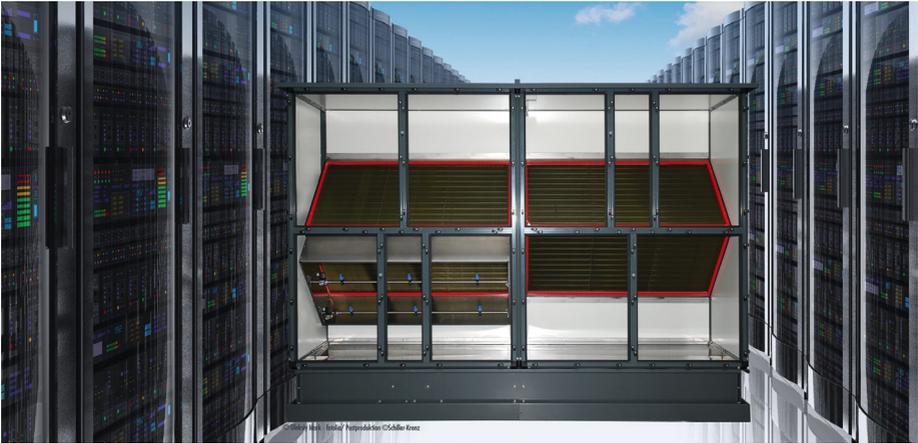


Freie Kühlung durch Außenluft

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der direkten und indirekten Freien Kühlung von Rechenzentren mit zentralen Raumluft-technischen Geräten und Verdunstungskühlung.



© Oleksiy Mark - Fotolia.com / Postproduktion © Schiller-Krenz

Bild 1: System CrossXflow by HOWATHERM zur wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Kühlung von thermisch hochbelasteten Räumen. Hybridwärmeübertrager mit Verdunstungskühlung und integrierter Umlenkammer. Mehr Info unter: www.howatherm.de

Grundsätzlich kann die Außenluft als Wärmesenke zur Kühlung genutzt werden, da die Außenluft im Jahresverlauf meistens kälter als beispielsweise 23 °C ist und in Deutschland nur ca. 600 Stunden pro Jahr 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 damit zu belüften und 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.

Am Beispiel von Mannheim sollen die spezifischen Außenluftkonditionen während eines

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 AUL-Betrieb indirekte ABL-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

Tabelle: Verschiedene Betriebszustände für die Nutzung der Freien Kühlung

CrossXflow Simulation HOWATHERM

Eingabedaten

Konditionen nach ASHRAE TC 9.9
 Außenluft-Betrieb zulässig
 Ventilatorwärme berücksichtigen

Luftdaten

Ablufttemperatur: 35 °C
Kühlleistung: 100 kW

Einbringtemperatur: 22,5 °C
zul. Temperaturbereich: +/- 4 K

Einbringtemperatur max: 26,5 °C
Einbringtemperatur min: 18,5 °C

Rückwärmzahl WRG: 75,0 %
LZ Kältemaschine: 3,0

Wirtschaftlichkeit

Investition

Mehrinvestition: 105.252 €
 genaue Investition

Investition Wasseraufbereitung
automatisch: 30.655 €

Minderung der Kälteinvestitioninvestition
automatisch: 27.278 €

resultierende Investition: 108.629 €
Kapitalwert der Ersparnis: 677.945 €
Amortisation: 2,2 Jahre

Energiekosten

Elektroenergie: 0,15 €/kWh
Wasserkosten: 10,0 €/m³
Wasserzusatz: 10,0 €/l

Klimadaten

DN 4710 Zone 12
V01 4710 Mannheim

Verzinsung

Kapitalzins: 3,0 %
Preissteigerung: 2,0 %
Nutzungsdauer: 15 Jahre

Zulufttemperatur überschritten: 0,4 h/a 0 %
Kühlung: Hybridbefeuchtung 2-stufig inkl. Nachverdunstung

Betriebszustand	Kühlung	Befeuchter	h/a	%
1	RKW UML	indirekt AUL	2	0
2a	RKW UML	indirekt AUL	247	3
2b	WRG AUL Betrieb	indirekt ABL	6	0
3	RKW UML	indirekt AUL	68	1
4	RKW UML	indirekt AUL	27	0
5	AUL isotherm	direkt kein	1.111	13
6	RKW UML	indirekt AUL	389	4
7	RKW UML	indirekt AUL	1.990	23
8	Misch Betrieb	direkt kein	4.851	55
9	RKW UML	indirekt AUL	75	1

Betriebskosten

	CrossXflow	UML-Kühlung
Elektro Ventilatoren	5.232 €/a	8.756 €/a
Elektro Kältemaschine	0 €/a	46.766 €/a
Wasser	719 €/a	0 €/a
Wasserzusatz	262 €/a	0 €/a
Energiekosten	6.212 €/a	55.522 €/a

Betriebskostenvergleich System CrossXflow

88,8% Betriebskosten CxF
11,2% Betriebskosten UML

© HOWATHERM Klimatechnik GmbH Version 1.8

Bild 2: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Freien Kühlung (Eingabe- und Übersichtsmaße)

Jahres und deren Summenhäufigkeiten veranschaulicht werden. 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 (siehe Tabelle Bereich 7).

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 (siehe Tabelle Bereich 8).

Im Bereich über 26,5 °C Außenluft und bis zu einer Außenluftfeuchte von 10,5 g/kg kann

Wirtschaftlichkeitsberechnung der Freien Kühlung gegenüber einer Umluft-Kühlung

Eingabedaten

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

Auswertung

Ertrag

1. Jahr:	
Investition	0 €
Kapital	0 €/a
Ventilatoren	3.524 €/a
Kälteenergie	46.766 €/a

Aufwand

1. Jahr:	
Investition	108.629 €
Kapital	9.099 €/a
Ventilatoren	0 €/a
Wasserkosten	719 €/a
Additiv	262 €/a

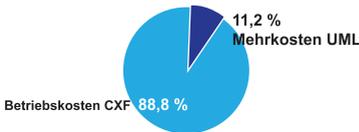
Einnahmen

nach Laufzeit	770.982 €
Kapitalwert der Ersparnisse	577.945 €
Amortisation	2,2 Jahre

Ausgaben

nach Laufzeit	193.038 €
---------------	-----------

Betriebskostenvergleich:



Darstellung des Kapitalwerts der Ersparnisse und der Amortisationszeit

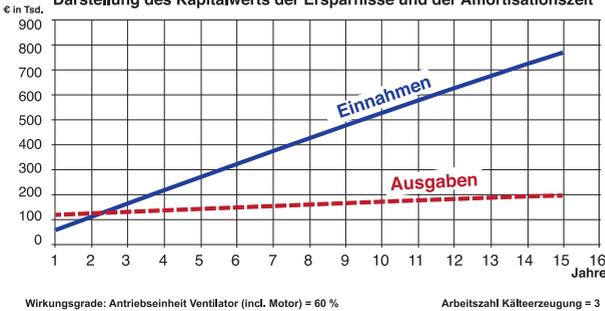


Bild 3: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

durch trockene, sensible Kühlung die geforderte Zulufttemperatur in ca. 250 h/a sichergestellt werden (siehe Tabelle Bereiche 1, 2a und 2b). Die notwendige Kühlung wird dann durch ein Rückkühlwerk (RKW) auf Basis eines Wärmeübertragers mit indirekter Ver-

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

Liegt der Wert des Energieinhalts der Abluft niedriger als der 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 addiert werden, so ergibt sich für die direkte Freie Kühlung (siehe Tabelle Bereiche 5 und 8) 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 (siehe Tabelle, z. B. Bereich 3).

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Gegenüber einer rein mechanischen Kühlung im Umluftverfahren kann durch die

Freie Kühlung ohne mechanische Ergänzung ein erheblicher Anteil an Energie eingespart werden. Mit einem Softwaretool, das von HOWATHERM Klimatechnik in Zusammenarbeit mit dem Umwelt Campus Birkenfeld der Hochschule Trier entwickelt wurde, können die Einspareffekte der Freien Kühlung standortbezogen berechnet werden. Hierzu sind sämtliche Klimazonen sowohl nach DIN 4710 als auch nach VDI 4710 hinterlegt. Aber auch die erforderlichen Rahmenbedingungen wie Kaltgang- und Warmgangtemperaturen sowie Feuchtgrenzwerte werden berücksichtigt.

Bild 2 zeigt die Eingabe- und Ausgabemaske einer Wirtschaftlichkeitsberechnung. Im Beispiel werden 100 kW an ganzjähriger Kühlleistung berechnet. Die Volumenströme liegen hier zwischen etwa 35.100 m³/h bis rund 18.100 m³/h. Dazu werden die spezifischen Energiedaten für Strom und Wasser, Wärmeübertrager und Kältemaschine definiert.

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

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

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

Man erhält außerdem die vollständigen wirtschaftlichen Daten, wie die Amortisation, den Kapitalwert der Ersparnisse, sowie sämtliche Investitionskosten, die überschlägig berechnet werden. Aber auch eine Berechnung mit den tatsächlichen Investitionskosten ist möglich, die individuell eingegeben werden können.

Zusammenfassung

Die Nutzung der Außenluft als Temperatursenke ist 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.

Im Zusammenhang mit der Nutzung der indirekten Verdunstungskühlung und effizienter Wärmeübertrager kann häufig auf eine mechanische Kühlung verzichtet werden. Überdies kann durch die Leistungssteigerung in den meisten Betriebsfällen die Luftmenge aufgrund der niedrigen Zulufttemperatur reduziert werden. Die Wirtschaftlichkeit der Rechenzentrums Kühlung wird dadurch deutlich erhöht und die etwas höheren Investitionskosten des RLT-Gerätes werden dadurch mehr als kompensiert.

Mit dem Softwaretool von HOWATHERM können die Daten leicht simuliert und visualisiert werden. Das ist eine verlässliche Basis zur Investitionsentscheidung.

*Christoph Kaup, Boris Wollscheid
und Maria Swiderek ■*

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup ist Honorarprofessor der Hochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld für Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung, sowie geschäftsführender Gesellschafter der HOWATHERM Klimatechnik GmbH.

Boris Wollscheid ist Entwicklungsingenieur bei der HOWATHERM Klimatechnik GmbH.

Maria Swiderek ist Masterstudierende Umweltorientierte Energietechnik an der Hochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld.