

Über die Energieänderungen binärer Systeme.

IV. Mitteilung:

Die innere Reibung binärer Gemische

von

R. Kremann, Fr. Gugl und R. Meingast.

Aus dem chemischen Institute der Universität Graz.

(Mit 24 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Mai 1914.)

Zur Aufklärung des Zustandes der beiden Komponenten eines binären Systems wurde unter anderem das Studium der inneren Reibung wechselnder Gemische beider Komponenten herangezogen. Das grundlegende Material ist von Dunstan¹ zusammengetragen worden.

Aus der Tatsache, daß reine assoziierte Stoffe weitaus viscoser sind, als monomolekulare Stoffe, kommt Verfasser zum Schluß, daß sich Assoziation zwischen den Komponenten eines binären Systems durch positive Abweichung respektive Maxima in den Reibungskurven und umgekehrt Zerfall assoziierter Moleküle in binären Lösungen durch negative Abweichung beziehungsweise Minima auf den Reibungskurven bemerkbar machen müßte. Positive Reibungskurven wurden bislang einmal bei solchen Systemen nachgewiesen, bei denen stöchiometrische Verbindungen der Komponenten nachgewiesen wurden oder sehr wahrscheinlich sind,² ja neuer-

¹ Zeitschr. für phys. Chemie, 49, 590; 51, 734 und 56, 370.

² Maxima liegen vor in den Systemen:

Phenol—Anilin	}	Kremann und Ehrlich, Sitzungsber. der Wiener Akad. 116, Abt. II, 27. April 1907
<i>m</i> -Kresol—Anilin		

dings wurden solche Kurven mit singularen Schnittpunkten zwei Äste aufgefunden, wenn die Verbindungen in der Lösung nur wenig dissoziiert sind,¹ andererseits beobachtet man aber auch positive Abweichungen bei Systemen, bei denen Bildung von Verbindungen nicht anzunehmen sein dürfte.² Der gewöhnlichste Typus ist der negative Verlauf, während ein streng additiver Verlauf relativ selten ist.³ Wenngleich auch, wie wir in der früheren Mitteilung gesehen haben, normales Verhalten der Komponenten in den Mischungen recht selten ist, bei welchem nach früher Gesagtem additives Verhalten der Reibungskurve zu erwarten gewesen wäre, so erscheint es schon nach dem bisherigen Versuchsmaterial unwahrscheinlich, daß die innere Reibung binärer Systeme eine

Anilin— <i>m</i> -Kresol	} Tsakalatos, Bull. Soc. chem. (4) 3,
Pyridin—Essigsäure	
Pyritin—Essigsäure	} Faust, Zeitschr. für phys. Chemie,
Anilin—Essigsäure	
<i>p</i> -Toluidin—Phenol	} Beck, Zeitschr. für phys. Chemie, 58,
<i>p</i> -Toluidin— α -Naphtalin	
Phenol— α -Naphtalin	

Wahrscheinlich, beziehungsweise möglich sind Assoziationen in den Systemen, die positive Reibungskurven zeigen:

Äthylalkohol—Benzol	} Findlay, Zeitschr. für phys. Chemie,	
Methylalkohol—Chloroform		69, 203.
Äthylalkohol—Tetrachlorkohlenstoff		
Nitrobenzol—Tetrachloräthan	} Drucker und Kassel.	
Amylalkohol—Diäthylanilin Paraldehyd		
Chloroform—Aceton	Faust, Zeitschr. für phys. Chemie 79, 97.	
Wasser—Äthylalkohol	} Dunstan, ibidem 49, 590 und 51, 734.	
Wasser—Methylalkohol		
Wasser—Propylalkohol		

¹ Systeme aus Senfölen und sekundären Aminen. Kurnakow und Shemtschushni, Journ. Russ. phys. chem. Ges. 49, 1946—1991.

² Das System Essigsäure—Wasser mit positiver Reibungskurve nach Faust, Zeitschr. für phys. Chemie, 79, 97 und Dunstan 49, 590; 1904.

³ Ein solcher liegt vor im System Benzol—*m*-Toluol, Schwefelkohlenstoff Chloroform. Linebarger, Zeitschr. für phys. Chemie, 22, 137; ferner beobachteten ihn Beck loc. cit. bei Stoffen, die isomorphe Mischkristalle liefern.

additive Eigenschaft ist bei normalem Verhalten der Komponenten in der Mischung. So wird von Bingham und Mc. Master¹ bereits darauf hingewiesen, daß bei binären Mischungen der Betrachtung der Viscosität die der Fluidität vorgezogen werden müsse, welcher Ansicht sich auch Drucker und Kassel anschließen.

Um nun zu sehen, welcher der Normaltypus der inneren Reibungskurven ist bei normalem Verhalten der Komponenten in den binären Mischungen und welche Abweichungen von diesem normalen Typus bei verschiedenartigem, anormalem Verhalten der Komponenten eintreten, haben wir die Kurven der inneren Reibung bei einer Reihe von Systemen, bei denen nach unseren früheren Mitteilungen die Volumänderungen, Mischungswärmen und die molare Oberflächenenergie ermittelt worden waren, untersucht. Die im experimentellen Teil mitgeteilten Versuche sind zur Übersichtlichkeit der zu diskutierenden Versuchsergebnisse in folgenden Figuren graphisch dargestellt.

Betrachten wir zunächst die fünf Systeme, von denen wir annähernd normales Verhalten annehmen können:

Nr. 26.	Propylacetat	— Amylformiat	Fig. 7,
Nr. 13.	Dimethylacetat	— <i>m</i> -Xylol	Fig. 16,
Nr. 27.	<i>o</i> -Xylol	— <i>m</i> -Xylol	Fig. 8,
Nr. 28.	<i>p</i> -Xylol	— <i>m</i> -Xylol	Fig. 9,
Nr. 29.	<i>p</i> -Xylol	— <i>o</i> -Xylol	Fig. 10.

Nur bei System 26 ist die innere Reibung nahezu additiv. Bei System 13, das System, dem wir neben System 26 aber die größte Annäherung an normales Verhalten zubilligen möchten, zeigt bei beiden untersuchten Temperaturen negative Reibungskurven. Von den Systemen der drei isomeren Xylole zeigt System 27 bei beiden untersuchten Temperaturen negativen Verlauf; dasselbe ist der Fall bei System 28 und 29 bei höherer Temperatur, während bei niederen Temperaturen System 29 ein ziemlich additives Verhalten zeigt und System 28 geradezu Neigung zu positiver Abweichung aufweist.

¹ Zeitschr. für phys. Chemie, 66, 1 und 238 und 57, 234.

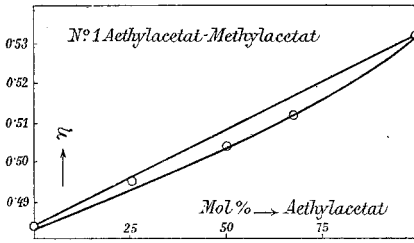


Fig. 1.

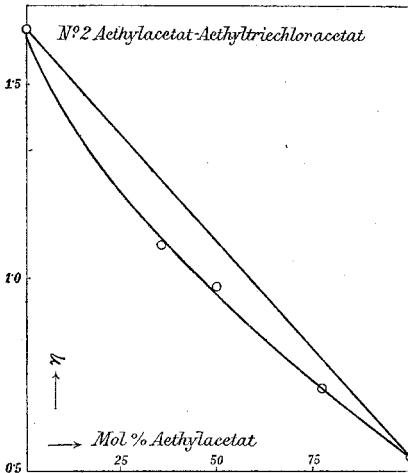


Fig. 2.

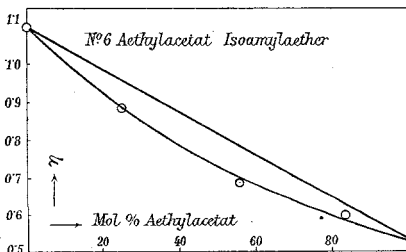


Fig. 5.

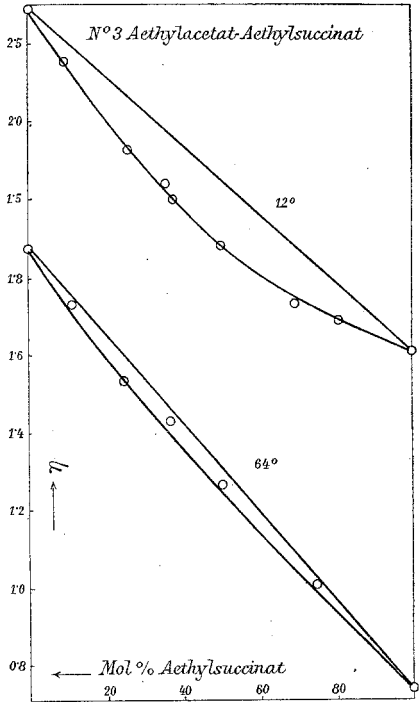


Fig. 3.

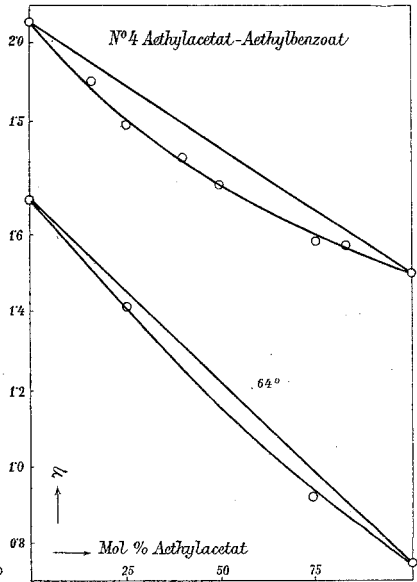


Fig. 4.

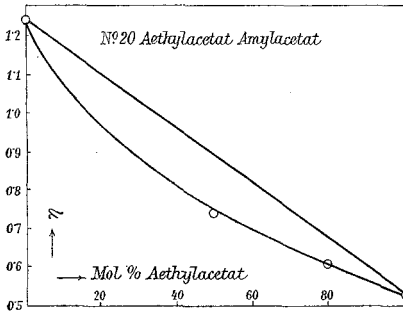


Fig. 6.

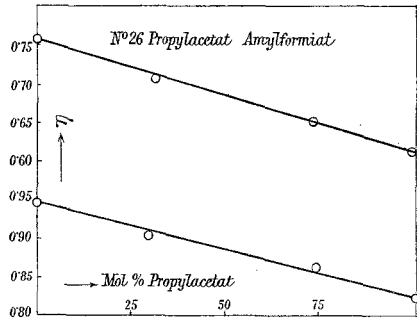


Fig. 7.

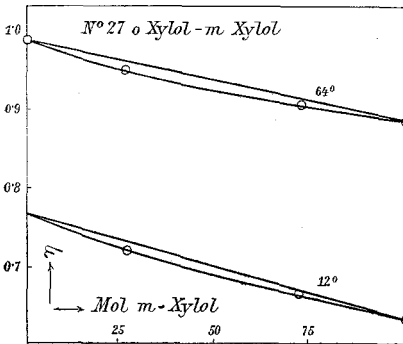


Fig. 8.

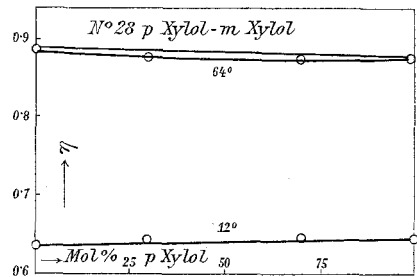


Fig. 9.

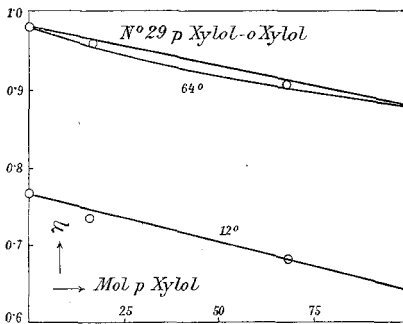


Fig. 10.

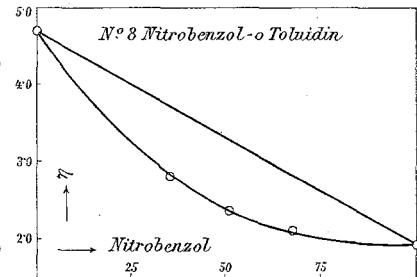


Fig. 11.

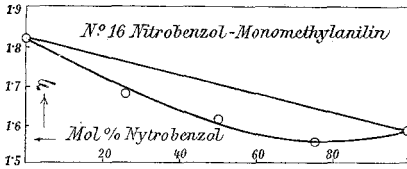


Fig. 12.

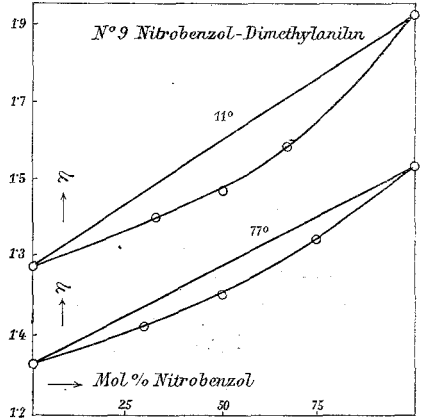


Fig. 13.

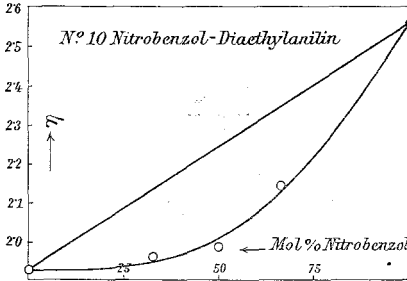


Fig. 14.

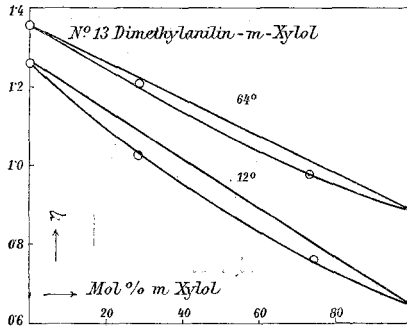


Fig. 16.

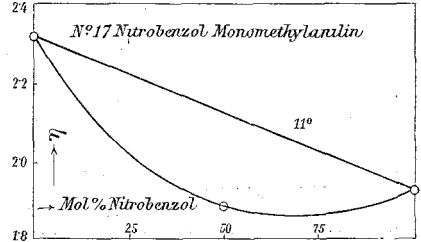


Fig. 15.

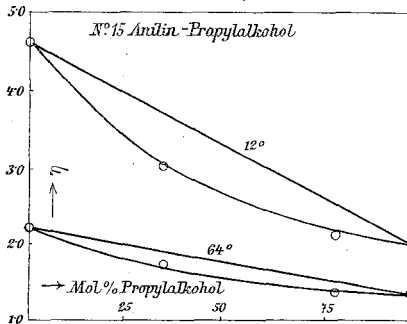


Fig. 17.

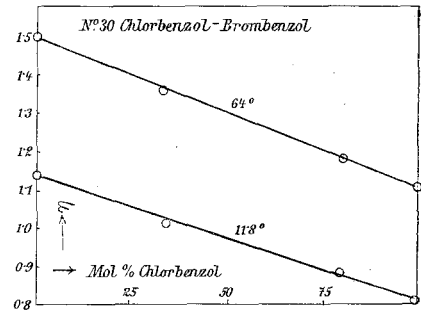


Fig. 18.

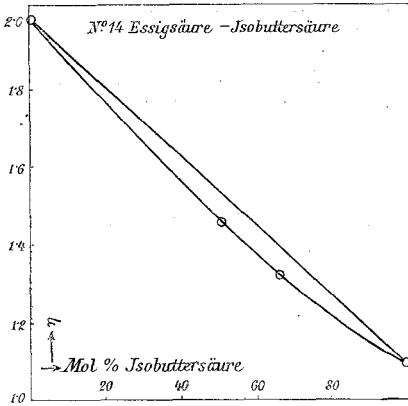


Fig. 19.

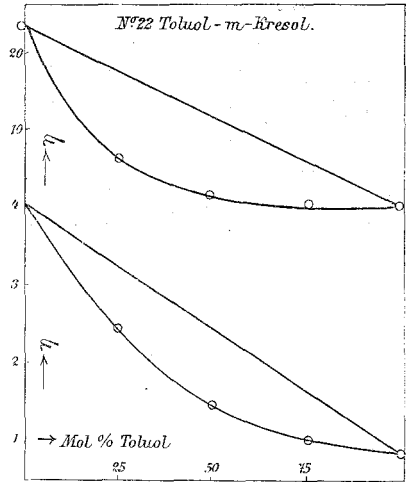


Fig. 22.

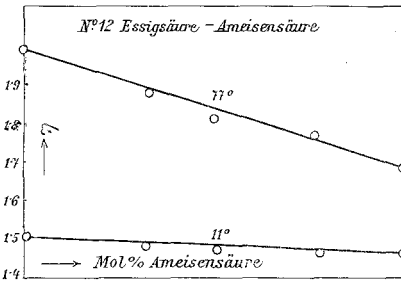


Fig. 20.

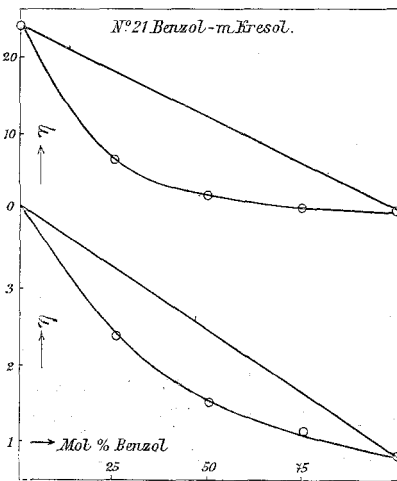


Fig. 21.

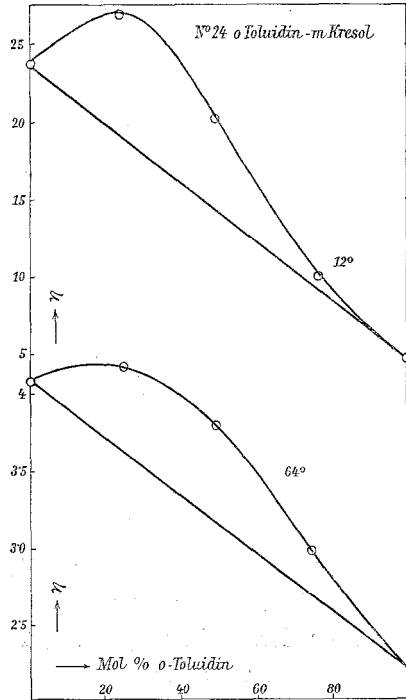


Fig. 23.

Wir kommen auf Grund dieser Ergebnisse also zum Schluß, daß bei normalem Verhalten der Komponenten die Kurven der inneren Reibung in der Regel negative Abweichungen zeigen und durchaus kein additives Verhalten zu zeigen brauchen.

Was nun die übrigen untersuchten Systeme anlangt, deren Komponenten normale Stoffe darstellen, die sich nach

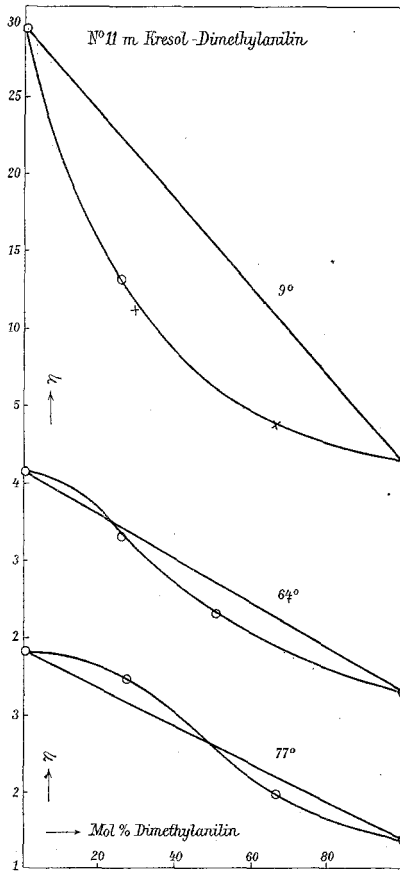


Fig. 24.

den Ergebnissen unserer früheren Mitteilungen jedoch anormal verhalten müssen, so sieht man, daß die Systeme je zweier Ester, Nr. 1, Fig. 1; Nr. 2, Fig. 2; Nr. 3, Fig. 3; Nr. 4, Fig. 4; Nr. 6, Fig. 5; Nr. 20, Fig. 5, sowie die Systeme aus Nitrobenzol und alkylierten Aminen, deren Komponenten sich gleichfalls normal verhalten: Nr. 16, Fig. 12; Nr. 9, Fig. 13;

Nr. 10, Fig. 14 und Nr. 17, Fig. 15 ausgesprochen negativen Verlauf zeigen, der, wie besonders im System 17, Fig. 15 sogar zum Auftreten eines Minimums führen kann.

Andererseits zeigen die Systeme Benzol-Toluol nach Linneberger,¹ sowie Nr. 30, Chlorbenzol-Brombenzol (Fig. 18) innerhalb der Versuchsfehler streng additives Verhalten. Den gleichen Typus und Größe negativer Abweichung vom additiven Verhalten, welche die obgenannten Systeme und deren beide Komponenten sich normal verhaltender Stoffe darstellen, zeigen die Systeme:

- | | | |
|---------|---------------------------------|-------------------------------|
| Nr. 7. | Nitrobenzol—Anilin ² | |
| Nr. 8. | » | — <i>o</i> -Toluidin Fig. 11, |
| Nr. 21. | Benzol | — <i>m</i> -Kresol Fig. 21, |
| Nr. 22. | Toluol | — <i>m</i> -Kresol Fig. 22, |

in denen die eine Komponente normal, die andere jedoch assoziiert ist, also die einzigen der bisher erwähnten Systeme, in denen man an eine Dissoziationserscheinung assoziierter Moleküle denken kann, wenn man die Gültigkeit der Ramsay-Shield-Eötvös'schen Beziehung als zu Recht bestehend annimmt, woran nach den theoretischen Untersuchungen Einstein's über diesen Gegenstand nicht zu zweifeln ist.

Betrachten wir nun noch die Reibungskurven jener Systeme, bei denen beide Komponenten assoziiert sind, wo also gleichfalls Zerfall assoziierter Moleküle denkbar ist. Es sind dies die Systeme:

- | | | |
|---------|---------------------------|-------------------------|
| Nr. 15. | Anilin | —Propylalkohol Fig. 17, |
| Nr. 12. | Essigsäure—Ameisensäure | Fig. 20, |
| Nr. 14. | Essigsäure—Isobuttersäure | Fig. 19. |

Während in den Systemen Nr. 15 und 14 negative Reibungskurven vorliegen, ist die Reibungskurve des Systems Nr. 12 ziemlich streng additiv.

Aus diesen Versuchen sehen wir also, daß selbst bei starken negativen Abweichungen, ja selbst bei solchen mit Auftreten eines Minimums der Reibungskurve nicht ohne weiteres auf den Zerfall assoziierter Moleküle geschlossen

¹ Zeitschr. für phys. Chemie, 22, 137.

² Siehe Abhandlung von R. Kremann und R. Ehrlich.

werden kann, andererseits das Vorliegen additiven Verhaltens solche Dissoziationserscheinungen nicht ausschließt, denn Systeme, in denen Zerfall assoziierter Moleküle ausgeschlossen ist, zeigen stark negative Abweichung, selbst solche mit Minimum der Reibungskurve; negative Kurven zeigen auch Systeme, in denen normale Verhältnisse der Komponenten in der Mischung sehr wahrscheinlich ist, während additives Verhalten wohl bei normalem Verhalten der Komponenten in der Mischung vorkommen kann, aber auch in solchen Systemen, in denen solches normales Verhalten normaler Komponenten in der Mischung unwahrscheinlich erscheint.

Es erübrigt uns nur noch, auf die positiven Abweichungen der Reibungskurven zu sprechen zu kommen, die durch Assoziationserscheinungen, implicite Bildung stöchiometrisch zusammengesetzter Verbindungen bedingt sein sollen.

Aus dem schon früher Gesagten geht hervor, daß die beim Lösungsvorgang gewiß stets auftretende Assoziationserscheinung selbst bei größerem Betrag denselben nicht unbedingt positive Reibungskurven indizieren. Denn unter den von uns untersuchten und bisher besprochenen Systemen, die typisch negative Reibungskurven aufweisen, befinden sich solche, bei denen sich Assoziation in größerem Betrage bemerkbar machen muß, wie aus dem Auftreten negativer Mischungswärme nach dem in der II. Mitteilung Dargelegten anzunehmen ist, im besondern bei den Systemen Nr. 2, 4, 10 und 9.

Außer den früher erwähnten Fällen, in denen beim Auftreten von Verbindungen der beiden Komponenten eines binären Systems positive Reibungskurven zu beobachten sind, haben wir noch die Reibungskurven der Systeme

Nr. 24. *o*-Toluidin—*m*-Kresol Fig. 23,

Nr. 11. *m*-Kresol —Dimethylanilin Fig. 24,

bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Während im ersten System, wo die Mischungswärme des aequionolaren Systems rund 600 cal pro Mol betrug, haben wir ebenso wie im System Anilin—*m*-Kresol, wo die Mischungswärme rund 500 cal (s. I. Mitteilung) betrug, bei beiden untersuchten

Temperaturen ein deutliches Maximum in der Reibungskurve beobachtet, das also, wie in allen andern Fällen zweifelsohne im Zusammenhang steht mit der Bildung einer Verbindung beider Komponenten. Ein ganz eigenartiges Verhalten zeigt sich aber beim System Nr. 11. Hier beobachteten wir bei 9° C. eine deutliche negative Kurve der inneren Reibung. Bei 64° C. jedoch liegen die Punkte so, daß eine S-Form der Kurve resultiert, d. h. an der kresolreichen Seite eine positive Abweichung zu erwarten ist. Bei noch höherer Temperatur erfolgt die positive Abweichung bereits im halben Konzentrationsgebiet, während die andere Hälfte negative Abweichung zeigt.

Halten wir daran fest, daß das Auftreten von Verbindungen in binären Systemen in halbwegs größerem Konzentrationsbetrage positiven Verlauf der Reibungskurve bedingt, so wäre man zur Annahme verleitet, daß mit steigender Temperatur die Konzentration der gebildeten Verbindung zunimmt, also eine exotherme Verbindung vorläge. Dies scheint uns aber nach allem, was über derartige Verbindungen bekannt ist, unwahrscheinlich, indem diese Verbindungen mit steigender Temperatur dissoziieren und nicht assoziieren. Dagegen spricht übrigens auch die bei der Mischung bei gewöhnlicher Temperatur auftretende negative Wärmetönung. Es dürfte dieses Verhalten vielmehr auf Gründe sekundärer Natur zurückzuführen sein. Es scheint uns, daß eben wie erwähnt, negativer Verlauf der Reibungskurve der Normaltypus zu sein. Die Größe der negativen Abweichungen ist bedingt durch bisher unübersehbare Faktoren, die von dem gegenseitigen Verhalten der inneren Reibung der Komponenten sowohl als durch die Temperatur beeinflußt werden. Assoziationserscheinungen vermindern je nach ihrem Betrage diese negativen Abweichungen und können entweder das Vorzeichen der Abweichungen ungeändert lassen, d. h. es bleibt trotz Assoziation die negative Form der Reibungskurve bestehen.

Bei gerade entsprechendem Verhältnis der negativen Abweichungen, wie sie bei normalem Verhalten der Komponenten eintreten und der entgegengesetzt gerichteten Abweichung infolge Assoziationserscheinung kann nun gerade

zufällig additives Verhalten resultieren. Bei Überwiegen des Einflusses der Assoziation resultiert dann die positive Kurve eventuell mit einem Maximum. Bei ein- und demselben System kann, je nach der Temperatur, der eine oder der andere Fall eintreten, wie wir es z. B. beim System Nr. 11 gesehen haben, wo die Bildung der Verbindung von relativ geringer Wärmetönung begleitet ist. Es scheint uns wahrscheinlich, daß bei noch höherer Temperatur die positive Abweichung sich über das gesamte Konzentrationsgebiet erstrecken würde, wobei zunächst auf der kresolarmen Seite ein Inflexionspunkt noch zu sehen sein würde, unter der Voraussetzung, daß infolge des Zerfalles der Verbindung bei höherer Temperatur die Intensität der positiven Abweichung nicht wieder abnehmen und schließlich ganz verschwinden würde. Angedeutet ist ja ein solches Verhalten beim System Nr. 24, wo bei niedriger Temperatur 12° C. auf der *o*-Toluidinreichen Seite, wenn auch bei positiver Abweichung innerhalb des gesamten Konzentrationsgebietes ein Inflexionspunkt deutlich zu sehen ist, der dann auf der Reibungskurve bei 64° C. verschwindet.

Wir glauben also, daß bei positivem Verlaufe der Reibungskurve eventuell mit Maximum man auf Assoziationserscheinungen beziehungsweise die Bildung von Verbindungen im binären System schließen darf, nicht aber umgekehrt, etwa bei additivem oder negativem Verhalten auf Fehlen von Assoziationserscheinungen oder Verbindungen im betreffenden binären System. Es hängt eben das Auftreten von positivem Abweichen der Reibungskurve jedenfalls nicht allein vom Grad der Assoziation, sondern auch von anderen Faktoren ab. Daß Dissoziation assoziierter Moleküle innerhalb des binären Systems die normal vorliegenden negativen Abweichungen verstärkt, scheint uns sehr wahrscheinlich; doch scheint es uns nicht erlaubt, aus besonders starker negativer Abweichung von additivem Verhalten a priori mit Sicherheit auf Zerfall assoziierter Moleküle schließen zu dürfen. Ein solcher kann, muß aber nicht in solchen Fällen vorliegen.

Experimenteller Teil.

Über die angewandte Methode glauben wir uns ganz kurz fassen zu können. Die Versuchsanordnung und der Typus der Reibungsgefäße (solche mit stets nach abwärts laufenden, spiraligen Capillaren) war ganz die gleiche, wie sie in extenso in der Abhandlung des einen von uns mit R. Ehrlich, l. c. beschrieben wurden. Ein Unterschied gegenüber den dortigen Angaben liegt nur in der Berechnung der Werte der relativen inneren Reibungskurve η . Während in der damaligen Mitteilung in der Formel

$$\eta = \eta_0 \frac{s t}{s_0 t_0}$$

wo s und t die spezifischen Gewichte, beziehungsweise die Ausflußzeiten der zu untersuchenden Mischungen bei der Versuchstemperatur bedeuten, die innere Reibung des Wassers $\eta_0 = 1$ gesetzt wurde, wenn die Ausflußzeit von Wasser vom spezifischen Gewicht s_0 bei 0° C. im betreffenden Apparat bei 0° C. gemessen t_0 betrug, unabhängig davon, welche Versuchstemperatur für die zu untersuchenden Stoffe gewählt war, haben wir hier für jede gewählte Versuchstemperatur in ein und demselben Apparat die Ausflußzeit von Wasser t° bestimmt und für jede dieser Temperaturen $\eta_0 = 1$ gesetzt.

Es schien uns dieses Verfahren deshalb zweckdienlich, weil hierdurch beim Wechsel der Temperatur die relativen Unterschiede in der Reibung der einzelnen Komponenten besser erhalten bleiben. Zu unseren Versuchen kam eine Reihe von Apparaten zur Verwendung, die im folgenden charakterisiert erscheinen.

Es betrug in

Apparat I	die Ausflußzeit von Wasser bei 11°	..	320	Sek.,
» Ia	» » » » 9°	..	319	»
» II	» » » » 77.5°	..	1169	»
» III	» » » » 12°	..	171.3	»
» IV	» » » » 64°	..	88.5	»
» V	» » » » 12°	..	313.5	»
» VI	» » » » 9°	..	183.7	»
» VII	» » » » 11°	..	67.7	»

Wir lassen in folgendem unsere Versuchsergebnisse unter Angabe der Reibungsgefäße, mit denen die Versuche durchgeführt wurden, tabellarisch folgen.

Tabelle I.

Systeme je zweier Ester.

Nummer	System	Molekularprozent von	Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Ver- suchstemperatur	η	Apparat	Temperatur in Grad Celsius	
1	Äthylacetat Methylacetat	Äthylacetat	66·58	177·4	0·925	0·512	I	11
			50·00	174·6	0·928	0·504		
			25·00	170·0	0·931	0·495		
			0·00	164·0	0·945	0·484		
2	Äthylacetat Trichloracetat	Äthylacetat	77·18	213·2	1·068	0·708	I	11
			50·00	259·0	1·198	0·977		
			36·53	281·8	1·253	1·090		
			0·00	377·0	1·399	1·650		
3	Äthylacetat Äthylsuccinat	Äthylacetat	81·08	248·4	0·950	0·73	I	11
			50·00	476·4	1·005	1·50		
			0·00	836·6	1·049	2·73		
3	Äthylacetat Äthylsuccinat	Äthylacetat	100·0	99·9	0·912	0·5320	III	12
			75·0	140·8	0·968	0·7959		
			50·0	203·0	1·0048	1·190		
			37·5	257·0	1·017	1·526		
			25·0	296·3	1·018	1·763		
			10·0	397·6	1·0415	2·416		
			0·0	440·1	1·0486	2·696		
3	Äthylacetat Äthylsuccinat	Äthylacetat	100·0	76·3	0·8456	0·7405	IV	64
			75·0	97·8	0·9074	1·019		
			50·0	116·1	0·9500	1·277		
			37·5	129·8	0·9617	1·434		
			25·0	138·0	0·9733	1·542		
			10·0	152·9	0·9876	1·734		
			100	164·7	0·9943	1·882		

Tabelle I.

(Fortsetzung.)

Nummer	System	Molekularprocente von	Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Ver- suchstemperatur	η	Apparat	Temperatur in Grad Celsius	
4	Äthylacetat Benzoessäure- äthylester	Äthylacetat	83·08	234·6	0·938	0·689	I	11
			50·00	347·0	0·999	1·084		
			16·60	521·0	1·033	1·760		
			0·00	648·2	1·055	2·140		
4	Äthylacetat Benzoessäure- äthylester	Äthylacetat	100·0	99·9	0·912	0·532	III	12
			75·0	129·3	0·9611	0·726		
			60·0	215·8	1·0220	1·288		
			25·0	240·9	1·0351	1·456		
			0·0	338·4	1·0547	2·086		
4	Äthylacetat Benzoessäure- äthylester	Äthylacetat	100·0	76·7	0·8456	0·745	IV	64
			75·0	90·4	0·9046	0·939		
			25·0	125·6	0·9861	1·422		
			0·0	146·3	1·0066	1·692		
6	Äthylacetat Isoamyläther	Äthylacetat	83·37	214·0	0·8799	0·5883	I	11
			56·50	266·4	0·8347	0·6937		
			25·05	350·0	0·811	0·890		
			0·00	442·0	0·796	1·100		
20	Äthylacetat Amylacetat	Äthylacetat	79·4	215·5	0·901	0·605	I	11
			50·0	269·5	0·890	0·748		
			0·0	450·2	0·885	1·240		
26	Amylformiat Propylacetat	Amylformiat	100·0	269·7	0·8851	0·7618	V	12
			70·1	252·7	0·8875	0·7161		
			25·8	230·2	0·8902	0·6546		
			0·0	216·7	0·8915	0·6156		
26	Amylformiat Propylacetat	Amylformiat	100·0	99·0	0·8343	0·9493	IV	64
			70·1	94·4	0·8352	0·9060		
			25·8	90·2	0·8352	0·8650		
			0·0	86·7	0·8355	0·8320		

Tabelle II.

Systeme der drei isomeren Xylole.

Nummer	System	Molekularprocente von		Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Ver- suchstemperatur	η	Apparat	
							Temperatur in Grad Celsius	
27	<i>o</i> -Xylol <i>m</i> -Xylol	<i>m</i> -Xylol	0·0	148·0	0·8874	0·7671	III	12
			100·0	125·0	0·8721	0·6366		
			73·1	129·9	0·8755	0·6640		
			27·1	139·5	0·8827	0·7197		
27	<i>o</i> -Xylol <i>m</i> -Xylol	<i>m</i> -Xylol	0·0	101·6	0·8435	0·9850	IV	64
			100·0	93·0	0·8281	0·8845		
			73·1	94·2	0·8335	0·9020		
			27·1	98·8	0·8385	0·9518		
28	<i>m</i> -Xylol <i>p</i> -Xylol	<i>p</i> -Xylol	100·0	126·9	0·8678	0·6428	III V	12
			70·8	232·4	0·8691	0·6450		
			24·6	231·5	0·8713	0·6444		
28	<i>m</i> -Xylol <i>p</i> -Xylol	<i>p</i> -Xylol	100·0	92·8	0·8228	0·8777	IV	64
			70·8	92·4	0·8247	0·8756		
			24·6	91·9	0·8268	0·8740		
29	<i>o</i> -Xylol <i>p</i> -Xylol	<i>p</i> -Xylol	0·0	148·0	0·8874	0·7671	III	12
			100·0	126·9	0·8678	0·6428		
			68·1	133·0	0·8754	0·6800		
			18·5	142·3	0·8836	0·7340		
29	<i>o</i> -Xylol <i>p</i> -Xylol	<i>p</i> -Xylol	0·0	101·6	0·8435	0·9850	IV	64
			100·0	92·8	0·8228	0·8777		
			68·1	95·0	0·8304	0·9063		
			18·5	99·6	0·8403	0·9622		

Tabelle III.

Verschiedene andere Systeme mit Komponenten annähernd gleicher kritischer Drucke.

Nummer	System	Molekularprozent von	Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Ver- suchstemperatur	η	Apparat	Temperatur in Grad Celsius	
13	Dimethyl- anilin <i>m</i> -Xylol	Dimethyl- anilin	100·0	412·8	0·9640	1·2705	V III	12
			71·3	344·3	0·9380	1·0310		
			26·6	265·5	0·8991	0·7620		
			0·0	125·0	0·8721	0·6366		
13	Dimethyl- anilin <i>m</i> -Xylol	Dimethyl- anilin	100·0	128·6	0·9201	1·3805	IV	64
			71·3	118·2	0·8952	1·2150		
			26·6	100·0	0·8544	0·9826		
			0·0	93·0	0·8281	0·8845		
15	Anilin Propylalkohol	Anilin	100·0	781·7	1·0312	4·705	III	12
			65·0	541·3	0·9696	3·062		
			20·0	429·8	0·8749	2·196		
			0·0	445·7	0·8103	2·109		
15	Anilin Propylalkohol	Anilin	100·0	200·4	0·9854	2·269	IV	64
			65·0	165·1	0·9242	1·752		
			20·0	147·7	0·8290	1·406		
			0·0	153·7	0·7666	1·353		
30	Brombenzol Chlorbenzol	Brombenzol	100·0	130·2	1·5010	1·141	III	12
			67·4	127·3	1·3624	1·013		
			20·2	125·3	1·1980	0·8766		
			0·0	125·0	1·1141	0·8128		
30	Brombenzol Chlorbenzol	Brombenzol	100·0	91·3	1·4331	1·5026	IV	64
			67·4	91·7	1·2929	1·362		
			20·2	90·6	1·1384	1·1855		
			0·0	90·9	1·0596	1·1065		

Tabelle IV.

Nitrobenzol und Amine.

Nummer	System	Molekularprocente von	Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Ver- suchstemperatur.	η	Apparat	Temperatur in Grad Celsius
8	Nitrobenzol o-Toluidin	Nitrobenzol	100·00	508	1·212	1·92	I 11
			66·66	580·9	1·142	2·07	
			50·00	690·2	1·106	2·39	
			33·33	851·3	1·072	2·85	
			0·00	1497·1	1·006	4·71	
9	Nitrobenzol Dimethyl- anilin	Nitrobenzol	67·87	446·0	1·126	1·57	I 11
			50·00	435·5	1·077	1·47	
			31·28	434·0	1·029	1·40	
			0·00	426·0	0·965	1·28	
9	Nitrobenzol Dimethyl- anilin	Nitrobenzol	0·00	1672	0·909	1·33	II 77·5
			33·00	1688	0·960	1·42	
			50·00	1692	1·018	1·51	
			75·00	1702	1·085	1·66	
			100·00	1823	1·148	1·83	
10	Nitrobenzol Diäthylanilin	Nitrobenzol	66·81	570	1·098	1·96	I 11
			50·00	621	1·052	1·00	
			33·34	671	1·006	2·14	
			0·00	867·5	0·942	2·56	
16	Nitrobenzol Monoäthyl- anilin	Nitrobenzol	73·80	1798	1·076	1·69	II 77·5
			50·00	1832	1·0107	1·62	
			20·00	1857	0·951	1·55	
			0·00	1976	0·912	1·59	
17	Nitrobenzol Monoäthyl- anilin	Nitrobenzol	0·00	752·8	0·994	2·34	I 11
			50·00	549·0	1·0965	1·88	

Tabelle V.

Aromatische Kohlenwasserstoffe und Kresole.

Nummer	System	Molekularprocente von	Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Ver- suchstemperatur	η	Apparat	Temperatur in Grad Celsius	
21	Benzol <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	100·0	3939	1·0402	23·920	III	12
			75·0	1127·1	1·0078	6·638		
			50·0	418·9	0·9692	2·370		
			25·0	184·2	0·9273	0·9976		
			0·0	113·0	0·8866	0·5852		
21	Benzol <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	100·0	358·0	1·0014	4·119	IV	64
			75·0	217·1	0·9640	2·404		
			50·0	146·6	0·9245	1·557		
			25·0	117·9	0·8790	1·191		
			0·0	87·3	0·8309	0·8332		
22	Toluol <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	0·0	119·3	0·8724	0·6080	III	12
			25·0	171·0	0·9158	0·9140		
			50·0	361·2	0·9572	2·020		
			75·0	1140·5	0·9987	6·648		
			100·0	3939·0	1·0402	23·92		
22	Toluol <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	0·0	88·6	0·8264	0·8419	IV	64
			25·0	105·1	0·8681	1·0480		
			50·0	139·5	0·9130	1·4630		
			75·0	224·1	0·9569	2·4680		
			100·0	358·0	1·0014	4·1190		

Tabelle VI.

Systeme je zweier organischer Säuren.

Nummer	System	Molekularprozent von	Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Versuchstemperatur	η	Apparat	Temperatur in Grad Celsius	
12	Essigsäure Ameisensäure	Essigsäure	100	599	1.060	1.989	11	
			68.7	545.8	1.107	1.88		
			50	513	1.131	1.81		
			22.7	475.2	1.185	1.76		
			0	438	1.231	1.684		
		77	0	1450	1.15	1.46	77	
				22.7	1523	1.10		1.465
				50	1590	1.053		1.47
				68.7	1639	1.028		1.48
				100	1744	0.987		1.51
14	Essigsäure Isobuttersäure	Essigsäure	66.66	436	1.026	1.33	I VII	
			50	461	1.010	1.46		
			33.33	433	0.993	1.34		
			0	77.4	0.960	1.10		
				11				

Tabelle VII.

m-Kresol—Amine.

Nummer	System	Molekularprocente von	Ausflußzeit im Mittel in Sekunden	Dichte bei der Ver- suchstemperatur	η	Apparat	Temperatur in Grad Celsius	
24	<i>o</i> -Toluidin <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	0·0	798·3	1·0053	4·687	III	12
			25·0	1671·7	1·0179	9·94		
			50·0	3424·4	1·029	20·59		
			75·0	4482·8	1·036	27·14		
			100·0	3939	1·0402	23·92		
24	<i>o</i> -Toluidin <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	0·0	199·0	0·9625	2·200	IV	64
			25·0	269·0	0·9755	3·015		
			50·0	341·2	0·9854	3·862		
			75·0	371·8	0·9943	4·246		
			100·0	358·0	1·0014	4·119		
11	Dimethyl- anilin <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	100	9217	1·041	30·0	Ia	9
			73·1	3500	1·020	11·16		
			50	2004	1·002	6·26		
			34·9	1129	0·990	3·49		
			0	426	0·965	1·28		
11	Dimethyl- anilin <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	100	5159	1·0426	29·30	VI	9
			75	2454·3	1·0240	13·69		
			50	1143	1·0040	6·25		
11	Dimethyl- anilin <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	100·0	358·0	1·0014	4·119	IV	64
			75	295·4	0·9786	3·320		
			50	208·4	0·9585	2·295		
			0·0	128·6	0·9201	1·3605		
11	Dimethyl- anilin <i>m</i> -Kresol	<i>m</i> -Kresol	100	4423	0·992	3·76	II	77
			73·13	4108	0·966	3·49		
			25·0	2372	0·936	1·95		
			0·0	1672	0·909	1·33		