

# Über die Mischbarkeit von Chlorex ( $\beta, \beta'$ -Dichlordiäthyläther) mit Halogenkohlenwasserstoffen.

(Über binäre flüssige Mischungen XIII.)

Von

H. Tschamler, E. Richter und F. Wettig.

Aus dem I. Chemischen Laboratorium der Universität Wien.

Mit 2 Abbildungen.

(Eingelangt am 18. Juni 1949. Vorgelegt in der Sitzung am 23. Juni 1949.)

Mit Hilfe der uns zur Verfügung stehenden Halogenkohlenwasserstoffe konnten wir bezüglich der Mischbarkeit dieser Stoffe mit *Chlorex* folgende Punkte klären:

- a) Den Einfluß einer *Kettenverlängerung* im allgemeinen, einer  $\text{CH}_2$ -Gruppe im besonderen,
- b) den Einfluß einer *Erhöhung* des Gehaltes an demselben Halogen,
- c) den Einfluß der *Art* des Halogens und
- d) den Einfluß einer *Doppelbindung*.

## I. Meßmethodik.

Die Mischungswärmen und spezifischen Wärmen bei 25° C wurden in dem in Arbeit X beschriebenen Kalorimeter gemessen<sup>1</sup>.

Die Bestimmung der Erstarrungspunkte der Reinstoffe und der Mischungen erfolgte in der Apparatur von H. Tschamler<sup>2</sup>.

Die Dichten wurden in Sprengelschen Pyknometern mit Schlißkappen (Inhalt zirka 5 ccm; Meßgenauigkeit zirka 0,05%) in einem Wasserthermostaten (Temperaturkonstanz:  $\pm 0,015^\circ$ ) bestimmt.

## II. Physikalische Konstanten der Reinstoffe.

Die Reinigung der uns zur Verfügung stehenden Präparate erfolgte vorerst durch Wasserentzug und anschließende fraktionierte Destillation. Verwendet wurden jedoch nur solche Substanzen, deren Abkühlungskurven

<sup>1</sup> H. Tschamler und E. Richter, Mh. Chem. 80, 510 (1949).

<sup>2</sup> Mh. Chem. 78, 297 (1948).

ausgeprägte, temperaturkonstante Haltezeiten aufwiesen. Diejenigen Substanzen, bei denen dieses Reinheitskriterium nicht erfüllt war, wurden ausgeschieden, bzw. wenn die Erstarrungspunkte nicht allzu tief lagen und die Substanzmenge genügte, durch mehrfache fraktionierte Kristallisation gereinigt. Eine nochmalige Aufnahme der Abkühlungskurven entschied dann über die Brauchbarkeit.

*n*-Amylbromid wurde von uns hergestellt<sup>3</sup>, wobei wir einen *n*-Amylalkohol verwendeten, dessen Erstarrungspunkt mit den besten Literaturwerten auf  $\pm 0,1^\circ$  übereinstimmte.

Tabelle 1. Physikalische Konstanten der verwendeten Reinstoffe.

Substanz	Sdp. (° C)	$c_p^{25}$ cal/Grad	$d_{25}^{25}$	Schmelzpunkt (° C)	$n_D^{20}$
Chlorex.....	178,6	0,387	1,2142	— 46,9	1,45739
Äthylbromid .....	37,6	0,290	1,4350	— 118,5	1,42457
<i>n</i> -Propylbromid ....	70,8	0,268	1,3467	— 108,1/— 109,7	1,43419
<i>n</i> -Butylbromid .....	100,5	0,301	1,2694	— 111,5	1,43981
<i>n</i> -Amylbromid .....	128,6	—	1,2184 <sup>4</sup>	— 89,3/— 94,4	1,44433
<i>n</i> -Hexylbromid .....	155,5	0,341	1,1690	— 84,8	1,44774
Allylbromid .....	70,2	0,260	1,4150	— 119,3	—
Trichloräthylen .....	87,1	0,255	1,4565	— 86,5	—
Chloroform.....	60,7	0,237	1,4722	— 63,5	—
Tetrachlorkohlenstoff	76,2	0,209	1,5860	— 23,6	1,45769 <sup>5</sup>
1,2-Dichloräthan....	83,5	0,322	1,2455	— 35,7	1,44463
1,1,2,2-Tetrachlor- äthan .....	147,0	0,264	1,5905	— 43,8	—
Bromoform .....	149,6	0,127	2,8798	+ 8,0	—
1,2-Dibromäthan ...	131,4	0,172	2,1698	+ 10,0	1,53867
Chlorbenzol .....	131,5	0,331	1,1016	— 45,5	1,52449
Brombenzol .....	155,6	0,241	1,4900	— 30,5	1,55972

Es erscheint uns notwendig, auf einige neue Feststellungen bei den *Erstarrungspunkten* der *n*-Alkylbromide hinzuweisen.

Da *E. L. Skau* und *R. McCullough*<sup>6</sup> beim *n*-Amylbromid eine *stabile* und eine *instabile* Modifikation gefunden hatten, legten wir besonderen Wert darauf, auch bei den anderen *n*-Alkylbromiden nach verschiedenen Modifikationen zu suchen. Beim *n*-Amylbromid konnten wir die *stabile* Modifikation

<sup>3</sup> Org. Synthesis 1, 5 (1921).

<sup>4</sup> Bei 20° C.

<sup>5</sup> Bei 25° C.

<sup>6</sup> J. Amer. chem. Soc. 57, 2439 (1935).

mit dem höheren Schmelzpunkt *nur durch Impfen* erhalten, während von selbst stets die *instabile* Modifikation auskristallisierte. Beim Äthylbromid,

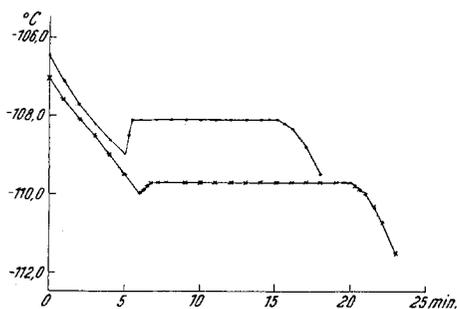


Abb. 1. Abkühlungskurven des stabilen und instabilen *n*-Propylbromids.

*n*-Butylbromid und *n*-Hexylbromid wurde mit oder ohne Impfen immer derselbe Erstarrungspunkt erhalten. Hingegen fanden wir beim *n*-Propylbromid nach Impfen einen um zirka 1,6° höheren Erstarrungspunkt als ohne Impfen, also ebenfalls zwei Modifikationen (siehe Abb. 1). Zur Bekräftigung dieses Ergebnisses haben wir die Schmelzwärmen der einzelnen *n*-Alkylbromide aus den Grenzästen der Schmelzkurven der *n*-Alkylbromide untereinander,

die sämtlich einfache eutektische Mischungen geben, berechnet und mit den vorhandenen Literaturwerten verglichen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2. Die Erstarrungspunkte, Schmelzwärmen, Schmelzentropien  $S_F$  und die Schmelzentropien pro Atomgruppe  $S_{F/n}$  der *n*-Alkylbromide.

(*n* bedeutet die Zahl der  $\text{CH}_2$ -,  $\text{CH}_2$ -Gruppen und der Halogenatome, ist also z. B. für  $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{Br}$  gleich 3, usw.)

n-Alkylbromid	Schmelzpunkte (° K)				Schmelzwärmen (cal/Mol)			$S_F$	$S_{F/n}$
	Eigene Werte	Literaturwerte			Eigene Werte	Literaturwerte			
Äthylbromid . .	154,7	154,3 <sup>6</sup>	—	155,1 <sup>8</sup>	1480	1400 <sup>8</sup>	—	9,6	3,2
<i>n</i> -Propylbromid		163,4 <sup>6</sup>		163,1 <sup>8</sup>		1560 <sup>8</sup>			
stabil . . . . .	165,1		—		1560		—	9,5	2,4
instabil . . . . .	163,5		—		2120		—	13,0	3,2
<i>n</i> -Butylbromid	161,7	160,9 <sup>6</sup>	160,4 <sup>7</sup>	160,4 <sup>8</sup>	2170	2165 <sup>8</sup>	2210 <sup>7</sup>	13,4	2,7
<i>n</i> -Amylbromid						3440 <sup>8</sup>	3435 <sup>7</sup>		
stabil . . . . .	183,9	185,3 <sup>6</sup>	185,1 <sup>7</sup>	185,1 <sup>8</sup>	3410			18,5	3,1
instabil . . . . .	178,8	178,6 <sup>6</sup>	—	—	3950			22,1	3,7
<i>n</i> -Hexylbromid	188,4	—	188,1 <sup>7</sup>	188,1 <sup>8</sup>	4230	4330 <sup>8</sup>	4320 <sup>7</sup>	22,4	3,2

Beim Äthylbromid, *n*-Butylbromid, dem stabilen *n*-Amylbromid und *n*-Hexylbromid stimmen unsere  $L_F$ -Werte mit denen der Literatur sehr gut überein. Das instabile *n*-Amylbromid besitzt nach unseren Messungen eine um 540 cal/Mol größere Schmelzwärme als das stabile *n*-Amylbromid. Dies steht völlig im Einklang mit der Feststellung von E. L. Skau und R. Mac Cullough<sup>6</sup>, daß sich die instabile Modifikation des *n*-Amylbromids, wenn diese einige Zeit auf einer Temperatur von 10 bis 20° unter ihrem Erstarrungspunkt gehalten oder wenn diese plötzlich stark unterkühlt wird, unter Wärmeabgabe in die stabile Modifikation umwandelt. Beim *n*-Propylbromid

<sup>7</sup> R. F. Deese jr., J. Amer. chem. Soc. **53**, 3673 (1931).

<sup>8</sup> W. O. Baker und Ch. P. Smyth, J. Amer. chem. Soc. **61**, 1695 (1939).

liegt offenbar der Fall ganz ähnlich. Die von uns berechnete Schmelzwärme der *instabilen* Modifikation ist um 560 cal/Mol größer als die der *stabilen* Modifikation, so daß der von *W. O. Baker* und *Ch. P. Smyth*<sup>8</sup> gefundene  $L_F$ -Wert der *stabilen* Modifikation des *n-Propylbromids* zuzuordnen ist.

Die Schmelzentropien  $S_F$  (siehe Tabelle 2) nehmen erwartungsgemäß mit dem Molgewicht zu. Der  $S_F$ -Wert des *instabilen n-Amylbromids* ist fast ebenso groß wie der des *n-Hexylbromids*; das Gleiche gilt für das Paar: *instabiles n-Propylbromid* und *n-Butylbromid*.

Die  $S_F/n$ -Werte scheinen bei längeren aliphatischen Molekülen konstant zu werden; sie entsprechen etwa dem von *A. Eucken*<sup>9</sup> für *n-Paraffine* festgestellten Wert.

### III. Versuchsergebnisse und Diskussion.

In Abb. 2 sind die Meßpunkte der Mischungsenthalpien bei 25° C der verschiedenen Systeme eingezeichnet (Bezeichnung der Systeme wie in Tabelle 3). Tabelle 3 enthält die extrapolierten maximalen  $\Delta H$ -Werte bei 25° C; ferner die Art einiger von uns aufgenommener Zustandsdiagramme.

Die Systeme in Tabelle 3 sind nach der in der Einleitung gegebenen Gliederung geordnet. Im einzelnen sei zu diesen Einflüssen bemerkt:

#### A. Kettenverlängerung.

Grundsätzlich bezeichnen wir als erstes Glied einer homologen Reihe dasjenige Molekül, das eine *eine*  $\text{CH}_2$ -Gruppe im Molekül enthält (also z. B.:  $\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$  oder  $\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{Cl}$  usw.). Aus dem Mischungsverhalten der Glieder einer homologen Reihe läßt sich unter der Voraus-

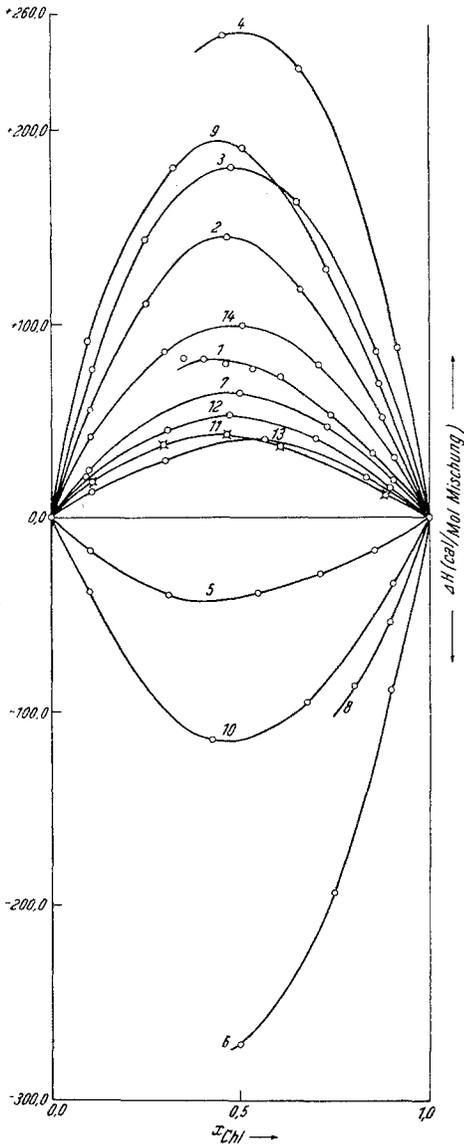


Abb. 2. Mischungsenthalpien bei 25° C von Chlorex mit 14 Halogenkohlenwasserstoffen.

<sup>9</sup> Angew. Chem. 55, 165 (1942).

setzung, daß es sich entweder um lauter normale Flüssigkeiten oder um Flüssigkeiten mit temperaturkonstanter Assoziation handelt, die Grenze der vollständigen Mischbarkeit angenähert voraussagen (vgl. hierzu: „Über binäre flüssige Mischungen XII“, Kap. IV<sup>10</sup>).

Tabelle 3. Die maximalen Mischungsenthalpien bei 25° C verschiedener Chlorex-Halogenkohlenwasserstoffsysteme.

Einfluß auf die Mischbarkeit	Systemnummer	Chlorex mit	Mischungswärme (cal/Mol)		Art des Zustandsdiagrammes
			$\Delta H_{\max}^{25}$	$x_{\text{Chlorex}}$	
A. Durch Kettenverlängerung	1	Äthylbromid . . . .	+ 82,0	0,430	
	2	n-Propylbromid .	+ 144	0,470	Eu
	3	n-Butylbromid . .	+ 180	0,490	
	4	n-Hexylbromid . .	+ 254	0,515	
B. Durch Erhöhung des Gehaltes an demselben Halogen	5	1,2-Dichloräthan	- 41,8	0,400	MV
	6	1,1,2,2-Tetrachloräthan . . . . .	- 271*	0,502*	MV
	2	n-Propylbromid .	+ 144	0,470	Eu
	7	1,2-Dibromäthan	+ 64,9	0,450	
	8	Chloroform . . . . .	- 87,6*	0,803*	
	9	Tetrachlorkohlenstoff . . . . .	+ 194	0,450	Eu
C. Durch die Art des Halogens	5	1,2-Dichloräthan	- 41,8	0,400	MV
	7	1,2-Dibromäthan	+ 64,9	0,450	
	8	Chloroform . . . . .	- 87,6*	0,803*	
	10	Bromoform . . . . .	- 115	0,465	
	11	Chlorbenzol . . . . .	+ 42,0	0,440	
12	Brombenzol . . . . .	+ 52,0	0,475		
D. Durch die Doppelbindung	13	Allylbromid . . . . .	+ 39,5	0,550	
	2	n-Propylbromid .	+ 144	0,470	
	14	Trichloräthylen .	+ 98,0	0,480	

$\Delta H$ -Werte mit \* sind keine maximalen Mischungswärmen; die Kurvenlage ist aus Abb. 2 zu entnehmen.

<sup>10</sup> H. Tschamler, E. Richter und F. Wettig, Mh. Chem. 80, 749 (1949).

Auf Grund unserer Untersuchungen von *Chlorex* mit *n-Paraffinen*<sup>11</sup>, mit *n-Alkylbenzolen*<sup>12</sup>, mit *normalen ges. prim. aliph. Alkoholen*<sup>10</sup> und nun mit *n-Alkylbromiden* (siehe Tabelle 3 unter A) stellen wir fest, daß:

1. eine Kettenverlängerung die Mischungsenthalpie stets in endothermer Richtung verändert und

2. die endotherme Veränderung von  $\Delta H_{\max}$  je  $\text{CH}_2$ -Gruppe im Mittel bei jeder Reihe angenähert konstant ist und nur zwischen zirka 40 und 50 cal/Mol Mischung schwankt, obwohl der Absolutwert der maximalen Mischungsenthalpie für vergleichbare Glieder, das heißt solche mit gleicher  $\text{CH}_2$ -Zahl im Molekül, verschiedener homologer Reihen recht verschieden sein kann.

B. Erhöhung des Gehaltes an demselben Halogen im gleichen gesättigten Grundmolekül.

Auf Grund unserer Messungen muß man zwei voneinander völlig verschiedene Fälle unterscheiden, und zwar wird einerseits

1. die Mischbarkeit ständig verbessert, solange bei der Erhöhung des Gehaltes an dem gleichen Halogen noch mindestens ein H-Atom im Molekül vorhanden bleibt (siehe Systeme 5/6 und 2/7); da unseres Wissens in der Literatur sonst keine geeigneten Vergleichssysteme vorliegen, wollen wir diese Regel durch weitere Messungen auf breiterer Basis prüfen; andererseits wird aber

2. die Mischbarkeit stark vermindert, sobald auch das letzte H-Atom durch Halogen ersetzt wird (siehe Systeme 8/9). Diese Mischungsregel ist — zumindest soweit es sich um den Übergang von  $\text{CHCl}_3$  zu  $\text{CCl}_4$  handelt — allgemeingültig; nach den Literaturdaten gilt sie für so verschiedene Stoffe wie: 1,1-Dibromäthan<sup>13</sup>, Diäthyläther<sup>13-17</sup>, Aceton<sup>18, 13, 19, 14, 15, 17</sup>, Essigsäureäthylester<sup>13,19,16</sup>, Cyclohexan<sup>20</sup>, Benzol<sup>13,20,14,21</sup>, Toluol<sup>20,14,15,22</sup>, Anilin<sup>23, 24, 16</sup> und Nitrobenzol<sup>25</sup>.

<sup>11</sup> H. Tschamler, F. Wettig und E. Richter, Mh. Chem. **80**, 572 (1949).

<sup>12</sup> H. Tschamler, Mh. Chem. **79**, 162 (1948).

<sup>13</sup> H. Hirobe, Landoldt-Börnstein, Erg.,-Bd. II, S. 1561 und 1564. 1931.

<sup>14</sup> G. C. Schmidt, Z. physik. Chem. **121**, 245 (1926).

<sup>15</sup> J. B. Peel, W. M. Madgin und H. V. A. Briscoe, J. chem. Soc. London **131**, 2873 (1927).

<sup>16</sup> J. B. Peel, W. M. Madgin und H. V. A. Briscoe, J. physic. Chem. **32**, 285 (1928).

<sup>17</sup> K. Fredenhagen und E. Tramitz, Z. physik. Chem., Abt. B **46**, 356 (1940).

<sup>18</sup> W. Timofejew, Int. Crit. Tab. **V**, 151 (1929).

<sup>19</sup> B. H. Carroll und J. H. Mathews, J. Amer. chem. Soc. **46**, 34 (1924).

<sup>20</sup> E. Baud, Bull. Soc. chim. France **17**, 336 (1915).

<sup>21</sup> R. D. Vold, J. Amer. chem. Soc. **59**, 1518 (1937).

<sup>22</sup> A. J. Staverman, Recueil Trav. chim. Pays-Bas **59**, 1081 (1940).

<sup>23</sup> E. J. Hartung, Trans. Faraday Soc. **12**, 66 (1917).

<sup>24</sup> G. Weissenberger, F. Schuster und L. Lielacher, Mh. Chem. **46**, 303 (1925).

<sup>25</sup> G. Weissenberger, R. Henke und F. Kawenoki, J. prakt. Chem. **113**, 171 (1926).

## C. Art des Halogens.

Unsere Messungen (Systeme 5/7, 8/10 und 11/12) zeigen eine Verschlechterung der Mischbarkeit beim Ersatz von Cl durch Br, daß dies aber nichts damit zu tun hat, daß *Chlorex* selbst chlorhaltig ist, zeigt das gleichartige Verhalten von Benzol, Toluol, p-Xylol mit 1,2-Dichloräthan<sup>20, 26–28</sup> und 1,2-Dibromäthan<sup>20</sup>, sowie von Aceton, Diäthyläther, Methylacetat, Toluol mit Chloroform<sup>13, 19, 14–17, 29, 20</sup> und Bromoform<sup>30, 31, 20</sup>. Hiernach läßt sich offenbar versuchsweise als allgemeine Regel aufstellen, daß *die Mischbarkeit vieler Stoffe mit gesättigten chlorhaltigen Molekülen besser ist als mit sonst gleichgebauten bromhaltigen Molekülen*.

Material für eine vollständige Reihe: RF — RCl — RBr — RJ fehlt noch; ein Beispiel soll noch untersucht werden.

## D. Doppelbindung.

Hier scheinen zwei voneinander völlig verschiedene Fälle aufzutreten, und zwar:

1. *Die Mischbarkeit wird verbessert, wenn eine oder mehrere Doppelbindungen an Stelle von Einfachbindungen in der C—C-Kette vorliegen*. Als Beispiele hierfür wollen wir von eigenen Messungen anführen: Chlorex mit n-Propylbromid und Allylbromid (siehe Tabelle 3, Systeme 2/13), Chlorex mit Äthylbenzol und Styrol<sup>32</sup> und Chlorex mit Cyclohexan<sup>33</sup> und Benzol<sup>12</sup>. Von Literaturergebnissen seien erwähnt: Essigsäure, 1,2-Dibromäthan, Chloroform, Anilin mit Cyclohexan<sup>20, 34</sup> und Benzol<sup>14, 35, 20, 13, 36</sup>; ebenso Chloroform und 1,2-Dibromäthan mit Cyclohexan<sup>20</sup>, Cyclohexen<sup>20</sup> und Benzol<sup>13, 14, 20</sup>.

Offenbar stellt diese Erhöhung der Mischbarkeit ungesättigter Moleküle eine ziemlich allgemeingültige Mischungsregel dar.

2. *Die Änderung im Mischungsverhalten ist nicht zu übersehen, sobald außer der Einführung von Doppelbindungen in der C—C-Kette auch noch andere Substituierungen (z. B. Halogen) vorgenommen wurden*. Als Beispiel führen wir das System Chlorex—Trichloräthylen (Tabelle 3, System 14) an, dessen Mischungswärme *endotherm* ist, während  $\Delta H$  von

<sup>26</sup> R. Kremann, Eigenschaften binärer Flüssigkeitsgemische, S. 64. 1916.

<sup>27</sup> H. Tschamler, Mh. Chem. **79**, 499 (1948).

<sup>28</sup> H. Tschamler, Mh. Chem. **79**, 514 (1948).

<sup>29</sup> A. J. Staverman, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **60**, 599 (1941).

<sup>30</sup> G. Weissenberger, F. Schuster und L. Lielacher, Landoldt-Börnstein, Erg.-Bd. I, S. 855.

<sup>31</sup> V. C. G. Trew, Trans. Faraday Soc. **28**, 509 (1932).

<sup>32</sup> H. Tschamler, Mh. Chem. **79**, 244 (1948).

<sup>33</sup> H. Tschamler, Mh. Chem. **79**, 223 (1948).

<sup>34</sup> H. Schlegel, J. Chim. physique **32**, 223 (1935).

<sup>35</sup> E. Baud, Int. Crit. Tab. **V**, 156 (1929).

<sup>36</sup> K. Merkel, Nova Acta Leopoldina **61**, 263 (1940).

Chlorex—1,1,2-Trichloräthan auf Grund der  $\Delta H$ -Werte der Systeme 5 und 6 (Tabelle 3) als *exotherm* anzunehmen ist. Vergleichbare Systeme liegen in der Literatur bisher nicht vor; durch weitere Messungen beabsichtigen wir festzustellen, ob es sich beim Trichloräthylen um einen Einzelfall handelt.

#### IV. Schlußbemerkung.

Für die allgemeine Charakteristik eines Stoffes als Lösungsmittel sind wohl folgende drei Angaben besonders wichtig:

a) Mit welchen Stoffgruppen tritt *stark endotherme Mischungswärme* und damit bei praktisch wichtigen Temperaturen beschränkte Mischbarkeit auf?

b) Mit welchen Stoffgruppen werden *athermische* oder angenähert athermische Mischungen gebildet?

c) Welche Stoffe liefern ausgesprochen *exotherme* Mischungen?

*Chlorex* scheint — soweit man von Wasser und anderen stark polaren anorganischen Medien absieht — mit allen Verbindungen mit genügend *langen aliphatischen Resten* schlecht, bzw. nur *beschränkt* mischbar zu sein.

Mit einfachen Halogeniden ist es im allgemeinen schwach endotherm mischbar. Schwach exotherm ist seine Mischung mit 1,2-Dichloräthan. Für *diese* Stoffe kann es also als weitgehend *indifferentes* Medium angesehen werden.

Die Stoffe mit stark exothermer Mischungsenthalpie sind bei *Chlorex* offenbar beschränkt auf Moleküle, die an einem C-Atom ein einzelnes Wasserstoffatom, sonst aber möglichst viele Halogenatome tragen. Sym. Tetrachloräthan mit zwei solchen Wasserstoffatomen dürfte fast den doppelten Wert von  $\Delta H_{\max}$  besitzen wie Chloroform (siehe Abb. 2, Systeme 6 und 8); 1,1,2,2-Tetrachloräthan bildet mit Chlorex auch eine feste Verbindung (1 : 1). Vermutlich handelt es sich hier um eine starke Wechselwirkung des Äther-Sauerstoffes mit den erwähnten halogenbenachbarten einzelnen Wasserstoffatomen. Derart stark exotherme Mischungsenthalpien können schon eine erhebliche Beeinflussung auch des chemischen Verhaltens der Mischungspartner bedeuten und beinhalten die Warnung, Chloroform und ähnliche Stoffe z. B. für Diäthyläther keinesfalls als „indifferente“ Lösungsmittel anzusehen. Eine genauere Kenntnis der quantitativen Abstufung von  $\Delta H$ -, im weiteren Verlauf natürlich noch besser von  $\Delta G$ -Werten der Mischungsvorgänge wird in diesem Sinne auch für den präparativ arbeitenden Chemiker praktisches Interesse gewinnen können, für den auf diese Weise die bisher meist nur qualitativ mögliche Beurteilung eines Lösungsmittels quantitativen Charakter erhält.

Herrn Prof. L. Ebert haben wir für wertvolle Ratschläge zur Abfassung dieser Arbeit besonders zu danken.