

Über den elektrischen Widerstand von Isolatoren bei höherer Temperatur

von

Dr. Hugo Koller.

Aus dem physikalischen Cabinet der k. k. Universität in Wien.

(Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.)

Vorliegende Untersuchung bildet eine Fortsetzung jener „Über den Durchgang von Elektrizität durch sehr schlechte Leiter“. ¹ Ihr Zweck ist die Bestimmung der Widerstandsänderungen einiger Isolatoren mit der Temperatur.

I.

Bei der Widerstandsmessung kam die in obiger Abhandlung beschriebene elektrometrische Methode in Anwendung. Die zu untersuchende Flüssigkeit wurde mit vollkommen installirten Elektroden auf dem Sandbade erwärmt und ihr Widerstand während des langsamen Auskühlens bestimmt. Die Temperatur wurde durch ein Thermometer von geringer Trägheit gemessen, das in möglichster Nähe der durchströmten Schichte angebracht war. Die metallischen Elektroden sicherten eine gleichmässige Temperatur der zwischen ihnen befindlichen dünnen Flüssigkeitsschichte.

Eine Unsicherheit haftet diesen Versuchen allerdings dadurch an, dass nach früher gemachten Erfahrungen der scheinbare Widerstand unvollkommener Diëlektrica mit der Durchströmungsdauer zunimmt. Da nun nur dann gut untereinander vergleich-

¹ Diese Ber., Bd. XCVIII. II a. S. 200.

bare Resultate erhalten werden konnten, wenn der Batteriestrom ununterbrochen den Condensator durchfloss, so sind die späteren Messungen nicht nur mit einer kälteren, sondern auch mit einer länger durchströmten Substanz vorgenommen. Um den Einfluss dieser Fehlerquelle zu verringern, wurden nur solche Proben verwendet, welche schon vor der Erwärmung lange durchströmt waren und dadurch annähernd das Maximum ihres Widerstandes erreicht hatten. Einen Beweis, dass dieser Zustand eingetreten war, liefert in vielen Fällen der Umstand, dass die Substanz nach der Erwärmung einen Widerstand zeigte, der nur unbedeutend von dem bei derselben Temperatur vor der Erwärmung beobachteten abweicht. In anderen Fällen schien aber die Erwärmung die Constitution der Flüssigkeit ein wenig zu ändern, so dass die vor und nach der Erwärmung erhaltenen Resultate nicht strenge untereinander vergleichbar sind. Endlich wurden zur Controle noch einige Versuchsreihen mit ganz frischer Substanz in der Weise angestellt, dass der Strom nur zu jeder Messung eine bestimmte gleich lange Zeit geschlossen blieb. Der Verlauf der nach beiden Methoden gewonnenen Temperaturcurve stimmte gut überein.

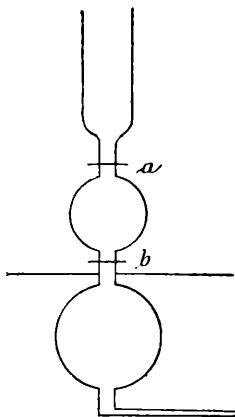
Der Widerstand aller untersuchten flüssigen unvollkommenen Diëlektrica nimmt mit der Temperatur sehr rasch ab — wir haben es demnach mit elektrolytischer Leitung zu thun — und zwar sind die Widerstandsänderungen bei jenen Substanzen am bedeutendsten, deren Zähigkeit ebenfalls mit der Temperatur stark abnimmt. Da nun diese zwei Grössen bei meinen Versuchen in weiteren Grenzen variirten, als bei irgend welchen bisher untersuchten Elektrolyten, so boten sie ein günstiges Object zur Entscheidung der Frage, inwieweit elektrolytische Leitungsfähigkeit und Fluidität proportionale oder nur parallele Erscheinungen sind.

Zur Bestimmung der Fluidität diente das Poiseuille'sche Verfahren der Ausflussgeschwindigkeit aus Capillaren. An ein Glasrohr wurden zwei Kugeln geblasen, das untere Ende desselben in eine Capillare ausgezogen und rechtwinkelig umgebogen (Fig. 1). Ober- und unterhalb der oberen Kugel waren Marken angebracht. Das Röhrchen wurde nun durch ein Stativ so in der Flüssigkeit fixirt, dass die für die Ausflussgeschwindigkeit massgebende Capillare parallel und in gleiche Höhe mit der zwischen

den Condensatorplatten befindlichen Flüssigkeitsschichte zu liegen kam. Es tauchte dann so tief in die Flüssigkeit, dass die untere Marke nur wenig ihr Niveau überragte.

Der Versuch wurde in der Weise angestellt, dass man durch einen Kautschukschlauch Flüssigkeit ansog, bis sie über die

Fig. 1.



obere Marke zu stehen kam und die Zeit bestimmte, welche das Flüssigkeitsniveau brauchte, um von der oberen bis zur unteren Marke zu sinken. Die untere Kugel war stets grösser als die obere, so dass nur die in ihr enthaltene Flüssigkeitsmenge ausfloss und die durch das Herausheben über das Niveau vielleicht abgekühlte Flüssigkeit die Capillare nicht mehr passirte.

Nach Poiseuille ist unter sonst ganz gleichbleibenden Bedingungen die Zähigkeit der Ausflusszeit direct proportional. Es genügt daher, da es mir nicht

auf absolute Werthe ankam, sondern nur auf das Verhältniss der Zähigkeit ein und derselben Substanz bei verschiedenen Temperaturen, die Bestimmung dieser einzigen Grösse. Die Dimensionen der Capillare kamen nicht in Betracht.

Die Versuche lehren, dass bei allen Substanzen die Leitungsfähigkeit viel rascher mit der Temperatur wächst, als die Fluidität. Die Curven, welche die Veränderungen dieser Eigenschaften mit der Temperatur darstellen, zeigen im Ganzen allerdings einen analogen Verlauf, fallen aber nie zusammen, so dass sich vollständig G. Wiedemann's¹ Ansicht bestätigt, dass wir hier einander verwandte, aber nicht proportionale Eigenschaften vor uns haben. Die Nichtübereinstimmung tritt am klarsten bei sehr leichtflüssigen Substanzen hervor, deren Fluidität sich mit der Temperatur nur wenig ändert.

II.

Die folgenden Tabellen enthalten die gewonnenen Resultate, welche auch in den beigeschlossenen Tafeln graphisch dargestellt

¹ G. Wiedemann, Lehrbuch, II, S. 946.

sind. In diesen entspricht die Abscisse der Temperatur, die Ordinate der einen Curve dem Widerstande, jene der zweiten der Zähigkeit der Flüssigkeit.

Zur Abkürzung sei:

d = Elektrodendistanz,

E = elektromotorische Kraft des durchfließenden Stromes,

Sp. W. = spezifischer Widerstand,

T = Ausflusszeit.

1. Rectificirtes Petroleum.

$$d = 1.53 \text{ mm} \quad E = 4 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
65°	62.10 ¹⁴ S. E.	64°	41°
50	212	57	43
47	252	49	45
41	356	41	48
32.6	516	31	52
24	752	24	55

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 179.10^{15} \text{ S. E.} \quad t = 17^\circ.$$

2. Terpentinöl.

$$d = 0.885 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp W.
94°	242.10 ¹³ S. E.
88	273
72	571
67	600
46	198.10 ¹⁴ S. E.
36	326
29	412
25	523
21	688

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 851.10^{14} \text{ S. E.} \quad t = 17^\circ.$$

Leider fehlen die Resultate über die Fluidität des Terpentin-öles, da im Verlaufe der Versuche das Capillarröhrchen brach.

3. Leinöl (warm gepresst).

$$d = 3 \cdot 015 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
117°	156.10 ¹¹ S.E.	117°	5°
100	305	94	5·5
84	434	81	6·5
64	753	62	8
55	1001	53	9·5
44	1476	44	12
26·4	3050	26·4	18

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 309 \cdot 10^{12} \text{ S. E.} \quad t = 24^\circ.$$

4. Leinöl (kalt gepresst).

$$d = 3 \cdot 015 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
135°	94.10 ¹² S.E.	132°	15°
117	201	113	18
96	431	86	24
79	738	75	29
65	1067	63	37
57	133.10 ¹³ S.E.	54	45
46	204	45	57
38	276	37	70
33	351	32	82
24·4	983	24·4	105

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 980 \cdot 10^{13} \text{ S. E.} \quad t = 24 \cdot 8^\circ.$$

5. Ricinusöl.

$$d = 1.53 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
132°	20.7.10 ¹² S.E.	131°	6 ³ 5
112	21.8	106	8
103	25.6	98	10
90	35.1	88	13
78	67.4	75	19
63	155	61	34
49	346	47	60
41	717	39	90
35	970	34	119
30	1650	29.5	148
25.4	328.10 ¹³ S.E.	25.2	202
20	718	20	280

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 321.10^{13} \text{ S. E.} \quad t = 24.6^\circ.$$

6. Mandelöl.

$$d = 3.015 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
128°	192.10 ¹³ S. E.	128°	11*
110	230	106	13
77	720	74	21
62	107.10 ¹⁴ S. E.	64	27
38	266	45	47
29	498	37	63
		28	90

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 443.10^{14} \text{ S. E.} \quad t = 24^\circ.$$

7. Olivenöl.

$$d = 1.53 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
124°	53.10 ¹⁴ S. E.	121°	6°
106	82	104	7.5
92	127	89	10
79	178	78	12
66	307	65	16
59	375	57.5	19
53	509	51	22
44	769	44	28
36	109.10 ¹⁵ S. E.	36	35
26	278	28	48
		26	53

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 127.10^{15} \text{ S. E.} \quad t = 24.4^\circ.$$

8. Benzol.

Benzol verhielt sich anders als die bisher untersuchten Substanzen. Sein scheinbarer Widerstand nimmt bei der Abkühlung bis zu einer gewissen Temperatur zu, dann aber wieder ab. Ich glaube nicht, dass diesem Verhalten eine principielle Bedeutung zukommt, vielmehr, dass es auf einer unbekanntem, während des Versuches auftretenden Störung beruht (vielleicht auf der in meiner erwähnten Abhandlung beschriebenen Deformation). Dessenungeachtet theile ich die gewonnenen Resultate mit, weil sie zeigen, in wie weiten Grenzen der specifische Widerstand variiren kann, ohne nennenswerthe Änderung der Fluidität.

$$d = 0.875 \text{ mm} \quad E = 4 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
75°	45.10 ¹⁴ S. E.	75°	13 ^s
66	61		
53	140	51	13
50.5	167		
48	196		
43	234	41	13.5
38	267		
31	252	29	14

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 141.10^{15} \text{ S. E.} \quad t = 24^\circ.$$

9. Toluol.

$$d = 3.015 \text{ mm} \quad E = 2 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
106°	164.10 ¹² S. E.	107°	10.5
95.5	208	94	11
84	274	81	11.5
64	379	70	12
45	595	44	13
38	720	32	14
31	880	26	14.5
26	1017		

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 189.10^{13} \quad t = 22^\circ.$$

10. Xylol.

$$d = 3 \cdot 015 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
96°	109.10 ¹² S. E.	91°	8.5
80	140	79	10
65	178	64	13
54	215	54	15
46	245	40	19
39	281	33	21
33	323	26	23
26	379	23	24
24	401		
22	468		

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 821 \cdot 10^{13} \text{ S. E.} \quad t = 20^\circ.$$

Hier hat sich also der Widerstand durch die Erwärmung sehr stark verringert.

11. Vaselineöl.

$$d = 1 \cdot 53 \text{ mm} \quad E = 4 \text{ D.}$$

t	Sp. W.	t	T
115°	42.8.10 ¹⁴ S. E.	116°	8.
103	84.4	105	9
85	315	84	12
71	693	70	16
62	1580	60	19
51	284.10 ¹⁵ S. E.	50	25
41.4	500	40	32
33	1040	33	41
26	1700	26	55

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 210 \cdot 10^{16} \text{ S. E.} \quad t = 24^\circ \quad E = 8 \text{ D.}$$

12. Leichtschmelzbares Sodaglas.

$$d = 0.86 \text{ mm} \quad E = 1 \text{ D.}$$

t	Sp. W.
55°	254.10 ¹⁴ S. E.
51	426
44	790
36	1980
29	364.10 ¹⁵ S. E.
27	471
24	736

Vor der Erwärmung:

$$\text{Sp. W.} = 75.10^{16} \text{ S. E.} \quad t = 23^\circ.$$

III.

In der Eingangs erwähnten Abhandlung habe ich gezeigt, dass die scheinbare Leitung in unvollkommenen Diëlektrics nicht das Ohm'sche Gesetz befolgt, dass ferner die beobachteten Unregelmässigkeiten enge mit der Rückstandsbildung verknüpft sind. Wenn nun auch über die Art dieses Zusammenhanges noch sehr wenig bekannt ist, so wird man doch sicher annehmen können, dass der Vorgang in einem unvollkommenen Diëlektricum sich umso mehr wahrer Leitung nähert, je geringer die Abweichungen vom Ohm'schen Gesetze sind.

Die scheinbare Leitungsfähigkeit unvollkommener Diëlectrica wächst rasch mit der Temperaturerhöhung. Es lag daher nahe, zu untersuchen, ob mit dieser Zunahme der Leitungsfähigkeit nicht auch eine allmälige Zustandsänderung des Diëlectricums einhergeht, so dass dieses einem Leiter ähnlicher wird, d. h. ob nicht bei höheren Temperaturen die Abweichungen vom Ohm'schen Gesetze kleiner sind als bei niederen.

Diese Abweichungen sind, wie erwähnt, mehrfacher Art, bei höherer Temperatur lassen sich aber nur jene leicht bestimmen, welche mit der Variation der elektromotorischen Kraft auftreten. Zu dem Zwecke wurde der Flüssigkeitscondensator in einem

Wärmekasten durch längere Zeit auf der gewünschten Temperatur erhalten und während derselben die Messungen vorgenommen. Die Temperaturschwankungen im Verlaufe einer Messungsreihe erreichten keinen Viertelgrad.

Die folgenden Tabellen zeigen die gewonnenen Resultate, und zwar sind die zum Vergleiche daneben gestellten Messungen bei 24° unmittelbar vor der Erwärmung vorgenommen. Man sieht sehr deutlich, dass bei höherer Temperatur eine Annäherung an das Ohm'sche Gesetz eintritt.¹

1. Petroleumäther.

$d = 1.135 \text{ mm}$ 1 Dan. = 312 Theilstriche.

<i>E</i>	$t = 24^\circ$		$t = 60^\circ$	
	<i>i</i>	<i>i/E</i>	<i>i</i>	<i>i/E</i>
1	12	12	12	12
2	15	7.5	23	11.5
4	19	4.8	43	10.8
8	26	3.25	63	7.9

Es wird auffallen, dass die scheinbare Leitungsfähigkeit des Petroleumäthers für einen Strom von der elektromotorischen Kraft eines Daniell trotz der Erwärmung nicht zunimmt; sie ist bei 24° und bei 60° genau derselben Zahl 12 proportional. Dies rührt daher, dass durch die langsame und lange dauernde Erwärmung sich die Substanz veränderte, indem die flüchtigsten Bestandtheile des Petroleumäthers verdampften und ein schlechter leitendes Product zurückliessen. In Folge dessen zeigte auch die Probe, nachdem sie zur Zimmertemperatur zurückgekehrt war, viel schlechtere Leitungsfähigkeit, als vor der Erwärmung, aber auch dann waren die Abweichungen vom Ohm'schen Gesetze grösser als bei 60° , wie aus den folgenden, nach der Auskühlung angeordneten Messungen erhellt:

¹ Die Bezeichnung ist dieselbe wie in der citirten Abhandlung: *E* bedeutet die elektromotorische Kraft des verwendeten Stromes, *i* die Stromstärke in einem freien Masse; *i/E* ist der scheinbaren Leitungsfähigkeit proportional.

$d = 1.135 \text{ mm}$ 1 Dan. = 312 Theilstriche $t = 27^\circ$.

Der Vergleichswiderstand ist 82mal grösser als in der vorigen Tabelle.

E		i/E
1	39	39
2	51	25.5
4	65	16.2
8	105	13.1

Ganz analoge Resultate gab Terpentinöl:

2. Terpentinöl.

$d = 0.145 \text{ mm}$ 1 Dan. = 312 Theilstriche.

E	$t = 24$ $W = 1022.10^5 \text{ S. E.}$		$t = 88^\circ$ $W = 276.10^5 \text{ S. E.}$	
		i/E		i/E
1	11.6	11.6	55	55
2	19	9.5	106	53
4	29	7.25	198	49.5
8	41	5.1	364	45.5

Nach der Abkühlung war der scheinbare Widerstand des Terpentinöls wieder auf seinen ursprünglichen Werth zurückgegangen und zeigte genau die vor der Erwärmung beobachteten Abweichungen von Ohm's Gesetze.

Die Stellung eines unvollkommenen Diëlektricum zwischen idealem Diëlektricum und Leiter ist nicht durch die Stärke der Rückstandsbildung, sondern durch die Art derselben charakterisirt. Es folgt dies schon daraus, dass bei den extremen Vorgängen — reiner diëlektrischer Verschiebung und wahrer Leitung — Rückstandsbildung in gleicher Weise ausgeschlossen ist,

während sie in allen Übergangsstufen auftritt. Je rascher sie verläuft, desto ähnlicher ist die Substanz einem Diëlektricum, je langsamer, desto näher steht sie einem Leiter. Wir haben nun im vorigen Abschnitte an einer Erscheinung kennen gelernt, dass unvollkommene Diëlektrica durch Erwärmung in leiterähnlichere Zustände übergeführt werden, es handelt sich nun darum, diese Umwandlung auch an der Art der Rückstandsbildung nachzuweisen. Verläuft diese bei niederer Temperatur sehr rasch, so muss sie bei höheren langsamer vor sich gehen, d. h. die allmählich sich entwickelnden Rückstände, welche fester an dem Diëlektricum haften, müssen vermehrt sein.

Ich selbst unternahm keine Rückstandsbestimmungen bei höherer Temperatur, doch ist dieser Vorgang in ausgezeichneter Weise von Hopkinson verfolgt worden:¹

Schweres Flintglas ist bei Zimmertemperatur vielleicht der vollkommenste feste Isolator, sein Rückstand ist ungemein rasch entwickelt und wird ebenso leicht selbst durch eine kurze Entladung entfernt. Die dann noch zu Tage tretenden Rückstände sind verschwindend klein. Diese Verhältnisse ändern sich aber bedeutend mit der Temperaturerhöhung. Die nach einmaliger Entladung noch zu Tage tretenden Rückstände — das sind eben die fester an dem Diëlektricum haftenden — nehmen fortwährend zu, so dass bei 172° Flintglas mit den am stärksten Rückstand bildenden Gläsern in gleiche Reihe gestellt werden kann. Wir können hier genau die durch Rückstandsbildung vermittelte Entstehung der Leitung verfolgen, welche durch weitere Erwärmung herbeigeführt werden müsste.

Bei wahrer Leitung findet nun ebenso wenig Rückstandsansammlung statt, als bei reiner diëlektrischer Verschiebung, wenn man unter Rückstand jenen labilen, aber doch einige Zeit bestehenden Zustand versteht, aus welchem ein Übergang sowohl in diëlektrische Verschiebung als auch in Wärme möglich ist. Bei wahrer Leitung wird eben die primäre diëlektrische Verschiebung in unendlich kurzer Zeit in Wärme umgewandelt, ohne dass die Übergangsstadien nachweisbar wären. Nähert sich dess-

¹ Hopkinson, Phil. Trans. of the Royal Society of London vol. 167, 1877.

halb ein unvollkommenes Diëlektricum einem Leiter, so müssen allmählig die nachweisbaren Rückstandsmengen abnehmen; und dies ist wirklich der Fall: Bei einem von Hopkinson untersuchten Sodacalciumglase nahm die nachweisbare Rückstandsmenge bis zu einer zwischen $7\frac{1}{2}$ und $20\frac{1}{2}$ ° liegenden Temperatur zu, bei weiterer Erwärmung aber wieder ab, obwohl die scheinbare Leitungsfähigkeit des Glases continuirlich wächst. Diese Beobachtung beweist, dass ein Maximum der nachweisbaren Rückstandsmenge derselben Substanz bei verschiedenen Temperaturen besteht.¹

Fassen wir die Resultate, welche bei Beobachtung der Umwandlung eines unvollkommenen Diëlektricum in einen Leiter durch Temperaturerhöhung gewonnen wurden, zusammen, so finden wir:

1. Die wahre Leitungsfähigkeit des unvollkommenen Diëlektricum wächst constant.

2. Der Verlauf der Rückstandsbildung, welcher bei niedriger Temperatur sehr kurz ist, erstreckt sich bei höherer Temperatur auf ein immer grösseres Zeitintervall. Die Zunahme der Rückstandsbildung tritt besonders deutlich in den späteren Perioden der Durchströmung hervor.

3. Die nachweisbare Rückstandsmenge, d. i. jene, welche weder an einer kurz dauernden Entladung Theil nimmt, noch auch schon der Wärme so ähnlich ist, dass sie nicht mehr in diëlektrische Verschiebung umsetzen kann, nimmt mit der Erwärmung zu von annähernd Null bis zu einem Maximum. Sie nimmt weiterhin ab, und ihr gänzlich Verschwinden entspricht dem Eintritte vollkommener Leitung.

Was den Zusammenhang der Fluidität und Leitungsfähigkeit derselben Substanz bei verschiedenen Temperaturen betrifft, so ergibt sich, dass diese beiden Eigenschaften zwar parallelen, aber

¹ Hopkinson's Messungen beziehen sich auf das Potential des wieder zu Tage getretenen Rückstandes, sie liefern daher kein directes Mass der Rückstandsmenge, sind aber unter einander recht gut vergleichbar. Am Übersichtlichsten sind die Resultate bei dem stark Rückstand bildenden Glase Nr. 2, die ich desshalb hier anschliesse. In der ersten Colonne stehen die Temperaturen, in der zweiten die Ladungsdauer, in der dritten die nach kurz dauernden Entladungen successive wieder zu Tage tretenden

nie proportionalen Verlauf zeigen. Immer wächst die Leitungsfähigkeit viel rascher als die Fluidität. Allerdings zeigt die Leitungsfähigkeit jener Substanzen die stärkste Zunahme, deren Fluidität ebenfalls durch die Temperaturerhöhung die bedeutendsten Veränderungen erleidet.

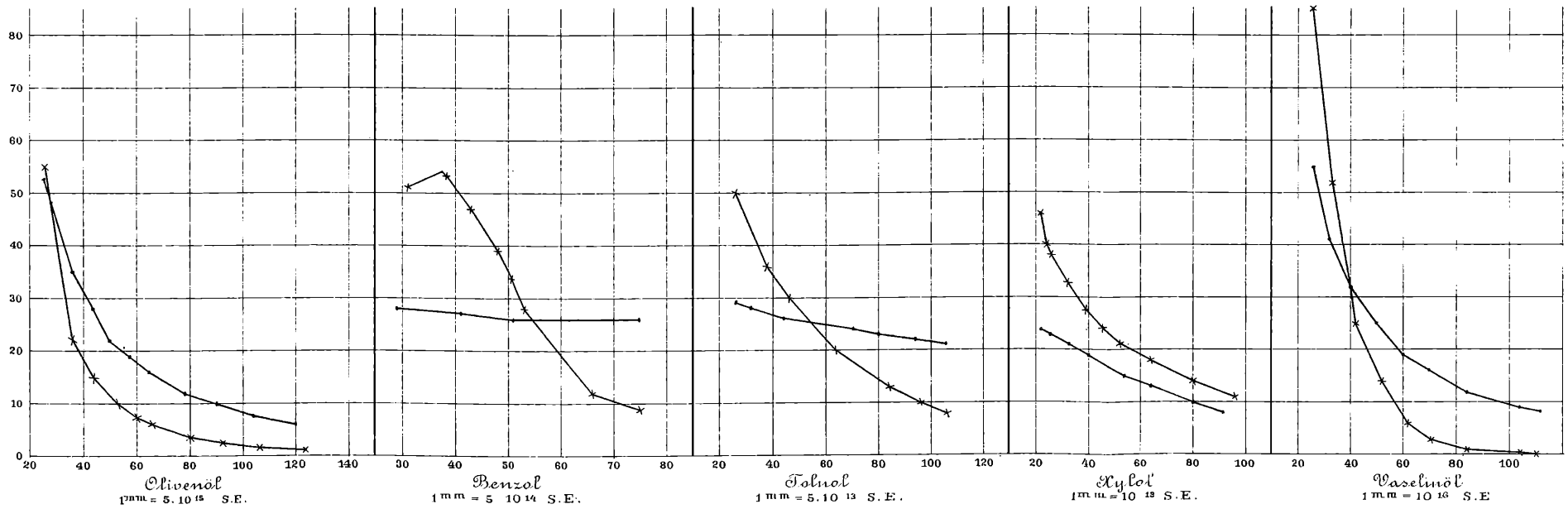
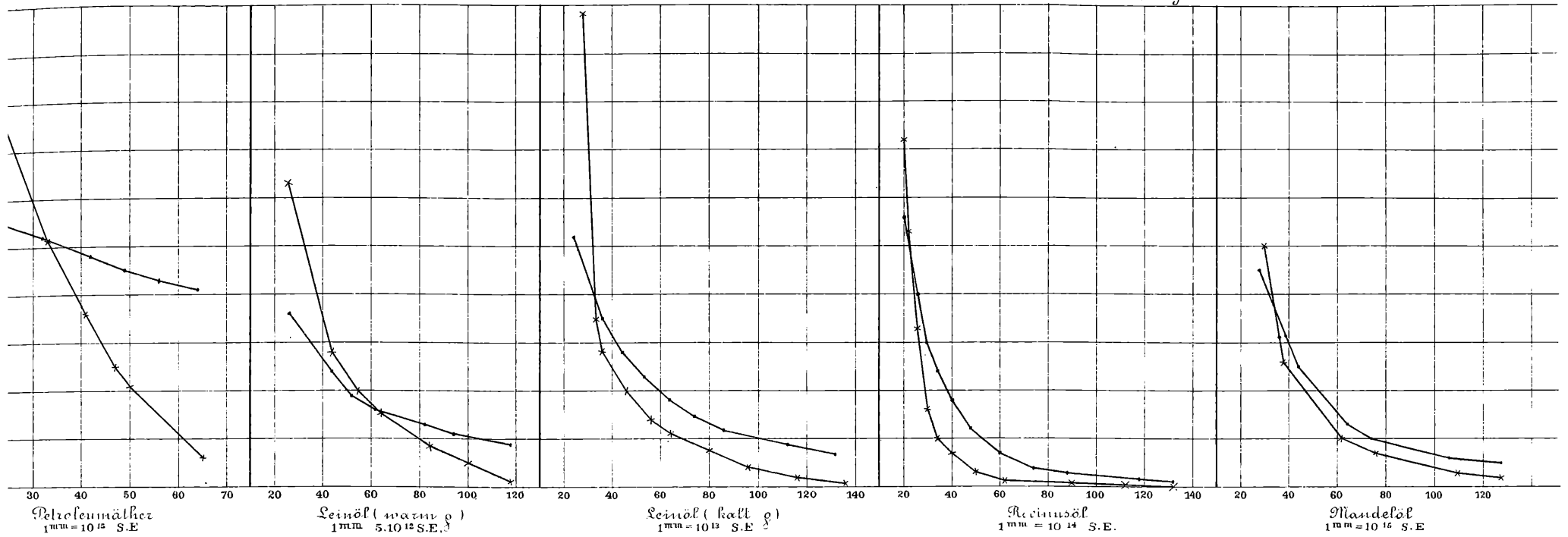
Rückstände, in der vierten die Zeiten, während welcher man den Rückstand zu Tage treten liess.

41°	20 ^s	50 in 4 ^s 28 „ 18 „
35	34	115 in 10 ^s 67 46 29
28	33	140 in 10 ^s 77 53 34
20 ^{1/2}	30	150 in 10 ^s 81 55 33
7 ^{1/4}	29	250 in 20 ^s 160 110 66
-1 ^{1/4}	33	180 in 20 ^s 115 83 56
-3	30	176 in 20 ^s 80 53

Man sieht deutlich, dass sich zwischen 7^{1/4} und 20^{1/2}° ein Maximum der nachweisbaren Rückstandsbildung befindet.

* bezeichnet die Curve des Widerstandes

• bezeichnet die Curve der Fähigkeit.



Lith. Anstalt v. J. Neud. Wien, F. Braun.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [98_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Koller Hugo

Artikel/Article: [Über den elektrischen Widerstand von Isolatoren bei höherer Temperatur 894-908](#)