

**Dimensionierung  
von  
kreislaufverbundenen Wärmerückgewinnungssystemen (KVS)**

**hocoil**



Die nachfolgenden Erklärungen beschreiben die grundsätzlichen Möglichkeiten der Dimensionierung von KVS-Anlagen. Es handelt sich hierbei nicht um eine offizielle Berechnungsvorschrift sondern lediglich um die Information wie hocoil KV-Systeme berechnet werden.

Davon abweichende Vorgaben können im Rahmen der physikalischen Gesetzmäßigkeiten ebenfalls untersucht werden - in diesem Fall ist aber eine detaillierte Abklärung der Anforderungen erforderlich.

## Vorbemerkungen

Die grundsätzlich bestimmende Größe bei der Dimensionierung von KV-System ist der **trockene thermische Wirkungsgrad  $\eta_{tr}$** . Er gibt den Prozentsatz der zurückgewonnenen Energie aus der Abluft an, die beim Kühlvorgang ausgeschiedene Wassermenge bleibt hierbei unberücksichtigt.

Die maximal theoretische Energierückgewinnung wäre demnach erreichbar bei einer Abkühlung der Abluft auf die Temperatur der Zuluft, das entspräche dann dem theoretischen Wirkungsgrad  $\eta_{tr}$  von 100%.

Nach der derzeit gültigen ErP-Richtlinie gilt für alle kreislaufverbundenen Wärmerückgewinnungssysteme, die innerhalb der EU in Verkehr gebracht werden, ab Jänner 2016 ein Mindestwirkungsgrad von  $\eta_{tr} = 63\%$  und ab Jänner 2018 von  $\eta_{tr} = 68\%$ . Diese Werte gelten für gleiche Luftmengen in der Zuluft und in der Abluft.

Bei der Dimensionierung der Systeme kann es nun im Wesentlichen zu drei möglichen Luftmengenverhältnissen kommen:

- 1.) die Luftmengen in Zu- und Abluft sind identisch
- 2.) die Zuluftmenge ist höher als die Abluftmenge
- 3.) die Abluftmenge ist höher als die Zuluftmenge

Weitere Möglichkeiten ergäben sich zB. noch durch mehrere Abluftströme mit unterschiedlichen Luftzuständen, ... usw. Diese müssen im jeweiligen Fall gesondert untersucht werden. Zum allgemeinen Verständnis werden hier nur die drei oben beschriebenen Luftmengenverhältnisse betrachtet. Allen Beispielrechnungen liegt eine Luftdichte von  $1,225 \text{ kg/m}^3$  zugrunde.

### 1.) die Luftmengen in Zu- und Abluft sind identisch

Annahme: Abluft 10.000 m<sup>3</sup>/h mit 22°C / 50% rF  
 Zuluft 10.000 m<sup>3</sup>/h mit -15°C

Die maximale trockene Rückgewinnungsleistung wäre hier demnach erreichbar bei einer Abkühlung der Abluft von 22 °C auf -15 °C, folglich entspräche in diesem Fall 100%  $\eta_{tr} = 126,55 \text{ kW}$ . Bei einem vorgegebenen Mindestwirkungsgrad von 63% ergibt sich eine rückzugewinnende Leistung von  $126,55 \times 63\% = 79,71 \text{ kW}$  und zB. folgendes KV-System:

Zuluft	2.780	m <sup>3</sup> /s		Abluft	2.780	m <sup>3</sup> /s
H berippt	1000	mm		H berippt	1000	mm
B berippt	1000	mm		B berippt	1000	mm
Anströmung	2.78	m/s		Anströmung	2.78	m/s
Lufteintritt	-15	C		Lufteintritt	22 / 50	C / RH %
Luftaustritt	8.31	C		Luftaustritt	5.81 / 94.83	C / RH %
Solekreise	15			Solekreise	15	
Lamellenteilung	2	mm		Lamellenteilung	2.5	mm
Äthylenglykol	30	% Vol		Systemleistung	79.71	kW
Solemenge	1.800	l/s		Rückgewinnung	63	%

RR ZUL	RR ABL	Sole C	Zuluft Pa	Abluft Pa	Zuluft kPa	Abluft kPa
10	10	11.91 / 0.34	215.9	202.7	57.29	57.29

Es ergibt sich also ein System mit jeweils 10 Rohrreihen in der Zu und Abluft. Der Luftaustrittstemperatur der Abluft von +5,81 °C steht eine Soletemperatur von +0,34 °C gegenüber - es besteht also keine Gefahr, dass der Abluftkühler bei diesen KVS-Betriebszuständen Reif ansetzt.

## 2.) die Zuluftmenge ist höher als die Abluftmenge

Annahme: Abluft 10.000 m<sup>3</sup>/h mit 22°C / 50% rF  
 Zuluft 17.000 m<sup>3</sup>/h mit -15°C

Häufig wird in Anlagenplanungen in diesem Fall der Wirkungsgrad auf die Zuluftanwärmung bezogen, was mitunter zu unmöglichen Vorgaben führt. Sollte mit diesen Angaben zB. ein Wirkungsgrad von 63%, bezogen auf die Zulufterwärmung erreicht werden, so müsste dafür die Abluft unter die Zulufttemperatur abgekühlt werden !

Sinnvollerweise ist hier der gewünschte Wirkungsgrad auf die maximal rückzugewinnende Leistung aus der Abluft zu beziehen. Ausgehend von wiederum 63% gewünschtem Wirkungsgrad, muss demnach 63% der maximal möglichen Rückgewinnungsleistung auf die Zuluft übertragen werden.

Die maximale trockene Rückgewinnungsleistung wäre hier wieder erreichbar bei einer Abkühlung der Abluft von 22 °C auf -15 °C, folglich entspräche in diesem Fall 100%  $\eta_{tr} = 126,55 \text{ kW}$ . Bei einem vorgegebenen Mindestwirkungsgrad von 63% ergibt sich eine rückzugewinnende Leistung von  $126,55 \times 63\% = 79,71 \text{ kW}$  und zB. folgendes KV-System:

Zuluft	4.720	m <sup>3</sup> /s		Abluft	2.780	m <sup>3</sup> /s
H berippt	1000	mm		H berippt	1000	mm
B berippt	1700	mm		B berippt	1000	mm
Anströmung	2.78	m/s		Anströmung	2.78	m/s
Lufteintritt	-15	C		Lufteintritt	22 / 50	C / RH %
Luftaustritt	-1.28	C		Luftaustritt	5.89 / 93.68	C / RH %
Solekreise	15			Solekreise	15	
Lamellenteilung	2	mm		Lamellenteilung	2.5	mm
Äthylenglykol	30	% Vol		Systemleistung	79.71	kW
Solemenge	1.800	l/s		Rückgewinnung	63	%

RR ZUL	RR ABL	Sole C	Zuluft Pa	Abluft Pa	Zuluft kPa	Abluft kPa
4	8	9.95 / -1.64	98.4	169.8	36.87	46.97

Wir erhalten also ein System mit 4 Rohrreihen in der Zuluft und 8 Rohrreihen in der Abluft.

Im Normalfall werden bei diesen Luftmengenverhältnissen in der Abluft Wärmetauscher mit einer größeren Rohrreihenzahl als in der Zuluft eingesetzt. Dafür sprechen grundsätzlich zwei Überlegungen:

1.) ist es kostenmäßig sinnvoller am querschnittsmäßig größeren Tauscher einzusparen und lieber den kleineren Kühler zu verstärken.

2.) verschiebt ein rohrreihenmäßig stärkerer Abluftkühler das Niveau der Soletemperaturen näher in Richtung der Ablufttemperaturen, sodass die Gefahr des Reifaufbaues am Abluftkühler vermindert wird.

Der Luftaustrittstemperatur der Abluft von 5,89 °C steht eine Soletemperatur von -1,64 °C gegenüber - da die mittlere Oberflächentemperatur hier bei etwa +2,1°C liegt, besteht also keine Gefahr, dass der Abluftkühler bei diesen KVS-Betriebszuständen Reif ansetzt.

Für die gleichen Vorgabedaten könnte zB. auch ein System, bestehend aus einem 8-reihigen Zulufterhitzer und einem 6-reihigen Abluftkühler, gewählt werden. In der Zuluft würden sich die selben Daten wie zuvor ergeben, der Luftaustritt aus dem Abluftkühler läge bei 6,08°C / 91,18% - **ABER** die Soletemperaturen würden bei -7,0 °C auf +4,65°C liegen! Daraus ergibt sich eine mittlere Oberflächentemperatur unterhalb von 0°C - der Kühler würde während des Betriebes beginnen Reif aufzubauen. Dadurch würde der Luftwiderstand anwachsen und dadurch wiederum der Luftdurchsatz abnehmen ... was den Reifaufbau noch beschleunigen würde.

Dieses System müsste entweder periodisch abgetaut werden (Leistungsschwankungen, Wirkungsgrad), oder es müsste ein Vor-Erhitzer in der Zuluft vorgesehen werden, der verhindert, dass zu kalte Zuluft auf das KV-System trifft (Wirkungsgrad)! Die selbe Problematik kann auch bei sinkenden Zu- und/oder Ablufttemperaturen, oder geringerem Feuchtigkeitshalt in der Abluft auftreten!

### 3.) die Abuftmenge ist höher als die Zuluftmenge

Annahme: Abluft 17.000 m<sup>3</sup>/h mit 22°C / 50% rF  
 Zuluft 10.000 m<sup>3</sup>/h mit -15°C

Würde hier, wie zuvor, der Wirkungsgrad auf die maximal mögliche Abluftabkühlung bezogen, so würde sich bei einem Wirkungsgrad von wiederum 63%, eine theoretisch erforderliche Zuluftherwärmung auf eine höhere Temperatur als die Ablufttemperatur ergeben!

Sinnvollerweise ist daher in diesem Fall der gewünschte Wirkungsgrad auf die maximal mögliche Anwärmung der Zuluft zu beziehen. Ausgehend von wiederum 63% gewünschtem Wirkungsgrad, muss demnach der Abluftmenge 63% der maximal möglichen Zuluftheizleistung entzogen werden.

Die maximale Heizleistung wäre hier also erreichbar bei einer Anwärmung der Zuluft von -15 °C auf 22 °C, folglich entspräche in diesem Fall 100%  $\eta_{tr} = 126,55$  kW. Bei einem vorgegebenen Mindestwirkungsgrad von 63% ergibt sich eine rückzugewinnende Leistung von  $126,55 \times 63\% = 79,71$  kW und zB. folgendes KV-System:

Zuluft	2.780	m <sup>3</sup> /s		Abluft	4.720	m <sup>3</sup> /s
H berippt	1000	mm		H berippt	1000	mm
B berippt	1000	mm		B berippt	1700	mm
Anströmung	2.78	m/s		Anströmung	2.78	m/s
Luft Eintritt	-15	C		Luft Eintritt	22 / 50	C / RH %
Luft Austritt	8.31	C		Luft Austritt	10.97 / 88.11	C / RH %
Solekreise	15			Solekreise	15	
Lamellenteilung	2	mm		Lamellenteilung	2.5	mm
Äthylenglykol	30	% Vol		Systemleistung	79.71	kW
Solemenge	1.800	l/s		Rückgewinnung	63	%

RR ZUL	RR ABL	Sole C	Zuluft Pa	Abluft Pa	Zuluft kPa	Abluft kPa
8	6	13.54 / 1.99	176.2	124.1	46.12	52.72

Wir erhalten also ein System mit 8 Rohrreihen in der Zuluft und 6 Rohrreihen in der Abluft.

Gedanklich analog wie unter Punkt 2 erläutert, werden nun in der Abluft Wärmetauscher mit einer kleineren Rohrreihenanzahl als in der Zuluft eingesetzt, da es hier kostenmäßig sinnvoller ist am querschnittsmäßig größeren Abluftkühler einzusparen und lieber den kleineren Zuluftherhitzer zu verstärken.

Die Gefahr des Reifaufbaues am Abluftkühler ist bei deutlich höheren Abluft- als Zuluftmengen im Normalfall nicht vorhanden, da die Soletemperaturen zumeist ohnehin über 0 °C liegen und dadurch auch die mittlere Oberflächentemperatur nicht unterhalb 0 °C liegen kann.

Bei geringeren Luftmengenunterschieden oder niedrigen Ablufttemperaturen, kann es aber natürlich wieder zu der Bereifungsproblematik kommen. In diesen Fällen sind die effektiven Eckdaten dann genauer zu betrachten und das KV-System entsprechend zu dimensionieren.

Grundsätzlich ist bei der Anlagenplanung aller KV-Systeme zu bedenken, dass die KVS-Tauscher bei höheren Wirkungsgradanforderungen natürlich auch größere Rohrreihenanzahlen benötigen. Die Anströmquerschnitte sind daher so zu dimensionieren, dass die luftseitigen Widerstände in einem effizienzmäßig sinnvollen Bereich liegen.

Auf der Soleseite liegt die Problematik ähnlich - höhere Wirkungsgrade erfordern größere Solespreizungen und bedingt dadurch ergeben sich im Verhältnis immer kleinere umlaufende Solemengen. Um jedoch eine für die Wärmeübertragung sinnvolle Strömungsgeschwindigkeit zu erreichen, muss der Soledurchsatz daher auch auf immer weniger interne Rohrkreise aufgeteilt werden. Das führt aber zu größeren Einzelstranglängen und dadurch zu meist sehr hohen Widerständen!

Es werden also meist Pumpen mit einem geringem Massenstrom bei hohem Widerstand benötigt!