu den gewählten Systemen anbieten, sollte sich der berechnete Gesamtbedarf der Anlagen decken. Dies erhöht die Planungssicherheit, weil alle die gleichen Grunddaten ermittelt haben.

ERP-RICHTLINIE 1253/2014/EG (ÖKO-DESIGN-RICHTLINIE)

ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN PUNKTE

- Einteilung der Lüftungsgeräte in Wohnraumlüftung und Nichtwohnraumlüftung
- Einteilung der Lüftungsanlagen in Ein-Richtung-Lüftungsanlagen (ELA) und Zwei-Richtung-Lüftungsanlagen
- Verpflichtung zur mehrstufigen (>2 Stufen) oder stufenlosen Regelung von Ventilatoren
- Vorgaben zur Ventilatoren-Effizienz
- Verpflichtung zur Wärmerückgewinnung
- Vorgabe zu Mindestrückwärmzahlen
- Wärmerückgewinnung müssen regelbar (mindestens eine Bypass-Klappe) und mit einer thermischen Umgehung ausgestattet sein
- Max. Stromaufnahme / Wirkungsgrad des gesamten Lüftungsgerätes
- Wärmerückgewinnung Kreuzstromplattentauscher und Rotoren:
 - o Ab 01.01.2016: >67% Rückwärmzahl
 - o Ab 01.01.2018: >73% Rückwärmzahl
- Wärmerückgewinnung KV-Systeme:
 - o Ab 01.01.2016: > 63% Rückwärmzahl
 - o Ab 01.01.2018: > 68% Rückwärmzahl

Es ist zu beachten, dass höhere Rückwärmzahlen der WRG-Systeme (höhere Rückwärmzahl als Mindestforderung) dem SFP-Wert der Ventilatoren gut-gerechnet werden können. Somit können schlechtere SFP-Werte mit einer besseren Rückwärmzahl kompensiert werden.

Anbei die Tabelle für die Auslegungswerte und Leistungsvorgaben (mindestens eine Filterstufe beim Zuluft- und eine beim Fortluftgerät):

ErP-Stufe		ErP-Stufe 2016	ErP-Stufe 2018	
WRG mit Regelungseinrichtung		gefordert	gefordert	
Trockene Rückwärmzahl (EN 308) η_t [%]	Kreislaufverbundsystem	63	68	
	Andere WRG-Systeme	67	73	
Interner SFP-Wert (Referenzkonfiguration) $SFP_{int\ max}$ [W/(m ³ /s)]	Kreislaufverbundsystem	$q < 2\ m^3/s$	$1.700 + E - 300 \times q / 2 - F$	$1.600 + E - 300 \times q / 2 - F$
		$q \geq 2\ m^3/s$	$1.400 + E - F$	$1.300 + E - F$
	Andere WRG-Systeme	$q < 2\ m^3/s$	$1.200 + E - 300 \times q / 2 - F$	$1.100 + E - 300 \times q / 2 - F$
		$q \geq 2\ m^3/s$	$900 + E - F$	$800 + E - F$
Effizienzbonus E Wärmerückgewinnung [W/(m ³ /s)]	Kreislaufverbundsystem	$(\eta_t - 63) \times 30$	$(\eta_t - 68) \times 30$	
	Andere WRG-Systeme	$(\eta_t - 67) \times 30$	$(\eta_t - 73) \times 30$	
Filterkorrekturwert F [W/(m ³ /s)]	Referenzkonfiguration	0	0	
	Filter M5 fehlt	160	150	
	Filter F7 fehlt	200	190	
	Filter M5 + F7 fehlen	360	340	
Ventilator-Drehzahlregelung		gefordert	gefordert	
Filter-Differenzdrucküberwachung		-	gefordert	

Vergleicht man nun die Mindestanforderungen der WRG-Systeme an sich, ist ersichtlich, dass das KV-System einen Sonderstatus erhalten hat. Es weist tiefere Anforderungen bei der Rückwärmzahl und eine höheren SFP-Wert. Ebenfalls haben die Filter einen starken Einfluss auf das Gesamtsystem.

Land Niederösterreich – Energieeffizienzpflichtenheft

Im Vergleich zum Energieeffizienz-Pflichtenheft des Landes Niederösterreich ist die ERP-Richtlinie, wenn es um die Wärmerückgewinnung geht, diesem mehrere Schritte hinterher. Das Energieeffizienz-Pflichtenheft fordert eine Mindestrückwärmzahl von 75%, mit einem Wirkungsgrad von 71% (abzüglich zusätzlicher elektrischer Leistung).

Damit weisen Bauten des Landes NÖ einen höheren Effizienzgrad bei der Wärmerückgewinnung auf und haben strengere Leistungsvorgaben. Damit leistet das Land Niederösterreich eine Vorreiterrolle bei der Energieeffizienz und ist heute schon beim Stand von Morgen.

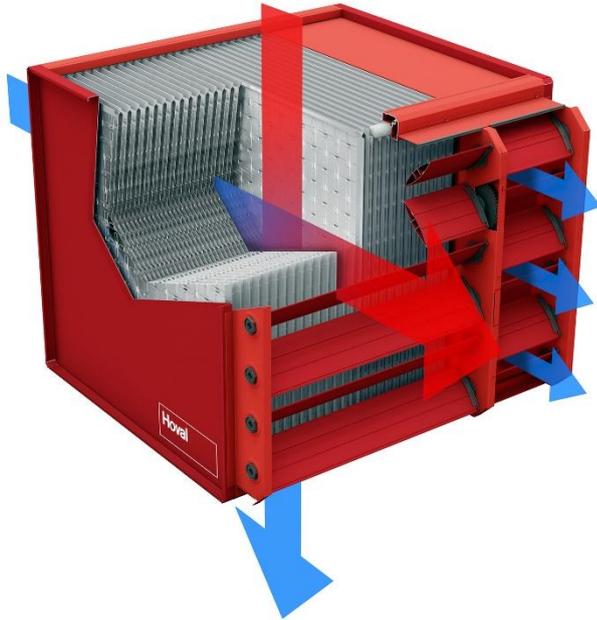
Tabelle 9.11 a: Anforderungen RLT-Anlage - Gehäuse

Nr.	Bezeichnung	Vorgabe/Kategorie	Hinweis
	1	2	3
1	SFP _v für Kombinierte Zu- und Abluftgeräte ^{1) 2)} SFP (Specific Fan Power) Spezifische Ventilatorleistung	SFP 3 + erweiterte P_{SFP}	Gemäß ÖNORM EN 13779:2008 Tab. 9 (SFP-Kategorien) und Tab. 10 (erweiterte P _{SFP} für zusätzliche Bauteile ³⁾), sowie Anhang D
2	SFP _v für reine Zuluftgeräte ¹⁾	0,6 · SFP 3 + erweiterte P_{SFP}	
3	SFP _v für reine Abluftgeräte ¹⁾	0,4 · SFP 3 + erweiterte P_{SFP}	
4	Druckverluste von Bauteilen in Luftbehandlungseinheiten etc.	Niedriger Druckabfall	Gemäß ÖNORM EN 13779:2008, Tab. A.8
5	Effizienz der Wärmerückgewinnung	mind. 71 %	
6	Rückwärmzahl (thermischer Wirkungsgrad)	mind. 75 %	Gemäß EN 13053/A1 (Entwurf 12/2010)
7	Luftgeschwindigkeitsklasse im RLT-Geräte-Gehäuse	Klasse V2 (max. 2,0 m/s)	Gemäß ÖNORM EN 13053:2007, Tab. 4
8	Mechanische Festigkeit von RLT-Geräten	Klasse D1	Gemäß ÖNORM EN 1886:2009, Tab. 2
9	Dichtheitsklasse des RLT-Gerätegehäuse	Klasse L2	Gemäß ÖNORM EN 1886:2009, Tab. 4

- 1) Der SFP_v-Wert ist beim maximalen Nennluftvolumenstrom zu bestimmen.
- 2) Zur Bestimmung des SFP_v-wertes ist die größere der beiden Luftvolumenströme (Zu- oder Abluft) heranzuziehen.
- 3) Kühler sind als Hochleistungskühler zu bewerten, wenn bei Norm-Außenluftbedingungen (32°C, 40%rF) und Auslegungsbedingungen die Luftaustrittstemperatur max. 2 K über der Kühlwasser-Austrittstemperatur liegt (z.B. Eintritt 32°C und 40%rF, Austritt 15°C / Kühlwasser Eintritt 7°C, Austritt 13°C)
- 4) Als Luftleitungssystem Zuluft ist das gesamte System von der Außenluftansaugung bis zum Zuluftdurchlass im Raum zu sehen. Als Luftleitungssystem Fortluft ist das gesamte System von der Abluftdurchlass im Raum bis zur Fortluftausblasung (im Freien) zu sehen.
- 5) In der VDI 3803 Blatt 5: 2013 werden die Begriffe Rückwärmzahl (anstelle Temperaturänderungsgrad) und Wirkungsgrad der WRG (anstelle Effizienz der WRG) verwendet.

(Ausschnitt aus dem Energieeffizienzpflichtenheft des Landes NÖ, Version 2014, Seite 73)

KREUZSTROMPLATTENTAUSCHER



(Kreuzstromplattentauscher inkl. Bypass-Klappen)

ALLGEMEIN

Der Kreuzstromplattentauscher gehört zu den rekuperativen Wärmerückgewinnungssystemen. Zuluft und Abluft sind per Platten voneinander getrennt und über die Platten wird die Wärme der Abluft an die Zuluft über die Platten übertragen.

Diese Platten sind aneinander fixiert und/oder gepresst, was eine direkte Leckage verhindert, da beide Luftströme voneinander getrennt sind. Der Einbau ins Lüftungsgerät und die Abdichtung des Kreuzplattentauschers im Ganzen sind hier elementar um eine Leckage zu verhindern. Da dies kaum ein Hersteller garantieren kann, wird das System auch nicht als vollständig dicht betrachtet im Normalfall, da stets geringe Mengen an Umluft vorhanden sind.

Aufgrund seiner einfachen und kompakten Bauweise, ist der Kreuzstromplattentauscher auch die einfachste herzustellende Wärmerückgewinnung. Die Bauweise erfordert zwingend eine Luftkanalrückführung zum Kreuzwärmetauscher. Bedeutet, dass die Zuluft und Abluft zwingend aneinander geführt werden müssen.

Moderne Kreuzstromplattentauscher weisen heutzutage hohe Rückwärmehzahlen aus und sind gleichwertig mit KV-Systemen und Rotoren. Der größte Unterschied, bzw. größte Nachteil des Kreuzstromplattentauscher ist sein hoher luftseitiger Widerstand und der erhöhte Platzbedarf bei mittleren und größeren Luftmengen. Der hohe luftseitige Widerstand wirkt sich negativ auf den Leistungsbedarfs des Ventilators und damit auf den konstanten ganzjährigen Energieverbrauch aus.

Ein Feuchterückgewinn ist bei konventionellen Kreuzstromplattentauscher nicht möglich. Jedoch gibt es eine spezielle Bauweise mit Kunststoffplatten, anstatt Metallplatten, welche eine Feuchteübertragung von der Abluft auf die Zuluft ermöglichen.

Wie im obigen Kapitel bei der Berechnung der Rückwärmehzahl schon erwähnt, führt eine kalte Außenluftansaugung, bei der Abluft zur Taupunktunterschreitung (Wasser wird aus der Luft ausgestoßen). Damit schwitzt die Luft das in Ihr enthaltene Wasser aus. Durch die kalte Außenluft würde dieses auslaufende Wasser zufrieren. Damit dies nicht geschieht, enthalten

Kreuzstromplattentaucher eine Bypass-Klappe, damit der Wärmeüberträger nicht zufriert. Dies wird als Einfriergrenze bezeichnet. Unterhalb der Einfriergrenze öffnet die Bypassklappe und verhindert ein Zufrieren des Plattentauchers.

Die Einfriergrenze liegt bei Kreuzstrom-Plattentauchern bei ca. -5°C , d.h. bei tieferen Aussentemperaturen werden die WRG-Leistungen durch das Öffnen der Bypass-Klappen reduziert. Der Warmwasser-Lufterhitzer muss auf die volle Leistung bei der tiefsten Außentemperatur dimensioniert werden. Eine Reduktion der Wärmeerzeugung ist daher nicht möglich.

EIGENSCHAFTEN / EINSATZBEREICH

Luftmenge: 500 – 10.000 m³/h

Dichtheit: Gilt grundsätzlich als dicht, wird aber auf Grund des Einbaus oder auch mit der Zeit im Betrieb undicht

Kanalführung: Zuluft und Abluft muss zwingend aneinander geführt werden

Einfrierschutz: Bypass-Klappe – Kreuzstromplattentaucher wird umgangen

Luftkonditionierung: Nicht möglich. Kann nur einfache Wärmerückgewinnung erbringen

Luftseitige Widerstände: Sehr hoch

ÖNORM H 6020: Über Platten-Wärmetaucher (Kreuzstromplattentaucher und Diagonalstromwärmetaucher) darf keine Abluft geführt werden, die radioaktive Stoffe enthält oder aus Infektionsabteilungen, Prosekturen bzw. tierexperimentellen Abteilungen stammt. Die abluft-/fortluftseitige Kondensatwanne des Wärmetauchers ist mit einem Kondensatablauf zu versehen.

Filtervorwärmung: Nicht integrierbar. Für die Filtervorwärmung muss separat ein zusätzlicher Wärmeüberträger eingebaut werden, welcher über das Heiz-Wassernetz gespeist wird. Diese Zusatzkosten für die Filtervorwärmung (Register, Pumpe, Verrohrung, etc.) müssen dem Kreuzstromplattentaucher aufgerechnet werden, da die Filtervorwärmung sich direkt auf die Wärmerückgewinnung auswirkt.

VORTEILE

Der Kreuzstromplattentaucher besitzt eine einfache Bauweise und ist dadurch einfach und günstig herzustellen. Damit ist der Kreuzstromplattentaucher das günstigste WRG-System an sich.

Da der Kreuzstromplattentaucher nicht speziell geregelt werden muss, arbeitet er einfach und simpel. Der Wärmeüberträger tut was er kann. Damit ist der Betriebsunterhalt eines Kreuzstromplattentaucher sehr gering für das Betriebspersonal.

Bei Luftmengen unter 10'000 m³/h ist es eine sehr einfache und effiziente Art und Weise die Wärmerückgewinnung sicherzustellen. Hat die Lüftung keine spezielle Anforderung, wie z.B. Entfeuchtung, Vollklimatisierung, etc., und handelt es sich nur um ein einzelnes Gerät, ist der Kreuzstromplattentaucher energetisch und wirtschaftlich eine gute und empfehlenswerte Lösung. Bei mehreren Lüftungsgeräten muss ein größerer Überblick gewahrt werden (siehe Kapitel Kosten/Nutzen Vergleichsrechnung)

NACHTEILE

Die Bauweisen der Kreuzstromplattentaucher weisen hohe luftseitige Widerstände auf. Vergleicht man die drei Wärmerückgewinnungssysteme miteinander (bei gleicher Leistung und Anforderung) weist der Kreuzstromplattentaucher stets höhere Luftwiderstände auf und damit einen höheren Leistungsbedarf beim Ventilator, bzw. höhere Energiekosten für den Ventilator.

Die Luftkanäle Zuluft und Abluft müssen zwingend aneinander geführt werden. Der Aufbau des Lüftungsgerätes mit Kreuzstromplattentaucher ist unflexibel. Das Zuluftgerät und das Abluftgerät müssen aufeinander liegen, damit ergibt sich auch die Problematik der größeren Raumhöhen.

Sobald die Luftmenge eine Größe ab ca. 15.000 m³/h erreicht (hängt von der Rückwärmzahl, Anströmgeschwindigkeit und vom SFP-Wert ab), benötigt der Kreuzstromplattentaucher mehr Raumhöhe, bzw. stets höhere Räume in der Technikzentrale.

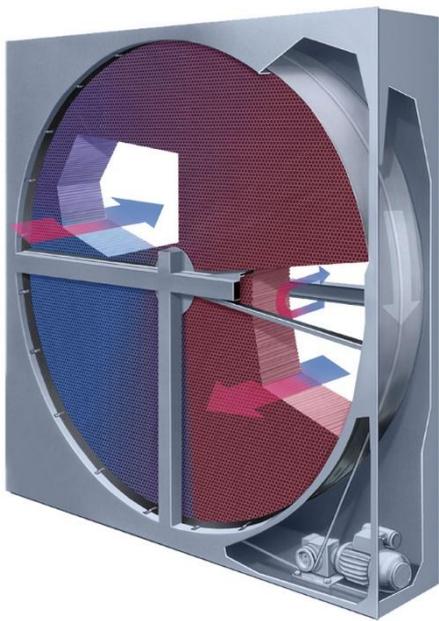
Eine Luftkonditionierung ist nicht machbar. Bedeutet, dass ein Kreuzstromplattentaucher immer noch zusätzliche Lufterhitzer und/oder Luftkühler benötigt. Im Normalfall einen luftseitigen Vorwärmer, Luftkühler, Nachwärmer. Damit einhergehen zusätzliche luftseitige Widerstände, welche einen zusätzlichen Leistungsbedarf beim Ventilator generieren, als auch das Lüftungsgerät verlängern (im Durchschnitt pro Register inklusive Leerteil: 1 - 1.5 Meter).

Eine Kombination von mehreren getrennten Lüftungszonen ist nicht möglich. Pro Lüftungszone benötigt es immer einen Kreuzstromplattentaucher.

Ein Monitoring ist nicht gegeben. Der reale Energierückgewinn muss über den Betrieb separat gemessen und errechnet werden. Damit ist es auch schwer zu sagen, wie effizient ein Kreuzstromplattentaucher ist, egal welche Rückwärmzahl er besitzt. Der Jahresnutzungsgrad muss über die Gebäudeautomation separat gemessen und ausgewertet werden. Dies führt zu höheren Kosten bei der GLT.

Die Reinigung des Kreuzstromplattentaucher ist schwierig und mühsam.

ROTOR



Rotor mit Spülkammer und Antriebsmotor

ALLGEMEIN

Der Rotor besteht aus zahlreichen zur Achse parallelen Kanälen, deren Wärmespeichervermögen ausgenutzt wird. Durch eine Hälfte des Rotors wird die warme Abluft geblasen, die Wände werden dadurch aufgewärmt. Dreht sich der Rotor weiter, erreichen die aufgewärmten Kanäle den Bereich, wo sie kalte Außenluft durchströmt; diese wird an den warmen Wänden der Kanäle erwärmt, die Wände werden abgekühlt. Wenn die beiden Luftströme in Gegenrichtung angeordnet sind, hat der Rotor eine kalte und eine warme Seite und entspricht einem Gegenstrom-Wärmeüberträger.

Bei der einfachsten Anordnung, wie im Bild dargestellt, sind die Kanäle noch mit warmer Abluft gefüllt, wenn sich der Rotor weiterdreht und den Bereich der entgegengesetzten Luftströmung erreicht. Die Mitrotation erzeugt unabhängig vom Druckgefälle immer einen unerwünschten Umluftanteil. Zudem ergeben sich aufgrund des Druckgefälles zwischen den Luftströmen Leckagen. Wegen dieser unerwünschten Luftströme müssen die Ventilatoren für Zu- und Abluft höhere Leistungen erbringen, als für den eigentlichen Luftwechsel benötigt wird. Die Frischluftmenge muss um den Umluftanteil erhöht werden, damit der reale Frischluftanteil gleich bleibt.

Der Umluftanteil kann vermindert werden, indem in einem kleinen Bereich (Sektor) die Zuluft von außen nicht ins Gebäudeinnere weitergeleitet wird, sondern in einer sogenannten Spülkammer umgelenkt wird und in Gegenrichtung durch den Rotor in den Fortluftkanal geblasen wird. Dabei ist zusätzlich zwingend ein Druckgefälle zwischen Außen- und Fortluft zu gewährleisten. Diese Vorrichtung führt zu einer weiteren Erhöhung der Ventilatorenleistung. Beide Maßnahmen verringern die Effizienz, weshalb die Ventilatoren nun mindestens 5–10% mehr Leistung erbringen, als auch eine höhere Luftmenge fördern müssen, damit der Frischluftanteil gleich bleibt.

Der Rotor ist an sich das einzige WRG-System, welches einen einfachen Feuchterückgewinn ermöglicht. Dies aber nur, wenn es sich um einen Sorptionsrotor handelt, bei welchem die Speichermasse mit einem aufgerautem Aluminium versehen ist, welche eine Sorption zulässt.

Normale Kondensationsrotoren, welche den größten Teil der verbauten Rotoren ausmachen, weisen nur bei Taupunkt-Unterschreitung eine Feuchteübetragung.

EIGENSCHAFTEN / EINSATZBEREICH

Luftmenge: 5'000 – 50'000 m³/h (Aufbau- und Lageabhängig. Kann daher theoretisch auch grösser sein, aber bei Standard-Einsatzbereich auf Grund der Größenverhältnisse gedeckelt.)

Dichtheit: Undicht Alle Rotoren weisen kleinere oder grössere Leckagen auf, abhängig von der Druckdifferenz über dem Rotor. Die Größe der Leckluftraten kann den neutralen Unterlagen von EUROVENT Certification entnommen werden (OACF- und EATR-Werte).

Kanalführung: Zuluft und Abluft muss zwingend aneinander geführt werden.

Einfrierschutz: Weist eine tiefere Einfriergrenze aus, als die anderen WRG-Systeme, da Feuchte auf die Zuluft übertragen wird und damit weniger Feuchte in der Abluft ansteht. Allerdings werden die Rotoren bei tiefen Aussentemperaturen für eine Enteisung zeitweise abgestellt. Während dieser Zeit muss die Außenluft durch einen vor dem Kaltwasser-Luftkühler vorgeschalteten Warmwasser-Lufterhitzer erwärmt werden (Verhinderung von Frostschäden).

Luftkonditionierung: Nicht möglich. Kann nur einfache Wärmerückgewinnung erbringen.

Luftseitige Widerstände: Normale, bis gering. Da jedoch zusätzlich immer Lufterhitzer und Luftkühler benötigt werden, wirkt sich dies auf den Ventilatoren-Energie-Verbrauch und Leistung schlussendlich negativ aus.

ÖNORM H 6020: Bei diesen Systemen gelten die gleichen Einschränkungen wie bei Platten-Wärmetauschern. Zusätzlich muss die hygienische Eignung des Gerätes für den speziellen Einsatzzweck durch ein Gutachten nachgewiesen werden. Spülzonen im regenerativen Wärmetauscher sind nicht erforderlich.

Beim Rotor darf keine Abluft geführt werden, die radioaktive Stoffe enthält oder aus Infektionsabteilungen, Prosekturen bzw. tierexperimentellen Abteilungen stammt. Die abluft-/fortluftseitige Kondensatwanne des Wärmetauschers ist mit einem Kondensatablauf zu versehen.

In Deutschland und in der Schweiz ist man mit dem Rotor im medizinischen Sektor weitaus restriktiver. Der Rotor darf bei Anlagen, die hygienisch erhöhte und hohe Anforderungen aufweisen, nicht eingesetzt werden.

Es ist allgemein nicht zu empfehlen Rotoren in Krankenhäuser und in medizinischen Lüftungsbereichen einzusetzen auf Grund der Leckagen.

Filtervorwärmung: Nicht integrierbar. Für die Filtervorwärmung muss separat ein zusätzlicher Wärmeüberträger eingebaut werden, welcher über das Heiz-Wassernetz gespeist wird. Die Zusatzkosten für die Filtervorwärmung (Register, Pumpe, Verrohrung, etc.) müssen dem Rotor aufgerechnet werden, da die Filtervorwärmung sich direkt auf die Wärmerückgewinnung auswirkt.

VORTEILE

Der Rotor besitzt eine einfache Bauweise und ist dadurch einfach und günstig herzustellen. Jedoch teurer als der Kreuzstromplattentauscher.

Der Rotor muss leicht geregelt werden, in Form der Umdrehungen pro Minute um die kalte Außenluft etc. abzufangen. Trotzdem ist der Rotor auch sehr starr in seiner Anwendung und kann mittlere Anpassungen von Luftmenge und Anforderungen nicht mehr abfangen. Damit ist der Betriebsunterhalt eines Rotors gering höher als beim Kreuzplattentauscher.

Wenn Feuchterückgewinn möglich und gesucht ist, ist der Rotor die einzige effiziente Lösung. Der Feuchterückgewinn vermindert den energetischen Bedarf für die Befeuchtung und deren Leistungsanforderungen.

NACHTEILE

Vergleicht man die drei Wärmerückgewinnungssysteme miteinander, bei gleicher Leistung und Anforderung, weisen Rotoren kleinere Luftwiderstände auf und damit einen normalen Ventilator-Energie-Verbrauch. Jedoch ist zwingend ein Vorwärmregister,

Luftkühlregister und Nachwärmregister einzubauen womit sich die Leistungsanforderungen an den Ventilator ganzjährig vergrößern und dadurch höhere Energiekosten entstehen.

Die Luftkanäle Zuluft und Abluft müssen zwingend aneinander geführt werden und das Zu- und Abluftgerät muss aufeinander liegen. Der Aufbau des Lüftungsgerätes mit Rotoren ist unflexibel.

Damit einher geht das Problem mit der Raumhöhe. Sobald die Luftmenge eine Größe von ca. 15.000 m³/h (hängt von der Rückwärmzahl und vom SFP-Wert-Vorgabe ab) erreicht, benötigt der Rotor mehr Raumhöhe, bzw. stets höhere Räume.

Eine Luftkonditionierung ist nicht machbar. Bedeutet, dass ein Rotor immer noch zusätzliche Luftherhitzer und/oder Luftkühler benötigt.

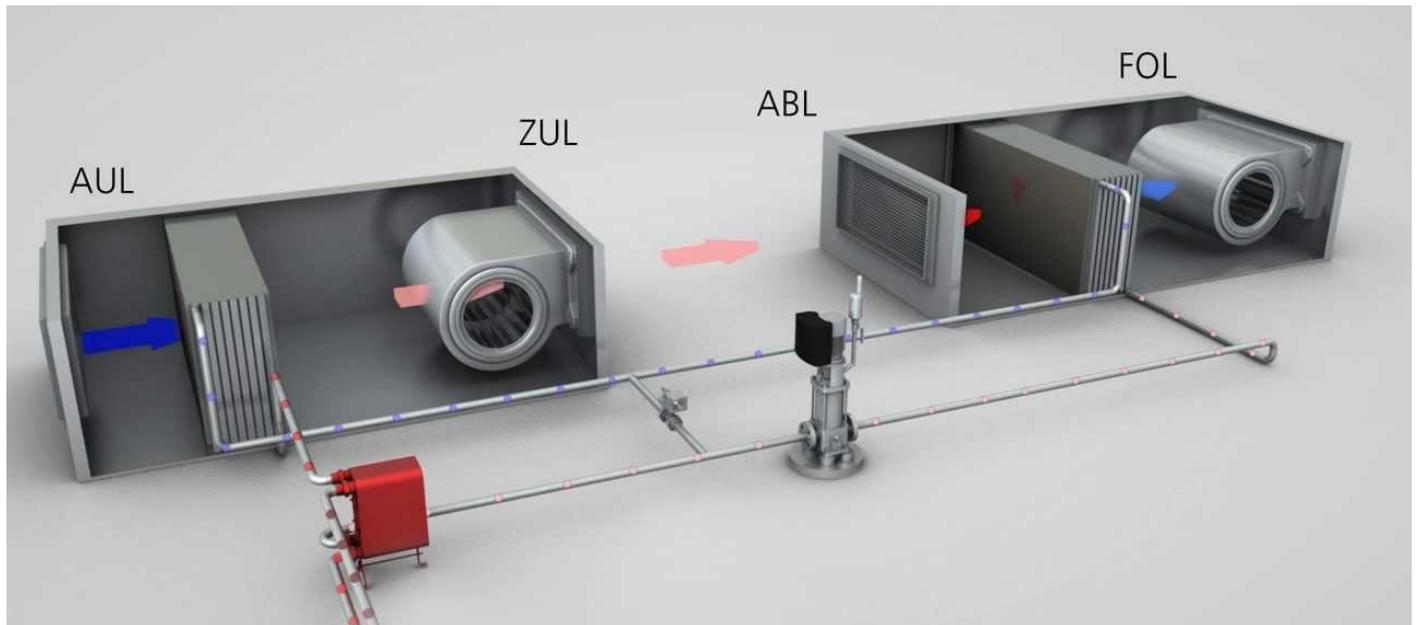
Eine Kombination von mehreren getrennten Lüftungszonen ist nicht möglich. Pro Lüftungszone benötigt es immer einen Rotor.

Ein Monitoring ist nicht gegeben. Der reale Energierückgewinn muss über den Betrieb separat gemessen und errechnet werden. Damit ist es auch schwer zu sagen, wie effizient ein Rotor wirklich ist, egal welche Rückwärmzahl er besitzt. Große Umluftanteile erschweren diesen Messprozess zusätzlich.

Die luftseitigen Abdichtungen müssen regelmässig nachgestellt und die Leckagen kontrolliert werden. Diese Wartung ist kostenintensiv

Je nach Produkt und Qualität des Rotors ist die Reinigung einfach oder schwer. Hier muss auf die Qualität der Verarbeitung und des Produktes großen Wert gelegt werden.

KREISLAUFVERBUNDSYSTEM



Kreislauverbundsystem mit Wärmeeinspeisung (zur Luftkonditionierung)

ALLGEMEIN

Kreislauverbundsystem (KVS) ist das WRG-System der Wahl, sobald hundertprozentig getrennte Luftströme gefordert werden. Dabei wird die in einem Luftstrom enthaltene sensible und latente Wärme indirekt über ein flüssiges Medium auf den anderen Luftstrom übertragen. In der Regel ist dies ein Wasser-Glykolgemisch im Pumpenkreislauf. Zu- und Abluft-Wärmeüberträger können räumlich vollständig voneinander getrennt positioniert werden. Sie sind lediglich hydraulisch miteinander verbunden.

Durch die absolute Trennung des Zu- und Abluftstroms wird eine Stoffübertragung, z.B. von Keimen, Schadstoffen, Feuchtigkeit oder Gerüchen, sicher vermieden. Dies prädestiniert das KVS insbesondere für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Hygiene, wie z.B. in medizinischen Bereichen.

Grundaufbau des KV-Systems: Je ein Wärmeüberträger im Zuluftgerät und einer im Abluftgerät, hydraulische Baugruppe mit Pumpe und einer Regelung für die Pumpe oder für die komplette Anlage.

Das Kreislauverbundsystem ist sehr flexibel und kann auch modular aufgebaut werden. Dies bedeutet, dass ein Kreislauverbundsystem von einer einfachen Wärmerückgewinnung von Zuluft und Abluft in einem Geräte (wie Kreuzplattentaucher und Rotoren) erweitert werden kann. Man kann mehrere Zuluft- und Abluftzonen auf eine hydraulische Baugruppe verbinden (z.B. 4 Zuluftzonen und 20 Abluftzonen). Ebenfalls kann man auch Wärme und Kälte ins Glykolmedium einspeisen und damit eine Luftkonditionierung bewerkstelligen, ohne luftseitig noch zusätzliche Register (Vorwärmer, Luftkühler, Nachwärmer) zu benötigen. Das KV-System kann erweitert werden mit einer adiabaten Abluftkühlung und damit den Kälterückgewinn stark erweitern und damit auch die mechanische Kühlung massiv verringern, was bei der Kälte starke Einsparungen in der Gesamtinvestition verursacht. Diese Funktionserweiterung wird als Mehrfachfunktionalität bezeichnet.

Dies führt dazu, dass KV-Systeme einen Sonderstatus in der Wärmerückgewinnung innehaben. Sobald das KV-System mehr Funktionen abdecken muss, als eine einfache Wärmerückgewinnung (wie Kreuzstromplattentaucher und Rotoren), ist es ein energetisches Gesamtsystem, da es in viele Gewerke aktiv eingreift, wie z.B. die Heizung, Kälte, Lüftungsgerät, etc.

Weil das KV-System sehr oft viele Zusatzfunktionen erfüllen muss, wirkt es gewerkübergreifend. Dies führt dazu, dass der Preis für ein KV-System oft viel höher liegt als bei den anderen WRG-Systemen. Erfüllt aber in Vergleich zu den anderen Systemen die komplette Luftkonditionierung. Daher ist ein direkter einfacher Vergleich immer falsch, sofern das KV-System mehr Aufgaben

erfüllt als nur die einfache Wärmerückgewinnung von einer Lüftungszone. Es kommt hier zu einer Kostenverschiebung von z.B. Lüftungsgerät, Heizung oder Kälte auf das KV-System. Hier muss ein Vergleich gewerkübergreifend gemacht werden.

KV-Systeme werden in zwei Gruppen unterteilt: Das KV-System und das Hochleistungs-KVS. Also kurz KVS und HKVS.

Ab einer Rückwärmezahl von über 70% spricht man bei einem KV-System von einem Hochleistungs-Kreislaufverbund-System. KV-Systeme ab dieser Rückwärmezahl müssen auf Grund der komplexen thermodynamischen Verhältnisse eine aktive spezielle Regelung integrieren, um die hohe Leistung zu gewährleisten. Ebenfalls ist die Bauart der Wärmetauscher entscheiden, damit hohe Gegenstromanteile erreicht werden können. Falls dies nicht der Fall ist (Geräteherstellervarianten) muss mit mehreren Wärmetauschern luftseitig in Serie gearbeitet werden (da die Norm eine maximale Bauweise vorschreibt, da diese ansonsten nicht gereinigt werden können). Studien und Messungen aus der Schweiz und Deutschland haben nachgewiesen, dass bei den Wärmetauschern mit Rohrbogen, mindestens 3 Wärmetauscher in Serie zu schalten sind um die Rückwärmezahl von 70% erreichen zu können. Diese Rohrbogen-Wärmetauscher werden überwiegend von Geräteherstellern verwendet. Für die Beurteilung der Energieeffizienz ist die Bauart der WRG-Austauscher entscheidend.

Es ist die komplexeste Art der Wärmerückgewinnung, aber auch die Flexibelste.

EIGENSCHAFTEN / EINSATZBEREICH

Luftmenge: 5'000 m³/h – nach oben unbegrenzt

Dichtheit: Keine Leckagen möglich, da die Zuluft und Abluft komplett getrennt sind.

Kanalführung: Zuluft und Abluft muss nicht aneinander geführt werden. Die Geräte können überall verteilt werden im Gebäude. Damit ist das KV-System die flexibelste Variante aller WRG-Systeme mit dem geringsten Platzbedarf.

Einfrierschutz: Die Regelung kann den Einfrierschutz gewährleisten. Die Einfriergrenze liegt tiefer als beim Kreuzstromplattentauscher, jedoch höher als bei Rotoren.

Luftkonditionierung: Möglich durch Mehrfachfunktionalität. Heizen, Kühlen und Entfeuchten können beim KV-System integriert werden.

Luftseitige Widerstände: Wärmetauscher weisen Luftwiderstände zwischen Kreuzplattentauscher und Rotoren aus. Jedoch kann auf Grund der Mehrfachfunktionalität (Wärme- und Kälteeinspeisung, etc.) an luftseitigen Register eingespart werden. Lufterhitzer und Luftkühler können komplett entfallen und dies wirkt sich auf den Ventilator-Energie-Verbrauch sehr positiv aus. HKVS-Anlagen mit Mehrfachfunktionalität haben die kürzesten Lüftungsgeräte, als auch die geringsten Luftwiderstände zu verzeichnen.

ÖNORM H 6020: Für den Einsatz solcher Systeme bestehen keine Beschränkungen. Der abluft-/fortluftseitige Wärmetauscher des Systems ist mit Kondensatsammelwanne und Kondensatablauf auszustatten.

Filtervorwärmung: Integrierbar. Das Außenluftregister muss aufgeilt werden. Das Filtervorwärmregister ist in Serie mit dem Hauptwärmetauscher. Es benötigt keine zusätzliche Anbindung ans Heizungsnetz.

VORTEILE

Ein KV-System kann modular erweitert werden und auch Mehrfachfunktional genutzt werden. Damit lassen sich Einsparungen bei anderen Gewerken erreichen und energetisch kann eine höhere Effizienz erreicht werden.

Ein KV-System und vor allem ein Hochleistungs-KV-System haben einen WRG-Controller integriert. Diese misst und wertet die Leistung und Rückgewinn aus. Damit hat man mit der Anlage schon eine funktionierende Messung der Energiedaten zur Verfügung. Die Kosten bei der Gebäudeautomation werden dadurch verringert.

Das KV-System kann eine Konditionierung der Luft erreichen, ohne zusätzliche Register. Dies verkürzt die Lüftungsgeräte massiv. Man kann dadurch viel mehr Platz in der Technikzentrale anderweitig nutzen, bzw. diesen Platz umwandeln.

Man kann mehrere Anlagen als Verbund-KVS zusammenschliessen und damit einen Mehrgewinn erzielen, da nun verschiedene Zonen mit unterschiedlichen internen Lasten zusammen geschlossen werden (z.B. warme Küchenabluft kann für die Zuluft in einer anderen Zonen genutzt werden, da sie in der Küchenzuluft nicht genutzt werden kann). Energetisch lässt sich damit ein effizientes und ausgeklügeltes System erarbeiten und damit kann man auch den Energierückgewinn zusätzlich noch weiter erhöhen. Bedingung ist aber ein WRG-Controller, welcher ein solches System nach energetischen Werten regelt.

Man kann das System mit einer adiabaten Fortluftbefeuchtung erweitern. Damit kühlt man die Abluft, welche anschließend kalt in den Wärmetauscher eintrifft. Dies ist ein erweiterter Kälterückgewinn. Zusammen mit dem Kälterückgewinn des KV-Systems und der adiabatischen Fortluftbefeuchtung kann eine Kältebedarfsreduzierung erzielt werden von über 40%.

NACHTEILE

Das KV-System benötigt die meisten Einzel-Komponenten und muss daher in ein Zusammenspiel gebracht werden. Stimmen diese Komponenten nicht überein, reduzieren sich die Rückwärmzahl und der Energierückgewinn sehr deutlich.

Das KV-System benötigt zusätzliche Pumpenenergie. Jedoch ist der Mehrbedarf an Pumpenenergie wesentlich kleiner als derjenige für die Ventilatoren, sodass zusätzliche Luftwiderstände einen größeren energetischen Einfluss ausüben. Im Verhältnis zur Rückwärmzahl liegt der zusätzliche Bedarf für die Pumpe je nach Hersteller und Aufbau zwischen 2-5%.

Ohne eigene Regelung ist das KV-System nicht effizient.

Reinigbarkeit der Wärmetauscher ist meistens nicht einfach, da die meisten Hersteller sehr dünne Lamellen verwenden. Damit verbiegen sich diese schnell und machen den Unterhalt schwierig und umständlich.

Wärmetausche mit dickeren Lamellen von mindestens 0.4mm (Standard-Dicke der Lamellen der meisten Hersteller 0.1-0.2mm) weisen einen besseren Unterhalt und eine einfachere Reinigung der Wärmetauscher aus, da diese mit einem Hochdruckreiniger gereinigt werden können. Hier ist es zum Empfehlen auf die angebotene Lamellendicke zu achten.

Das KV-System ist sehr komplex. Eine Beurteilung der Anlagen kann fast nur über Experten gemacht werden. Hier gibt es einige Punkte, die vor allem zu beachten sind: z.B. Gewicht der Wärmetauscher, Regelung (Regelbescrieb), etc.

Ebenfalls sind verschärfte Formulierungen zur Erreichung der Rückwärmzahl im LV vorzugeben (Pönale) als auch einen integrierten Nachweis, bzw. Messung im Nutzungszustand. Damit soll gewährleistet werden, dass die geforderten Mindest-Leistungen auch im Betrieb eingehalten werden.

Zusammen mit den vielen abzugleichenden Komponenten macht es das KV-System zum teuersten Wärmerückgewinnungssystem an sich. Erst eine gewisse Luftmenge (grösser 15'000 m³/h) oder eine Mehrfachfunktionalität macht das KV-System wieder gleich teuer oder günstiger als die anderen WRG-Systeme.

KOSTEN-NUTZEN-VERGLEICHSRECHNUNGEN

VERGLEICHSRECHNUNG

Ein direkter Vergleich zwischen den einzelnen Systemen ist als solches immer schwierig. Vor allem der Vergleich von Kreuzstromplattentauscher/Rotor zu KV-Systemen. Wie in der Erklärung zum KV-System aufgezeigt, ist ein einfacher Preisvergleich bei gleicher Leistung hinkend und nicht aussagekräftig. Daher werden im folgenden Kapitel kurz die Vergleiche gezogen bei unterschiedlichen Luftmengen, so dass man die energetischen als auch die finanziellen Unterschiede sieht. Im Anschluss werden immer ein HKVS und ein Kreuzplattentauscher verglichen, da diese Systeme die derzeit häufigsten Anwendungsfälle in NÖ Landesgebäuden darstellen.

Folgend werden drei Anlagengrößen gegenüber gestellt und ein Kosten-Nutzen-Vergleich (Investition und Energiekosten) getätigt:

- Variante 1: 16.000 m³/h
- Variante 2: 30.000 m³/h
- Variante 3: 53.000 m³/h

Die im Vergleich angesetzten Komponenten und Preise sind aus in NÖ Landesgebäuden realisierten Projekten.

VARIANTE 1: VERGLEICH 16.000 M³/H

Verglichen werden ein Kreuzplattentauscher mit Rückwärmzahl von 68% und ein HKVS mit Wärmeeinspeisung zur Luftkonditionierung und mit adiabatischer Fortluftbefeuchtung mit einer Rückwärmzahl von 78%. Zusätzlich besteht bei den gewählten Anlagen die Notwendigkeit der Raumkühlung.

Betrieb – Konstante Luftmenge mit leichter Luftmengen-Absenkung im Nachtbetrieb

Komponenten/Maßnahmen/Leistungen	HKVS 78%	Kreuzplattentauscher 68%
WRG – Wärmeaustauscher / Plattentauscher	81.500 €	32.600 €
WRG Regelung	25'000 €	keine
Lufterhitzer/Luftkühler	Inklusive	4'000 €
Filtervorwärmregister inkl. Bauseitiger Leistungen	Inklusive	4'800 €
Regelung der Komponenten (MSR Zusatzkosten)	Inklusive	8'100 €
Wärmezähler / Ventile	11.400 €	4.000 €
Total WRG-Komponenten (Hardware)	117.900 €	56.100 €
Bauliche Maßnahmen		
Höherer Raumbedarf (pro m ³ = 340 €)	-	6.500 €
Platzersparnis beim Gerät (kürzeres Gerät)	Gleich	Gleich
Total Bauliche Maßnahmen		6.500 €
Energieberechnung Wärme		
Gesamtenergiebedarf Wärme	366.530 kWh /a	366.530 kWh /a
Rückgewinn dank WRG	289.530 kWh /a	238.198 kWh /a
Wärmebedarf nach WRG pro Jahr	77.000 kWh	128.333 kWh
Wärmekosten (0.07 Cent pro kWh)	5.390 € /a	8.983 € /a
Zusätzliche elektr. Bedarf (KVS Pumpe, zusätzliches	600 € /a	125 € /a

Energiekosten pro Jahr	5.990 € /a	9.108 €/a
Energiekosten in 25 Jahren (bei gleichbleibenden	149.750 €	227.700 €
Wartung Betriebsunterhalt		
Anlagenunterhalt allgemein	4.000 € /a	1.500 €/a
Total Wartung Anlage in 25 Jahren	100.000 €	37.500 €
Kälte		
Kältemaschine inklusive elektrischer Anbindung etc.	21.140 €	123.950 €
Kosten Kälte pro Jahr	863 € /a	1376 € /a
Kosten Kälte 25 Jahre	21.565 €	34.402 €
Wartungskosten Kältemaschine/Adiabate Befeuchter	84.898 €	101.234 €
Gesamtbetrachtung Kälte über 25 Jahre	127.603 €	259.586 €

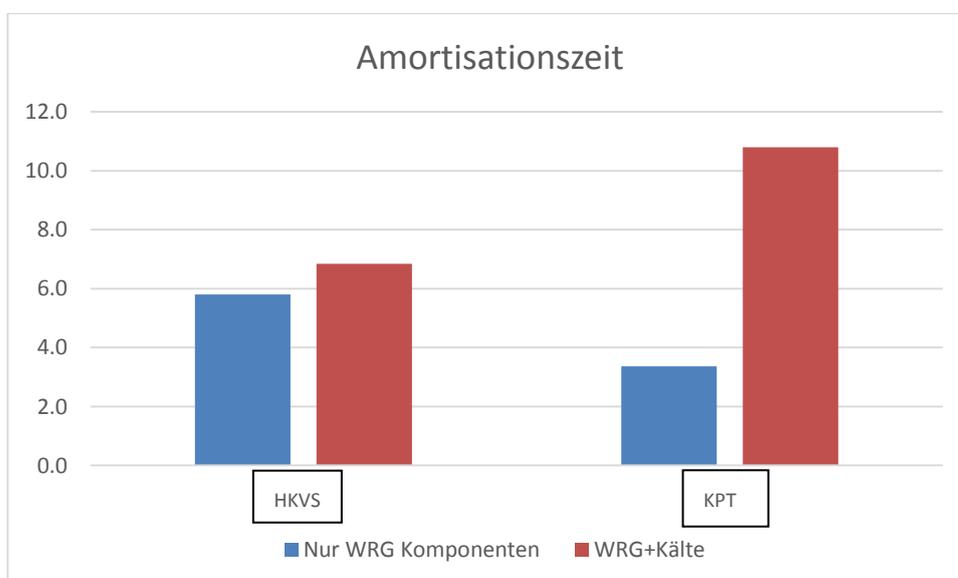
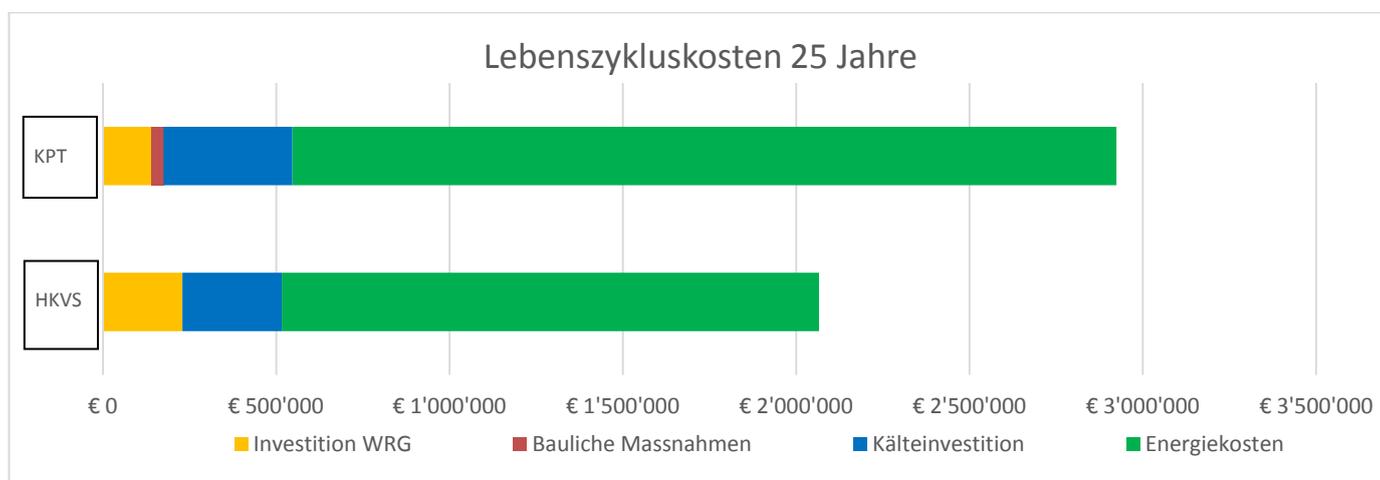
Gesamtbetrachtung Vergleich	HKVS	Kreuzplattentauscher
WRG Komponenten	117.900 €	56.100 €
Bauliche Maßnahmen	0 €	6.500 €
Energieberechnung Wärme	149.750 €	227.700 €
Wartung	100.000 €	37.500€
Kälte (Energie und Investitionskosten)	127.603 €	259.586 €
Gesamtkosten bei geplanter Anlagenlebensdauer von	495.253 €	587.386 €

Direkte Amortisationsberechnung / Vergleiche	HKVS	Kreuzplattentauscher
Gesamtenergiebedarf Wärme	366.530 kWh /a	366.530 kWh /a
Rückgewinn dank WRG	289.530 kWh /a	238.198 kWh /a
Zusätzliche benötigte Wärmebedarf	77.000 kWh /a	128.333 kWh /a
Einsparung pro Jahr durch WRG (0.07 Cent pro kWh) nur	20.267 € / a	16.674 € /a
Kälteenergieeinsparung (Bedarf abzüglich Rückgewinn)	513 € /a	0 € /a
Einsparung pro Jahr durch WRG (0.07 Cent pro kWh)	20.780 € / a	16.674 € /a

WRG Investitionen (ohne Energie und Unterhalt)		
WRG Kosten inklusive aller Komponenten	117.600 €	56.100 €
Bauliche Maßnahmen	0 €	6'500 €
Kälteinvestition / Kälteerzeugungskosten	21.140 €	123.950 €
Gesamtkosten WRG mit Kälte	138.740 €	186.550 €

Amortisationsberechnung	HKVS	Kreuzplattentauscher
Amortisationsberechnung nur auf Basis Wärme (WRG Investition / Einsparung pro Jahr durch WRG)	5.8 Jahre	3.75 Jahre
Amortisationsberechnung Basis Wärme und Kälte (WRG Investition / Einsparung pro Jahr durch WRG)	6.6 Jahre	11.2 Jahre
Energieeinsparung nur Wärme nach 5 Jahren	101.335 €	83.370 €
Energieeinsparung Wärme und Kälte nach 5 Jahren	103.900€	83.370 €

Mehreinsparung HKVS	Wärme und Kälte
Mehreinsparung Energie nach 5 Jahren	+ 20.530 €
Mehreinsparung Energie nach 10 Jahren	+ 41.060 €
Mehreinsparung Energie nach 25 Jahren	+ 102.650 €



VARIANTE 2: VERGLEICH 30.000 M3/H

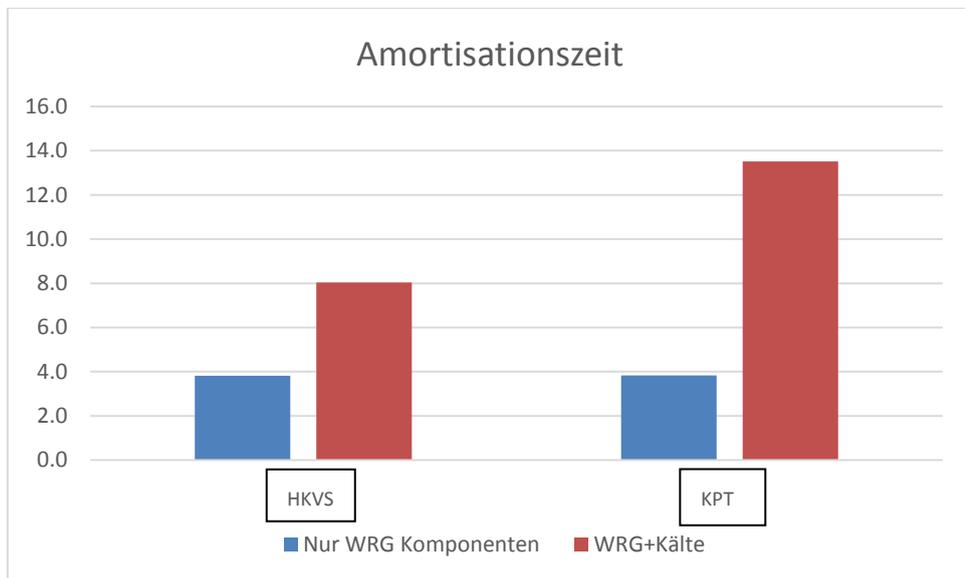
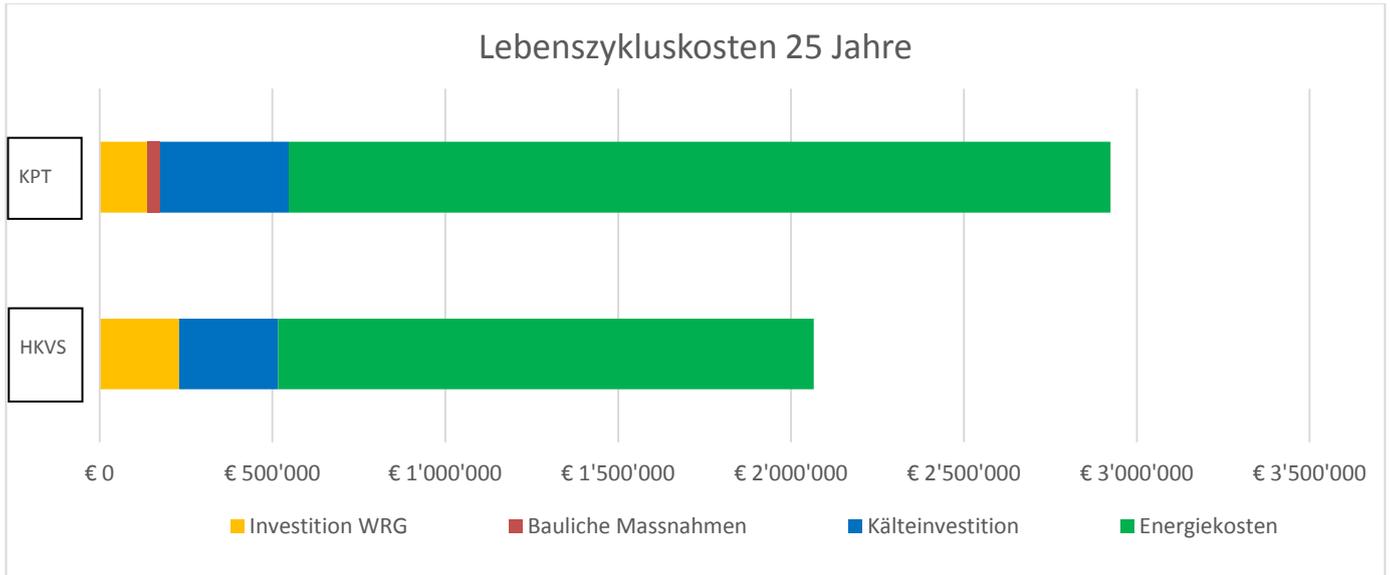
Verglichen werden ein Kreuzplattentauscher mit Rückwärmzahl von 68% und ein HKVS mit Wärmeeinspeisung und Kälteeinspeisung zur Luftkonditionierung und mit adiabatischer Fortluftbefeuchtung mit einer Rückwärmzahl von 75%.

Betrieb mit konstanter Luftmenge – starker Luftmengen-Absenkung im Nachtbetrieb inklusive Küchenabluft.

Komponenten/Maßnahmen/Leistungen	HKVS	Kreuzplattentauscher
WRG – Wärmeaustauscher / Plattentauscher	105.000 €	60.400 €
WRG Regelung	35.000 €	keine
Lufterhitzer/Luftkühler	Inklusive	7.800 €
Filtervorwärmregister inkl. Bauseitiger Leistungen	Inklusive	5.600 €
Regelung der Komponenten (MSR Zusatzkosten)	Inklusive	8.100 €
Wärmemengenzähler / Ventile	11.400 €	4.000 €
Total WRG-Komponenten (Hardware)	151.400 €	85.900 €
Bauliche Maßnahmen		
Höherer Raumbedarf (pro m3 = 340 €)	-	13.000 €
Platzersparnis beim Gerät (kürzeres Gerät)	Gleich	Gleich
Total Bauliche Maßnahmen		13.000 €
Energieberechnung Wärme		
Gesamtenergiebedarf Wärme	470.700 kWh /a	470.700 kWh /a
Rückgewinn dank WRG	423.630 kWh /a	320.076 kWh /a
Wärmebedarf pro Jahr	47.070 kWh	150.624 kWh
Wärmekosten (0.07 Cent pro kWh)	3.295 € /a	10.544 €/a
Zusätzliche elektr. Bedarf (KVS Pumpe, zusätzliches Heizregister etc.)	1.900 € /a	475 € /a
Energiekosten pro Jahr	5.195 € /a	11.019 €/a
Energiekosten in 25 Jahren (bei gleichbleibenden	129.875 €	275.475 €
Wartung Betriebsunterhalt		
Anlagenunterhalt allgemein	4.000 € /a	1.500 €/a
Total Wartung Anlage in 25 Jahren	100.000 €	37.500 €
Kälte		
Kältemaschine inklusive elektrischer Anbindung etc. Bei HKVS – adiabatischer FOL-Befeuchter inkl. Komponenten und kleinere Kältemaschine	167.142 €	216.912 €
Kosten Kälte pro Jahr	10.145 € /a	20.139 € /a
Kosten Kälte 25 Jahre	253.625 €	503.475 €
Wartungskosten Kältemaschine/Adiabate Befeuchter	148.572 €	177.160 €
Gesamtbetrachtung Kälte über 25 Jahre	569.339 €	897.547 €

Gesamtbetrachtung Vergleich	HKVS	Kreuzplattentauscher
WRG Komponenten	151.400 € €	85.900 €
Bauliche Maßnahmen	0 €	13.000€
Energieberechnung Wärme 25 Jahre	129.875 €	275.475 €
Wartung 25 Jahre	100.000 €	37.500 €
Kälte (Energie und Investitionskosten) 25 Jahre	569.339 €	897.547 €
Gesamtkosten bei geplanter Anlagenlebensdauer von 25 Jahren	942.814 €	1.309.422 €
Direkte Amortisationsberechnung / Vergleiche		
Gesamtenergiebedarf Wärme	470.700 kWh /a	470.700 kWh /a
Rückgewinn dank WRG	423.630 kWh /a	320.076 kWh /a
Zusätzliche benötigte Wärmebedarf	47.070 kWh	150.624 kWh
Einsparung pro Jahr durch WRG (0.07 Cent pro kWh) nur Wärmeenergie - (Rückgewinn * Energiekosten)	29.654 € / a	22.405 € /a
Kälteenergieeinsparung (Bedarf abzüglich Rückgewinn)	9.994 € /a	0 € /a
Einsparung pro Jahr durch WRG (0.07 Cent pro kWh)	39.648 € /a	22.405 € /a
WRG Investitionen (ohne Energie und Unterhalt)		
WRG Kosten inklusive aller Komponenten	151.400 €	85.900 €
Bauliche Maßnahmen	0 €	13.000 €
Kälteinvestition / Kälteerzeugungskosten	167.142 €	216.912 €
Gesamtkosten WRG mit Kälte	318.542 €	315.812 €
Amortisationsberechnung		
	HKVS	Kreuzplattentauscher
Amortisationsberechnung nur auf Basis Wärme	5.1 Jahre	4.4 Jahre
Amortisationsberechnung Basis Wärme und Kälte	8.0 Jahre	14.1 Jahre
Energieeinsparung Wärme und Kälte nach 5 Jahren	198.240€	112.025 €

Mehreinsparung HKVS	Wärme und Kälte
Mehreinsparung Energie nach 5 Jahren	+ 86.215 €
Mehreinsparung Energie nach 10 Jahren	+ 172.430 €
Mehreinsparung Energie nach 10 Jahren	+ 431.075 €



VARIANTE 3: VERGLEICH 53.000 M3/H

Verglichen werden ein Kreuzplattentaucher mit Rückwärmzahl von 68% und ein HKVS mit Wärmeeinspeisung und Kälteeinspeisung zur Luftkonditionierung und mit adiabatischer Fortluftbefeuchtung mit einer Rückwärmzahl von 75%.

Betrieb mit konstanter Luftmenge – starker Luftmengen-Absenkung im Nachtbetrieb.

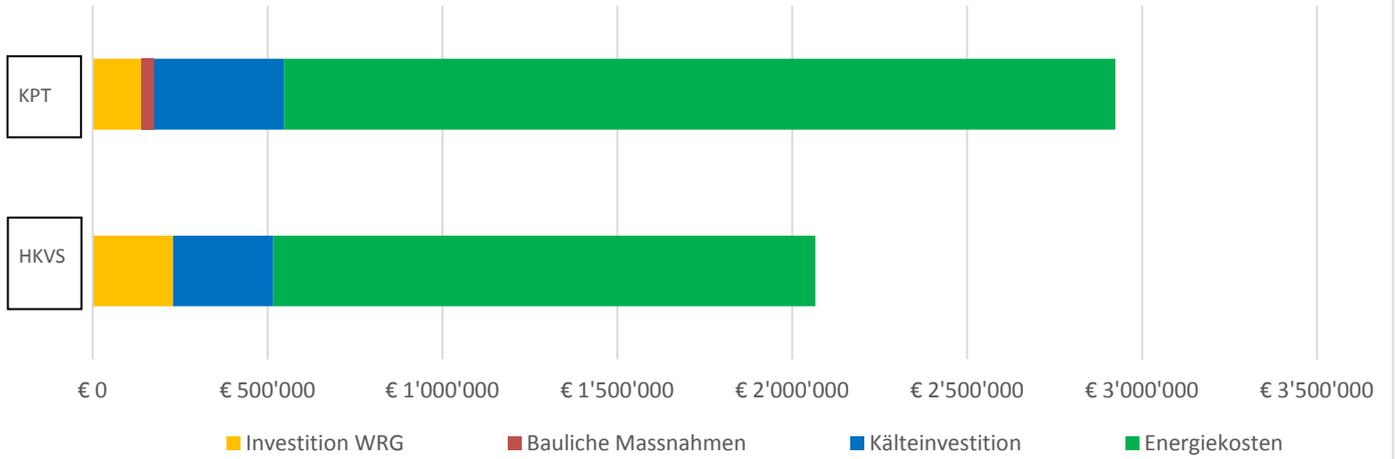
Bei dieser Luftmenge müssen beim Kreuzplattentaucher zwei Geräte neben einander gestellt werden.

Komponenten/Maßnahmen/Leistungen	HKVS	Kreuzplattentaucher
WRG – Wärmeaustauscher / Plattentaucher	183.570 €	105.000 €
WRG Regelung	35.000 €	keine
Lufterhitzer/Luftkühler	Inklusive	18.500 €
Filtervorwärmregister inkl. Bauseitiger Leistungen	Inklusive	7.800 €
Regelung der Komponenten (MSR Zusatzkosten)	Inklusive	8.100 €
Wärmemengenzähler / Ventile	11.400 €	4.000 €
Total WRG-Komponenten (Hardware)	229.970 €	139.400 €
Bauliche Maßnahmen		
Höherer Raumbedarf (pro m3 = 340 €)	-	35.700 €
Platzersparnis beim Gerät (kürzeres Gerät)	Gleich	Gleich
Total Bauliche Maßnahmen		35.700 €
Energieberechnung Wärme		
Gesamtenergiebedarf Wärme	893.400 kWh /a	893.400 kWh /a
Rückgewinn dank WRG	795.126 kWh /a	625.380 kWh /a
Wärmebedarf pro Jahr	98.274 kWh	268.020 kWh
Wärmekosten (0.07 Cent pro kWh)	6.879 € /a	18.761 €/a
Zusätzliche elektr. Bedarf (KVS Pumpe, zusätzliches Heizregister etc.)	4.948 € /a	1.237 € /a
Energiekosten Wärme pro Jahr	11.827 € /a	19.998 €/a
Energiekosten Wärme in 25 Jahren (bei gleichbleibenden Energiekosten)	295.675 €	499.950 €
Wartung Betriebsunterhalt		
Anlagenunterhalt allgemein (2 Anlagen)	4.000 € /a	3.000 €/a
Total Wartung Anlage in 25 Jahren	100.000 €	75.000 €
Kälte		
Kältemaschine inklusive elektrischer Anbindung etc. Bei HKVS – adiabatischer FOL-Befeuchter inkl. Komponenten	286.530 €	371.850 €
Kosten Kälte pro Jahr	17.679 € /a	41.278 € /a
Kosten Kälte 25 Jahre	441.975 €	1.031.950 €

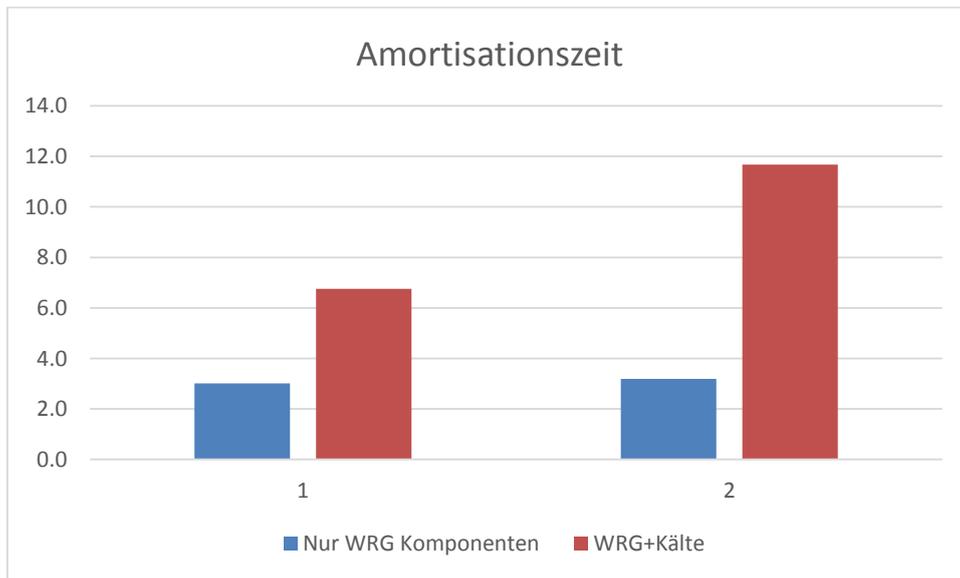
Wartungskosten Kältemaschine/Adiabate Befeuchter	195.265 €	232.838 €
Gesamtbetrachtung Kälte über 25 Jahre	923.770 €	1.636.638 €
Gesamtbetrachtung Vergleich 25 Jahre		
	HKVS	Kreuzplattentauscher
WRG Komponenten	229.970 €	139.400 €
Bauliche Maßnahmen		35.700 €
Energieberechnung Wärme	295.675 €	499.950 €
Wartung	100.000 €	75.000 €
Kälte (Energie und Investitionskosten)	923.770 €	1.636.638 €
Gesamtkosten bei geplanter Anlagenlebensdauer von 25 Jahren	1.549.415 €	2.386.688 €
Direkte Amortisationsberechnung / Vergleiche		
	HKVS	Kreuzplattentauscher
Gesamtenergiebedarf Wärme	893.400 kWh /a	893.400 kWh /a
Rückgewinn dank WRG	795.126 kWh /a	625.380 kWh /a
Zusätzliche benötigte Wärmebedarf	98.274 kWh	268.020 kWh
Einsparung pro Jahr durch WRG (0.07 Cent pro kWh) nur Wärmeenergie - (Rückgewinn * Energiekosten)	55.659 € / a	43.776 € /a
Kälteenergieeinsparung (Bedarf abzüglich Rückgewinn)	23.599 € /a	0 € /a
Einsparung pro Jahr durch WRG (0.07 Cent pro kWh)	76.439 € / a	43.776 € /a
WRG Investitionen (ohne Energie und Unterhalt)		
WRG Kosten inklusive aller Komponenten	229.970 €	139.400 €
Bauliche Maßnahmen		35.700 €
Kälteinvestition / Kälteerzeugungskosten	286.530 €	371.850 €
Gesamtkosten WRG mit Kälte	516.500 €	546.950 €
Amortisationsberechnung		
	HKVS	Kreuzplattentauscher
Amortisationsberechnung nur Wärmeenergie	4.1 Jahre	4.0 Jahre
Amortisationsberechnung Wärme und Kälteenergie	6.8 Jahre	12.5 Jahre
Energieeinsparung Wärme und Kälte nach 5 Jahren	382'195 €	218'880 €

Mehreinsparung HKVS	Wärme und Kälte
Mehreinsparung Energie nach 5 Jahren	+ 163.315 €
Mehreinsparung Energie nach 10 Jahren	+ 326.630 €
Mehreinsparung Energie nach 25 Jahren	+ 816.575 €

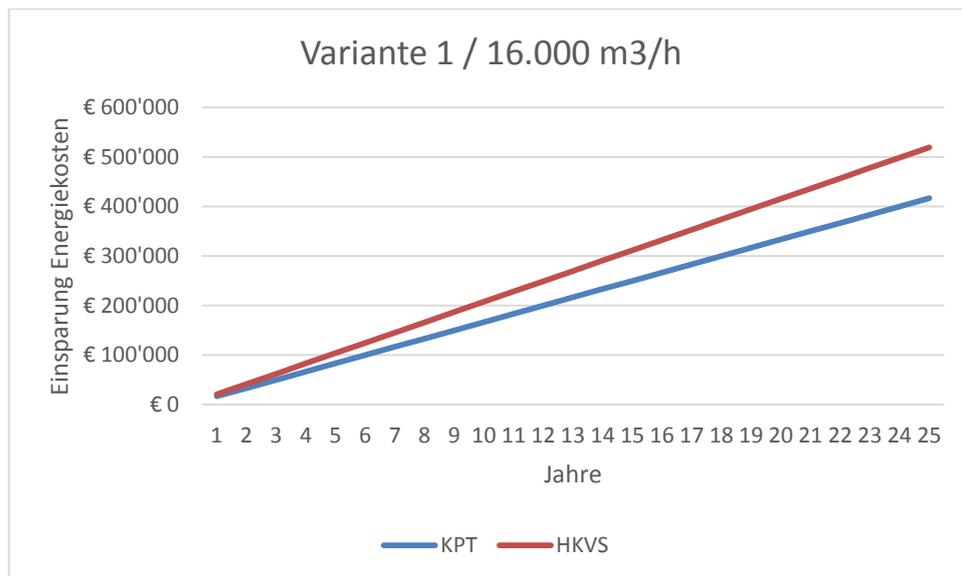
Lebenszykluskosten 25 Jahre



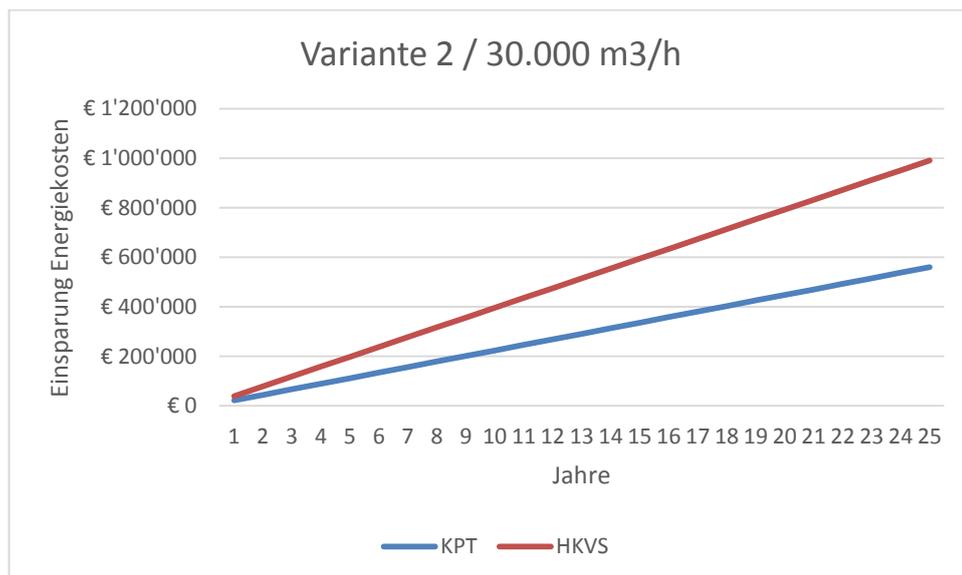
Amortisationszeit



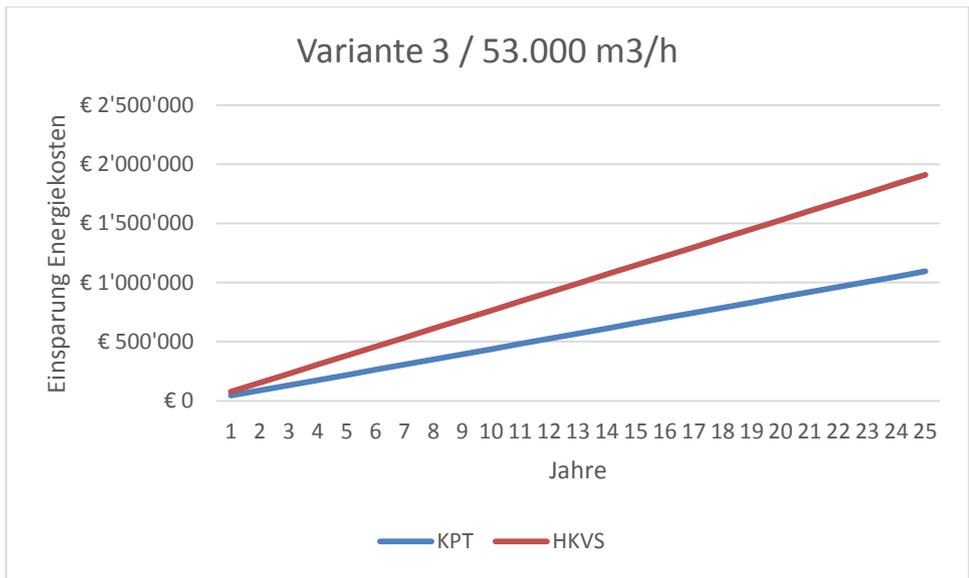
VARIANTEN VERGLEICHE – EINSPARUNG ENERGIEKOSTEN



Investition KPT	186.550 €
<u>Investition HKVS</u>	<u>138.740 €</u>
Investitions-Einsparung	47.810 €
<u>Mehreinsparung HKVS</u>	<u>102.650 €</u>
<u>Finanzieller Vorteil HKVS</u>	<u>150.460 €</u>



Investition KPT	315.812 €
<u>Investition HKVS</u>	<u>318.542 €</u>
Investitions-Einsparung	- 2.730 €
<u>Mehreinsparung HKVS</u>	<u>431.075 €</u>
<u>Finanzieller Vorteil HKVS</u>	<u>428.345 €</u>



Investition KPT	546.950 €
<u>Investition HKVS</u>	<u>516.500 €</u>
Investitions-Einsparung	30.450 €
<u>Mehreinsparung HKVS</u>	<u>816.575 €</u>
<u>Finanzieller Vorteil HKVS</u>	<u>847.025 €</u>

FAZIT / ABSCHLUSS

Die Auswertung hat ergeben, dass eine reale Analyse des Lebenszyklus einer Anlage im Gesamten zu betrachten ist, bzw. empfohlen wird. Hier ergibt sich schnell ein klares Bild, welches System wann, nicht nur energetisch sondern auch wirtschaftlich, am interessantesten ist. Anlagen sollten und werden mit dem Ziel gebaut, dass diese die nächsten 25-30 Jahre im Gebäude in Betrieb sind. Die Energiekosten machen bei einer Lebenszyklus-Analyse zwischen 70-80% der Gesamtkosten aus.

Beachtet man die technischen Möglichkeiten, erreicht man dadurch eine deutlich größere Energieeinsparung in der gesamten Lebensdauer der Anlage.

Der direkte Vergleich von Kreuzstromplattentauscher und Hochleistungs-Kreislaufverbund-System zeigt auf, dass es zu einer Kostenverschiebung kommt seitens Gewerk Wärme und Kälte auf die Wärmerückgewinnung. Die Mehrinvestition für das HKVS führt zu deutlichen Einsparungen bei den anderen Gewerken. In der Gesamtbetrachtung zeigt sich auf, dass der als subjektiv hoch erachtete Preis für ein HKVS sich schnell relativiert. Die HKVS-Lösung ist günstiger über die Gesamtinvestition betrachtet.

Es zeigt sich ebenfalls auf, je grösser die Luftmenge ist umso geringer sind die Kosten im Verhältnis zur Luftmenge. Variante 3 zur Variante 1 verglichen weist eine 3 Mal so hohe Luftmenge auf, kostet aber weniger als das Doppelte. Dies führt auch dazu, dass sowohl die energetische als auch finanzielle Attraktivität beim HKVS stark ansteigen je höher die Luftmenge ist.

Hier kommt noch hinzu, dass das HKVS jederzeit über eine Verbundlösung mit mehreren Zonen geführt werden kann. Somit können mehrere Lüftungsgeräte, mit kleineren Luftmengen, zusammengehängt werden. Dies auch unabhängig von der Platzierung der Lüftungsanlagen. Die Technikzentralen können verteilt werden im Gebäude und die Systeme trotzdem über eine HKVS zusammengeschlossen werden.

Schlussfolgernd kann hier klar ein Urteil gefällt werden auf Basis der Kosten/Nutzen-Vergleiche:

Ab einer Luftmenge von 15.000 m³/h stellt ein Mehrfachfunktionelles Hochleistungskreislaufverbundsystem mit integrierter Wärme- und Kälteeinspeisung, sowie adiabatischer FOL-Befeuchtung, sowohl energetisch als auch wirtschaftlich, stets die attraktivste Investition dar.

Die Gesamtbetrachtung und damit die Gesamtkosten für die Gewerke Wärmerückgewinnung, Wärmeerzeugung und Kälteerzeugung sind mit der HKVS-Variante geringer

Die Energiekosten über die Betriebsjahre hinweg sind ebenfalls geringer, auf Grund des geringeren zusätzlichen Wärmebedarfs des HKVS. (siehe Tabelle Seite 33+34)

Einzelne Anlagen mit einer Luftmenge unter 10.000 m³/h sollten aber jeweils mit einer Kreuzstromplattentauscher-Lösung versehen werden, da diese mit Sicherheit in allen Fällen die wirtschaftlichste Variante darstellt.

Es darf noch gesagt werden, dass alle Berechnungen ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Wärmeerzeugung (Raumheizung) kalkuliert wurden. Mögliche Einsparungen auf Grund des verringerten Spitzenbedarfs einer HKVS bei der Heizung wurden nicht in die wirtschaftliche Berechnung einbezogen. Potenzielles Einsparpotenzial bei der Wärmeerzeugung müsste man folgernd auch auf die einzelnen Wärmerückgewinnungs-Systeme abwälzen.

Wien, 07.06.2017, Amir Ibrahimagic