

# WÄRMERÜCKGEWINNUNG

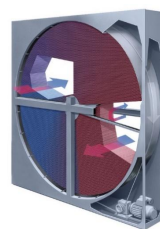
WAS GIBT ES FÜR SYSTEME?  
WIE STETS MIT DER WIRTSCHAFTLICHKEIT?  
KOSTEN/NUTZENVERGLEICH AUS DER PRAXIS

## Wärmerückgewinnung Überblick

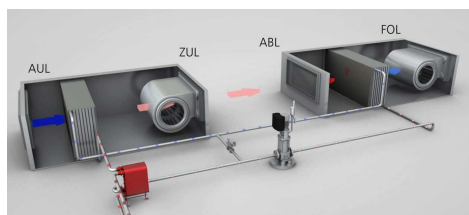
**Kreuzstromplattentauscher**



**Rotoren**



**KVS-System**



## Richtgrösse Wärmerückgewinnung

### Rückwärmzahl) (Temperatur-Änderungsgrad)

#### 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

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

#### Berechnungsbeispiel:

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

**Rückwärmzahl wird RWZ abgekürzt für folgende Folien..**

## Speziell zu beachten bei der RWZ

### • Keine Taupunktunterschreitungen auf der Fortluftseite

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.

#### Einfaches Rechenbeispiel – Direktvergleich/Leistungsangabe RWZ:

Luftmenge 5.500 m<sup>3</sup>/h, bei identischen Wärmetauschern:



Auslegung bei Aussenluft-Temperatur 5°C, mit trockener Fortluft:  
RWZ 70.9%

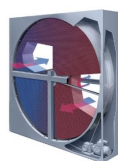
Auslegung bei Aussenluft-Temperatur -14°C, mit feuchter Fortluft:  
RWZ 73.6%

## Speziell zu beachten bei der RWZ

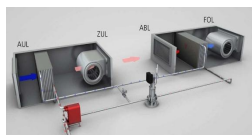
### • Unterschiede der drei Systeme:



Öffnen der Bypass-Klappe. Wegen der dadurch reduzierten WRG-Leistung muss der Warmwasser-Nachwärmer auf die volle Leistung bei der tiefsten Außentemperatur dimensioniert werden.



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.



Beimischung von warmem Wasser/Glykol-Gemisch, sodass die Eintrittstemperatur des Wasser/Glykol-Gemisches bei Eintritt in das WRG-Fortluft-Register eine minimale Temperatur von  $-1^{\circ}\text{C}$  bis  $-2^{\circ}\text{C}$  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.

## Speziell zu beachten bei der RWZ

### • Folgen für die Planung:

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

*Zahlenbeispiel „simpl“:*

*Spitzenleistung Bedarf Heizung:*

*= 800kW Spitzenleistung*

*RWZ 75% KVS (nach Norm ausgelegt – VDI 3803 Blatt 5)*

*= 200 kW Spitzenleistung*

*Auslegung mit Taupunktunterschreitung, Kreuzplattentauscher oder Rotor: Faktor 4*

*= 800 kW Spitzenleistung*

## ERP-Richtlinie 1253/2014/EG

ErP-Stufe		ErP-Stufe 2016	ErP-Stufe 2018	
WRG mit Regelungseinrichtung		gefordert	gefordert	
Trockene Rückwärmzahl (EN 308) $\eta_t$ [%]	Kreislaufverbundsystem	63	68	
	Andere WRG-Systeme	67	73	
Interner SFP-Wert (Referenzkonfiguration) $SFP_{int,max}$ [W/(m³/s)]	Kreislaufverbundsystem	$q < 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$1.700 + E - 300 \times q / 2 - F$	$1.600 + E - 300 \times q / 2 - F$
		$q \geq 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$1.400 + E - F$	$1.300 + E - F$
	Andere WRG-Systeme	$q < 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$1.200 + E - 300 \times q / 2 - F$	$1.100 + E - 300 \times q / 2 - F$
		$q \geq 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$900 + E - F$	$800 + E - F$
Effizienzbonus E Wärmerückgewinnung [W/(m³/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/(m³/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	

## Energieeffizienz-Pflichtenheft 2014

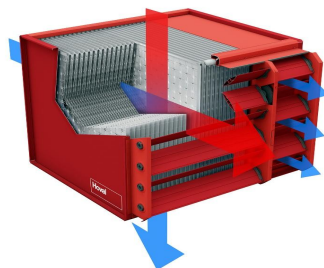
Tabelle 9.11 a: Anforderungen RLT-Anlage - Gehäuse

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



- Der SFP<sub>p</sub>-Wert ist beim maximalen Nennluftvolumenstrom zu bestimmen.
- Zur Bestimmung des SFP<sub>p</sub>-wertes ist die größere der beiden Luftvolumenströme (Zu- oder Abluft) heranzuziehen.
- 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)
- 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 Fortluftausbläsung (im Freien) zu sehen.
- In der VDI 3803 Blatt 5: 2013 werden die Begriffe Rückwärmzahl (anstelle Temperaturänderungsgrad) und Wirkungsgrad der WRG (anstelle Effizienz der WRG) verwendet.

## Kreuzstromplattentaucher



### Eigenschaften:

**Luftmenge:** 500 – 10.000 m<sup>3</sup>/h

**Dichtheit:** Geringe Umluftanteile

**Kanalführung:** Zuluft und Abluft muss zwingend aneinander geführt werden

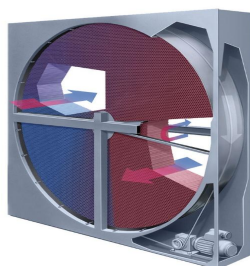
**Luftkonditionierung:** Nicht möglich

**Luftseitige Widerstände:** Sehr hoch

**ÖNORM H 6020:** Es darf keine Abluft geführt werden, die radioaktive Stoffe enthält oder aus Infektionsabteilungen, Prosekturen bzw. tierexperimentellen Abteilungen stammt

**Filtervorwärmung:** Nicht integrierbar. Filtervorwärmung muss separat erfolgen

## Rotor



### Eigenschaften:

**Luftmenge:** 5.000 – 50.000 m<sup>3</sup>/h

**Dichtheit:** Alle Rotoren weisen Leckagen auf

**Kanalführung:** Zuluft und Abluft muss zwingend aneinander geführt werden

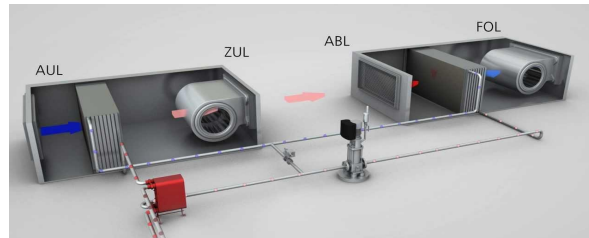
**Luftkonditionierung:** Nicht möglich

**Luftseitige Widerstände:** Gering

**ÖNORM H 6020:** Es darf keine Abluft geführt werden, die radioaktive Stoffe enthält oder aus Infektionsabteilungen, Prosekturen bzw. tierexperimentellen Abteilungen stammt. Zusätzlich muss die hygienische Eignung des Gerätes für den speziellen Einsatzzweck durch ein Gutachten nachgewiesen werden

**Filtervorwärmung:** Nicht integrierbar. Filtervorwärmung muss separat erfolgen

## Kreislaufverbundsystem



### Eigenschaften:

**Luftmenge:** 5.000 m<sup>3</sup>/h - unbegrenzt

**Dichtheit:** Keine Leckagen möglich

**Kanalführung:** Zuluft und Abluft ist frei wählbar. Kann überall verteilt werden

**Luftkonditionierung:** Bei Mehrfachfunktionalität möglich

**Luftseitige Widerstände:** Normal

**ÖNORM H 6020:** Für den Einsatz solcher Systeme bestehen keine Beschränkungen

**Filtervorwärmung:** Integrierbar ohne zusätzliche Anbindung ans Heizungsnetz

## Direkt-Vergleich zweier System

### Zu Beachten:

**Wie ist die Funktionsabdeckung?**

**z.B. Das Kreislaufverbundsystem hat eine integrierte Warmwasser-Einspeisung**

**-> Beim Vergleich zum Kreuzstromplattentauscher müssen alle Komponenten zur Luftkonditionierung für die Erwärmung mit einberechnet werden in der Investition für einen direkten Preisvergleich.**

**Ziel: Systemvergleich mit gleichen Funktionen und Leistungskriterien**

**Nur bei Gesamtbetrachtung ist ein Vergleich aussagekräftig!**

## Kosten-Nutzen-Vergleich

### Variante 2 - Luftmenge 30.000 m<sup>3</sup>/h

Komponenten/Maßnahmen/Leistungen	HKVS	Kreuzstromplattentaucher
WRG – Wärmeaustauscher / Plattentaucher	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 €
<b>Total WRG-Komponenten (Hardware)</b>	<b>151.400 €</b>	<b>85.900 €</b>
<b>Bauliche Maßnahmen</b>		
Höherer Raumbedarf (pro m <sup>3</sup> = 340 €)	-	13.000 €
Platzersparnis beim Gerät (kürzeres Gerät)	Gleich	Gleich
<b>Total Bauliche Maßnahmen</b>		<b>13.000 €</b>

**Bauliche Massnahmen: Raumhöhe ist nicht gleich bei beiden Varianten. Kreuzstromplattentaucher benötigt höheren Raum.**

## Kosten-Nutzen-Vergleich

Energieberechnung Wärme	HKVS	Kreuzstromplattentaucher
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 Energiekosten)	129.875 €	275.475 €
<b>Wartung Betriebsunterhalt</b>		
Anlagenunterhalt allgemein	4.000 € /a	1.500 € /a
<b>Total Wartung Anlage in 25 Jahren</b>	<b>100.000 €</b>	<b>37.500 €</b>

**Wartung Betriebsunterhalt: Das HKVS hat ein Monitoring integriert und zeigt sofort Fehler auf. Dies fordert einen erhöhte Überwachung seitens Personal. -> höhere Unterhaltskosten HKVS.**

## Kosten-Nutzen-Vergleich

Kälte	HKVS	Kreuzstromplattentaucher
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 €

**Kälte: Die HKVS-Variante integriert eine adiabatische Fortluft-Befeuchtung. Zusammen mit dem Kälterückgewinn des HKVS erreicht man eine Reduktion des Spitzenbedarfs Kältemaschine um ca. 30%.**

**Investitionskosten Kältemaschine, Anschlusskosten Kältemaschine etc. sind daher bei der Kreuzstromplattentaucher-Lösung um einiges höher.**

## Kosten-Nutzen-Vergleich

Gesamtbetrachtung Vergleich	HKVS	Kreuzplattentaucher
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 €

### Total Kosten Vergleich: HKVS zu Kreuzstromplattentaucher

Direkte Amortisationsberechnung / Vergleiche	HKVS	Kreuzplattentaucher
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) Wärme und Kälteenergie	39.648 € /a	22.405 € /a



### Kosten-Nutzen-Vergleich

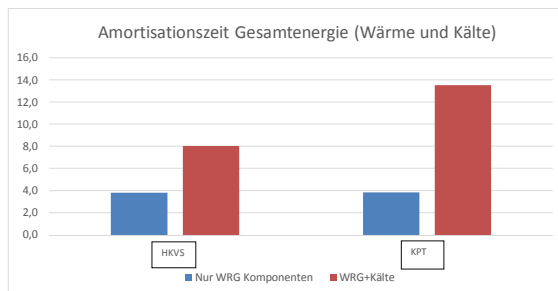
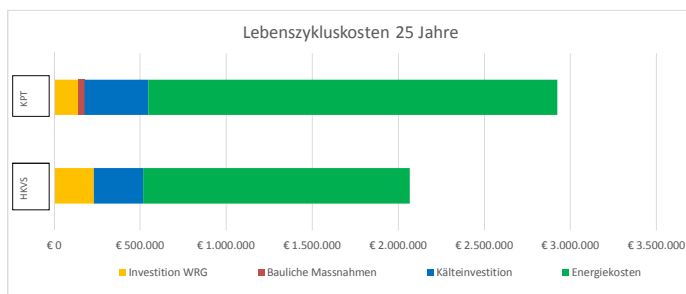
WRG Investitionen (ohne Energie und Unterhalt)	HKVS	Kreuzplattentauscher
WRG Kosten inklusive aller Komponenten	151.400 €	85.900 €
Bauliche Maßnahmen	0 €	13.000 €
Kälteinvestition / Kältezeugungskosten	167.142 €	216.912 €
<b>Gesamtkosten WRG mit Kälte</b>	<b>318.542 €</b>	<b>315.812 €</b>

	HKVS	Kreuzplattentauscher
Amortisationsberechnung nur WRG Komponenten (WRG Investition / Einsparung pro Jahr durch WRG)	3.8 Jahre	3.8 Jahre
Amortisationsberechnung WRG und Kälte (WRG Investition / Einsparung pro Jahr durch WRG)	8.0 Jahre	14.1 Jahre
Energieeinsparung Wärme und Kälte nach 5 Jahren	198.240€	112.025 €

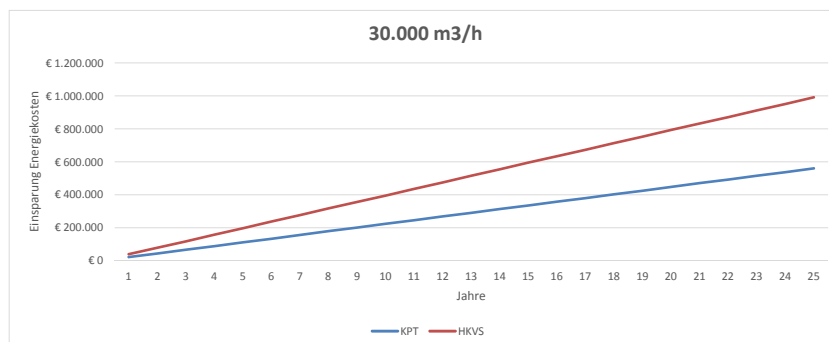


Mehreinsparung HKVS	Wärme und Kälte
Mehreinsparung Energie nach 5 Jahren	+ 86.215 €
Mehreinsparung Energie nach 10 Jahren	+ 172.430 €
Mehreinsparung Energie nach 25 Jahren	+ 431.075 €

### Kosten-Nutzen-Vergleich



## Kosten-Nutzen-Vergleich - Luftmenge 30.000 m<sup>3</sup>/h



Gesamtinvestition Variante Kreuzstromplattentaucher	315.812 €
Gesamtinvestition Variante HKVS	318.542 €
Investitions-Einsparung	- 2.730 €
Mehreinsparung HKVS	431.075 €
<b>Finanzieller Vorteil HKVS</b>	<b>428.345 €</b>

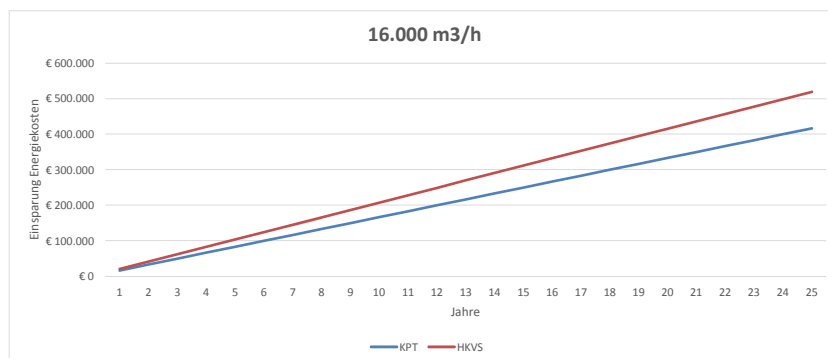


## Kosten-Nutzen-Vergleich

Wie sieht das Verhältnis aus, bei kleinerer Luftmenge?

z.B. 16.000 m<sup>3</sup>/h?

## Kosten-Nutzen-Vergleich - Luftmenge 16.000 m<sup>3</sup>/h



Gesamtinvestition Variante Kreuzstromplattentaucher	186.550 €
Gesamtinvestition Variante HKVS	138.740 €
Investitions-Einsparung	47.810 €
Mehreinsparung HKVS	102.650 €
<b>Finanzieller Vorteil HKVS</b>	<b>150.460 €</b>

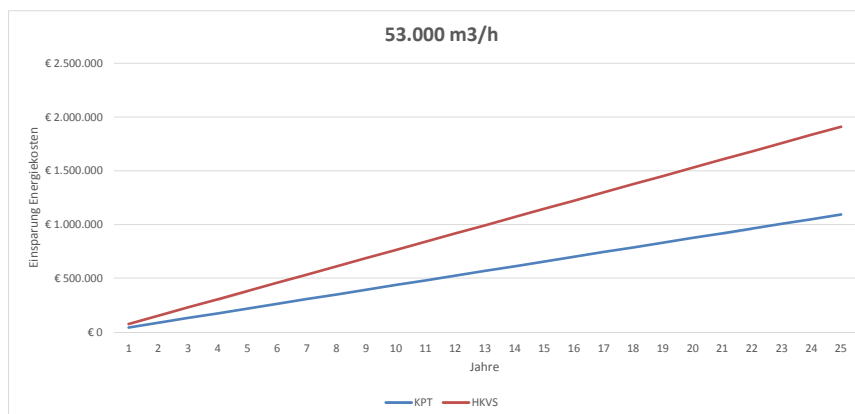


## Kosten-Nutzen-Vergleich

Wie sieht das Verhältnis aus, bei grösserer Luftmenge?

z.B. 53.000 m<sup>3</sup>/h?

## Kosten-Nutzen-Vergleich – Luftmenge 53.000 m<sup>3</sup>/h



Gesamtinvestition Variante Kreuzstromplattentaucher	546.950 €
Gesamtinvestition Variante HKVS	516.500 €
Investitions-Einsparung	30.450 €
Mehreinsparung HKVS	816.575 €
<b>Finanzieller Vorteil HKVS</b>	<b>847.025 €</b>



## Fazit

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

- **Ab einer Luftmenge von 15.000 m<sup>3</sup>/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 der gesamten Haustechnik: Wärmerückgewinnung, Wärmeerzeugung und Kälteerzeugung sind mit der HKVS-Variante niedriger!**
- **Die Energiekosten über die Betriebsjahre hinweg sind ebenfalls niedriger, auf Grund des geringeren zusätzlichen Wärmebedarfs des HKVS.**
- **Einzelne Anlagen mit einer Luftmenge unter 10.000 m<sup>3</sup>/h sollten wenn möglich mit einer Kreuzstromplattentaucher-Lösung versehen werden, da diese mit Sicherheit in allen Fällen die wirtschaftlichste Variante darstellt.**
- **Gibt es mehrere Lüftungszonen sollte jedoch eine Verbund-WRG über das HKVS in Betracht gezogen werden.**

**Danke Ihnen für Ihr Interesse!**

**Amir Ibrahimagic**

**amir.ibrahimagic@konvekta.at**

**+41 76 563 24 10**