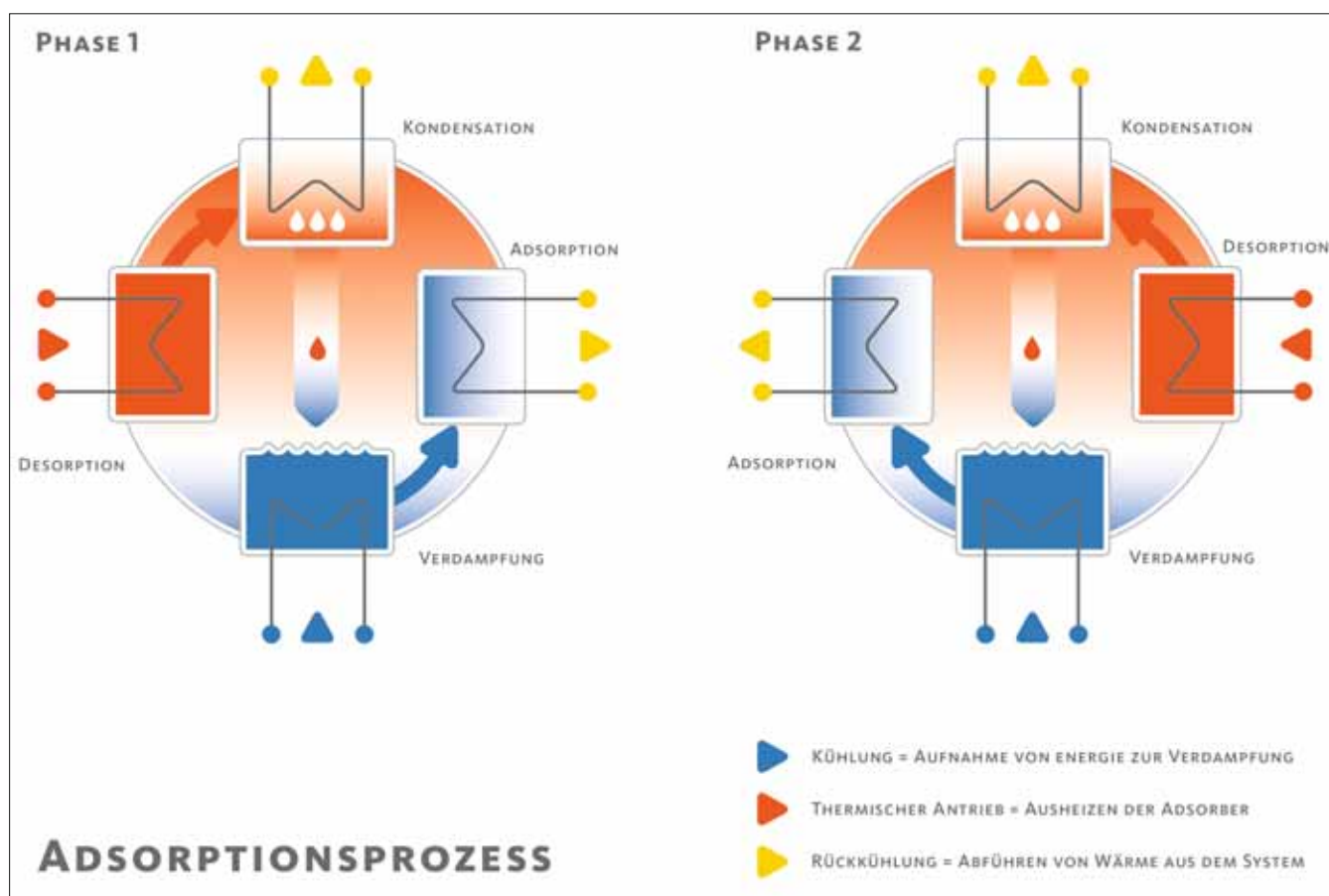


HEIZEN UND KÜHLEN MIT SOLARTHERMIE

Wer mittels Wärme die ersehnte Kühlung herstellen kann, ist gewissermaßen an der kühlen Sonne

Hitze zur Kühlung nutzen

Mit welchen Dingen sich Menschen so beschäftigen, klingt oft sehr merkwürdig. Für einige Freaks scheint es sinnig zu sein, Kälte aus Wärme zu erzeugen. Was auf den ersten Blick paradox anmutet, ergibt aber für die Praxis Sinn.



So laufen die Phasen der abwechselnden Ad- und Desorption

Denkt man die Aufgabe einer Kühlanlage in einem Bürogebäude zu Ende, dann wird schnell klar, dass die Idee, Kühle möglichst aus Wärme zu gewinnen, absolut erstrebenswert ist. Denn wann schwitzen die Bürohengste und -stuten? Klar, im Sommer bei Außentemperaturen von über 30°C. Dann steht aber auch Sonnenenergie im Überfluss zur Verfügung. Und wenn man diese einsetzen könnte, um Kühle zu erzeugen, hätte man das Unmögliche dann doch noch ermöglicht. Wie das tatsächlich in der Praxis geht, lesen Sie in diesem Bericht.

INTERESSANTE PHYSIK

Um Wasser in einem Kochtopf zum Kochen zu bringen, wird die Heizplatte darunter erwärmt. Bei einem Umgebungsdruck von um die 1000 Millibar vollzieht sich die Verdampfung bei 100°C. Möchte man Wasser bei geringeren Temperaturen verdampfen lassen, so kann man den Umgebungsdruck senken. Das funktioniert relativ einfach. Man gibt eine kleine Wassermenge in einen druckfesten Behälter. Dann zieht man mittels Vakuumpumpe Luft aus diesem Behälter. Irgendwann,

kurz vor einem echten Vakuum, beginnt das Wasser bereits bei einer Umgebungstemperatur von 20°C zu sieden (Umgebungsdruck: unter 24 Millibar). Und es wird tatsächlich komplett dampfförmig, wohlgemerkt bei lauen 20°C. Für die Wassermoleküle funktioniert dieser Übergang von flüssig zu gasförmig aber nur bei gleichzeitiger Energieaufnahme. Was bei 1000 Millibar die Herdplatte geliefert hat, wird bei sehr geringem Behälterdruck aus der Umgebung des Behälters entzogen. Also kann man praktisch durch das Herstellen eines sehr geringen Drucks auch Wasser bei 20°C verdampfen



DICTIONARY

Bürohengst	=	pencil pusher
druckfest	=	compression-proof
porös	=	porose
Beweis	=	evidence

p mbar	θ °C	p mbar	θ °C
0,001	-76,19	35	26,69
0,002	-71,74	36	27,17
0,003	-69,04	37	27,64
0,004	-67,08	38	28,10
0,005	-65,53	39	28,54
0,006	-64,25	40	28,98
0,007	-63,15	42	29,83
0,008	-62,19	44	30,64
0,009	-61,34	46	31,42
0,01	-60,57	48	32,17
0,02	-55,37	50	32,90
0,03	-52,20	52	33,60
0,04	-49,90	54	34,27
0,05	-48,08	56	34,93
0,06	-46,57	58	35,57
0,07	-45,28	60	36,18
0,08	-44,14	62	36,78
0,09	-43,14	64	37,37
0,1	-42,23	66	37,93
0,2	-36,06	68	38,49
0,3	-32,29	70	39,03
0,4	-29,55	72	39,55
0,5	-27,38	74	40,06
0,6	-25,57	76	40,57
0,7	-24,02	78	41,06
0,8	-22,67	80	41,54
0,9	-21,46	85	42,69
1	-20,36	90	43,79
1,5	-16,07	95	44,84
2	-12,94	100	45,84
2,5	-10,45	110	47,71
3	-8,38	120	49,45
3,5	-6,61	130	51,06
4	-5,06	140	52,58
4,5	-3,67	150	54,00
5	-2,42	160	55,34
5,5	-1,27	170	56,62
6	-0,22	180	57,83
7	1,89	190	58,99
8	3,77	200	60,09
9	5,46	220	62,17
10	6,98	240	64,09
11	8,38	260	65,88
12	9,66	280	67,55
13	10,86	300	69,13
14	11,98	320	70,62
15	13,03	340	72,03
16	14,02	360	73,38
17	14,96	380	74,66
18	15,85	400	75,89
19	16,70	420	77,07
20	17,51	440	78,20
21	18,28	460	79,29
22	19,03	480	80,33
23	19,74	500	81,35
24	20,43	550	83,74
25	21,09	600	85,96
26	21,73	650	88,02
27	22,35	700	89,96
28	22,95	750	91,78
29	23,53	800	93,51
30	24,10	850	95,15
31	24,64	900	96,71
32	25,18	950	98,20
33	25,69	1000	99,63
34	26,20		

Eine Wasser-Dampfdruck-Tabelle zeigt, bei welcher Kombination von Druck und Temperatur Wasser verdampft

lassen, wobei es zwingend Wärmeenergie aus dem Umfeld aufnimmt. Den Umgebungsdruck, der für eine bestimmte Temperatur notwendig ist, kann man aus einer Wasser-Dampfdruck-Tabelle entnehmen. Und Sie sehen richtig, theoretisch und praktisch geht das auch bei Minusgraden. Selbst in der Arktis und bei -50°C kann Wasser ohne ein Feuerchen verdampfen (Umgebungsdruck: unter 0,04 Millibar). Der Prozess stoppt allerdings, wenn das Wasser verdampft ist. Um den Kühleffekt wiederholen zu können, müsste man das Wasser wieder flüssig werden lassen, also den Druck erhöhen. Das hieße: Ventil am Behälter aufdrehen und den Druck im Behälter durch nachströmende Luft wieder erhöhen. Dann könnte man wieder die Vakuumpumpe einschalten und den kühlenden Vorgang wiederholen. Das kostet erheblich Energie und zwar für die Vakuumpumpe. Aber der Prozess ließe sich in Gang bringen.

DER SAUG-TRICK

Anstatt die Verdampfung des Wassers durch die Senkung des Umgebungsdrucks hervorzurufen, kann man auch ein stark saugendes Material einsetzen. Es muss gierig sein das Wasser in einem geschlossenen Behälter aufzunehmen. Eine solche Gier nach Wasser bezeichnet man als hygroskopisch. Und einen solchen Stoff hat jeder bereits in den Händen gehalten, der feuchteempfindliche Elektronik aus der Verkaufsverpackung entnommen hat. Kleine weiße Säckchen mit winzigen Körnern, sogenanntes Silikagel, sorgen dort für Trockenheit. Der Prozess des Aufnehmens von Feuchte in diesen kleinen Körnern wird als Adsorption bezeichnet. Wie schon bei dem zuvor beschriebenen Prozess im Vakuum kommt der Prozess der Feuchteaufnahme zum Stillstand, sobald der hygroskopische Stoff gesättigt ist mit Wasser.

WIEDERHOLUNG DES GIERENS

Um den Vorgang der Feuchteaufnahme wiederholen zu können, müssen die Körnchen wieder entfeuchtet werden. Und diese Trocknung der Körner wird durch Wärmezufuhr erreicht. Man kocht gewissermaßen das Wasser aus diesen Körnern wieder heraus. Das nennt sich dann Desorption. So kann der Prozess der Wasseraufnahme beliebig oft wiederholt werden. Aufnahme von dampfförmigem Wasser sorgt im ersten Schritt für Kühlung und das Austreiben dieses Wassers geschieht unter Zugabe von Wärme. Und Sie ahnen sicher schon, wie man diesen Prozess nutzt, um mittels Wärme ordentlich Kälte zu erzeugen. Die Hitze der Sonne kann die Kügelchen trocknen. Die getrockneten Kügelchen bieten Kühlpotenzial durch die Aufnahme von dampfförmigem Wasser. Es handelt sich zwar nicht um ein Perpetuum Mobile, aber

schon um eine pfiffige Idee. Die Eigenschaft von Silikagel ist übrigens auf die riesige Oberfläche dieser porösen Körner zurückzuführen. Was man mit dem bloßen Auge als winzige Pille mit glatter Oberfläche wahrnimmt, ist in Wirklichkeit ein extrem zerfurchtes Gebilde.

PRAXISREIFE?

Der Kühlsystemhersteller Invector hat das skizzierte Prinzip verfeinert und in kompakte Einheiten zusammengestellt. Solche Kühlanlagen lassen sich im Leistungsbereich von 5 bis 100 Kilowatt einsetzen. Statt des bekannten Silikagel nutzt Invector sogenannte Zeolithe als Adsorptionsmittel. Die so ausgestatteten Anlagen erreichen bereits bei einer Temperatur von 65°C annähernd ihre maximale Leistung. Und wer schon mal den Temperaturverlauf einer Solaranlage im Sommer beobachten konnte, dem ist sicherlich aufgefallen, dass 65°C locker erreicht werden können. Entscheidend ist aber, dass mit zunehmender Sonneneinstrahlung die notwendige Kühlleistung für ein Gebäude ansteigt. Und gleichzeitig gelingt bei starker Sonneneinstrahlung aber auch die solare Ernte von sehr hohen Temperaturen. In Kooperation mit 3U Solar hat man daher eine Forschungs- und Entwicklungsplattform in Marburg errichtet. Dort werden nach Auskunft der beiden Gesellschafter jährlich zurzeit 35 Megawattstunden (MWh) an Strom, 240 MWh an Wärme und 110 MWh an Kälte durch die Sonne erzeugt. Damit können 3000 Quadratmeter Büronutzfläche plus 50 Quadratmeter Serverraum versorgt werden. Ein Serverraum stellt insofern eine Besonderheit dar, dass man dort erhebliche Wärmemengen abtransportieren muss. Um dies alles zu bewerkstelligen, ist ein 16 Meter hoher Warmwasserpeicher nötig mit einem Fassungsvermögen von 300 000 Liter. Für die Bevorratung von Kühlenergie steht noch ein hochisolierter Kaltwassertank bereit mit einem Volumen von 20 000 Liter. Man will mit dieser Anlage beweisen, dass die Kraft der Sonne auch in Deutschland ausreicht, den kompletten Strom-, Wärme- und Kältebedarf von Büro-, Server- und Wohnräumen ganzjährig zu decken. Wie pfiffig dies auf der Kühlseite funktioniert, haben Sie in diesem Bericht gelesen. Sicherlich



Bild: Invector

In kompakten Einheiten werden die wärmebetriebenen Kühleinheiten geliefert

werden wir von Adsorptionskältemaschinen noch einiges hören und lesen. Es handelt sich schließlich um eine bestechend einfache Technik ohne viele bewegte Teile und mit vielen Vorzügen gegenüber der Kältetechnik der herkömmlichen Art, also den stromfressenden Kompressoren. ■