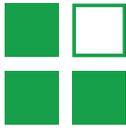


Freie Kühlung von Rechenzentren

Welche Lösung ist die richtige?



Der Beitrag geht der Frage nach, ob eine direkte und indirekte Freie Kühlung von Rechenzentren mit zentralen Raumluftechnischen Geräten mit Verdunstungskühlung oder Wärmerückgewinnung die richtige Lösung sein kann.

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup¹,
Boris Wollscheid B. Eng.²,
Maria Swiderek M. Sc. B. Eng.³

¹Honorarprofessor der Hochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld für Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung, geschäftsführender Gesellschafter der Howatherm Klimatechnik GmbH und Vorstandsvorsitzender des Fachverbands Gebäude Klima e.V. (FGK),
²Entwicklungsingenieur Howatherm Klimatechnik GmbH,
³Entwicklungsingenieurin Howatherm Klimatechnik GmbH

Freie Kühlung durch Außenluft

Außenluft kann als Wärmesenke zur Kühlung von Rechenzentren genutzt werden, da die Außenluft im Jahresverlauf meistens kälter als beispielsweise 23 °C ist und in Deutschland nur ca. 600 h/a eine Kühlung bei Außenlufttemperaturen über 23 °C erforderlich wird. Es besteht im Prinzip entweder die Möglichkeit die Außenluft ohne Umwege zu verwenden, also das Rechenzentrum direkt mit Außenluft zu belüften und damit zu kühlen, oder aber die Außenluft über einen Wärmeübertrager zu entkoppeln, also indirekt zur Kühlung zu nutzen.

Die direkte freie Kühlung hat den großen Vorteil, dass der Wärmewiderstand und der Druckabfall eines sonst notwendigen Wärmeübertragers nicht berücksichtigt werden müssen. Sie hat aber auch den Nachteil, dass die Zuluft im Winter befeuchtet und im Sommer entfeuchtet werden muss.

In Abhängigkeit der Außenluftfeuchte ist daher eine Kombination aus der direkten und der indirekten freien Kühlung anzustreben. Bei zu hoher und

bei zu niedriger Feuchte oder bei belasteter Außenluft kann die indirekte freie Kühlung genutzt werden, während bei zulässigen Feuchten und unbelasteter Außenluft die direkte freie Kühlung verwendet wird.

Tabelle 1 veranschaulicht am Beispiel von Mannheim die spezifischen Außenluftkonditionen während eines Jahres und deren Summenhäufigkeiten in 1/10 h [1].

Unterhalb einer Außenlufttemperatur von 18,5 °C und einer absoluten Feuchte unter 4,5 g/kg wird in rund 1.990 h/a durch Nutzung der indirekten freien Kühlung und ohne zusätzliche thermodynamische Luftaufbereitung die geforderte Zulufttemperatur erreicht (Tabelle 1, türkiser Bereich).

Unterhalb von 18,5 °C und über 4,5 g/kg (bis 10,5 g/kg) kann in 4.851 h/a die minimale Zulufttemperatur durch Mischen von Außenluft mit Abluft energetisch effizient gewährleistet werden, da keine Luftbehandlungsfunktionen erforderlich sind (Tabelle 1 gelb-beiger Bereich).

Im Bereich über 26,5 °C Außenluft und bis zu einer Außenluftfeuchte von 10,5 g/kg kann durch trockene, sensible Kühlung die geforderte Zulufttemperatur in ca. 250 h/a sichergestellt werden (Tabelle 1, dunkelgrüner, blauer und hellblauer Bereich). Die notwendige Kühlung wird dann durch ein Rückkühlwerk (RKW) auf Basis eines Wärmeübertragers mit indirekter Verdunstungskühlung bereitgestellt.

Durch die Verwendung eines Rückkühlwerkes, das mit Außenluft betrieben wird, wird die Temperatur nach dem Rückkühlwerk je nach Außen- und Abluftluftkondition auf ca. 18 bis 24 °C reduziert, ohne dass eine zusätzliche Kältemaschine benötigt wird.

Liegt der Energieinhalt der Abluft niedriger als der Energieinhalt der Außenluft, kann auch das Verfahren der Wärmerückgewinnung (WRG) zum Einsatz kommen. Dies setzt allerdings voraus, dass die Außenluft direkt dem Rechenzentrum zugeführt werden kann.

Wenn die Summenhäufigkeiten der einzelnen Betriebszustände (Tabelle 1) addiert werden, so ergibt sich für die direkte freie Kühlung (hellgrauer und gelb-beiger Bereich) eine Summenhäufigkeit von rund 5.962 h, also 68 % der Jahresnutzungszeit, während 2.798 h, also 32 % auf die indirekte Nutzung der Außenluft fallen (beispielsweise 4,5 g und 10,5 g als Feuchtegrenzwerte).

Bei anderen Feuchtegrenzwerten verschieben sich Laufzeiten für die einzelnen Betriebszustände entsprechend.

Im Bereich über 10,5 g/kg Außenluftfeuchte wird Umluft mit einer indirekten Verdunstungskühlung durch Außenluft genutzt, da die absolute Feuchte der Außenluft für eine direkte Nutzung zu hoch ausfällt (Tabelle 1, z. B. hellroter Bereich, 0,8 %).

1

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Freien Kühlung (Eingabe- und Übersichtsmaske)



Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Gegenüber einer rein mechanischen Kühlung im Umluftverfahren kann durch die Freie Kühlung ohne mechanische Ergänzung ein erheblicher Anteil an Energie eingespart werden.

Mit dem Softwaretool „CrossXflow“, das von Howatherm Klimatechnik GmbH in Zusammenarbeit mit dem Umwelt-Campus

Tabelle 1

h/x	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	Sum	
39,5																						0
38,5					1	3	1															5
37,5					3	6	1	1														11
36,5					4	4	5	6	2	3												27
35,5					1	5	7	3	4	1	3	1	1									26
34,5						5	10	6	7	5	7	8	1	1	1							51
33,5					1	3	3	10	7	7	13	16	11	3	1	1	1	2	1			80
32,5					5	8	15	11	15	25	11	14	9	7	1	1	1	1			1	124
31,5					7	11	19	27	31	23	25	25	18	13	4	3	3					209
30,5					1	4	17	27	42	57	57	49	44	21	19	10	3	2			1	354
29,5					3	14	20	33	59	87	79	57	45	15	13	8	5	1	2			441
28,5					3	16	27	46	75	89	93	83	63	41	27	15	9	1	1	1		590
27,5					1	7	25	28	49	83	111	117	101	96	57	21	16	7	2	1		722
26,5					7	21	35	76	110	126	111	111	81	63	41	18	5	2	1	1	1	810
25,5					9	33	49	105	128	130	148	135	102	77	47	26	7	4	1	1		1.002
24,5					17	37	75	118	158	185	187	147	101	97	56	27	9	6	2	1		1.223
23,5					3	13	35	89	160	190	185	205	177	139	99	71	29	9	4	1		1.409
22,5					3	13	36	118	172	236	237	239	204	167	99	59	31	9	4	1		1.628
21,5					7	25	51	133	203	257	276	284	249	203	144	92	36	11	1			1.972
20,5					9	33	91	152	219	245	326	341	309	243	163	105	29	5				2.270
19,5					19	39	107	177	248	294	360	365	330	325	240	91	20					2.615
18,5					1	21	47	111	207	291	344	409	440	377	382	282	17					2.929
17,5					1	21	57	117	213	303	390	490	504	517	467	78						3.158
16,5					4	13	58	135	244	384	456	584	625	687	195	3						3.390
15,5					1	24	79	149	275	411	549	747	833	491	7							3.566
14,5					4	31	81	171	288	457	689	858	954	60								3.593
13,5					9	37	103	181	342	601	785	1177	444									3.766
12,5					7	44	135	218	433	771	1065	1072	21									3.766
11,5					7	53	148	285	583	951	1471	294										3.792
10,5					7	55	179	403	756	1170	1141	5										3.716
9,5					9	73	205	507	1081	1682	273											3.830
8,5					21	105	237	663	1351	1397	9											3.783
7,5					16	125	322	876	1946	571												3.856
6,5					15	125	433	1177	1879	37												3.666
5,5					17	136	613	1625	1160													3.551
4,5					14	167	783	2042	215													3.221
3,5					31	193	1104	1807	1													3.136
2,5					39	267	1487	1109														2.902
1,5					47	383	1960	343														2.733
0,5					51	519	1927	7														2.504
-0,5					69	644	1063															1.776
-1,5					1	96	826	657														1.580
-2,5					1	101	946	137														1.185
-3,5						139	707	4														850
-4,5						147	411															558
-5,5						133	267															400
-6,5						133	267															274
-7,5						167	37															204
-8,5						151																151
-9,5						1	116															117
-10,5						2	86															88
-11,5						1	33															34
-12,5							33															33
-13,5							25															25
-14,5							1	21														22
-15,5							7	4														11
-16,5																						7
-17,5							3															3

Häufigkeit der Außenluftzustände nach VDI 4710 [2] am Beispiel von Mannheim und beispielhafte Nutzung der Freien Kühlung

Tabelle 2

Bereich	Anlagenzustand	h/a	%
1	RKW UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung mit Verdunstungskühlung	2	0,0
2a	RKW UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung mit Verdunstungskühlung	247	2,8
2b	WRG UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung mit Verdunstungskühlung	6	0,1
3	RKW UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung mit Verdunstungskühlung	68	0,8
4	RKW UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung mit Verdunstungskühlung	27	0,3
5	isotherme direkte AUL-Kühlung	1.111	12,7
6	RKW UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung mit Verdunstungskühlung	389	4,4
7	RKW UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung	1.990	22,7
8	Mischbetrieb direkte AUL-Kühlung	4.851	55,3
9	RKW UML-Betrieb indirekte AUL-Kühlung	75	0,9

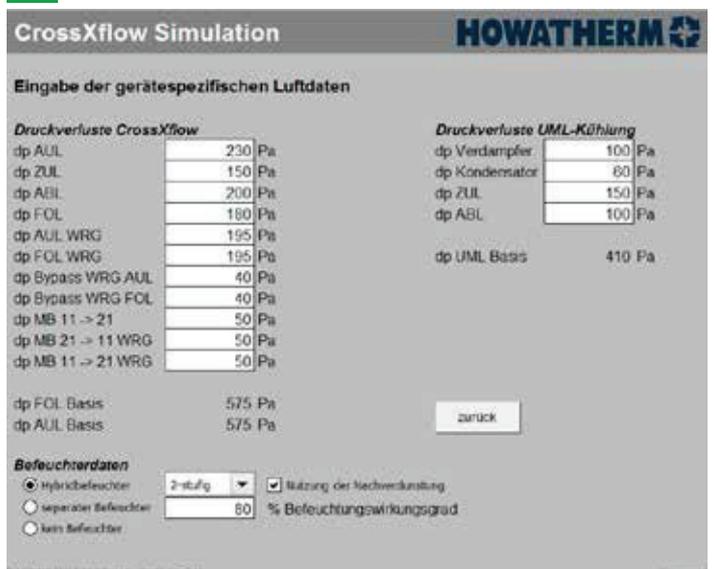
Verschiedene Betriebszustände für die Nutzung der Freien Kühlung

Tabelle 3

h/x	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	
39,5																					
38,5					S1	S1	S1														
37,5					S1	S1	S1	S1													
36,5					S1	S1	S1+	S1+													
35,5					S1	S1	S1	S1+	S1+												
34,5					S1	S1	S1	S1	S1+	S1+											
33,5					S1	S1	S1	S1	S1+	S1+	S1+	S1+									
32,5					S1	S1	S1	S1	S1	S1+	S1+	S1+	S1+		S2+						
31,5					S1	S1	S1	S1	S1	S1+	S1+	S1+	S1+								
30,5					S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1+	S2+						
29,5					S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1+						
28,5					S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1+						
27,5					S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1+						
26,5					S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1+						
25,5					S1																S2+
24,5					S1																S2+
23,5					S1	S1															S2+
22,5					S1	S1															S2+
21,5					S1	S1															S2+
20,5					S1	S1															S2+
19,5					S1	S1															S1+
18,5					S1	S1	S1														S1+
17,5																					
16,5																					

Erforderliche Befeuchterstufen / einstufig (S1), zweistufig (S2) und mit Nachverdunstung (+)

2 Eingabemaske der lufttechnischen Daten im Anwendungsfall



Birkenfeld der Hochschule Trier entwickelt wurde, können die Einspareffekte der Freien Kühlung standortbezogen berechnet werden. Hierzu sind sämtliche deutsche Klimazonen, sowohl nach DIN 4710, als auch nach VDI 4710 hinterlegt. Darüber hinaus werden die erforderlichen Rahmenbedingungen, wie Kaltgang- und Warmgangtemperaturen, sowie Feuchtgrenzwerte berücksichtigt.

In Bild 1 ist die Eingabe- und Übersichtsmaske einer Wirtschaftlichkeitsberechnung dargestellt. Im Beispiel werden 100 kW an ganzjähriger Kühlleistung berechnet. Die Volumenströme gleiten im Beispiel zwischen etwa 35.100 m³/h bis rund 18.100 m³/h.

Auch die spezifischen Energiedaten für Strom und Wasser, Wärmeübertrager und Kältemaschine werden hier definiert.

Zur exakten Berechnung können auch sämtliche lufttechnischen Daten der Gerätelösung (Druckverluste, Befeuchterdaten etc.) eingegeben werden (Bild 2).

Aus Tabelle 3 ergeben sich die erforderlichen Befeuchtungsstufen der indirekten Verdunstungskühl

Tabelle 4

vx	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	
39,5																					
38,5																					
37,5																					
36,5																					
35,5																					
34,5																					
33,5																					
32,5																					
31,5																					
30,5																					
29,5																					
28,5																					
27,5																					
26,5																					
25,5																					
24,5																					
23,5																					
22,5																					
21,5																					
20,5																					
19,5																					
18,5																					
17,5																					
16,5																					
15,5																					
14,5																					
13,5																					
12,5																					
11,5																					
10,5																					
9,5																					
8,5																					
7,5																					
6,5																					
5,5																					
4,5																					
3,5																					
2,5																					
1,5																					
0,5																					
-0,5																					
-1,5																					
-2,5																					
-3,5																					
-4,5																					
-5,5																					
-6,5																					
-7,5																					
-8,5																					
-9,5																					
-10,5																					
-11,5																					
-12,5																					
-13,5																					
-14,5																					
-15,5																					
-16,5																					
-17,5																					

Zuluftvolumenströme in Tausend m³/h für eine erforderliche Kühlleistung von 100 kW

der beiden Ventilatoren entnommen werden.

Das Softwaretool berechnet die Einsparung im Vergleich zur reinen Umluftkühlung, die ebenfalls detailliert spezifiziert werden kann (Bild 2).

Da im Beispiel auf die mechanische Kühlung vollständig verzichtet werden kann, reduzieren sich die Betriebskosten der Freien Kühlung, kombiniert mit der indirekten Verdunstungskühlung im Beispiel erheblich auf rund 11 % der ursprünglichen Kosten bei reiner Umluftkühlung (Bild 3).

Man erhält außerdem die vollständigen wirtschaftlichen Daten, wie die Amortisation, den Kapitalwert der Ersparnisse sowie sämtliche Investi-

tionskosten, die überschlägig berechnet werden. Auch eine individuelle Berechnung der mit tatsächlichen Investitionskosten ist möglich.

Die Nutzung der Außenluft als Temperatursenke ist demnach eine zu bevorzugende Technologie.

Gegenüber der traditionellen Kühlung im Umluftverfahren mittels einer Kompressionskälteanlage sind die Betriebskosten bedeutend geringer.

Zudem kann bei der Verwendung der kombinierten direkten und indirekten freien Kühlung der Bedarf an Befeuchtungs- und Entfeuchtungsleistungen eliminiert werden.

Bei der Nutzung der indirekten Verdunstungskühlung und effizien-

Tabelle 5

vx	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	
39,5																					
38,5																					
37,5																					
36,5																					
35,5																					
34,5																					
33,5																					
32,5																					
31,5																					
30,5																					
29,5																					
28,5																					
27,5																					
26,5																					
25,5																					
24,5																					
23,5																					
22,5																					
21,5																					
20,5																					
19,5																					
18,5																					
17,5																					
16,5																					
15,5																					
14,5																					
13,5																					
12,5																					
11,5																					
10,5																					
9,5																					
8,5																					
7,5																					
6,5																					
5,5																					
4,5																					
3,5																					
2,5																					
1,5																					
0,5																					
-0,5																					
-1,5																					
-2,5																					
-3,5																					
-4,5																					
-5,5																					
-6,5																					
-7,5																					
-8,5																					
-9,5																					
-10,5																					
-11,5																					
-12,5																					
-13,5																					
-14,5																					
-15,5																					
-16,5																					

nik verwendet. Bei der Beachtung der konstruktiven Kriterien können KV-Systeme als Hochleistungssysteme mit bis zu 80 % Systemübertragungsgrad wirtschaftlich eingesetzt werden. Neben der Funktion der RZ-Kühlung können dann aber auch zusätzliche Funktionen der Energierückgewinnung im System realisiert werden. Dabei kann die zurückübertragene Wärme nicht nur an die Umgebung (Ursprungsprozess) abgegeben werden, sondern auch vollständig oder teilweise einem anderen Prozess direkt oder indirekt zugeführt werden.

Zusatzenergien – Mehrfachfunktionale Nutzung des WRG-Systems

Der Umlaufmassenstrom (Wasser-Glykol-Gemisch) eines Hochleistungs-Kreislaufverbund-Systems, dessen eigentliche Funktion die Wärmeübertragung ist, kann daneben auch genutzt werden, um Wärme aber auch Kälte in das System ein- oder auszukoppeln. Dadurch, dass in einem solchen Fall kein zusätzlicher Luft-Wärmeübertrager notwendig ist, erhöht sich die Wirtschaftlichkeit eines Hochleistungs-KV-Systems beträchtlich, da zum einen die Investitionskosten verringert und zum anderen die Betriebskosten, verursacht durch die geminderten Druckverluste, reduziert werden können.

Einfluss der Ein- und Auskopplung von Energieströmen in gekoppelte Wärmeübertrager

Wenn in den Zwischenkreis der WRG nun weitere Energieströme ein- oder ausgekoppelt werden wie z. B. die Abwärme, die an anderer Stelle genutzt werden soll, muss der Einfluss auf das System berücksichtigt werden. Hierbei ist zu unterscheiden, ob dies im Vorlauf oder im Rücklauf des Systems geschieht [3].

Hierbei wird der Übertragungsgrad der WRG entsprechend beeinflusst. Dieser Einfluss muss bei einer seriösen Betrachtung der Gesamteffizienz der WRG berechnet werden. Denn durch das Ein- und Auskoppeln von Wärme kann der Gesamtübertragungsgrad des Systems sowohl negativ als auch positiv beeinflusst werden.

Diese Beeinflussung muss natürlich bei der Auslegung des Systems und bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen berücksichtigt werden.

Die erweiterten Funktionen – Indirekte oder direkte Nachkühlung

Über einen Plattenwärmeübertrager kann z. B. Kaltwasser-Kälte in das System (Zwischenkreis) eingespeist werden, wenn ein zusätzlicher Kältebedarf notwendig wird.

Kältemaschinenabwärme

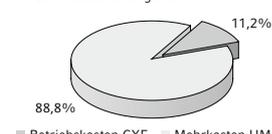
Die Abwärme einer evtl. erforderlichen Kältemaschine kann energetisch vorteilhaft, über das in Luftrichtung gesehen letzte Register des Wärmeübertragers im Fortluftstrom, abgegeben werden. Hierzu wird das letzte Register aus dem Wärmeabfuhrprozess ausgekoppelt und der Kältemaschinenrückkühlung zur Verfügung gestellt oder die Kältemaschinenabwärme wird über einen Plattenwärmeübertrager im Rücklauf eingespeist.

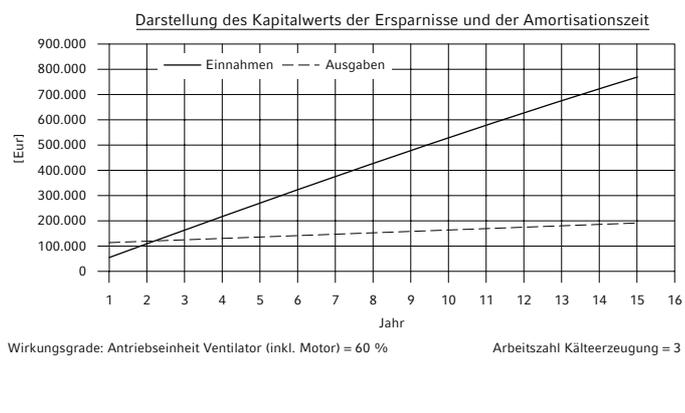
Abwärmeauskopplung

Hier kann Wärme dem Prozessluftstrom entzogen werden. In diesem Fall wird durch die Verwendung eines Plattenwärmeübertragers dem Medienstrom Wärme z. B. zur Brauchwasservorerwärmung

3 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Eingabedaten			
Klimazone:	Mannheim (12) VDI 4710	Stromkosten:	0,150 €/kWh
Luftmenge:	35.084 m³/h	Wasserkosten:	10,0 €/m³
Mehrinvest:	135.907 €	Additiv:	10,0 €/l
Minderinvest:	27.278 €	Nutzungsdauer:	15 Jahre
Investition:	108.629 €	Betriebsstunden:	8.760 h/a
		Kapitalzins:	3,0 %
		Preissteigerung:	2,0 %

Auswertung			
Ertrag (1. Jahr)		Aufwand (1. Jahr)	
Investition	0 €	Investition	108.629 €
Kapital	0 €/a	Kapital	9.099 €/a
Ventilatoren	3.524 €/a	Ventilatoren	0 €/a
Kälteenergie	46.766 €/a	Wasserkosten	719 €/a
		Additiv	262 €/a
Einnahmen (n. Laufzeit)		Ausgaben (n. Laufzeit)	
	770.982 €		193.038 €
Kapitalwert der Ersparnisse	577.945 €	Betriebskostenvergleich	
Amortisation	2,2 Jahre		
COP (Mittelwert)	20,0		
COP (gewichtet)	38,1		



entzogen (Bild 4). Durch die Abwärmenutzung (Wärmeauskopplung) verbessert sich der Übertragungsgrad der Wärmeübertragung zudem wesentlich. Kann die gesamte Abwärme nicht genutzt werden, wird die restliche Abwärmemenge über den Rückkühler an die Umgebung abgegeben.

Diese Abwärme kann auch zur Erwärmung der Zuluft einer Raumlufttechnischen Anlage verwendet werden.

Mit dieser Technik lassen sich im Rechenzentrum Vorlauftemperaturen von bis zu 33 °C erreichen. Reicht dieses Temperaturniveau nicht aus, kann das Niveau mit einer Wärmepumpe auf ein höheres Niveau gehoben werden. Dabei ist

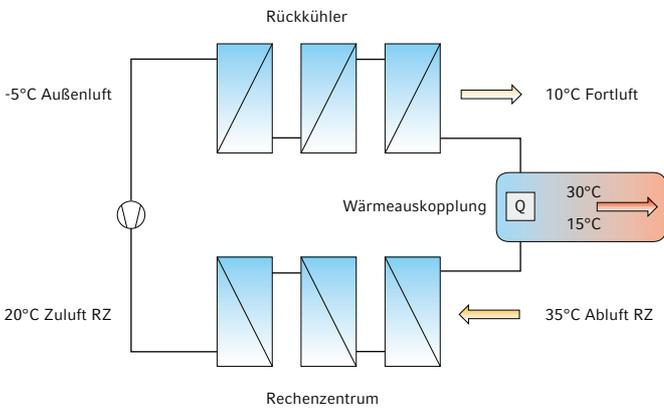
zusätzliche Energie notwendig, welche die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems reduziert.

Mehrstufige adiabatische Verdunstungssysteme

Über den Rückkühler wird die Verdunstungskälte, die durch einen adiabatischen Befeuchter erzeugt wird, auf die Prozessluftseite übertragen. Durch die Aufteilung des Gesamtsystems in mehrere Stufen entsteht ein komplexes Hybridsystem.

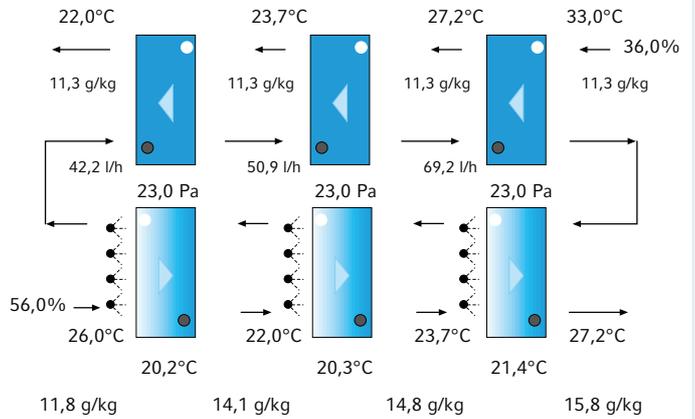
Der Vorteil der Mehrstufigkeit liegt in der höheren Kälteleistung gegenüber einem einstufigen System, die daraus resultiert, dass die Lufttemperatur in den folgenden Stufen nochmals abgesenkt wird und somit die mittlere Temperatur

4 KV-System



mit Abwärmeauskopplung (z.B. Brauchwasservorerwärmung)

5 Mehrstufige indirekte Verdunstungskühlung



tiefer liegt als bei einem einstufigen System. Die Kälteleistung kann mit diesem Verfahren um etwa 25 % gesteigert werden, ohne dass sich dabei die Druckverluste des Systems erhöhen, da die ohnehin benötigten Lamellen nicht nur der Wärmeübertragung dienen, sondern auch als Verdunstungsfläche (Stoffübertragung) herangezogen werden (Hybridsystem) (siehe Bild 5).

Durch Hybridsysteme werden die Elektroenergiekosten reduziert, da die Druckverluste der im Vergleich benötigten Befeuchter (mehrstufig) entfallen und die mechanische Kälteerzeugung erheblich später zum Einsatz kommen kann.

Im Sommerbetrieb wird bei 33 °C Außenlufttemperatur eine Zulufttemperatur von ca. 22 °C erreicht.

Leistungssteigerung der indirekten, hybriden Verdunstungskühlung

Will man den Einsatz von Kältemaschinen deutlich verringern, ist eine Optimierung der Leistungsdaten der Verdunstungskühlung zwingend erforderlich.

Eine zusätzliche Leistungserhöhung kann nur durch eine erhebliche Steigerung der Nachverdunstung erzielt

werden. Hierzu benötigt die Verdunstungskühlung eine besonders große Hydrophilie der Oberfläche, die durch die Zugabe eines speziellen Additivs erreicht wird.

Durch den damit verbundenen größeren Nachverdunstungseffekt des Befeuchtungswassers wird ein Befeuchtungsgrad erreicht, der dem äquivalenten Befeuchtungsgrad eines einstufigen separaten Befeuchters von über 100 % entspricht. Mittels dieses besonderen Verfahrens kann die Nachverdunstung zudem stufenlos geregelt werden.

Durch die Leistungssteigerung kann selbst bei 32 °C und 40 % Außenluftkondition und 35 °C und 30 % Abluftkondition eine Zulufttemperatur von 23 °C erreicht werden. Dies wurde bei Validierungsmessungen durch die Dekra bestätigt. Somit kann die Zulufttemperatur zusätzlich um bis zu 3 K gegenüber einer standardmäßigen Verdunstungskühlung abgesenkt werden.

Das Additiv wird nur dann eingesetzt, wenn die zusätzliche Nachverdunstung durch die Anforderung an eine höhere Kühlleistung erforderlich wird. Dabei erfolgt die Zudosierung kontrolliert, wodurch die erforderliche Zulufttemperatur über

die Additivkonzentration geregelt wird. Somit wird der Bedarf des Additivs auf ein Minimum beschränkt.

Diese Neuentwicklung hat den Vorteil, dass eine zusätzliche mechanische Kälteerzeugung wesentlich seltener eingesetzt werden muss.

Zusammenfassung

Die Nutzung der Abwärme eines Rechenzentrums ist technisch einfach zu realisieren.

Dazu existieren effiziente Systeme. Allerdings ist es notwendig, dass es neben dem Anfall von Wärme auch einen Nutzer gibt, der die Wärme verwenden kann. Kann die Wärme nicht verwendet werden, würde „Energemüll“ zurückgewonnen. Das macht aus ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten keinen Sinn.

Auch wird es nicht so sein, dass die insgesamt anfallende Wärme zu jedem Zeitpunkt genutzt werden kann. Aus diesem Grund werden Hybridsysteme benötigt, die sowohl die Abwärme an die Umgebung abgeben, als auch die Wärme in andere Systeme auskoppeln können.

Hier werden sicherlich quartierübergreifende Konzepte notwendig werden. Neben jedem Rechenzentrum müsste eigentlich ein Schwimmbad oder ein Gewächshaus errichtet werden, welches die Abwärme ganzjährig sinnvoll nutzen kann.

Literatur

- [1] Freie Kühlung von Rechenzentren mit zentralen Raumluftechnischen Geräten, HLH 10/2015
- [2] VDI 4710 Blatt 3 Meteorologische Grundlagen für die Technische Gebäudeausrüstung – t,x-Korrelationen der Jahre 1991 bis 2005 für 15 Klimazonen in Deutschland, 03-2011
- [3] Kaup, Mehrfachfunktionale Hochleistungs-Wärmerückgewinnungssysteme, HLH 02/2009