

II. *Ueber den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitungsfähigkeit der Legirungen;* *von A. Matthiessen und C. Vogt.*

(Gelesen vor der *Royal Society* zu London.)

Nachdem sich ergeben hatte, dass der Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitungsfähigkeit der reinen Metalle ¹⁾, sobald dieselben ihren Aggregatzustand nicht wechseln, ein sehr bedeutender ist, und da nur sehr vereinzelte Thatsachen bis jetzt über denselben Einfluss auf die Legirungen bekannt waren, so unternahmen wir die folgende Untersuchung, um wo möglich das Gesetz aufzufinden, nach welchem diese Einwirkung stattfindet.

Wir haben es mit Rücksicht auf die Uebersichtlichkeit für zweckmässig gefunden, diesen Gegenstand in vier Theile zu zerlegen, welche in folgender Reihe abgehandelt werden sollen:

- 1) *Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitfähigkeit von Legirungen, welche aus zwei Metallen zusammengesetzt sind;*
- 2) *Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitfähigkeit von Legirungen, welche aus drei Metallen bestehen;*
- 3) *Ueber eine Methode, nach welcher die Leitungsfähigkeit eines reinen Metalles aus der des unreinen abgeleitet werden kann;*
- 4) *Verschiedene und allgemeine Bemerkungen.*

Wir können hier voranschicken, dass die wenigen Versuche über unser Thema, welche bereits veröffentlicht sind, uns schon beim Beginne unserer Untersuchung eine Idee von dem Gesetze gaben, nach welchem die fragliche Einwirkung bestimmt wird, und als wir nach einer geringen Anzahl von Experimenten unsere Annahme bestätigt sahen, so war es uns möglich, die anfangs beabsichtigte Anzahl

1) Matthiessen und v. Bose, Pogg. Ann. Bd. CXV, S. 353

von Versuchen bedeutend zu verringern. Anstatt z. B. durch eine ausführliche Reihe von Legirungen zu gehen, welche je zwei der Metalle Blei, Zinn, Cadmium und Zink unter einander bilden, wie Pb_6Sn , Pb_4Sn , Pb_2Sn , PbSn , PbSn_2 , PbSn_4 , PbSn_6 (und in analoger Weise die Zinn-Cadmium, Zinn-Zink, Cadmium-Zink-Legirungen) beschränkten wir uns auf die folgenden Legirungen: Sn_6Pb , Sn_4Cd , Sn_2Zn , PbSn , ZnCd_2 , SnCd_4 , CdPb_6 , indem wir auf diese Weise eine gemischte und doch vollständige Reihe aufbauten. Andere Gruppen der Legirungen wurden in ähnlicher Weise behandelt. Die Gründe, die aus verschiedenen Metallen bestehenden Legirungen in mehrere Classen zu ordnen, sind an einem anderen Orte ¹⁾ schon dargelegt worden, und die dort gegebene Eintheilung hat sich durch die in dem Folgenden gewonnenen Resultate als durchaus genügend und berechtigt erwiesen. In gleicher Weise haben wir es für ausreichend gehalten, nur an *einem* Drahte derselben Legirung Versuche anzustellen, da nicht nur in den meisten Fällen die gefundenen Zahlen sich mit den berechneten in Uebereinstimmung befanden, sondern auch mehrere in Tabelle I aufgeführte Bestimmungen ergaben, daß für zwei verschiedene Drähte derselben Legirung dieselbe procentische Abnahme in der Leitungsfähigkeit zwischen 0° und 100°C . beobachtet wurde.

1) Pogg. Ann. Bd. CX, S. 190.

Tabelle I.

Legirung	Volum- Procente	Beobachtete procentische Abnahme zwischen 0° u. 100° C.	
Gold-Kupfer, hartgezogen	98,63 Au	21,87	} Zu den einzelnen Bestim- mungsreihen dienten Drähte, welche aus ver- schiedenen Proben der Legirung dargestellt waren
do. do.	98,38 „	21,75	
Gold-Silber ¹⁾ , hartgezogen	52,08 „	6,50	
do. do.	52,08 „	6,48	} Zwei Bestimmungen, mit ein- und demselben Drahte ausgeführt.
do. weich	52,08 „	6,72	
do. do.	52,08 „	6,70	
do. do.	52,08 „	6,71	} do
do. do.	79,86 „	10,15	
do. do.	79,86 „	10,21	
Zinn-Cadmium	23,50 Sn	28,89	} Die Bestimmungen wur- den mit Drähten gemacht, welche von derselben Probe der Legirung dargestellt waren.
do.	23,50 „	29,08	

Die Methode, welche für die Bestimmung der Leitungsfähigkeiten bei verschiedenen Temperaturen in Anwendung kam, war dieselbe, welche bei Untersuchung der reinen Metalle befolgt und beschrieben ist ²⁾. In vielen Fällen haben wir uns hier indessen auf Beobachtungen bei drei verschiedenen Temperaturen beschränkt, da wir fanden, daß fast dieselbe Formel auf diese Weise abgeleitet werden konnte, als aus sieben Beobachtungen, und zwar besonders, wenn die Temperatur der zweiten Beobachtung das Mittel der beiden andern war. Da mehrere Ablesungen bei jedem Intervalle angestellt wurden, so war es leicht, die gewünschte Temperatur als Mittel der einzelnen Bestimmungen zu erhalten. In wie weit die Formeln für die Correction der

1) Pogg. Ann. Bd. CXII, S. 353 ff.

2) Pogg. Ann. Bd. CXV, S. 353 ff.

Leitungsfähigkeit (λ) für die Temperatur (t) übereinstimmen, je nachdem sie aus drei oder sieben Beobachtungen hergeleitet sind, kann aus folgenden Beispielen ersehen werden:

CdPb₆ Legirung aus sieben Beobachtungen:

$$\lambda = 9,287 - 0,032501t + 0,00006743t^2$$

dto. aus drei Beobachtungen:

$$\lambda = 9,286 - 0,032450t + 0,00006683t^2$$

Su₂Zn Legirung aus sieben Beobachtungen:

$$\lambda = 16,876 - 0,065544t + 0,0001471t^2$$

dto. aus drei Beobachtungen:

$$\lambda = 16,899 - 0,065790t + 0,0001454t^2$$

Wir haben hier wie in früheren Abhandlungen die Leitungsfähigkeit eines hartgezogenen Silberdrahts bei 0° C. = 100 als Einheit angenommen. Die Normalwiderstände waren von Neusilber dargestellt und mit einem hartgezogenen Draht der Gold-Silberlegirung¹⁾ verglichen, deren Leitungsfähigkeit 15,03 bei 0° C. ist.

Die in Tab. II aufgeführten Leitungsfähigkeiten, specif. Gewichte und Atongewichte der Metalle sind diejenigen, welche bei Berechnung der Resultate in dieser Untersuchung benutzt wurden.

Tabelle II.

Metalle	Leitungsfähigkeit bei 0° C.	Specifisches Gewicht.	Atomgewicht.
Silber, hartgezogen	100,00	10,468	108,0
do. weich	108,57	—	—
Kupfer, hartgezogen	99,95	8,950	31,7
Gold, hartgezogen	77,96	19,265	197,0
do. weich	79,33	—	—
Zink	29,02	7,148	32,6
Cadmium	23,72	7,655	56,0
Palladium, hartgezogen	18,45	11,500	—
Platin do.	17,99	21,400	—
Eisen do.	16,81	7,790	—
Nickel	13,11	8,500	—
Zinn	12,36	7,294	58,0
Thallium	9,16	11,900	—
Blei	8,32	11,376	103,7
Wismuth	1,245	9,822	208,0

1) Pogg. Ann. Bd. CVII, S 353.

I. Ueber den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitungsfähigkeit von Legirungen, welche aus zwei Metallen zusammengesetzt sind.

Tab. III, IV, V und VI enthalten die Resultate, welche mit den Legirungen der verschiedenen Gruppen erhalten worden sind. In Tab. III sind die Legirungen derjenigen Metalle zusammengestellt, welche unter einander legirt die Elektricität in dem Verhältnisse ihrer relativen Volumina leiten, in Tab. V einige Legirungen, deren Leitungsfähigkeit stets niedriger ist, als die aus den relativen Volumina der componirenden Metalle sich berechnende, in Tab. IV sind Legirungen aufgeführt, welche aus den zu Tab. III und V gehörigen Metallen zusammengesetzt sind, und in Tab. VI finden sich endlich einige Legirungen, denen wir in den vorangehenden Tabellen noch keinen Platz anweisen konnten.

Wir bezeichnen in den Tabellen mit *VP* Volumprocente, *h* hartgezogen, *w* weich, *L* Länge, *D* Durchmesser, *uλ* ursprüngliche Leitungsfähigkeit des Drahtes vor dem Erhitzen, *λ1* Leitungsfähigkeit des Drahtes nach 1tägigem Erhitzen auf 100° C., *λ2* Leitungsfähigkeit des Drahtes nach 2tägigem Erhitzen usw., *T* Temperatur, *λg* gefundene (beobachtete) Leitungsfähigkeit, *λb* berechnete Leitungsfähigkeit, *d* Differenz, *r_{0°}* reducirt auf 0° C.

Tabelle III.

I.

Cd, Pb, enthaltend 16,04 VP Blei.

L = 435^{mm},5; *D* = 0,793.

<i>r_{0°}</i> ¹⁾			
<i>uλ</i> : 11,782 bei 13°,7	—	12,423	
<i>λ1</i> : 12,052 „ 9,3	—	12,494	
<i>λ2</i> : 12,088 „ 9,1	—	12,522	
<i>T</i>	<i>λg</i>	<i>λb</i>	<i>d</i>
10,03	12,043	12,033	+ 0,010
24,56	11,371	11,381	— 0,010
39,27	10,760	10,768	— 0,008
55,00	10,168	10,165	+ 0,003
67,73	9,720	9,716	+ 0,004
84,93	9,175	9,165	+ 0,010
98,87	8,757	8,766	— 0,009
<i>λ</i> = 12,510 — 0,048619 <i>t</i> + 0,0001087 <i>t</i> ² .			

1) Diese und alle ähnlichen Werthe wurden auf 0° reducirt, wie es Pogg. Ann. Bd. 115, S. 366 angegeben ist.

2.

Sn_4Cd , enthaltend 83,10 VP Zinn.

$$L = 285^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},417.$$

$$\begin{aligned} u\lambda: & 14,258 \text{ bei } 6^{\circ},8 - 14,658 \\ \lambda 1: & 14,207 \text{ » } 6^{\circ},2 - 14,569 \\ \lambda 2: & 14,072 \text{ » } 7^{\circ},7 - 14,517 \end{aligned}$$

T	λg	λb	d
$8^{\circ},72$	13,916	13,915	+ 0,001
$25^{\circ},52$	13,089	13,092	- 0,003
$39^{\circ},50$	12,419	12,423	- 0,004
$54^{\circ},96$	11,770	11,761	+ 0,009
$69^{\circ},40$	11,218	11,217	+ 0,001
$84^{\circ},02$	10,733	10,740	- 0,007
$98^{\circ},85$	10,333	10,330	+ 0,003

$$\lambda = 14,487 - 0,059047t + 0,0001720t^2.$$

3.

Sn_2Zn , enthaltend 77,71 VP Zinn.

$$L = 278^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},555.$$

$$\begin{aligned} u\lambda: & 16,289 \text{ bei } 10^{\circ},9 - 16,991 \\ \lambda 1: & 15,862 \text{ » } 15^{\circ},1 - 16,815 \\ \lambda 2: & 16,201 \text{ » } 10^{\circ},9 - 16,899 \end{aligned}$$

T	λg	λb	d
$11^{\circ},08$	16,188	16,168	+ 0,020
$24^{\circ},42$	15,339	15,363	- 0,024
$39^{\circ},27$	14,516	14,529	- 0,013
$54^{\circ},23$	13,759	13,754	+ 0,005
$69^{\circ},40$	13,055	13,037	+ 0,018
$84^{\circ},11$	12,414	12,404	+ 0,010
$96^{\circ},65$	11,899	11,915	- 0,016

$$\lambda = 16,876 - 0,065544t + 0,0001471t^2.$$

4.

PbSn , enthaltend 53,41 VP Blei.

$$L = 359^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},844^1).$$

T	λg	λb	d
$9^{\circ},12$	10,073	10,071	+ 0,002
$24^{\circ},45$	9,510	9,511	- 0,001
$39^{\circ},73$	8,992	8,995	- 0,003
$55^{\circ},26$	8,509	8,512	- 0,003
$69^{\circ},61$	8,108	8,103	+ 0,005
$84^{\circ},36$	7,724	7,721	+ 0,003
$98^{\circ},73$	7,382	7,385	- 0,003

$$\lambda = 10,423 - 0,039433t + 0,00008770t^2.$$

- 1) Durch unglückliche Zufälle, wie Lofsreifen des Drahtes im Troge, Wiederanlöthen desselben etc. sind die Bestimmungen, welche sich auf die ursprüngliche Leitungsfähigkeit wie auf deren Aenderung durch mehrstäufiges Erhitzen beziehen, hier wie in allen andern Fällen, wo sie fehlen, verloren gegangen.

5.

ZnCd_2 , enthaltend 26,06 VP. Zink.

$$L = 577^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},629.$$

$\mu\lambda$:	24,774	bei	11°,1	—	25,834
$\lambda 1$:	25,101	"	10°,1	—	26,077
$\lambda 2$:	24,916	"	10°,5	—	25,924

T	λg	λb	d
11,60	24,817	24,796	+ 0,021
24,28	23,600	23,647	— 0,047
39,86	22,322	22,324	— 0,002
54,00	21,232	21,215	+ 0,017
68,90	20,164	20,133	+ 0,031
83,41	19,167	19,168	— 0,001
98,23	18,255	18,272	— 0,017

$$\lambda = 25,906 - 0,098065t + 0,0002072t^2.$$

6.

SnCd_4 , enthaltend 23,50 VP Zinn.

$$L = 512^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},670$$

T	λg	λb	d
12,57	21,096	21,086	+ 0,010
25,55	20,068	20,084	— 0,016
40,20	19,033	19,037	— 0,004
54,30	18,127	18,113	+ 0,014
69,33	18,219	17,220	— 0,001
80,96	16,589	16,594	— 0,005
91,30	16,086	16,084	+ 0,002

$$\lambda = 22,123 - 0,085159t + 0,0002082t^2.$$

7.

CdPh_2 , enthaltend 10,57 VP Cadmium.

$$L = 224^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},644.$$

$\mu\lambda$:	9,068	bei	6°,1	—	9,264
$\lambda 1$:	9,490	"	2°,5	—	9,574
$\lambda 2$:	9,039	"	7°,7	—	9,285
$\lambda 3$:	8,964	"	10°,1	—	9,285

T	λg	λb	d
11,50	8,922	8,922	0,000
25,03	8,516	8,516	0,000
40,35	8,083	8,085	— 0,002
54,75	7,710	7,710	0,000
70,00	7,342	7,342	0,000
85,55	7,001	7,000	+ 0,001
98,57	6,737	6,738	— 0,001

$$\lambda = 9,287 - 0,032501t + 0,00006743t^2$$

Tabelle IV.

1.

 Pb_{20}Ag , enthaltend 94,64 VP Blei. $L = 372^{\text{mm}}$; $D = 0^{\text{mm}},704$.

			r_{00}
$u\lambda$:	8,508	bei $13^{\circ},7$	— 8,938
$\lambda 1$:	8,578	" $15^{\circ},2$	— 9,060
$\lambda 2$:	8,640	" $14^{\circ},3$	— 9,096
$\lambda 3$:	8,731	" $15^{\circ},7$	— 9,238
$\lambda 4$:	8,760	" $14^{\circ},7$	— 9,236

T	λg	λb	d
8,47	8,900	8,901	— 0,001
24,93	8,459	8,455	+ 0,004
39,70	8,026	8,031	— 0,005
55,03	7,625	7,625	0,000
70,26	7,256	7,256	0,000
85,16	6,933	6,927	+ 0,006
98,47	6,658	6,662	— 0,004

$$\lambda = 9,244 - 0,033467t + 0,00007360t^2.$$

2.

 PbAg , enthaltend 46,90 VP Blei. $L = 267^{\text{mm}}$; $D = 0^{\text{mm}},584$.

			r_{00}
$u\lambda$:	13,009	bei $14^{\circ},9$	— 13,391
$\lambda 1$:	13,072	" $15^{\circ},9$	— 13,482
$\lambda 2$:	13,087	" $15^{\circ},1$	— 13,477

T	λg	λb	d
14,10	13,099	13,100	— 0,001
24,70	12,841	12,837	+ 0,004
39,88	12,478	12,477	+ 0,001
54,61	12,141	12,146	— 0,005
70,05	11,818	11,818	0,000
83,88	11,546	11,542	+ 0,004
99,37	11,250	11,251	— 0,001

$$\lambda = 13,464 - 0,026424t + 0,00004174t^2.$$

3.

 PbAg_2 , enthaltend 30,64 VP Blei. $L = 373^{\text{mm}}$; $D = 0^{\text{mm}},634$.

			r_{00}
$\lambda 2$:	21,186	bei $16^{\circ},1$	— 21,874
$\lambda 3$:	21,160	" $16^{\circ},5$	— 21,863

T	λg	λb	d
15,82	21,191	21,190	+ 0,001
24,96	20,811	20,813	— 0,002
39,48	20,236	20,232	+ 0,004
54,17	19,669	19,669	0,000
69,78	19,089	19,098	— 0,009
84,27	18,602	18,593	+ 0,009
100,00	18,069	18,071	— 0,002

$$\lambda = 21,866 - 0,043636t + 0,00005686t^2.$$

4.

Sn₁₂Au, enthaltend 90,32 VP Zinn.

$u\lambda$:	7,9495	bei	11°,8	—	^{ro°} 8,2418
$\lambda 1$:	7,9479	»	13°,0	—	8,2712
T					λ
	14,0				7,9224
	57,0				6,9935
	100,0				6,2676

$$\lambda = 8,2687 - 0,025501t + 0,00005490t^2.$$

5.

Sn, Au, enthaltend 79,54 VP Zinn.

$$L = 222^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},599.$$

$u\lambda$:	4,8386	bei	14°,3	—	^{ro°} 5,0427
$\lambda 1$:	4,8432	»	14°,6	—	5,0518
$\lambda 2$:	4,8741	»	13°,0	—	5,0608.

T	λ
14,0	4,8593
57,0	4,3212
100,0	3,9009

$$\lambda = 5,0599 - 0,014776t + 0,00003186t^2$$

6.

Zinn-Kupfer Legirung, enthaltend 93,57 VP Zinn.

$$L = 274^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},667.$$

$u\lambda$:	11,264	bei	18°,1	—	^{ro°} 12,034
$\lambda 1$:	11,498	»	16°,9	—	12,231
$\lambda 2$:	11,445	»	18°,3	—	12,237
$\lambda 3$:	11,549	»	16°,3	—	12,259
$\lambda 4$:	11,571	»	16°,3	—	12,282
$\lambda 5$:	11,558	»	17°,1	—	12,304

T	λg	λb	d
15,58	11,622	11,618	+ 0,004
24,70	11,242	11,242	0,000
38,91	10,679	11,688	— 0,009
54,96	10,209	10,211	— 0,002
70,29	9,615	9,609	+ 0,006
85,68	9,160	9,152	+ 0,008
99,40	8,777	8,784	— 0,007

$$\lambda = 12,299 - 0,045304t + 0,00009997t^2.$$

7.

Zinn-Kupfer Legierung, enthaltend 83,60 VP Zinn.

$$L = 231^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}}, 581.$$

$n\lambda$:	12,119	bei	$15^{\circ}, 7$	—	$12,764$
$\lambda 1$:	12,264	»	$15, 3$	—	$12,900$
$\lambda 2$:	12,389	»	$15, 3$	—	$13,031$
$\lambda 3$:	12,420	»	$14, 7$	—	$13,038$
$\lambda 4$:	12,384	»	$15, 7$	—	$13,043$

T	λ_g	λ_b	d
8,27	12,688	12,689	— 0,001
25,28	12,009	12,002	+ 0,007
39,43	11,460	11,470	— 0,010
54,31	10,943	10,949	— 0,006
70,13	10,444	10,437	+ 0,007
84,18	10,032	10,022	+ 0,010
99,28	9,607	9,614	— 0,007

$$\lambda = 13,042 - 0,043382t + 0,00008924t^2.$$

8.

Zinn-Kupfer Legierung, enthaltend 14,91 VP Zinn; λ .

$$L = 141^{\text{mm}}; \quad D = 1^{\text{mm}}, 501.$$

$n\lambda$:	8,7481	bei	$15^{\circ}, 5$	—	$8,8221$
$\lambda 1$:	8,8372	»	$16, 5$	—	$8,9170$
$\lambda 2$:	8,8451	»	$17, 3$	—	$8,9288$
$\lambda 3$:	8,8441	»	$17, 0$	—	$8,9264$

T	λ_g	λ_b	d
16,58	8,8565	8,8560	+ 0,0005
34,85	8,7687	8,7692	— 0,0005
56,33	8,6684	8,6693	— 0,0009
77,40	8,5753	8,5737	+ 0,0016
99,48	8,4754	8,4760	— 0,0006

$$\lambda = 8,9364 - 0,0048890t + 0,00002626t^2.$$

9.

Zinn-Kupfer Legierung, enthaltend 12,35 VP Zinn; λ .

$$L = 429^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}}, 627.$$

$n\lambda$:	10,037	bei	$17^{\circ}, 9$	—	$10,154$
$\lambda 1$:	10,076	»	$18, 2$	—	$10,196$
$\lambda 2$:	10,084	»	$17, 2$	—	$10,197$
$\lambda 3$:	10,084	»	$16, 6$	—	$10,193$

T	λ
11,0	10,1386
55,5	9,8710
100,0	9,6526

$$\lambda = 10,212 - 0,0068043t + 0,00001210t^2.$$

10.

Zinn-Kupfer Legirung, enthaltend 11,61 VP Zinn; λ .

$$L = 322^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},524.$$

$$r^{00}$$

$\alpha\lambda$:	12,003	bei	12°,1	—	12,102
$\lambda 1$:	12,069	»	11,5	—	12,165
$\lambda 2$:	12,083	»	12,5	—	12,188
$\lambda 3$:	12,070	»	14,0	—	12,190

T	λg	λb	d
15,43	12,058	12,057	+ 0,001
23,40	11,990	11,991	— 0,001
40,35	11,852	11,853	— 0,001
54,75	11,737	11,736	+ 0,001
69,78	11,619	11,617	+ 0,002
84,66	11,499	11,500	— 0,001
98,70	11,391	11,391	0,000

$$\lambda = 12,186 - 0,0084168t + 0,000003700t^2.$$

11.

Zinn-Kupfer Legirung, enthaltend 6,02 VP Zinn; λ .

$$L = 210^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},456.$$

$$r^{00}$$

$\alpha\lambda$:	19,382	bei	15°,5	—	19,682
$\lambda 1$:	19,519	»	15,5	—	19,819
$\lambda 2$:	19,496	»	16,4	—	19,816

T	λg	λb	d
17,23	19,484	19,484	0,000
24,03	19,355	19,354	+ 0,001
40,03	19,050	19,052	— 0,002
55,47	18,771	18,769	+ 0,002
69,70	18,511	18,513	— 0,002
83,16	18,279	18,276	+ 0,003
98,87	18,004	18,006	— 0,002

$$\lambda = 19,820 - 0,019729t + 0,00001397t^2.$$

12.

Zinn-Kupfer Legirung, enthaltend 1,41 VP Zinn; λ .

$$L = 599^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},449.$$

$$r^{00}$$

$\alpha\lambda$:	60,105	bei	14°,5	—	62,453
$\lambda 1$:	60,827	»	12,5	—	62,881
$\lambda 2$:	60,687	»	14,1	—	63,001
$\lambda 3$:	60,579	»	15,1	—	63,055
$\lambda 4$:	60,690	»	14,3	—	63,038

T	λg	λb	d
15,53	60,470	60,465	+ 0,015
24,68	59,011	59,029	— 0,018
39,03	56,897	56,900	— 0,003
54,98	54,681	54,686	— 0,005
68,73	52,924	52,906	+ 0,018
84,25	51,036	51,041	— 0,005
99,70	49,334	49,336	— 0,002

$$\lambda = 62,997 - 0,16856t + 0,0003163t^2.$$

13.

Zinn-Silber Legirung, enthaltend 96,52 VP Zinn.

$$L = 304^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}}, 478.$$

$$r_{00}$$

$\alpha\lambda$:	11,646	bei	16°, 3	—	12,390
$\lambda 1$:	11,686	»	16, 3	—	12,433
$\lambda 2$:	11,685	»	17, 0	—	12,464
$\lambda 2$:	11,668	»	17, 6	—	12,475

T	λ_g	λ_b	d
11,12	11,983	11,971	+ 0,012
24,90	11,353	11,364	— 0,011
39,40	11,751	11,768	— 0,017
54,60	10,193	10,188	+ 0,004
69,81	9,676	9,637	— 0,019
84,88	9,178	9,177	+ 0,001
99,68	8,743	8,751	— 0,008

$$\lambda = 12,488 - 0,047691t + 0,0001023t^2.$$

14.

Zinn-Silber Legirung, enthaltend 75,51 VP Zinn.

$$L = 273^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}}, 467.$$

$$r_{00}$$

$\alpha\lambda$:	12,982	bei	17°, 6	—	13,866
$\lambda 1$:	13,054	»	17, 1	—	13,917
$\lambda 2$:	13,334	»	16, 5	—	14,184
$\lambda 3$:	13,415	»	15, 5	—	16,217
$\lambda 4$:	13,402	»	16, 5	—	14,256

T	λ_g	λ_b	d
11,53	13,651	13,654	+ 0,003
25,51	12,955	12,958	— 0,003
40,26	12,283	12,283	0,000
53,86	11,700	11,708	— 0,008
69,58	11,099	11,099	0,000
84,98	10,572	10,561	+ 0,011
99,48	10,103	10,108	— 0,005

$$\lambda = 14,250 - 0,053772t + 0,0001219t^2.$$

15.

Zink-Kupfer Legirung, enthaltend 42,66 VP Zink; λ .

$$L = 296^{\text{mm}}, 6 \quad D = 0^{\text{mm}}, 516.$$

$$r_{00}$$

$\alpha\lambda$:	21,356	bei	14°, 8	—	21,793
$\lambda 1$:	21,701	»	12, 9	—	22,088
$\lambda 2$:	21,873	»	13, 1	—	22,269
$\lambda 3$:	21,824	»	14, 9	—	22,273

T	λ_g	λ_b	d
15,72	21,807	21,801	+ 0,006
23,75	21,562	21,564	— 0,002
39,28	21,116	21,118	— 0,002
54,38	20,693	20,698	— 0,005
69,31	20,300	20,297	+ 0,003
84,63	19,897	19,898	— 0,001
99,43	19,527	19,526	+ 0,001

$$\lambda = 22,274 - 0,030601t + 0,00002980t^2.$$

16.

Zink-Kupfer Legirung, enthaltend 29,45 VP Zink; λ $L = 190\text{mm}$; $D = 0\text{mm},381$.

r_{00}			
$u\lambda$:	21,235	bei $17^{\circ},4$	— 21,708
$\lambda 1$:	21,424	" 15 ,9	— 21,859
$\lambda 2$:	21,597	" 15 ,9	— 22,036
$\lambda 3$:	21,624	" 15 ,9	— 22,065
$\lambda 4$:	21,720	" 12 ,8	— 22,075
T	λg	λb	d
13,47	21,704	21,702	+ 0,002
24,07	21,413	21,416	— 0,003
39,21	21,020	21,017	+ 0,003
53,65	20,647	20,647	0,000
69,03	20,268	20,269	— 0,001
83,71	19,915	19,916	— 0,001
98,97	19,565	19,564	+ 0,001
$\lambda = 22,076 - 0,028100t + 0,00002745t^2$.			

17.

Zink-Kupfer Legirung, enthaltend 23,61 VP Zink; λ . $L = 365\text{mm}$; $D = 0\text{mm},379$.

r_{00}			
$u\lambda$:	27,784	bei $13^{\circ},0$	— 28,298
$\lambda 1$:	27,754	" 14 ,9	— 28,343
$\lambda 2$:	27,738	" 15 ,3	— 28,342
T	λg	λb	d
15,97	27,719	27,714	+ 0,005
23,80	27,408	27,412	— 0,004
39,28	26,828	26,829	— 0,001
54,82	26,259	26,262	— 0,003
68,66	25,777	25,772	+ 0,005
83,75	25,258	25,256	+ 0,002
98,22	24,774	24,776	— 0,002
$\lambda = 28,345 - 0,040101t + 0,00003839t^2$.			

18.

Zink-Kupfer Legirung, enthaltend 10,88 VP Zink; λ . $L = 449\text{mm}$; $D = 0\text{mm},448$.

r_{00}			
$u\lambda$:	45,545	bei $14^{\circ},8$	— 46,934
$\lambda 1$:	45,807	" 14 ,0	— 47,128
$\lambda 2$:	45,896	" 14 ,6	— 47,276
$\lambda 3$:	45,971	" 13 ,7	— 47,268
T	λg	λb	d
14,33	45,912	45,912	0,000
23,71	45,059	45,056	+ 0,003
39,80	43,638	43,648	— 0,010
54,33	42,442	42,440	+ 0,002
69,48	41,246	41,245	+ 0,001
84,38	40,143	40,134	+ 0,011
98,95	39,100	39,109	— 0,009
$\lambda = 47,267 - 0,096627t + 0,0001433t^2$.			

19.

Zink-Kupfer Legirung, enthaltend 5,03 VP Zink; λ .

$$L = 642^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}}, 479.$$

$u\lambda$:	58,152	bei	$15^{\circ}, 3$	—	$60,376$
$\lambda 1$:	58,546	"	$14^{\circ}, 3$	—	$60,337$
$\lambda 2$:	58,665	"	$14^{\circ}, 0$	—	$60,716$
$\lambda 3$:	58,598	"	$14^{\circ}, 3$	—	$60,691$

T	λg	λb	d
15,17	58,522	58,495	+ 0,028
23,57	57,277	57,301	— 0,024
70,03	55,071	55,093	— 0,022
54,91	53,211	53,213	— 0,002
67,88	51,679	51,664	+ 0,015
84,15	49,856	49,839	+ 0,017
99,45	48,228	48,243	— 0,015

$$\lambda = 60,697 - 0,14995t + 0,0002486t^2.$$

Tabelle V.

1.

Gold-Kupfer Legirung, enthaltend 98,63 VP Gold; λ .

$$L = 1121^{\text{mm}}, 5; \quad D = 0^{\text{mm}}, 582.$$

$u\lambda$:	53,694	bei	$16^{\circ}, 8$	—	$56,122$
$\lambda 1$:	53,796	"	$16^{\circ}, 5$	—	$56,184$
$\lambda 2$:	53,835	"	$16^{\circ}, 7$	—	$56,268$

T	λg	λb	d
15,52	53,972	53,980	— 0,008
25,10	52,676	52,653	+ 0,023
39,75	50,684	50,715	— 0,031
55,66	48,739	48,740	— 0,001
69,83	47,106	47,092	+ 0,014
85,00	45,451	45,443	+ 0,008
99,35	43,986	43,994	— 0,008

$$\lambda = 56,232 - 0,14916t + 0,0002616t^2.$$

2.

Gold-Kupfer Legirung, enthaltend 81,66 VP Gold; λ .

$$L = 450^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}}, 501.$$

$u\lambda$:	15,919	bei	$13^{\circ}, 6$	—	$16,083$
$\lambda 1$:	15,935	"	$11^{\circ}, 1$	—	$16,068$
$\lambda 2$:	15,895	"	$12^{\circ}, 2$	—	$16,041$
$\lambda 3$:	15,894	"	$11^{\circ}, 0$	—	$16,026$
$\lambda 4$:	15,887	"	$11^{\circ}, 4$	—	$16,024$

T	λ
12,0	15,880
56,0	15,356
100,0	14,837

$$\lambda = 16,024 - 0,011997t + 0,00001291t^2.$$

3.

Gold-Silber Legirung, enthaltend 79,86 VP Gold; λ .

$$L = 605^{\text{mm}},7; \quad D = 0^{\text{mm}},704.$$

$n\lambda$:	21,010	bei	$11^{\circ},7$	—	21,279
$\lambda 1$:	21,038	"	10 ,8	—	21,286
$\lambda 2$:	21,072	"	10 ,4	—	21,311
$\lambda 3$:	21,066	"	10 ,2	—	21,301

T	λg	λb	d
11,45	21,031	21,030	+ 0,001
26,04	20,698	20,701	— 0,003
40,04	20,391	20,392	— 0,001
55,26	20,065	20,064	+ 0,001
67,73	19,806	19,802	— 0,004
84,13	19,463	19,464	+ 0,001
98,45	19,175	19,176	+ 0,001

$$\lambda = 21,293 - 0,023166t + 0,00001691t^2.$$

4.

Gold-Silber Legirung, enthaltend 79,86 VP Gold; w .

$$L = 596^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},704.$$

T	λg	λb	d
7,64	21,342	21,341	+ 0,001
25,27	20,923	20,924	— 0,001
40,71	20,570	20,572	— 0,002
54,61	20,265	20,264	+ 0,001
70,35	19,930	19,928	+ 0,002
85,25	19,622	19,622	0,000
99,50	19,338	19,339	— 0,001

$$\lambda = 21,527 - 0,024475t + 0,00002500t^2.$$

5.

Gold-Silber Legirung, enthaltend 19,86 VP Gold; h .

$$L = 161^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},351$$

$n\lambda$:	21,835	bei	$11^{\circ},7$	—	22,062
$\lambda 1$:	21,872	"	11 ,8	—	22,101
$\lambda 2$:	21,841	"	12 ,5	—	22,083

T	λg	λb	d
13,02	21,838	21,833	+ 0,005
23,90	21,620	21,625	— 0,005
38,03	21,355	21,359	— 0,004
54,42	21,058	21,056	+ 0,002
68,95	20,795	20,794	+ 0,001
82,37	20,557	20,555	+ 0,002
98,15	20,279	20,280	— 0,001

$$\lambda = 22,085 - 0,019538t + 0,00001173t^2.$$

6.

Gold-Silber Legirung, enthaltend 19,86 VP Gold; w.

$$L = 161^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},351^1)$$

T	λ_g	λ_b	d
14,96	21,829	21,827	+ 0,002
24,56	21,637	21,640	- 0,003
40,33	21,335	21,337	- 0,002
55,38	21,059	21,055	+ 0,004
69,06	20,806	20,805	+ 0,001
84,48	20,527	20,528	- 0,001
97,53	20,299	20,300	- 0,001

$$\lambda = 22,125 - 0,020097t + 0,00001419t^2.$$

7.

Gold-Kupfer Legirung, enthaltend 19,17 VP Gold; h.

$$L = 534^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},550.$$

r_{00}			
$u\lambda$: 20,300	bei	$12^{\circ},2$	- 20,514
$\lambda 1$: 20,296	"	$12^{\circ},0$	- 20,507
$\lambda 2$: 20,287	"	$12^{\circ},4$	- 20,505

T	λ_g	λ_b	d
13,40	20,272	20,278	- 0,006
24,38	20,088	20,088	0,000
40,01	19,838	19,824	+ 0,014
55,03	19,569	19,573	- 0,004
70,11	19,325	19,328	- 0,003
84,98	19,088	19,092	- 0,004
99,83	18,865	18,851	+ 0,004

$$\lambda = 20,513 - 0,017718t + 0,00001170t^2.$$

8.

Gold-Kupfer Legirung, enthaltend 0,71 VP Gold; h.

$$L = 1049^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},366.$$

r_{00}			
$u\lambda$: 79,884	bei	$15^{\circ},3$	- 84,008
$\lambda 1$: 80,889	"	$14^{\circ},3$	- 84,264
$\lambda 2$: 80,014	"	$15^{\circ},5$	- 84,200
$\lambda 3$: 79,844	"	$16^{\circ},6$	- 84,322

T	λ_g	λ_b	d
17,27	79,709	79,670	+ 0,039
23,98	77,952	77,962	- 0,010
39,55	74,154	74,212	- 0,058
54,26	70,924	70,943	- 0,019
69,29	67,920	67,879	+ 0,041
83,86	65,213	65,175	+ 0,038
98,78	62,645	62,677	- 0,032

$$\lambda = 84,322 - 0,027999t + 0,0006162t^2.$$

- 1) Die Leitungsfähigkeit des Drahtes blieb nach Itäigem Erhitzen unverändert.

Platin-Silber Legirung, enthaltend 19,65 VP Platin; λ .

$$L = 169^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},518.$$

	r_{90}
$\alpha\lambda$: 6,6565 bei $18^{\circ},0$	— 6,6960
$\lambda 1$: 6,6616 „ $17^{\circ},9$	— 6,7008
$\lambda 2$: 6,6654 „ $17^{\circ},2$	— 6,7031

T	λ
8,27	6,6850
54,00	6,5876
99,90	6,4657

$$\lambda = 6,7032 - 0,0022167t + 0,000001394t^2.$$

Platin-Silber Legirung, enthaltend 5,05 VP Platin; λ .

$$L = 708^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},626.$$

	r_{90}
$\alpha\lambda$: 17,812 bei $15^{\circ},9$	— 18,031
$\lambda 1$: 17,801 „ $17^{\circ},1$	— 18,036

T	λ
9,0	17,920
54,5	17,319
100,0	16,767

$$\lambda = 18,045 - 0,013960t + 0,00001183t^2.$$

Platin-Silber Legirung, enthaltend 2,51 VP Platin; λ .

$$L = 381^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},451$$

T	λ
12,0	31,173
56,0	29,550
100,0	28,068

$$\lambda = 31,640 - 0,039363t + 0,00003642t^2.$$

Palladium-Silber Legirung, enthaltend 23,28 VP Palladium; λ .

$$L = 520^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},802$$

	r_{90}
$\alpha\lambda$: 8,4936 bei $10^{\circ},0$	— 8,5214
$\lambda 1$: 8,5147 „ $10^{\circ},0$	— 8,5426
$\lambda 2$: 8,5052 „ $9^{\circ},1$	— 8,5305
$\lambda 3$: 8,4918 „ $8^{\circ},6$	— 8,5157
$\lambda 4$: 8,4868 „ $10^{\circ},0$	— 8,5146

T	λ
11,0	8,4846
55,4	8,3677
100,0	8,2256

$$\lambda = 8,5152 - 0,0027644t - 0,000001313t^2.$$

13.

Kupfer-Silber Legierung, enthaltend 98,35 VP Kupfer; h .

$$L = 1198\text{mm}; \quad D = 0\text{mm},572.$$

$$u\lambda: 86,674 \text{ bei } 9^{\circ},5 - 89,544$$

$$\lambda 1: 88,210 \text{ „ } 6 \text{ „ } 5 - 90,202$$

$$\lambda 2: 87,336 \text{ „ } 9 \text{ „ } 3 - 90,165$$

T	λ_g	λ_b	d
10,48	86,919	66,846	+ 0,073
25,27	82,583	82,634	- 0,051
39,57	78,763	78,861	- 0,098
53,96	75,317	75,361	- 0,044
69,73	72,007	71,868	+ 0,139
85,12	68,875	68,802	+ 0,073
98,35	66,348	66,442	- 0,094

$$\lambda = 90,021 - 0,31050t + 0,0007193t^2.$$

14.

Kupfer-Silber Legierung, enthaltend 95,17 VP Kupfer; h .

$$L = 929\text{mm}; \quad D = 0\text{mm},489$$

$$u\lambda: 78,165 \text{ bei } 16^{\circ},0 - 82,300$$

$$\lambda 1: 78,286 \text{ „ } 14 \text{ „ } 3 - 81,981$$

$$\lambda 2: 78,102 \text{ „ } 15 \text{ „ } 9 - 82,207$$

$$\lambda 3: 77,666 \text{ „ } 17 \text{ „ } 8 - 82,245$$

T	λ_g	λ_b	d
15,43	78,226	78,219	+ 0,007
24,26	76,060	76,059	+ 0,001
39,16	72,601	72,616	- 0,015
54,62	69,301	69,312	- 0,011
69,18	66,466	66,393	+ 0,013
83,53	63,885	63,866	+ 0,019
99,00	61,329	61,343	- 0,014

$$\lambda = 82,207 - 0,26728t + 0,0005711t^2.$$

15.

Kupfer-Silber Legierung, enthaltend 77,64 VP Kupfer; h .

$$L = 623\text{mm}; \quad D = 0\text{mm},374.$$

$$u\lambda: 66,807 \text{ bei } 14^{\circ},6 - 69,811$$

$$\lambda 1: 66,601 \text{ „ } 17 \text{ „ } 3 - 70,158$$

$$\lambda 1: 66,550 \text{ „ } 17 \text{ „ } 2 - 70,084$$

$$\lambda 3: 66,707 \text{ „ } 17 \text{ „ } 0 - 70,208$$

$$\lambda 4: 66,694 \text{ „ } 17 \text{ „ } 6 - 70,319$$

T	λ_g	λ_b	d
15,15	67,155	67,192	- 0,037
24,21	65,433	65,410	+ 0,023
39,48	62,583	62,565	+ 0,018
51,90	59,873	59,894	- 0,021
54,90	59,873	59,894	- 0,021
69,48	57,557	57,556	+ 0,001
84,28	55,375	55,365	+ 0,010
99,90	53,259	53,260	- 0,003

$$\lambda = 70,328 - 0,21351t + 0,0004271t^2.$$

16.

Kupfer-Silber Legirung, enthaltend 46,67 VP Kupfer; λ .
 $L = 1256\text{mm}$; $D = 0\text{mm},437$.

	r_{00}
$\mu\lambda$: 72,036 bei $14^{\circ},2$	— 74,940
λ_1 : 73,170 „ $14^{\circ},6$	— 76,204
λ_2 : 73,653 „ $12^{\circ},6$	— 76,284
T	λ
13,0	73,529
56,5	65,449
100,0	58,894

$$\lambda = 76,240 - 0,21375t + 0,0004030t^2.$$

17.

Kupfer-Silber Legirung, enthaltend 8,25 VP Kupfer; λ .
 $L = 2328\text{mm}$; $D = 0\text{mm},525$.

	r_{00}
$\mu\lambda$: 78,323 bei $9^{\circ},0$	— 80,284
λ_1 : 78,555 „ $8^{\circ},5$	— 80,718
λ_2 : 78,398 „ $10^{\circ},2$	— 80,626
T	λ
12,0	78,015
56,0	69,301
100,0	61,949

$$\lambda = 80,628 - 0,22196t + 0,0003518t^2.$$

18.

Kupfer-Silber Legirung, enthaltend 1,53 VP Kupfer; λ .
 $L = 2139\text{mm}$; $D = 0\text{mm},542$.

	r_{00}
$\mu\lambda$: 94,544 bei $9^{\circ},8$	— 97,708
λ_1 : 95,314 „ $9^{\circ},0$	— 98,281
λ_2 : 94,968 „ $9^{\circ},9$	— 98,168
T	λ
10,0	94,940
55,0	82,126
100,0	72,146

$$\lambda = 98,172 - 0,33024t + 0,0006998t^2$$

19.

Eisen-Gold Legirung, enthaltend 27,93 VP Eisen; λ .
 $L = 145\text{mm}$; $D = 0\text{mm},758$.

	r_{00}
$\mu\lambda$: 2,5815 bei $14^{\circ},6$	— 2,7160
λ_1 : 2,6193 „ $14^{\circ},4$	— 2,7539
λ_2 : 2,6309 „ $14^{\circ},2$	— 2,7641
λ_3 : 2,6286 „ $14^{\circ},4$	— 2,7636
T	λ
15,0	2,6239
57,5	2,2732
100,0	1,9926

$$\lambda = 2,7645 - 0,0096586t + 0,00001940t^2.$$

Die Leitungsfähigkeit eines zweiten Drahtes wurde gefunden zu
 2,6177 bei $14^{\circ},6$; reducirt auf 0° ; 2,7431.

20.

Eisen-Gold Legirung, enthaltend 21,18 VP Eisen; λ .

$$L = 184^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},943.$$

$\mu\lambda$:	1,9299	bei	14°,6	—	2,0121
$\lambda 1$:	1,9981	"	10°,8	—	2,0614
$\lambda 2$:	1,9866	"	13°,0	—	2,0621

T	λ
14,0	1,9822
57,0	1,7951
100,0	1,7010

$$\lambda = 2,0632 - 0,0061367 t + 0,00002515 t^2$$

Die Leitungsfähigkeit eines zweiten Drahtes wurde gefunden zu
1,8745 bei 17°,2; reducirt auf 0°; 1,9681.

21.

Eisen-Gold Legirung, enthaltend 10,96 VP Eisen; λ .

$$L = 226^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},470.$$

$\mu\lambda$:	2,3450	bei	15°,6	—	2,3624
$\lambda 1$:	2,3549	"	13°,8	—	2,3704
$\lambda 2$:	2,3585	"	10°,4	—	2,3703

T	λ
12,0	2,3573
56,0	2,3138
100,0	2,2798

$$\lambda = 2,3708 - 0,0011555 t + 0,000002454 t^2$$

Die Leitungsfähigkeit eines zweiten Drahtes wurde gefunden zu
2,2397 bei 17°,2; reducirt auf 0°; 2,2580.

22.

Eisen-Kupfer Legirung, enthaltend 0,46 VP Eisen; λ .

$$L = 573^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},358.$$

$\mu\lambda$:	38,315	bei	9°,0	—	38,852
$\lambda 1$:	39,055	"	9°,4	—	39,626
$\lambda 2$:	39,124	"	10°,4	—	39,757
$\lambda 3$:	39,241	"	10°,0	—	39,852
$\lambda 4$:	39,313	"	11°,0	—	39,986
$\lambda 5$:	39,348	"	8°,8	—	39,887

T	λ
10,0	39,283
55,0	36,729
100,0	34,533

$$\lambda = 39,894 - 0,061958 t + 0,00008346 t^2.$$

Tabelle VI.

1.

Phosphor-Kupfer, enthaltend 2,5 Gewichtsprocente Phosphor; λ .

$$L = 124^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},355.$$

$$\begin{aligned} & \text{bei } 12^{\circ},6 - 7,3432 \\ & \text{„ } 12^{\circ},3 - 7,3717 \\ & \text{„ } 13^{\circ},6 - 7,3901 \end{aligned}$$

T	λ_g	λ_b	d
14,52	7,3395	7,3391	+ 0,0004
34,22	7,2696	7,2708	- 0,0012
56,25	7,1963	7,1954	+ 0,0009
77,35	7,1243	7,1241	+ 0,0002
99,06	7,0515	7,0517	- 0,0002

$$\lambda = 7,3900 - 0,0035194t + 0,000001062t^2.$$

2.

Phosphor-Kupfer, enthaltend 0,95 Gewichtsprocente Phosphor; λ .

$$L = 265^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},396.$$

T	λ_g	λ_b	d
11,05	23,028	23,032	- 0,004
24,50	22,637	22,635	+ 0,002
39,72	22,209	22,203	+ 0,006
54,96	21,785	21,787	- 0,002
69,48	21,407	21,408	- 4,001
84,92	21,017	21,023	- 0,006
99,83	20,673	20,668	+ 0,005

$$\lambda = 23,368 - 0,030873t + 0,00003836t^2.$$

3.

Arsenik-Kupfer, enthaltend 5,4 Gewichtsprocente Arsen; λ .

$$L = 225^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},289.$$

$$\begin{aligned} & \text{bei } 9^{\circ},3 - 6,3739 \\ & \text{„ } 8^{\circ},4 - 6,3980 \\ & \text{„ } 7^{\circ},9 - 6,3988 \end{aligned}$$

T	λ_g	λ_b	d
10,52	6,3742	6,3738	+ 0,0004
31,80	6,3230	6,3235	- 0,0005
54,20	6,2707	6,2713	- 0,0006
75,58	6,2232	6,2220	+ 0,0012
98,05	6,1703	6,1708	- 0,0005

$$\lambda = 6,3989 - 0,0023880t + 0,0000006331t^2.$$

4.

Arsenik-Kupfer, enthaltend 2,8 Gewichtsprocente Arsen; λ .

$$L = 547^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},431.$$

r_{00}			
$u\lambda$:	12,2980	bei	$8^{\circ},9$ — 12,3787
$\lambda 1$:	12,2648	»	$9^{\circ},5$ — 12,3505
$\lambda 2$:	12,2369	»	$11^{\circ},9$ — 12,3443
T	λ_g	λ_b	d
13,60	12,1933	12,1930	+ 0,0003
24,75	12,0937	12,0945	— 0,0008
39,78	11,9648	11,9635	+ 0,0013
54,72	11,8364	11,8358	+ 0,0006
69,11	11,7152	11,7151	+ 0,0001
84,72	11,5837	11,5867	— 0,0030
100,28	11,4630	11,4614	+ 0,0017

$$\lambda = 12,3156 - 0,0090694t + 0,000005496t^2.$$

5.

Arsenik-Kupfer, enthaltend Spuren Arsen; λ .

$$L = 381^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},364.$$

r_{00}			
$u\lambda$:	58,680	bei	$16^{\circ},4$ — 61,255
$\lambda 1$:	58,924	»	$14^{\circ},5$ — 61,207
$\lambda 2$:	59,286	»	$12^{\circ},7$ — 61,295
$\lambda 3$:	59,013	»	$14^{\circ},1$ — 61,236
T	λ_g	λ_b	d
14,65	58,948	58,931	+ 0,017
23,85	57,533	57,546	— 0,013
39,95	55,226	55,244	— 0,018
54,48	53,298	53,299	— 0,001
69,26	51,464	51,448	+ 0,016
83,47	49,801	49,790	+ 0,011
98,62	48,141	41,154	— 0,013

$$\lambda = 61,238 - 0,16183t + 0,0002957t^2.$$

In den Tab. VII, VIII, IX und X finden sich die Werthe, welche in einer früheren Untersuchung ¹⁾ für einige der Legirungen erhalten wurden, reducirt auf 0° C. mit Hülfe der hier gegebenen Formeln (Columnne A), zusammen mit denen, welche den vorangehenden Tabellen entlehnt sind, nämlich den zuerst beobachteten Werthen auf 0° C. reducirt (Columnne B), und ferner die Formeln für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur, in welchen das Mittel der in den Columnnen A und B gegebenen Werthe als die Leitungsfähigkeit bei 0° C. angenommen worden ist.

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 190.

Tabelle VII.

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit <i>A</i>	<i>B</i>	Formel für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur
Sn ₆ Pb	83,96 Zinn	11,582	12,423	$\lambda = 12,002 - 0,046645t + 0,0001040t^2$
Sn ₄ Cd	83,10 „	14,459	14,658	$\lambda = 14,558 - 0,059337t + 0,0001728t^2$
Sn ₂ Zn	77,71 „	16,504	16,991	$\lambda = 16,747 - 0,065044t + 0,0001460t^2$
Pb Sn	53,41 Blei	9,855	10,423	$\lambda = 10,139 - 0,038358t + 0,00008536t^2$
Zn Cd ₂	26,06 Zink	25,405	25,834	$\lambda = 25,619 - 0,096978t + 0,0002049t^2$
Sn Cd ₄	23,50 Zinn	21,094	22,123	$\lambda = 21,658 - 0,083368t + 0,0002038t^2$
Cd Pb ₆	10,57 Cadmium	9,047	9,264	$\lambda = 9,155 - 0,032041t + 0,00006647t^2$

Tabelle VIII.

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit <i>A</i>	<i>B</i>	Formel für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur
Blei - Silber	94,64 Blei	8,823	8,938	$\lambda = 8,880 - 0,032149t + 0,00007070t^2$
Blei - Silber	46,90 „	12,071	13,391	$\lambda = 12,731 - 0,024986t + 0,00003947t^2$
Blei - Silber	30,64 „		22,874	$\lambda = 21,874 - 0,043632t + 0,00005687t^2$
Zinn - Gold	90,32 Zinn	8,2418		$\lambda = 8,2418 - 0,025418t + 0,00005172t^2$
Zinn - Gold	79,54 „	4,5500	5,0427	$\lambda = 4,7963 - 0,014006t + 0,00003020t^2$
Zinn - Kupfer	93,57 „		12,034	$\lambda = 12,034 - 0,044328t + 0,00009781t^2$
Zinn - Kupfer	83,60 „		12,764	$\lambda = 12,764 - 0,042457t + 0,00008734t^2$

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit		Formel für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur
		A	B	
Zinn-Kupfer	14,91 Zinn		8,9223	$\lambda = 8,9223 - 0,0048266t + 0,000002593t^2$
Zinn-Kupfer	12,35 "		10,154	$\lambda = 10,154 - 0,0067656t + 0,00001203t^2$
Zinn-Kupfer	11,61 "		12,102	$\lambda = 12,102 - 0,0083587t + 0,000003674t^2$
Zinn-Kupfer	6,02 "	19,750	19,682	$\lambda = 19,716 - 0,019626t + 0,00001390t^2$
Zinn-Kupfer	1,41 "		62,463	$\lambda = 62,463 - 0,16713t + 0,0003136t^2$
Zinn-Silber	96,52 "	12,378	12,391	$\lambda = 12,384 - 0,047293t + 0,0001014t^2$
Zinn-Silber	75,51 "	13,547	13,866	$\lambda = 13,706 - 0,051720t + 0,0001172t^2$
Zinn-Kupfer	42,06 Zinn		21,793	$\lambda = 21,793 - 0,029939t + 0,00002916t^2$
Zinn-Kupfer	29,45 "		21,708	$\lambda = 21,708 - 0,027632t + 0,00002698t^2$
Zinn-Kupfer	23,61 "		21,298	$\lambda = 21,298 - 0,040029t + 0,00003632t^2$
Zinn-Kupfer	10,88 "		46,934	$\lambda = 46,934 - 0,095947t + 0,0001423t^2$
Zinn-Kupfer	5,03 "		60,376	$\lambda = 60,376 - 0,14916t + 0,0002473t^2$

Tabelle IX.

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit		Formel für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur
		A	B	
Gold-Kupfer, hartgezogen	98,36 Gold		56,122	$\lambda = 56,122 - 0,14887t + 0,0002611t^2$
Gold-Kupfer, do.	81,66 "		16,063	$\lambda = 16,063 - 0,012041t + 0,000001296t^2$
Gold-Silber, do.	79,86 "	21,393	21,279	$\lambda = 21,335 - 0,023212t + 0,00001694t^2$
Gold-Silber, weich	79,86 "		21,527	$\lambda = 21,564^1) - 0,024539t + 0,00002506t^2$
Gold-Silber, hartgezogen	52,08 "	15,030		$\lambda = 15,030 - 0,010120t + 0,000003697t^2$
Gold-Silber, weich	52,08 "	15,080		$\lambda = 15,080 - 0,010964t + 0,000007457t^2$
Gold-Silber, hartgezogen	19,86 "	21,305	22,662	$\lambda = 21,884 - 0,019185t + 0,00001152t^2$
Gold-Silber, weich	19,86 "		22,125	$\lambda = 21,746^1) - 0,019753t + 0,00001395t^2$

1) Diese Werthe sind in derselben verändert worden, als die, welche in Col. B für hartgezogene Drähte gegeben sind, damit der Einfluß des Weichmachens unverändert bliebe.

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit		Formel für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur
		A	B	
Gold-Kupfer hartgezogen	19,17 Gold		20,514	$\lambda = 20,514 - 0,017718t + 0,00001170t^2$
Gold-Kupfer do.	0,71 "		84,008	$\lambda = 84,008 - 0,27895t + 0,0000139t^2$
Platin-Silber	19,65 Platin		6,6960	$\lambda = 6,6960 - 0,0022143t + 0,000001393t^2$
Platin-Silber	5,05 "		18,031	$\lambda = 18,031 - 0,013949t + 0,00001182t^2$
Platin-Silber	2,51 "		31,640	$\lambda = 31,640 - 0,039363t + 0,000003642t^2$
Palladium-Silber	23,28 Palladium		8,5214	$\lambda = 8,5214 - 0,0027644t + 0,000001314t^2$
Kupfer-Silber ¹⁾	98,38 Kupfer		89,544	$\lambda = 89,544 - 0,30886t + 0,00007155t^2$
Kupfer-Silber	95,17 "		82,300	$\lambda = 82,300 - 0,26758t + 0,0005717t^2$
Kupfer-Silber	77,64 "		69,811	$\lambda = 69,811 - 0,21194t + 0,0004240t^2$
Kupfer-Silber	46,67 "		74,940	$\lambda = 74,940 - 0,21011t + 0,0003961t^2$
Kupfer-Silber	8,25 "		80,284	$\lambda = 80,284 - 0,22101t + 0,0003503t^2$
Kupfer-Silber	1,58 "		78,788	$\lambda = 79,708 - 0,32868t + 0,0006965t^2$
Eisen-Gold	27,93 Eisen		2,7350	$\lambda = 2,7350 - 0,0095555t + 0,00001919t^2$
Eisen-Gold	21,18 "		1,9901	$\lambda = 1,9901 - 0,0059194t + 0,00002426t^2$
Eisen-Gold	10,96 "		2,3102	$\lambda = 2,3402 - 0,0011260t + 0,0000002391t^2$
Eisen-Kupfer	0,46 "		38,852	$\lambda = 38,852 - 0,060341t + 0,00008128t^2$

1) Die früher untersuchten Kupfer-Silber Legirungen sind in ihrer Zusammensetzung nicht ganz dieselben, wie die hier aufgeführt; deshalb sind in Col. A keine Werthe, welche indessen denen in Col. B sehr nahe kommen, gegeben worden.

Tabelle X.

Legirung	Gewichtprocente	Leitungsfähigkeit		Formel für die Correction der Leitungsfähigkeit für Temperatur.
		A	B	
Phosphor und Kupfer	2,5 Phosphor	7,301	7,343	$\lambda = 7,322 - 0,0634870t + 0,000001082t^2$
Phosphor und Kupfer	0,95 "	23,920	23,388	$\lambda = 23,644 - 0,031236t + 0,00003982t^2$
Arsen und Kupfer	5,4 Arsen	6,219	6,374	$\lambda = 6,296 - 0,0032498t + 0,0000006230t^2$
Arsen und Kupfer	2,8 "	13,356	12,379	$\lambda = 12,867 - 0,0094757t + 0,000005743t^2$
Arsen und Kupfer	Spuren	60,854	61,255	$\lambda = 61,055 - 0,16134t + 0,0002948t^2$

Die in den Columnen *A* und *B* gegebenen Werthe zeigen nicht überall eine solche Uebereinstimmung, als erwartet werden dürfte. Theilweise mögen diese Unterschiede dem Umstande zugeschrieben werden, daß die Länge der Drähte von alle denjenigen Legirungen, welche einen niedrigen Schmelzpunkt haben, erst nach Beendigung der Beobachtungen gemessen wurde. Es war nämlich nicht zu vermeiden, daß die Drahtenden beim Anlöthen an die dicken Kupferdrähte im Troge theilweise hinwegschmolzen, und so eine jede vorherige Bestimmung der Länge vergeblich war; es war außerdem nothwendig, des verhältnismäßig beschränkten Raumes im Troge wegen, die Drähte um einen Glasstab zu winden, um damit experimentiren zu können, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß beim Wiederaufwinden und Geradbiegen derselben ihre Länge in Anbetracht ihrer Weichheit etwas vergrößert wurde. Hierdurch möchten die gefundenen Differenzen größten Theils ihre Erklärung finden. — Der Werth, welcher für die Leitungsfähigkeit der PbAg_2 Legirung, welche 30,64 Volumprocente Blei enthält, in der schon angeführten Abhandlung angegeben ist, ist unrichtig. Wir benutzten nicht nur einen Theil der noch von früher vorhandenen Legirung, sondern wir stellten auch eine neue Quantität derselben dar, analysirten dieselbe, und fanden in beiden Fällen denselben Leitungswiderstand. Die für die Leitungsfähigkeit der Legirung gegenwärtig gefundene Zahl ist daher die richtige. Bei Gelegenheit der früheren Bestimmung ist wahrscheinlich ein unrichtiger Werth für den Normalwiderstand notirt worden, mit welchem die Legirung verglichen ist, da die Berechnung sich mit allen übrigen aufgezeichneten Daten in Uebereinstimmung befindet.

Um in klarer Weise das Gesetz erklären zu können, welches wir aus den gewonnenen Resultaten gefunden haben, wollen wir zuerst noch die Tab. XI, XII und XIII folgen lassen.

Tabelle XI.

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit bei 100°		Procent. Abnahme	
		beob.	berechn.	beob.	berechn.
Sn ₈ Pb	83,96 Zinn	8,38	8,28	30,18	29,67
Sn ₄ Cd	83,10 »	10,35	10,10	28,89	30,03
Sn ₂ Zn	77,71 »	11,70	11,37	30,12	30,16
Pb Sn	53,41 Blei	7,16	7,21	29,41	29,10
Zn Cd ₂	26,06 Zink	17,97	17,75	29,86	29,67
Sn Cd ₄	23,50 Zinn	15,36	14,88	29,08	30,25
Cd Pb ₆	10,57 Cadmium	6,62	7,03	27,74	27,60

Tabelle XII.

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit bei 100°		Procent. Abnahme	
		beob.	berechn.	beob.	berechn.
Blei - Silber	94,64 Blei	6,37	9,35	28,24	19,96
Blei - Silber	46,90 »	10,63	40,30	16,53	7,73
Blei - Silber	30,64 »	18,08	50,83	17,36	10,42
Zinn - Gold	90,32 Zinn	6,25	14,23	24,20	14,83
Zinn - Gold	79,54 »	3,07	18,23	22,90	5,95
Zinn - Kupfer	93,57 »	8,58	12,72	28,71	19,76
Zinn - Kupfer	83,60 »	9,39	18,90	26,24	14,57
Zinn - Kupfer	14,91 »	8,37	61,42	5,18	3,99
Zinn - Kupfer	12,35 »	9,60	63,02	5,48	4,46
Zinn - Kupfer	11,61 »	11,30	63,47	6,60	5,22
Zinn - Kupfer	6,02 »	17,89	66,93	9,25	7,83
Zinn - Kupfer	1,41 »	48,89	69,78	21,74	20,53
Zinn - Silber	96,52 »	8,67	10,90	30,00	23,31
Zinn - Silber	75,51 »	9,71	23,91	29,18	11,89
Zink - Kupfer	42,06 Zink	19,09	49,57	12,40	11,29
Zink - Kupfer	29,45 »	19,21	55,89	11,49	10,08
Zink - Kupfer	23,61 »	42,68	58,82	12,80	12,30
Zink - Kupfer	10,88 »	38,76	56,20	17,41	17,42
Zink - Kupfer	5,03 »	47,93	68,13	20,61	20,62

Tabelle XIII.

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit bei 100°		Procentische Abnahme	
		beob.	berechn.	beob.	berechn.
Gold-Kupfer, hartgezogen	98,63 Gold	43,85	55,33	21,87	23,22
Gold-Kupfer, do.	81,66 »	14,89	57,96	7,41	7,53
Gold-Silber, do.	79,86 »	19,18	58,25	10,09	9,65
Gold-Silber, weich	79,86 »	19,38	58,35	10,21	9,75
			60,20		9,43

Legirung	Volumprocente	Leitungsfähigkeit bei 100°		Procentische Abnahme	
		beob.	berechn.	beob.	berechn.
Gold - Silber, hartgezogen	52,08 Gold	14,05	62,58	6,49	6,58
Gold - Silber, weich	52,08 "	14,07	{ a 62,58 b 65,99	6,71	{ a 6,59 b 6,25
Gold - Silber, hartgezogen	19,86 "	19,88	67,60	8,23	8,62
Gold - Silber, weich	19,86 "	19,91	{ a 67,60 b 72,68	8,44	{ a 8,63 b 8,03
Gold - Kupfer	19,17 "	18,86	67,68	8,07	8,18
Gold - Kupfer	0,71 "	62,25	70,54	25,90	25,86
Platin - Silber	19,65 Platin	6,49	59,31	3,10	3,21
Platin - Silber	5,05 "	16,75	67,77	7,08	7,25
Platin - Silber	2,51 "	28,07	69,24	11,29	11,88
Palladium - Silber	23,28 Palladium	8,23	57,27	3,40	4,21
Kupfer - Silber	98,35 Kupfer	65,81	70,66	26,50	27,30
Kupfer - Silber	95,17 "	61,26	70,66	25,57	25,41
Kupfer - Silber	77,64 "	52,86	70,66	24,29	21,92
Kupfer - Silber	46,67 "	57,89	70,68	22,75	24,00
Kupfer - Silber	8,25 "	61,69	70,69	23,17	25,57
Kupfer - Silber	1,53 "	71,81	70,69	26,51	29,77
Eisen - Gold	27,93 Eisen	1,97	42,62	27,92	1,47
Eisen - Gold	21,18 "	1,64	45,64	17,55	1,12
Eisen - Gold	10,96 "	2,20	49,68	3,84	1,34
Eisen - Kupfer	0,46 "	33,63	70,34	13,44	14,03

In Rücksicht auf die in diesen Tabellen gegebenen Zahlen ist es nothwendig, einige Worte über die Werthe zu sagen, welche »berechnete Leitungsfähigkeit« und »berechnete procentische Abnahme« überschrieben sind. Unter dem Ausdruck »berechnete Leitungsfähigkeit« verstehen wir diejenige Leitungsfähigkeit, welche für eine Legirung unter der Annahme, daß sie aus den Volumina entsprechenden Paralleldrähten der componirenden Metalle bestehe, sich berechnen läßt. Unter der Bezeichnung »berechnete procentische Abnahme zwischen 0 und 100° C.« verstehen wir indessen nicht, wie man vermuthen könnte, das Mittel der procentischen Abnahmen, welche die componirenden, reinen Metalle in ihrer Leitungsfähigkeit zwischen 0 und 100° C. erleiden, und welche hiernach 29,307 Proc. betragen würde, da die Leitungsfähigkeit der meisten reinen Metalle sich um diesen Werth innerhalb der angeführten Temperaturgränzen erniedrigt (ausgenommen sind Thallium und Eisen, deren Leitungsfähigkeit zwischen 0 und 100° C., resp. 31,420

und 38,260 Proc. abnimmt). Wenn hiernach einleuchtend ist, daß die *berechnete* procentische Abnahme in der Leitungsfähigkeit der Legirungen dieser Metalle zwischen 0 und 100° C. ebenfalls 29,307 Proc. seyn müßte, so zeigt es sich auf der andern Seite, daß die *beobachtete* procentische Abnahme zwischen 0 und 100° für die Legirungen, mit Ausnahme der in Tab. III aufgeführten, geringer ist als 29,307 Proc. Wir haben daher anstatt des obigen Werthes unter der Ueberschrift » *berechnete* procentische Abnahme » diejenige aufgeführt, welche sich aus folgendem Gesetze ergibt:

Die gefundene procentische Abnahme in der Leitungsfähigkeit einer Legirung zwischen 0 und 100° C. (P_g) verhält sich zu der berechneten zwischen 0 und 100° C. (P_b , nämlich 29,307 Proc.), wie die beobachtete Leitungsfähigkeit der Legirung bei 100° C. (λ_{100^g}) zu der berechneten bei 100° C. (λ'_{100^b}), oder

$$P_g : P_b = \lambda_{100^g} : \lambda'_{100^b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

P_b ist, wie eben angeführt, in allen Fällen, mit Ausnahme der Thallium- und Eisenlegirungen, = 29,307.

Bei einer Untersuchung der so abgeleiteten Werthe finden wir, daß die in Tab. XI angegebenen gefundenen und berechneten procentischen Abnahmen sehr nahe unter einander, wie mit dem Mittel der für die Leitfähigkeit der reinen Metalle beobachteten procentischen Abnahme zwischen 0 und 100° C., nämlich 29,307, übereinstimmen. Da diese Legirungen die Elektrizität leiten in dem Verhältnisse der relativen Volumina der Metalle, aus denen sie bestehen, so durften wir von vornherein erwarten, daß auch ihre Leitfähigkeit um denselben procentischen Betrag zwischen 0 und 100° C. erniedrigt werden würde, als die der componirenden Metalle.

Bei Betrachtung der Legirungen in Tab. XII, welche aus den zu den zwei Classen gehörigen Metallen bestehen, erscheint es, daß, so lange keine Veränderung in der Leitungsfähigkeit der Metalle Blei und Zinn durch Hinzufügen eines andern Metalles eintritt, auch die Leitfähigkeit der

Legirung zwischen 0 und 100° C. um 29,307 Proc. erniedrigt wird; aber sobald die Legirungen einen gröfsern oder geringern Widerstand zeigen, als reines Blei oder Zinn, so ist auch die procentische Abnahme geringer als 29,307. Ferner folgen die Zinn- und Zink-Kupfer-Legirungen, welche eine geringe Menge des ersten Metalles enthalten, nahezu dem obigen Gesetze, und wenn wir auf die Curven blicken, welche die Leitungsfähigkeiten dieser Legirungen darstellen, und von dem Metalle ausgehen, dessen Leitfähigkeit bedeutend durch Spuren eines fremden Metalles geändert wird, so gilt annähernd das Gesetz für alle Legirungen bis zum Wendepunkt der Curve; von hier an hört jedoch eine Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Werthe auf. Diese Unterschiede treten bald früher, bald später hervor, im Falle der Zinn-Kupfer-Legirungen, z. B. nach Hinzufügen von 1 Proc. Zinn, in den Zink-Kupfer-Legirungen erst, nachdem 10 Proc. Zink beigemischt sind; und von diesem Punkte an nehmen bei jedem erneuten Zusatze des Metalles die Differenzen zu. Welches das genaue Gesetz ist, dem diese Legirungen in dem fraglichen Verhalten folgen, können wir gegenwärtig nicht angeben, indessen zeigen mehrere Beispiele, dafs das aufgestellte Gesetz auch für sie in einigen Fällen Anwendung findet. Unglücklicher Weise sind die Legirungen dieser Classe, welche einen höhern Procentgehalt an beiden Metallen haben, zu spröde und nicht verarbeitbar, so dafs keine vollständige Reihe von Bestimmungen mit irgend einer Legirung gewonnen werden konnte; würden wir im Stande gewesen seyn, dies in einem oder zwei Fällen auszuführen, so würden wir wahrscheinlich dem Gesetze auf die Spur gekommen seyn, welches den Einflufs der Temperatur auf die Leitungsfähigkeit dieser Gruppe von Legirungen bestimmt.

Zu den in Tab. XIII gegebenen Zahlen braucht kaum noch etwas gesagt zu werden, da die abgeleiteten procentischen Abnahmen für die meisten der Legirungen aus dieser Gruppe sich in Uebereinstimmung mit unserm Gesetze befinden. Dennoch müssen wir der hier für weiche Drähte

gegebenen Werthe mit einigen Worten Erwähnung thun. An einer andern Stelle ist bewiesen worden, dafs der Unterschied in der Leitungsfähigkeit hartgezogener und weicher Drähte für einige Metalle ein sehr beträchtlicher ist; bei den Legirungen scheint dies nicht der Fall zu seyn, da sich nur ein sehr geringer Einfluß erkennen läßt. Mit Rücksicht auf diese geringe Verschiedenheit haben wir es nicht für der Mühe werth gehalten, gegenwärtig diesen Gegenstand weiter zu verfolgen, zumal, da eine Erklärung der Beziehungen, welche zwischen dem Einflusse des Weichmachens auf die Leitungsfähigkeit einer Legirung und den die Legirung constituirenden Metallen bestehen, eine ausgedehnte Versuchsreihe erfordern würde. Obwohl die procentische Abnahme in der Leitfähigkeit dieser weichen Drähte überall etwas größer als die der hartgezogenen ist, so kann sie doch als dieselbe angenommen werden, da der procentische Verlust in dem Leitungsvermögen harter und weicher Drähte reiner Metalle ebenfalls nur in sehr geringem, aber nicht immer in gleichem Maafse variirt. Derselbe war z. B. für Silberdrähte

hartgezogen	weich
28,67	28,82
28,44	28,66
27,82	28,21

Wie man in der Tabelle sehen wird, haben wir die procentische Abnahme auf zweierlei Weise berechnet, nämlich mit Hülfe der Leitungsfähigkeit 1) für hartgezogene und 2) für weiche Metalle. Die so für die procentische Abnahme erhaltenen Zahlen zeigen unter einander keinen beträchtlichen Unterschied.

Bei Berechnung der Eisenlegirungen ist P_b nicht = 29,307 angenommen worden, sondern wurde für jeden einzelnen Fall berechnet.

Für die erste Eisen-Gold-Legirung z. B., welche 27,93 Volumproc. Eisen enthält, wurde der procentische Verlust in der Leitungsfähig-

keit zwischen 0 und 100° C. für 1 Vol. Eisen = 38,260 angenommen. 0,2793 Vol. verlieren daher 10,686 Proc.

Für 1 Vol. Gold beträgt derselbe zwischen 0 und 100° C. = 29,307. 0,7207 Vol. verlieren daher 21,122 "

1 Vol. der 27,93 Proc. Eisen enthaltenden Eisen-Gold-Legirung verliert daher in seiner Leitungsfähigkeit 31,808 Proc.

Bei einer Vergleichung der für die Eisen-Gold-Legirungen gegebenen Werthe verdient Folgendes einer besonderen Erwähnung, einerseits ihre so niedrige, fast übereinstimmende Leitungsfähigkeit, andererseits die bedeutende procentische Abnahme für die ersten beiden Legirungen, und die geringe für die dritte. Durch wiederholte Herstellung einer Legirung, welche nach der Analyse dieselbe Menge Eisen enthielt, als die dritte, überzeugten wir uns, daß hier kein Irrthum vorlag; denn deren procentische Abnahme betrug 4,04. Ferner fanden wir die Leitungsfähigkeit einer Legirung, welche von den rühmlichst bekannten Hrn. Johnson und Matthéy für uns dargestellt war und nach der Analyse 11,94 Vol. Proc. Eisen enthielt, bei 0° C. zu 2,097 und den Verlust im Leitungsvermögen zwischen 0 und 100° C. zu 4,30 Proc. — Unglücklicher Weise konnten wir Legirungen mit einem reicheren Eisengehalt wegen ihrer Sprödigkeit nicht zu Drähten ziehen. Es würde interessant seyn, die Anomalie, welche sich in der hohen procentischen Abnahme der ersten beiden Legirungen offenbart, weiter zu verfolgen.

Da wahrscheinlich Arsen und Phosphor chemisch mit dem Kupfer verbunden sind, so haben wir es für unnütz gehalten, die procentische Abnahme zu berechnen, und haben deshalb keine derartige Tabelle für diese Legirungen aufgestellt.

Durch Umwandlung der obigen Proportion

$$P_g : P_b = \lambda_{100^\circ} : \lambda'_{100^\circ} \quad (1)$$

in eine Widerstandsformel erhalten wir folgenden Ausdruck:

$$W_{100^{\circ}} - W_{0^{\circ}} = W'_{100^{\circ}} - W'_{0^{\circ}} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

wenn $W_{100^{\circ}}$, $W_{0^{\circ}}$, $W'_{100^{\circ}}$, $W'_{0^{\circ}}$ die beobachteten und berechneten Widerstände bei 100° C. und 0° C. bezeichnen. Denn

$$\frac{P_g}{P_b} = \frac{\lambda_{100^{\circ}}}{\lambda'_{100^{\circ}}};$$

es ist aber

$$P_g = 100 - \frac{\lambda_{100^{\circ}}}{\lambda_{0^{\circ}}} \cdot 100 = \frac{100}{\lambda_{0^{\circ}}} (\lambda_{0^{\circ}} - \lambda_{100^{\circ}}), \text{ und}$$

$$P_b = 100 - \frac{\lambda'_{100^{\circ}}}{\lambda'_{0^{\circ}}} \cdot 100 = \frac{100}{\lambda'_{0^{\circ}}} (\lambda'_{0^{\circ}} - \lambda'_{100^{\circ}}).$$

Bei Substitution dieser Werthe in die obige Gleichung erhalten wir

$$\frac{\lambda'_{0^{\circ}}}{\lambda_{0^{\circ}}} \cdot \frac{\lambda_{0^{\circ}} - \lambda_{100^{\circ}}}{\lambda'_{0^{\circ}} - \lambda'_{100^{\circ}}} = \frac{\lambda_{100^{\circ}}}{\lambda'_{100^{\circ}}},$$

oder

$$\frac{\lambda_{0^{\circ}} - \lambda_{100^{\circ}}}{\lambda_{0^{\circ}} - \lambda'_{100^{\circ}}} = \frac{\lambda'_{0^{\circ}} - \lambda'_{100^{\circ}}}{\lambda'_{0^{\circ}} - \lambda'_{100^{\circ}}},$$

oder

$$\frac{1}{\lambda_{100^{\circ}}} - \frac{1}{\lambda_{0^{\circ}}} = \frac{1}{\lambda'_{100^{\circ}}} - \frac{1}{\lambda'_{0^{\circ}}},$$

was gleich ist

$$W_{100^{\circ}} - W_{0^{\circ}} = W'_{100^{\circ}} - W'_{0^{\circ}} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

da der reciproke Werth der Leitungsfähigkeit den Widerstand des Leiters ausdrückt. Die Gleichung (2) sagt uns daher, *dafs die absolute Differenz zwischen dem beobachteten Widerstande einer Legirung zwischen 0 und 100° C. und dem berechneten Widerstande derselben zwischen 0 und 100° C. gleich ist.*

Schreiben wir die Gleichung (2)

$$W_{100^{\circ}} - W'_{100^{\circ}} = W_{0^{\circ}} - W'_{0^{\circ}} \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

so geht daraus hervor, *dafs die absolute Differenz zwischen dem beobachteten und berechneten Widerstande bei 100° C. gleich ist der absoluten Differenz zwischen dem beobachteten und berechneten Widerstande bei 0° C.*

Die folgende Tab. XIV, XV und XVI zeigen Beispiele dieser Ableitungen aus den drei Gruppen von Legirungen, wobei der Widerstand des Silbers bei 0° C. = 100 angenommen ist.

Tabelle XIV.

Legierung	Volumprocente	W_{100}	W_0	W'_{100}	W'_0	$W_{100}-W_0$	$W'_{100}-W'_0$	$W_{100}-W'_{100}$	$W_0-W'_0$
$\text{Sn}_6 \text{ Pb}$	83,96 Zinn	1193,3	833,3	1207,7	853,2	360,0	354,5	19,9	14,4
$\text{Sn}_4 \text{ Cd}$	83,10 „	966,2	686,8	990,1	699,8	279,4	290,3	23,9	13,0
$\text{Sn}_3 \text{ Zn}$	77,71 „	854,7	597,0	879,5	621,9	257,7	257,6	24,8	24,9
Pb Sn	53,41 Blei	1396,6	986,2	1387,0	980,4	410,4	406,6	9,6	5,8
Zn Cd_2	26,06 Zink	556,5	390,3	563,4	398,4	166,2	165,0	6,9	8,1
Sn Cd_4	23,50 Zinn	651,0	461,7	672,0	474,8	189,3	197,2	21,0	13,1
Cd Pb_6	10,57 Cadmium	1510,6	1092,9	1422,2	1005,0	417,7	417,2	81,4	87,9

Tabelle XV.

Legierung	Volumprocente	W_{100}	W_0	W'_{100}	W'_0	$W_{100}-W_0$	$W'_{100}-W'_0$	$W_{100}-W'_{100}$	$W_0-W'_0$
Blei-Silber	94,64 Blei	1569,9	1126,1	1096,5	755,9	443,8	313,6	500,4	370,2
Blei-Silber	46,90 „	940,7	785,5	248,1	175,4	155,2	72,7	692,6	610,1
Blei-Silber	30,64 „	553,1	457,2	196,7	139,1	95,9	57,6	356,4	318,1
Zinn-Kupfer	93,57 Zinn	1165,5	831,3	786,2	555,6	334,2	230,6	379,3	275,7
Zinn-Kupfer	83,60 „	1065,0	783,7	529,1	374,1	281,3	155,0	535,9	409,6
Zinn-Kupfer	14,91 „	1196,2	1133,8	162,8	115,1	62,4	47,7	1033,4	1018,7
Zinn-Kupfer	12,35 „	1041,6	985,2	158,7	112,2	56,4	46,5	882,9	873,0
Zinn-Kupfer	11,61 „	885,0	826,4	157,6	111,4	58,6	46,2	727,4	715,0
Zinn-Kupfer	6,02 „	559,0	507,1	149,4	105,6	51,9	43,8	409,6	401,5

Tabelle XVI.

Legirung	Volumprocente	W_{100}	W_0	W'_{100}	W'_0	$W_{100}-W'_0$	$W'_{100}-W'_0$	$W_{100}-W'_{100}$	$W_0-W'_0$
Zinn - Kupfer	1,41 Zinn	205,5	160,1	143,3	101,3	44,4	42,0	61,2	58,8
Zinn - Kupfer	42,06 Zinn	523,8	458,9	201,7	124,6	69,9	59,1	322,1	316,3
Zinn - Kupfer	29,45 „	520,6	460,6	178,9	126,5	60,0	52,4	341,7	334,1
Zinn - Kupfer	23,61 „	405,2	353,4	170,0	120,2	51,8	49,8	235,2	233,2
Zinn - Kupfer	10,88 „	258,0	215,1	153,4	108,4	44,9	45,0	104,5	104,7
Zinn - Kupfer	5,03 „	208,6	165,6	146,8	103,8	43,0	43,0	61,8	61,8

Legirung	Volumprocente	W_{100}	W_0	W'_{100}	W'_0	$W_{100}-W'_0$	$W'_{100}-W'_0$	$W_{100}-W'_{100}$	$W_0-W'_0$
Gold - Kupfer	98,63 Gold	228,1	198,2	180,7	127,8	49,9	52,9	47,4	50,4
Gold - Kupfer	81,66 „	271,5	621,9	172,5	122,0	49,6	50,5	499,0	499,9
Gold - Silber	79,86 „	521,4	468,8	171,7	121,4	52,6	50,3	349,7	347,4
Gold - Silber	52,08 „	711,7	665,3	159,8	113,0	46,4	46,8	551,9	552,3
Gold - Silber	19,86 „	403,0	461,2	147,9	104,6	41,8	43,3	355,1	356,6
Gold - Kupfer	19,17 „	530,2	478,6	147,8	104,5	42,6	43,3	382,4	383,1
Gold - Kupfer	0,71 „	160,6	119,0	141,8	100,2	41,6	41,6	18,8	18,8
Platin - Silber	19,65 Platin	1540,8	1492,5	168,6	119,2	48,3	49,2	1372,2	1373,3
Platin - Silber	5,05 „	597,0	554,6	147,6	104,3	42,4	43,3	449,4	450,3
Platin - Silber	2,51 „	356,3	315,1	144,4	102,1	40,2	42,3	211,9	214,0

Was bei Besprechung der Resultate in Tab. XI, XII und XIII gesagt ist, findet natürlich auch hier seine Anwendung. In der Tab. XIV stimmen die Werthe in den Col. $W_{100^{\circ}} - W'_{100^{\circ}}$ und $W_{0^{\circ}} - W'_{0^{\circ}}$ nicht in allen Fällen überein, und wir möchten für den ersten Blick zu der Annahme geneigt seyn, daß das Gesetz hier nicht dieselbe Gültigkeit hätte, wie für die in Tab. XVI aufgeführten Legirungen. Diese Unterschiede sind jedoch unbedeutenden Beobachtungsfehlern in den Widerstandsbestimmungen zuzuschreiben, da ein nur geringer procentischer Unterschied in diesen Zahlen einen sehr beträchtlichen in $W_{100^{\circ}} - W'_{100^{\circ}}$ und $W_{0^{\circ}} - W'_{0^{\circ}}$ veranlassen muß. Werden dagegen die Werthe $W_{100^{\circ}} - W_{0^{\circ}}$ und $W'_{100^{\circ}} - W'_{0^{\circ}}$ in Tab. XIV und XVI unter einander verglichen, so findet man, daß die in Tab. XIV dieselbe Uebereinstimmung zeigen, wie die in Tab. XVI, und daß diese nur mehr in die Augen fallen würde, wenn die Zahlen in $W_{100^{\circ}} - W_{0^{\circ}}$ und $W'_{100^{\circ}} - W'_{0^{\circ}}$ kleiner wären.

Ist

$$W_{100^{\circ}} - W'_{100^{\circ}} = W_{0^{\circ}} - W'_{0^{\circ}}, \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

so können wir annehmen, daß

$$Wt - W't = W_{0^{\circ}} - W'_{0^{\circ}}$$

ist, oder die absolute Differenz zwischen dem beobachteten und berechneten Widerstand einer Legirung ist bei einer jeden Temperatur gleich der absoluten Differenz zwischen dem beobachteten und berechneten Widerstände bei $0^{\circ} C$; oder in anderen Worten

$$Wt - W't = \text{const.} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Tab. XII enthält einige Beispiele, welche die Richtigkeit dieser Folgerung beweisen.

Tabelle XVII.

Cd Pb ₆				Gold - Kupfer - Legirung, enthaltend 0,71 Volumprocente Gold				Gold - Silber - Legirung enthaltend 79,86 Volumprocente Silber			
T	W ¹⁾	W'	Diff.	T	W	W'	Diff.	T	W	W'	Diff.
0	1092,9	1005,0	87,9	0	119,04	100,21	18,83	0	468,71	121,36	347,35
20	1171,0	1083,0	88,0	20	127,11	107,98	19,13	20	479,00	130,77	348,23
40	1253,1	1164,9	88,2	40	135,44	116,16	19,28	40	489,38	140,67	348,71
60	1338,7	1249,8	88,9	60	143,92	124,63	19,29	60	499,93	150,92	349,01
80	1424,5	1335,8	88,7	80	152,38	133,21	19,18	80	510,57	161,31	349,26
100	1510,6	1422,2	88,4	100	160,64	111,76	18,88	100	521,30	171,67	349,63

1) Die unter *W* gegebenen Werthe wurden mit Hülfe der Formeln in Tabelle VII und IX berechnet, und die unter *W'* mit dem mittleren Ausdruck, welcher für die Correction der Leitungsfähigkeit für die meisten reinen Metalle gilt, nämlich:
 $\lambda = 100 - 0,37647t + 0,0008340t^2$.

Ist aber $Wt - W't$ eine Constante (4), so leuchtet ein, daß wir im Stande sind, eine Correctionsformel für den Widerstand oder die Leitungsfähigkeit einer Legirung, deren Zusammensetzung bekannt ist, von einer *einzig* Bestimmung bei einer *beliebigen* Temperatur abzuleiten. Denn da W'_{1000} , W'_{00} und $W't^0$ vermittelst der soeben gegebenen Correctionsformel für die Leitfähigkeit der meisten reinen Metalle berechnet werden können, so ist, wenn die Constante $Wt - W't$ bei irgend einer Temperatur bestimmt ist,

$$W_{1000} = W'_{1000} + \text{const.}$$

$$Wt^0 = W't^0 + \text{const.}$$

$$W_{00} = W'_{00} + \text{const.}$$

Mit Hilfe dieser Daten kann eine Formel für die Correction des Widerstandes und demnach auch der Leitfähigkeit für Temperatur abgeleitet werden, welche in den meisten Fällen der Wahrheit ziemlich nahe kommt. Zur Erläuterung wählen wir folgende Beispiele.

I. *Gold-Silber*-Legirung, hartgezogen, enthaltend 79,86 Volumproc. Gold:

die zuerst beobachtete Leitungsfähigkeit war 21,010 bei 11°,7
 die berechnete Leitungsfähigkeit ist 78,866 " 11°,7
 daher ist der beobachtete Widerstand 475,96 " 11°,7
 und der berechnete 126,80 " 11°,7
 und

$$Wt - W't = (475,96 - 126,80) = 349,16.$$

Der berechnete Widerstand der Legirung

ist		bei 0° = 121,36
do. do.		" 50 = 145,75
do. do.		" 100 = 171,67.

Der wahre Widerstand der Legirung wird daher

seyn	bei 0° = 121,36 + 349,16 = 470,52
do. do.	bei 50 = 145,75 + 349,16 = 494,91
do. do.	bei 100 = 171,67 + 349,16 = 521,83,

oder die Leitungsfähigkeit bei	0°	=	21,253
do. do.	50	=	20,206
do. do.	100	=	19,200.

Aus den letzten Zahlen leiten wir die Formel ab:

$$\lambda = 21,253 - 0,021350 t + 0,000008200 t^2,$$

und nach derselben würde das Leitungsvermögen der Legirung bei 11°,45 21,010 seyn, indessen hatte sich dasselbe nach dreitägigem Erwärmen geändert und war bei dieser Temperatur 21,031. Multipliciren wir daher obige Formel mit $\frac{21,031}{21,010} = 1,001$, so erhalten wir den richtigern Ausdruck

$$\lambda = 21,274 - 0,021371 t - 0,000008208 t^2,$$

und berechnen wir mit Hülfe desselben die Leitungsfähigkeit bei den verschiedenen Temperaturen, so ist der Unterschied zwischen Beobachtung und Berechnung sehr gering.

T:	Leitungsfähigkeit		Differenz
	beobachtet	berechnet	
11,55	21,031	21,031	0,000
26,04	20,698	20,723	—0,025
40,04	20,391	20,421	—0,030
55,26	20,065	20,118	—0,053
67,73	19,806	19,864	—0,058
84,13	19,463	19,534	—0,071
98,45	19,175	19,250	—0,075.

II. Die *Gold-Kupfer-Legirung*, hartgezogen, enthaltend 0,75 Volumproc. Gold, leitet 79,884 bei 15°,3. Die genau in derselben Weise, wie in I. abgeleitete Formel ist $\lambda = 83,843 - 0,26810 t + 0,0005152 t^2$, und aus dieser wird der (wegen der durch mehrtägiges Erhitzen bewirkten Veränderung) richtigere Ausdruck gefunden

$$\lambda = 84,204 - 0,26926 t + 0,0005174 t^2,$$

nach welchen die folgenden Werthe berechnet wurden:

T:	Leitungsfähigkeit		Differenz
	beobachtet	berechnet	
17,27	79,709	79,708	— 0,001
28,98	77,952	78,045	— 0,093
39,55	74,154	74,364	— 0,210
54,20	71,924	71,118	— 0,194
69,26	67,920	68,037	— 0,117
83,86	65,213	65,263	— 0,050
98,78	62,645	62,656	— 0,011

Als letztes Beispiel wählen wir die *Sn-Cd*-Legirung, für welche die Werthe $W_{100} - W'_{100}$ und $W_0 - W'_0$ in Tabelle XIV schlechter übereinstimmen, als in irgend einem andern Falle dieser Tabelle; das folgende Resultat wird beweisen, daß, wie schon angeführt, die Unterschiede in den Werthen durch Beobachtungsfehler veranlaßt sind. — Die zuerst beobachtete Leitungsfähigkeit war 14,259 bei 6°,8. Die wie oben hieraus abgeleitete Formel ist

$$\lambda = 14,641 - 0,055250t + 0,0001158t^2,$$

und die, welche benutzt wurde, um die Leitungsfähigkeiten zu berechnen, damit sie mit den beobachteten verglichen werden können,

$$\lambda = 14,455 - 0,054673t + 0,0001141t^2.$$

T:	Leitungsfähigkeit.		Differenz
	beobachtet	berechnet	
8,72	13,986	13,986	0,000
25,52	13,086	13,134	— 0,045
39,50	12,419	12,473	— 0,054
54,96	11,770	11,795	— 0,025
69,40	11,218	10,211	+ 0,007
84,02	10,733	10,666	+ 0,067
98,85	10,333	10,166	+ 0,167.

Diese Beispiele beweisen zur Genüge, daß unser aufgestelltes Gesetz für die meisten Legirungen, welche aus zwei Metallen bestehen, richtig ist. Wir hätten ebenso gut noch viele andere Legirungen untersuchen können, welche in ihrem Verhalten dem Gesetze gefolgt wären, indessen glaubten wir, daß wenige Bestimmungen mit wenigen Glied-

dern jeder Gruppe seine Gültigkeit für die meisten hinlänglich darthun möchten. Wir sind eher darauf ausgegangen, Ausnahmen zu dem Gesetze als damit übereinstimmende Resultate aufzufinden.

II. Versuche über den Einfluß der Temperatur auf die elektrische Leitungsfähigkeit einiger Legirungen, welche aus drei Metallen bestehen.

Im Verlaufe der vorgehends beschriebenen Experimente wurden wir veranlaßt zu untersuchen, ob der Einfluß der Temperatur auf die Leitungsfähigkeit der aus drei Metallen bestehenden Legirungen sich ebenfalls nach dem angeführten Gesetze bestimme. Tab. XVIII und XIX enthalten die Resultate.

Tabelle XVIII.

1.

Gold - Kupfer - Silber - Legirung, enthaltend in VP 50 Gold, 25 Kupfer und 25 Silber; h .

$$L = 341^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},618.$$

$u\lambda$:	10,6186	bei	$13^{\circ},7$	$r0^{\circ}$	10,5960
$\lambda 1$:	10,6367	"	6,0		10,6681
$\lambda 2$:	10,5855	"	6,7		10,6232

T	λg	λb	d
10,75	10,5637	10,5617	+ 0,0020
33,52	10,4341	10,4346	— 0,0005
55,15	10,3130	10,3148	— 0,0018
78,35	10,1846	10,1873	— 0,0027
97,52	10,0857	10,0828	+ 0,0029
$\lambda = 10,6220 - 0,0056248t + 0,0000009863t^2.$			

2.

Gold - Kupfer - Silber - Legirung, enthaltend in VP 40,67 Gold, 39,81 Kupfer und 19,52 Silber; h .

$$L = 532^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},625.$$

$u\lambda$:	12,007	bei	$15^{\circ},1$	$r0^{\circ}$	12,109
$\lambda 1$:	11,978	"	15,5		12,083
$\lambda 2$:	11,915	"	16,5		12,026
$\lambda 3$:	11,914	"	15,9		12,020

T	λ
9,0	11,956
54,5	11,647
100,0	11,438

$$\lambda = 12,017 - 0,0069033t + 0,00001111t^2.$$

3.

Gold - Kupfer - Silber - Legirung, enthaltend in VP 3,67 Gold,
83,32 Kupfer und 13,01 Silber; λ .

$$L = 764 \text{ mm}; \quad D = 0 \text{ mm}, 553.$$

λ	bei	$18^{\circ}, 4$	44,272
$\lambda 1$	"	$17^{\circ}, 1$	44,348
$\lambda 2$	"	$18^{\circ}, 2$	44,424
$\lambda 3$	"	$17^{\circ}, 0$	44,395

T	λ
11,0	43,591
55,5	40,330
100,0	37,560

$$\lambda = 44,472 - 0,081525t + 0,0001240t^2.$$

Tabelle XIX.

Legirung	Volumpro- cente	Leitungsfähigkeit bei 100°		Procentische Ab- nahme	
		beob.	berechn.	beob.	berechn.
Gold - Kupfer - Silber	(50 Au 25 Cu 25 Ag	10,14	62,89	5,20	4,72
do.	(40,67 Au 39,81 Cu 19,52 Ag				
do.	(3,67 Au 83,32 Cu 13,01 Ag	37,39	70,09	15,54	15,63
do.	(12,84 Ni 36,57 Zn 50,59 Cu				
Argentan ¹⁾		7,46	44,44	4,39	4,93

Die Werthe in Tab. XIX zeigen, dafs das Gesetz wahrscheinlich für die meisten dieser Legirungen ebenfalls gültig ist. Nur über eine dieser Legirungen mögten wir noch einige Worte sagen, nämlich über die Kupfer-Nickel-Zink-Legirung, oder das Argentan. Diese ist mit Rücksicht auf den geringen Einfluß der Temperatur auf ihre Leitungsfähigkeit schon seit langer Zeit für die Anfertigung von Normalwiderstandsmaafsen usw in Gebrauch gewesen. Es ist

1) Die Zusammensetzung wurde durch Analyse ermittelt. Von diesem Drahte waren alle unsere Normalwiderstände dargestellt. Nach früheren Bestimmungen ist die Formel für die Leitungsfähigkeit für Temperatur:

$$\lambda = 7,803 - 0,0034619t + 0,0000003951t^2.$$

ein bemerkenswerther Umstand, daß die Leitungsfähigkeit dieser käuflichen Legirung zwischen 0° und 100° C. um weniger erniedrigt wird, als von irgend einer andern bekannten Legirung. Im Laufe unserer Untersuchung sind uns nämlich nur die folgenden begegnet, deren procentische Abnahme in der Leitungsfähigkeit eine geringere ist, als die des Argentans:

Die Leitungsfähigkeit der *Platin-Silber*-Legirung,
enthaltend 19,65 Volumproc. Platin, vermindert sich zwischen 0 und 100° C. um . . . 3,10 Proc.
die Leitungsfähigkeit der *Palladium-Silber*-Legirung, enthaltend 23,28 Volumproc. Palladium, vermindert sich zwischen 0 und 100° C. um 3,40 "
die Leitungsfähigkeit der *Eisen-Gold*-Legirung, enthaltend 10,96 Volumproc. Eisen, vermindert sich zwischen 0 und 100° C. um . . . 3,84 "
die Leitungsfähigkeit von Argentan vermindert sich zwischen 0 und 100° C. um . . . 4,39 "

III. Ueber eine Methode, die Leitungsfähigkeit eines reinen Metalles aus der des unreinen abzuleiten.

Dieser Theil unserer Abhandlung ist eine wichtige Folgerung aus dem Gesetze: $P_g : P_b = \lambda_{100^{\circ}} : \lambda'_{100^{\circ}}$. Denn berücksichtigen wir bei Betrachtung der zwei letzten Glieder der Proportion, daß ein geringer Zusatz eines fremden Metalles gar keinen, oder einen nur sehr geringen Einfluß auf $\lambda'_{100^{\circ}}$ hat, während derselbe auf $\lambda_{100^{\circ}}$ ein sehr beträchtlicher ist, so können wir auch die Gleichung schreiben $P : P' = M_{100^{\circ}} : M'_{100^{\circ}}$, wenn P und P' die beobachtete procentische Abnahme in der Leitungsfähigkeit des unreinen und reinen Metalles zwischen 0 und 100° C. und $M_{100^{\circ}}$ und $M'_{100^{\circ}}$ die Leitungsfähigkeit bei 100° C. bezeichnen. In den meisten Fällen hat P' den Werth von 29,307. Wir können daher das Gesetz in Worten folgendermaßen ausdrücken:

Die procentische Abnahme in der Leitungsfähigkeit eines unreinen Metalles zwischen 0 und 100° C. verhält sich

zu der des reinen Metalles zwischen 0 und 100° C. wie die Leitungsfähigkeit des unreinen Metalles bei 100° C. zu der des reinen Metalles bei 100° C.

Wir wählen von den in Tab. XII und XIII gegebenen Beispielen die folgenden Legirungen aus, um zu zeigen, daß eine geringe Beimengung eines fremden Metalles keinen Einfluß auf den Werth λ'_{100} ausübt, so daß er gleich M_{100} angesehen werden möge.

T a b e l l e XX.

Legirung.	Volumprocente.	Leitungsfähigkeit bei 100°		
		beobachtet.	berechnet.	
Zinn - Kupfer, hartgezogen	1,41 Sn	48,89	69,78	} Reines Kupfer leitet bei 100° 70,27
Zinn - Kupfer, „	5,03 Zn	47,93	68,13	
Gold - Kupfer, „	1,37 Cu	43,85	55,33	Reines Gold leitet bei 100° 55,90
Gold - Kupfer, „	0,71 Au	62,25	70,54	Reines Kupfer leitet bei 100° 70,27
Platin - Silber, „	2,51 Pt	28,07	69,24	Reines Silber leitet bei 100° 71,53
Kupfer - Silber, „	1,65 Ag	65,81	70,66	Reines Kupfer leitet bei 100° 70,27

Bei den meisten käuflichen Metallsorten ist die Menge der Verunreinigung eine so bedeutend geringere, als in den Beispielen der obigen Tabelle, dafs der Einflufs auf λ'_{100° ganz und gar vernachlässigt werden kann. Wir führen in Tab. XXI und XXII einige Resultate an, welche wir mit solchen verunreinigten Metallen erhalten haben, deren Leitungsfähigkeit im reinen Zustande bekannt ist.

Tabelle XXI.

1.

Gold, enthaltend Spuren von Silber; h . $L = 1564\text{mm}$; $D = 0^{\text{mm}},525$.

		r_{00}
$u\lambda$:	69,612 bei $10^\circ,2$	72,056
$\lambda 1$:	70,069 » $10^\circ,4$	72,578
$\lambda 2$:	69,274 » $13^\circ,8$	72,578

T	λ
15,0	68,969
57,5	60,179
100,0	53,387

$$\lambda = 72,548 - 0,24692t + 0,0005531t^2.$$

2.

Kupfer, enthaltend Spuren von Zinn; h . $L = 2008\text{mm}$; $D = 0^{\text{mm}},518$.

		r_{00}
$u\lambda$:	88,357 bei $12^\circ,8$	92,503
$\lambda 1$:	88,690 » $12^\circ,6$	92,786
$\lambda 2$:	89,589 » $10^\circ,1$	92,894

T	λ
11,0	89,319
55,5	76,619
100,0	66,883

$$\lambda = 92,912 - 0,33482t + 0,0007433t^2.$$

3.

Kupfer, enthaltend Spuren von Zink; h . $L = 1992\text{mm}$; $D = 0^{\text{mm}},577$.

		r_{00}
$u\lambda$:	81,306 bei $18^\circ,2$	86,490
$\lambda 1$:	83,185 » $12^\circ,8$	86,896
$\lambda 2$:	83,021 » $12^\circ,8$	86,725

T	λ
13,0	82,960
56,5	72,071
100,0	63,786

$$\lambda = 86,719 - 0,29814t + 0,0006881t^2.$$

4.

Kupfer, käuflich, enthaltend Spuren von Fe, Ni, Pb, Cu₂O; *h*

$$L = 2091^{\text{mm}}; \quad D = 0,516.$$

$u\lambda$	bei	$16^{\circ},6$	r_{00} 78,023
$\lambda 1$	74,610	" 16 ,2	78,350
$\lambda 2$	74,563	" 16 ,8	78,441
$\lambda 3$	74,283	" 18 ,0	78,427

T	λ
12,0	75,668
56,0	66,584
100,0	59,351

$$\lambda = 78,467 - 0,23896t + 0,0004780t^2.$$

5.

Kupfer, enthaltend dieselben Verunreinigungen wie 4; *h*.

$$L = 2246^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},549.$$

$u\lambda$	bei	$16^{\circ},8$	r_{00} 78,705
$\lambda 1$	74,958	" 16 ,4	78,921
$\lambda 2$	74,946	" 16 ,6	78,958
$\lambda 3$	74,576	" 18 ,2	78,958

T	λ
13,0	75,979
56,5	66,738
100,0	59,633

$$\lambda = 79,155 - 0,25166t + 0,0005644t^2.$$

6.

Kupfer, käuflich, enthaltend Spuren von Pb, Fe, Sb, Cu₂O; *h*.

$$L = 3010^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},606.$$

$u\lambda$	bei	$16^{\circ},9$	r_{01} 94,896
$\lambda 1$	89,241	" 17 ,4	95,118
$\lambda 2$	89,524	" 16 ,5	95,109

T	λ
10,0	91,849
55,0	78,402
100,0	68,324

$$\lambda = 95,294 - 0,35287t + 0,0008319t^2$$

7.

Silber, enthaltend Spuren von Blei; λ .

$$L = 1473^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},513.$$

		r_{00}
$u\lambda$:	64,909 bei $13^{\circ},6$	66,997
$\lambda 1$:	65,957 " $14^{\circ},6$	68,235
$\lambda 2$:	66,404 " $13^{\circ},6$	68,539
$\lambda 3$:	66,801 " $11^{\circ},4$	68,529

T	λ
12,0	66,543
56,0	60,264
100,0	54,987

$$\lambda = 68,429 - 0,16030t + 0,0002588t^2.$$

8.

Silber, enthaltend Spuren von Zinn; λ .

$$L = 2025^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},575.$$

		r_{00}
$u\lambda$:	71,427 bei $13^{\circ},6$	73,964
$\lambda 1$:	72,668 " $13^{\circ},8$	75,287
$\lambda 2$:	72,735 " $13^{\circ},7$	75,338

T	λ
14,0	72,696
57,0	65,305
100,0	59,085

$$\lambda = 75,355 - 0,19437t + 0,0003167t^2.$$

9.

Silber, enthaltend Spuren von Gold; λ .

$$L = 1780^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},648.$$

		r_{00}
$u\lambda$:	70,847 bei $10^{\circ},4$	72,717
$\lambda 1$:	71,203 " $11^{\circ},3$	73,249
$\lambda 2$:	70,951 " $13^{\circ},5$	73,389
$\lambda 3$:	70,929 " $13^{\circ},5$	73,366

T	λg	λb	d
14,37	70,763	70,746	+ 0,017
24,21	69,036	69,044	- 0,009
39,25	66,531	66,555	- 0,024
54,43	64,172	64,179	- 0,007
69,51	61,977	61,954	+ 0,023
84,30	59,923	59,905	+ 0,018
98,60	58,028	58,047	- 0,019

$$\lambda = 73,336 - 0,18447t + 0,0002982t^2.$$

10.

Silber, enthaltend sehr geringe Spuren von Arsen; λ

$$L = 1298^{mm}; \quad D = 0^{mm},376.$$

μ	λ	bei $14^{\circ},0$	$88,931$
λ	1:	$86,795$	» $9,0$ $89,285$
λ	2:	$87,881$	» $7,4$ $89,949$
λ	3:	$87,097$	» $10,0$ $89,869$

T	λ
$11,0$	$87,029$
$55,5$	$76,185$
$100,0$	$67,767$

$$\lambda = 90,084 - 0,28442t + 0,0006125t^2.$$

Tabelle XXII.

Metall	Vernreinigung	Beob. proc. Abnahme in der Leitungsfähigkeit zwisch. 0 bis 100°	Beobachtet bei 0°	Berechn. für das reine Metall bei 0°
Blei	Bi	27,66	7,86	8,53
Zinn	Cu	82,71	12,03 ¹⁾	12,29
Zinn	Ag	30,00	12,39 ¹⁾	11,98
Gold, hartgezogen	Cu	21,87	56,12 ¹⁾	83,11
Gold, »	Ag	26,41	72,06	83,24
Kupfer, »	Sn	28,04	92,50	98,42
do. »	Zn	26,44	86,49	99,75
do. »	Au	25,90	84,01 ²⁾	99,64
do. »	Ag	26,50	89,54 ²⁾	102,95
do. »	Fe, Ni, Pb, Cu ₂ O	24,36	78,02	100,43
do. »	do.	24,66	78,70	99,67
do. »	Pb, Fe, Sb, Cu ₂ O	28,30	94,90	99,67
Silber, »	Pb	19,64	67,00	113,64
do. »	Sn	21,59	73,69	111,33
do. »	Au	21,09	72,72	112,79
do. »	Cu	23,17	80,28 ²⁾	110,39
do. »	Cu	26,51	97,71 ²⁾	112,28
do. »	geringe Spuren As	24,77	88,93	111,95

Bei einer Vergleichung der beobachteten und berechneten Leitungsfähigkeiten in Tab. XXII fällt es in die Augen, daß die für ein und dasselbe Metall berechneten Leitungsfähigkeiten unter einander sehr nahe übereinstimmen, während die beobachteten in manchen Fällen um mehr als

1) Aus Tabelle XII.

2) Aus Tabelle XIII.

20 Proc. variiren, und dafs die für Gold und Silber abgeleiteten Leitungsfähigkeiten viel höher als die durch den Versuch gefundenen sind; wenn wir indessen auf die Abhandlung » Ueber den Einfluß der Temperatur auf die Leitungsfähigkeit der Metalle, Tab. XVII« blicken, so finden wir für die procentische Abnahme von Silber 28,44, von Kupfer 29,69, von Gold 28,30, von Zinn 29,89, von Blei 29,61 Proc. Benutzen wir nun diese Werthe zur Berechnung der Leitungsfähigkeit anstatt des Mittels der für die reinen Metalle gefundenen Zahlen (29,307), so gelangen wir zu weit besseren Resultaten. In Tab. XXIII haben wir die Mittel der auf beide Weisen abgeleiteten Leitungsfähigkeiten zusammengestellt.

Tabelle XXIII.

Metall	Leitungsfähigkeit bei 0°			
	abgeleitet vom unreinen Metall mit Hülfe von 29,307	beobachtet für das Metall		abgeleitet vom unreinen Metall mit Hülfe der beob. proc. Abnahme
		hartgezogen	weich	
Blei	8,53	8,32		8,65
Zinn	12,19	12,39		12,54
Gold	83,17	77,96	79,33	79,19
Kupfer	100,08	99,95	102,21	101,45
Silber	112,06	100,00	108,57	107,43

Die in der letzten Columnne gegebenen Werthe wurden auf folgende Weise erhalten: Der mittlere abgeleitete Werth für die Leitungsfähigkeit des Goldes bei 0° C. z. B. war 83,17 bei der Annahme, dafs die procentische Abnahme in der Leitungsfähigkeit zwischen 0 bis 100° C. 29,307 Proc. betrage; dieselbe wurde indessen nur zu 28,30 gefunden. Um daher ein genaueres Resultat zu erhalten, müssen wir den berechneten Werth corrigiren mit Hülfe der Proportion $P : P = M_{100} : M'_{100}$; $M_{100} = \frac{83,17 \cdot 70,693}{100} = 58,80$. Wir erhalten dann $29,307 : 28,30 = 58,80 : M'_{100}$, oder $M'_{100} = 56,78$, und für die abgeleitete berechnete Leitungsfähigkeit

bei 100° C. $\frac{56,77}{71,7} \cdot 100 = 79,20$. — Reduciren wir die übrigen Zahlen auf dieselbe Weise, so finden wir, daß diese Werthe dieselben sind, welche der Versuch für weiche Drähte der betreffenden Metalle ergeben hat. Diese Uebereinstimmung kann in der That nicht ein bloßer Zufall seyn, und wir müssen daher annehmen, daß die Werthe, welche wir vermittelst des Gesetzes für die Leitungsfähigkeit ableiten, für weiche Drähte gelten, selbst wenn hartgezogene Drähte zum Versuche gedient haben. Welche Werthe wir für die Leitungsfähigkeit erhalten würden, wenn wir uns weicher Drähte von unreinen Metallen bedienten, können wir gegenwärtig nicht angeben, da wir keine Versuche in dieser Richtung angestellt haben; wir müssen indessen daran erinnern, daß der Einfluß des Weichmachens auf die Leitungsfähigkeit der Legirungen ein sehr geringer ist, so daß wir kaum eine erhebliche Differenz finden würden, ob wir die Werthe von hartgezogenen oder weichen Drähten herleiten würden. Wir halten auch hier die in einem früheren Theil dieser Untersuchung gemachte Annahme aufrecht, daß die procentische Abnahme in der Leitfähigkeit von hartgezogenen und weichen Drähten dieselbe ist.

Nachdem wir so gezeigt haben, daß wir mit Hülfe des Ausdrucks $P: P' = M_{1000}; M'_{1000}$ die Leitungsfähigkeit für das reine Metall aus der des unreinen ableiten können, sobald die erstere um nicht mehr als um 20 bis 30 Proc. herabgedrückt ist — über diese Gränzen hinaus hat das Gesetz keine Gültigkeit mehr — wollen wir in den folgenden beiden Tabellen einige Versuche an unreinen Metallen mittheilen, wo die Leitungsfähigkeit des Metalles im reinen Zustande bis jetzt noch nicht bestimmt worden ist.

Tabelle XXIV.

1.

Platin, käuflich; h . $L = 371^{\text{mm}}$; $D = 0^{\text{mm}},614$.

		r_{00}
$u\lambda$:	11,209 bei $16^{\circ},6$	11,720
$\lambda 1$:	11,212 „ $15^{\circ},6$	11,692
$\lambda 2$:	11,174 „ $16^{\circ},7$	11,687
$\lambda 3$:	11,159 „ $16^{\circ},8$	11,674

T	λ
9,0	11,427
54,5	10,172
100,0	9,197

$$\lambda = 11,708 - 0,031875t + 0,00006762t^2.$$

2.

Platin, käuflich; hartgezogen.

 $L = 209^{\text{mm}}$; $D = 0^{\text{mm}},243$.

		r_{00}
$\lambda 1$:	11,039 bei $17^{\circ},0$	11,527
$\lambda 2$:	11,038 „ $17^{\circ},3$	11,535
$\lambda 3$:	11,022 „ $17^{\circ},6$	11,527

T	λ
11,0	11,239
55,5	10,072
100,0	9,141

$$\lambda = 11,530 - 0,029721t + 0,00005827t^2.$$

3.

Palladium, käuflich; h . $L = 167^{\text{mm}},5$; $D = 0^{\text{mm}},379$.

		r_{00}
$u\lambda$:	13,230 bei $18^{\circ},4$	13,991
$\lambda 1$:	13,295 „ $17^{\circ},5$	14,022
$\lambda 2$:	13,322 „ $16^{\circ},9$	14,025

T	λ
9,0	13,645
54,5	11,954
100,0	10,658

$$\lambda = 14,026 - 0,043225t + 0,00009540t^2.$$

4.

Palladium, käuflich; h . $L = 218^{\text{mm}}$; $D = 0^{\text{mm}},409$.

		r_{00}
$u\lambda$:	12,091 bei $17^{\circ},2$	12,678
$\lambda 1$:	12,087 „ $17^{\circ},6$	12,684

T	λ
10,0	12,357
55,0	10,978
100,0	9,898

$$\lambda = 12,704 - 0,035443t + 0,00007383t^2.$$

5.

Magnesium, käuflich.

$$L = 717^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},497.$$

T	λ
15,0	34,912
57,5	30,312
100,0	26,922

$$\lambda = 36,825 - 0,13252t + 0,0003349t^2.$$

6.

Magnesium, käuflich.

$$L = 628^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},436$$

λ	bei	$r0^0$
$u\lambda$: 38,026	11°,0	39,662
$\lambda 1$: 37,963	" 12 ,2	39,739
$\lambda 2$: 37,918	" 12 ,6	39,751
T	λ	
13,0	37,881	
56,5	32,442	
100,0	28,347	

$$\lambda = 39,765 - 0,14971t + 0,0003351t^2.$$

7.

Aluminium, käuflich von Bell brothers in Newcastle; h.

$$L = 1351^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},511.$$

λ	bei	$r0^0$
$u\lambda$: 50,804	17°,4	54,073
$\lambda 1$: 51,079	" 16 ,4	54,210
$\lambda 2$: 51,146	" 15 ,7	54,145
$\lambda 3$: 51,035	" 16 ,4	54,163

T	λ
12,0	51,910
56,0	44,542
100,0	38,938

$$\lambda = 54,225 - 0,19843t + 0,0004556t^2.$$

8.

Aluminium-Nickel Legirung, mit $\frac{1}{2}$ Proc. Nickel; h.

$$L = 745^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},415.$$

λ	bei	$r0^0$
$u\lambda$: 44,597	15°,9	46,950
$\lambda 1$: 44,786	" 15 ,3	47,043
$\lambda 2$: 45,044	" 13 ,6	47,071

T	λ
14,0	44,986
57,0	39,325
100,0	34,785

$$\lambda = 47,072 - 0,15321t + 0,0003037t^2.$$

Tabelle XXV.

Metall	Beob. proc. Abnahme zwischen 0 bis 100°	beobachtet bei 0°	berechnet bei 0°	Mittel
Platin (1)	21,45	11,72	17,76	18,03
do. (2)	20,73	11,53	18,28	
Palladium (3)	24,01	13,99	18,35	18,44
do. (4)	22,09	12,68	18,54	
Magnesium (5)	26,89	36,82	41,50	40,17
do. (6)	28,72	39,66	40,85	
Aluminium (7)	28,19	54,07	57,01	56,06
do. (8)	26,10	46,95	55,12	

In Tab. XXVI folgt eine Zusammenstellung der Leitungsfähigkeit der reinen Metalle; die mit * bezeichneten sind von dem unreinen Metalle abgeleitet, und wir wollen dieselben wahrscheinliche Werthe für weiche Drähte nennen.

Tabelle XXVI.

Metall	Leitungsfähigkeit bei 0° C.	
	hartgezogen	weich geprefst
Silber	100,00	108,57
Kupfer	99,95	102,21
Gold	77,96	79,33
Aluminium		* 56,06
Magnesium		* 41,17
Zink	29,02	
Cadmium	23,72	
Palladium		• 18,44
Platin		• 18,03
Kobalt ¹⁾		• 17,22
Eisen ¹⁾		* 16,81
Nickel ¹⁾		• 13,11
Zinn	12,36	
Thallium ¹⁾	9,16	
Blei	8,32	
Arsen	4,76	
Antimon	4,62	
Wismuth	1,245	
Gold-Silber-Legirung	15,03	

Es ist wohl kaum nöthig hinzuzufügen, daß sich ebenso gut eine Correctionsformel der Leitungsfähigkeit für Temperatur für das unreine Metall aus einer einzigen Bestim-

1) Pogg. Ann. Bd. CXVIII, S. 437.

mung ableiten läßt, indem man für λ'_{1000} die Leitungsfähigkeit des weichen Metalles benutzt, als in den Fällen, wo die Zusammensetzung bekannt ist. Dies ist von praktischer Wichtigkeit bei Prüfung der Kupferdrähte für Telegraphen, da auf diese Weise eine Correctionsformel für Temperatur leicht aufgestellt werden kann, natürlich auch dies nur innerhalb der oben angeführten Gränzen. Denn es ist schon früher einmal darauf aufmerksam gemacht, daß der Widerstand der Metalle im Handel je nach ihrer Reinheit sehr variirt; für das Metall z. B., welches *Rio-Tinto-Kupfer* genannt wird, wurden folgende Leitungsfähigkeiten gefunden:

$$L = 398^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},331.$$

	r_{00}	
$\alpha 1$: 13,480 bei	16°,1	13,622
$\lambda 1$: 13,437 »	16 ,6	13,586
$\lambda 2$: 13,442 »	14 ,9	13,573
$\lambda 3$: 13,420 »	15 ,7	13,558
$\lambda 4$: 13,418 »	16 ,0	13,558
	T	λ
	14,67	13,429
	57,33	13,064
	100,0	12,713

$$\lambda = 13,558 - 0,0088326t + 0,000003844t^2.$$

entsprechend einer procentischen Abnahme von nur 6,23 Proc., während reines Kupfer 29,69 Proc. an seiner Leitungsfähigkeit zwischen 0 bis 100° C. verliert.

IV. Verschiedene und allgemeine Bemerkungen.

Nachdem wir im Vorhergehenden die in dieser Untersuchung erhaltenen Resultate mitgetheilt haben, bleibt es uns noch übrig, dieselben durch einige Bemerkungen zu vervollständigen.

1) Keine Legirung zeigt in ihrer Leitungsfähigkeit einen größern procentischen Verlust, als eins der reinen Metalle, aus denen sie besteht. Wenn wir in Tab. XI, XII, XIII mehreren Beispielen begegnen, welche diesem Satze scheinbar widersprechen, so sind die Unterschiede so unerheblich, daß sie ohne Zweifel Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden müssen, zumal, da die Differenzen nicht grö-

fer sind, als die, welche für verschiedene Drähte desselben reinen Metalles erhalten worden sind.

2) Die Leitungsfähigkeit der Legirungen nimmt mit steigender Temperatur ab. — Dieser Satz ist nicht für alle Legirungen absolut gültig, da wir schon gefunden haben, daß die Wismuthlegirungen theilweise eine Ausnahme machen. Die Resultate unserer Beobachtungen geben wir in Tab. XXVII.

Tabelle XXVII.

1.

BiPb₁₀₀ Legirung, enthaltend 2,27 VP Wismuth.

$$L = 243^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},512.$$

$u\lambda$:	7,697 bei 14°,5	8,090
λl :	7,715 „ 14 ,1	8,099

T	λ
15,0	7,693
57,5	6,675
100,0	5,860

$$\lambda = 8,101 - 0,028027t + 0,00005619t^2.$$

Die früher gefundene Leitungsfähigkeit war 7,03 bei 24,0 reducirt auf 0°:
7,633.

2.

BiPb₁₀ Legirung, enthaltend 18,85 VP Wismuth.

$$L = 122^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},673.$$

$u\lambda$:	4,4167 bei 15°,6	4,5791
λl :	4,4479 „ 10 ,6	4,5586
$\lambda 2$:	4,4378 „ 11 ,6	4,5577
$\lambda 3$:	4,4285 „ 12 ,6	4,5587

T	λg	λb	d
12,95	4,4240	4,4226	+ 0,0014
24,57	4,3042	4,3064	— 0,0022
37,95	4,1769	4,1776	— 0,0007
54,40	4,0278	4,0268	+ 0,0010
69,48	3,8973	3,8961	+ 0,0012
82,88	3,7864	3,7859	+ 0,0005
94,43	3,6942	3,6954	— 0,0012

$$\lambda = 4,5576 - 0,010607t + 0,00001563t^2.$$

Die früher gefundene Leitungsfähigkeit war 4,35 bei 20°,9 reducirt auf 0°:
4,565.

3.

BiPb₂ Legirung, enthaltend 53,74 Procent Wismuth.

$$L = 224^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},643.$$

<i>T</i>	λ	
96,6	1,8543	} am ersten Tage
16,5	2,0385	
12,5	2,0348	
12,5	2,0296	} am zweiten Tage
93,8	1,8539	
97,0	1,8708	
12,8	2,0683	} am dritten Tage
10,5	2,0277	
97,8	1,8617	
93,8	1,8848	} am vierten Tage
11,7	2,0831	

Die in einer frühern Untersuchung beobachtete Leitungsfähigkeit war 2,09 bei 22°,2.

4

BiSn₃ Legirung, enthaltend 25,04 VP Wismuth.

$$L = 194^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},713.$$

<i>T</i>	λ	
94,8	5,3564	} am ersten Tage
88,4	5,5696	
11,6	6,7776	
7,5	7,6698	
89,5	5,6474	} am zweiten Tage
92,9	5,3921	
12,3	6,7511	
10,3	7,6086	

In einer frühern Untersuchung wurde die Leitungsfähigkeit zu 7,82 bei 21°,9 gefunden.

5.

Bi₄Pb Legirung, enthaltend 90,28 VP Wismuth.

$$L = 90^{\text{mm}},5; \quad D = 0^{\text{mm}},689.$$

<i>T</i>	λ	
10,3	0,5299	} am ersten Tage
94,4	0,5616	
94,1	0,5654	
13,3	0,5439	
10,0	0,5402	} am zweiten Tage
94,6	0,5682	
13,3	0,5437	
6,7	0,5413	
93,8	0,5682	} am dritten Tage
94,0	0,5682	
9,6	0,5430	

In einer frühern Untersuchung wurde die Leitungsfähigkeit zu 0,521 bei 20°,0 gefunden.

Während wir über die unter 1) und 2) in dieser Tabelle gegebenen Resultate hinweggehen können, bedürfen die unter 3), 4) und 5) einiger Worte Erklärung. Bei Untersuchung eines Drahtes der BiPb_2 -Legirung bemerkten wir Anfangs nichts besonders Auffallendes; aber nachdem wir in der Bestimmungsreihe bei verschiedenen Temperaturen zu 100°C. aufgestiegen waren, und dann wieder zu niedrigeren Temperaturen herabgingen, fanden wir, daß die Widerstände von den beim Aufsteigen beobachteten bei derselben Temperatur verschieden waren. Zuerst glaubten wir, daß ein schlechtes Anlöthen des Drahtes die Ursache seyn möchte, aber dieselben Resultate stellten sich später heraus, nachdem der Draht von Neuem gelöthet war. In 3), Tab. XXVII, wurde bei $96^\circ,6 \text{ C.}$ die Leitfähigkeit zu 1,8543 gefunden, nach schnellem Abkühlen bei $16^\circ,5$ zu 2,0386. Am folgenden Morgen hatte sich dieselbe indessen auf 2,0346 bei $12^\circ,5 \text{ C.}$ erniedrigt, da der Draht bei der niedrigeren Temperatur hätte besser leiten sollen. Am dritten Morgen finden wir die Leitfähigkeit noch geringer, und dann wieder nach ungefähr 1 stündigem Erhitzen und schnellem Abkühlen zu 2,0683 bei $12^\circ,8 \text{ C.}$, worin sich abermals eine Verbesserung kundgiebt. Am vierten Morgen war die Leitungsfähigkeit wieder zu 2,0275 bei 10° C. gesunken, und nach erneutem Erhitzen auf 100° C. für 5 Stunden war sie endlich nach schnellem Abkühlen wieder auf 2,0831 bei $11^\circ,7$ gestiegen. — Es muß deshalb auf die Wismuthlegirungen irgend eine störende Einwirkung stattfinden, entweder in der einen, oder in der andern Richtung, da sich bei Untersuchung von Wismuth-Zinn-Legirungen ein entgegengesetzter Einfluß ergab. Dieser Einfluß muß ein so bedeutender seyn, daß es erscheint, als ob die Leitungsfähigkeit der Bi_4Pb Legirung mit steigender Temperatur zunehme. Andere Wismuth-Blei-Legirungen mit reicherem Wismuthgehalte zeigen dieselbe Erscheinung. Aus Mangel an Zeit haben wir bis jetzt noch nicht diese merkwürdige Eigenschaft der Wismuthlegirungen gründlich studiren können, aber wir hoffen dies in Kurzem nachzuholen und viel-

leicht die Ursache dieser bemerkenswerthen Ausnahme zu dem Gesetze herauszufinden, daß die Leitungsfähigkeit aller Legirungen mit Zunahme der Temperatur abnimmt.

3) Wir sind nicht im Stande, gegenwärtig etwas Bestimmtes über den Antheil zu sagen, welchen die Metalle an der Leitungsfähigkeit ihrer Legirungen nehmen; zu einer Zeit glaubten wir, dieselbe mit Hülfe der in dieser Abhandlung mitgetheilten Resultate ableiten zu können. Es ist kaum nothwendig zu sagen, daß wir in vielen Fällen die Zusammensetzung der Legirung aus der Gleichung $P_s : P_s = \lambda_{100} : \lambda'_{100}$ berechnen können. Denn da P_s und λ_{100} bestimmt werden können, P_s bekannt ist (29,307), so können wir λ'_{100} und hieraus die relativen Volumina der componirenden Metalle berechnen, da $\lambda'_{100} = \frac{xL + (100-x)L'}{100}$ ist, wenn x die Volumproc. des reinen Metalles, L und L' die resp. Leitfähigkeiten der Metalle bei 100° C. bezeichnen. So ist z. B. die Leitungsfähigkeit der Gold-Silber-Legirung bei 100° C. 14,05, ihre procentische Abnahme 6,49; daher

$$\begin{aligned}\lambda'_{100} &= \frac{29,307 \cdot 14,05}{6,49} = 63,45, \text{ und} \\ 63,45 &= \frac{71,56^1)x + (100-x)55,90^1}{100} \text{ oder} \\ 755 &= 15,66x; \quad x = 48,20.\end{aligned}$$

Das wirklich hinzugefügte Silber betrug 47,92 Volumproc. — Ferner, die Platin-Silber-Legirung, enthaltend 19,65 Volumproc. Platin, leitet 6,49 bei 100° C., und ihre procentische Abnahme beträgt 3,10 Proc. Wir berechnen auf dieselbe Weise ihren Silbergehalt zu 82,66 anstatt zu 80,35 Volumprocente. Wollten wir die für weiche Drähte gefundenen Werthe in die Rechnung einführen, so würden die Unterschiede größer sein. Nur in den Fällen stimmen die Werthe mit der Analyse gut überein, wenn die Beobachtungsfehler sehr gering gewesen sind, da die letzteren

1) Beobachtete Leitungsfähigkeit für Silber und Gold bei 100° C. Pogg. Ann. Bd. CXV, S. 363 und 370.

einen bedeutenden Einfluss auf die Rechnung ausüben. Würden wir z. B. für die Leitungsfähigkeit der Gold-Silber-Legirung bei 100° C. 14,20 anstatt 14,05 gebrauchen, so würden 52,49 anstatt 48,20 Volumproc. Silber hieraus berechnet werden.

4) Wir möchten hier in wenigen Worten anführen, in welcher Weise wir bestimmen, ob ein Metall zu der Blei-, Zinn- usw. Gruppe, oder zu der Gold-, Silber- usw. Gruppe gehört. Zu diesem Zwecke ist es nur nothwendig, das Metall mit Spuren von Blei, Zinn usw. zu legiren, und wenn die resultirende Leitungsfähigkeit dann dieselbe ist, als das sich aus dem Componenten berechnende Mittel, so sagen wir, dafs das Metall zu der Classe Blei usw. gehört; findet das Gegentheil statt, leitet die Legirung schlechter als das Mittel der Componenten, so zählen wir das Metall zur Classe Gold, Silber usw. Eine Ausnahme zu dieser Regel bilden nur die an Quecksilber reichen Amalgame. — Als Beispiel führen wir in Tab. XXVIII zwei Legirungen des neuen Metalles Thallium an, welche beweisen, dafs dasselbe zur Classe Gold, Silber usw. gehört.

Tabelle XXVIII.

1.

Thallium, mit 5 Gewichtsprocenten Zinn legirt.

$$L = 188^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},443.$$

	μ	λ	σ
	bei		
$\mu 1$:	8,196	bei 12°,6	8,522
$\mu 1$:	8,131	" 12 ,6	8,455
$\mu 2$:	8,097	" 9 ,8	8,347
$\mu 3$:	8,111	" 9 ,6	8,356
	T	λ	
	10,0	8,100	
	55,0	7,092	
	100,0	6,312	

$$\lambda = 8,355 - 0,026075 t + 0,00005654 t^2$$

2.

Thallium, mit 5 Gewichtsprocenten Cadmium legirt.

$$L = 163^{\text{mm}}; \quad D = 0^{\text{mm}},432.$$

		r_{00}
$\mu\lambda$:	8,670 bei $14^{\circ},4$	9,140
$\lambda 1$:	8,744 „ $12^{\circ},8$	9,165
	T	λ
	13,0	8,737
	56,5	7,454
	100,0	6,398

$$\lambda = 9,164 - 0,033663t + 0,00005998t^2.$$

Nach einmaligem Umschmelzen war die Leitungsfähigkeit 8,629 bei $16^{\circ},4$.
Reducirt auf 0° ; 9,165.

Diese Legirungen wurden nicht analysirt; die 5 Proc. fremden Metalles wurden zu dem unter Cyankalium geschmolzenen Thallium hinzugefügt. Beide Legirungen leiten die Elektrizität schlechter, als sich aus dem Mittel der relativen Volumina der Componenten berechnet; beide Metalle leiten besser als Thallium, nämlich Zinn 12,36 und Cadmium 23,72 bei 0° C.

5) Schließlich wollen wir noch einmal darauf aufmerksam machen, daß das obige gefundene Gesetz nur für die Legirungen gültig ist, welche als Lösungen des einen Metalles im andern betrachtet werden können, wenn beide zu derselben Classe gehören. Sobald die Metalle aus zwei Classen gewählt sind, erlischt die Gültigkeit des Gesetzes mit nur wenigen Ausnahmen, selbst wenn die Legirung als eine Lösung des einen Metalles im andern anzusehen wäre. Die gewonnenen und in dieser Untersuchung mitgetheilten Resultate bestätigen daher vollkommen die Ansichten, welche sich in einer früheren Abhandlung über die chemische Natur der Legirungen finden.

London, im Juni 1863.