

WILLKOMMEN IN DER KLIMAZONE

Innovative Klima- und Kältetechnik

Referent: Dipl.-Ing. Andreas Ziri Menerga Nord

Die adiabatische Verdunstungskühlung
Systemlösungen zur Klimatisierung und Kühlung



menerga
KLIMATECHNOLOGIE

Themenübersicht:

1. Das Unternehmen

2. adiabatische Verdunstungskühlung

Serie Adsolair Typ 56

3. Was tun, wenn sensible Kühlung nicht reicht?

Entfeuchten mit integrierter Kompressionskälte Adsolair Typ 58

Entfeuchten mit internem Sorptionsprozeß Sorpsolair Serie 72/73

4. Adiabatik zur Kühlung von RZ/Rechnerräumen

Serie Adcoolair Typ 75

5. Einsatz in Kältezentralen mit freier Kühlung

Serie SolVent Typ 97/98

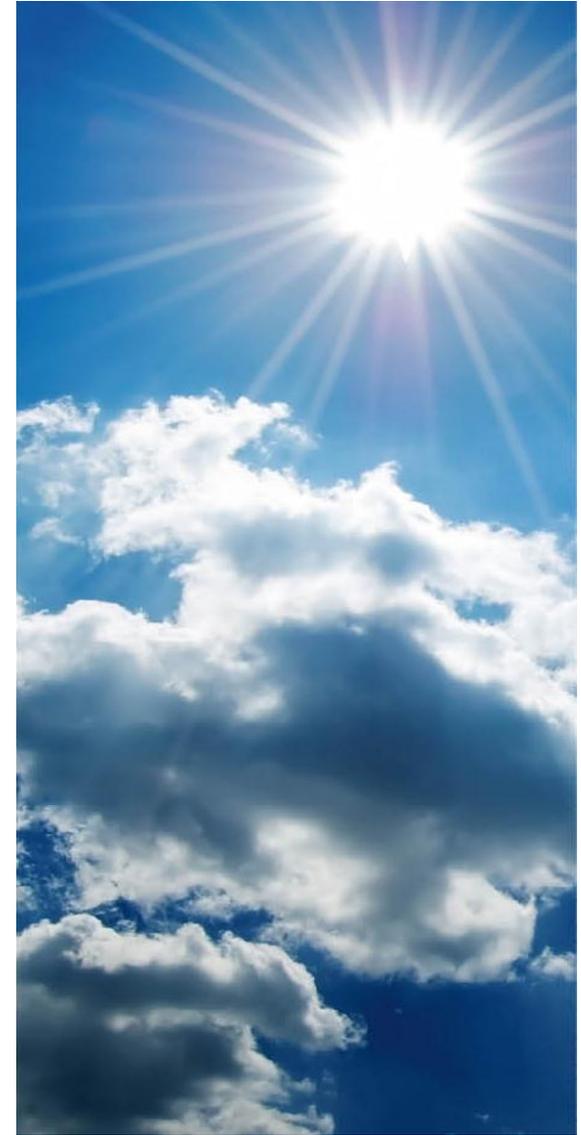
MENERGA

der Name ist unsere **Philosophie**



menerga

minimale energie anwendung
minimum energy application



Kompetenzfelder

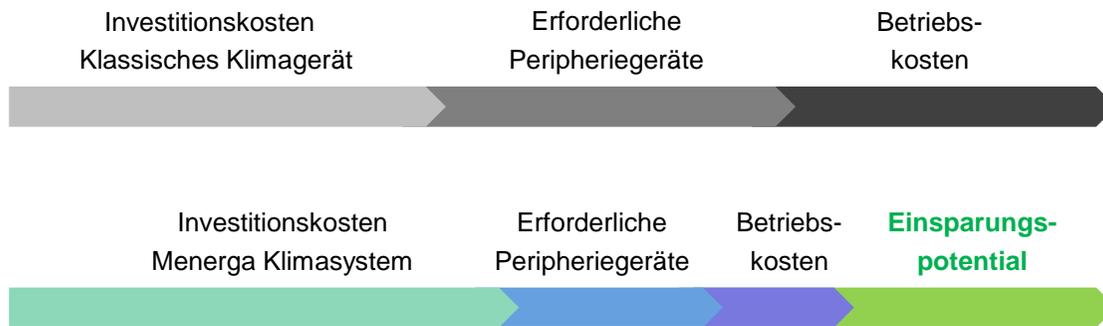


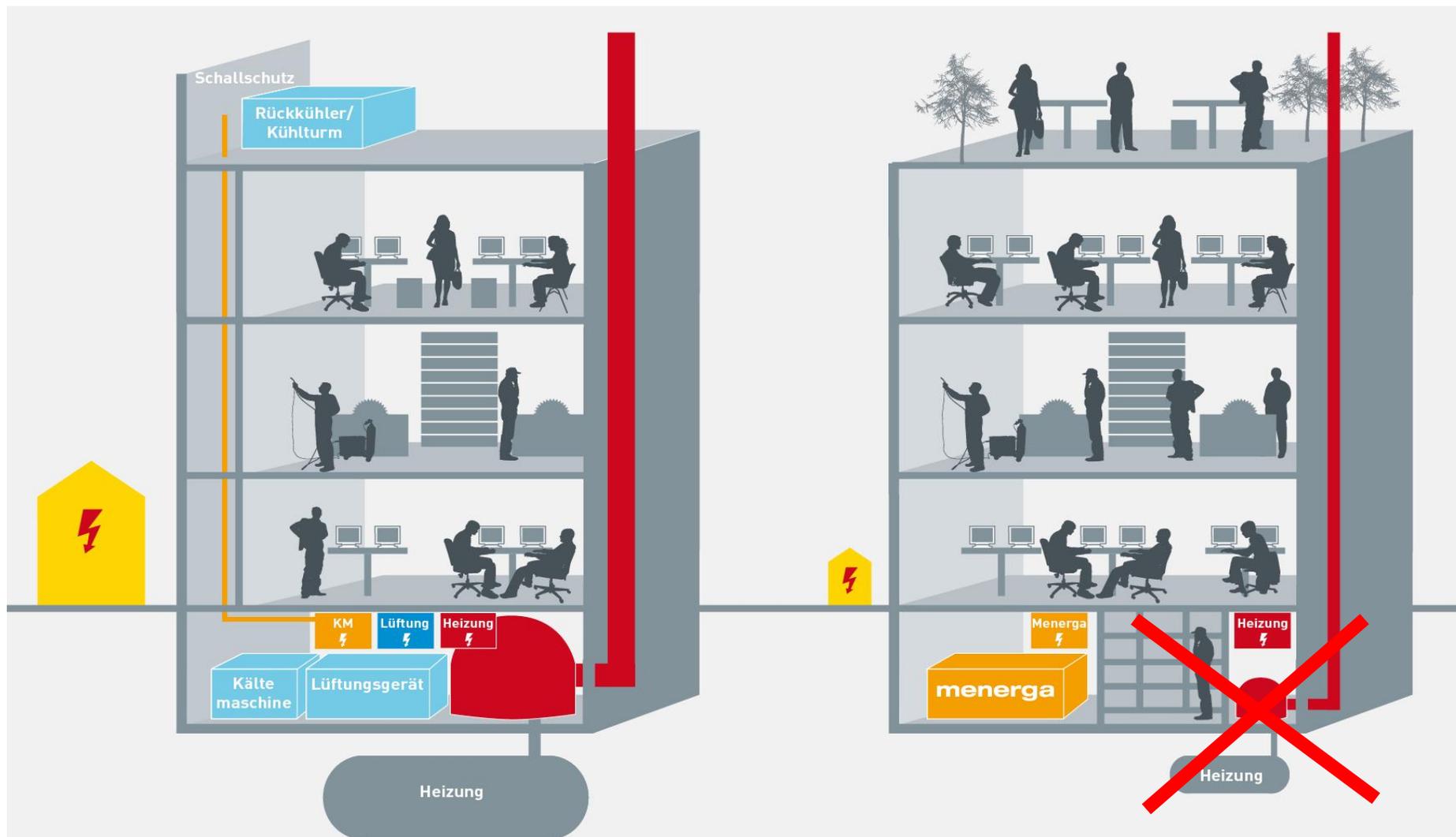
Kosten + Nutzen

Unser Ansatz:

Langfristig Nutzen – und damit gutes Klima schaffen –
Mit effizienten Gesamtkosten

- Mehr halten als Versprechen
- Klimatechnologie der Zukunft entwickeln und laufend weiter entwickeln
- Technik und Kosten im Blick





Eine Reduktion der Anschlussleistungen senkt die Installationskosten und den Installationsaufwand.

Innovationen

- 1980** Energiesparende Schwimmhallenklimatisierung
- 1985** Regenerative Wärmerückgewinnung
- 1991** Adiabatik - Kühlen ohne Strom
- 1994** Energieeffiziente drehzahlgeregelte Ventilatoren
- 1999** Hybrider Kompakt-Kaltwassersatz
- 2003** Sorption – thermisch angetriebene Klimatisierung
- 2004** Energieeffizienter Verdichter
- 2007** Webfähige Steuerung und Regelung
- 2010** Green IT – Energieeffiziente Klimatisierung für Rechenzentren

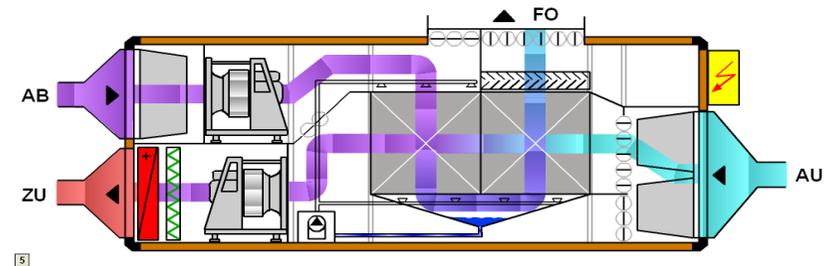
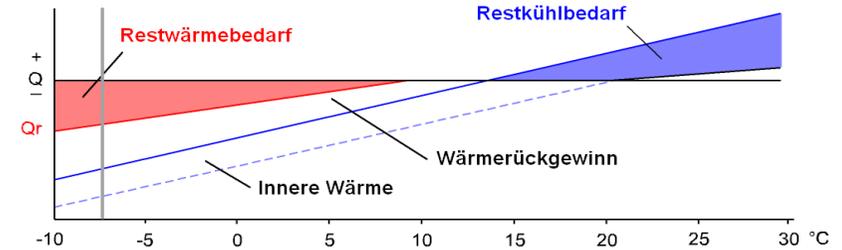


adiabatische Verdunstungskühlung

•**Rekuperative WRG:**

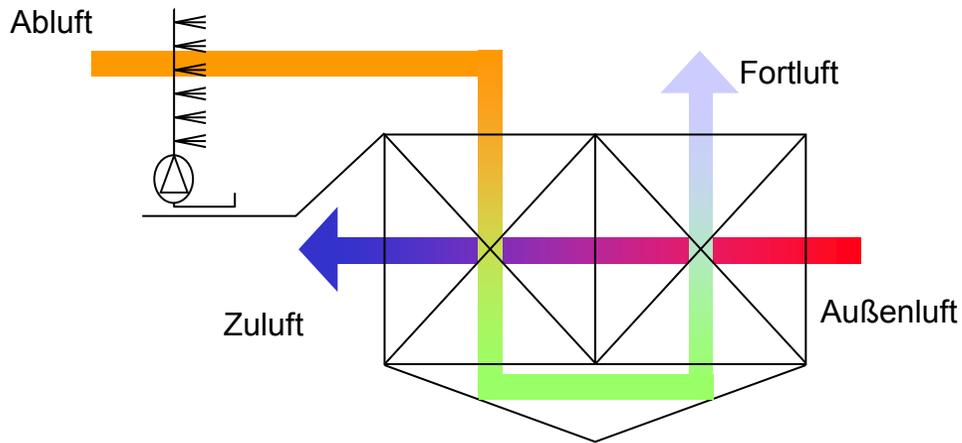
•**Gerätetyp ADSOLAIR**

•**Sensible Kühlung der ZU durch Befeuchten der Abluft
=> Adiabatische Kühlung**



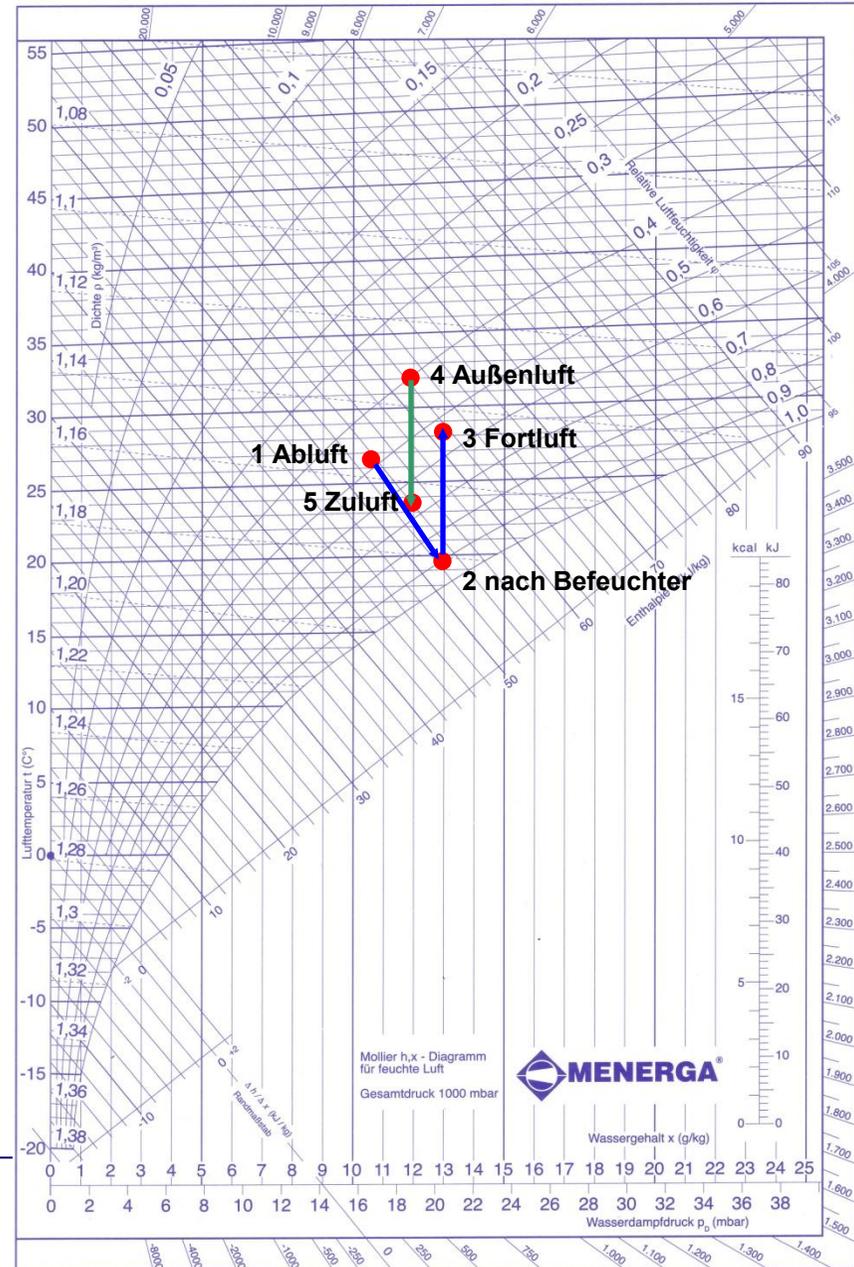
Die direkte doppelte rekuperative Wärmerückgewinnung

Indirekte Verdunstungskühlung Befeuchtung vor WRG

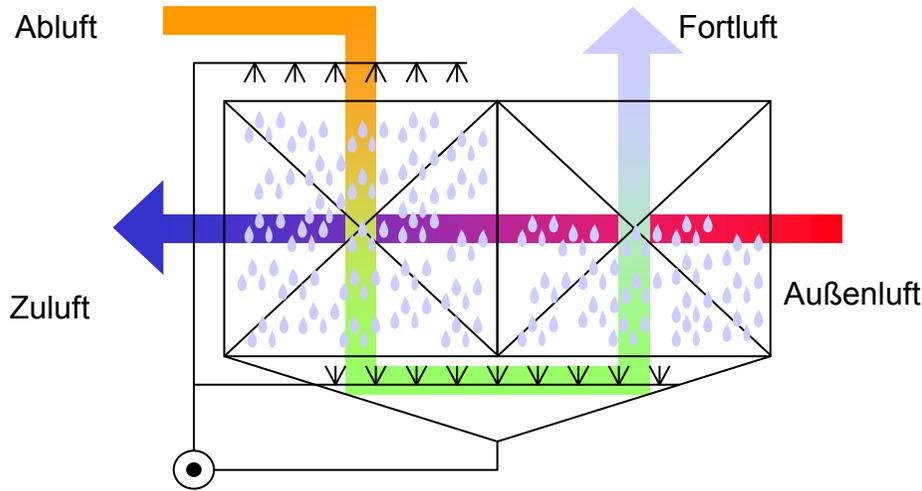


WRG-Konzepte mit Cu/Al-Wärme-
tauscher und Korrosionsschutzschicht

$$dT (AU-ZU) = 8K \text{ max.}$$

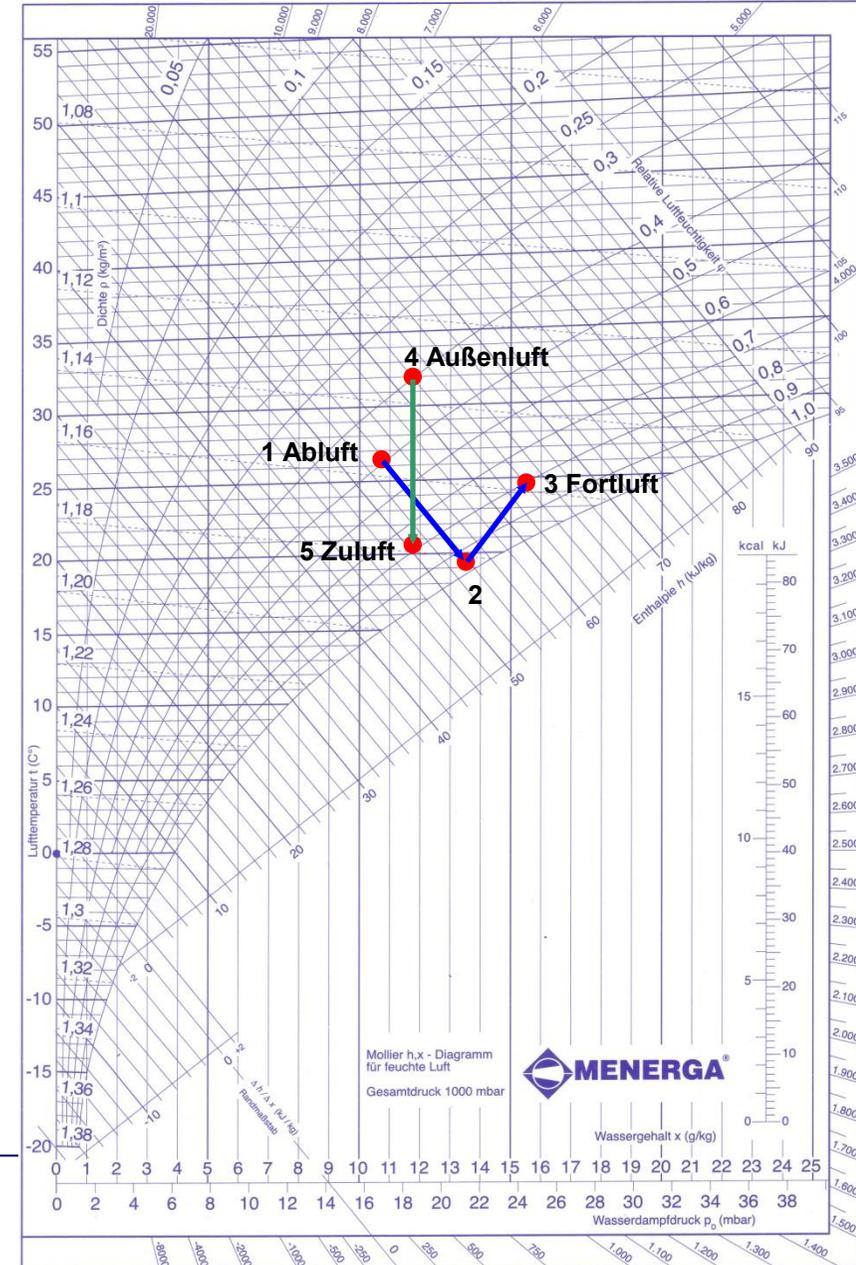


Indirekte Verdunstungskühlung Befeuchtung in WRG System Menerga



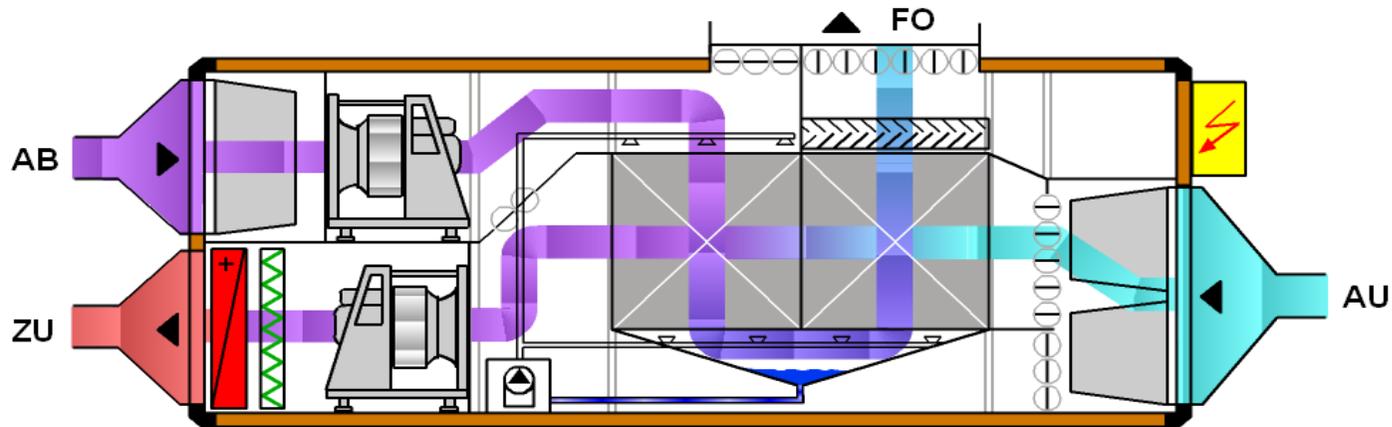
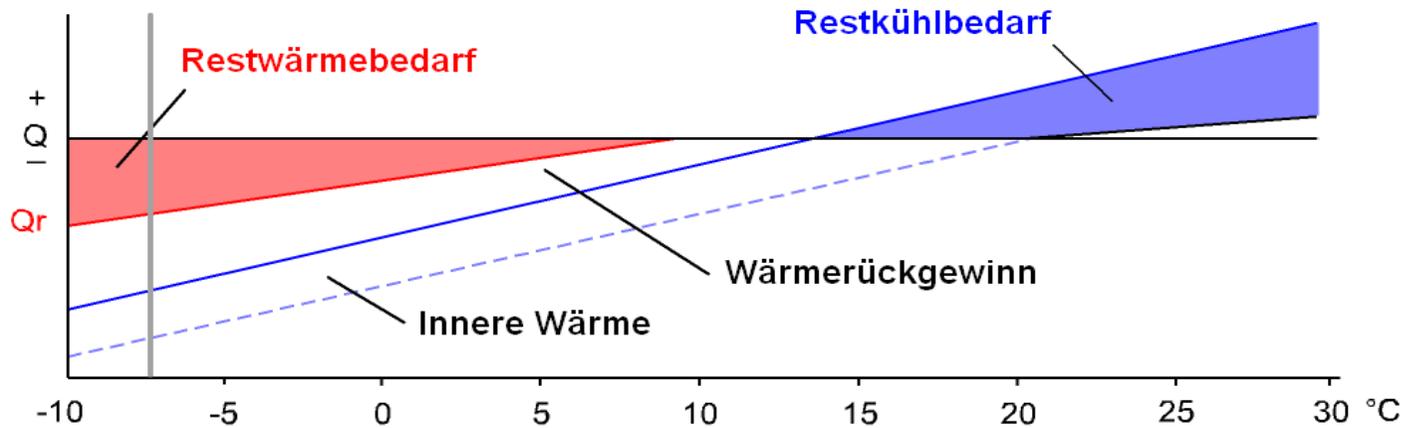
Bei dem adiabatischen Kühlsystem Menerga wird die Zulufttemperatur um mind. 25% weiter abgekühlt, als bei der Befeuchtung vor WRG.

$$dT (AU-ZU) = 11K$$



MENERGA ADSOLAIR

Betriebsfall Winter



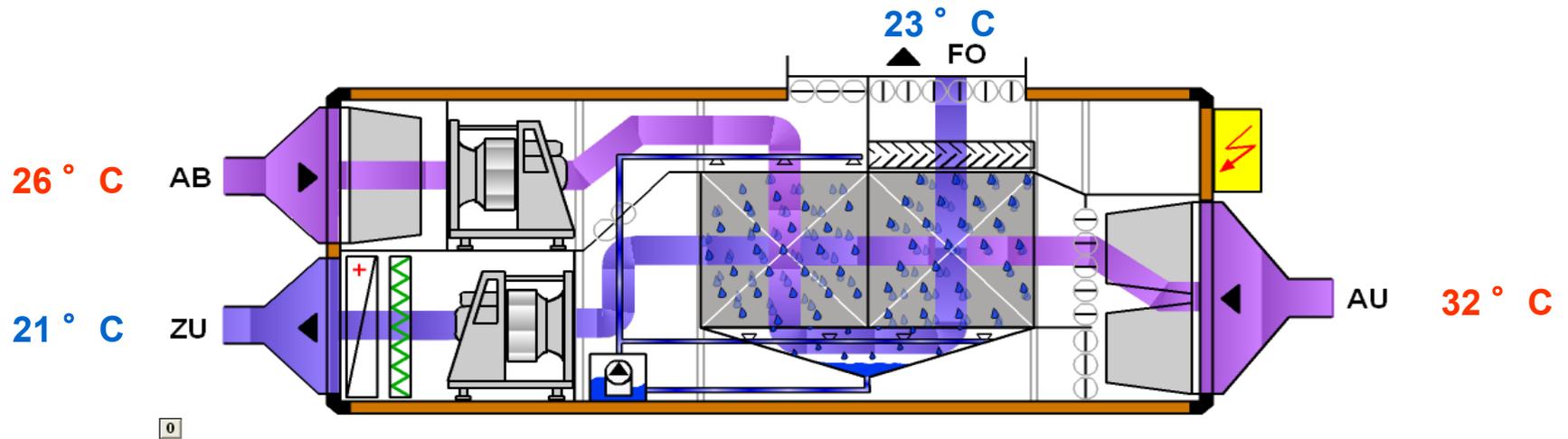
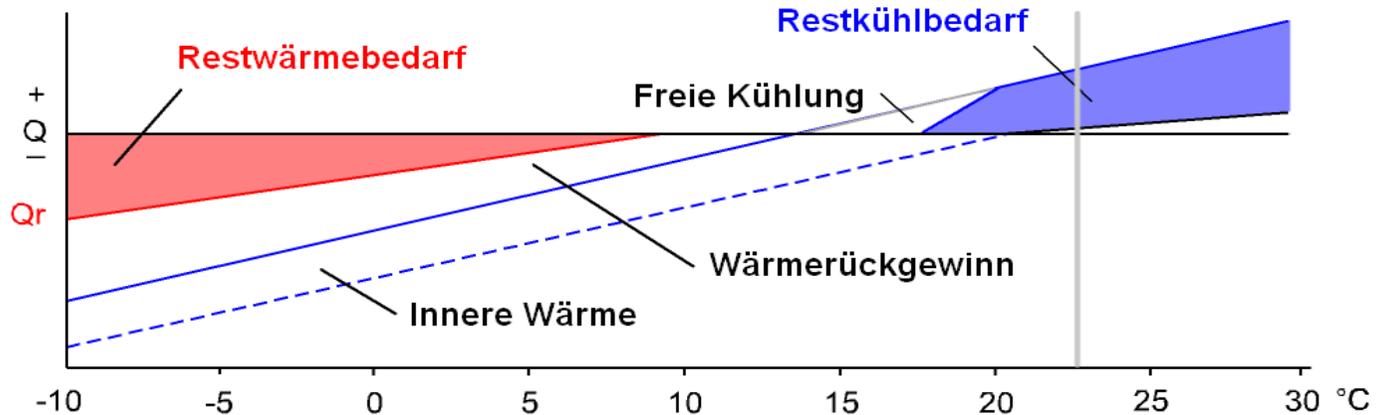
Daten der Wärmerückgewinnung im Winter

Rekuperator

Material	Polypropylen	
Temperaturwirkungsgrad	79	%
Außenlufttemperatur	-12,0	°C
Außenluftfeuchte	90	%
Zulufttemperatur	15,1	°C
Zuluftfeuchte	13	%
Außenluft-Volumenstrom	15.877	m³/h
Außenluft-Zuluft-Normvolumenstrom	18.000	m³/h
Außenluft-Zuluft-Massenstrom	5,96	kg/s
Außenluft-Zuluft-Druckverlust	165	Pa
Außenluft-Zuluft-Leistung	161,7	kW
Außenluft-Zuluft-Kondensatmenge	0,0	kg/h
Ablufttemperatur	22,4	°C
Abluftfeuchte	39	%
Fortlufttemperatur	1,1	°C
Fortluftfeuchte	100	%
Abluft-Volumenstrom	18.024	m³/h
Abluft-Fortluft-Normvolumenstrom	18.000	m³/h
Abluft-Fortluft-Massenstrom	5,96	kg/s
Abluft-Fortluft-Druckverlust	159	Pa
Abluft-Fortluft-Leistung	161,7	kW
Abluft-Fortluft-Kondensatmenge	50,0	kg/h

MENERGA ADSOLAIR

Betriebsfall Sommer: adiabatische Kühlung



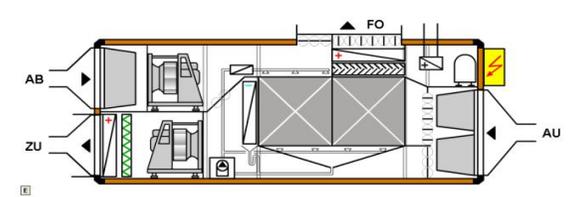
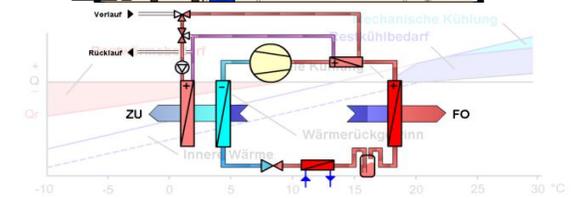
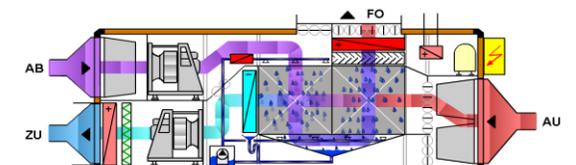
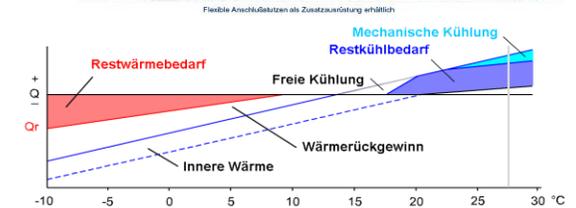
Daten der Wärmerückgewinnung im Sommer Betrieb mit adiabatischer Kühlung

Rekuperator

Material	Polypropylen	
Temperaturwirkungsgrad	90	%
Außenlufttemperatur	32,0	°C
Außenluftfeuchte	40	%
Zulufttemperatur	20,7	°C
Zuluftfeuchte	78	%
Außenluft-Volumenstrom	18.376	m³/h
Außenluft-Zuluft-Normvolumenstrom	18.000	m³/h
Außenluft-Zuluft-Massenstrom	5,86	kg/s
Außenluft-Zuluft-Druckverlust	163	Pa
Außenluft-Zuluft-Leistung	68,0	kW
Außenluft-Zuluft-Kondensatmenge	0,0	kg/h
Ablufttemperatur	26,4	°C
Abluftfeuchte	49	%
Fortlufttemperatur	24,7	°C
Fortluftfeuchte	80	%
Abluft-Volumenstrom	18.026	m³/h
Abluft-Fortluft-Normvolumenstrom	18.000	m³/h
Abluft-Fortluft-Massenstrom	5,86	kg/s
Abluft-Fortluft-Druckverlust	194	Pa
Abluft-Fortluft-Leistung	68,0	kW
Abluft-Fortluft-Kondensatmenge	0,0	kg/h

Was tun bei Entfeuchtung?

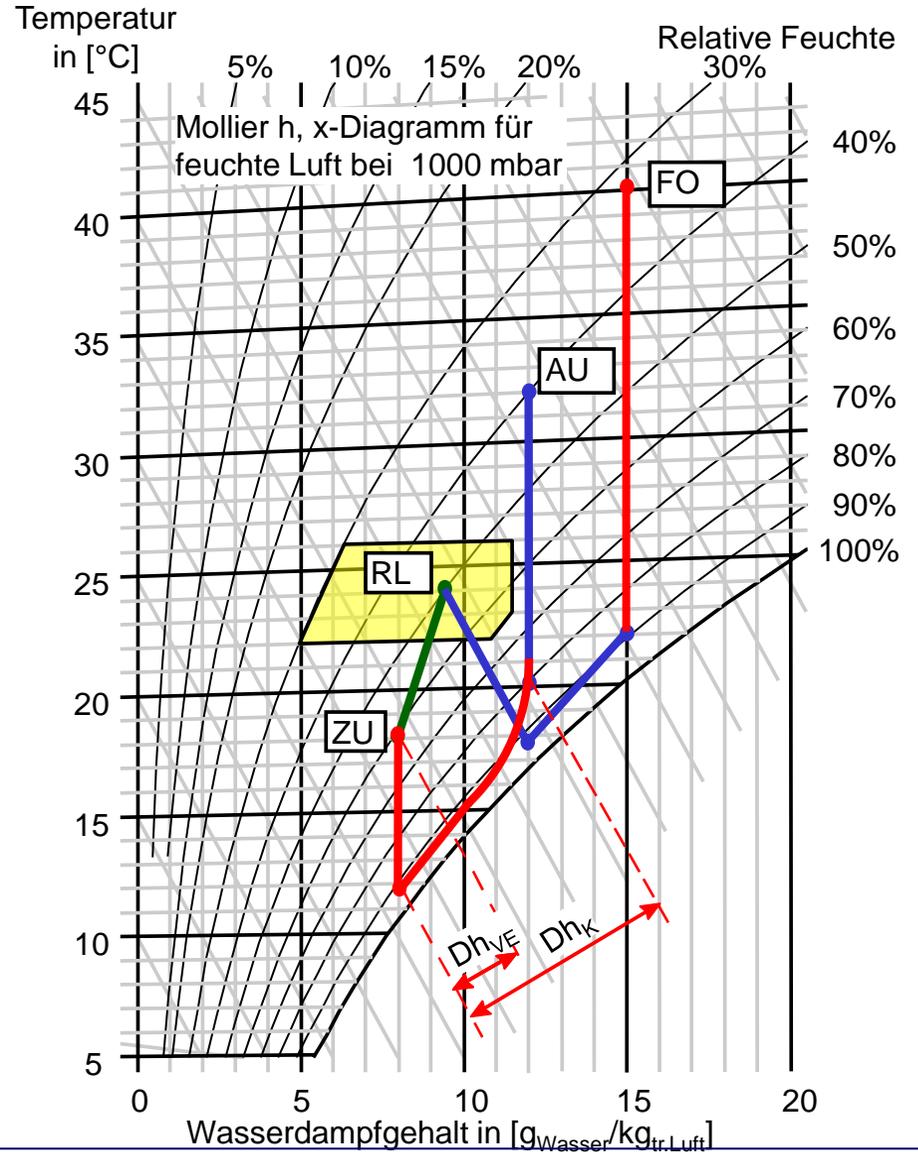
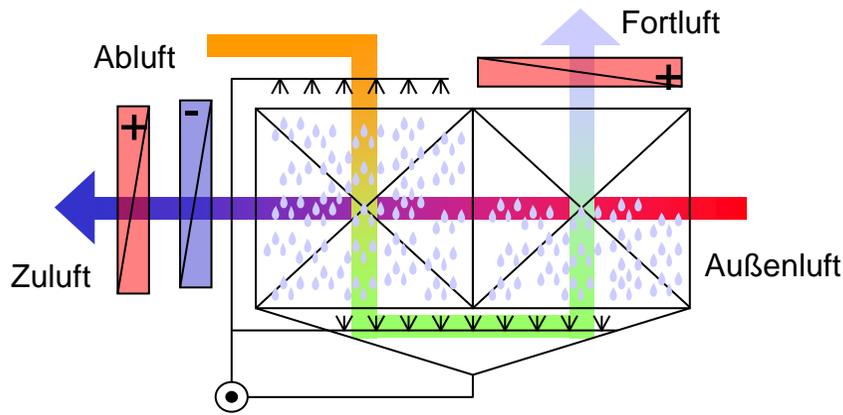
- ADSOLAIR Typ 58
- Adiabatische Kühlung mit integrierter Kältemaschine



Die direkte doppelte rekuperative Wärmerückgewinnung

Verdunstungskühlung

Temperaturabsenkung
mittels indirekter
Verdunstungskühlung



Verdampfer		
Typ	5RR 1175*1680 39	
Luftvolumenstrom	17.693	m³/h
Luftvolumenstrom bezogen auf Abluftkondition	18.000	m³/h
Luftmassenstrom	5,86	kg/s
Druckverlust	65	Pa
Luftgeschwindigkeit	2,49	m/s
Temperatur Lufteintritt	20,7	° C
rel. Feuchte Lufteintritt	78	%
abs. Wassergehalt Lufteintritt	11,9	g/kg
Temperatur Luftaustritt	16,3	° C
rel. Feuchte Luftaustritt	89	%
abs. Wassergehalt Luftaustritt	10,3	g/kg
Verdampfungstemperatur	9,9	° C
Überhitzung	20,1	° C
Verdampfungsdruck	7,19	bar
Druckverlust Kältemedium	104	mbar
Kühlleistung gesamt	49,8	kW
Kühlleistung latent	24,0	kW
Entfeuchtungsleistung	34,0	kg/h

Verdichter		
Typ	ZRT162K3E-TFD-522	
Hersteller	EMERSON	
Kältemedium	R407C	
Aufnahmeleistung	8,4	kW
COP	5,92	

Menerga Adsolair

Kühlleistung adiabatisch + Kompressionskälte		
Kühlleistung gesamt (68kW+49,8kW)	117,8	kW
Aufnahmeleistung Pumpe adiabatisch + Verdichter	9	kW
Systemleistungszahl	13	

Standardsystem

Standardsystem Aufnahmeleistung bei COP = 3	39	kW
--	-----------	----

Daten der WRG im Sommer mit Kompressor

Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEWärmeG)

Im EEWärmeG wird festgelegt, zu welchem Anteil erneuerbare Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs eines Nichtwohngebäudes eingesetzt werden müssen.

- Solare Strahlungsenergie über solarthermische Anlagen 15%
- Gasförmige Biomasse aus Kraft-Wärmekopplungs (KWK) – Anlagen 30%
- Flüssige oder feste Biomasse über Heizkessel 50%
- Geothermie und Umweltwärme mittels Wärmepumpen 50%

Kann dieser Anteil nicht allein durch erneuerbare Energien gedeckt werden, so können Ersatzmaßnahmen hinzugezogen werden.

Mögliche Ersatzmaßnahmen

- Nutzung von Abwärme verschiedener Anlagentechnik 50%
- Nutzung von Wärme aus KWK-Anlagen 50%
- Nutzung von Wärme aus Nah- und Fernwärmenetzen in der Regel 50%
- Energieeinsparung im Gebäude EnEV minus 15%

Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEWärmeG)

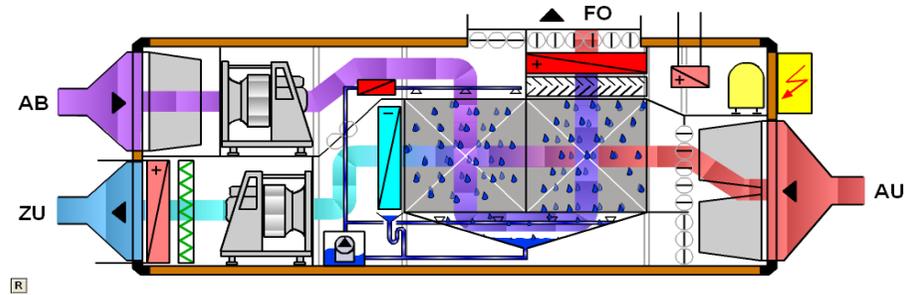
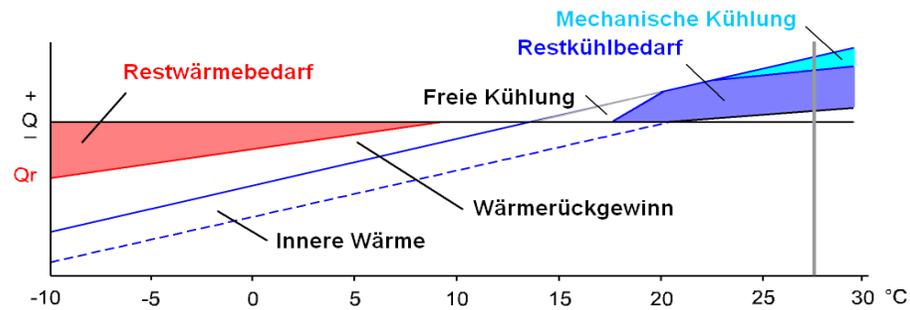
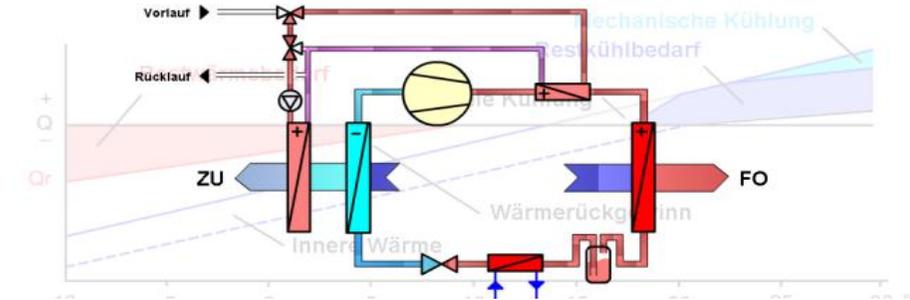
Es werden hierzu RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung zur Nutzung von Abwärme genannt. Diese Anlagen müssen zwei Bedingungen erfüllen, um als Ersatzmaßnahme anerkannt zu werden:

1. Der Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage muss, im Referenzbetriebszustand gemäß DIN EN 308, mindestens 70% (trocken) betragen.
1. Die Leistungszahl ϵ , die aus dem Verhältnis von der WRG stammenden Wärme zum Stromeinsatz für den Betrieb der RLT-Anlage ermittelt wird, muss mindestens 10 betragen.

Der anschließende Nachweis zur Erfüllung des EEWärmeG muss durch Sachkundige geführt werden.

Die dazu notwendige Berechnung des WRG-Anteils am Heizwärmebedarf ist nicht losgelöst vom Gebäude möglich.

Betriebsfall Sommer: Luftkonditionierung (Entfeuchtung) im Sommer autark ohne Fremdwärme



Vorteile

- Große Kühlleistung
 - ↪ ΔT von mehr als 10 K
 - ↪ Δx mit integrierter Kälteanlage
- optimierte Investitions- und Betriebskosten
 - ↪ Reduzierung der elektr. Anschlußleistung
 - ↪ Keine Wasseraufbereitung
 - ↪ Vorrangige Nutzung der Verdunstungskühlung
- Geringer Installationsaufwand
 - ↪ Keine Kaltwasserverrohrung
- Wartungsarm
 - ↪ Keine Verunreinigung des Wärmeübertragers, da aus Polypropylen

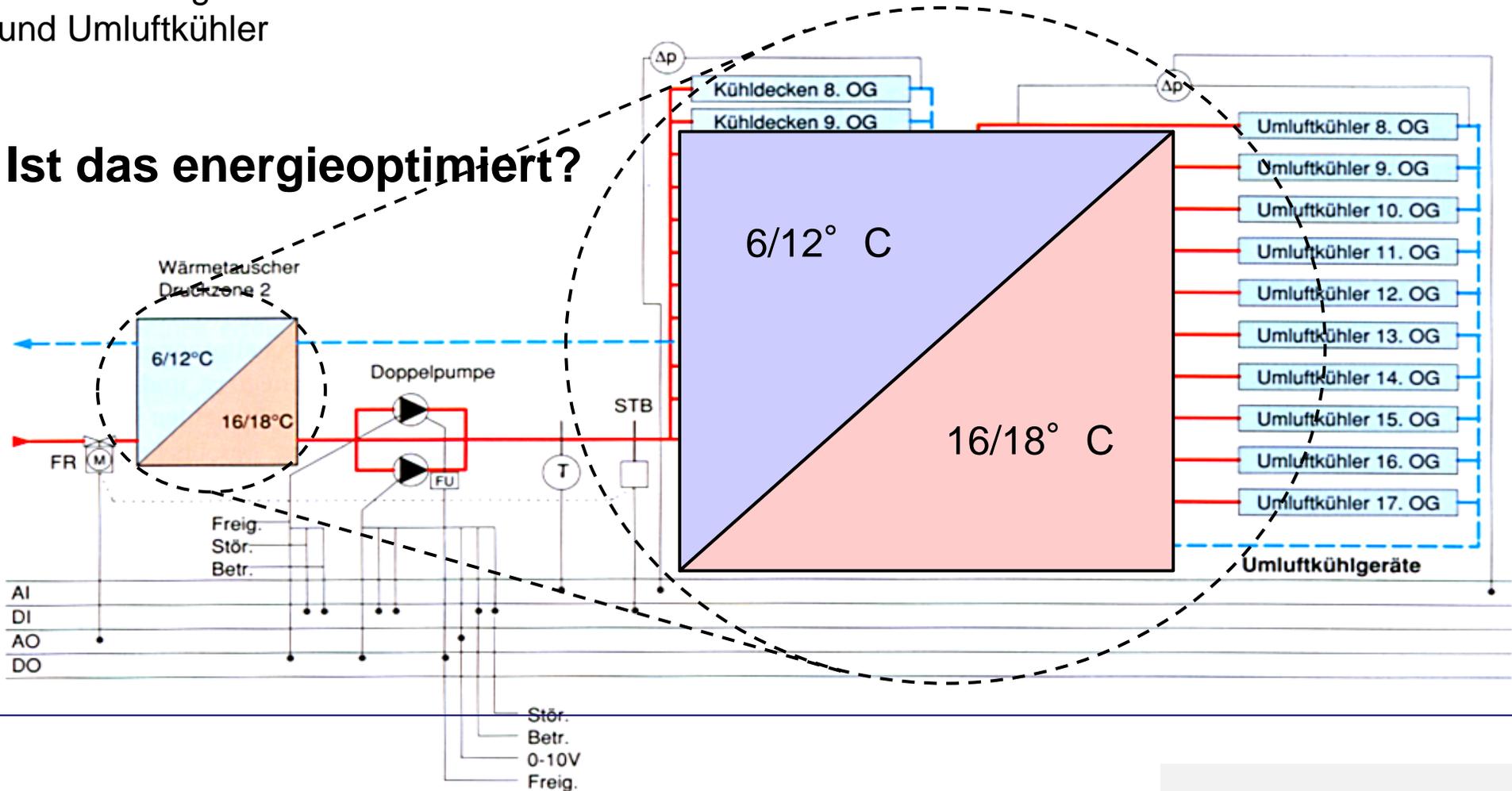


Systeme mit Verdunstungskühlung eignen sich in Gebäuden wie z. B.: Kaufhäuser, Gaststätten, Theater, Museen, Sportanlagen, Industriegebäuden etc..

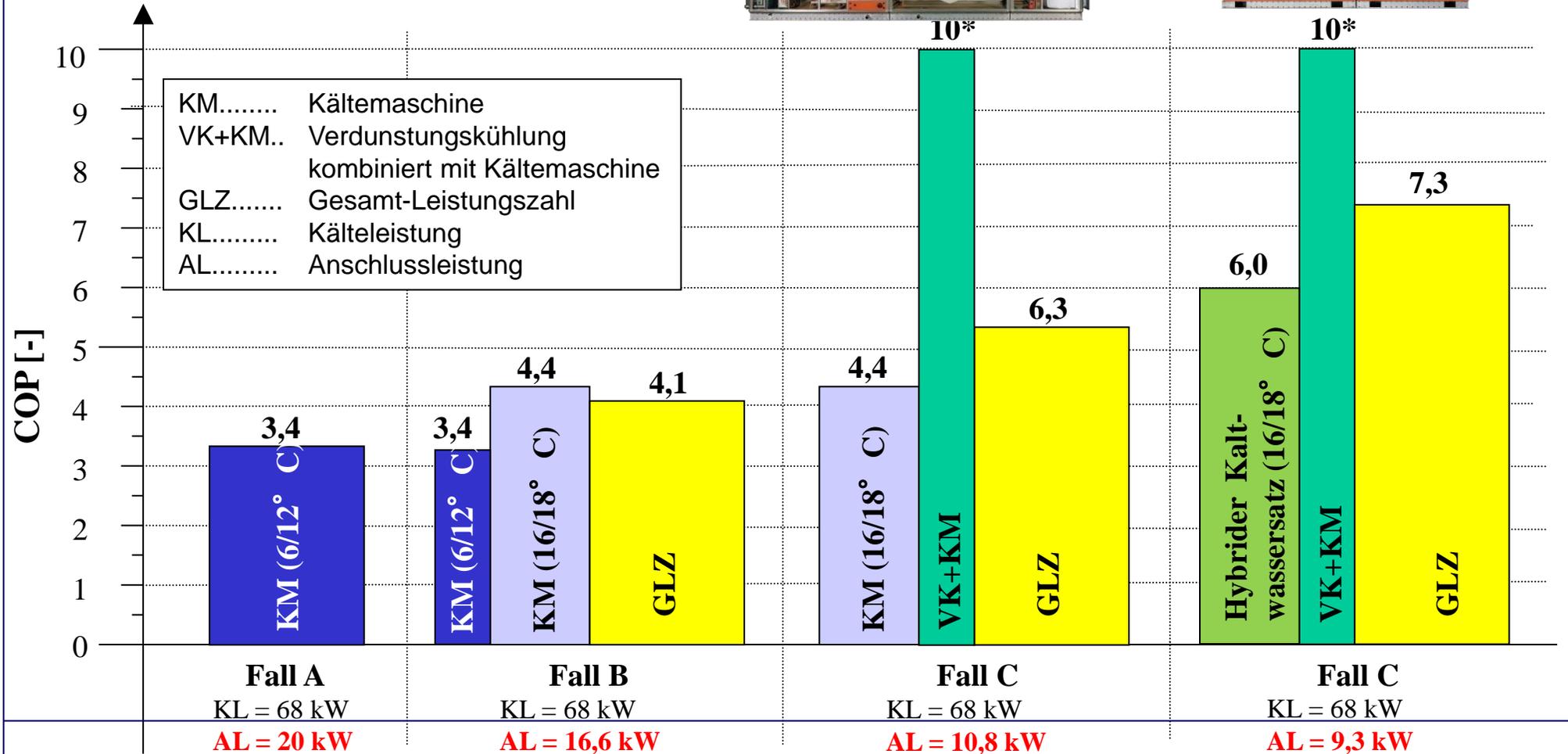
Kaltwasserversorgung und Klimakühlung

Kaltwasserversorgung und Kaltwasserbereitstellung für die Kühldecken und Umluftkühler

Ist das energieoptimiert?



Vergleich der Gesamt-Leistungszahlen für verschiedene Systemlösungen



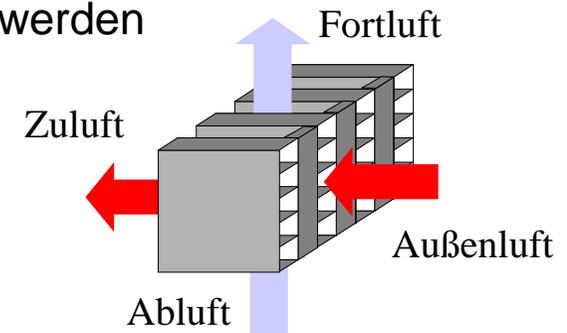
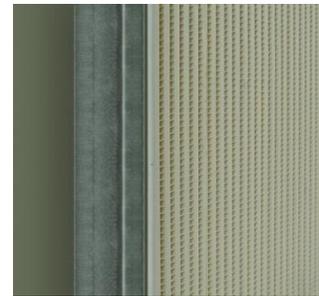
*Kombinierte Leistungszahl

Wärmeübertrager aus Polypropylen

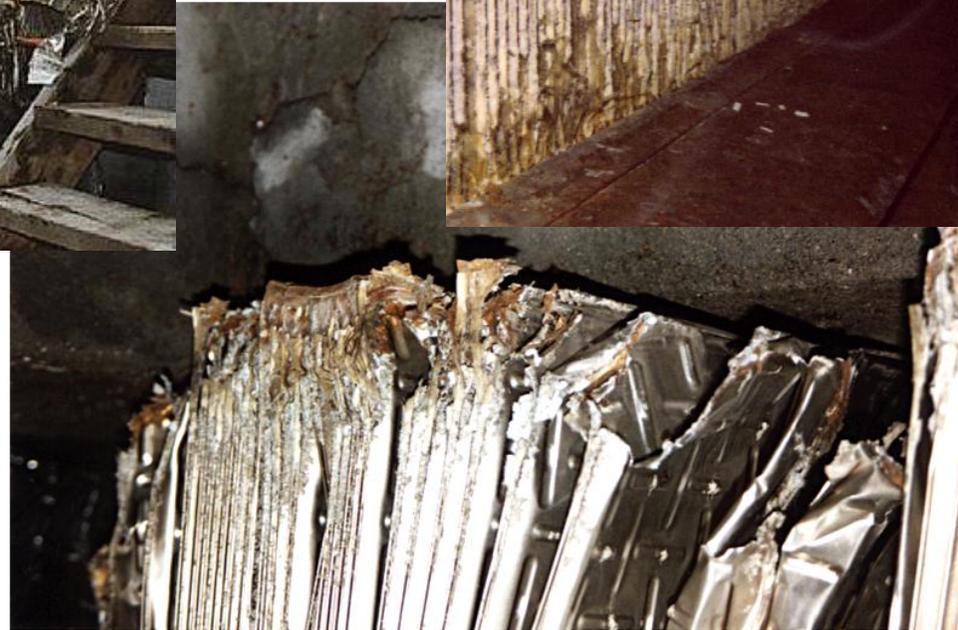


Polypropylen

- ist weitgehend chemisch resistent
- ist nicht anlösbar, also folglich auch nicht klebbar
- es bleiben keine Schmutzpartikel und Bakterien auf den Übertragungsflächen haften
- es kann in der Regel unbehandeltes Wasser eingesetzt werden



Schäden an Wärmeübertragern



Korrodierte Wärmeübertrager
aus Aluminium

Vorteile von Menerga-Anlagen des Typ ADSOLAIR

- + hohe Wärmerückgewinnungsleistung, Temperaturwirkungsgrad > 78 %
- + adiabatische Kühlung im Wärmetauscher integriert, kühlen ohne Strom
Temperaturwirkungsgrad im Kühlfall bis zu 90 %
- + Keine Kälteleitungen bzw. Kaltwasserleitungen erforderlich

Einsparung an:

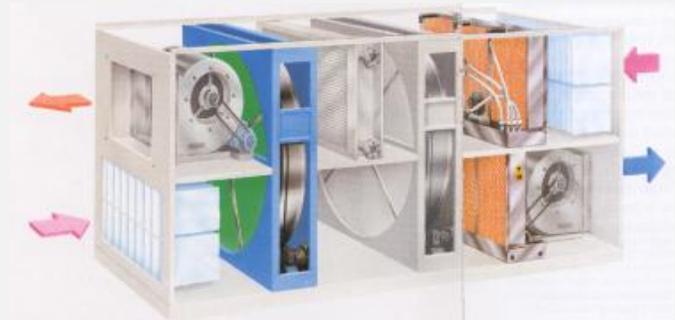
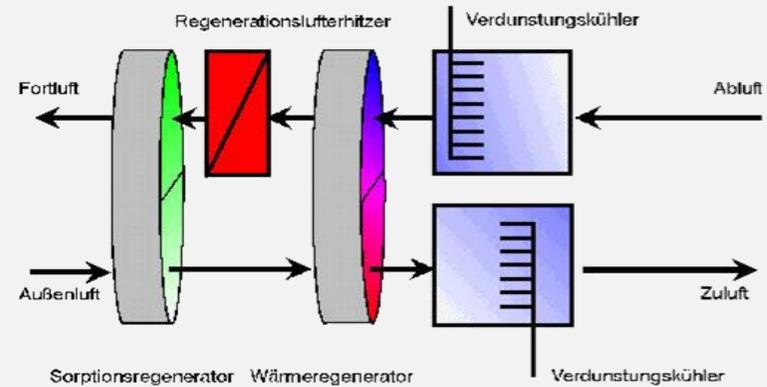
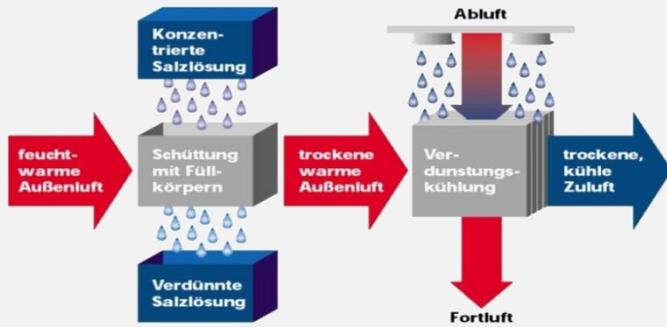
- | | |
|---------------------|--|
| - Investitionen: | - Heizregister und Steuerungen incl. Verkabelung |
| | - Verrohrung im Gebäude |
| | - Heizkessel incl. Technikraum und Schornstein |
| | - Elektroverteilung |
| - Betriebskosten: | - Wärme- und Kälteverbrauch |
| - Umweltentlastung: | - z.B. Co2-Steuer |

Thermische Klimaprozesse Sorptionsklimasysteme

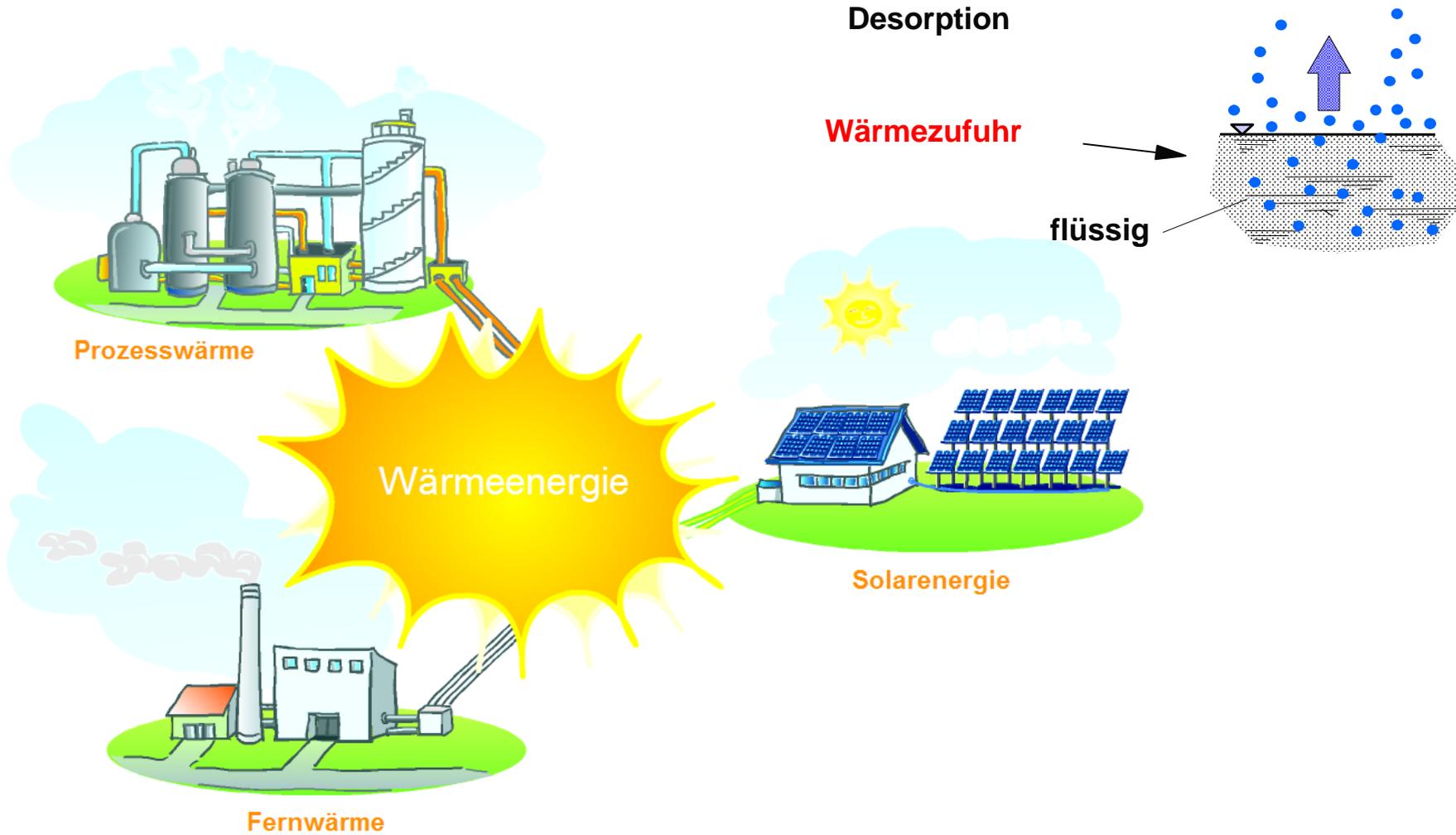
In Sorptionsklimasystemen kann die Luft über sorptive Materialien entfeuchtet und über die Verdunstung von Wasser (Verdunstungskühlung) gekühlt werden.

Eine intelligente Kopplung von Entfeuchtungskomponenten, Wärme-(Kälte-)Rückgewinnungssystemen und Wasserbefeuchtern in einem Klimazentralgerät kann eine vollständig klimatisierte Luft ohne externe Kältemaschine erzeugen.

- mit festem Sorptionsmaterial
- flüssigen Sorptionsmaterial



Regeneration mit Niedertemperaturwärme



Sorptionsgestütztes Klimasystem



Regenerator

Wärmerückgewinnung
Verdunstungskühler

Absorber

LiCl/H₂O-Speicher
Nur Erforderlich,
wenn kein kontinuierlicher
Betrieb (Solar) möglich ist.



Auswahl des Arbeitsmittel

Flüssige Sorptionsmaterialien

- Säuren
Schwefelsäure, Salzsäure, etc.
- Alkohole
Glykole, Glyzerole, etc.
- Salzlösungen
Lithiumbromid-, Lithiumchlorid-,
Calciumchlorid-Lösungen, etc.

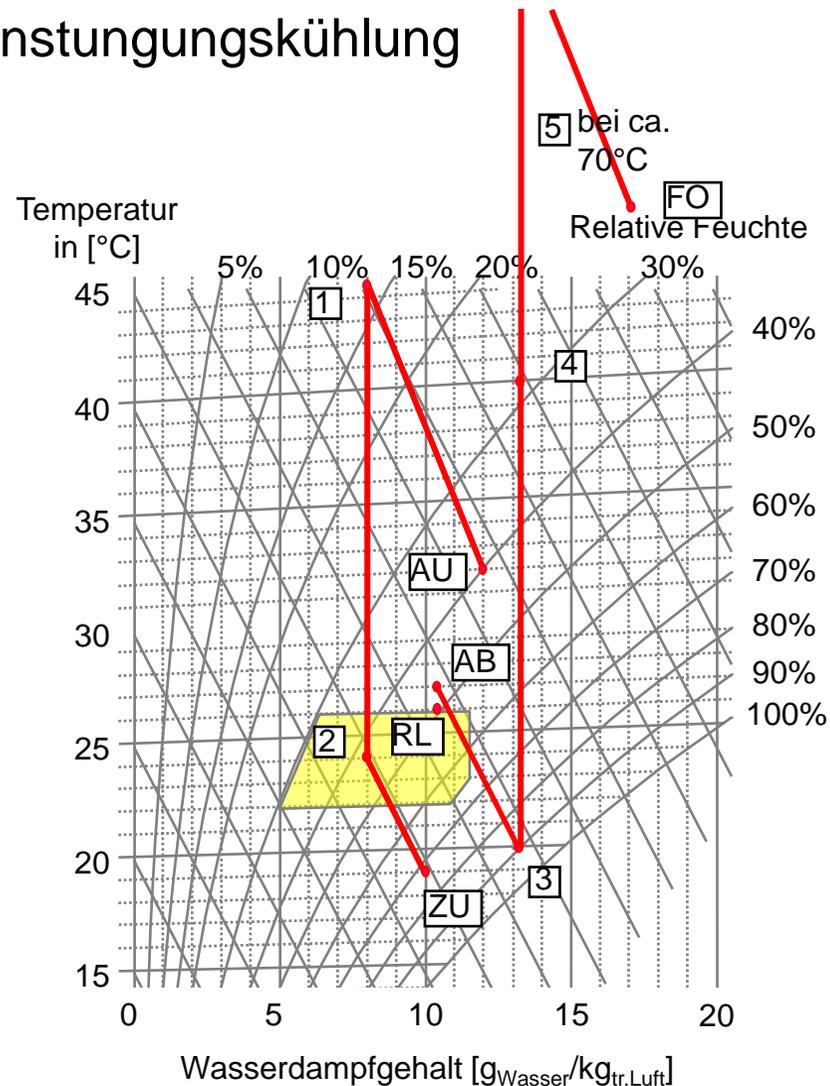
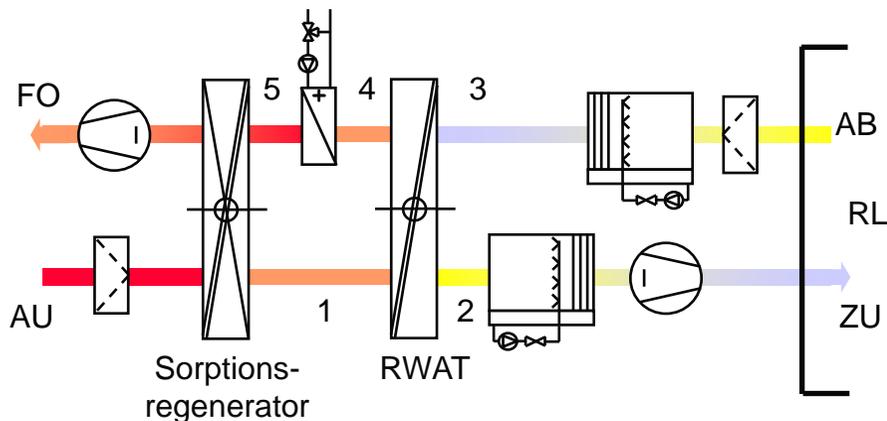
Anforderung an das Sorptionsmaterial

- Ungiftigkeit und Umweltverträglichkeit
- Weder brennbar noch explosibel
- Keine flüchtigen Stoffe
- Langzeitstabilität
- Regeneration bei tiefen Temperaturen
- Niedrige Materialkosten

Sorptionsgestützte Klimatisierung und Verdunstungskühlung

◆ DEC-Prozeß mit zwei Rotoren und zwei direkten Zu- und Abluftbefeuchtern

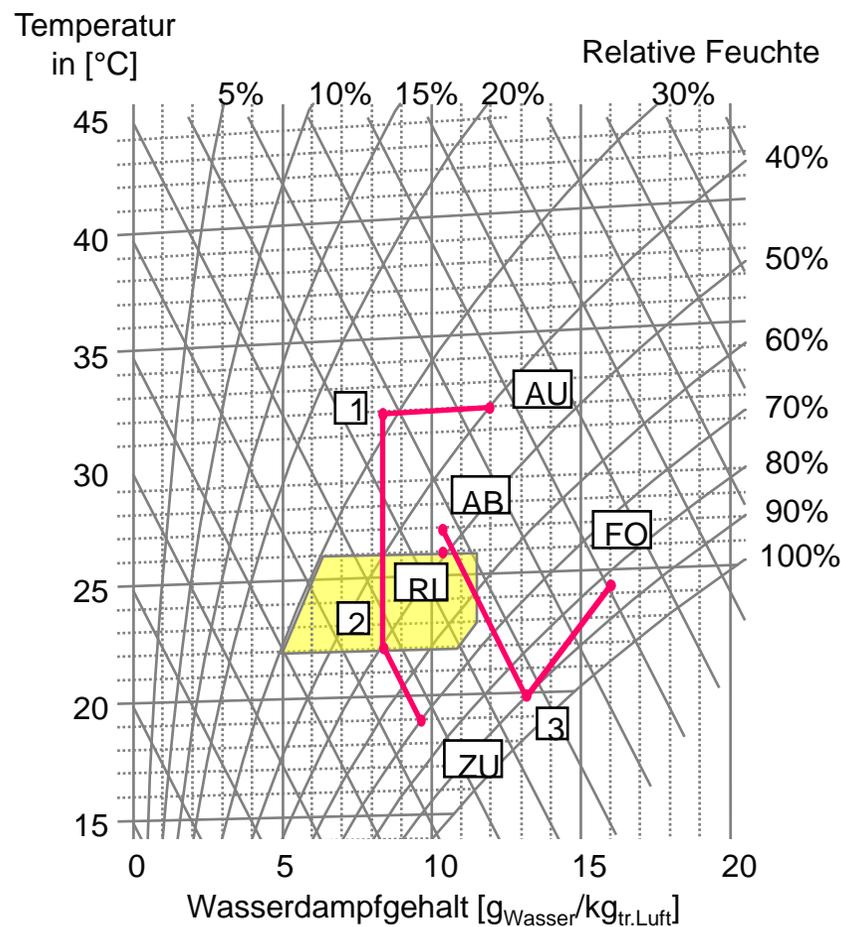
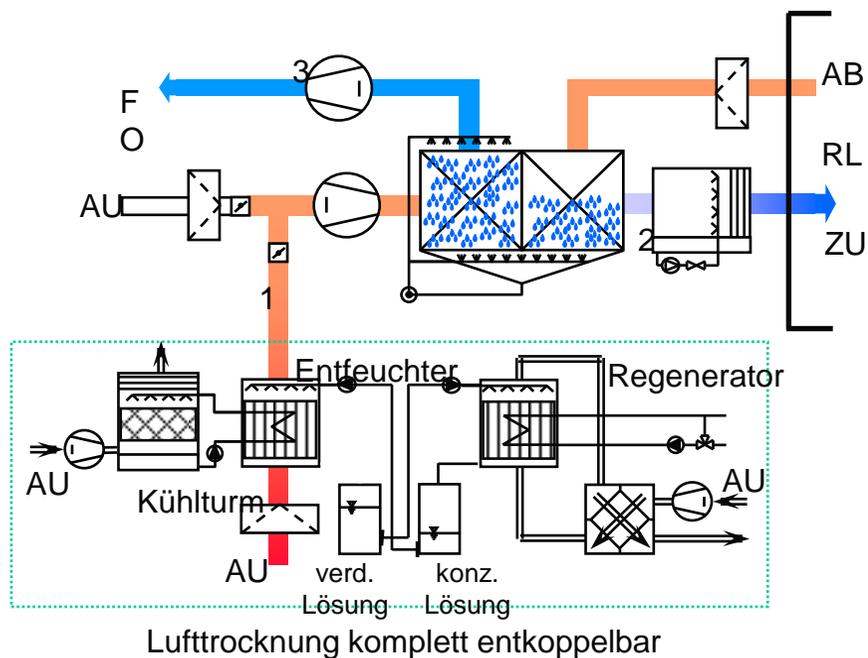
- hohe Regenerationstemperaturen (Silikagel)
- hohe Leckluft durch Rotationsübertrager
- hoher Energiebedarf für Regeneration



Sorptionsgestützte Klimatisierung und Verdunstungskühlung

◆ SGK-Prozeß mit direktem Zuluftbefeuchter und indirektem Abluftbefeuchter

- niedrigere Regenerationstemperaturen (LiCl)
- optimale Entfeuchtkapazität
- direkte Trocknung ohne Leckluft
- niedrigerer Energiebedarf für Regeneration als DEC-Prozess
- kombinierbar mit adiabatischer Kühlung der AB





- 3 Jahre Monitoring (2006/07 bis 2008/09)
- Nennvolumenstrom: 12.000 m³/h
- Fernwärmeanschluss, kontinuierlicher Betrieb
- Antriebstemperatur 55 - 70°C
- integrierte Regelung
- hohe Zufriedenheit des Betreibers



Jahresenergieverbrauch und Jahresarbeitszahl

Jahresenergieverbrauch

Nutzen (Enthalpieänderung der Zuluft):

zugeführte Wärmemenge 125,65 MWh

Kälteenergie 20,63 MWh

Aufwand:

Strom 30,13 MWh

Fernwärme (Winter) 16,05 MWh

Fernwärme (Sommer) 13,80 MWh

Wasser 135,1 m³

$$JAZ_{thermisch} = \frac{\sum_{n=1}^{8760} \Delta h_{Luft,n}^-}{\sum_{n=1}^{8760} Q_{Wärme für Regeneratinn}}$$

$$JAZ_{primär} = \frac{\sum_{n=1}^{8760} \Delta h_{Luft}^-}{\sum_{n=1}^{8760} Q_{p, Fernwärme} + \sum_{n=1}^{8760} E_{p, Strom, Hilfsenergie}}$$

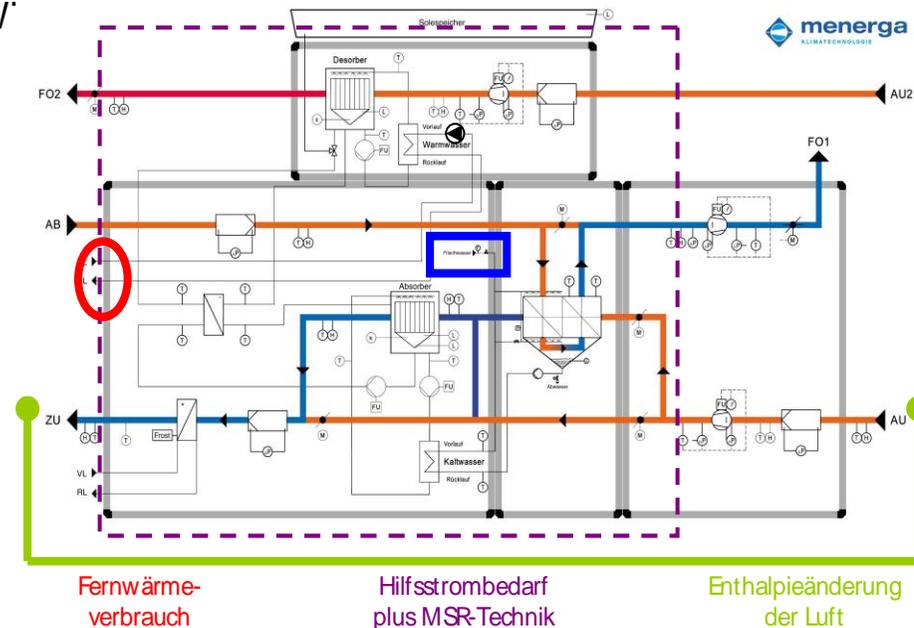
Jahresarbeitszahl für den Sorptionsteil

$JAZ_{thermisch}$ 1,5

$JAZ_{primär}$ 0,66

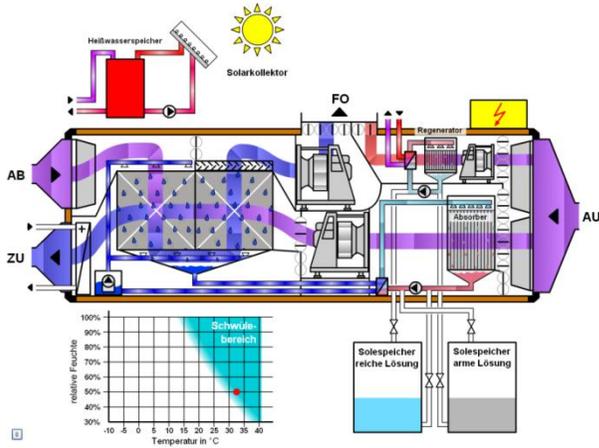
Jahresarbeitszahl für die Gesamtanlage:

$JAZ_{primär}$ 1,3



Sorpsolair Typ 73

Disontinuierlicher Betrieb



Deutschland	1 x Typ	553501	1.500	m ³ /h
	1 x Typ	561001	5.310	m ³ /h
	2 x Typ	561601	23.100	m ³ /h
	1 x Typ	721301	8.300	m ³ /h
	1 x Typ	721391	8.000	m ³ /h
	3 x Typ	721601	23.500	m ³ /h
	1 x Typ	721691	10.000	m ³ /h
	1 x Typ	721901	12.700	m ³ /h
	1 x Typ	721991	12.000	m ³ /h
	3 x Typ	722201	31.900	m ³ /h
	1 x Typ	730501	3.000	m ³ /h
	1 x Typ	732201	14.900	m ³ /h
	17		154.210	m³/h

Frankreich	1 x Typ	721001	5.000	m ³ /h
	1 x Typ	561301	7.500	m ³ /h
	2 x Typ	720501	9.000	m ³ /h
	1 x Typ	721901	12.300	m ³ /h
	1 x Typ	731301	8.300	m ³ /h
	5		37.100	m³/h

Niederlande	1 x Typ	730501	3.400	m ³ /h
	2 x Typ	730601	8.700	m ³ /h
	3		12.100	m³/h

Österreich	1 x Typ	731601	10.500	m ³ /h
------------	---------	--------	--------	-------------------

Schweiz	1 x Typ	730601	4.000	m ³ /h
	1 x Typ	731001	5.000	m ³ /h
	1 x Typ	731601	10.500	m ³ /h
	1 x Typ	732201	15.000	m ³ /h
	4		34.500	m³/h



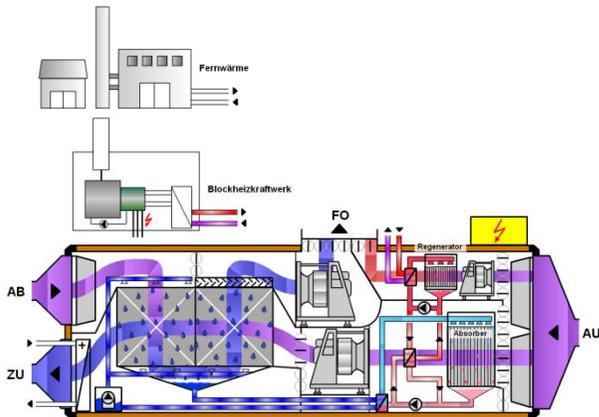
2003 bis 2008
6 Pilotanlagen

2009 bis 2011
25 Anlagen

31 Anlagen
253.410 m³/h

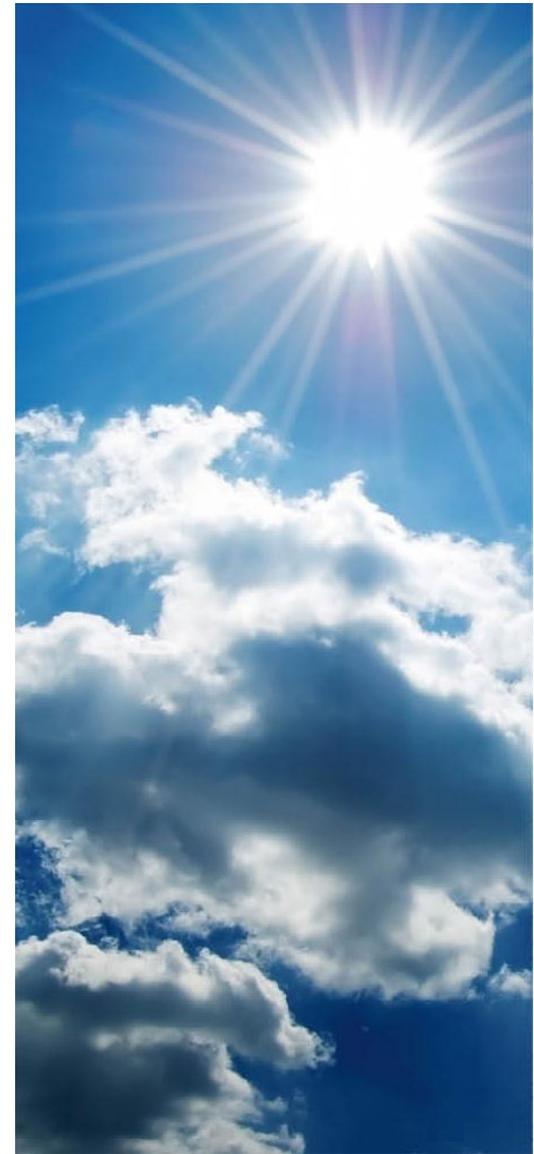
Sorpsolair Typ 72

Kontinuierlicher Betrieb

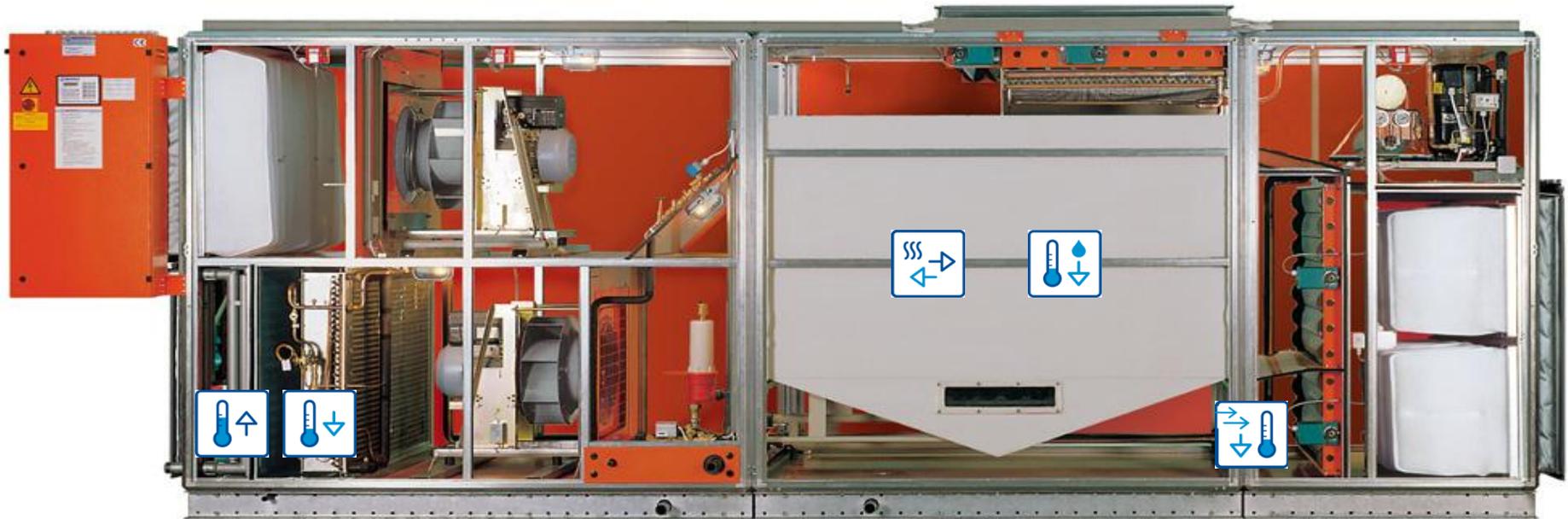


Kühlung von Rechenzentren

- Gerätetyp ADCOOLAIR

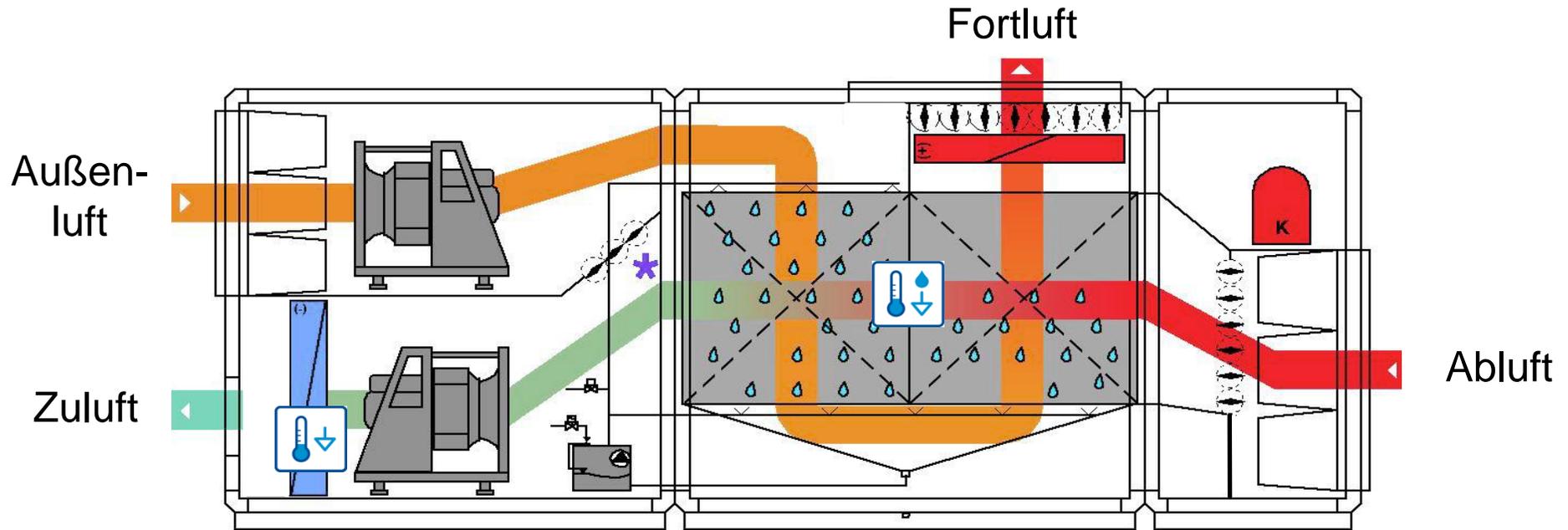


Kühlung von Rechenzentren Adsolair



- RLT-Anlage für die Komfortklimatisierung
- Plattenwärmeübertrager optimiert auf hohe Wärmerückgewinnungsleistung
Luftvolumenstrom Außenluft = Abluft

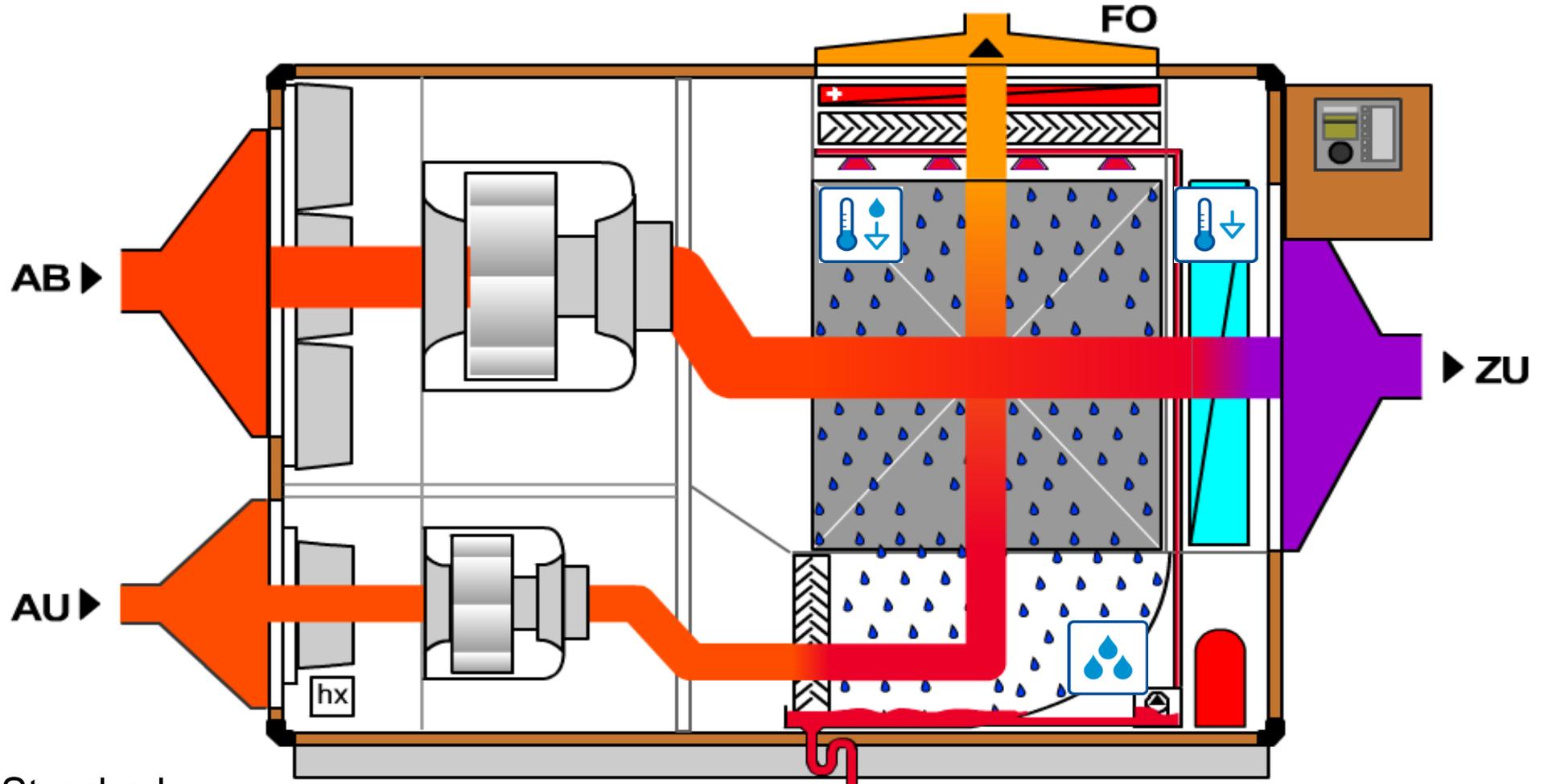
Kühlung von Rechenzentren Adsolair für IT-Rechenzentren



angepasstes Adsolair für die Wärmeabfuhr aus thermisch hochbelasteten
Räumen mit adiabater Verdunstungskühlung und integrierter
Kompressionskälte

Kühlung von Rechenzentren

Geräteaufbau ADCOOLAIR



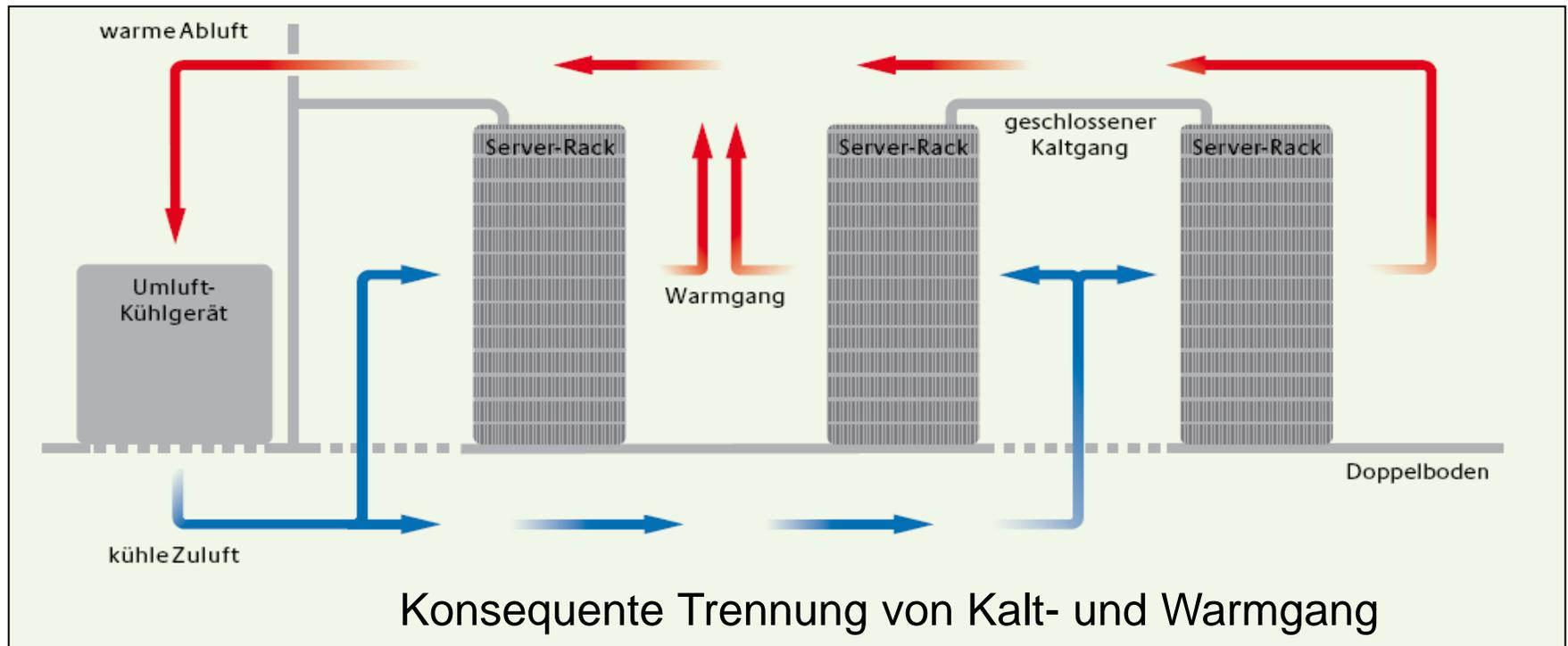
Standard

Kühlung von Rechenzentren

Geräteaufstellung Adcoolair im Rechenzentrum

Technikzentrale

IT-Raum

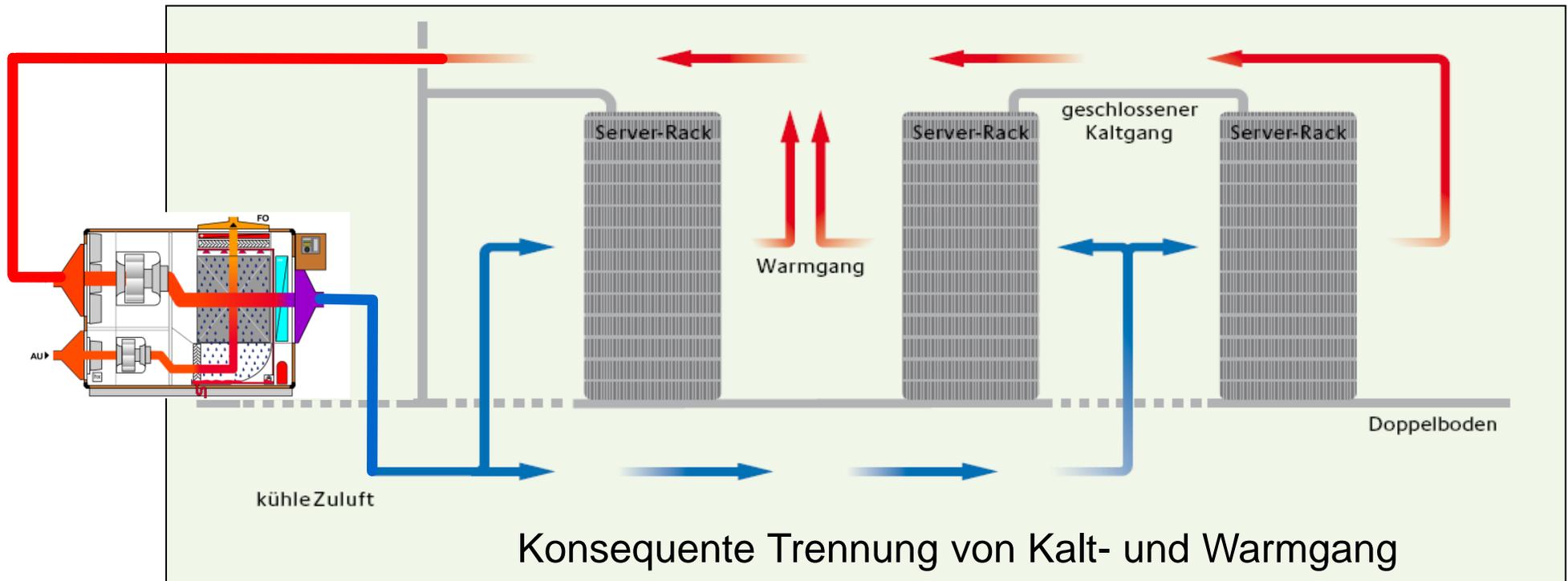


Kühlung von Rechenzentren

Geräteaufstellung Adcoolair im Rechenzentrum

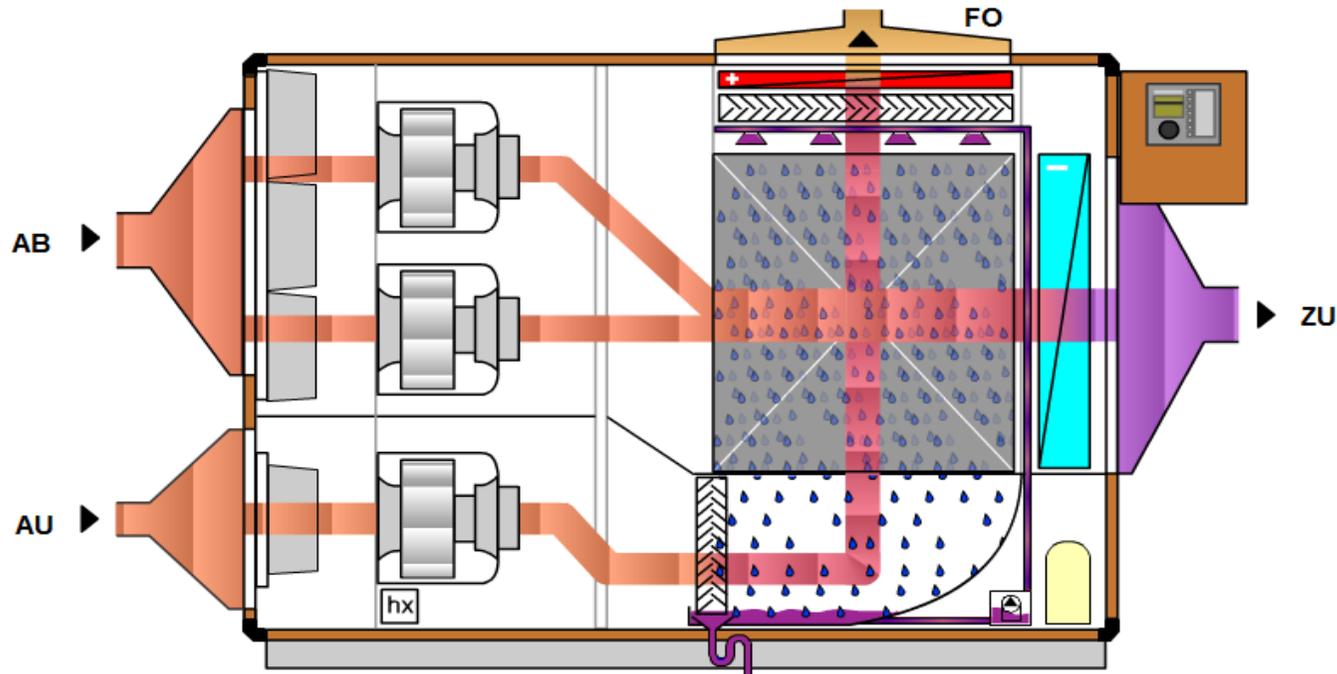
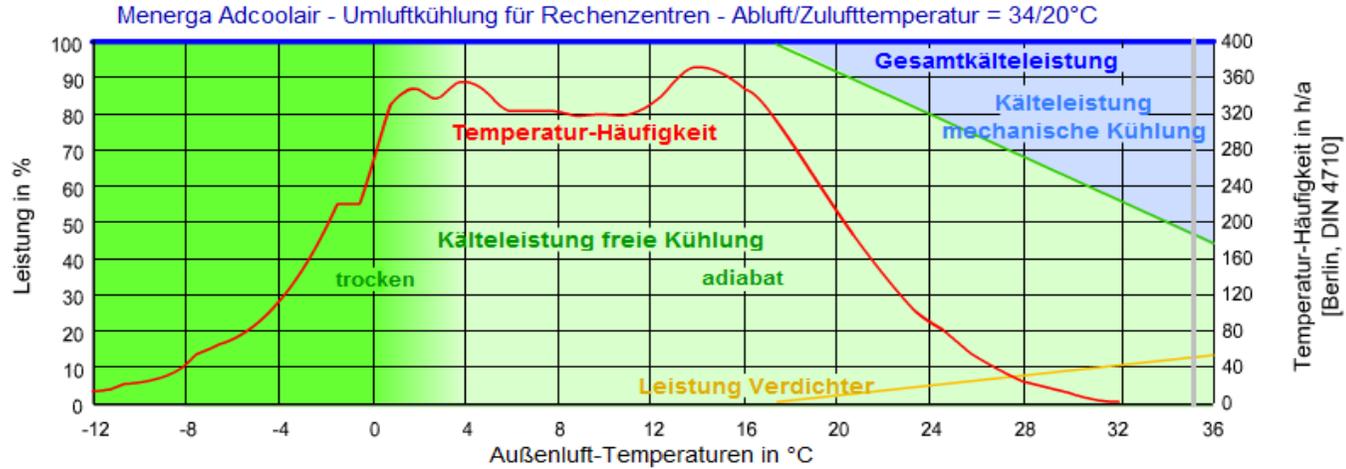
Technikzentrale

IT-Raum



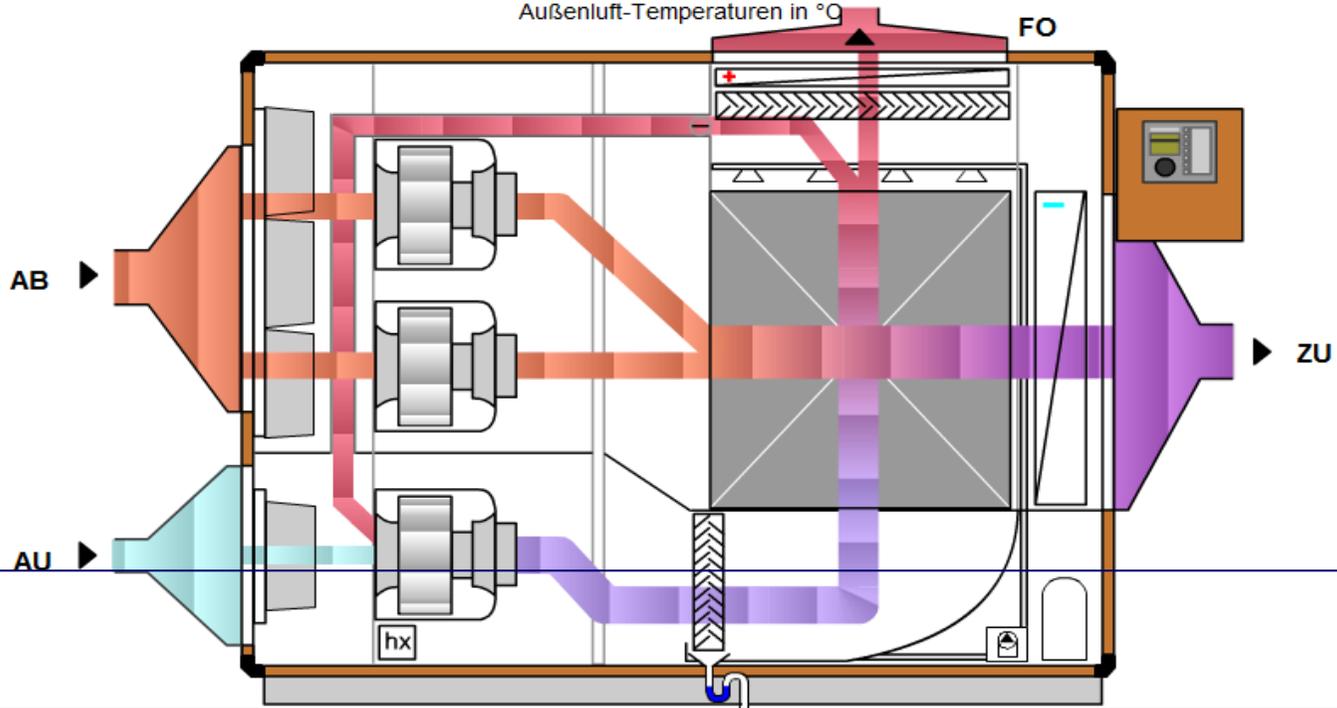
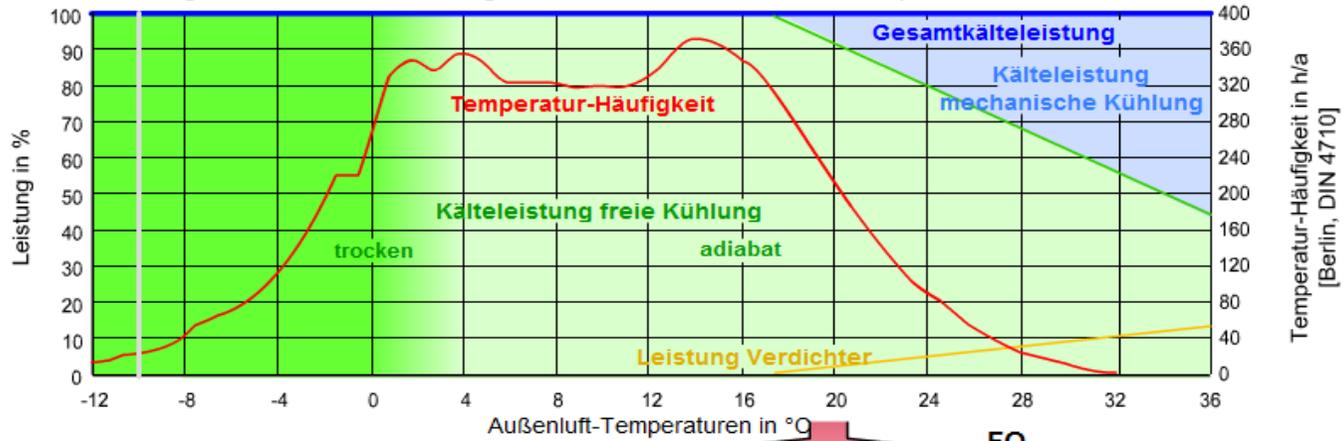
Kühlung von Rechenzentren

Betriebszustände



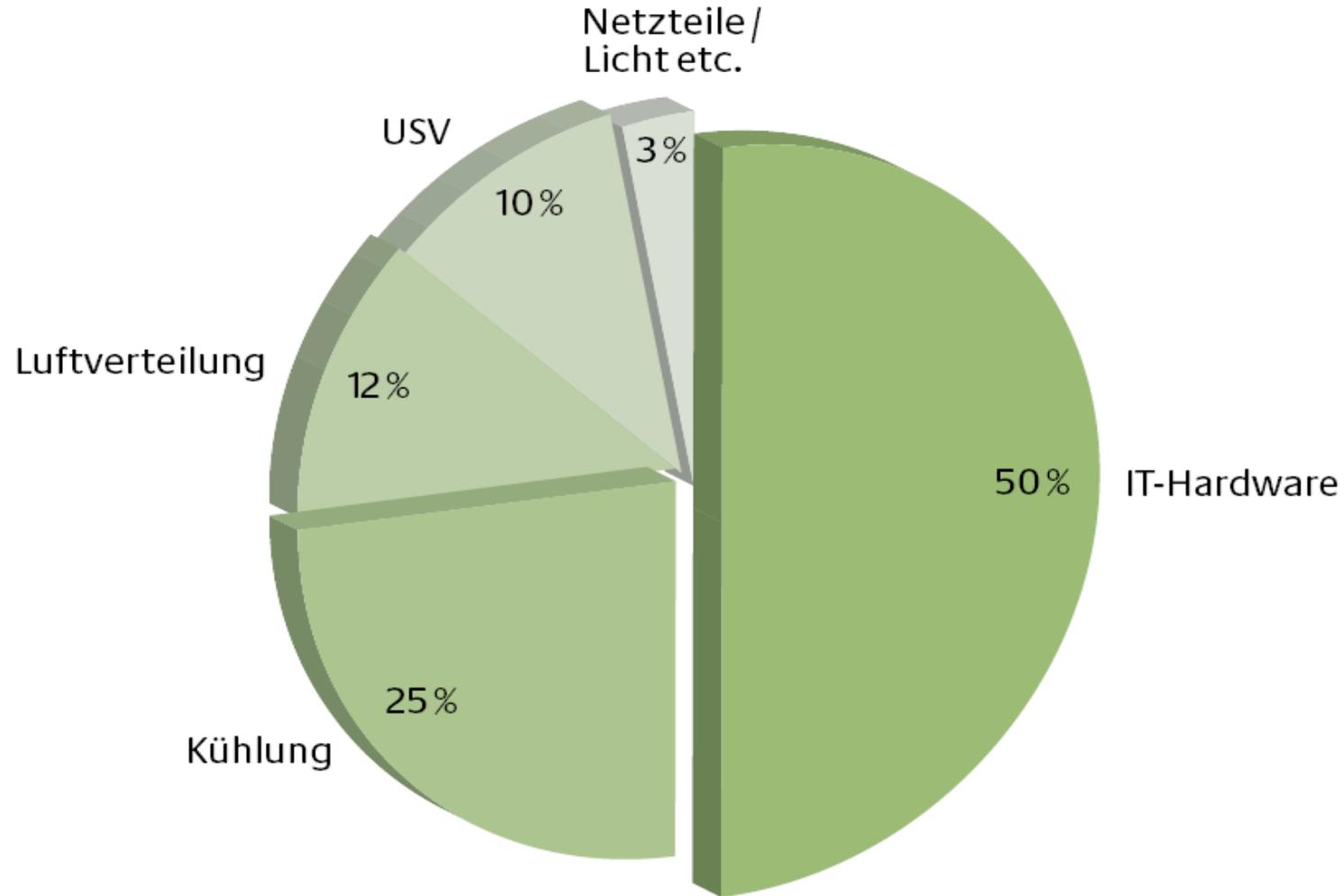
Betriebszustände

Menerga Adcoolair - Umluftkühlung für Rechenzentren - Abluft/Zulufttemperatur = 34/20°C



Kühlung von Rechenzentren

Elektroenergieverbrauch verschiedener Kühlsysteme



Elektroenergieverbrauch 4 verschiedener Kühlsysteme:

Analyse vier verschiedener Systeme zur Wärmeabfuhr aus einem thermisch hochbelasteten Raum

Berechnungen lehnen sich an technische Datenblätter / Katalogangaben von realen Anlagen an

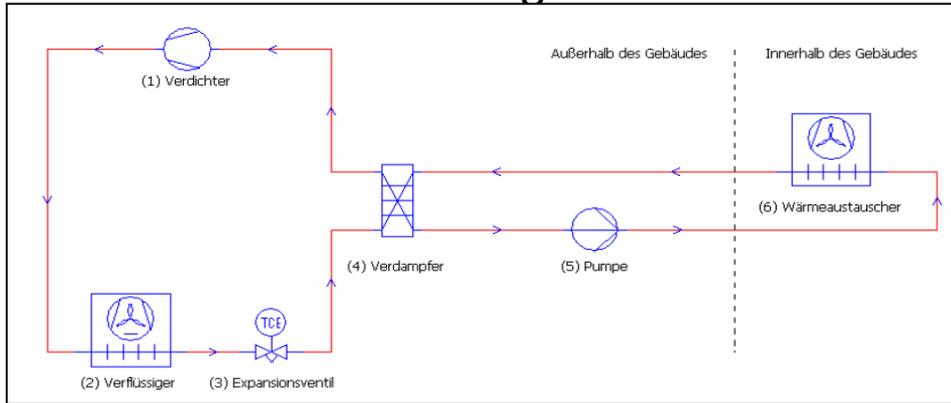
interne Wärmelast des thermisch hochbelasteten Raumes beträgt konstant **50kW** und wird von äußeren Faktoren nicht beeinflusst.

Abluft-/Zulufttemperatur = 34°C/20°C

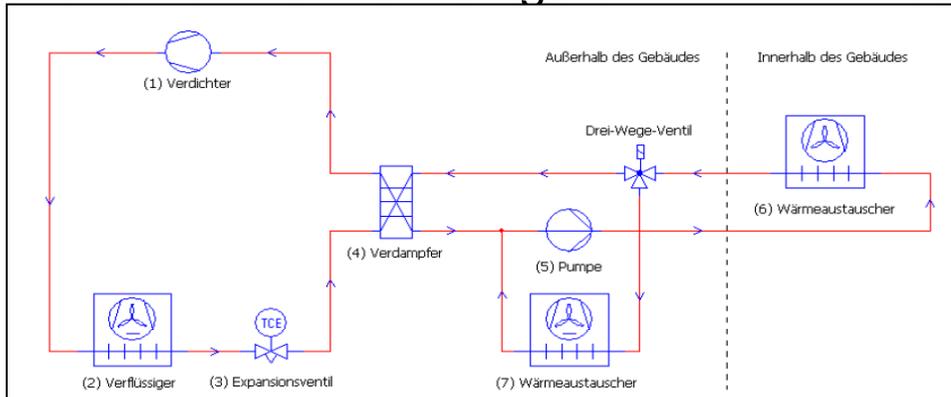
Abluftfeuchte zwischen 20% und 80% relative Feuchte

Bei Verwendung von Kaltwasser beträgt VL/RL = 10/15°C

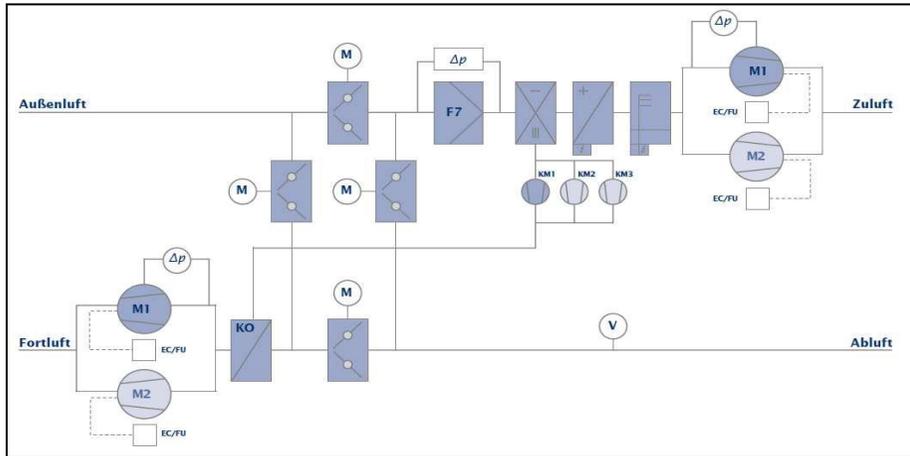
Variante 1: Umluftkühlgerät mit KW-Erzeuger ohne Freecooling



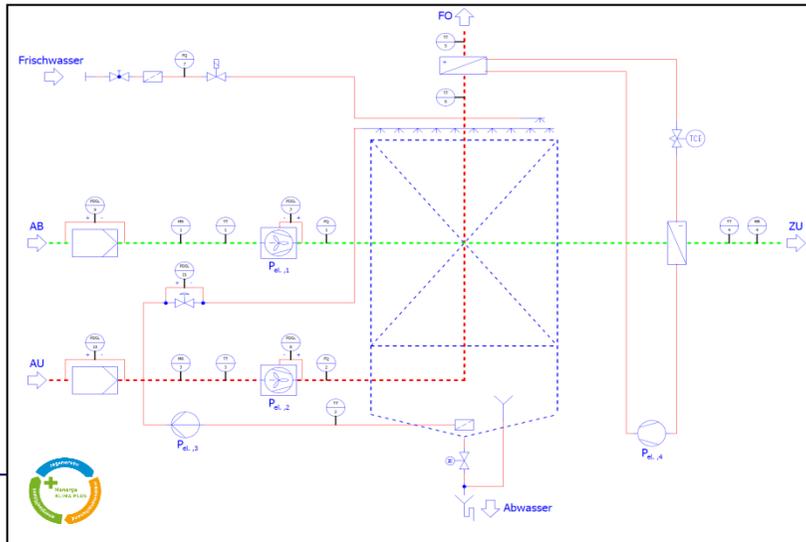
Variante 2: Umluftkühlgerät mit KW-Erzeuger mit Freecooling



Variante 3: Umluftkühlgerät mit direktem Freecooling

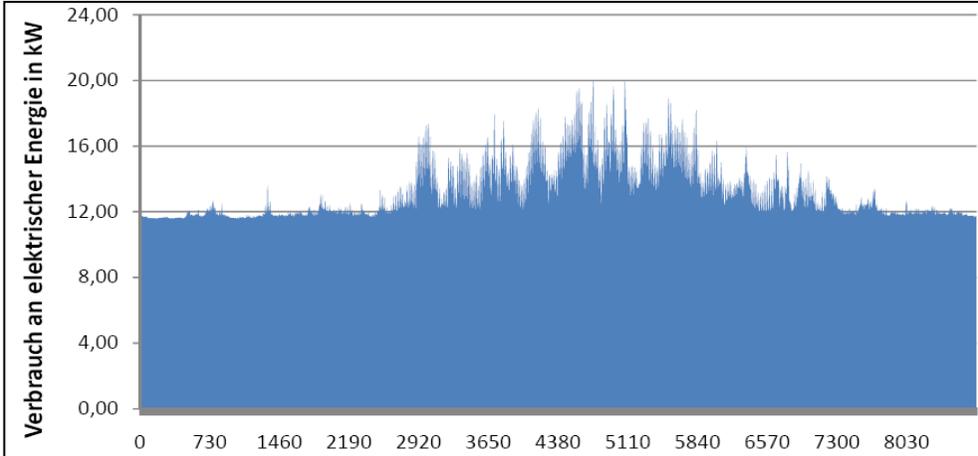


Variante 4: Adcoolair – indirekte Freecooling und adiabater Verdunstungskühlung

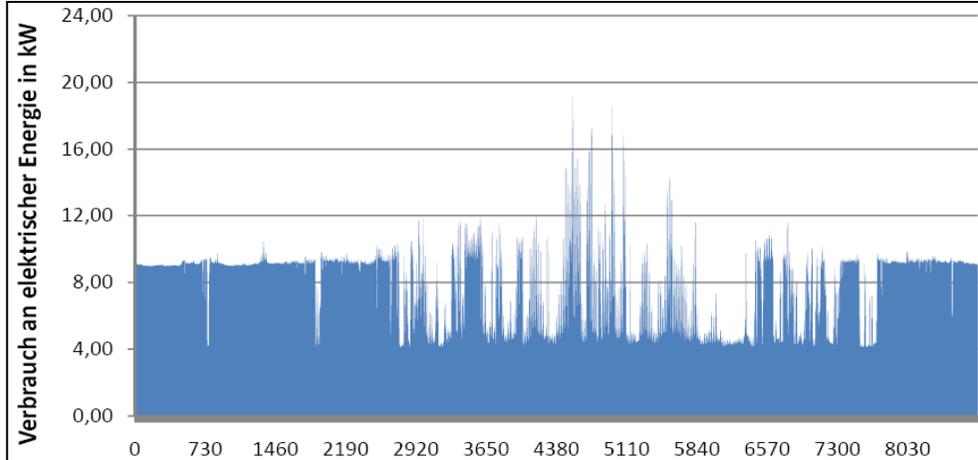
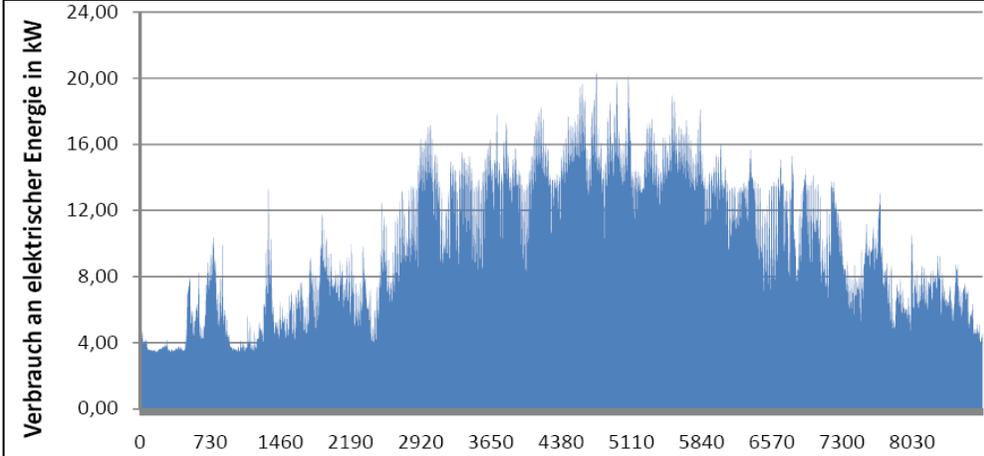


Elektroenergieverbrauch verschiedener Kühlsysteme

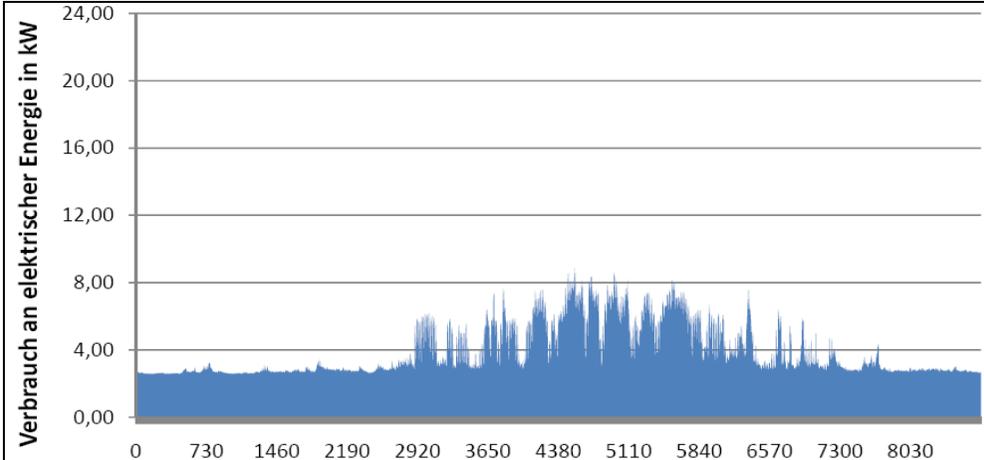
Variante 1: Umluftkühlgerät mit KW-Erzeuger ohne Freecooling



Variante 2: Umluftkühlgerät mit KW-Erzeuger mit Freecooling



Variante 3: Umluftkühlgerät mit direktem Freecooling



Variante 4: Adcoolair - Umluftkühlgerät mit indirektem Freecooling und adiabater Verdunstungskühlung

Kühlung von Rechenzentren

Adcoolair - Umluftkühlgerät mit indirektem Freecooling und adiabater Verdunstungskühlung

36.482

EER_{Gesamt} = 12,0

Umluftkühlgerät mit direktem Freecooling

66.394

EER_{Gesamt} = 6,6

Umluftkühlgerät mit KW-Erzeuger mit Freecooling

86.901

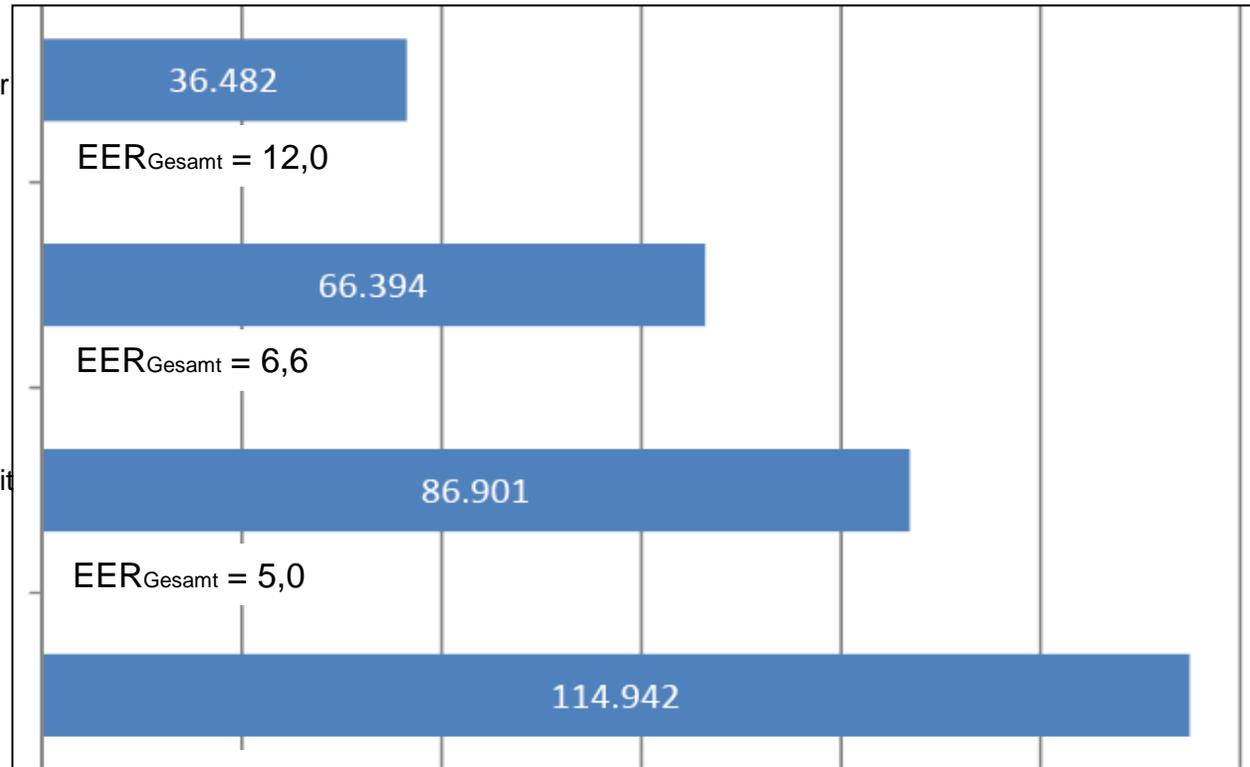
EER_{Gesamt} = 5,0

Umluftkühlgerät mit KW-Erzeuger ohne Freecooling

114.942

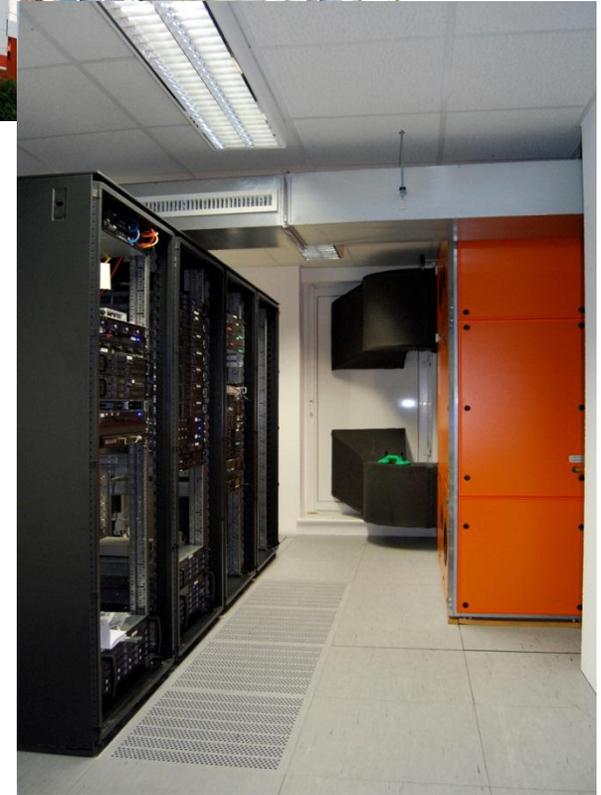
EER_{Gesamt} = 3,8

jährlicher Elektroenergieverbrauch in kWh bei 50 kW Last



Beispiel: communicode in Essen

Communi
Empfang



communicode in Essen

Gerätetyp 750401

AB/ZU Volumenstrom max. 3.500 m³/h

AU/FO Volumenstrom max. 2.300 m³/h

AB/ZU Temperatur = 35/17°C

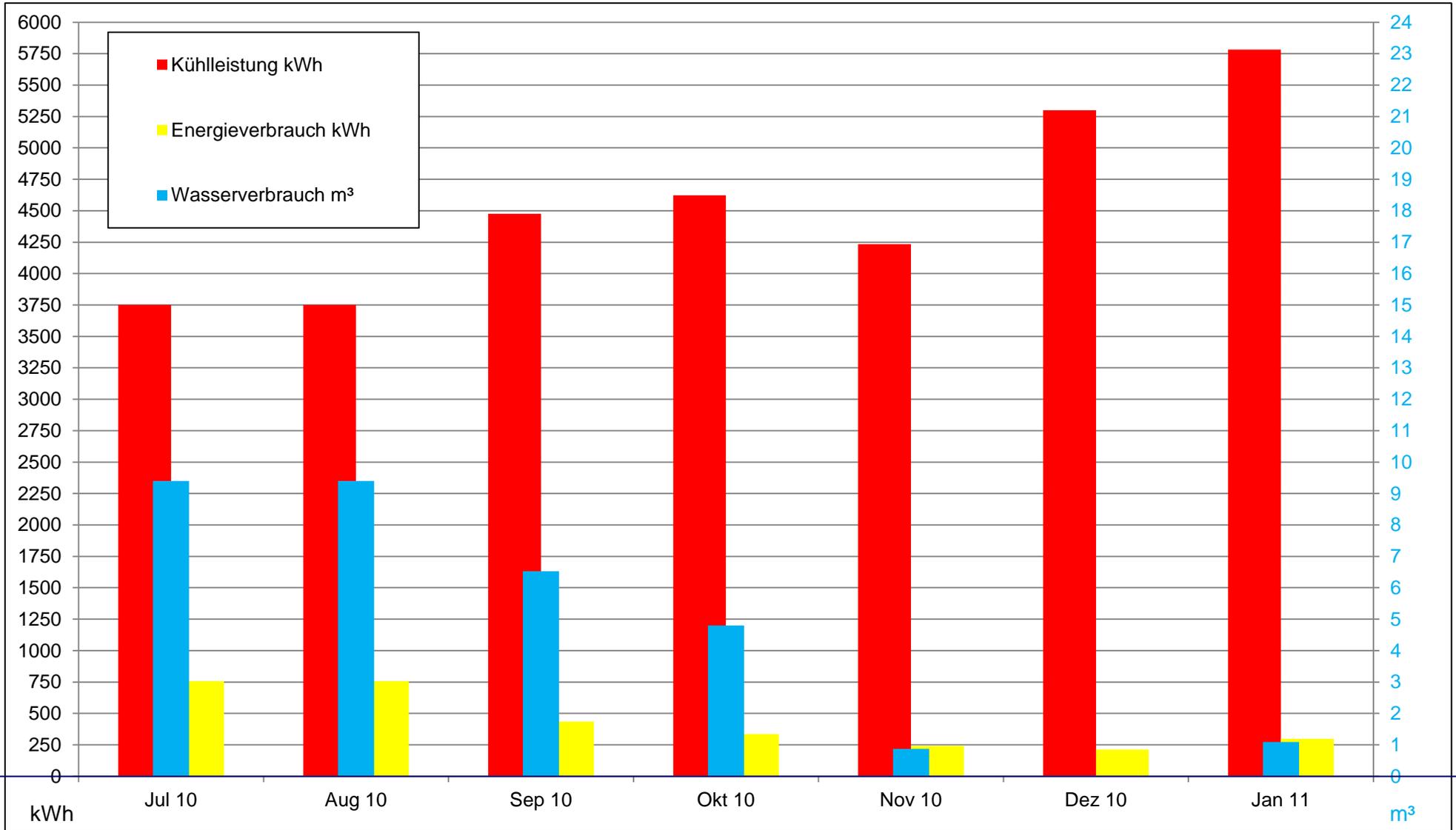
Kühlleistung max. 19,8 kW

Verdichteraufnahmeleistung = 1,7 kW

Inbetriebnahme Juni 2010



communicode in Essen



communicode in Essen

Bilanz Juli 2010 – Januar 2011
(7 Betriebsmonate)

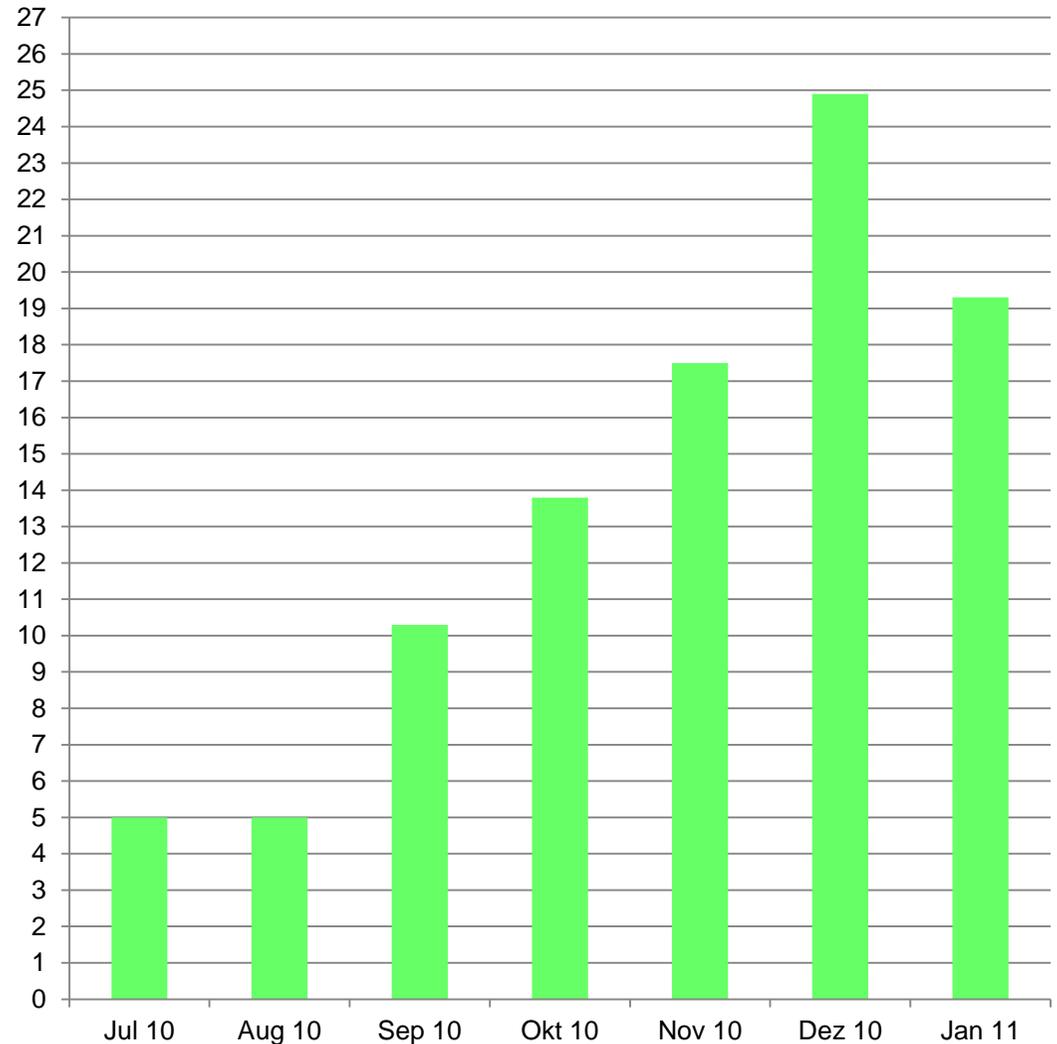
Kühlleistung: 31.918 kWh

el. Leistung: 3.039 kWh

EER_{Gesamt}: 10,5

Wasser-
verbrauch: 32 m³

■ EERgesamt



communicode in Essen

Bilanz Juli 2010 – Januar 2011 (7 Betriebsmonate)

Die Einsparung an elektrischer Energie gegenüber dem vorher installierten Umluftkühlgerät ohne Freecooling ($EER_{\text{gesamt}} = 3,8$) beträgt 5360 kWh.

Dies entspricht einer CO₂-Einsparung von 3160 kg

Auf Grundlage von Stromkosten von 0,20 EUR/kWh und Wasserkosten von 3,00 EUR/m³ ergeben sich:

Reduzierte Stromkosten	1072,- EUR
Mehrkosten für Wasserverbrauch -	96,- EUR
Einsparung Betriebskosten	976,- EUR

kompakte Kältezentrale Menerga SolVent mit integrierter freier Kühlung



Dargestellter Typ 98 04 01

Menerga Kältesystem mit Freier Kühlung

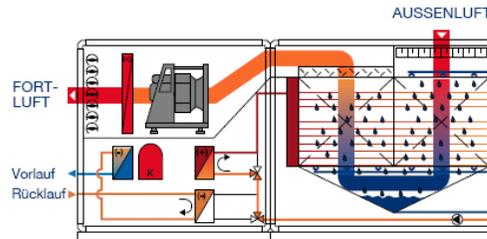
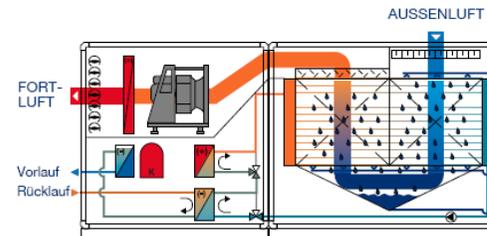
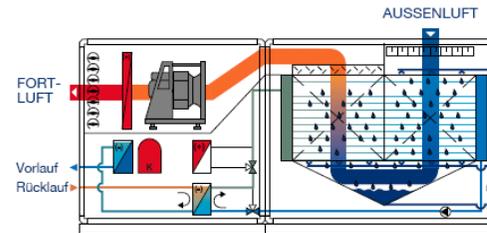
1 Freie und Verdunstungskühlung

2 Teillastbetrieb freie und Verdunstungskühlung Kompressions-Kältemaschine kondensiert auf Fortluft

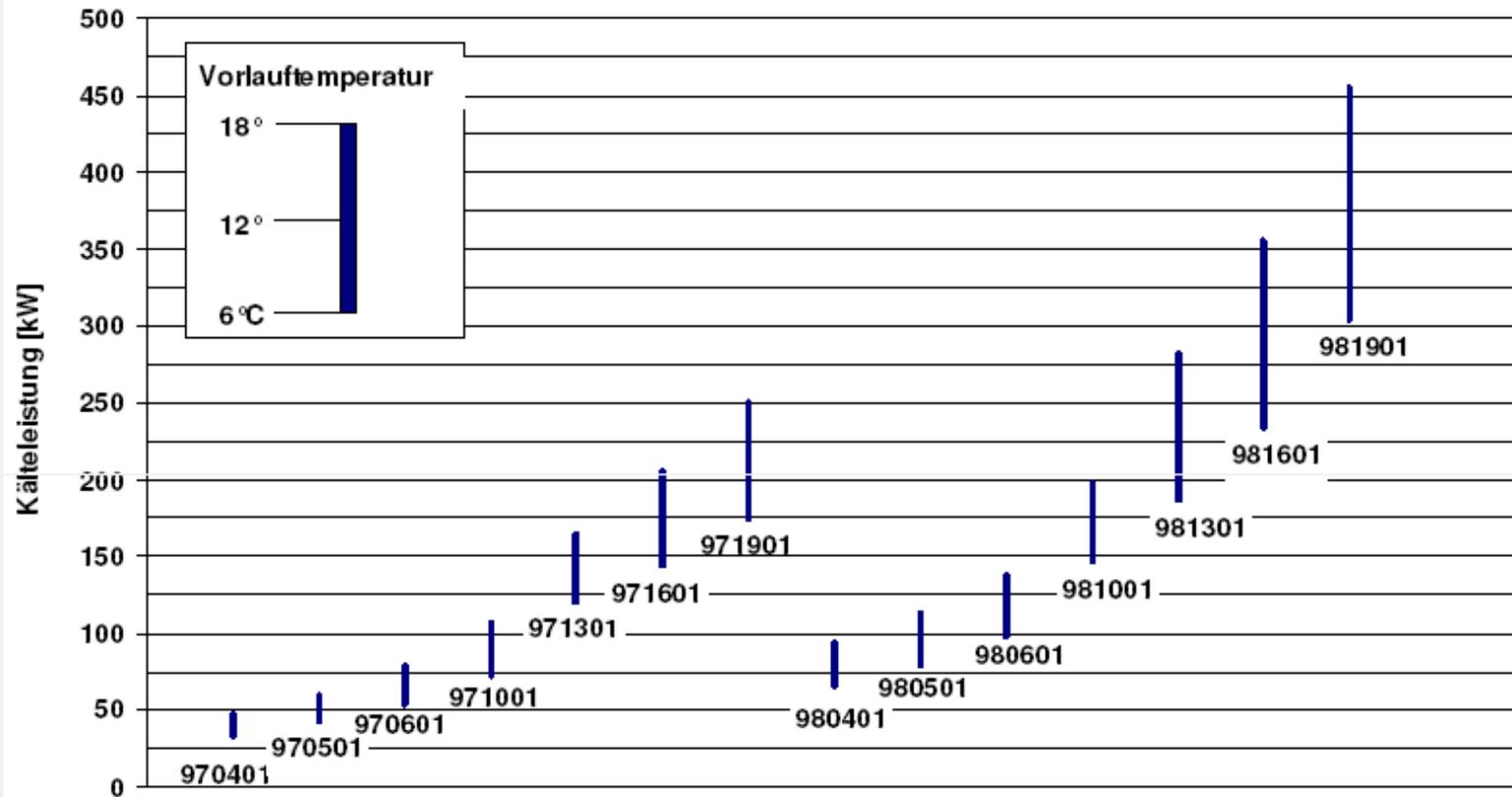
3 Freie und Verdunstungskühlung - Kompressions-Kälte- maschine kondensiert auf Fortluft und Sekundärkreis

4 Kühlung über Kompressions-Kälteanlage

Betriebszustände



Leistungsbereiche *range of performance*



Kälteerzeugung mit Freier Kühlung: Betriebsartenübersicht



DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT



menerga