

# UNTERSUCHUNG DES IDEALEN VERGLEICHSPROZESSES DER SORPTIONSKÄLTEMASCHINEN AUF GRUND DER CLAUSIUS – CLAPEYRON-GLEICHUNG

Von

Z. JAKAB

Lehrstuhl für Kalorische Maschinen, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 30. Juni 1969)

Vorgelegt von Prof. Dr. D. BRODSZKY

Die Leistungsfähigkeit der in Wirklichkeit vorkommenden thermodynamischen Kreisläufe wird — ob nun ihr Zweck Arbeitsgewinnung oder Wärmetransformation ist — auf Grund des Vergleichs mit den idealisierten Kreisläufen beurteilt. Zwischen gegebenen Temperaturgrenzen ist die Leistungsfähigkeit desjenigen Kreislaufs am größten, dessen sämtliche Teilprozesse ideal, d. h. thermodynamisch umkehrbar sind. Es ist also eine naheliegende Idee, zwecks thermodynamischer Behandlung und Beurteilung der Sorptionskältemaschinenkreisläufe entsprechende ideale Kreisläufe zu schaffen.

Im idealen Kreislauf müssen diejenigen Prozesse in entsprechender Reihenfolge vorhanden sein, die die Wirkungsweise des geprüften wirklichen Kreislaufs kennzeichnen, aber wir idealisieren diese Prozesse.

Die charakteristischen Prozesse, die in den Kältemaschinenkreisläufen immer vorkommen, sind die folgenden:

- 1) Ausdampfung des Kältemittels aus einer Lösung  
(Im Grenzfall Verdampfung eines reinen Kältemittels)
- 2) Verflüssigung eines dampffartigen Kältemittels mit einem Lösungsmittel verdünnt  
(Im Grenzfall Kondensation eines reinen Kältemittels)
- 3) Pumpen und Expansion
- 4) Innere Wärmeaustausche.

Die Sorptionskältemaschinen werden im allgemeinen in »Antriebsteil« und »Kälteteil« aufgeteilt behandelt.

Im Spezialfall ist im »Kälteteil« kein in sich geschlossener Lösungsumlauf, da handelt es sich um ein *Absorptionssystem*. Das prinzipielle Schaltbild ist auf Abb. 1a zu sehen.

Im allgemeinen Fall kommt auch im Kältemittelteil ein geschlossener Lösungsumlauf vor. Das ist das *Resorptionssystem*, sein Grundsaltbild zeigt Abb. 1b.

Nach allgemeiner Auffassung geht man auch bei der thermodynamischen Behandlung der Sorptionskältemaschinen von solchen idealen Kreisläufen aus, in denen jede Wärmezufuhr bzw. Wärmeentnahme isothermisch ist,

d. h.  $T_0$ ,  $T_m$  und  $T_{K_0}$  konstant sind. (Die Temperaturniveaus der Verflüssigungsprozesse können gleich genommen werden.)

Die Bedingung der isothermischen Wärmezufuhr kann nur im »Kälte-  
teil« des *Absorptionssystems* und im Fall eines reinen Kältemittels mit einer  
Komponente ohne weiteres verwirklicht werden. Sonst muß man einen unend-  
lich großen Lösungsumlauf annehmen, daß die Absorption und das Kochen  
(bzw. auch die Ausdampfung und Resorption) isothermische Prozesse wer-  
den, da die Konzentrationsänderung auch eine Temperaturänderung bedeu-  
ten würde.

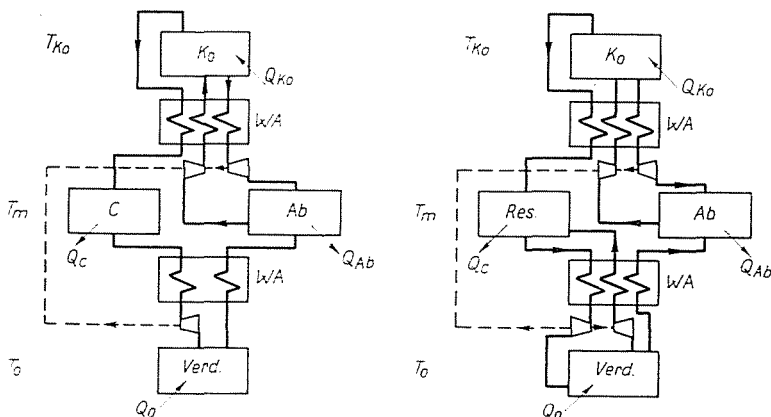


Abb. 1

Die Zusammensetzung der ein *Kältemittel befördernden Lösung* kann im  
»Antriebsteil« und »Kälteteil« auch verschieden sein, aber — sowohl im  
Antriebs- als auch im Kälteteil zwischen gleichen Temperatur- und Druck-  
grenzen — kann sie sich theoretisch als *perpetuum mobile* bewegen. Mit  
dieser Voraussetzung genügt es schon, nur die eigenen Zustandsänderungen des  
Kältemittels zu betrachten, die natürlich von der Verbindung mit der Lösung  
nicht unabhängig sind.

Der ideale Sorptionskreislauf, der nun *nur die Zustandsänderungen des  
Kältemittels* enthält, kann nach STIERLINS Theorie nur ein einziger in sich  
geschlossener Zyklus sein (Abb. 2), zu dessen Verwirklichung nach den bisher  
bekannten Theorien das den unten folgenden Bedingungen entsprechende  
ideale Arbeitsstoffpaar nötig ist:

1) Die Verdampfungswärme der Komponenten ( $r$ ) ist konstant, die  
Lösungswärme ( $l$ ) ist vom Druck und von der Temperatur unabhängig, sie  
hängt nur von der Konzentration ab.

2) Das Lösungsmittel hat keinen eigenen Dampfdruck ( $P_{st} = 0$ ), oder  
es wird eine vollkommene Rektifikation verwirklicht.

3) Die spezifische Wärme ist längs der Grenzkurven:  $c_2 = c_1 = 0$ .

Die bezeichneten Zustände des in Abb. 2 dargestellten umkehrbaren Vergleichsprozesses sind:

- 2, 3 Gaszustand bei hohem Druck
- 4, 5 flüssige Kältemittel
- 6, 7 Gaszustand bei niedrigem Druck
- 8, 1 Flüssigkeit im gelösten Zustand.

Nach der 3. Idealisierungsbedingung kann man sich auch die 1, 8 und 2, 3 sowie 5, 4 und 6, 7 Prozesse auch als paarweise umkehrbare Wärmeaustausche vorstellen.

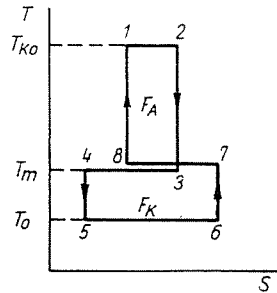


Abb. 2

Neben der völligen Umkehrbarkeit sind die Flächen 1238 und 4567 gleich ( $F_A = F_K$ ) und das ist auch im Fall

$$Q_0 = -Q_C \neq Q_{Ko} = -Q_{Ab} \text{ gültig.}$$

Die bisherige Behandlungsweise vernachlässigte einiges im Interesse der Idealisierung, welche Vernachlässigungen eigentlich nicht einmal nötig sind, gleichzeitig beschäftigte man sich mit dem eigenen Dampfdruck des Lösungsmittels nicht ausführlicher.

Die Vernachlässigung der spezifischen Wärme der Flüssigkeit und der Dampfphase ist beispielsweise nicht unbedingt nötig. Es ist auch anzunehmen, daß die spezifische Wärme endlich, aber in allen Phasen gleich ist, aber vom Druck und von der Temperatur nicht abhängt ( $c_2 = c_1 = \text{konstant} > 0$ ). Diese Voraussetzung steht der Wirklichkeit näher als die Voraussetzung  $c_2 = c_1 = 0$ . Der idealisierte Kreislauf — der auch weiterhin umkehrbar ist — wird der Abb. 3 im T-s Diagramm entsprechen.

Man muß gleichzeitig auch die Frage der Pumpen- und Expansionsarbeit klären. Es ist einzusehen, daß, so sehr wir auch den Lösungsumlauf erhöhen, im Kocher immer mehr Flüssigkeit aus dem Absorber hinaufbefördert werden muß, als von dort zurückkommt. Der Unterschied ist der umlaufenden

den Kältemittelmenge gleich. So erscheint auch ein gewisser Mehrarbeitsbedarf der Verschiebung gegen den Druckunterschied zwischen dem Kocher und dem Absorber, aber man kann ihn bei Zurücklassen der überkühlten Kältemittelflüssigkeit in den Verdampfer völlig zurückbekommen (Abb. 1a und 1b, gestrichelte Linie). Zur Inbetriebhaltung des idealen Kreislaufes ist also keine äußere mechanische Arbeit nötig.

Die vielleicht größte Bedeutung des idealisierten Sorptionskreislaufes ist, daß mit seiner Hilfe die notwendige Verbindung der drei namhaften Temperaturniveaus ( $T_{Ko}$ ,  $T_m$ ,  $T_0$ ) gut zu prüfen ist, die gleichzeitig auch die Grenzen der Betriebsfähigkeit der einstufigen, aber das sog. Übergreifen der Temperaturen nicht anwendenden Sorptionskältemaschinen bezeichnet.

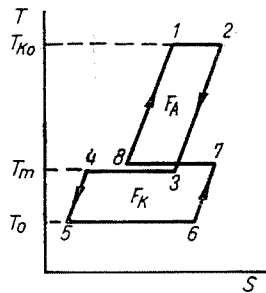


Abb. 3

Die Verbindung der erwähnten Temperaturniveaus und die Betriebsfähigkeitsbedingungen der Sorptionsprozesse können aus der Clapeyronschen Umwandlungswärme gründlicher behandelt werden als bei den bisher bekannten Methoden.

In den typischsten Prozessen der Sorptionskältemaschinen (1 und 2) ist eine grundlegende, aber bisher vielleicht nicht genügend betonte Forderung der Umkehrbarkeit, daß diese mit Phasenänderung verbundenen Prozesse ohne Änderung der freien Enthalpie des Systems vor sich gehen sollen. Mit anderen Worten: die Bedingung der Umkehrbarkeit dieser Prozesse ist die Sicherung des sog. Gleichgewichtszustands. Die bei solchen umkehrbaren Phasenänderungen nötige Wärmemenge ist die sog. »Umwandlungswärme« auf Gewichtseinheit bezogen:  $q_u$ , auf molare Einheit:  $Q_u = mq_u$ .

Die in den idealen Sorptionskreisläufen vorkommenden Phasenänderungen vollziehen sich unter der Bedingung  $T = \text{konst.}$ ,  $P = \text{konst.}$  und es handelt sich immer um das Gleichgewicht der Flüssigkeitsphase (1) mit der Dampfphase (2).

Die diesbezügliche allgemeine Form der Clausius—Clapeyron-Gleichung:

$$v_u dP = \frac{q_u}{T} dT - (\xi_2 - \xi_1) \frac{d^2 h_1}{d\xi_1^2} d\xi_1 = 0. \quad (1)$$

Im Zusammenhang bedeutet  $v_u$  die Volumenänderung, die man bei Entstehung verhältnismäßig weniger Dampfphase, die aus einer großen Menge von Flüssigkeitsphase ausgetrieben wurde, erfahren kann.

Wenn es sich um einen Arbeitsstoff mit einer Komponente handelt, ist  $\xi_2 = \xi_1$ ; der unendlich große Lösungsumlauf bedeutet hingegen die Bedingung  $d\xi_1 = 0$ . In unserem Fall kann die Form

$$v_u dP - \frac{q_u}{T} dT = 0 \tag{2}$$

angewendet werden, oder in molaren Einheiten ausgedrückt

$$m v_u dP - Q_u \frac{dT}{T} = 0. \tag{3}$$

Auch mit Verwendung dieser können wir die Verbindung der den früheren Idealisationsbedingungen entsprechenden Arbeitsstoffpaare und der durch sie realisierbaren Sorptionskreisläufe untersuchen.

### 1. Idealer Arbeitsstoff mit einer Komponente

Die mit der Flüssigkeit im Gleichgewicht stehende Dampfphase als ideales Gas betrachtet, ist die Form der Gleichung (3):

$$\ln P = \frac{Q_u}{A \cdot \mathfrak{R}} \frac{1}{T} + b = a Q_u \frac{1}{T} + b \tag{4}$$

wo

$$a = \frac{1}{A \cdot \mathfrak{R}}; \quad Q_u = mr; \quad b = \text{konst.}$$

sind

Nach unserer früheren Voraussetzung ist  $r = \text{konst.}$ , so bekommen wir eine Gerade, wenn wir die Beziehung 4 im  $\ln P - 1/T$  Diagramm darstellen, deren Richtungstangente

$$\frac{d \ln P}{d 1/T} = a Q_u$$

ist.

### 2. Arbeitsstoff ohne Lösungswärme und Lösungsmitteldampfdruck

$$(P_{st} = 0; \quad l_k = 0)$$

Im Gleichgewichtszustand ist bei gegebener Temperatur der Druck des Systems die lineare Funktion der Molkonzentration der Flüssigkeitsphase

(Raoult-Gesetz). Nach der Bedingung  $P_{sl} = 0$  enthält die Dampfphase kein Lösungsmittel, darum, wenn  $\psi_1 < 1$ , ist sie im überhitzten Zustand.

Die »Umwandlungswärme« bedeutet Enthalpieänderung, da es sich um eine bei ständigem Druck zugeführte oder entnommene Wärmemenge handelt. Die Enthalpie ist ein völliges Differential, dessen Änderung hängt nur vom Anfangs- und Endzustand ab. Darum ist z. B. die isothermische Absorption aus diesem Gesichtspunkt auch durch die unten folgenden Teilprozesse ersetzbar:

a) Die Abkühlung des überhitzten Kältemitteldampfes bis zur Sättigungstemperatur, die zum über der Lösung befindlichen Druck gehört.

b) Entnahme der Verdampfungswärme (wenn die Lösungswärme auftritt, ist auch sie nach der Verflüssigung zu entnehmen oder zuzuführen).

c) Die Erwärmung des (gelösten) im Flüssigkeitszustand befindlichen Kältemittels auf die Anfangstemperatur.

Beim Auskochen ist die Reihenfolge umgekehrt.

Die molare Umwandlungswärme ist also in unserem Fall

$$(c_{k2} = c_{k1} = \text{konst.})$$

$$Q_u = m_k [r_k + (c_{k2} - c_{k1})(T - T_s)] = m_k r_k = \text{konst.} \quad (5)$$

Die Form der Clapeyron-Gleichung, die wir jetzt aufschreiben können, stimmt mit der Beziehung (4) überein, aber die Größe der Konstante  $b$  hängt neben den Qualitäten der Stoffe auch von der Lösungskonzentration ( $\psi_1$ ) ab. Die Lösungskonzentration als Parameter benützend, bekommen wir im  $\ln P - 1/T$ -Diagramm Gerade, die der Geraden des reinen Kältemittels ( $\psi_1 = 1$ ) parallel sind (Abb. 4).

Aus der Bedingung des Phasengleichgewichts herausgehend, ist jetzt die Verbindung der drei namhaften Temperaturniveaus und der Clapeyron-Wärme:

$$\left( \frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_{K0}} \right) Q_{uA} = \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_m} \right) Q_{uK} = \ln \frac{P}{P_0}$$

ferner:

$$Q_0 = Q_{K0} = -Q_{Ab} = -Q_C = Q_u = m_k r_k = \text{konst.}$$

In unserem Fall also

$$\frac{\left( \frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_{K0}} \right)}{\left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_m} \right)} = 1 \quad (6)$$

die spezifische Kälteleistung hingegen:

$$\alpha = \frac{Q_0}{Q_{K_0}} = 1. \tag{7}$$

Beziehung (6) wird durch die Geometrie der Abb. 4 gut dargestellt. Der durch die zusammengehörenden  $T_0$ ,  $T_m$  und  $T_{K_0}$  bestimmte Sorptionsprozeß ist mit dem Resorptionsssystem auch bei verschiedenen Druckniveaus zu verwirklichen, wenn das Druckverhältnis  $P/P_0$  immer gleich ist. Die höchsten Druckniveaus ergeben sich beim Absorptionssystem.

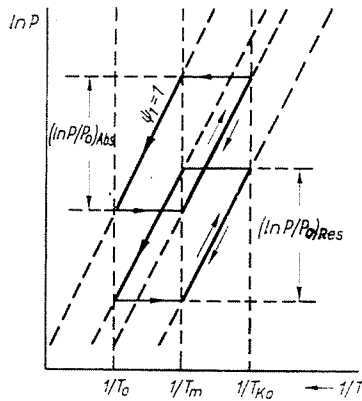


Abb. 4

Die Voraussetzung  $T_{K_0} = \infty$  bezeichnet nach

$$\frac{1}{T_{0 \min}} = \frac{2}{T_m}$$

das neben einer gegebenen  $T_m$  möglichen Mindestkältetemperaturniveau.

**3. Arbeitsstoffpaar mit Lösungswärme, ohne Lösungsmitteldampfdruck**

$$(P_{sl} = 0, l_k \neq 0)$$

Nach der Voraussetzung  $P_{sl} = 0$  ist die Gleichgewichtsdampfphase auch jetzt ein reiner Kältemitteldampf ( $\psi_2 = 1$ ), und wenn  $\psi_1 < 1$ , ist er überhitzt. Die »Umwandlungswärme«

$$Q_u = m_k [r_k + l_k + (c_{k2} - c_{k1})(T - T_{sk})] = m_k (r_k + l_k) \tag{8}$$

und ist nach unseren Bedingungen eine Funktion nur von  $\psi_1$ .

Die Form der Clapeyron-Gleichung nach Beziehung (4) ist unveränderlich. Die  $\psi_1$  Konstanten sind im Diagramm  $\ln P - 1/T$  auch jetzt Gerade, aber da sich schon jetzt in der Funktion  $\psi_1$  auch ihre Richtungstangente verändern kann, sind sie verschiedener Steile.

Die  $l_k$  (die auf das Lösungsmittel bezogene isothermische differentielle Lösungswärme des Kältemittels) kann wegen des im Antriebsteil und Kälte- teil angewendeten Konzentrationsunterschiedes auch verschieden sein.

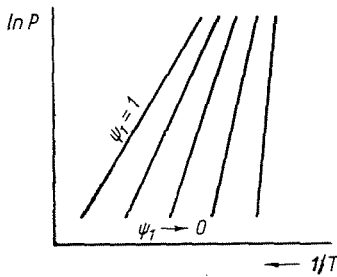


Abb. 5

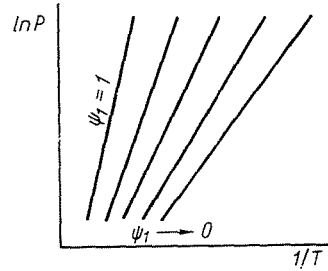


Abb. 6

Deshalb können folgende Fälle vorkommen:

$$Q_0 = -Q_C = Q_{uK} \cong Q_{K_0} = -Q_{Ab} = Q_{uA}$$

d. h.

$$\frac{\left( \frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_{K_0}} \right)}{\left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_m} \right)} = \frac{Q_{uK}}{Q_{uA}} \cong 1 \quad (9)$$

und

$$z = \frac{Q_{uK}}{Q_{uA}} \cong 1. \quad (10)$$

Die Lösungswärmen können also die namhaften Temperaturniveaus zwischen weiten Grenzen variieren. ( $z$  ändert sich auch, aber in kleinerem Maß.) Zu den mit der entsprechenden Auswahl der Komponenten gegebenen  $T_0$  und  $T_m$  können vielerlei  $T_{K_0}$ -Temperaturen geordnet werden, bzw. kann man unter Voraussetzung  $T_{K_0} = \infty$  zu einer gegebenen  $T_m$  vielerlei  $T_0$  finden. Diese Möglichkeit weist auf die ausgezeichnete thermische »Anpassungsfähigkeit« des Sorptionssystems hin.

Im Fall  $l_k > 0$  wird im Diagramm  $\ln P - 1/T$  die durch  $\psi_1 = \text{konst.}$  Parameter geschaffene Kurvengruppe die Form der Abb. 5, im Fall  $l_k < 0$  aber die der Abb. 6 haben.



4. Arbeitsstoffpaar mit Lösungsmitteldampfdruck, ohne Lösungswärme

$$(P_{sl} > 0; \quad l_k = l_l = 0)$$

Im Phasengleichgewicht ist die Dampfphasenkonzentration  $\psi_2 < 1$ , wenn  $\psi_1 < 1$ . Im allgemeinen Fall ist der zur gegebenen Temperatur der Komponenten gehörende Dampfdruck verschieden ( $P_{sk} \neq P_{sl}$ ).

Die auf das den früheren Idealisierungsvoraussetzungen entsprechende Arbeitsstoffpaar bezügliche »Umwandlungswärme«

$$\begin{aligned} Q_u = \psi_2 m_k [r_k + (c_{k2} - c_{k1})(T - T_{sk})] + \\ + (1 - \psi_2) m_l [r_l + (c_{l2} - c_{l1})(T - T_s)] = \\ \psi_2 m_k r_k + (1 - \psi_2) m_l r_l. \end{aligned} \tag{11}$$

Die Clapeyron-Gleichung nimmt auch jetzt die der Beziehung (4) entsprechende Form an. Insofern  $\psi_2$  nur die Funktion von  $\psi_1$  ist, sind die  $\psi_1 = \text{Konstanten}$  im  $\ln P - 1/T$ -Diagramm ebenso Gerade.

Die Gleichheit  $m_k r_k = m_l r_l$  führt mit der 2. Variation ( $P_{sl} = 0; l_k = 0$ ), die Ungleichheit  $m_k r_k \neq m_l r_l$  mit der 3. Variation ( $P_{sl} = 0, l_k \neq 0$ ) zu analogen Ergebnissen, bei der Analyse des idealisierten Prozesses.

Man muß getrennt untersuchen, ob die Voraussetzung  $\psi_2 = f(\psi_1)$  berechtigt ist. Für die idealen (Raoult) Lösungen ist

$$\psi_2 = \frac{\psi_1}{(1 - \psi_1) \frac{P_{sl}}{P_{sk}} + \psi_1} \text{ gültig,} \tag{12}$$

unsere Voraussetzung kann also nur im Fall  $\frac{P_{sl}}{P_{sk}} = \text{konst.}$  wahr sein. Im allgemeinen Fall hängt aber auch das Verhältnis des eigenen Dampfdrucks der idealen Komponenten von der Temperatur ab. Das bedeutet aber auch, daß  $\psi_2 = f(\psi_1, T)$ , und im  $\ln P - 1/T$ -Diagramm die  $\psi_1 = \text{konst.}$  Kurven nicht gerade sind.

So kann die mit Abb. 2 bzw. 3 dargestellte allgemeine Voraussetzung  $F_K = F_A$  wegen der Ungleichheiten  $Q_{K0} \neq -Q_{Ab}$  und  $Q_0 \neq -Q_C$  nicht ohne weiteres verwirklicht werden.

Die auf das ideale Arbeitsstoffpaar bezügliche 3. Voraussetzung nimmt auch eine vollkommene Rektifikation an. Sie kann auch als Partialdruckkompression des gekochten Kältemittels aufgefaßt werden. Damit aber auch die Absorption im Phasengleichgewicht verwirklicht wird, ist es nötig, daß der im Verdampfer entstandene reine Kältemitteldampf auf den Partialdruck über die Absorptionslösung expandiert wird. Diese zwei Arbeiten könnten

nur in den Spezialfällen einander gleich sein, aber wenn z. B.  $m_l r_l > m_k r_k$ , ist die Kompressionsarbeit größer. Dieser Arbeitsunterschied ( $\Delta AL$ ) ist durch einen zwischen  $T_{K_0}$  und  $T_m$  Temperaturgrenzen arbeitenden Carnot-Arbeitsprozeß zu decken, d. h. der Prozeß kann zwischen anhand der Clapeyron-Wärme bezeichneten Temperaturgrenzen betriebsfähig gemacht werden, aber das wird noch zu teuer werden:

$$\alpha = \frac{Q_0}{Q_{K_0} + \Delta AL} \neq \frac{\frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_{K_0}}}{\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_m}} \quad (13)$$

Es ist beachtenswert, daß die Abnahme der spezifischen Kälteleistung beim Resorptionssystem kleiner ist.

### 5. Arbeitsstoffpaar mit Lösungsmitteldampfdruck und Lösungswärme

$$(P_{sl} > 0; \quad l_k \neq 0; \quad l_l \neq 0)$$

Aus den vorerwähnten folgt dann vernunftmäßig, daß in diesem Fall letzten Endes die unten folgende Beziehung gültig ist:

$$Q_u = \psi_2 m_k (r_k + l_k) + (1 - \psi_2) m_l (r_l + l_l) \quad (14)$$

und die Verhältnisse des idealen Prozesses durch die Gleichung

$$m_k (r_k + l_k) \cong m_l (r_l + l_l)$$

motiviert sind, und wir kommen zu Ergebnissen, die der 4. Variation analog sind.

Nach den obengenannten ist die allgemeinere, aber genauere Formulierung der Voraussetzungen, die sich auf das Arbeitsstoffpaar der idealen Sorptionsprozesse beziehen, statt der 1. und 2. Annahme einfach, daß *die molare »Umwandlungswärme« nur die Funktion der Lösungskonzentration sein kann*. Dies bedeutet geometrisch, daß im  $\ln P - 1/T$ -Diagramm die  $\psi_1 =$  Konstanten eines solchen Arbeitsstoffpaares gerade sind.

Diese Voraussetzung wird nur durch diejenigen Arbeitsstoffpaare in Wirklichkeit gut angenähert, bei denen der eigene Dampfdruck des Lösungsmittels neben dem Kältemittel so klein ist, daß man ihn vernachlässigen kann (z. B. Lithiumbromidwasser), aber z. B. das Wasser-Ammonia-Arbeitsstoffpaar gehört nicht mehr in diese Gruppe.

Dieser Umstand weist auch darauf hin, daß die Arbeitsstoffpaare der 4. und 5. Kategorie zur Bildung solcher Sorptionsprozesse geeignet sind, die sich nicht an ein isothermisches, sondern an ein sich zwischen ausgesprochen weiten Temperaturgrenzen veränderndes »äußeres Verhalten« anpassen. Neben der Wirkung der Verdampfungswärme und Lösungswärme des Kältemittels spielt auch der eigene Dampfdruck des Lösungsmittels im Verhältnis der Temperaturniveaus und Druckniveaus eine Rolle und steigert die Anwendungsmöglichkeiten des Sorptionssystems.

*Zeichen*

$T$	Temperatur	(K°)
$P$	Druck	(kg/m <sup>2</sup> )
$v$	spezifisches Volumen	(m <sup>3</sup> /kg)
$\xi$	Gewichtskonzentration	(kg/kg)
$\psi$	Molkonzentration	(mol/mol)
$Q, q$	Wärmemenge	(kcal, kcal/kg)
$r$	Verdampfungswärme	(kcal/kg)
$l$	Lösungswärme/isotherm. diff./	(kcal/kg)
$mR = \mathfrak{R}$	universale Gaskonstante	$\left( \frac{\text{mkg}}{\text{Mol, K}^\circ} \right)$
$m$	Molgewicht	(kg/Mol)
$\alpha$	spezifische Kälteleistung	(kcal/kcal)

*Indizes*

2	Dampfphase
1	Flüssigkeitsphase
k	Kältemittel
l	Lösungsmittel
A	Antriebsteil
K	Kälteteil
Ko	Kocher
m	Mittelwert
0	Verdampfung
s	Gleichgewichtszustand
C	Kondensator (Resorber)
Ab	Absorber
u	Umwandlung

**Zusammenfassung**

Der Autor untersucht durch Anwendung der Clausius—Clapeyron-Gleichung die Verbindung zwischen Betriebstemperaturniveaus und spezifischer Kälteleistung des idealen Sorptionsvergleichsprozesses, sowie zwischen den Eigenschaften des Arbeitsstoffes. Mit dieser Methode zieht er neben der Verdampfungswärme und Lösungswärme auch die Rolle der Eigendampfdrücke von den Komponenten in Betracht und bestätigt die ausgezeichnete thermische Anpassungsfähigkeit des Sorptionssystems.

**Literatur**

1. STIERLIN, H.: Beitrag zur Theorie der Absorptions-Kältemaschine, Kältetechnik, 1964. 7.
2. BOSNJAKOVIC, F.: Technische Thermodynamik II. T. Steinkopf, 1965.
3. PLANK, R.: Handbuch der Kältetechnik VII. Springer 1959.
4. ÉBER, N.: Die Darstellung und Analyse von Absorptionskreisprozessen mit Hilfe des T-s-Diagramms. Dissertation, ETH Zürich 1968. Nr 4229.
5. VDI Kältemaschinen-Regeln, C. F. MÜLLER.

Dr. Zoltán JAKAB, Budapest XI., Műgyetem rkp. 9—11, Ungarn