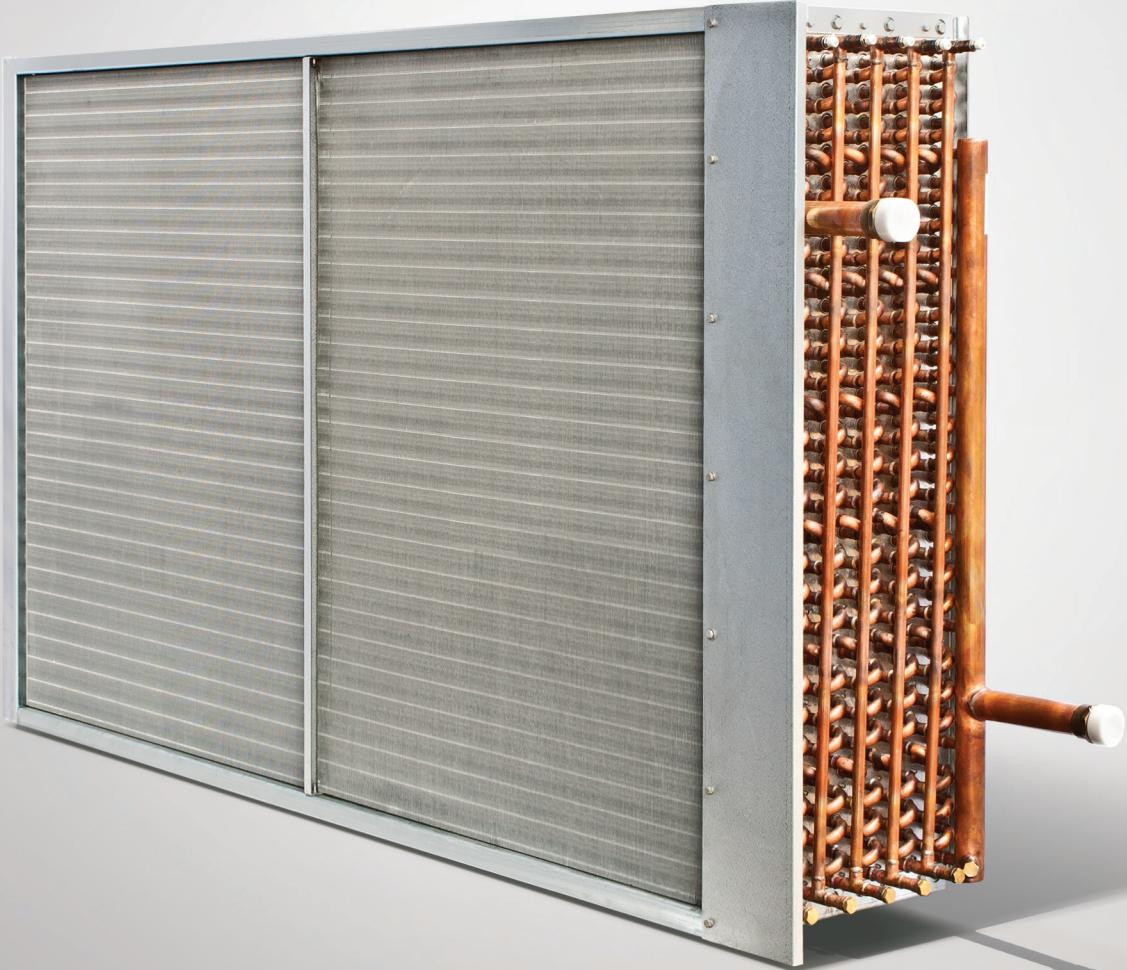


## High efficiency heat exchangers for coil energy recovery loop systems

Hocheffiziente Wärmeübertrager für Kreislauf-Verbund-Systeme zur  
Wärmerückgewinnung



High efficiency heat exchangers for coil energy recovery loop systems • Hocheffiziente Wärmeübertrager für Kreislauf-Verbund-Systeme zur  
Wärmerückgewinnung

### Coil energy recovery loop systems

Contrary to heat pipes, plate heat exchangers (recuperators) and rotary heat exchangers (regenerators) no junction of the air flows is required at the building energy recovery system for coil energy recovery loop systems. Through the absolute separation of extract air flow and outdoor air flow the coil energy recovery loop system is the first choice for buildings with high hygienic demands. As the several heat exchangers are connected to each other by a heat transfer fluid (brine), feed-in and feed-out of thermal energy in the coil energy recovery loop system is possible. In table 1 different energy recovery systems are compared.

### Kreislauf-Verbund-Systeme

Im Gegensatz zu Wärmerohren, Plattenwärmeübertragern (Rekuperatoren) und Rotationswärmeübertragern (Regeneratoren) müssen die Luftströme des Gebäudes bei KV-Systemen nicht beim jeweiligen Energierückgewinnungssystem zusammengeführt werden. Durch die absolute Trennung von Fortluftstrom und Außenluftstrom ist das KV-System bei Gebäuden mit hohen Anforderungen an die Hygiene erste Wahl. Da die Energieübertragung zwischen den verschiedenen gekoppelten Wärmeübertragern indirekt über ein Wärmeträgermedium (Sole) erfolgt, kann in diesen Umlaufstrom auch thermische Energie ein- oder ausgetauscht werden. Ein Vergleich der einzelnen Energierückgewinnungssysteme zeigt Tabelle 1.

System	Heat pipe	Plate heat exchanger	Rotary heat exchanger	Coil energy recovery loop system
System	Wärmerohr	Plattenwärme-übertrager	Rotationswärme-übertrager	Kreislauf-Verbund-System
No junction of airflows required Keine Luftzusammenführung erforderlich	✗	✗	✗	✓
Space requirement Platzbedarf	➡	⬇	⬆	➡
Easy protection against moisture penetration of filter Einfacher Schutz vor Filterdurchfeuchtung	✗	✗	✗	✓
Danger of freezing Einfriergefahr	➡	⬇	⬆	➡
Uniformity of temperature distribution of supply air Gleichmäßigkeit der Temperatur der Zuluft	➡	⬇	⬇	⬆
Absolute separation of extract air and outdoor air Absolute Trennung von Fortluft und Außenluft	✗	✗	✗	✓
Leakage Leckage	0-3 %	0-3 %	3-20 %	0
Prev. protection against fire or smoke transmission Präv. Schutz vor Brand- und Rauchübertragung	✗	✗	✗	✓
No auxiliary power required Keine Hilfsenergie erforderlich	✓	✓	✗	✗
Moisture transfer possible Feuchteübertragung möglich	✗	✗	✓	✗
Indirect evaporative cooling possible Indirekte Verdunstungskühlung möglich	✗	✓	✗	✓
Cleanability Reinigbarkeit	⬆	⬇	➡	⬆
Temperature differential (typically) Temperaturänderungsgrad (typisch)	0,4 - 0,5	0,4 - 0,8	0,6 - 0,8	0,4 - 0,8
Air side pressure loss of total system Luftseitiger Druckverlust Gesamtsystem	➡	⬇	➡	⬆
Multifunctional use possible Mehrfachfunktionale Nutzung möglich	✗	✗	✗	✓

Table 1: Comparison of different energy recovery systems (Source: H. C. Rauser, HCR CONSULTING, Speech on DKV Tagung 2009)

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Energierückgewinnungssysteme (Quelle: H. C. Rauser, HCR CONSULTING, Vortrag DKV Tagung 2009)

### Temperature differential

The temperature differential indicates according to DIN EN 308:1997-06 the relationship between the temperature change of the outdoor air and the maximum possible temperature change between the extract air and the outdoor air:

$$\eta_t = (t_{22} - t_{21}) / (t_{11} - t_{21})$$

Since the use of condensation on the extract air side is not possible most of the time, the temperature differential is defined under dry conditions [1]. In chart 1 the sensible heat recovery is illustrated in the h-x-diagram for winter operation. With condensation on the extract air side the temperature differential increases. Chart 2 illustrates a simple coil energy recovery loop system with 2 heat exchangers.

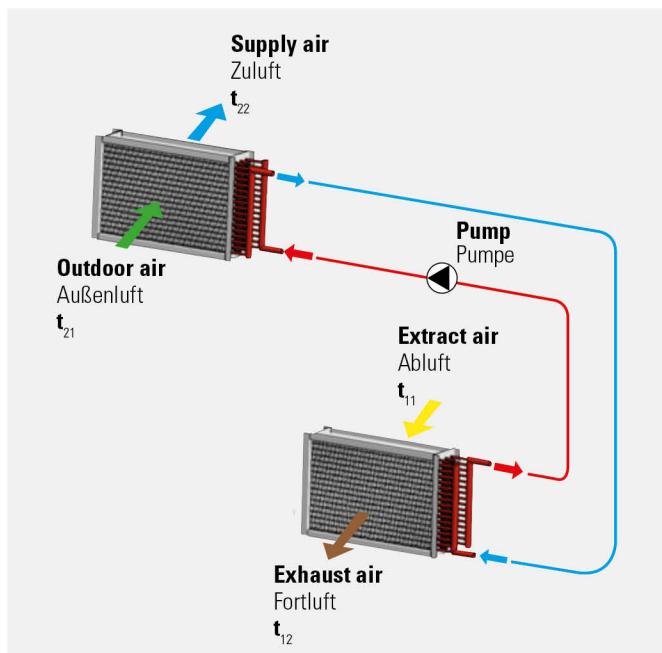


Chart 2: Simple coil energy recovery loop system

Bild 2: Einfaches Kreislauf-Verbund-System

### Reference operating condition

In order to compare different systems the temperature differential shall be indicated at the following reference conditions [2]:

- extract air mass flow/outdoor air mass flow = 1 (at air density 1,2 kg/m³)
- outdoor air temperature = 5 °C
- extract air temperature = 25 °C
- no condensation on the extract air side
- no feed-in and feed-out of thermal energy in the coil energy recovery loop system
- no proportion of re-circulated air

### Temperaturänderungsgrad

Der Temperaturänderungsgrad gibt gemäß DIN EN 308:1997-06 das Verhältnis der Temperaturänderung der Außenluft zur maximal möglichen Temperaturdifferenz zwischen der Abluft- und Außenlufttemperatur an:

$$\eta_t = (t_{22} - t_{21}) / (t_{11} - t_{21})$$

Da in der überwiegenden Zeit der Nutzung eine Kondensation auf der Abluftseite ausgeschlossen werden kann, ist die Angabe des Temperaturänderungsgrades unter trockenen Bedingungen definiert [1]. In Bild 1 ist die trockene Wärmerückgewinnung im h-x-Diagramm für den Winterbetrieb dargestellt. Bei Kondensation auf der Abluftseite steigt der Temperaturänderungsgrad. Bild 2 zeigt ein einfaches Kreislauf-Verbund-System mit 2 Wärmetauscher.

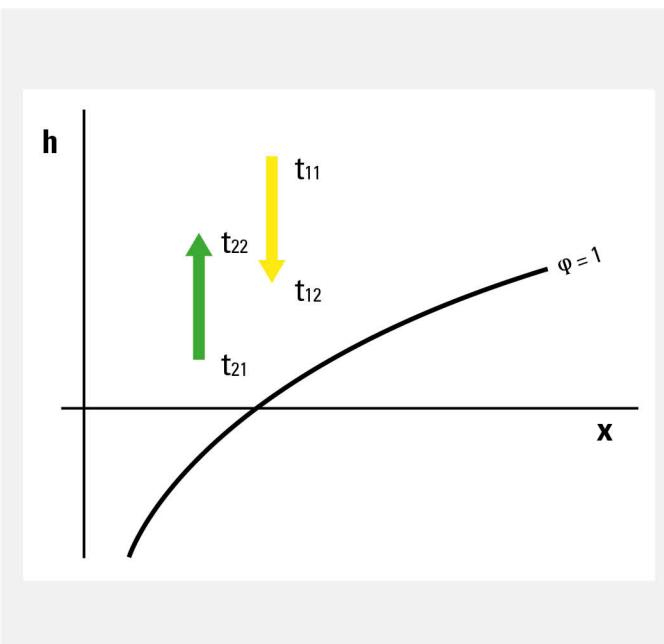


Chart 1: Sensible heat recovery

Bild 1: Trockene Wärmerückgewinnung

### Referenzbetriebszustand

Zum Vergleich von verschiedenen Systemen ist der Temperaturänderungsgrad bei den folgenden Referenzbedingungen anzugeben [2]:

- Abluftmassenstrom/Außenuftmassenstrom = 1 (bei Luftdichte 1,2 kg/m³)
- Außenlufttemperatur = 5 °C
- Ablufttemperatur = 25 °C
- keine Kondensation auf der Abluftseite
- keine Ein- oder Auskopplung von thermischer Energie in den Umlaufstrom
- ohne Umluftanteil

At lower air velocities in the heat exchangers higher temperature differentials are reached. In addition the overall efficiency of the coil energy recovery loop systems increases due to the lower air side pressure losses. In chart 3 the temperature differential at reference operating condition is exemplarily shown in relation to the number of tubes in air direction at different frontal air velocities of a heat exchanger with the tube geometry F3833-12.

Bei kleineren Luftgeschwindigkeiten in den Wärmeübertragern werden höhere Temperaturänderungsgrade erreicht. Außerdem erhöht sich die Effizienz des Kreislauf-Verbund-Systems durch die kleineren luftseitigen Druckverluste. In Bild 3 ist beispielhaft der Temperaturänderungsgrad gemäß Referenzbetriebszustand in Abhängigkeit von der Anzahl der Rohrreihen in Luftrichtung bei verschiedenen Luftgeschwindigkeiten im freien Anströmquerschnitt des Wärmeübertragers mit der Rohrgeometrie F3833-12 dargestellt.

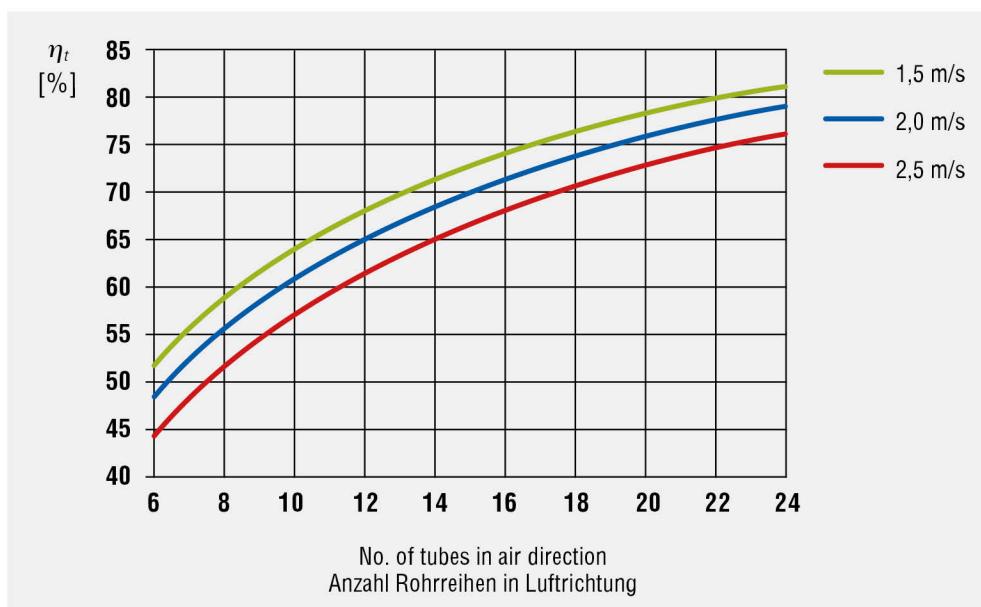


Chart 3: Temperature differential versus no. of tubes in air direction at different air velocities

Bild 3: Temperaturänderungsgrad in Abhängigkeit von der Anzahl der Rohrreihen in Luftrichtung bei verschiedenen Luftgeschwindigkeiten

#### Heat exchanger design

The heat exchangers are made of corrosion resistant material and are cleanable. The special design with fins which are technically flat and produced out of one piece in air direction is complying with the requirements of

- DIN EN 13053:2012-02, 6.4
- DIN 1946-4:2008-12, 6.5.8.1+2
- VDI 3803-1:2010-02, 5.2.3
- VDI 6022-1:2011-07, 4.3.16
- AHU-Guideline 01:2014-08, 5.6 [3]

The minimum fin pitch is 2,0 mm, for air coolers with dehumidification 2,5 mm and for air heaters used to dry the air before the first filter stage 4,0 mm. The maximum heat exchanger depth at a fin pitch of 2,0 mm is 300 mm for staggered tube geometry and 450 mm for in-line tube geometry. At higher fin pitch the depth increases linearly.

#### Wärmeübertrager Design

Die Wärmeübertrager sind aus korrosionsbeständigem Material gefertigt und reinigbar. Das spezielle Design mit Lamellen, die technisch glatt sind und in Luftrichtung aus einem Stück gefertigt werden, erfüllt die Anforderungen der

- DIN EN 13053:2012-02, 6.4
- DIN 1946-4:2008-12, 6.5.8.1+2
- VDI 3803-1:2010-02, 5.2.3
- VDI 6022-1:2011-07, 4.3.16
- RLT-Richtlinie 01:2014-08, 5.6 [3]

Die minimale Lamellenteilung ist 2,0 mm, bei Luftkühlern mit Entfeuchtung 2,5 mm und bei Luftheritzern, die zur Trocknung vor der ersten Filterstufe eingesetzt werden, 4,0 mm. Die maximale Bautiefe der Wärmeübertrager bei einer Lamellenteilung von 2,0 mm ist 300 mm bei versetzter Rohrgeometrie und 450 mm bei fluchtender Rohrgeometrie. Bei größerer Lamellenteilung wird die Bautiefe linear vergrößert.

Friterm produces different tube geometries for coil energy recovery loop systems to perfectly match the market requirements. In table 2 the different tube geometries are compared.

Friterm fertigt verschiedene Rohrgeometrien für Kreislauf-Verbund-Systeme, um für alle Marktanforderungen eine perfekte Lösung anbieten zu können. Einen Vergleich der verschiedenen Rohrgeometrien zeigt Tabelle 2.

Tube geometry Rohrgeometrie	M4035-15	M4035-12	F3833-12	M3535-12
Tube arrangement staggered Versetzte Rohranordnung	✓	✓	✓	
Tube arrangement in-line Fluchtende Rohranordnung				✓
Tube pitch in height (transversal to air direction) S1 [mm] Rohrabstand in der Höhe (quer zur Luftrichtung) S1 [mm]	40,00	40,00	38,10	35,00
Tube pitch in depth (in air direction) S2 [mm] Rohrabstand in der Tiefe (in Luftrichtung) S2 [mm]	34,64	34,64	33,00	35,00
Tube diameter [mm] Rohrdurchmesser [mm]	15	12	12	12
Maximum no. of tubes in air direction in a single fin Maximale Rohrreihenzahl in Luftrichtung in einer Lamelle	12	12	18	18
Air side pressure loss Luftseitiger Druckverlust	↗	↗	↗	↘
Capacity Leistung	↑	↗	↗	↗
Coefficient of performance ε Leistungszahl ε	↗	↗	↗	↑

Table 2: Comparison of different tube geometries

Tabelle 2: Vergleich verschiedener Rohrgeometrien

For energy recovery loop systems with high temperature differentials a special circuitry for multiple cross-counterflow is a must. Chart 4 illustrates such a heat exchanger with 4 circuits and 2 internal ventings and drainings.

Für Kreislauf-Verbund-Systeme mit hohem Temperaturänderungsgrad ist eine spezielle Verschaltung für mehrfachen Kreuzgegenstrom ein Muss. Bild 4 zeigt einen solchen Wärmeübertrager mit 4 Kreisen und 2 internen Entlüftungen und Entleerungen.

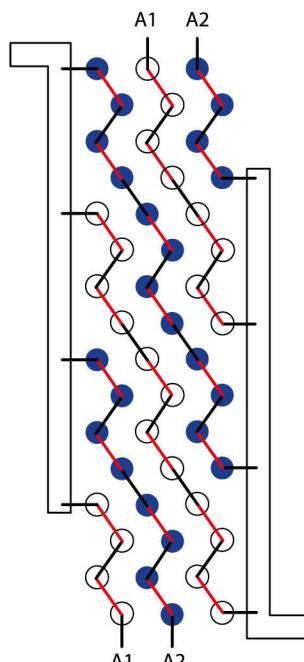


Chart 4: Special circuitry for high efficiency heat exchangers for energy recovery loop systems

Bild 4: Spezielle Verschaltung von hocheffizienten Wärmeübertragern für Kreislauf-Verbund-Systeme zur Wärmerückgewinnung

## Software

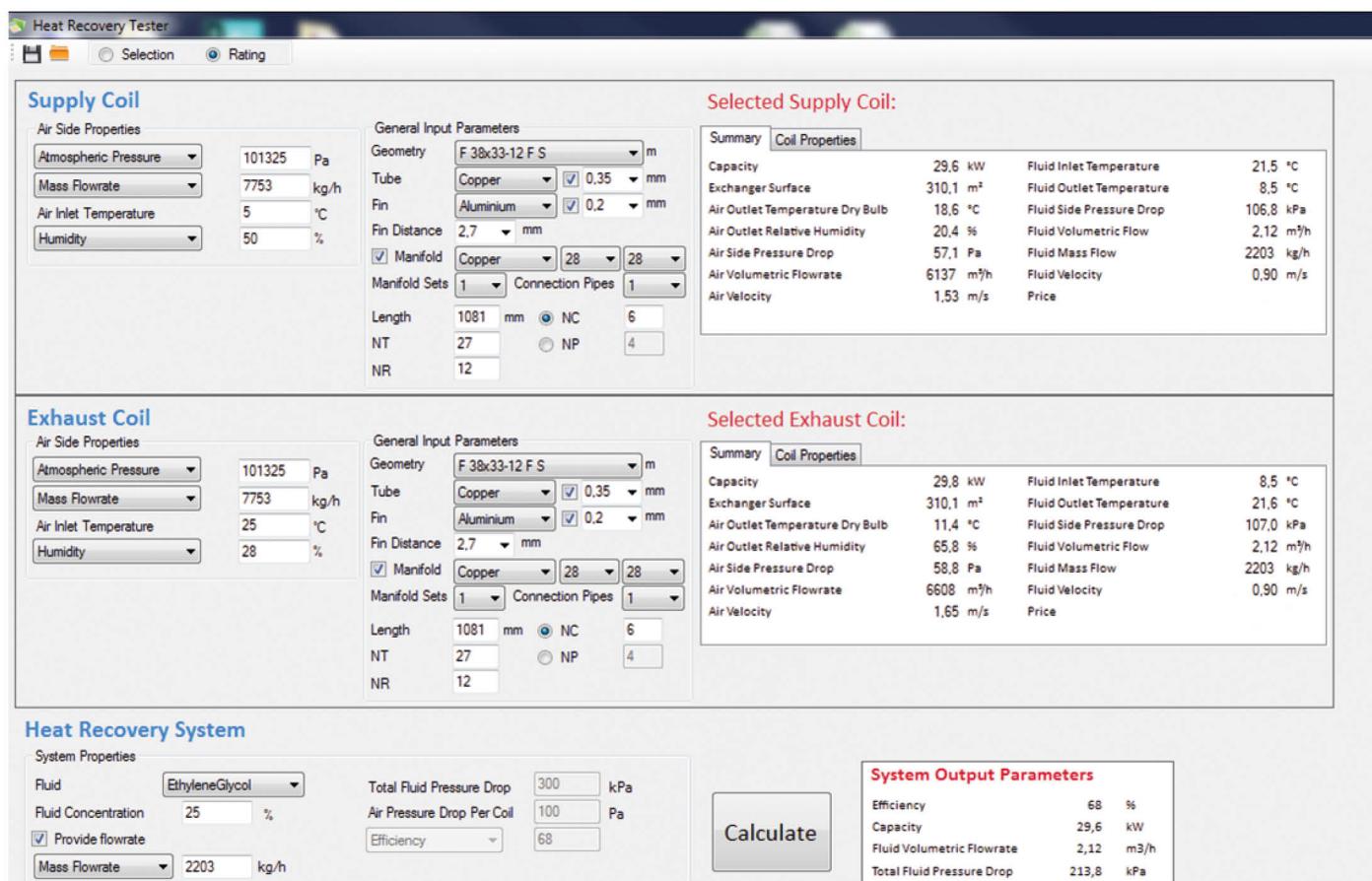
Friterms' coil design software for air heater and air cooler using water successfully passed the repetition test of the Eurovent Certita Certification programme for Cooling and Heating Coils (COIL) in 2014.

Further tests of heat exchangers in a coil energy recovery loop systems are currently being conducted in order to develop a special software for heat exchangers in coil energy recovery loop systems. A screenshot of the current internal software version is shown in chart 5.

## Software

Friterms Software für Luftheritzer und Luftkühler mit Wasser hat 2014 den Wiederholungstest des Eurovent Certita Certification Programmes für Luftheritzer und Luftkühler (Coils) bestanden.

Weitere Tests von Wärmeübertragern in einem Kreislauf-Verbund-System werden momentan durchgeführt, um eine spezielle Software für Wärmeübertrager in KV-Systemen zu entwickeln. Bild 5 zeigt einen Screenshot der aktuellen internen Software.



**Supply Coil**

Air Side Properties		General Input Parameters		Selected Supply Coil:	
Atmospheric Pressure	101325 Pa	Geometry	F 38x33-12 F S	Capacity	29,6 kW
Mass Flowrate	7753 kg/h	Tube	Copper	Exchanger Surface	310,1 m <sup>2</sup>
Air Inlet Temperature	5 °C	Fin	Aluminium	Air Outlet Temperature Dry Bulb	18,6 °C
Humidity	50 %	Fin Distance	0,35 mm	Air Outlet Relative Humidity	20,4 %
		Manifold	0,2 mm	Air Side Pressure Drop	57,1 Pa
		Manifold Sets	28	Air Volumetric Flowrate	6137 m <sup>3</sup> /h
		Length	28	Air Velocity	1,53 m/s
		NT	1081 mm	Fluid Inlet Temperature	21,5 °C
		NR	NC 6	Fluid Outlet Temperature	8,5 °C
			NP 4	Fluid Side Pressure Drop	106,8 kPa
				Fluid Volumetric Flow	2,12 m <sup>3</sup> /h
				Fluid Mass Flow	2203 kg/h
				Fluid Velocity	0,90 m/s
				Price	

**Exhaust Coil**

Air Side Properties		General Input Parameters		Selected Exhaust Coil:	
Atmospheric Pressure	101325 Pa	Geometry	F 38x33-12 F S	Capacity	29,8 kW
Mass Flowrate	7753 kg/h	Tube	Copper	Exchanger Surface	310,1 m <sup>2</sup>
Air Inlet Temperature	25 °C	Fin	Aluminium	Air Outlet Temperature Dry Bulb	11,4 °C
Humidity	28 %	Fin Distance	0,35 mm	Air Outlet Relative Humidity	65,8 %
		Manifold	0,2 mm	Air Side Pressure Drop	58,8 Pa
		Manifold Sets	28	Air Volumetric Flowrate	6608 m <sup>3</sup> /h
		Length	28	Air Velocity	1,65 m/s
		NT	1081 mm	Fluid Inlet Temperature	8,5 °C
		NR	NC 6	Fluid Outlet Temperature	21,6 °C
			NP 4	Fluid Side Pressure Drop	107,0 kPa
				Fluid Volumetric Flow	2,12 m <sup>3</sup> /h
				Fluid Mass Flow	2203 kg/h
				Fluid Velocity	0,90 m/s
				Price	

**Heat Recovery System**

System Properties		Calculate		System Output Parameters	
Fluid	EthyleneGlycol	Total Fluid Pressure Drop	300 kPa	Efficiency	68 %
Fluid Concentration	25 %	Air Pressure Drop Per Coil	100 Pa	Capacity	29,6 kW
<input checked="" type="checkbox"/> Provide flowrate		Efficiency	68	Fluid Volumetric Flowrate	2,12 m <sup>3</sup> /h
Mass Flowrate	2203 kg/h			Total Fluid Pressure Drop	213,8 kPa

Chart 5: Internal Friterm software for coil energy recovery loop systems

Bild 5: Interne Friterm Software für Kreislauf-Verbund-Systeme

### Test laboratory

In Friterms' inhouse ambient balanced calorimetric room heat exchangers can be tested according to EN 327:2014-11, EN 328:2014-11, EN 1048:2014-11 and ASHRAE 33-2000 in the temperature range -34 °C up to +45 °C.

In chart 6 a test setup for an air cooler test acc. to ASHRAE standard 33-2000 is shown.

### Testlabor

Friterm kann im eigenen Kalorimeter Wärmeübertrager nach EN 327:2014-11, EN 328:2014-11, EN 1048:2014-11 und ASHRAE 33-2000 im Temperaturbereich von -34 °C bis +45 °C testen.

Bild 6 zeigt den Versuchsaufbau eines Luftkühlertests nach ASHRAE Standard 33-2000.



Chart 6: Test setup for heat exchanger tests acc. to ASHRAE standard 33-2000

Bild 6: Versuchsaufbau für Wärmeübertrager Tests nach ASHRAE Standard 33-2000

### Excerpt from references

### Auszug von Referenzen

Project Projekt	Outdoor air volume flow rate Außenluftvolumenstrom	Temperature differential Temperaturänderungsgrad	Year of installation Jahr der Installation
	m³/h		
Tierärztliche Hochschule Hannover, Germany	124.650	0,67/0,72	2013
Robert Bosch Krankenhaus Stuttgart, Germany	85.000	0,74	2013
SLK Klinikum Heilbronn, Germany	330.000	0,70	2014

### Literature/Literatur

- [1] VDI 3803-5:2013-04, 5.1
- [2] VDI 3803-5:2013-04, 5.1.6
- [3] German AHU Manufacturer Association, Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e. V.

# Innovative products for a sustainable environment

## Innovative Produkte für eine nachhaltige Umwelt

Choose Friterm **class A**  
products in your applications

Wählen Sie **Klasse A**  
Produkte von Friterm



NH<sub>3</sub> Unit Air Cooler  
NH<sub>3</sub> Luftkühler



High efficiency heat exchanger  
for coil energy recovery loop systems  
Hocheffizienter Wärmeübertrager  
für Kreislauf-Verbund-Systeme



V Type Dry Cooler  
Rückkühler V-Form



Horizontal Type  
Air Cooled Condenser  
Luftgekühlter Verflüssiger  
horizontale Bauart



### CERTIFIED GEOMETRIES ID No

M2522-3/8"	14.06.001
F3228-12mm	14.04.002
F3833-12mm	14.04.003
F3833-15mm	14.04.004
M4035-12mm	14.04.005
M4035-15mm	14.04.006



since 1979

### Hauptsitz / Produktion:

34957 Tuzla İstanbul, Türkiye

Tel: +90 216 394 12 82 Fax: +90 216 394 12 87

info@friterm.com | www.friterm.com

### Internationales Verkaufsbüro:

74321 Bietigheim-Bissingen, Deutschland

Tel: +49 7142 930896 friterm@hcr-consulting.com

