

Versuche über eine Art von Turbulenzreibung in binären Flüssigkeitsgemischen

Von

Richard Springer und Hubert Roth

Aus dem Physikalisch-chemischen Institut der Universität Grätz

(Mit 20 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. Mai 1930)

Wir wissen, daß die Kurven, welche die Abhängigkeit der inneren Reibung von der Zusammensetzung binärer Gemische ausdrücken, recht gut geeignet sind, um Schlüsse auf deren Konstitution ziehen zu können. Ihr Verlauf ist nach den bisherigen Erfahrungen zahlreicher Autoren im Falle normalen Verhaltens normaler Komponenten nahezu additiv oder leicht negativ, während stark negativer Verlauf auf den Zerfall assoziierter Komplexe deutet und positiver Kurvenverlauf ausnahmslos die Bildung von Verbindungen der Komponenten anzeigt.

Bei ein und demselben Stoffpaar steht der Wert der positiven Abweichungen mit dem Grade der Bildung der Verbindung im direkten, mit ihrem Dissoziationsgrad also in umgekehrtem Sinne in Beziehung. So wurde festgestellt, daß mit steigender Temperatur ^{1, 2} sowohl, als auch bei isothermer Verdünnung ³, welche beiden Momente im Sinne einer Dissoziation einer Verbindung wirken, die positiven Abweichungen vom additiven Verhalten abnehmen. Um in diesem Sinne die Kurven der inneren Reibung als eine geeignete Indikatormethode für eine allfällige Wirkung bestimmter äußerer Kraftfelder auf die Valenzbetätigung der Komponenten binärer Gemische verwenden zu können, haben R. K r e m a n n, R. S p r i n g e r und H. R o t h ⁴ einen Apparat beschrieben, in welchem keine Poiseuillesche Reibung, sondern eine Art Turbulenzreibung gemessen wird. An den sehr charakteristischen Systemen Azeton-Chloroform ⁵ bei 0°, Anilin-Phenol ⁶ bei 35°, von denen es auf Grund der Zustandsdiagramme bzw. von Dampfdruckkurven sicher ist, daß sie äquimolare Verbindungen geben und die nach O. F a u s t ⁷

¹ Beck und Treitschke, Z. physikal. Chem. 58, 1903, S. 425. ² Kremann und Borjanovic, Monatsh. Chem. 37, 1916, S. 59, bzw. Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb) 225, 1916, S. 59. ³ Kremann und Schniderschitsch, Monatsh. Chem. 37, 1916, S. 1, bzw. Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb) 225, 1916, S. 1. ⁴ Z. physikal. Chem., Cohen-Festband 1927, S. 415. ⁵ Z. physikal. Chem. 79, 1912, S. 97. ⁶ Monatsh. Chem. 28, 1907, S. 931, bzw. Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb) 116, 1907, S. 931. ⁷ Z. phys. Chem. 79, 1912, S. 97.

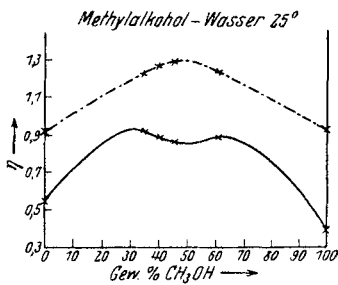


Fig. 1.

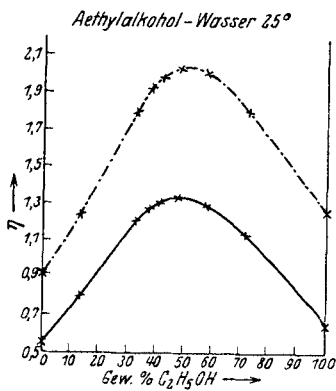


Fig. 2.

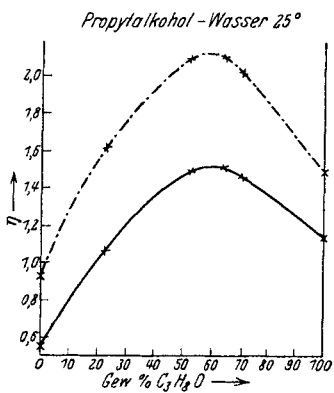


Fig. 3.

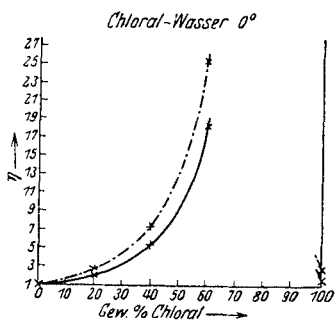


Fig. 4.

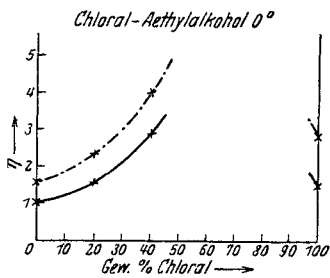


Fig. 5.

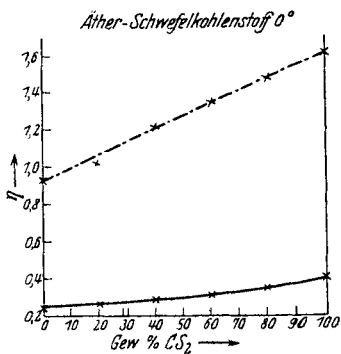


Fig. 6.

sowie nach Tsakalotos⁸ bzw. R. Kremann und R. Ehrlich⁹ positive Kurven der Poiseuilleschen Reibung mit einem Maximum aufweisen, sowie an den beiden von R. Kremann und Ehrlich⁹ bzw. Dunstan¹⁰ bezüglich der Poiseuilleschen Reibung untersuchten Gemischen Anilin-Nitrobenzol bei 0° und Alkohol-Benzaldehyd bei 25° mit negativem Kurvenverlauf — im letzteren Fall unter Auftreten eines ausgesprochenen Minimums —, konnten R. Kremann und R. Springer und H. Roth zeigen, daß die mit ihrem Apparat erhaltenen Kurven der Turbulenzreibung ganz konform denen der Poiseuilleschen Reibung verlaufen und man auf diese Weise also mit ähnlicher Sicherheit wie mit der Poiseuilleschen Reibung auf die Konstitution binärer Flüssigkeitsgemische schließen kann.

Wir haben auf Veranlassung Prof. Kremanns das einschlägige Versuchsmaterial erweitert und in dem von R. Kremann, R. Springer und R. Roth beschriebenen Apparat die Kurven der inneren Turbulenzreibung der nachfolgenden binären Systeme: Methylalkohol-Wasser¹¹, Äthylalkohol-Wasser¹¹, Propylalkohol-Wasser¹², Chloral-Wasser¹³, Chloral-Äthylalkohol¹³, Äther-Schwefelkohlenstoff¹⁴, *m*-Xylol-Dimethylanilin¹⁵, Benzol-Chloroform¹⁶, Toluol-Schwefelkohlenstoff¹⁶, Azeton-Schwefelkohlenstoff¹⁴, Äthylalkohol-Schwefelkohlenstoff¹¹, Äthylazetat-Schwefelkohlenstoff¹⁴, Benzol-Schwefelkohlenstoff¹⁶, Äthylalkohol-Benzol¹¹, Benzol-Propylalkohol¹², Propylalkohol-Anilin¹⁵, Äthylalkohol-Azeton¹¹, Nitrobenzol-Diäthylanilin¹⁵, Äthylalkohol-Benzaldehyd¹¹, bei bestimmten geeigneten Versuchstemperaturen untersucht, von denen Dunstan¹², Kurnakow und Efremow¹³, Faust¹⁴, Kremann, Gugl und Meingast¹⁵ bzw. Linneberger¹⁶ die Kurven der Poiseuilleschen Reibung untersucht hatten.

Außerdem wurde von dem bezüglich der Poiseuilleschen Reibung von R. Kremann und Ehrlich¹⁷ und von R. Kremann, R. Springer und R. Roth bei 0° im Turbulenzapparat untersuchten Systemen Anilin-Nitrobenzol und Phenol-Anilin auch bei 34·5° bzw. 54·5° die Turbulenzreibungskurve aufgenommen. Zwecks Durchführung der Messungen wurde der in der zitierten Arbeit von R. Kremann, R. Springer und H. Roth beschriebene, in einem Thermostaten auf konstanter Temperatur erhaltene Apparat mit 150 cm³ der Komponenten bzw. der binären Mischungen des zu untersuchenden Stoffpaares beschickt und die Zeit gemessen, die nach Verwerfung der

⁸ Bull. Soc. Chim. [4] 3, 1900, S. 234. ⁹ Monatsh. Chem. 28, 1907, S. 831 bzw. Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb) 116, 1907, S. 931. ¹⁰ Ztschr. physikal. Chem. 49, 1904, S. 590. ¹¹ Dunstan, Z. physikal. Chem. 49, 1904, S. 590. ¹² Dunstan, *ibid.* 51, 1905, S. 734. ¹³ Kurnakow und Efremow, Journ. Russ. phys.-chem. Ges. 45, S. 329—348. ¹⁴ Faust, Z. physikal. Chem. 79, 1912, S. 97. ¹⁵ R. Kremann, Gugl und Meingast, Monatsh. Chem. 35, 1914, S. 1365, bzw. Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb) 123, 1914, S. 1365. ¹⁶ Linneberger, Am. Chem. J. (4) 2, S. 331—340; Z. physikal. Chem. 22, 1897, S. 137. ¹⁷ R. Kremann und Ehrlich, Monatsh. Chem. 28, 1907, S. 831, bzw. Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb) 116, 1907, S. 931.

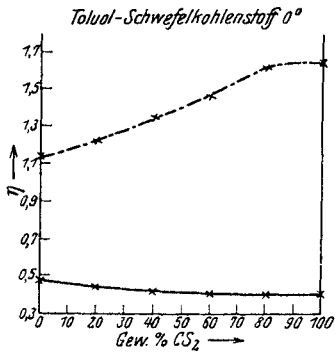


Fig. 7.

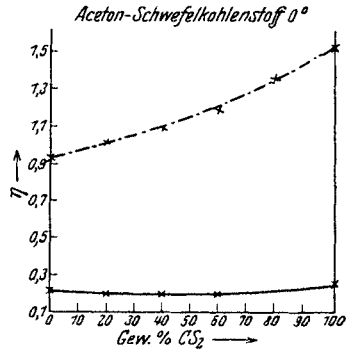


Fig. 8.

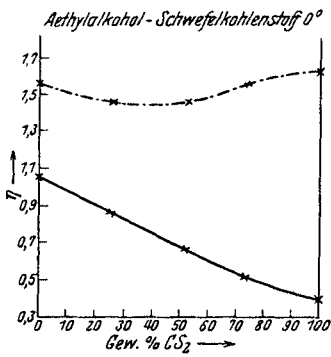


Fig. 9.

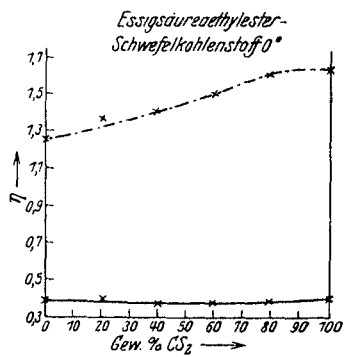


Fig. 10.

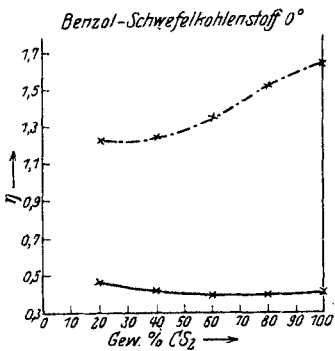


Fig. 11

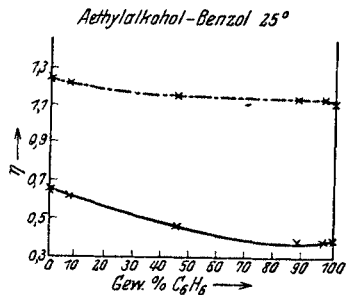


Fig. 12.

ersten 20 cm^3 notwendig war, um die folgenden 70 cm^3 ausfließen zu lassen.

Diese Auslaufzeit t wurde unter Bezug auf die Auslaufzeit t_0 von Wasser bei 0° benutzt, um nach der Formel $\eta = \eta_0 \frac{s t}{s_0 t_0}$ eine vergleichbare Charakteristik der von uns gemessenen Ausflußzeiten zu erhalten, wobei der Wert für Wasser $\eta_0 = 1$ gesetzt wurde und s bzw. s_0 die spezifischen Gewichte der Versuchsflüssigkeit bzw. Wasser bedeuten.

Die so gewonnenen Versuchsergebnisse mit den obgenannten Systemen sind in den folgenden am Schlusse mitgeteilten Tabellen I—XX wiedergegeben, in denen jeweils in der drittletzten und letzten Vertikalspalte die korrespondierenden Werte der inneren Reibung, wie sie in unserem Apparat und im Ostwaldschen Apparat als Poiseuillesche Reibungswerte gemessen wurden, angeführt. In der graphischen Darstellung in den Figuren 1—20 stellen die ausgezogenen Kurven den Verlauf der Poiseuilleschen Reibung dar, während die mit unserem Apparat durchgeführten Messungen als strichpunktierte Kurvenzüge gekennzeichnet sind. Die Poiseuilleschen Reibungswerte wurden, soweit sie nicht der Literatur entnommen werden konnten, von uns im Ostwaldschen Viskosimeter neu bestimmt. Das war meistens für die von uns oft gewählte Temperatur von 0° der Fall.

Von den untersuchten, oben angeführten Systemen sind, außer dem System Anilin-Phenol, die folgenden solche mit absolut positivem Verlauf der Kurven Poiseuillescher Reibung.

1. Methylalkohol-Wasser,
2. Äthylalkohol-Wasser,
3. Propylalkohol-Wasser,
4. Chloral-Wasser,
5. Chloral-Äthylalkohol.

Die Figuren 1—3 zeigen, daß auch bei diesen Systemen die gemessenen Reibungskurven denen der Poiseuilleschen Reibung symbath gehen, nur im System Methylalkohol-Wasser (Figur 1) zeigt die Turbulenzkurve nur ein Maximum anstatt zwei Maxima der Poiseuilleschen Reibungskurve. Zum Teil macht es den Eindruck, als ob die positiven Abweichungen bei Messung der turbulenten Reibung größere sind. Den gleichen Schluß lassen auch die Ansätze der Turbulenzreibungskurven von Chloral-Wasser bzw. Äthylalkohol (Fig. 4 und 5) zu, wenn auch die Messung der chloralreichen Gemische wegen ihrer Erstarrung bei der von uns gewählten Versuchstemperatur nicht möglich war.

Nur die Turbulenzreibungskurve des Systems Anilin-Phenol bei 54.5° (Fig. 19) zeigt eine kleinere positive Abweichung gegenüber der Poiseuilleschen Reibungskurve und der Turbulenzreibungskurve bei 33° , wie sie in der Abhandlung von

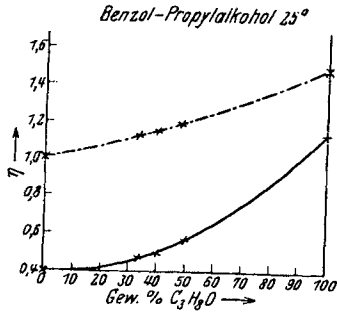


Fig. 13.

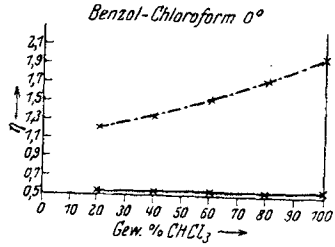


Fig. 14.

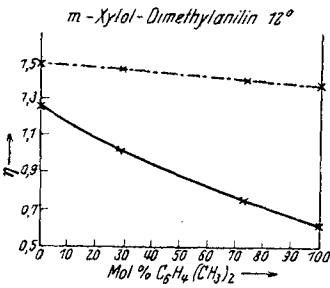


Fig. 15.

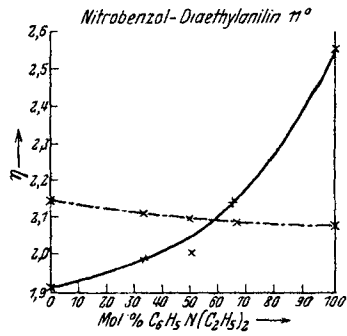


Fig. 16.

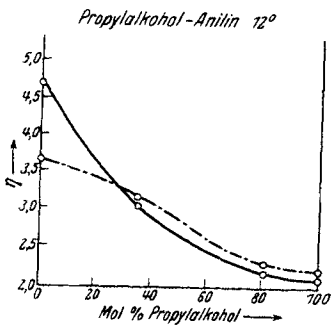


Fig. 17.

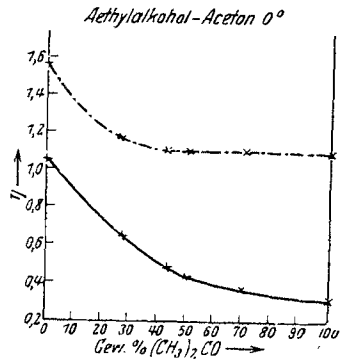


Fig. 18.

R. K r e m a n n, R. S p r i n g e r und H. R o t h als Fig. 3 wieder gegeben ist.

Systeme mit additivem oder nahezu additivem Kurvenverlauf der Poiseuilleschen Reibung sind die folgenden:

6. Äther-Schwefelkohlenstoff,
7. Toluol-Schwefelkohlenstoff,
8. Azeton-Schwefelkohlenstoff,
9. Äthylalkohol-Schwefelkohlenstoff,
10. Äthylazetat-Schwefelkohlenstoff,
11. Benzol-Schwefelkohlenstoff,
14. Benzol-Chloroform,
15. *m*-Xylol-Dimethylanilin.

Während in den Systemen Schwefelkohlenstoff-Äther und *m*-Xylol-Dimethylanilin in Fig. 6 und 15 die Turbulenzkurven rein additiven Charakter haben, im Gegensatz zu den ganz wenig nach unten gekrümmten Poiseuilleschen Reibungskurven, ist der Verlauf der Turbulenzkurve im System Benzol-Chloroform (Fig. 14) negativ, der Poiseuilleschen Kurve additiv. Die Systeme von Schwefelkohlenstoff mit Toluol, Azeton, Äthylalkohol und Äthylazetat-Benzol weisen, wie die Figuren 7, 8, 9 und 10, 11 es zeigen, einen langgestreckten S-förmigen Verlauf der Turbulenzkurve bei leicht negativem Verlauf der korrespondierenden Poiseuilleschen Reibungskurve auf. Da alle fünf Systeme Schwefelkohlenstoff als eine Komponente enthalten, schien dessen Individualität die Ursache dieses Kurvenverlaufes zu sein.

Von den folgenden Systemen mit deutlich ausgesprochenem negativem Kurvenverlauf der Poiseuilleschen Reibungskurve

12. Äthylalkohol-Benzol,
13. Benzol-Propylalkohol,
16. Nitrobenzol-Diäthylanilin,
17. Propylalkohol-Anilin,
18. Äthylalkohol-Azeton,
20. Anilin-Nitrobenzol

bei 34.4° weisen die Systeme Benzol-Propylalkohol (Fig. 13), Äthylalkohol-Benzol (Fig. 12) und Nitrobenzol-Diäthylanilin (Fig. 16) einen nahezu additiven Verlauf der Turbulenzkurven auf, die Systeme Äthylalkohol-Azeton (Fig. 18) und das System Anilin-Nitrobenzol (Fig. 20) bei 34.4° , ebenso wie das letztgenannte System bei 0° , zeigen konform negativen Verlauf der Poiseuilleschen und der Turbulenzreibungskurven.

Das System Propylalkohol-Anilin zeigt nach Fig. 17 einen

S-förmigen Kurvenverlauf der inneren Reibung, gegenüber dem negativen Kurvenverlauf der Poiseuilleschen Reibung nach R. Kremann, R. Meingast und F. Gugl. Dieser unterschiedliche Verlauf kann natürlich nicht damit in Zusammenhang stehen, daß nach genannten Autoren die Poiseuillesche Kurve auf den Wert von Wasser 12° statt auf 0° bezogen ist. Denn hiedurch kann eine Parallelverschiebung der Reibungskurven im Koordinatensystem, nicht aber eine Änderung der Kurvenform bedingt werden.

Übersieht man die gesamten Versuchsergebnisse, läßt sich mit einiger Sicherheit sagen, daß in der Regel im Vergleich mit den Kurven der Poiseuilleschen Reibung die Turbulenzkurven im Sinne der positiven Abweichungen verschoben erscheinen. Die positiven Abweichungen vom additiven Verlaufe werden verstärkt, negativerer Verlauf der Poiseuilleschen Reibung führt manchmal zu additivem Verlauf der Turbulenzkurve, bleibt aber in anderen Fällen auch bei ihr erhalten.

Eine Ausnahme bildet nur das System Benzol-Chloroform, das, wie erwähnt, additivem Poiseuilleschem Reibungsverlauf und negativem Turbulenzkurvenverlauf entspricht, und die meisten Systeme mit Schwefelkohlenstoff, bei denen leicht negativer Verlauf der Poiseuilleschen Kurve einem S-förmig gestreckten Verlauf der Turbulenzkurve entspricht.

Jedenfalls stützen unsere weiteren Versuche die schon von R. Kremann, R. Springer und H. Roth ausgesprochene Ansicht, daß es möglich ist, aus den mit dem von uns verwendeten Apparat aufgenommenen Kurven der inneren Reibung binärer Flüssigkeitgemische aus positivem Kurvenverlauf auf Assoziationserscheinungen, auf die Existenz von Verbindungen, mit ungefähr der gleichen Sicherheit zu schließen wie aus dem Verlauf der Kurven der reinen Poiseuilleschen Reibung.

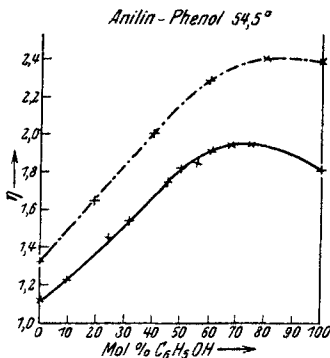


Fig. 19.

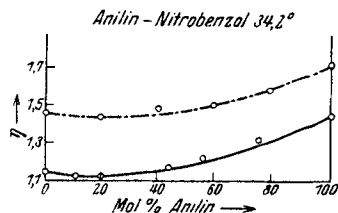


Fig. 20.

Tabelle 1.

Innere Reibung: Methylalkohol + Wasser 25°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CH ₃ OH	Gew.-% H ₂ O	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	1·0029	95	0·5552	49	0·9272
35·92	64·08	0·9386	168·5	0·9216	70	1·239
40·71	59·29	0·9320	164·4	0·8929	73	1·282
46·19	53·81	0·9155	166	0·8856	72	1·243
100·0	0	0·7921	84·5	0·390	69	1·0313

Fehlerschwankung = 0·6%.

Tabelle 2.

Innere Reibung; Äthylalkohol + Wasser 25°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% C ₂ H ₅ OH	Gew.-% H ₂ O	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0·0	100·0	1·0029	95	0·5552	49	0·9263
12·5	87·5	0·9769	142·2	0·8095	67·3	1·2407
32·4	67·6	0·9468	220·0	1·2136	99·5	1·7776
37·39	62·61	0·9368	231·0	1·261	111·0	1·962
41·21	58·79	0·9290	244·0	1·322	112·5	1·972
47·72	52·28	0·9174	247·5	1·323	120	2·077
57·51	42·49	0·9097	244·6	1·2966	119	2·0427
70·54	29·46	0·8649	227·2	1·145	110·5	1·803
100·0	0·0	0·7880	143	0·6565	85	1·252

Fehlerschwankung = 0·5%.

Tabelle 3.

Innere Reibung: Propylalkohol + Wasser 25°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% C ₃ H ₇ O	Gew.-% H ₂ O	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0·0	100	1·0029	95	0·5552	49	0·9263
22·61	77·39	0·9625	193	1·0825	89·2	1·619
52·90	47·10	0·881	291	1·494	127	2·101
64·94	35·06	0·8765	298	1·522	128	2·1168
69·40	30·60	0·8695	289·5	1·467	123	2·018
100·0	0·0	0·8007	244·5	1·1408	98	1·4807

Fehlerschwankung = 0·15%.

Tabelle 4.

Innere Reibung: Chloral + Wasser 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% Chloral	Gew.-% H ₂ O	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	1·00013	175·0	1·0000	53	1·000
20	80	1·1203	348·0	2·227	132	2·789
40	60	1·2568	749	5·378	306	7·257
60	40	1·423	228·0	18·54	942	25·29
80	20	—	—	—	—	—
100	0	1·557	170	1·513	97	2·849

Fehlerschwankung = 0·6%.

Tabelle 5.

Innere Reibung: Chloral + Äthylalkohol 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% Chloral	Gew.-% C ₂ H ₅ OH	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	0·8058	230	1·059	103	1·576
20	80	0·9163	301	1·576	138	2·386
40	60	1·055	488	2·942	204	4·060
60	40	—	—	—	—	—
80	20	—	—	—	—	—
100	0	1·557	170	1·513	97	2·849

Fehlerschwankung = 0·8%.

Tabelle 6.

Innere Reibung: Äther + Schwefelkohlenstoff 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CS ₂	Gew.-% Äther	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	0·73443	58·2	0·2490	68	0·9422
20	80	0·79807	57·3	0·2664	72	1·0838
40	60	0·88436	56·7	0·2922	73·5	1·226
60	40	0·9834	55	0·3152	72	1·336
80	20	1·1136	54·3	0·3522	70	1·4707
100	0	1·2803	54·0	0·4028	67·5	1·630

Fehlerschwankung = 0·35%.

Tabelle 7.

Innere Reibung: Toluol + Schwefelkohlenstoff 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CS ₂	Gew.-% C ₆ H ₅ CH ₃	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	0.8783	93.7	0.4796	69	1.1434
20	80	0.9329	81.1	0.4409	69.5	1.2233
40	60	0.9887	73.8	0.4252	72.5	1.3524
60	40	1.078	63.8	0.4008	72	1.4644
80	20	1.1717	57.5	0.3924	68	1.6423
100	0	1.2803	54.0	0.4028	67.5	1.630

Fehlerschwankung = 0.4%.

Tabelle 8.

Innere Reibung: Azeton + Schwefelkohlenstoff 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Mol.-% CH ₃ COCH ₃	Mol.-% CS ₂	Spez. Gewichte	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η		Unser Apparat	
				F a u s t	nach	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
100	0	0.815	—	0.225	61	0.938	
80	20	0.888	—	0.221	61	1.023	
60	40	0.967	—	0.221	60	1.096	
40	60	1.050	—	0.227	58.5	1.16	
20	80	1.170	—	—	58	1.28	
0	100	1.259	—	0.247	60	1.425	

Fehlerschwankung = 1.0%.

Tabelle 9.

Innere Reibung: Äthylalkohol + Schwefelkohlenstoff 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CS ₂	Gew.-% C ₂ H ₅ OH	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	0.8058	225.5	1.0589	103	1.566
25.64	74.36	0.8887	167.5	0.8674	86.5	1.450
52.82	47.18	0.9979	115.0	0.6687	77.5	1.459
73.5	26.5	1.1046	81.4	0.5239	75.0	1.562
100	0	1.2803	54.0	0.4028	67.5	1.630

Fehlerschwankung = 0.2%.

Tabelle 10.

Innere Reibung: Essigsäureäthylester + Schwefelkohlenstoff 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CS ₂	Gew.-% Essig- äther	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	0·9196	73·8	0·3955	73·5	1·2675
20	80	0·9687	68·7	0·3990	76·5	1·3986
40	60	1·0009	64	0·3729	74·8	1·413
60	40	1·0969	59	0·3771	72·5	1·5005
80	20	1·1801	56·2	0·3864	72·5	1·614
100	0	1·2803	54	0·4028	67·5	1·630

Fehlerschwankung = 0·15%.

Tabelle 11.

Innere Reibung: Benzol + Schwefelkohlenstoff 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CS ₂	Gew.-% C ₆ H ₆	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	—	—	—	—	—
20	80	0·9461	85·3	0·4731	69	1·2317
40	60	0·9935	73·4	0·4249	69	1·2403
60	40	1·0352	64·2	0·3872	69	1·3474
80	20	1·1788	57	0·3915	69	1·5344
100	0	1·2803	54	0·4028	67·5	1·630

Fehlerschwankung = 0·1%.

Tabelle 12.

Innere Reibung: Äthylalkohol + Benzol
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% C ₂ H ₅ OH	Gew.-% C ₆ H ₆	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
100	0	0·788	143	0·6565	85	1·252
91·53	8·47	0·7916	132·2	0·6097	81·7	1·22
54·40	45·60	0·8258	97·4	0·4687	74·8	1·165
11·97	88·03	0·8569	77·4	0·3865	71·5	1·156
3·14	96·86	0·8657	77·5	0·3909	70·5	1·15
0	100	0·8691	78	0·395	62	1·016

Fehlerschwankung = 0·25%.

Tabelle 13.

Innere Reibung: Benzol + Propylalkohol 25°.

(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% C ₃ H ₇ OH	Gew.-% C ₆ H ₆	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	0.8691	78	0.3950	62.0	1.016
33.1	66.9	0.8420	93.3	0.4578	71.0	1.128
40.22	59.78	0.8352	101.5	0.394	73.0	1.149
49.99	50.01	0.8330	116.4	0.565	75.0	1.1719
100	0	0.8007	244.5	1.1408	98.0	1.481

Fehlerschwankung = 0.6%.

Tabelle 14.

Innere Reibung: Benzol + Chloroform 0°.

(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CHCl ₃	Gew.-% C ₆ H ₆	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
0	100	—	—	—	—	—
20	80	0.9698	93.7	0.5296	67	1.226
40	60	1.0640	89.2	0.5593	68	1.365
60	40	1.178	78.0	0.5354	69	1.5337
80	20	1.3187	70.2	0.5392	70	1.7408
100	0	1.5088	64.0	0.5628	73.5	2.092

Fehlerschwankung = 0.05%.

Tabelle 15.

Innere Reibung: *m*-Xylol + Dimethylanilin 12°.

(H₂O bei 0° = 1.)

Mol.-% Dimethyl- anilin	Mol.-% <i>m</i> -Xylol	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Kreman n		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
100	0	0.9640	412.8	1.2705	82	1.491
71.3	28.7	0.9380	344.3	1.0310	82.5	1.466
26.6	73.4	0.8991	265.5	0.7620	82.5	1.3997
0	100	0.8721	125	0.6366	83	1.3658

Fehlerschwankung = 0.15%.

Tabelle 16.

Innere Reibung: Nitrobenzol + Diäthylanilin 11°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Mol-% Nitro- benzol	Mol-% Diäthyl- anilin	Spez. Gew.	Kreman n		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
66.81	33.19	1.098	570	—	—	—
50.00	50.00	1.052	621	2.00	106	2.104
33.34	66.66	1.006	671	2.14	110	2.0883
0	100	0.942	867	2.56	117	2.079

Fehlerschwankung = 1.2%.

Tabelle 17.

Innere Reibung: Propylalkohol + Anilin 12°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Mol-% Anilin	Mol-% Propyl- alkohol	Spez. Gew.	Kreman n		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
100	0	1.0312	781.7	4.705	187.5	3.6474
65	35	0.9696	541.3	3.062	174.0	3.1832
20	80	0.8749	429.8	2.196	136.5	2.253
0	100	0.8103	445.7	2.199	142.5	2.171

Fehlerschwankung = 0.4%.

Tabelle 18.

Innere Reibung: Äthylalkohol + Azeton 0°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Gew.-% CH ₃ COCH ₃	Gew.-% C ₂ H ₅ OH	Mit Pykno- meter be- stimmte spez. Gewichte	Ostwaldsches Viskosimeter		Unser Apparat	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in- Sekunden	η
0	100	0.8058	225.5	1.0589	103	1.566
27.77	72.22	0.8092	128.6	0.6064	77	1.175
43.38	56.62	0.8107	102.1	0.4823	72.5	1.109
51.37	48.63	0.8114	92.0	0.435	71	1.087
70.34	29.66	0.8095	77.6	0.366	69	1.0538
100	0	0.81105	64.8	0.3062	65.5	0.961

Fehlerschwankung = 0.5%.

Tabelle 19.

Innere Reibung: Anilin + Phenol 54·5°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Mol-% C ₆ H ₅ NH ₂	Mol-% C ₆ H ₅ OH	Spez. Gew.	Unser Apparat		Versuche von Kremann und Ehrlich	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
100	0	0·992	71	1·3289	266·8	1·113
90	10	0·999	—	—	292·8	1·230
80	20	1·0063	87	1·6526	—	—
75	25	1·010	—	—	341·4	1·450
68	32	1·014	—	—	361·6	1·542
60	40	1·0197	106	2·0393	—	—
54	46	1·024	—	—	408·3	1·759
50	50	1·027	—	—	424·4	1·833
46	54	1·030	—	—	427·8	1·853
40	60	1·033	118	2·298	442·0	1·920
32	68	1·037	—	—	445·1	1·941
25	75	1·041	—	—	445·1	1·952
20	80	1·042	122	2·3986	—	—
0	100	1·050	121	2·3972	412·7	1·822

Fehlerschwankung 0·36—0·3%.

Tabelle 20.

Innere Reibung: Anilin + Nitrobenzol bei 34°.
(H₂O bei 0° = 1.)

Mol-% C ₆ H ₅ NH ₂	Mol-% C ₆ H ₅ NO ₂	Spez. Gew.	Unser Apparat		Versuche von Kremann und Ehrlich	
			Ausfluß- zeiten in Sekunden	η	Ausfluß- zeiten in Sekunden	η
100	0	1·010	89	1·696	329·8	1·401
80	20	1·045	83	1·56	—	—
75	25	1·054	—	—	296	1·312
60	40	1·080	78	1·50	—	—
55	45	1·090	—	—	261·5	1·199
45	55	1·108	—	—	251·6	1·173
40	60	1·099	81	1·568	—	—
25	75	1·144	—	—	235·1	1·131
20	80	1·153	75	1·479	—	—
10	90	1·204	—	—	229·5	1·131
0	100	1·222	66	1·484	227·3	1·139

Diese Versuche entstammen Messungen von Maria Radda.