

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band IX. Jahrgang 1879.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1879.

In Commission bei G. Franz.

Herr W. von Beetz sprach:

„Ueber das Wärmeleitungsvermögen der Flüssigkeiten.“

Die Ergebnisse der Untersuchungen, welche bisher mit grossem Aufwande von Sorgfalt über das Wärmeleitungsvermögen der Flüssigkeiten angestellt worden sind, ¹⁾ stimmen noch so wenig unter einander überein, dass wir nicht einmal die Reihenfolge, in welcher sich die Flüssigkeiten von den besseren zu den schlechteren Leitern übergehend ordnen lassen, mit Sicherheit kennen. Ein und dieselbe Lösung erscheint nach der einen Angabe als besserer, nach der anderen als schlechterer Leiter als das Wasser. Ich habe mir deshalb die Aufgabe gestellt, nicht sowohl neue Zahlen beizubringen für die absolute Leitungsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten, als vielmehr die Umstände aufzusuchen, welche auf das Leitungsvermögen von Einfluss sind und die Richtung kennen zu lernen, in welcher dasselbe durch diese Umstände verändert wird. Zu diesem Zweck war es vor allen Dingen nöthig, eine grössere Zahl von Flüssigkeiten der Untersuchung zu unterwerfen und dazu schien mir ein Apparat ganz geeignet, den Kundt angewandt hat, um durch

1) Paalzow, Poggend. Ann. CXXXIV p. 618. 1868. Guthrie, Phil. Mag. (4) XXXV p. 283 u. XXXVII p. 468. 1868 u. 69. Philos. Trans. CLIX 2. p. 637. 1870. Lundquist, Undersökning af några vätskors ledningsförmåga för Värme. Upsala 1869: Monit. scient: 1871 p. 500. Winkelmann, Poggend. Ann. CLIII p. 481. 1874.

einen Vorlesungsversuch die Unterschiede im Leitungsvermögen verschiedener Gase nachzuweisen.²⁾ Der Apparat (Fig. 1.) besteht aus einem Reagenzglase, welches von einem zweiten, an dasselbe angeschmolzenen Rohre nahe umschlossen ist, so dass der Abstand der beiden Rohre von einander nur etwa 2 mm beträgt. Dieser Zwischenraum wurde mit der zu untersuchenden Flüssigkeit bis zu einer Marke m gefüllt; in das innere Glas wurde eine stets gleiche Quecksilbermasse gegeben und in diese das Gefäss eines in hundertel Grade getheilten Thermometers gesenkt, welches durch einen Kork in der Rohrmündung befestigt war. Nun wurde der untere Theil des Apparates bis zur Höhe ww in ein bis zu einer bestimmten Temperatur erkältetes oder erwärmtes Wasserbad getaucht und darin gelassen bis das Thermometer eine bestimmte Temperatur anzeigte; dann wurde er aus diesem Bade in ein anderes von 20° gebracht und wurden nach einer Secundenschlaguhr die Zeiten notirt, zu welchen das Thermometer eine Temperatur-Erhöhung oder Erniedrigung um je 2 Grad anzeigte. Aus dem Gange des Erwärmens oder Erkaltens wurde ein relatives Maass für das Leitungsvermögen der dünnen Flüssigkeitsschicht gewonnen. Die Methode ist also im Ganzen die gleiche wie die, welche zuerst Narr, dann Stefan zur Untersuchung des Leitungsvermögens der Gase, und Winkelmann zur Untersuchung des Leitungsvermögens der Flüssigkeiten anwandten, nur erlaubt sie keine absoluten Bestimmungen, weil die Dimensionen des Apparates nicht genau angegeben werden können, auch ist die Verbindung zwischen dem äusseren und dem inneren Rohr durch einen ziemlich guten Wärmeleiter, das Glas, hergestellt, freilich in ziemlich grossem Abstände von der leitenden Flüssigkeit. Dagegen gestattet der Apparat die Untersuchung aller Flüssigkeiten,

2) Wiedem. Ann. II. p. 384. 1877.

welche das Glas nicht angreifen und ist überhaupt ungemein leicht zu handhaben. Kundt hat schon bemerkt, dass auf einen störenden Einfluss der Strömungen in den dünnen Schichten nicht zu rechnen sei und dass ebensowenig die Strahlung eine bedeutende Rolle spiele. Meine Versuche zeigen, dass das für Gase Ausgesprochene sich auch für Flüssigkeiten hinreichend bewährt; dagegen liegt eine Fehlerquelle in der Wärmeleitung, welche zwischen dem inneren und äusseren Glasrohr durch die Substanz des Glases selbst stattfindet und in der Erwärmung oder Erkaltung des aus dem Bade herausragenden Röhrentheils. Diese Fehler, von deren Einfluss Vorversuche mit leerem Apparate ein ungefähres Bild geben, sind indess wieder gleichgiltig, wenn es sich nicht um die Herstellung absoluter Werthe, sondern um die Lösung der oben gestellten Aufgabe handelt. Alle Beobachtungen wurden bei einer Lufttemperatur, welche zwischen $19^{\circ},5$ und $20^{\circ},5$ lag, angestellt. Durch Oeffnen und Schliessen der Heizklappen, der Fenster, der lichtdichten Läden, Anzünden oder Auslöschen der Gasflammen gelang es mir, die Temperatur immer sehr nahe an 20° zu halten. Wenn einmal die oben bezeichnete Grenze nicht eingehalten wurde, so ist die Versuchsreihe nicht mit aufgenommen worden. Das Kühl- (oder Wärm-) Wasser wurde nicht bewegt. Es ist richtig, dass sich in ruhendem Wasser eine Schichte um den Apparat bildet, welche eine etwas höhere Temperatur annimmt. Das drückt sich auch deutlich in den Versuchen aus. Ich benütze aber die der schliesslichen Temperatur 20° nahe liegenden Temperaturen gar nicht mehr, so dass innerhalb der Grenzen, die in Betracht zu ziehen sind, jener nachtheilige Einfluss nicht bemerkbar ist. Durch Eintauchen in schmelzendes Eis, welches N a r r ³⁾ bei seinen Versuchen über die Wärmefortpflanzung in Gasen anwandte,

3) Poggend. Ann. CXLII p. 123. 1871.

gelang es mir durchaus nicht, ganz übereinstimmende Resultate zu erhalten; das ist auch ganz begreiflich, denn nur da, wo ein festes Eisstück das Glasrohr berührt, wird dessen Wärme sofort zum Schmelzen von Eis verbraucht, wo aber Eiswasser an das Rohr grenzt, da wird dasselbe ebenfalls dem Rohre nicht sofort alle Wärme entziehen. Eine Rührvorrichtung, wie sie Winkelmann anwandte, ist also durchaus angezeigt, wenn man die Rohrwand bis zuletzt auf der gleichen Temperatur halten will. Ich habe auch versucht, statt des Kühlwassers Quecksilber anzuwenden und zwar mit sehr gutem Erfolg, aber die Handhabung des Apparates wurde dadurch sehr erschwert, und während ich mir sehr leicht Wasser von genau 20° verschaffen konnte, war es für Quecksilber sehr schwer, diese Temperatur festzuhalten.

Das Füllen des Apparates bis zur Marke geschah ebenfalls stets zwischen $19^{\circ},5$ und $20^{\circ},5$. Die Genauigkeit, mit der die Füllung vor sich geht prüfte ich, indem ich den Apparat leer und dann mit einer Reihe von Flüssigkeiten, deren spezifisches Gewicht zwischen denselben Temperaturgrenzen bestimmt war, gefüllt wägte. Das aus dieser Wägung im Vergleich mit der Wägung des mit Wasser gefüllten Apparates berechnete spezifische Gewicht stimmt gut mit dem mittelst der Mohrschen Wage gefundenen überein. Es war beispielsweise das spezifische Gewicht für

	durch die Mohrsche Wage	durch Wägung des Apparates
Alcohol	0,804	0,809
Glycerin	1,228	1,226
Kochsalzlösung	1,190	1,188
Chlorzinklösung	1,398	1,390

Beim Erwärmen oder Erkalten wird das Volumen der Flüssigkeit verändert. Für die relativen Versuche kommen aber nur die Unterschiede der Ausdehnung der verschiedenen Flüssigkeiten in Betracht und es zeigte sich, dass absichtlich

hervorgebrachte Unterschiede in diesem Betrage keinen merklichen Einfluss auf den Gang der Versuche hatten.

Die Messungen, welche ich angestellt habe, zerfallen in zwei Gruppen, welche in den Tabellen I und II mitgetheilt sind. Die erste Gruppe enthält Versuche bei Temperaturen unter, die zweite bei Temperaturen über 20° . Bei der ersten wurde der Apparat in schmelzendes Eis gebracht, bis 1° abgekühlt, ausgehoben, sorgfältig abgetrocknet und in dem Augenblick, in welchem das Thermometer 2° zeigte, in das Wasser von 20° gebracht. Dieses Wasser hatte immer dieselbe Höhe, da es schon vor dem Eintauchen des Apparates sein geräumiges Gefäss bis zum Rande anfüllte, und beim Eintauchen überfließen musste. Bei der zweiten Gruppe wurde der Apparat in einem Wasserbade von 50° bis 45° erwärmt, ausgehoben, abgetrocknet und bei 44° in das Kühlwasser von 20° gebracht. Mit derselben Flüssigkeit, selbst bei erneuerter Füllung des Apparates, angestellte Messungen ergeben eine oft vollkommene Uebereinstimmung im Gange der Erwärmung oder Abkühlung. Abweichungen fanden besonders bei Salzlösungen statt, und ich habe bemerkt, dass sich frisch bereitete Lösungen, selbst wenn sie zuvor filtrirt waren, immer etwas anders verhielten, wie ältere Lösungen: eine Bemerkung, die ich an einem anderen Ort auch schon in Bezug auf das electriche Leitungsvermögen von Salzlösungen gemacht habe. ⁴⁾

Vorläufige Versuche zeigten, dass der Anfang des Temperaturganges ein scheinbar gesetzloser war, was sehr natürlich ist, da in dieser ersten Periode der Gang des Erwärmens oder Erkaltes vor Allem von der specifischen Wärme der Flüssigkeiten abhängig ist. Die Curven, durch welche ich den Temperaturgang darstellte, zeigten in der ersten Gruppe ein zu steiles Ansteigen bis 4° , in der zweiten bis 38° . Ich

4) Wiedem. Ann. VII. 1879.

habe deshalb erst von diesen Temperaturen, von denen an der Gang der Erwärmung oder Abkühlung ein stationärer war, die Zählung begonnen. Die so gewonnenen Zahlen sind in die Tabellen eingetragen und zwar enthält die Spalte Θ die Temperaturen, so dass also für Tabelle I die Anfangstemperatur $= 4^\circ$, für Tabelle II aber $= 38^\circ$ ist. Die Zählung wurde in der ersten Gruppe bis 16° , in der zweiten bis 26° fortgesetzt, d. h. beide mal um 12° . Die Beobachtungen für 28° fehlen, weil der Kork den betreffenden Theilstich des Thermometers deckte. Die Spalte t enthält die Zahl der Secunden, um welche die einzelnen Temperaturen später beobachtet wurden, als die Anfangstemperatur.

Weiter habe ich den Tabellen noch eine Spalte hinzugefügt. Es ist nämlich aus den aufgeführten Beobachtungen die Abkühlungs- (bez. Erwärmungs-) Geschwindigkeit v nach dem Abkühlungsgesetze

$$v = \frac{1 \text{ nat } \frac{\tau_0}{\tau}}{t}$$

berechnet, wo τ_0 der (negative oder positive) Temperaturüberschuss des Thermometers über die Temperatur des Wärm- (oder Kühl-) Wassers beim Beginn der Zählung und τ der Ueberschuss zur Zeit t ist. Entsprechend dem von Winkelmann in seine Tabellen aufgenommenen relativen Maasse für v habe ich auch für meine Versuche

$$v \log e = \frac{\log \tau_0 - \log \tau}{t}$$

berechnet diesen Ausdruck mit $10^{-5} c$ bezeichnet und die Werthe von c in die Tabelle eingetragen. Beide Tabellen beginnen mit den extremen Messungen am leeren (mit Luft gefüllten) und an dem mit Quecksilber gefüllten Apparate.

Tabelle I.

Θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Luft				Quecksilber			
6	63	92	60	96	5	1160	5	1160
8	130	96	129	98	11	1135	10,5	1189
10	212	97	212	97	17	1201	19,5	1047
12	311	97	312	97	30	1009	30	1009
14	442	97	444	96	44	970	44	970
16	684	95	687	94	65	926	65	926
Wasser								
6	14	414	15	387	14	414	15	387
8	30	416	30,5	409	30	416	30	416
10	49	416	49,5	412	50	408	49	416
12	73,5	414	72,5	415	72	418	72,5	415
14	104	410	104	410	103	413	104	410
16	153	393	153	393	152	396	153	393
Schwefelsäure (1,806)					Glycerin (1,228)			
6	16	362	16	362	18	321	18	321
8	34	367	34	367	37	338	37	338
10	54	378	54	378	60	340	60	340
12	79	381	79	381	88	342	88	342
14	112,5	378	113	377	126	338	125	340
16	164	366	164	366	185	326	185	326
Schwefelkohlenstoff (1,272)					Chloroform (1,488)			
6	11,5	504	11	527	12	483	12	483
8	24,5	509	24,5	509	26	480	26,5	471
10	38,5	514	39	502	42	486	42,5	480
12	57,5	523	58	519	64	470	65	463
14	82,5	516	83	513	94	450	95	448
16	123,5	488	124	485	142	424	143	421

(Tabelle I Fortsetzung.)

θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Alcohol (0,804)				Aether (0,724)			
6	17,5	332	18	321	14	414	14,5	400
8	36	359	36	359	28	444	28	444
10	57	358	57	358	43	474	43,5	466
12	83	362	83	362	63	478	63	478
14	118	361	118	361	91	468	91	468
16	174	346	174	346	135	453	135	453
	Benzin (0,691)				Olivenöl (0,915)			
6	15	387	15	387	22	264	22	264
8	31	403	30	416	47	266	47	266
10	50	408	49	416	75	273	76	268
12	74	406	72	418	111	271	112	269
14	107	398	105	405	159	268	160	265
16	163	363	160	376	233	258	235	256
	Natriumchlorid in Wasser (1,110)				Natriumchlorid in Wasser (1,20')			
6	14	414	14	414	14	414	13,5	429
8	30	416	30	416	29	430	29	430
10	48	423	47	433	46	443	48	423
12	70	430	69	436	68	442	70	430
14	99	430	98	434	97	443	99	430
16	144	411	144	411	142	424	145	417
	Calciumchlorid in Wasser (1,128)				Calciumchlorid in Wasser (1,345)			
6	14	414	14	414	14	414	13	446
8	30	416	29,5	423	29	430	29	430
10	48	423	47	433	47	433	47	433
12	71	428	70	430	70	430	69	436
14	102	417	101	421	100	426	98	434
16	150	401	149	404	148	407	146	412

(Tabelle I Fortsetzung).

Θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Kupferchlorid in Wasser (1,125)				Kupferchlorid in Wasser (1,358)			
6	14,5	400	14	414	13,5	429	14	414
8	31	403	31	403	29	430	29,5	423
10	50	408	50	408	47,5	428	48	423
12	73	413	73,5	411	71	424	71	424
14	105	405	105	405	101,5	419	102	417
16	155	389	155	389	152	396	153	393
	Kupfernitrat in Wasser (1,197)				Kupfernitrat in Wasser (1,455)			
6	14	414	14	414	15	387	15	387
8	30,5	409	30	416	32	390	31,5	396
10	48	423	47	433	50	408	49	416
12	71	424	70	430	74	406	73	412
14	101	421	100	426	106	401	104	410
16	148	407	147	409	157	383	155	389
	Ammoniumkupfersulphat (1,086)				Zinkchlorid in Wasser (1,132)			
6	14	414	15	387	13	446	13	446
8	30	416	30	416	28	444	28	444
10	49	416	49	416	48	423	47	433
12	72	418	72,5	415	68	442	69	436
14	103	413	104	410	98	434	99	430
16	152	396	152	396	149	404	149	404
	Zinkchlorid in Wasser (1,310)				Zinkchlorid in Wasser (1,370)			
6	15	387	15	387	16	362	16,5	352
8	31,5	396	31,5	396	34	361	34,5	359
10	49,5	412	50	408	54	378	55	371
12	72	418	72,5	415	80	376	80	376
14	101,5	419	102	417	115	370	115	370
16	149,5	402	150	401	168	353	168	353

(Tabelle I Fortsetzung.)

θ	t	c	t	c	t	c	t	c
Eisenchlorid in Wasser (1,126)					Eisenchlorid in Wasser (1,244)			
6	13	446	14	414	15	387	15,5	374
8	30	416	30	416	32	390	33	378
10	48	423	48	423	52	392	53	385
12	71	428	71	428	76	396	77	391
14	101	421	102	417	109	391	110	387
16	148	407	149	404	161	374	162	371
Verdünnte Schwefelsäure (1,083)					Verdünnte Schwefelsäure (1,496)			
6	15	387	14	414	15	387	15	387
8	30	416	30	416	31	403	31	403
10	49	416	50	408	49,5	414	51	402
12	73	412	75	401	73	412	75,5	399
14	105	405	106	401	105	405	107	398
16	155	389	156	387	154	391	156	387
Cyanin in Alcohol (0,805)					Eisenchlorid in Alcohol (0,897)			
6	16,5	352	17,5	332	20	290	20	290
8	35,5	352	35,5	352	40	312	41	305
10	57	358	57	358	62	329	64	319
12	83	362	83,5	360	90	334	93	323
14	119	358	118,5	359	128	333	131	325
16	175	344	174,5	343	188	320	191	314
Kupferchlorid in Alcohol (0,828)					Kupferchlorid in Alcohol (0,832)			
6	19	305	19	305	20	290	19	305
8	38	331	38	331	40	312	39	320
10	59	346	59	346	63	324	62	329
12	86	350	86	350	91	331	90	334
14	122	349	122	349	128	332	128	332
16	181	332	181	332	188	320	188	320

(Tabelle I Fortsetzung.)

Θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Eisenchlorid in Aether (0,681)				Schwefelkohlenst. und Alcohol (1,257)			
6	20	290	20	290	16	362	15	387
8	39,5	313	39,5	313	33	378	32,5	384
10	62	329	62	329	53	385	53	385
12	90	334	90	334	77	391	77	391
14	128	332	128	332	110,5	385	111	383
16	191	315	191	315	163	369	163	369
	Glycerin und Wasser (1,125)				Quittenschleim, dünn			
6	16	362	16	362	14	414	14	414
8	34	367	34	367	31	403	30	416
10	55	371	55	371	49,5	412	50	408
12	81	372	81	372	73	412	73	412
14	116	367	116	367	105	405	105	405
16	171	352	171	352	155	389	155	389
	Quittenschleim, dick				Stärkekleister			
6	14	414	14	414	14	414	14	414
8	30	416	30	416	30,5	409	31	403
10	49	416	50	408	49	416	49	416
12	73	412	73	412	73	412	73	412
14	104,5	407	105	405	105	405	105	405
16	155	389	156	386	157	383	156	386

Tabelle II.

θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Luft				Quecksilber			
38	39	117	40	114				
36	79	123	88	117	7,5	1292	7,5	1292
34	125	124	132	117				
32	189	117	193	115	17	1300	16,5	1344
28	345	115	348	114	30,5	1304	30	1326
26	450	116	458	114	43	1216	42,5	1230
	Wasser							
38	7	653	7,5	601	7	653	7	653
36	15	646	15	646	14,5	668	15	668
34	23	673	23	673	23,5	654	23	673
32	33	672	33	672	32,5	682	33	672
28	61	652	61	652	61,5	647	61,5	647
26	82	637	83	630	82,5	633	83	630
	Schwefelsäure (1,806)				Glycerin (1,228)			
38	10,5	435	11	415	12	381	12,5	355
36	22	440	22	440	25	388	25,5	376
34	34,5	449	34,5	449	39,5	389	39,5	389
32	49,5	428	49	432	56,5	375	56,5	375
28	88,5	449	89	447	100	398	100,5	395
26	117,5	445	117	447	132	396	132,5	395
	Schwefelkohlenstoff (1,272)				Chloroform (1,488)			
38	6	761	6	761	7	653	7	653
36	13	745	13	745	14,5	668	15	646
34	20,5	760	20,5	760	23,5	654	24	645
32	29	765	29	765	33,5	662	34,5	643
28	54	737	54	737	62,5	636	63	631
26	72,5	721	72	726	85	615	86	608

(Tabelle II Fortsetzung).

Θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Benzin (0,691)				Olivenöl (0,915)			
38	8,5	537	8	571	15,5	295	15	304
36	16,5	587	16,5	587	32	303	31	312
34	26	596	26	596	51	304	50	310
32	37	599	37	599	72	307	71	312
28	67	591	67	591	129	308	127	313
26	90	581	90	581	169	309	167	313
	Alcohol (0,804)				Alaun in Wasser (1,046)			
38	8	571	8	571	7	653	7	653
36	16,5	587	17	570	14,5	668	14,5	668
34	26,5	584	27	574	23	673	23	673
32	38,5	576	38,5	576	33,5	662	34	659
28	72,5	548	73	545	62	642	62,5	636
26	99,5	525	100	523	83,5	626	84	622
	Natriumchlorid in Wasser (1,110)				Natriumchlorid in Wasser (1,200)			
38	7	653	7	653	7	653	7	653
36	14	692	15	646	15	646	15	646
34	23	673	23	673	23,5	654	24	645
32	33	672	33	672	34	659	34	659
28	60,5	657	60	663	62	642	62	642
26	82	637	81	645	84	622	84	622
	Calciumchlorid in Wasser (1,128)				Calciumchlorid in Wasser (1,345)			
38	7	653	7	653	8,5	537	8,5	537
36	16	606	16,5	587	18	538	17,5	554
34	25,5	607	26	596	28,5	543	28	553
32	36	616	36	616	40	554	39,5	562
28	65	612	65	612	73	545	71,5	557
26	87	601	87	601	97	539	95,5	546

(Tabelle II Fortsetzung).

θ	t	c	t	c	t	c	t	c
Kupferchlorid in Wasser (1,125)					Kupferchlorid in Wasser (1,258)			
38	7	653	7	653	8,5	537	9	508
36	14,5	668	14,5	668	17	570	18	538
34	22,5	689	23	673	27	574	28	553
32	32	662	33	672	38	583	39	569
28	60,5	657	62	642	69	575	70	568
26	82,5	637	84	622	92	568	93	562
Kupfernitrat in Wasser (1,197)					Kupfernitrat in Wasser (1,455)			
38	7	653	7	653	8,5	537	8	571
36	14,5	668	14,5	668	17,5	554	17	570
34	23	673	22,5	689	27,5	563	27	574
32	33,5	662	33	642	39,5	562	39	569
28	61,5	647	61,5	647	71,5	556	72	552
26	84,5	618	84	622	96,5	541	97	539
Ammoniumkupfersulphat i. W. (1,086)					Zinkchlorid in Wasser (1,132)			
38	7	653	7	653	7	653	7	653
36	14,5	668	14,5	668	15	646	15	646
34	24	645	23	673	23,5	659	23	673
32	33	672	33,5	662	32,5	682	33	672
28	62	642	62	642	61	652	61	652
26	85	615	83,5	626	81	645	83	630
Zinkchlorid in Wasser (1,310)					Zinkchlorid in Wasser (1,870)			
38	7	653	7,5	601	10	457	10,5	435
36	14,5	668	15	646	21,5	451	22	440
34	23	673	23	673	34	455	34,5	449
32	33,5	662	34	652	49	432	49	432
28	62	642	63	631	88	452	88	452
26	84	622	84	622	117	447	117	447

(Tabelle II Fortsetzung.)

θ	t	c	t	c	t	c	t	c
Eisenchlorid in Wasser (1,126)					Eisenchlorid in Wasser (1,496)			
38	7	653	6,5	703	9	508	8,5	537
36	15	646	15	646	17,5	554	17,5	554
34	23	673	23	673	28	553	27,5	563
32	34	659	33	672	40	554	39	569
28	62	642	61	652	73	545	71	560
26	85	615	83	630	98	533	96	544
Verdünnte Schwefelsäure (1,083)					Verdünnte Schwefelsäure (1,496)			
38	7	653	7	653	8,5	537	9	508
36	13	745	13	745	18,5	524	20	484
34	21,5	720	22	708	29,5	525	31	500
32	31	715	32	693	42	528	43	516
28	57	698	57	698	77,5	513	79	503
26	78	670	79	662	102,5	510	104	502
Cyanin in Alcohol (0,905)					Eisenchlorid in Alcohol (0,893)			
38	8	571	8	571	8,5	537	8,5	537
36	17	570	17	570	18	538	18	538
34	26	595	26	595	28,5	543	28,5	543
32	39	569	39	569	41	541	42	528
28	73	545	73	545	77	517	79	503
26	100	523	100	523	106	493	108	484
Kupferchlorid in Alcohol (0,828)					Kupferchlorid in Alcohol (0,892)			
38	9	508	8	571	9	508	9	508
36	18	538	17	570	18	538	18	538
34	28	553	27	574	29,5	525	30	516
32	40	554	39	569	41	541	42	528
28	75	530	74	538	78	510	78	510
26	103	507	101	517	106	493	107	488

(Tabelle II Fortsetzung.)

θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Alcohol und Schwefelkohlenst. (1,000)				Glycerin u. Wasser (1,125)			
38	7,5	601	7,5	601	9,5	481	10	451
36	15	646	15	646	20	484	20	484
34	23,5	659	23	678	31,5	491	32	481
32	34	659	33,5	662	45,5	487	46	482
28	62	642	61	652	82,5	482	83	479
26	85	613	84	622	109	479	110	475
Quittenschleim, dünn					Quittenschleim, dick			
38	9	508	8,5	537	8,5	537	9	508
36	19	510	18,5	542	18,5	524	19	510
34	30	516	30	516	30	516	30	516
32	42	528	42,5	522	42,5	522	42	528
28	76,5	520	76,5	520	76,5	520	76	523
26	101	517	101	517	101	517	101	517
Stärkekleister								
38			9	508	9	508		
36			19	510	18,5	524		
34			29	534	29	534		
32			42	528	42,5	522		
28			76	523	76	523		
26			100	523	100	523		

Die in den vorstehenden Tabellen aufgeführten Werthe von c stimmen im Allgemeinen hinreichend unter einander überein, nur der erste und der letzte fällt meist zu klein aus; der erste, weil der Zustand noch kein ganz stationärer geworden ist, der letzte, weil die Temperatur des Bades in der Nähe des Glasrohres sich, wie früher besprochen, merklich geändert hat. Ich habe deshalb zur Herstellung von Mittelwerthen immer die vier mittelsten Beobachtungen benützt, also in der Gruppe I die bei 8, 10, 12 und 14°, bei Gruppe II die bei 36, 34, 32 und 28°. Für jede der der Untersuchung unterworfenen Flüssigkeiten habe ich je zwei Beobachtungsreihen, für Wasser je vier, angestellt und theile unten die Mittelwerthe für c aus jeder Reihe, und dann das Mittel für beide (bez. die vier) Reihen mit. Zunächst beziehen sich die Beobachtungen auf zehn Flüssigkeiten. Für die höheren Temperaturen musste der Aether selbstverständlich von der Betrachtung ausgeschlossen bleiben. Von den besseren zu den schlechteren Wärmeleitern fortschreitend ordnen sich diese Flüssigkeiten in beiden Gruppen so:

I.

zwischen 8 und 14°.

Quecksilber	1079	1054	Mittel: 1066
Schwefelkohlenstoff	515	511	513
Chloroform	477	465	468
Aether	466	464	465
Wasser 413 411	414	414	413
Benzin	404	414	409
Schwefelsäure	376	376	376
Alcohol	360	360	360
Glycerin	339	340	340
Olivenöl	269	262	266

II

zwischen 36 und 28°.

Quecksilber	1299	1321	Mittel: 1310
Schwefelkohlenstoff	738	738	738
Wasser	661 661 663	663	662
Chloroform	655	641	648
Benzin	593	593	593
Alcohol	574	566	570
Schwefelsäure	451	451	451
Glycerin	387	385	386
Olivöl	305	312	308

Was zunächst die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers betrifft, so erscheint dieselbe nur etwa doppelt so gross, wie die des Schwefelkohlenstoffs, was unmöglich richtig sein kann. Der Grund hierfür liegt wohl darin, dass Quecksilber die Glaswände nicht benetzt, dass also zwischen Glas und Quecksilber sich zwei isolirende Luftschichten befinden. Auf solche, das Glas nicht benetzende Flüssigkeiten ist die Methode nicht anwendbar. Von den übrigen Flüssigkeiten sind ausser Wasser Glycerin, Alcohol und Chloroform von Guthrie, Schwefelkohlenstoff, Alcohol und Glycerin von Winkelmann untersucht worden. Nach Guthrie würde Chloroform der schlechteste aller Leiter sein, Glycerin dem Wasser nahe stehen und Alcohol seinen Platz zwischen beiden finden, was weder zu meinen Versuchen in Gruppe I noch in Gruppe II passt; dagegen giebt Winkelmann ganz dieselbe Reihenfolge an, welche ich fand. Da seine Versuche bei niedriger Temperatur angestellt wurden, so entsprechen sie meiner Gruppe I. Ich habe schon oben bemerkt, dass meine Versuche nicht den Anspruch machen, die wahren Werthe für die Leitungsfähigkeiten zu liefern, sondern nur zu zeigen, welche Flüssigkeit die besser leitende ist und durch welche Umstände sie besser oder schlechter leitend wird. Wenn ich

dennoch meine Zahlen für die eben genannten Flüssigkeiten in die von Winkelmann angewandte Einheit übersetze, so würden sie sich so ergeben:

	Winkelmann.	Bz.
Schwefelkohlenstoff	0,002003	0,001912
Wasser	0,001540	0,001540
Alcohol	0,001506	0,001342
Glycerin	0,000748	0,001267

Die Reihenfolge der aufgeführten Flüssigkeiten ist in beiden Gruppen nicht die gleiche. Während zwischen 8 und 14° Chloroform ein weit besserer Leiter ist, als Wasser, leitet es zwischen 36 und 28° etwas schlechter und während Alcohol in der ersten Gruppe schlechter leitet, als Schwefelsäure, übertrifft er dieselbe an Leitungsvermögen in der zweiten beträchtlich. Dem entsprechend sieht man in Tabelle I die Werthe von c für Chloroform mit wachsender Temperatur, und in Tabelle II die Werthe von c für Alcohol mit sinkender Temperatur abnehmen, während man weder für Wasser, noch für Schwefelsäure ähnliche Regelmässigkeiten wahrnehmen kann. Die beigegebenen Curventafeln Fig. 2 und 3 vergegenwärtigen den Gang der Erwärmung oder Abkühlung und lassen namentlich die eben erwähnte Veränderung in der Reihenfolge der Leitungsfähigkeiten übersehen.

Was nun den Zusammenhang zwischen der Reihenfolge der Leiter und ihren sonstigen physikalischen Eigenschaften betrifft, so bemerkt man sogleich, dass die leichtflüssigen: Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Aether an Leitungsfähigkeit den schwerer flüssigen voran stehen. Am schlechtesten würden in dieser Beziehung in der That Olivenöl, Glycerin, concentrirte Schwefelsäure leiten, während Wasser ungefähr die Mitte zwischen guten und schlechten Leitern hielte. Nur der Alcohol bequemt sich diesem Gesetze nicht an, er verhält sich wie ein schwerflüssiger Körper. Irgend eine andere

seiner physikalischen Eigenschaften muss ihm diese schlechte Leitungsfähigkeit verleihen. Wenn man die specifischen Wärmen der aufgeführten leichtflüssigen Körper mit Hilfe der Regnault'schen Interpolationsformeln für die Temperatur 20° berechnet und mit Zugrundlegung der oben angegebenen specifischen Gewichte auf gleiche Volumina bezieht, so erhält man folgende Zahlen:

Schwefelkohlenstoff	0,301
Chloroform	0,347
Aether	0,387
Benzin	0,272
Alcohol	0,459

Hier steht allerdings Alcohol auch am Ende der Reihe; im Uebrigen aber ist keine Analogie zwischen dieser Reihe und der der Leitungsfähigkeiten zu finden. Die von Tyn-dall⁵⁾ angegebene Reihenfolge, in welcher die Flüssigkeiten die in sie eindringenden Wärmestrahlen absorbiren, ist folgende:

Schwefelkohlenstoff	8,4 p C.
Chloroform	25,6
Benzin	55,7
Aether	73,5
Alcohol	78,6
Wasser	86,1

Auch hier stehen die bestleitenden Schwefelkohlenstoff und Chloroform oben, Alcohol fast unten an, aber das Wasser findet eine ganz falsche Stelle. Immerhin schien mir zu der Vermuthung Veranlassung gegeben, dass die Durchwärmigkeit der Flüssigkeiten die Bestimmung der Leitungsfähigkeiten ganz illusorisch machen könnte. Ich färbte deshalb Alcohol mit Cyanin tief blau, und untersuchte die

5) Philos. Trans. 1864. p. 327.

Abkühlungsgeschwindigkeit dieser Lösung. Dieselbe findet sich aus

Tab. I.	357	357	Mittel 357
Tab. II.	570	570	570

während für farblosen Alcohol bezüglich 360 und 570 gefunden war. Man bemerkt also gar keinen Unterschied im Leitungsvermögen. Nun kann man freilich einwenden, Cyaninlösung lasse einen schmalen Streifen rother Strahlen hindurchgehen, welche vorzugsweise die wärmenden sein könnten; aber die weiter unten aufgeführten Messungen an Alaun- und Kupfersalzlösungen, welche die weniger brechbaren Strahlen ganz absorbiren, zeigen, dass auch dadurch in dem Leitungsvermögen der Flüssigkeiten dem von farblosen Lösungen gegenüber kein bemerkbarer Unterschied eintritt. Nur in Bezug auf den sehr stark durchwärmigen Schwefelkohlenstoff dürfte die Vermuthung gerechtfertigt sein, dass die Durchstrahlung sein Leitungsvermögen doch grösser erscheinen lässt, als es ist. Jedenfalls müssen es andere physikalische Eigenschaften sein, welche in ihrer Gesamtwirkung den Alcohol unter die schlechtleitenden Flüssigkeiten stellen.

Was nun den augenscheinlichen Einfluss der grösseren oder kleineren Beweglichkeit der Flüssigkeiten auf ihre Leitungsfähigkeit betrifft, so liegt der Gedanke nahe, dass die Wärmefortpflanzung in flüssigen Körpern überhaupt nur durch Strömungen stattfinde. Freilich können bei der von Narr, Stefan, Winkelmann und mir angewandten Art der Erwärmung, bei welcher die eine Wandfläche ihrer ganzen Ausdehnung nach die eine, die andere Wandfläche ebenfalls ihrer ganzen Ausdehnung nach die andere Temperatur hat, nicht Strömungen entstehen wie in einer von unten her erwärmten Flüssigkeitsmasse, wohl aber solche, wie in der Luft eines zwischen einer warmen und einer

kalten Wand liegenden Kamins. Die Flüssigkeit kann an der wärmeren Wand auf-, an der kälteren absteigen. Bei dem engen Raume, der hier zur Bewegung freigegeben ist, sind allerdings starke Strömungen nicht zu erwarten. Ich füllte indess doch, um mich durch den Versuch von dem wahren Vorgange zu überzeugen, den Raum zwischen den Röhren meines Apparates mit Wasser, in welchem ich Samen *lycopodii* vertheilt hatte, und richtete dann ein Mikroskop mit grosser Focaldistanz (bei 30 maliger Vergrösserung) auf die Mitte des Glasrohres. Man sah dann den Staub sich zum Theil nach oben, zum Theil nach unten bewegen, während ein dritter Theil suspendirt blieb. War Ruhe eingetreten, so wurde 50° warmes Wasser in das innere Rohr gegossen. Sogleich begannen die Staubtheilchen sich zu bewegen und zwar die der kalten Aussenwand näher liegenden nach unten, die dem warmen Rohre näher liegenden nach oben. Durch Verschiebung der Mikroskops waren beide leicht von einander zu unterscheiden, da man nie beide gleichzeitig deutlich sehen kann. In der That also findet eine solche Strömung statt, welche einen Theil des Wärmeaustausches übernehmen kann; es fragt sich nur, wie gross dieser Antheil ist. Um das zu erfahren, machte ich das Wasser unbeweglich durch Beimischung von Quittenschleim oder von Stärkemehl. Schon eine dünne Quittenschleimlösung zeigte keine Bewegung mehr; einer dicken, welche nur durch Coliren gereinigt war, brauchte gar kein fremder Körper beigemischt zu werden; die pflanzlichen Reste dienten sehr gut als Zeiger für eine etwa eintretende Bewegung. Beim Eingiessen des warmen Wassers in das innere Rohr blieb alles ruhig. Der Apparat wurde ferner mit Wasser gefüllt, in welchem Stärkemehl fein vertheilt war und dann bis zur Siedtemperatur erhitzt, so dass sich ein ganz homogener Kleister bildete, der nach dem Erkalten völlig steif war. Alle drei Substanzen, dünner Quittenschleim, dicker

Quittenschleim und Stärkekleister wurden nun auf ihr Leitungsvermögen untersucht; c wurde gefunden nach Tabelle

I.

dünner Quittenschleim	408	410	Mittel	409
dicker „ „	413	410		411
Stärkekleister	410	409		410

II.

dünner Quittenschleim	518	520	Mittel	519
dicker „ „	519	520		519
Stärkekleister	524	526		525

gegen Wasser nach Tabelle I = 413

Tabelle II = 662

Bei niederer Temperatur war also das Beimischen der Stoffe, welche die Beweglichkeit des Wassers hinderten, fast gleichgiltig, sogar der Ersatz des Wassers durch Stärkekleister ändert fast nichts an dessen Leitungsfähigkeit, dieselbe kann also nur in sehr geringem Maasse auf Rechnung vorhandener Strömungen geschrieben werden. Die eigenthümliche Leitungsfähigkeit bleibt dem Wasser, auch wenn ihm die Möglichkeit für Erzeugung von Strömungen ganz genommen wird. Ganz anders ist die Erscheinung bei höherer Temperatur. Sobald die Beweglichkeit des Wassers beeinträchtigt wird, nimmt dessen Leitungsfähigkeit ab, ob aber dann die Consistenz noch nahezu die des Wassers oder die einer Gallerte ist, ist wiederum fast gleichgiltig. Ebenso wenig wie bei niederer Temperatur dürften nun aber auch bei höherer die Strömungen eine wesentliche Rolle spielen, denn die Temperaturdifferenzen, um welche es sich hier handelt, sind auch nicht viel grösser wie im anderen Falle. Es ist vielmehr die Verschiebbarkeit der Moleculé gegen einander, welche durch die höhere Temperatur durchweg vergrößert wird, bei einer Flüssigkeit mehr, bei der andern

weniger, aber immer mit demselben Erfolge: mit einer Vergrößerung des Leitungsvermögens.

Es wäre hier der Ort, durch Vergleich der in den Tabellen I und II gegebenen Zahlen das Verhältniss zu ermitteln, in welchem die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten bei den Temperaturen unter 20° zu denen über 20° steht. Die Verhältnisse sind indess in beiden Versuchsreihen nicht symmetrisch. Es war mir darauf angekommen, die Flüssigkeiten bei möglichst hohen Temperaturen zu untersuchen und darum erwärmte ich sie um eine grössere Temperaturdifferenz, als ich sie abkühlte. Einige Versuche, welche ich unter ganz symmetrischen Verhältnissen über 20° anstellte, wie die in Tabelle I zusammengestellten ausgeführt sind, ergeben indess auch bedeutend grössere Werthe für c . Der Apparat wurde hier bis 39° erwärmt, dann abgetrocknet, bei 38° in Wasser von 20° getaucht und bei 36° die Zählung begonnen, die bis 24° fortgesetzt wurde. So wurden für Schwefelkohlenstoff, Wasser, Glycerin und Olivenöl folgende Zahlen erhalten:

Θ	t	c	t	c	t	c	t	c
	Schwefelkohlenstoff				Wasser			
34	9	644	9	644	10	580	10	580
32	18	693	18	693	21	595	20,5	609
28	42	717	42,5	708	49	614	49	614
26	60	711	61	698	70	608	70	608
24	88	684	88	684	102	590	103	584
	Glycerin				Olivenöl			
34	16,5	351	16,5	351	20	290	20	290
32	33,5	373	33,5	373	41,5	301	42	297
28	77,5	388	77,5	388	98	307	99	304
26	107,5	396	107,5	396	138	308	139	306
24	151,5	397	151,5	397	194	310	195	308

Daraus ergeben sich die Mittelwerthe:

Schwefelkohlenstoff	707	700	Mittel	703
Wasser	606	610		608
Glycerin	386	386		386
Olivenöl	305	302		303

Die Zahlen in der vorstehenden Tabelle stimmen nicht so gut unter einander, wie die in Tabelle I; man merkt ihnen noch sehr den Einfluss des Anfangs- und des Endzustandes an. Selbstverständlich sind sie kleiner, als die für gleiche Temperaturdifferenzen in Tabelle II gegebenen; aber immer noch beträchtlich grösser, als die für gleiche Temperaturdifferenzen aber niedriger Temperatur in Tabelle I. Das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten ist also bei höherer Temperatur ein grösseres, als bei niedriger, ein Satz, der schon von Guthrie ausgesprochen worden ist.

Die grösste Zahl meiner Versuche betrifft das Verhalten wässriger Lösungen; unter denselben befinden sich vorzugsweise solche leichtlöslicher Salze, namentlich Chloride, weil dieselben in recht verschiedenen Concentrationsgraden angewandt werden konnten. Der leichteren Uebersicht wegen bezeichne ich diese Concentrationsgrade in den nachfolgenden Tabellen ausser durch das specifische Gewicht der Lösung auch noch durch Beisatz der Zahlen 1, 2 und 3, so dass jedesmal mit 1 die verdünnteste Lösung bezeichnet wird. Ich ordne die Lösungen wieder nach der Grösse der Mittelwerthe für c und reihe auch das Wasser an der betreffenden Stelle mit ein:

I

zwischen 8 und 14°

Zinkchlorid 1	sp. G.:	1,132	436 436	Mittel: 436
Natriumchlorid 2		1,200	439 428	433
Calciumchlorid 2		1,345	430 431	431
Natriumchlorid 1		1,110	425 429	427

W. v. Beetz: Wärmeleitungsvermögen der Flüssigkeiten. 111

Kupferchlorid 2	sp. G.: 1,255	425 424	Mittel: 425
Calciumchlorid 1	1,128	421 427	424
Kupfernitrat 1	1,197	419 426	423
Eisenchlorid 1	1,126	422 421	421
Ammoniumkupfersulphat	1,086	416 414	415
Wasser		413 411	
		414 414	413
Zinkchlorid 2	1,310	411 409	410
Verd. Schwefelsäure 1	1,083	412 406	409
Kupferchlorid 1	1,125	407 407	407
Kupfernitrat 2	1,455	401 408	404
Verd. Schwefelsäure 2	1,496	408 400	404
Eisenchlorid 2	1,244	392 386	389
Zinkchlorid 3	1,870	372 369	370
Glycerinlösung	1,125	363 363	363

II

zwischen 36 und 28°

Natriumchlorid 1	sp. G.: 1,110	673 663	Mittel: 668
Kupferchlorid 1	1,125	669 664	666
Wasser		661 661	
		663 663	662
Kupfernitrat 1	1,197	662 661	662
Alaun	1,046	661 659	660
Zinkchlorid 1	1,132	660 661	660
Ammoniumkupfersulphat	1,086	657 661	659
Eisenchlorid 1	1,126	655 661	658
Zinkchlorid 2	1,310	661 650	656
Natriumchlorid 2	1,200	650 648	649
Verd. Schwefelsäure 1	1,083	619 611	615
Calciumchlorid 1	1,128	610 603	606
Kupferchlorid 2	1,258	575 557	566
Kupfernitrat 2	1,455	559 566	563
Eisenchlorid 2	1,496	551 561	556

Calciumchlorid 2	sp. G.: 1,345	545	556	Mittel: 550
Verd. Schwefelsäure	2	1,496	522	526
				524
Glycerinlösung		1,125	486	481
				484
Zinkchlorid 3		1,870	447	443
				445

Wiederum bieten beide Tabellen ein ganz verschiedenes Bild. Bei niederer Temperatur gewinnt zunächst das Wasser durch Beimischung eines Salzes im Allgemeinen an Wärmeleitungsvermögen. Alle verdünnte Lösungen, die von Zinkchlorid, Natriumchlorid, Calciumchlorid, Kupfernitrat, Eisenchlorid, Ammoniumkupfersulphat, leiten besser als Wasser. Nur Kupferchlorid scheint eine Ausnahme zu machen. Die höheren Concentrationsgrade leiten zunächst noch besser, als die niederen, so Natriumchlorid, Calciumchlorid, Kupferchlorid. Wird aber die Concentration zu gross, so sinkt das Leitungsvermögen wieder, wie bei Zinkchlorid, Kupfernitrat, Eisenchlorid. Die meisten Salze haben offenbar bei mittlerer Concentration ein Maximum der Leitungsfähigkeit; nur bei Natrium- und Calciumchlorid ist ein solches nicht wahrzunehmen. Mischungen von Wasser mit anderen Flüssigkeiten z. B. Schwefelsäure oder Glycerin stellen sich zwischen die Flüssigkeiten, aus denen sie gemischt sind.

Bei höherer Temperatur ist Wasser ein besserer Leiter als fast alle wässrige Lösungen. Nur die verdünnten Lösungen von Natriumchlorid und Kupferchlorid stehen etwas, aber auch nur etwas höher. Dagegen ordnen sich nach der Seite der schlechteren Leiter hin alle übrigen Lösungen nach dem Grade ihrer Concentration, so dass immer die concentrirtere Lösung schlechter leitet, als die verdünntere. Nach Guthrie sollen alle Salzlösungen zwischen 20 und 30° besser leiten als Wasser. Zinkvitriollösung fand auch Lundquist bei Temperaturen über 20° besser leitend, als Wasser; ich habe sie nicht untersucht, bemerke aber, dass auch er die verdünnte Lösung am besten leitend fand, die concentrirtere dem Wasser nahe gleich. Kochsalzlösung fand Lundquist

sowohl als Paalzow, der ganz concentrirte Lösung anwandte und dieselbe wenigstens stellenweis stark erwärmte, schlechter leitend als Wasser, ganz in Uebereinstimmung mit meiner Erfahrung, während Winkelmann seine Kochsalzlösung von meiner Concentration 1 bei niederer Temperatur besser leitend fand als Wasser, ebenfalls so wie ich es gefunden habe. Das ganz veränderte Verhalten der Salzlösungen bei höherer Temperatur hängt wieder augenfällig mit der veränderten molecularen Beweglichkeit der Flüssigkeiten zusammen. Gerade wie die Beimischung von Quittenschleim oder Stärkemehl bei niederer Temperatur nur einen wenig verschlechternden Einfluss auf das Leitungsvermögen des Wassers ausübte, einen weit grösseren aber bei höherer Temperatur: so auch die Beimischung der Salze. Ich denke mir die Molecüle des Salzes wie Belastungen, welche die Bewegungen der Molecüle des Lösungsmittels um so mehr hemmen, je mehr ihrer vorhanden sind und je beweglicher das Lösungsmittel ist. Bei niederer Temperatur und geringerer Beweglichkeit des Lösungsmittels wird deshalb der schädliche Einfluss des Salzes erst merklich, wenn grosse Massen desselben vorhanden sind, bei höherer Temperatur bemerkt man diesen Einfluss sehr bald und wenn die Concentration bedeutend ist, so erreicht der Einfluss eine gewaltige Höhe, wie am besten die Concentration 3 des Zinkchlorids zeigt. Die Mischungen von Flüssigkeiten stellen sich auch bei höherer Temperatur zwischen ihre Bestandtheile.

Ich habe in die vorstehende Tabelle auch Alaunlösung, die sehr undurchwärmige, aufgenommen, die ich zwischen 6 und 14° nicht untersuchen konnte, weil das Salz auskrystallisirte. Sie zeigt trotz ihrer Undurchwärmigkeit ebensovienig etwas Abweichendes, wie die undurchwärmigen Kupferlösungen.

Endlich sind noch einige alkoholische und ätherische

Lösungen untersucht worden. Sie gaben folgende Werthe für ϵ :

I

zwischen 6 und 14°

Schwefelkohlenstoff sp. G.:	1,272	515	511	Mittel: 513
Aether	0,724	466	464	465
Alcohol u. Schwefelkohlenst.	1,257	386	386	386
Alcohol	0,804	360	360	360
Kupferchlorid in Alcohol 1	0,828	344	344	344
Eisenchlorid in Aether	0,931	327	327	327
Kupferchlorid in Alcohol 2	0,892	325	328	326
Eisenchlorid in Alcohol	0,893	327	318	322

II

zwischen 36 und 28°

Schwefelkohlenstoff	738	738	Mittel: 738
Alcohol und Schwefelkohlenst.	652	658	655
Alcohol	574	566	570
Kupferchlorid in Alcohol 1	544	563	553
Eisenchlorid in Alcohol	535	528	531
Kupferchlorid in Alcohol 2	528	523	526

Auch hier treten die Salze nur als Belastungen auf und hindern die Beweglichkeit des Lösungsmittels. In dem einen Falle, in welchem verschiedene Concentrationen untersucht wurden, giebt auch die stärkere wieder den schlechteren Leiter und der Aether, der einer der besten Wärmeleiter unter den Flüssigkeiten ist, giebt mit Eisenchlorid eine Lösung, welche schlechter leitet, als Glycerin. Die Mischung von Alcohol und Schwefelkohlenstoff steht in Bezug auf ihr Leitungsvermögen bei niederer und bei höherer Temperatur wieder zwischen Alcohol und Schwefelkohlenstoff.

Es würde nicht unmöglich sein, meinem Apparat eine Gestalt zu geben, in welchem er sich auch zur absoluten Bestimmung des Wärmeleitungsvermögens der Flüssigkeiten eignete; mir schien es indess vor Allem wünschenswerth, einige allgemeinere Gesichtspunkte über diesen Gegenstand festzustellen und die Gründe für die Abweichungen aufzusuchen, welche zwischen den Angaben verschiedener Forscher vorhanden waren. Grösstentheils ist mir das wohl gelungen; weshalb die von Guthrie erhaltenen Resultate so ganz abweichend sind, weiss ich allerdings nicht zu sagen.

Als Hauptergebniss aber geht wohl aus meinen Versuchen hervor, dass die Erscheinungen der Wärmeleitung in Flüssigkeiten ebenso auf mechanischen Molecularvorgängen, auf Reibungserscheinungen, beruhen, wie nach den Untersuchungen von F. Kohlrausch ⁶⁾ die Erscheinungen der electrolytischen Leitung.

6) Wiedemann Ann. VI. p. 1. 1879.

Berichtigung.

Pag. 91 Zeile 7 v. o. lies: 30 statt 28.

