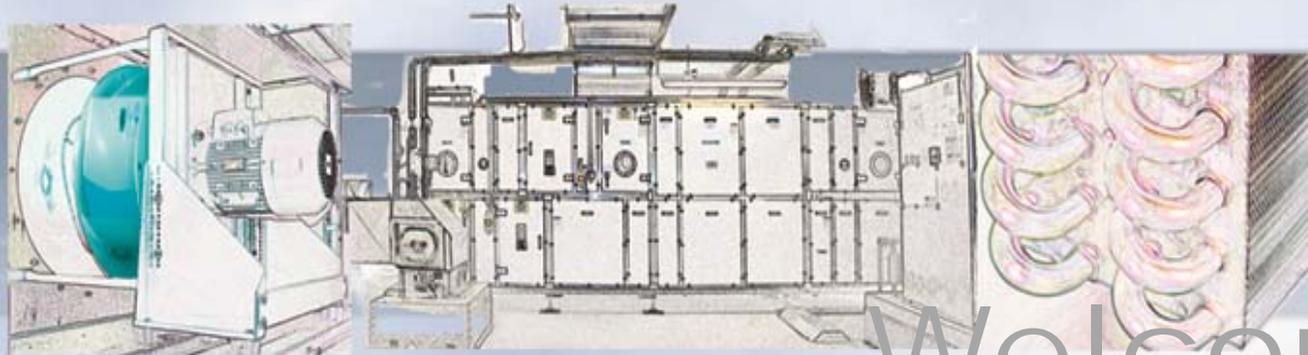


# Willkommen



HOCHSCHULE TRIER  
Umwelt-Campus Birkenfeld



Welcome

Bienvenue

## Anwendungsfälle Raumluftechnik – Wo gilt die Ökodesign-Verordnung EU1253/2014 und wo nicht?

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup  
kaup@howatherm.de



## Unterscheidung RVU / NRVU

- Residential Ventilation Unit (RVU) / **Wohnungslüftung**  
 **$\leq 250 \text{ m}^3/\text{h}$**
- Non-residential Ventilation (NRVU) / **Nicht-Wohnungslüftung**  
 **$\geq 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$**

Hinweis: 250 bis 1.000 m<sup>3</sup>/h entscheidet die Deklaration des Herstellers



## Definition von NRVU - RLT-Geräte

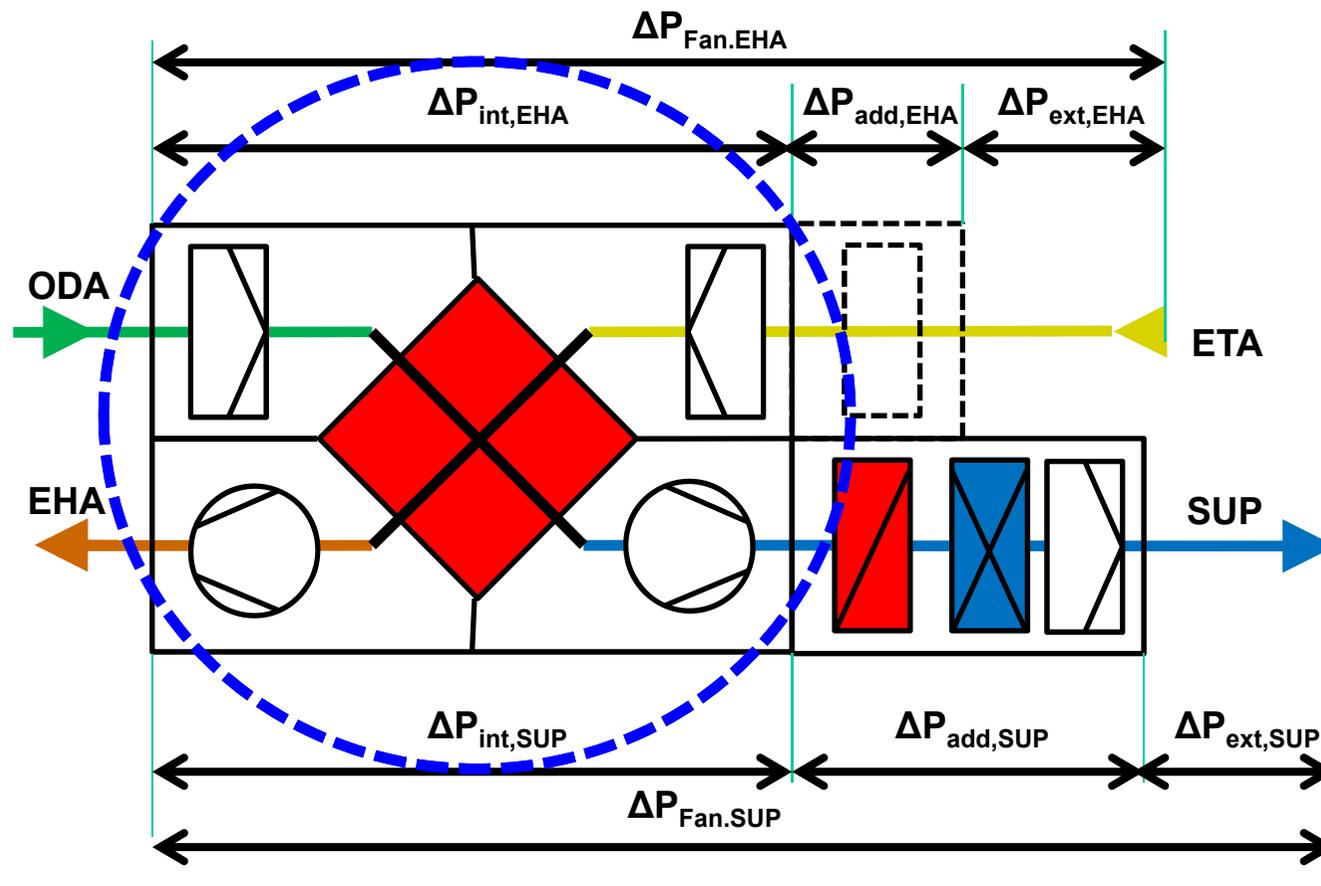
- **Unidirektionale Geräte** (units) (**UVU**)  
Zuluft- oder Abluftgeräte

- **Bidirektionale Geräte** (units) (**BVU**)  
Zu- und Abluftgeräte  
“mit ausgeglichenen Massenströmen”

Umrechnung auf ausgeglichene Masseströme

## Referenzkonfiguration BVU (Zu- und Abluftgerät)

- ein Gehäuse
- mindestens zwei Ventilatoren (Zu- und Abluft)
- variable Drehzahlregelung (min. mehrstufig)
- eine Wärmerückgewinnung
- eine thermische Umgehung (Bypass) der WRG
- ein sauberes Feinfilter (min. F7) auf der Zuluftseite
- ein sauberes Mediumfilter (min. M5) auf der Abluftseite



## Referenzkonfiguration UVU (Zu- oder Abluftgerät)

- ein Gehäuse
- ein Ventilator (Zu- oder Abluft)
- variable Drehzahlregelung (min. mehrstufig)
- ein sauberes Feinfilter (min. F7 Zuluft) wenn ein Filter installiert ist!

Mindesteffizienzen von RLT-Geräten:

## Elektroenergieeffizienz

Einfluss auf sonstige Komponenten

### Keinen!

- Erhitzer
- Kühler
- Schalldämpfer
- Klappen
- Befeuchter
- Entfeuchter
- weitere Filter
- usw.



## Fragen:

Folgende entscheidende Fragen die sich ergeben, z. B.:

- Wie werden “**Prozessluftsysteme**” von RLT-Systemen behandelt?
- Wie werden “**verteilte Geräte**” behandelt?
- Wie werden “**KV-Systeme**” betrachtet?
- Wie werden “**Umluftanteile**” bewertet?
- **Wie** sollen die **Werte geprüft** werden?
- **Wer** prüft **wo** (auf der Baustelle)?

## 10. What is meant by ‘to replace utilised air by outdoor air’

Article 2 (1) says ‘ventilation unit (VU)’ means an electricity driven appliance equipped with at least one impeller, one motor and a casing and intended **to replace utilised air by outdoor air** in a building or a part of a building;

In a building or part of a building designed for human occupancy, the purpose of the ventilation unit is to replace utilised air by outdoor air. In this respect, the utilised air is the polluted air due to the presence of human beings and their use of the building including emissions from materials, equipment, internal and external heat gains. The Regulation should **not** apply to a product intended to be used in a building or part of a building **not** designed for human occupancy or to a product that is **not** intended, as its primary function, to replace utilised air (as specified above), unless the **same** product is also designed to **only** replace utilised air (as specified above) and thus, should comply with all relevant requirements of the ecodesign measure (bearing in mind the exclusions of scope of the Regulation itself).

An example of an application where the Regulation should not apply are ‘Data centres’.

## Was bedeutet dies:

In einem Gebäude das für die **Raumbelegung von Menschen** entworfen wurde ist der **Zweck des Gerätes genutzt Luft durch Außenluft zu ersetzen**. In dieser Hinsicht ist der Begriff der verwendeten Luft als verschmutzte Luft aufgrund der **Anwesenheit von Menschen** und **deren Nutzung des Gebäudes** einschließlich der **Emissionen von Materialien, Ausrüstung und interner und externer Wärmegewinne** zu verstehen.

Die Verordnung **gilt nicht für ein Produkt**, das nicht die **primäre Funktion** besitzt von „**Menschen**“ **genutzt Luft zu ersetzen**, es sei denn, **das gleiche Produkt ist auch entworfen** worden, um **nur genutzt Luft im Sinne der Verordnung zu ersetzen** und somit sollte es allen einschlägigen Anforderungen der Ökodesign-Maßnahmen entsprechen.

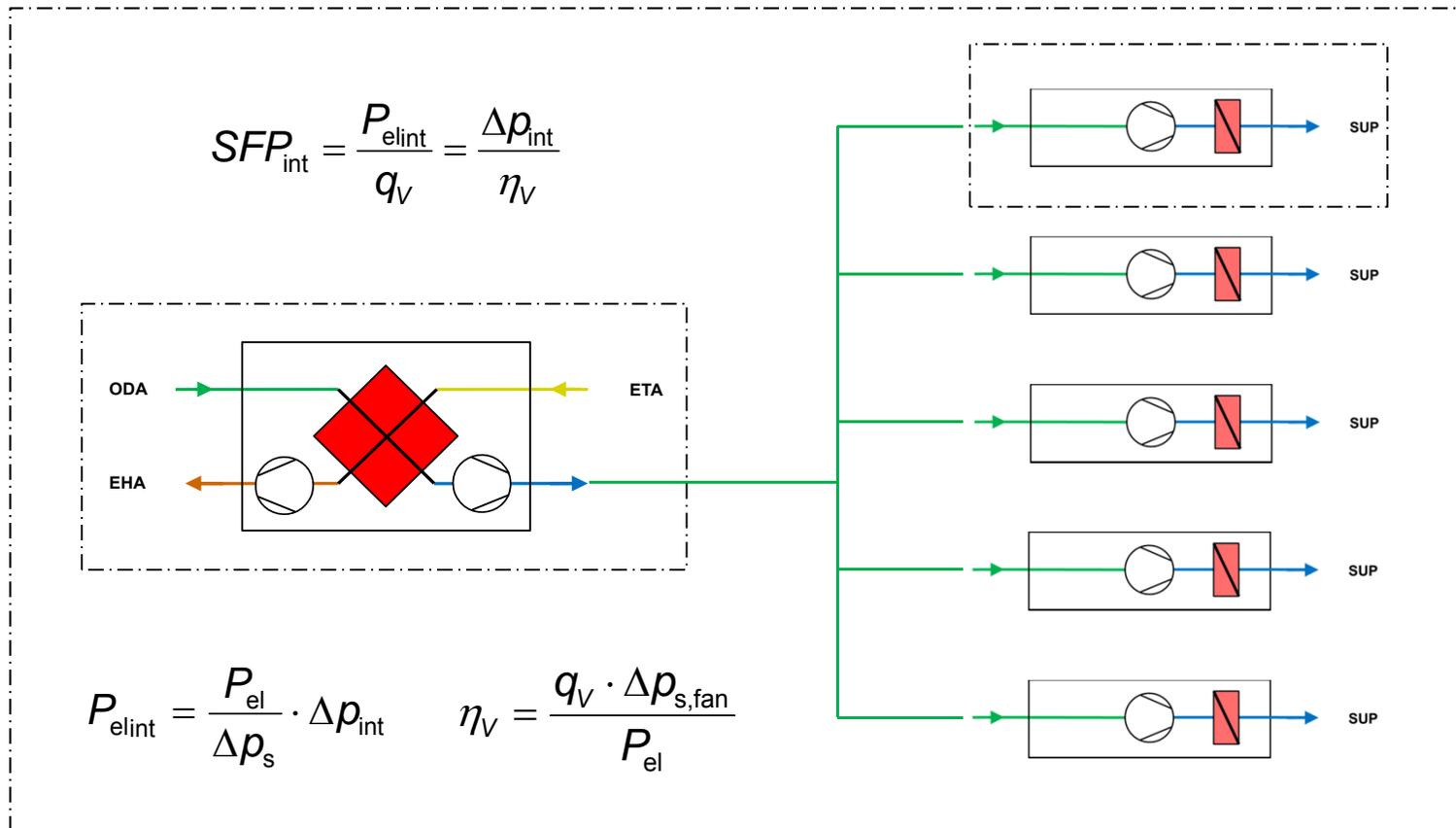
Ein **Beispiel einer Anwendung** wo die Verordnung nicht gilt sind „**Rechenzentren**“.

## Fragen:

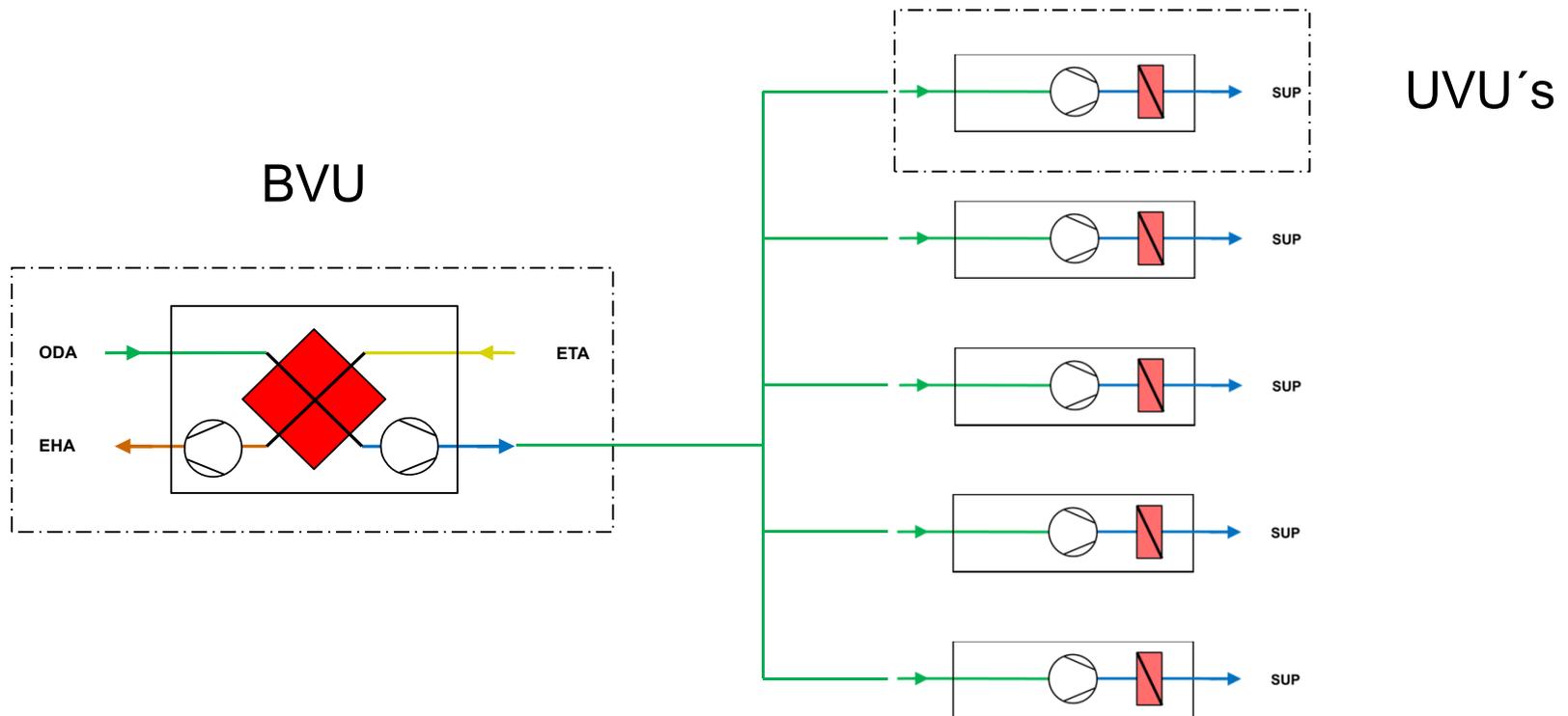
Folgende entscheidende Fragen die sich ergeben, z. B.:

- Wie werden “**Prozessluftsysteme**” von RLT-Systemen behandelt?
- Wie werden “**verteilte Geräte**” behandelt?
- Wie werden “**KV-Systeme**” betrachtet?
- Wie werden “**Umluftanteile**” bewertet?
- **Wie** sollen die **Werte geprüft** werden?
- **Wer** prüft **wo** (auf der Baustelle)?

## Was ist ein (verteiltes) RLT-Gerät:

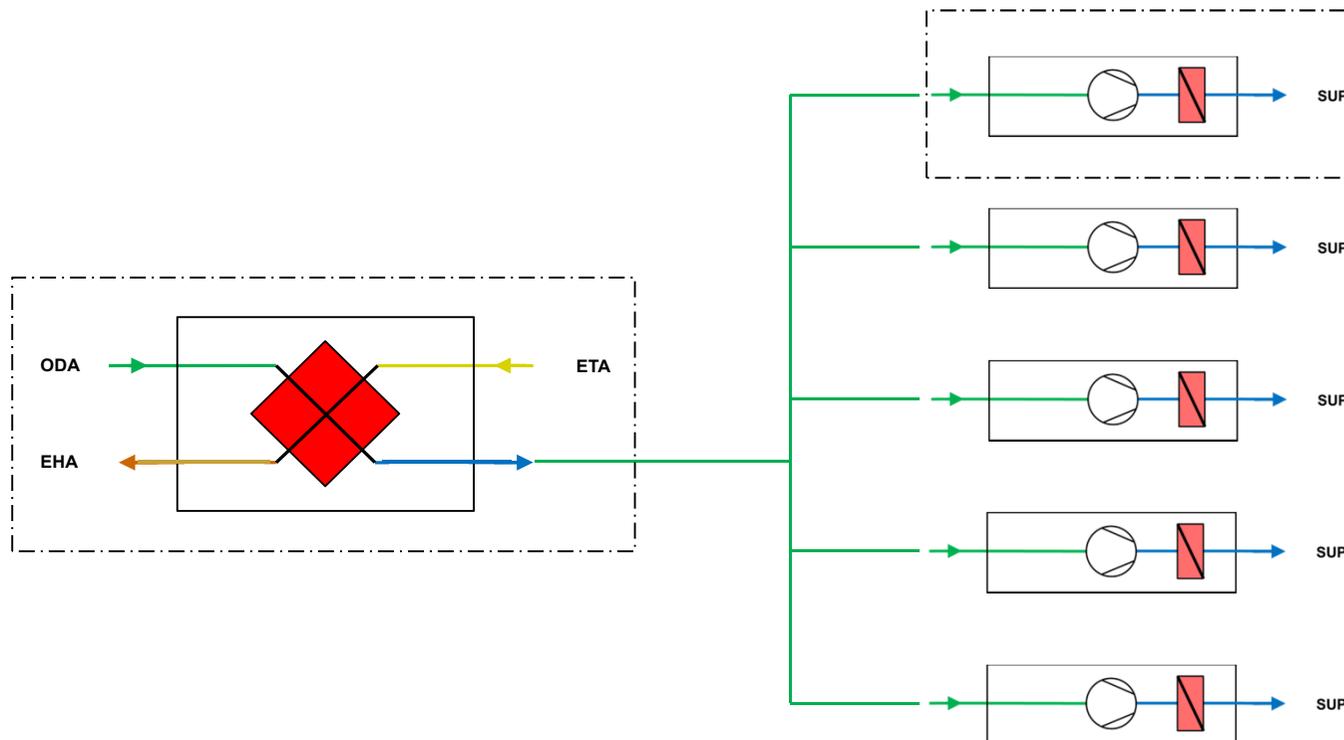


## Was ist ein (verteiltes) RLT-Gerät:

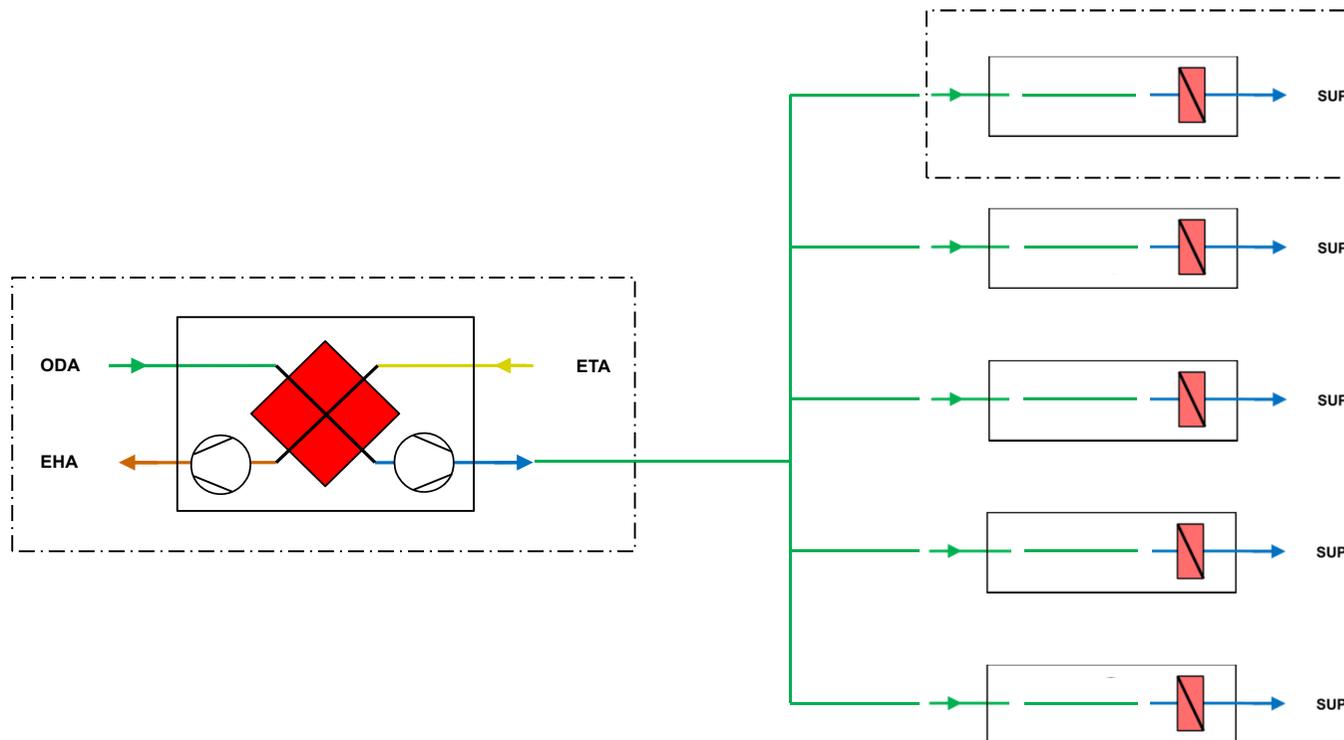


UVU's

## Was ist ein (verteiltes) RLT-Gerät:



## Was ist ein (verteiltes) RLT-Gerät:

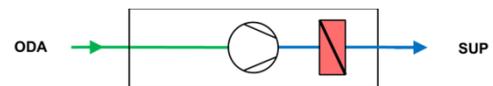
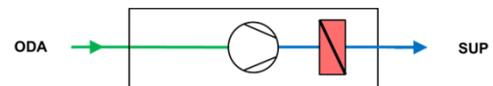
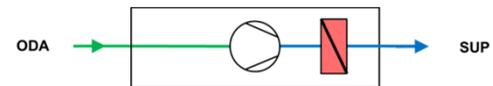
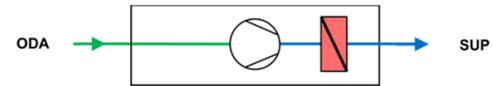
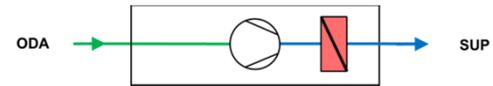
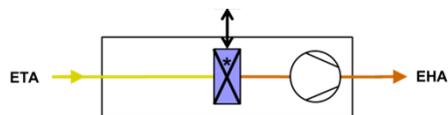
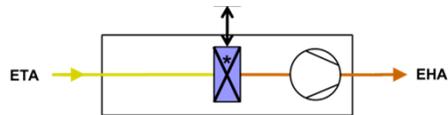
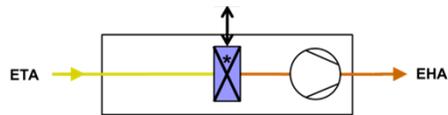


## Fragen:

Folgende entscheidende Fragen die sich ergeben, z. B.:

- Wie werden “**Prozessluftsysteme**” von RLT-Systemen behandelt?
- Wie werden “**verteilte Geräte**” behandelt?
- Wie werden “**KV-Systeme**” betrachtet?
- Wie werden “**Umluftanteile**” bewertet?
- **Wie** sollen die **Werte geprüft** werden?
- **Wer** prüft **wo** (auf der Baustelle)?

## Was ist ein (verteiltes) RLT-Gerät mit KVS:

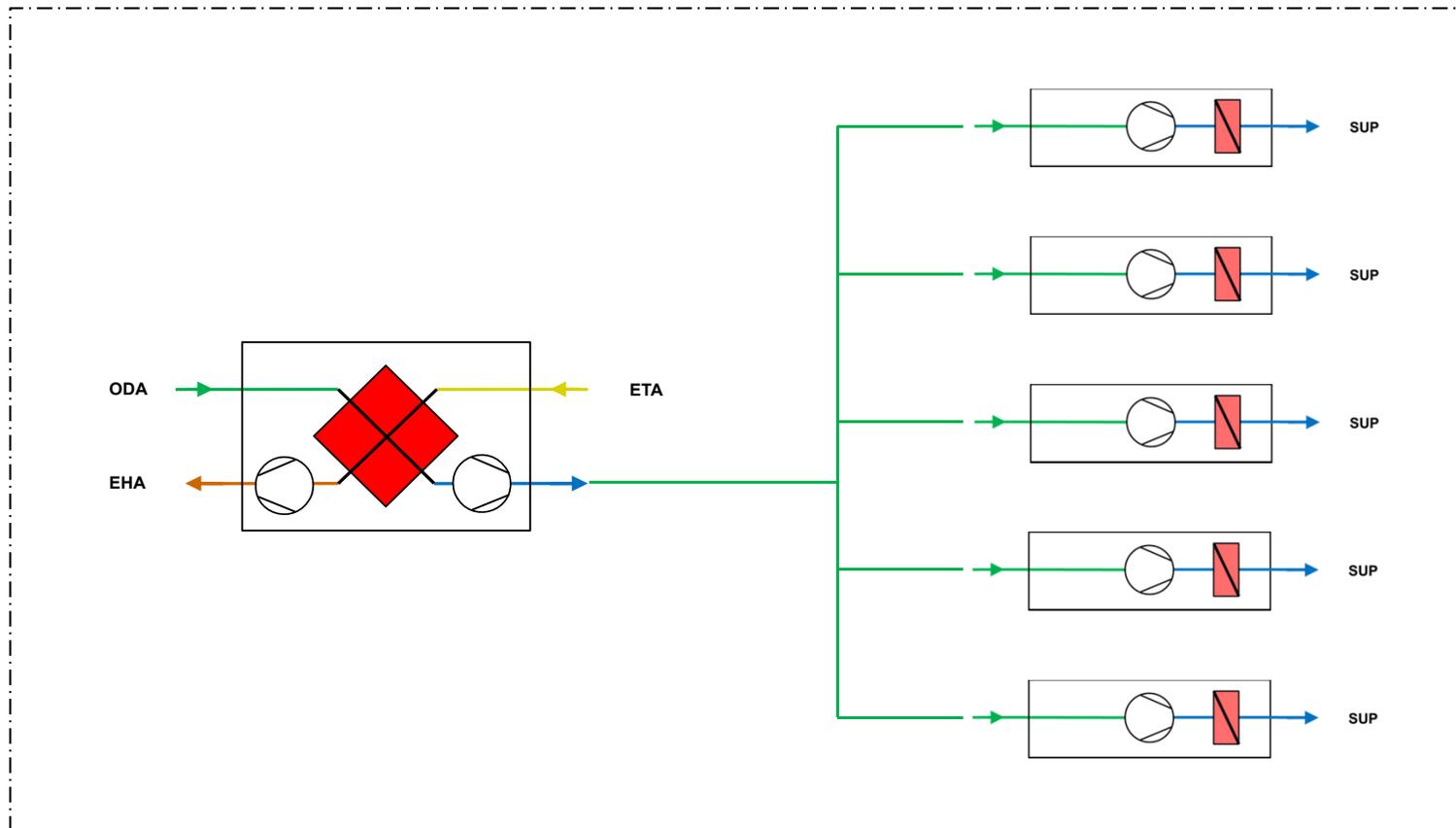


## Non Residential Units – EN 13053

- **EN 13053** Air handling units - Rating and performance for units, components and sections
- Verteiltes Kreislaufverbundsystem
- *If one air side consists of more than one air stream (e. g. run around coils systems), then the  $SFP_{int}$  shall be calculated by using the following formula:*

$$SFP_{int \text{ airside}} = \frac{P_{el.int 1} + P_{el.int 2} + \dots + P_{el.int 3}}{q_{v,1} + q_{v,2} + \dots + q_{v,3}}$$

## Was ist ein (verteiltes) RLT-Gerät:

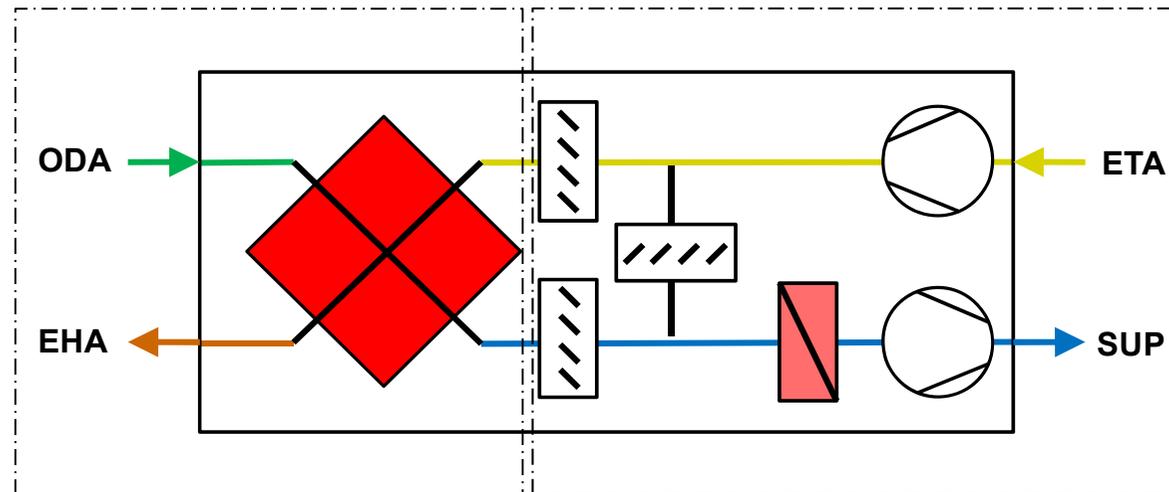


## Fragen:

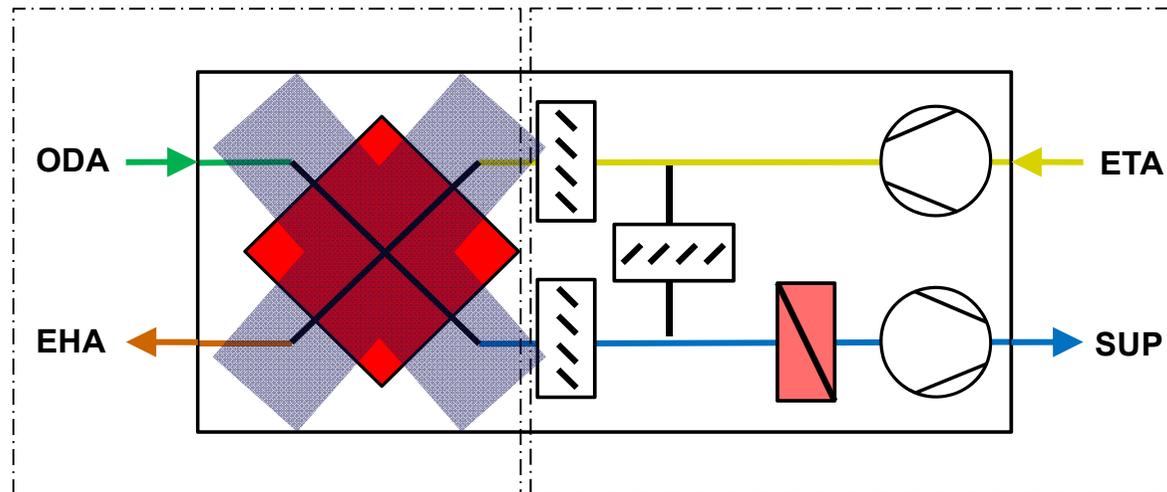
Folgende entscheidende Fragen die sich ergeben, z. B.:

- Wie werden “**Prozessluftsysteme**” von RLT-Systemen behandelt?
- Wie werden “**verteilte Geräte**” behandelt?
- Wie werden “**KV-Systeme**” betrachtet?
- Wie werden “**Umluftanteile**” bewertet?
- **Wie** sollen die **Werte geprüft** werden?
- **Wer** prüft **wo** (auf der Baustelle)?

## Was werden Umluftanteile bewertet:



## Was werden Umluftanteile bewertet:



bis 10 % AUL-Anteil Definition als reines Umluftgerät

## Fragen:

Folgende entscheidende Fragen die sich ergeben, z. B.:

- Wie werden “**Prozessluftsysteme**” von RLT-Systemen behandelt?
- Wie werden “**verteilte Geräte**” behandelt?
- Wie werden “**KV-Systeme**” betrachtet?
- Wie werden “**Umluftanteile**” bewertet?
- **Wie** sollen die **Werte geprüft** werden?
- **Wer** prüft **wo** (auf der Baustelle)?

## Non Residential Units – EU 1253/2014

Working values	Tolerance range
Electrical motor input power $P_E$ in W	+ 7 % (1,07)
Heatrecovery efficiency	- 7 % (0,93)

## Non Residential Units – EN 13053

- **EN 13053** Air handling units - Rating and performance for units, components and sections

Table 2 — Air handling unit performance tolerances

Working values	Tolerance range $t$	Remarks
Air volume flow $q_v$ in $\text{m}^3 \times \text{s}^{-1}$	$\pm 5 \%$	$\Delta q_v = (t_{q_v} / 100 \%) \times q_v$
External total pressure difference $p_{tu}$ in Pa	$\pm 5 \%$	$\Delta p_{tu} = (t_{\Delta p} / 100 \%) \times p_{tu}$
Electrical motor input power $P_E$ in W *)	+ 8 %	$\Delta P_E = (t_p / 100 \%) \times P_E$ Negative deviations are permissible.

## Non Residential Units – EN 13053

- **EN 13053** Air handling units - Rating and performance for units, components and sections

### Beispiel

$q_v = 20.000 \text{ m}^3/\text{h}$  min.  $19.000 \text{ m}^3/\text{h}$  - max.  $21.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $\pm 5 \%$ )

$\Delta p = 1.000 \text{ Pa}$  min.  $950 \text{ Pa}$  - max.  $1.050 \text{ Pa}$  ( $\pm 5 \%$ )

$\eta = 0,6$  min.  $0,632$  - max.  $0,570$  ( $\pm 5 \%$ )

$$P_m = q_v \cdot \Delta p / \eta$$

## Non Residential Units – EN 13053

- **EN 13053** Air handling units - Rating and performance for units, components and sections

### *Tolerances*

partial derivatives

$$\delta P_m / \delta q_v = \Delta p / \eta$$

$$\delta P_m / \delta \Delta p = q_v / \eta$$

$$\delta P_m / \delta \eta = - q_v \cdot \Delta p / \eta^2$$

$\eta =$	0,600	$\pm 5,0 \%$	$\pm 0,03$
$q_v =$	20.000 m <sup>3</sup> /h	$\pm 5,0 \%$	$\pm 1.000,00 \text{ m}^3/\text{h}$
$\Delta p =$	1.000 Pa	$\pm 5,0 \%$	$\pm 50,00 \text{ Pa}$

## Non Residential Units – EN 13053

- **EN 13053** Air handling units - Rating and performance for units, components and sections

*biggest tolerance*

$$F_g = \quad | \delta P_m / \delta V \cdot \Delta q_v | + | \delta P_m / \delta dP \cdot \Delta dP | + | \delta P_m / \delta \eta \cdot \Delta \eta |$$

$$F_g = \quad | \Delta p / \eta \cdot \Delta q_v | + | q_v / \eta \cdot \Delta dP | + | -q_v \cdot \Delta p / \eta^2 \cdot \Delta \eta |$$

$$F_g = \quad 4,6296E+02 \quad + \quad 4,6296E+02 \quad + \quad 4,6296E+02$$

$$F_g = \quad \pm \quad 1388,9$$

$$P_m = \quad 9.259 \text{ W} \quad \pm \quad 1388,89 \text{ W}$$

$$F_g = \quad \pm \quad 0,150000 \quad = \quad \pm \quad 15,0 \%$$

$$P_m = \quad 9.259 \text{ W} \quad \pm \quad 15,0 \%$$

## Non Residential Units – EN 13053

- **EN 13053** Air handling units - Rating and performance for units, components and sections

*presumable tolerance*

$$F_r = \left( \left[ \left( \frac{\delta P_m}{\delta V} \cdot \Delta q_v \right)^2 + \left( \frac{\delta P_m}{\delta dP} \cdot \Delta dP \right)^2 + \left( \frac{\delta P_m}{\delta \eta} \cdot \Delta \eta \right)^2 \right]^{0.5} \right)$$

$$F_r = \left[ \left( \frac{\Delta p}{\eta} \cdot \Delta q_v \right)^2 + \left( \frac{q_v}{\eta} \cdot \Delta dP \right)^2 + \left( \frac{-q_v \cdot \Delta p}{\eta^2} \cdot \Delta \eta \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$F_r = 2,1433E+05 + 2,1433E+05 + 2,1433E+05$$

$$F_r = \pm 801,8753739$$

$$P_m = 9.259 \text{ W} \pm 801,88 \text{ W}$$

$$F_r = \pm 0,086603 = \pm 8,66 \%$$

$$P_m = 9.259 \text{ W} \pm 8,7 \%$$

## Fragen:

Folgende entscheidende Fragen die sich ergeben, z. B.:

- Wie werden “**Prozessluftsysteme**” von RLT-Systemen behandelt?
- Wie werden “**verteilte Geräte**” behandelt?
- Wie werden “**KV-Systeme**” betrachtet?
- Wie werden “**Umluftanteile**” bewertet?
- **Wie** sollen die **Werte geprüft** werden?
- **Wer** prüft **wo** (auf der Baustelle)?

## Ausblick:

### Benchmarks ab **2020**:

- WRG Temperaturübertragungsgrade:
  - **80 %** bei KV-Systemen
  - **85 %** bei anderen Systemen
- Reduktion der SFPint Werte um:
  - **-150 W/m<sup>3</sup>/s** für Geräte  $\geq 2$  m<sup>3</sup>/s
  - **-250 W/m<sup>3</sup>/s** für Geräte  $< 2$  m<sup>3</sup>/s

# Optimierung im Einzelfall



## Auslegungsbeispiel:

- Jahressimulation
- $\Phi = 0,745$

AL °C	RL °C	ETA %	WRG °C	ZL °C	dT °C	Q WRG kW	Q zus. kW	Q ext. kW	Status
-12,0	20,0	62,5	8,0	20,5	20,0	74,4	46,5	0,0	V
-11,0	20,0	64,5	9,0	20,5	20,0	74,4	42,8	0,0	V
-10,0	20,0	66,7	10,0	20,5	20,0	74,4	39,1	0,0	V
-9,0	20,0	69,0	11,0	20,5	20,0	74,4	35,3	0,0	V
-8,0	20,0	71,4	12,0	20,5	20,0	74,4	31,6	0,0	V
-7,0	20,0	74,1	13,0	20,5	20,0	74,4	27,9	0,0	V
-6,0	20,0	74,5	13,4	20,5	19,4	72,1	26,5	0,0	
-5,0	20,0	74,5	13,6	20,5	18,6	69,3	25,6	0,0	
-4,0	20,0	74,5	13,9	20,5	17,9	66,5	24,6	0,0	
-3,0	20,0	74,5	14,1	20,5	17,1	63,8	23,7	0,0	
-2,0	20,0	74,5	14,4	20,5	16,4	61,0	22,7	0,0	
-1,0	20,0	74,5	14,6	20,5	15,6	58,2	21,8	0,0	
0,0	20,0	74,5	14,9	20,5	14,9	55,4	20,8	0,0	
1,0	20,0	74,5	15,2	20,5	14,2	52,7	19,9	0,0	
2,0	20,0	74,5	15,4	20,5	13,4	49,9	18,9	0,0	
3,0	20,0	74,5	15,7	20,5	12,7	47,1	18,0	0,0	
4,0	20,0	74,5	15,9	20,5	11,9	44,4	17,0	0,0	
5,0	20,0	74,5	16,2	20,5	11,2	41,6	16,1	0,0	
6,0	20,0	74,5	16,4	20,5	10,4	38,8	15,1	0,0	
7,0	20,0	74,5	16,7	20,5	9,7	36,0	14,2	0,0	
8,0	20,0	74,5	16,9	20,5	8,9	33,3	13,2	0,0	
9,0	20,0	74,5	17,2	20,5	8,2	30,5	12,3	0,0	
10,0	20,0	74,5	17,5	20,5	7,5	27,7	11,3	0,0	
11,0	20,0	74,5	17,7	20,5	6,7	24,9	10,4	0,0	
12,0	20,0	74,5	18,0	20,5	6,0	22,2	9,5	0,0	
13,0	20,0	74,5	18,2	20,5	5,2	19,4	8,5	0,0	
14,0	20,0	74,5	18,5	20,5	4,5	16,6	7,6	0,0	
15,0	20,0	74,5	18,7	20,5	3,7	13,9	6,6	0,0	
16,0	20,0	74,5	19,0	20,5	3,0	11,1	5,7	0,0	
17,0	20,0	74,5	19,2	20,5	2,2	8,3	4,7	0,0	
18,0	20,0	74,5	19,5	20,5	1,5	5,5	3,8	0,0	
19,0	20,0	74,5	19,7	20,5	0,7	2,8	2,8	0,0	
20,0	20,0	74,5	20,0	20,5	0,0	0,0	1,9	0,0	
21,0	21,0	0,0	21,0	21,0	0,0	0,0	-3,7	0,0	AUS
22,0	22,0	0,0	22,0	22,0	0,0	0,0	-7,4	0,0	AUS
23,0	23,0	0,0	23,0	23,0	0,0	0,0	-11,2	0,0	AUS
24,0	24,0	0,0	24,0	24,0	0,0	0,0	-14,9	0,0	AUS
25,0	25,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	-18,6	0,0	AUS
26,0	26,0	0,0	26,0	26,0	0,0	0,0	-22,3	0,0	AUS
27,0	26,0	74,5	26,3	20,0	-0,7	-2,8	-23,3	0,0	
28,0	26,0	74,5	26,5	20,0	-1,5	-5,5	-24,2	0,0	
29,0	26,0	74,5	26,8	20,0	-2,2	-8,3	-25,2	0,0	
30,0	26,0	74,5	27,0	20,0	-3,0	-11,1	-26,1	0,0	
31,0	26,0	74,5	27,3	20,0	-3,7	-13,9	-27,1	0,0	
32,0	26,0	74,5	27,5	20,0	-4,5	-16,6	-28,0	0,0	

V = Eisschutz / E = Nachheizen / K = Nachkühlen / S = Stufe(n) / F = frei Kälte / B = Brauchwasser  
 L = Leistungsanpassung / AL = Aussenlufttemp. / RL = Raumlufttemp. (nach Bef.) / ZL = Zulufttemp.  
 Simulation unter konstanten Bedingungen nur trocken !

# Optimierung im Einzelfall



## Auslegungsbeispiel:

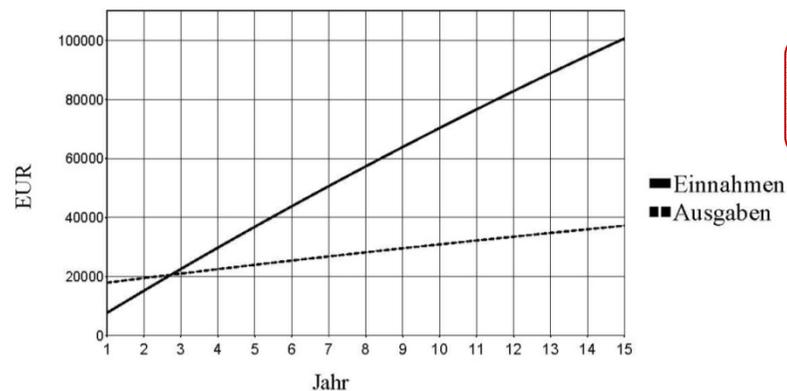
- Basis VDI 4710
- Frankfurt

AL	Q WRG	Stunden	Stunden	Wärme	Kälte	Wärme	Kälte	Freie	Brauch-	Wasser
°C	kW	Tag	Nacht	Gesamt	Gesamt	WRG	WRG	Kälte	wasser	m³
		h°C	h°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
< -11,0	74,4	2	1	250		154				
-11,0	74,4	3	1	452		287				
-10,0	74,4	5	1	665		436				
-9,0	74,4	7	2	839		569				
-8,0	74,4	9	2	1.015		712				
-7,0	74,4	11	3	1.271		925				
-6,0	72,1	16	3	1.754		1.282				
-5,0	69,3	21	4	2.135		1.559				
-4,0	66,5	27	5	2.749		2.005				
-3,0	63,8	35	8	3.402		2.484				
-2,0	61,0	49	10	4.526		3.298				
-1,0	58,2	62	14	5.480		3.987				
0,0	55,4	178	38	15.064		10.938				
1,0	52,7	130	26	10.392		7.544				
2,0	49,9	135	28	10.236		7.424				
3,0	47,1	141	27	10.030		7.257				
4,0	44,4	141	28	9.543		6.901				
5,0	41,6	144	28	9.121		6.576				
6,0	38,8	142	28	8.432		6.058				
7,0	36,0	141	29	7.828		5.613				
8,0	33,3	146	29	7.457		5.340				
9,0	30,5	135	28	6.359		4.531				
10,0	27,7	129	30	5.653		4.005				
11,0	24,9	131	30	5.166		3.644				
12,0	22,2	134	32	4.729		3.322				
13,0	19,4	143	32	4.438		3.086				
14,0	16,6	148	32	3.976		2.727				
15,0	13,9	160	28	3.570		2.421				
16,0	11,1	153	26	2.776		1.845				
17,0	8,3	151	20	2.093		1.336				
18,0	5,5	148	17	1.456		861				
19,0	2,8	132	11	770		385				
20,0	0,0	118	8	232						
21,0	0,0	105	5		397					
22,0	0,0	91	4		687					
23,0	0,0	76	3		870					
24,0	0,0	64	2		971					
25,0	0,0	52	1		984					
26,0	0,0	39	1		889					
27,0	-2,8	31	1		810		87			
28,0	-5,5	21			643		119			
29,0	-8,3	17			579		143			
30,0	-11,1	13			481		144			
31,0	-13,9	8			316		107			
> 31,0	-16,6	4			192		71			
<b>Gesamt DIN 4710</b>		<b>3.760</b>	<b>626</b>	<b>154.342</b>	<b>8.103</b>	<b>109.793</b>	<b>786</b>			
<b>Jahr</b>										

# Optimierung im Einzelfall

## 1. Fall:

- 6 d/w
- 14 h/d



Energiekosten Wärme	0,07 € / kWh
Energiekosten Kälte	0,15 € / kWh
Energiekosten Elektro	0,15 € / kWh
Wasserkosten (inkl. Abwasser)	6,00 € / m <sup>3</sup>
Kalkulationszinsfuß	5,00 %
Preissteigerungsrate	3,00 %
Klimazone	Frankfurt am Main (Stadt)
Nutzungsdauer der Anlage	15 a
Betriebstage pro Woche	6 d / w
Betriebsstunden pro Tag	12 h / d
Betriebsstunden pro Nacht	2 h / d
Volumenstrom am Tag	100 % / V max
Volumenstrom in der Nacht	50 % / V max

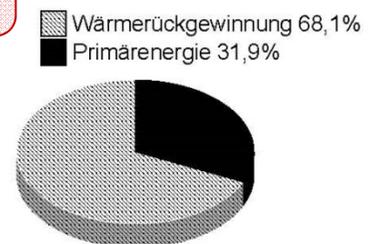
Investitionskosten der WRG	16.388 €
Mehr-/Minderinvestition für die WRG	0 €
Min.investition fuer Wärmeerzeugung	0 € / (0 € / kW)
Min.investition fuer Kälteerzeugung	0 € / (0 € / kW)
Zusatzkosten je Jahr	0 €

Rückgewinn der WRG Wärme	7.686 € / a
Rückgewinn der WRG Kälte	118 € / a

Elektroenergiekosten für die WRG	1.324 € / a
Kapitalkosten für die WRG	1.579 € / a
Wartungs- und Unterhaltungskosten	328 € / a

Jährliche Differenzkosten	4.573 € / a
Kapitalwert der Ersparnisse	62.998 €
Interner Zinssatz	41,4 %
Amortisation	2,7 a

Jahresnutzungsgrad (bezogen auf Energien)	68,1 %
Jahresarbeitszahl nach EN 13053	12,5
Leistungszahl nach EN 13053	23,3
Effektiver Jahreswirkungsgrad EN 13053	71,3 %
Jährliche CO2 Einsparung	36,0 t / a



# Optimierung im Einzelfall



## 1. Fall:

- Optimum 0,68

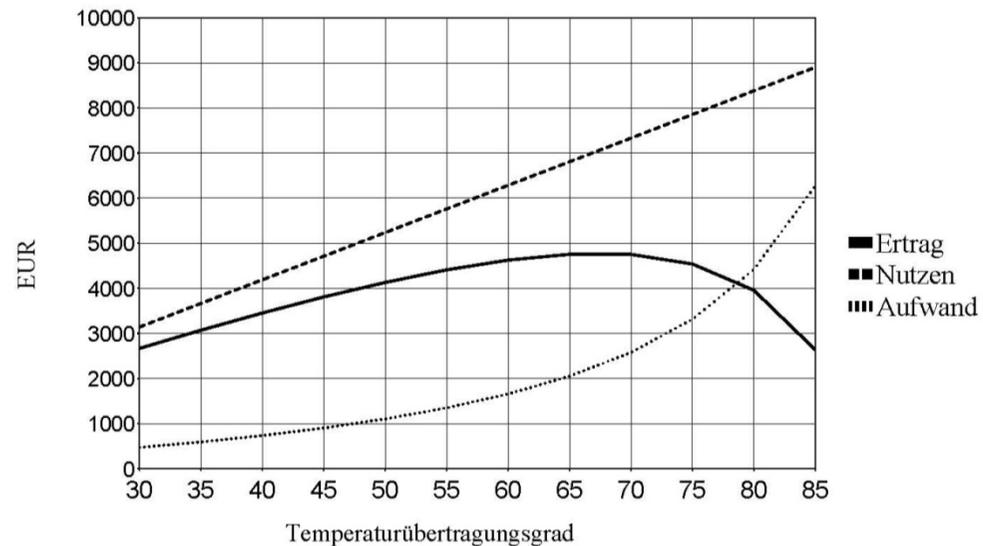
### WRG-SYSTEME OPTIMIERUNG

Rückwärmzahl	Nutzen	Aufwand	Ertrag
30,0 %	3142,3 €	473,9 €	2668,4 €
35,0 %	3666,0 €	595,5 €	3070,6 €
40,0 %	4189,8 €	737,2 €	3452,5 €
45,0 %	4713,5 €	904,8 €	3808,7 €
50,0 %	5237,2 €	1105,9 €	4131,3 €
55,0 %	5760,9 €	1351,6 €	4409,3 €
60,0 %	6284,6 €	1658,8 €	4625,8 €
65,0 %	6808,3 €	2053,8 €	4754,6 €
<b>68,0 %</b>	<b>7122,6 €</b>	<b>2350,0 €</b>	<b>4772,6 €</b>
70,0 %	7332,1 €	2580,4 €	4751,7 €
75,0 %	7855,8 €	3317,6 €	4538,2 €
80,0 %	8379,5 €	4423,5 €	3956,0 €
85,0 %	8903,2 €	6266,6 €	2636,6 €

Kosten (Nutzen, Aufwand und Ertrag der WRG) pro Jahr

**Optimale Rückwärmzahl der WRG 68 % ( 64 - 71 % )**

Berechnung auf Basis der Wirtschaftlichkeitsberechnung und deren Rahmenbedingungen (Toleranzband  $\pm 1\%$  der Kosten)



# Optimierung im Einzelfall

## 2. Fall:

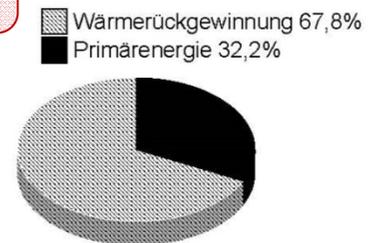
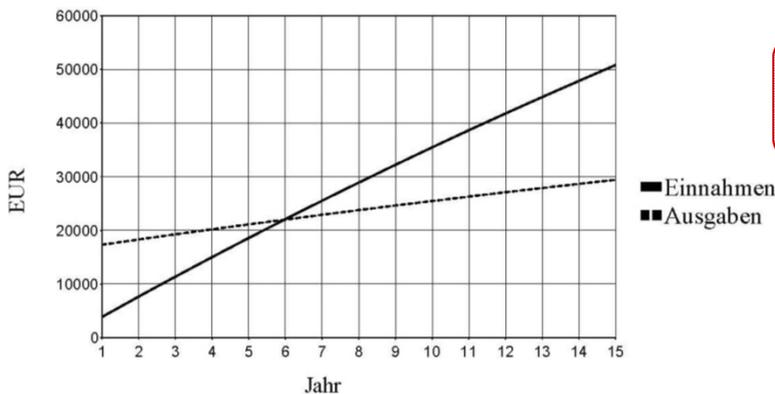
- 5 d/w
- 8 h/d

Energiekosten Wärme	0,07 € / kWh
Energiekosten Kälte	0,15 € / kWh
Energiekosten Elektro	0,15 € / kWh
Wasserkosten (inkl. Abwasser)	6,00 € / m³
Kalkulationszinsfuß	5,00 %
Preissteigerungsrate	3,00 %
Klimazone	Frankfurt am Main (Stadt)
Nutzungsdauer der Anlage	15 a
Betriebstage pro Woche	5 d / w
Betriebsstunden pro Tag	8 h / d
Betriebsstunden pro Nacht	0 h / d
Volumenstrom am Tag	100 % / V max
Volumenstrom in der Nacht	50 % / V max

Investitionskosten der WRG	16.388 €
Mehr-/Minderinvestition für die WRG	0 €
Min.investition fuer Wärmeerzeugung	0 € / (0 € / kW)
Min.investition fuer Kälteerzeugung	0 € / (0 € / kW)
Zusatzkosten je Jahr	0 €
Rückgewinn der WRG Wärme	3.871 € / a
Rückgewinn der WRG Kälte	65 € / a
Elektroenergiekosten für die WRG	721 € / a
Kapitalkosten für die WRG	1.579 € / a
Wartungs- und Unterhaltungskosten	328 € / a

Jährliche Differenzkosten	1.309 € / a
Kapitalwert der Ersparnisse	20.883 €
Interner Zinssatz	19,1 %
Amortisation	6,0 a

Jahresnutzungsgrad (bezogen auf Energien)	67,8 %
Jahresarbeitszahl nach EN 13053	11,6
Leistungszahl nach EN 13053	23,3
Effektiver Jahreswirkungsgrad EN 13053	71,3 %
Jährliche CO2 Einsparung	18,0 t / a



# Optimierung im Einzelfall



## 2. Fall:

- Optimum 0,59

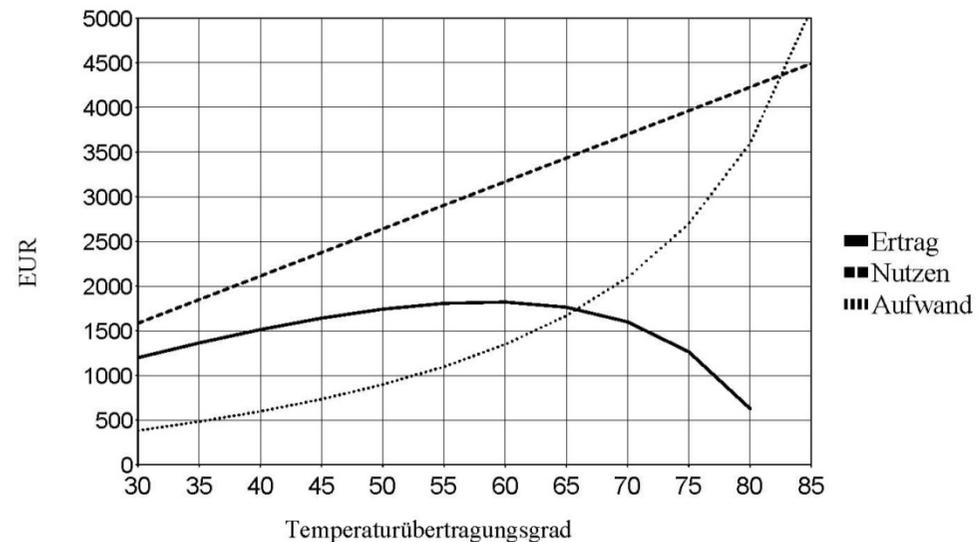
### WRG-SYSTEME OPTIMIERUNG

Rückwärmzahl	Nutzen	Aufwand	Ertrag
30,0 %	1585,1 €	385,4 €	1199,7 €
35,0 %	1849,3 €	484,2 €	1365,1 €
40,0 %	2113,5 €	599,5 €	1514,0 €
45,0 %	2377,7 €	735,8 €	1641,9 €
50,0 %	2641,9 €	899,3 €	1742,6 €
55,0 %	2906,1 €	1099,1 €	1807,0 €
<b>59,0 %</b>	<b>3117,4 €</b>	<b>1294,1 €</b>	<b>1823,4 €</b>
60,0 %	3170,3 €	1348,9 €	1821,4 €
65,0 %	3434,5 €	1670,1 €	1764,4 €
70,0 %	3698,7 €	2098,3 €	1600,4 €
75,0 %	3962,9 €	2697,8 €	1265,0 €
80,0 %	4227,0 €	3597,1 €	630,0 €
85,0 %	4491,2 €	5095,9 €	-604,6 €

Kosten (Nutzen, Aufwand und Ertrag der WRG) pro Jahr

**Optimale Rückwärmzahl der WRG 59 % ( 55 - 62 % )**

Berechnung auf Basis der Wirtschaftlichkeitsberechnung und deren Rahmenbedingungen (Toleranzband ± 1 % der Kosten)



# Optimierung im Einzelfall

## 3. Fall:

- 7 d/w
- 24 h/d

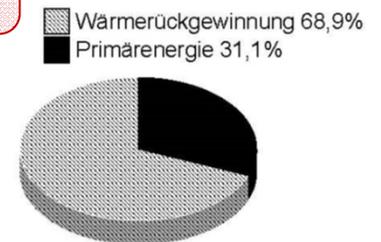
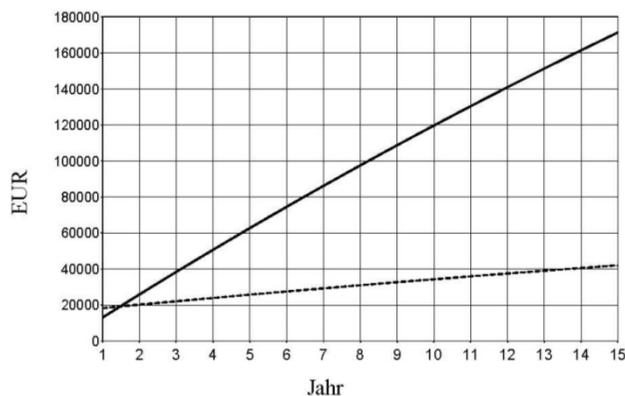
Energiekosten Wärme	0,07 € / kWh
Energiekosten Kälte	0,15 € / kWh
Energiekosten Elektro	0,15 € / kWh
Wasserkosten (inkl. Abwasser)	6,00 € / m³
Kalkulationszinsfuß	5,00 %
Preissteigerungsrate	3,00 %
Klimazone	Frankfurt am Main (Stadt)
Nutzungsdauer der Anlage	15 a
Betriebstage pro Woche	7 d / w
Betriebsstunden pro Tag	12 h / d
Betriebsstunden pro Nacht	12 h / d
Volumenstrom am Tag	100 % / V max
Volumenstrom in der Nacht	50 % / V max

Investitionskosten der WRG	16.388 €
Mehr-/Minderinvestition für die WRG	0 €
Min.investition fuer Wärmeerzeugung	0 € / (0 € / kW)
Min.investition fuer Kälteerzeugung	0 € / (0 € / kW)
Zusatzkosten je Jahr	0 €

Rückgewinn der WRG Wärme	13.144 € / a
Rückgewinn der WRG Kälte	142 € / a
Elektroenergiekosten für die WRG	1.703 € / a
Kapitalkosten für die WRG	1.579 € / a
Wartungs- und Unterhaltungskosten	328 € / a

Jährliche Differenzkosten	9.677 € / a
Kapitalwert der Ersparnisse	128.874 €
Interner Zinssatz	73,8 %
Amortisation	1,5 a

Jahresnutzungsgrad (bezogen auf Energien)	68,9 %
Jahresarbeitszahl nach EN 13053	16,6
Leistungszahl nach EN 13053	23,3
Effektiver Jahreswirkungsgrad EN 13053	71,3 %
Jährliche CO2 Einsparung	62,0 t / a



# Optimierung im Einzelfall



## 3. Fall:

- Optimum 0,74

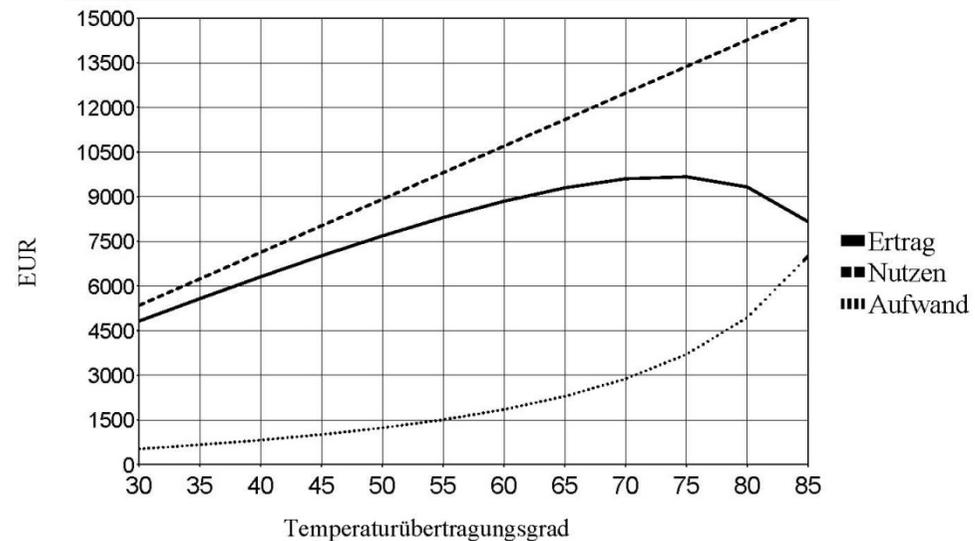
### WRG-SYSTEME OPTIMIERUNG

Ruckwarmzahl	Nutzen	Aufwand	Ertrag
30,0 %	5350,1 €	529,4 €	4820,7 €
35,0 %	6241,8 €	665,2 €	5576,6 €
40,0 %	7133,5 €	823,6 €	6309,9 €
45,0 %	8025,2 €	1010,7 €	7014,5 €
50,0 %	8916,9 €	1235,4 €	7681,5 €
55,0 %	9808,6 €	1509,9 €	8298,7 €
60,0 %	10700,3 €	1853,0 €	8847,2 €
65,0 %	11592,0 €	2294,2 €	9297,7 €
70,0 %	12483,6 €	2882,5 €	9601,2 €
<b>74,0 %</b>	<b>13197,0 €</b>	<b>3516,0 €</b>	<b>9681,0 €</b>
75,0 %	13375,3 €	3706,1 €	9669,3 €
80,0 %	14267,0 €	4941,4 €	9325,6 €
85,0 %	15158,7 €	7000,4 €	8158,4 €

Kosten (Nutzen, Aufwand und Ertrag der WRG) pro Jahr

**Optimale Ruckwarmzahl der WRG 74 % (70 - 77 %)**

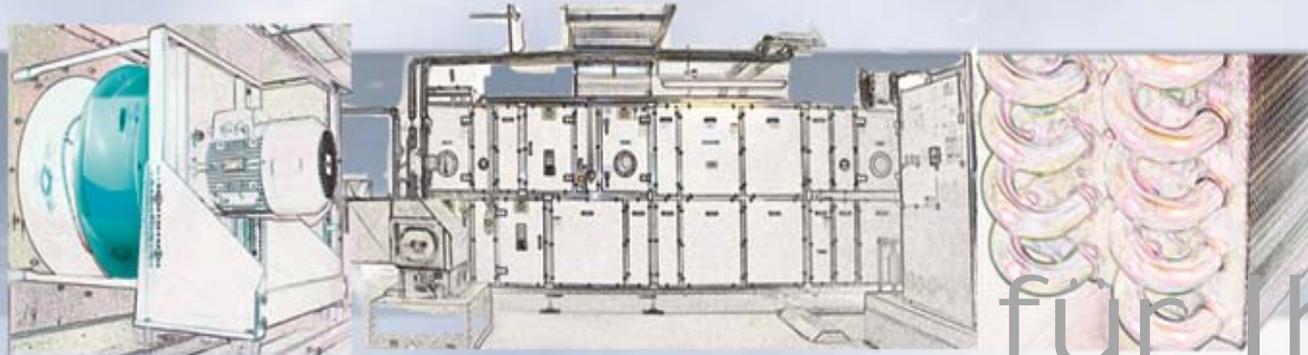
Berechnung auf Basis der Wirtschaftlichkeitsberechnung und deren Rahmenbedingungen (Toleranzband  $\pm 1\%$  der Kosten)



# Herzlichen Dank



HOCHSCHULE TRIER  
Umwelt-Campus Birkenfeld



für Ihre  
Aufmerksamkeit

## Anwendungsfälle Raumluftechnik – Wo gilt die Ökodesign-Verordnung EU1253/2014 und wo nicht?

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup  
kaup@howatherm.de

