

# Weitere Beiträge zur Kenntnis der Elektrolyse ternärer Legierungen

Von

ROBERT KREMANN

korresp. Mitglied der Akademie der Wissenschaften

und

HARALD SCHEIBEL

Aus dem Institut für theoretische und physikalische Chemie  
der Universität in Graz

(Mit 8 Textfiguren und 2 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 27. November 1930)

R. KREMANN konnte mit B. E. KORTH<sup>1</sup>, E. I. SCHWARZ<sup>2</sup> bzw. W. PIWETZ<sup>3</sup> bei den Versuchen über die Elektrolyse von Kupfer-Zink- bzw. Kupfer-Zinn-Legierungen mit steigenden Zusätzen eines dritten Metalles (Blei, Silber) feststellen, daß das in kleineren Mengen vorhandene dritte Metall wesentlich größere absolute Elektrolyseneffekte zeigte als die in größerer Konzentration vorhandenen Komponenten Kupfer und Zink bzw. Zinn. Da als Ursache der Verschiebung eines Metalles bei der Elektrolyse die Dissoziation desselben nach dem Schema



anzunehmen ist, lag es nahe, in Analogie dieser Dissoziation mit der eines Elektrolyten in wässriger Lösung zu vermuten, daß auch hier bei sinkender Konzentration eines Metalles ein immer größerer Bruchteil des vorhandenen Metalles gespalten zu sein scheint. Zur weiteren Klärung dieser Verhältnisse haben wir Kupfer-Zinn-Legierungen mit steigenden Zusätzen von Wismut und Quecksilber-Natrium-Legierungen mit steigenden Zusätzen von Zinn als drittem Metall untersucht, erstere Legierung, weil das stark elektronegative Wismut in binären Legierungen beson-

<sup>1</sup> R. KREMANN, B. E. KORTH, E. I. SCHWARZ und W. PIWETZ, *Monatsh. Chem.* 53/54 (Wegscheider-Festschrift) 1929, S. 203, bzw. *Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb)* 139, Supplement 1929, S. 203.

<sup>2</sup> E. I. SCHWARZ, *Monatsh. Chem.* 56, 1930, S. 526, bzw. *Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb)* 139, 1930, S. 296.

<sup>3</sup> W. PIWETZ, *Monatsh. Chem.* 56, 1930, S. 71, bzw. *Sitzb. Ak. Wiss. Wien (IIb)* 139, 1930, S. 341.

ders hohe Effekte zeigt, die letzterwähnte ternäre Legierung als einer in dieser Hinsicht bislang noch nicht untersuchten tiefer schmelzenden ternären Legierung.

### 1. Die Elektrolyse von Kupfer-Zinn-Wismut-Legierungen.

Die Versuchsanordnung war im Prinzip dieselbe wie die in den vorerwähnten Arbeiten angegebene und hat sich dieselbe auch hier gut bewährt. Als Elektrolysergefäße wurden wieder Schamottetröge von 20 cm Länge und nach unten konisch zulaufende Elektroden aus weichem Schmiedeeisen mit einem Durchmesser von 9—10 mm verwendet. Die Elektrolysen wurden in einem eigens dafür hergestellten Elektroofen durchgeführt. Die Versuchstemperatur betrug rund 1000° und wurde mit einem geeichten Platin-Rhodium-Thermoelement kontrolliert. Zwecks Herstellung der Legierungen wurden die beiden Metalle in einem unglasierten Tontiegel in erbsengroßen Stücken abwechselnd übereinander geschichtet, wobei zweckmäßig die oberste und unterste Schicht aus Zinn bestand, und im Elektroofen zunächst bis zum beginnenden Schmelzen erhitzt, dann unter einer Decksalzschiicht von Borax; trotzdem ist ein kleiner Zinnabbrand und etwas Schlackenbildung nicht zu vermeiden, weshalb etwas mehr als die berechnete Menge Zinn zur Herstellung der Legierung verwendet werden muß. Die Schmelze wurde eine Stunde lang auf etwa 1200° unter Umrühren mit einem Eisenstab erhitzt und nach kurzem Stehen auf eine kleine Blechplatte ausgegossen. Nach dem Erkalten wurde die Legierung in dünne Stücke gesägt und Proben von verschiedenen Stellen des hergestellten Blockes analysiert, um die Homogenität der Legierung festzustellen.

Es wurden drei Typen von Legierungen hergestellt, bei denen das Verhältnis der Hauptbestandteile Kupfer und Zinn ungefähr dasselbe blieb (50 : 50 Atomprozent), während der Wismutgehalt der Reihe nach rund 1, 5 und 10 Atomprozent betrug. Die drei Legierungen hatten — im Mittel aus drei Analysen — folgende Zusammensetzung:

Legierung A:	Sn 63·71,	Cu 33·80	und	Bi 2·49 % <sup>4</sup>
„ B:	Sn 57·99,	Cu 31·37	„	Bi 10·64 %
„ C:	Sn 51·50,	Cu 27·68	„	Bi 20·82 %

Von diesen drei Legierungen wurden einzelne Stückchen in den Schamottetrögen lückenfrei zusammengeschmolzen und mit

<sup>4</sup> Gewichtsprozent.

Decksalz bedeckt, der Reihe nach jeweils mit Stromdichten von 2·6—2·8 bzw. 3·6—4 bzw. 5·8—6·2 Ampere pro  $mm^2$  elektrolysiert; die Dauer der Elektrolyse betrug immer vier Stunden, dann wurde, um Rückdiffusion zu vermeiden, unter Stromdurchgang erkalten gelassen. Von dem nach der Elektrolyse durch Zertrümmerung des Troges erhaltenen, blank geriebenen Metallfaden wurden einzelne in nach der Mitte zu größer werdenden Abständen entnommene Stücke analysiert. Die Analyse erfolgte durch Bestimmung der nach dem Lösen von etwa 0·5 g der fein zerkleinerten Legierung in 12—15  $cm^3$  Salpetersäure ( $d = 1·2$ ) abgeschiedenen Metazinnsäure als  $SnO_2$ , bzw. schnellelektrolytische Abscheidung von Kupfer, wobei in dem ammoniakalisch gemachten Filtrat der Niederschlag von Wismuthydroxyd nicht stört, dessen Menge dann schließlich abfiltriert und nach einmaligem Umlösen in heißer verdünnter Salpetersäure als  $Bi_2O_3$  ermittelt wurde.

Da auf diesem Wege sehr gut stimmende Resultate erhalten wurden, wie einige Kontrollanalysen zeigten, führten wir die Bestimmung des Zinns nur bei den Analysen der Grundlegierungen durch und begnügten uns bei den Analysen der elektrolysierten Fadenteile mit der Berechnung des Zinns aus der Differenz.

Die Ergebnisse der Elektrolysenversuche sind in den folgenden Tabellen 1—9 wiedergegeben und in den Fig. 1—3 zahlenmäßig und graphisch dargestellt.

Tabelle 1.

Elektrolyse einer Legierung mit ursprünglich 33·80 Gewichts% Cu und 2·49 Gewichts% Bi und einer Stromdichte von 2·8 Amp./ $mm^2$ .

Nr.	Länge <i>mm</i>	Einwaage <i>g</i>	Cu %	Bi %
1	12	0·5040	31·14	3·17
2	17	0·4072	31·04	3·31
3	24	0·4486	32·26	3·04
4	30	0·5925	32·50	3·18
5	34	0·4766	33·90	2·48
6	30	0·6102	34·02	2·40
7	24	0·5816	35·44	2·09
8	15	0·5112	35·99	1·95

relativer Elektrolyseneffekt für Cu = 4·85%, für Bi = 1·22%  
 absoluter „ „ Cu = 14·35%, „ Bi = 49·00%

Tabelle 2.

Elektrolyse einer Legierung mit 33·80% Cu und 2·49% Bi und einer Stromdichte 3·8 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	1·4	0·4382	31·48	3·82
2	2·6	0·6270	32·17	3·07
3	2·2	0·5422	33·81	3·44
4	3·3	0·5771	34·43	2·51
5	3·0	0·3910	35·26	2·49
6	3·0	0·4276	35·72	1·96
7	2·5	0·4888	36·40	1·77
8	1·0	0·5523	36·84	2·18

relativer Elektrolyseeffekt für Cu = 5·36%, für Bi = 2·05%  
absoluter „ „ Cu = 15·86%, „ Bi = 82·33%

Tabelle 3.

Elektrolyse einer Legierung mit ursprünglich 33·80% Cu und 2·49% Bi und einer Stromdichte von 6 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	15	0·4759	30·68	3·53
2	22	0·5386	30·87	3·39
3	33	0·4527	31·72	3·31
4	38	0·5118	33·91	2·76
5	26	0·4337	34·27	2·64
6	18	0·5679	36·01	1·88
7	23	0·5256	36·28	1·54
8	12	0·6148	36·46	1·37

relativer Elektrolyseeffekt für Cu = 5·78%, für Bi = 2·16%  
absoluter „ „ Cu = 17·10%, „ Bi = 86·75%

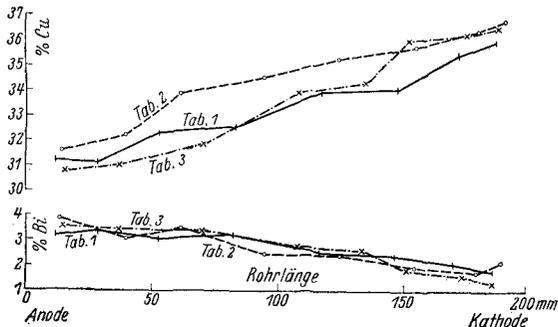


Fig. 1.

Tabelle 4.

Elektrolyse einer Legierung mit 31·37% Cu und 10·64% Bi und einer Stromdichte von 2·8 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	10	0·2890	11·68	29·21
2	22	0·2854	11·51	29·75
3	27	0·3214	11·13	29·81
4	28	0·4378	10·56	31·06
5	37	0·3992	10·35	31·36
6	34	0·4960	10·02	32·88
7	16	0·4344	9·45	33·66
8	11	0·3682	9·39	33·84

relativer Elektrolyseeffekt für Cu = 4·63%, für Bi = 2·29%  
 absoluter „ „ Cu = 14·76%, „ Bi = 21·52%

Tabelle 5.

Elektrolyse einer Legierung mit ursprünglich 31·37% Cu und 10·64% Bi und einer Stromdichte von 3·6 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	13	0·3616	28·29	12·09
2	17	0·4723	28·28	11·89
3	21	0·4419	29·25	11·53
4	19	0·5068	29·92	11·60
5	35	0·3992	30·61	10·95
6	29	0·6228	32·39	10·11
7	48	0·4677	33·53	9·02
8	8	0·5568	34·27	9·27

relativer Elektrolyseeffekt für Cu = 5·99%, für Bi = 3·07%  
 absoluter „ „ Cu = 19·09%, „ Bi = 28·85%

Tabelle 6.

Elektrolyse einer Legierung mit ursprünglich 27·68% Cu und 20·82% Bi und einer Stromdichte von 5·8 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	10	0·3794	24·19	24·22
2	17	0·4886	25·31	23·81
3	23	0·4591	28·11	23·02
4	33	0·5247	28·09	22·69
5	34	0·4968	28·86	20·08
6	24	0·4640	31·63	18·61
7	30	0·5108	31·37	18·48

relativer Elektrolyseeffekt für Cu = 7·44%, für Bi = 5·74%  
 absoluter „ „ Cu = 26·88%, „ Bi = 27·57%

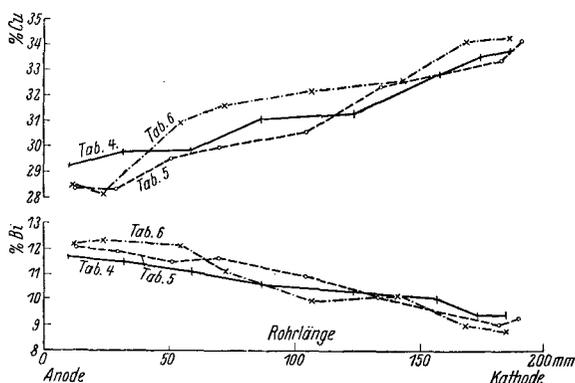


Fig. 2.

Tabelle 7.

Elektrolyse einer Legierung mit ursprünglich 27·68% Cu und 20·82% Bi und einer Stromdichte von 2·6 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	12	0·4722	24·58	23·12
2	16	0·6166	24·63	22·08
3	38	0·5823	26·47	21·39
4	32	0·6321	26·31	21·42
5	32	0·5447	26·52	20·48
6	30	0·4982	29·31	20·58
7	16	0·5336	29·20	19·07
8	12	0·5781	30·05	18·94

relativer Elektrolyseneffekt für Cu = 5·47%, für Bi = 4·18%  
absoluter „ „ Cu = 19·76%, „ Bi = 20·08%

Tabelle 8.

Elektrolyse einer Legierung mit 27·68% Cu und 20·82% Bi und einer Stromdichte von 4 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	11	0·4382	24·07	23·66
2	14	0·5546	24·84	23·86
3	15	0·5276	25·07	20·97
4	28	0·6461	26·95	21·92
5	48	0·4711	29·03	21·77
6	29	0·5357	29·77	21·43
7	22	0·6002	30·51	19·17
8	19	0·5988	30·83	18·60

relativer Elektrolyseneffekt für Cu = 6·76%, für Bi = 5·26%  
absoluter „ „ Cu = 24·42%, „ Bi = 25·26%

Tabelle 9.

Elektrolyse von Legierungen mit 31·37% und 10·64% Bi und einer Stromdichte von 6·2 Amp./mm<sup>2</sup>.

Nr.	Länge mm	Einwaage g	Cu %	Bi %
1	12	0·5370	28·42	12·16
2	12	0·2964	28·11	12·34
3	31	0·4380	30·88	12·08
4	17	0·3662	31·52	11·11
5	35	0·4328	32·27	9·98
6	35	0·3672	32·58	10·14
7	26	0·5174	34·18	8·95
8	17	0·4826	34·34	8·76

relativer Elektrolyseeffekt für Cu = 6·23%, für Bi = 3·58%  
absoluter „ „ Cu = 25·00%, „ Bi = 34·43%

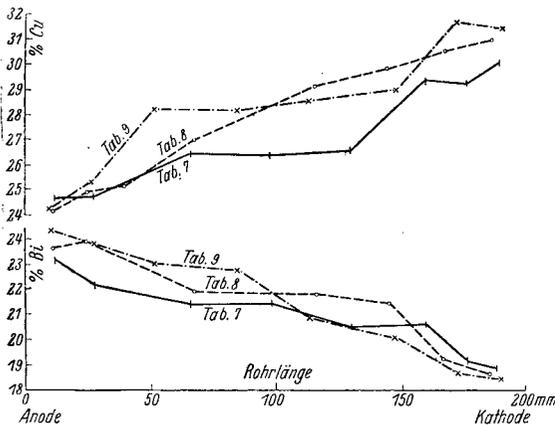


Fig. 3.

Als relativer Effekt wird die Konzentrationsdifferenz des Metalles zwischen Anode und Kathode bezeichnet, während der absolute Effekt angibt, welcher Bruchteil des betreffenden Metalls durch den Strom transportiert wurde. Es ist also: 
$$\frac{\text{Absoluter Effekt in \%}}{\text{Konzentration in \%}} \times 100.$$

In den Tabellen ist das Stück mit der niedersten Nummer der Anode, das mit der höchsten der Kathode am nächsten. In unmittelbarer Nähe der Elektroden war der Abbrand sehr stark, so daß erst im Abstand von mindestens 1 cm von diesen die ersten Proben zur Analyse verwendet werden konnten.

In den Fig. 1—3 sind die Verschiebungseffekte von Kupfer und Wismut für je einen Legierungstyp bei drei verschiedenen Stromdichten aufgezeichnet, wobei sich links immer das Anodenrechts das Kathodenende befindet. Wir sehen, daß entsprechend der Spannungsreihe das Kupfer an der Kathode, das Wismut an der Anode sich anreichert. Fig. 4 bringt die Abhängigkeit der relativen und absoluten Effekte des Wismuts von der Stromdichte, wobei diese als Abzissen, die Effekte als Ordinaten auf-

getragen erscheinen. Das Bild zeigt, daß eine weitere Steigerung der Stromdichte, wenn sie überhaupt durchführbar wäre, keine wesentliche Steigerung der Elektrolyseeffekte mit sich bringen würde, d. h. daß der maximale Effekt fast erreicht ist. Fig. 5 endlich zeigt die Änderung der maximalen absoluten bzw. relativen Effekte von Wismut mit der Konzentration. Bei abnehmender Konzentration fällt naturgemäß der relative Effekt, die Konzentrationsdifferenz an den Elektroden; der absolute Effekt aber nimmt zu, d. h. je weniger von der dritten Komponente vorhanden ist, ein desto größerer Bruchteil derselben wird durch den Strom verschoben, ganz ähnlich wie das bezüglich der dritten in geringerer Konzentration vorhandenen Komponente in anderen in dieser Hinsicht untersuchten, eingangs erwähnten ternären Legierungen der Fall ist.

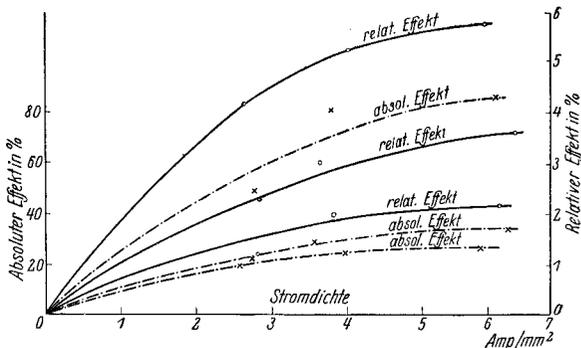


Fig. 4.

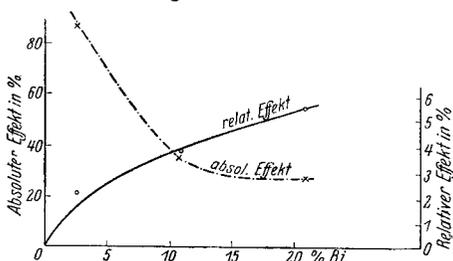


Fig. 5.

## 2. Die metallographische Untersuchung der durch Elektrolyse eintretenden Änderung der Zusammensetzung und Struktur von ternären Wismutbronzen.

Die reliefpolierten Schliche der einzelnen Legierungen sind in den folgenden Figuren für eine Vergrößerung von 108:1 wiedergegeben. Die Bilder 1—3 zeigen der Reihe nach die Schliche der drei Grundlegierungen *A* (Bi 2·49%, Cu 33·80%, Sn 63·71%), *B* (Bi 10·64%, Cu 31·37%, Sn 57·99%) und *C* (Bi 20·82%, Cu 27·68%, Sn 51·50%).

Wir sehen, daß in den Bronzen steigender Wismutgehalt zur Häufung und unregelmäßigen Verteilung der härteren Gefügebestandteile führt, ähnlich, wie es bei steigendem Bleigehalt

TAFEL I.



Fig. 1. Wismutbronze A mit 2.49 % Bi, unelektrolysiert.

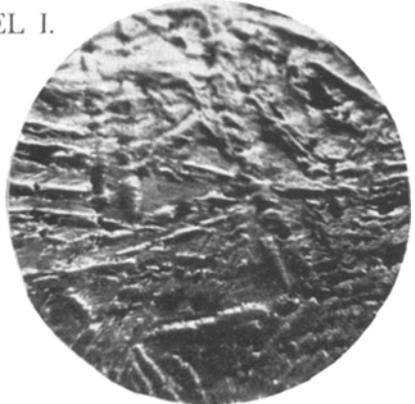


Fig. 2. Wismutbronze B mit 10.64 % Bi, unelektrolysiert.

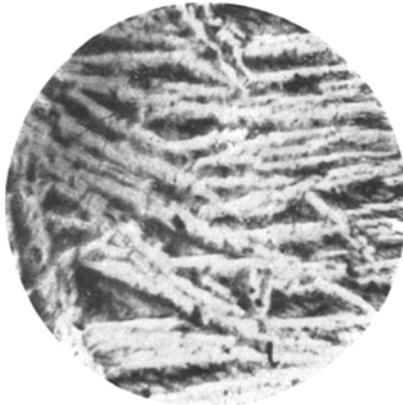


Fig. 3. Wismutbronze C mit 20.8 % Bi, unelektrolysiert.

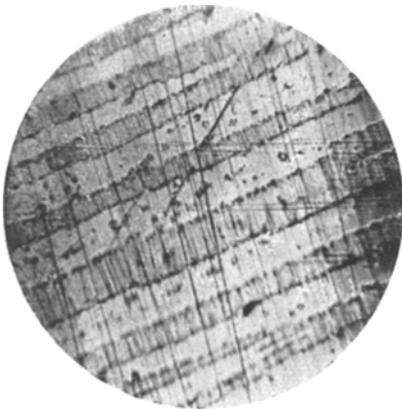


Fig 4. Anodenstück einer ursprünglich 2.49 % Bi enthaltenden Wismutbronze nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 2.8 Amp./mm<sup>2</sup>.

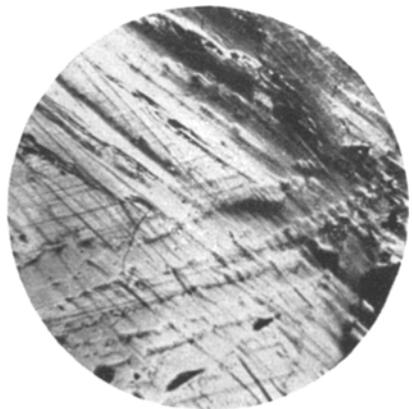


Fig. 5. Kathodenstück einer ursprünglich 2.49 % Bi enthaltenden Wismutbronze nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 2.8 Amp./mm<sup>2</sup>.

TAFEL II.



Fig. 7. Anodenstück einer ursprünglich 10.64% Bi enthaltenden Wismutbronze *B* nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 2.8 Amp./mm<sup>2</sup>.

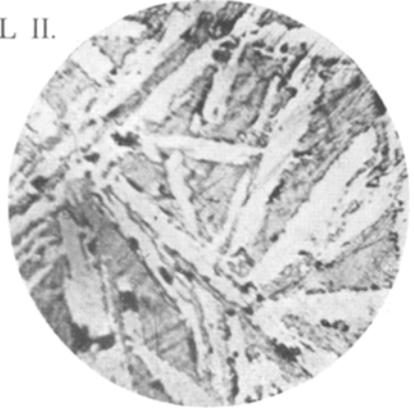


Fig. 8. Kathodenstück einer ursprünglich 10.64% Bi enthaltenden Wismutbronze *B* nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 2.8 Amp./mm<sup>2</sup>.

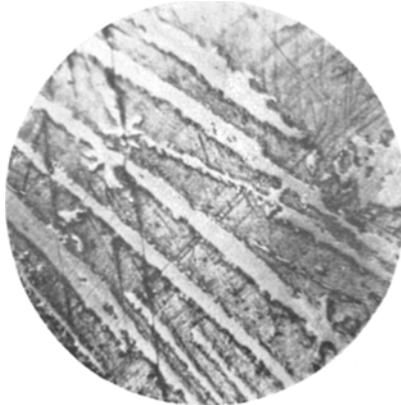


Fig. 6. Anodenstück einer ursprünglich 2.49% Bi enthaltenden Wismutbronze nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 3.8 Amp./mm<sup>2</sup>.

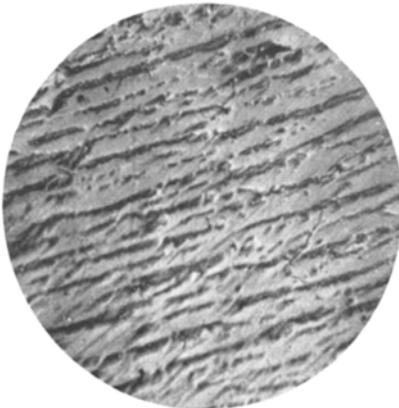


Fig. 9. Anodenstück einer ursprünglich 10.6% Bi enthaltenden Wismutbronze *B* nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 6.2 Amp./mm<sup>2</sup>.

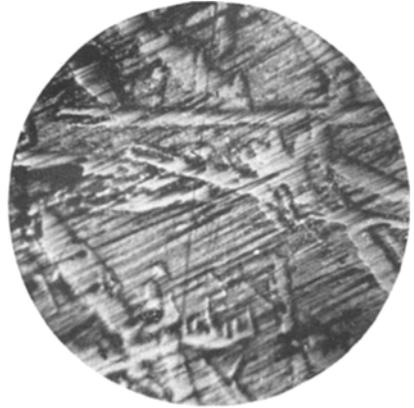


Fig. 10. Kathodenstück einer ursprünglich 10.6% Bi enthaltenden Wismutbronze *B* nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 6.2 Amp./mm<sup>2</sup>.

der Fall ist. Schon die beiden Bilder 4 und 5, die sich auf ein Anoden- bzw. Kathodenstück einer 2·49%igen Wismutbronze (*A*) nach Elektrolyse mit einer Stromdichte von 2·8 Amp./ $mm^2$  beziehen, zeigen, daß im Gefügebild der elektrolysierten Legierungen weniger die analytisch festgestellte Wismutanreicherung an der Anode durch stärkere Häufung und unregelmäßigere Verteilung der härteren Gefügebestandteile zum Ausdruck kommt, als vielmehr eine „Richtung“ derselben in den Anodenstücken eintritt. Das gleiche ist grundsätzlich der Fall in den Anodenstücken einer mit einer Stromdichte von 3·8 Amp./ $mm^2$  elektrolysierten Wismutbronze *A* mit 2·49% Bi (Fig. 6) und einer mit einer Stromdichte von 2·8 Ampere (Fig. 7) bzw. 6·2 Ampere (Fig. 9) elektrolysierten Wismutbronze (*B*) mit 10·64% Bi, wengleich in einzelnen Fällen durch Lunkerbildung, z. B. in Fig. 7, das Bild nicht so klar zum Ausdruck kommt. In den korespondierenden Kathodenstücken, Fig. 5, 8 und 10, macht sich eine solche Richtung der Kristalle nicht oder nur in untergeordnetem Maße bemerkbar.

### 3. Die Elektrolyse der ternären Legierungen von Quecksilber-Natrium-Zinn.

Es wurden vier Amalgame untersucht, bei welchen das Verhältnis der beiden Hauptkomponenten Quecksilber und Natrium dasselbe blieb, während die Menge der dritten Komponente Zinn von 0·52 bis 4·79 Gewichtsprozent anstieg. Die Darstellung der Amalgame geschah durch Zusammenschmelzen von Natrium mit einem entsprechenden Zinnamalgam im Wasserstoffstrom, wodurch eine Verringerung der Reaktionswärme und der Schmelztemperatur wie eine größere Homogenität der erstarrten Legierung erzielt wurde. Die Elektrolysen wurden in Glaskapillaren durchgeführt und vor der Elektrolyse an beiden Enden der Kapillare Stücke abgeschnitten und analysiert, um die Zusammensetzung der Legierung sowie den gleichmäßigen Einzug festzustellen.

Zur Analyse wurden die einzelnen Stücke, in die die Kapillare nach der Elektrolyse zerschnitten wurde (9 bis 10 von je rund 2 *cm* Länge), gewogen und in Kolben oder Bechergläser mit zirka 50  $cm^3$  destilliertem Wasser gebracht, wobei das Natrium nach vollständigem Umsatz zu Natriumhydroxyd titrimetrisch mit 0·1 normaler Salzsäure unter Verwendung von Methylorange als Indikator bestimmt wurde. Im zurückbleibenden Metalltropfen, der

das Quecksilber und die kleineren Mengen Zinn enthielt, wurde letzteres mikroanalytisch nach F. EMICH bestimmt, u. zw. wurde der Tropfen in einen mit einer Glaskugel bedeckten tarierten Porzellantiegel gebracht, und 1—2  $cm^3$  konzentrierter Salpetersäure zufließen gelassen. Nach zwei Stunden spült man die Glaskugel mit Wasser ab, erwärmt zwecks vollständiger Umwandlung von Zinn in Metazinnsäure vorsichtig über kleiner Flamme und filtriert den Niederschlag noch warm durch ein Quarzfilterstäbchen mit Asbestfilterschicht durch vorsichtiges Absaugen, dann wäscht man mehrere Male mit je 1—2  $cm^3$  verdünnter Salpetersäure, trocknet 5 Minuten im Trockenschrank bei 110° und glüht dann 10 Minuten im elektrischen Tiegelofen bei zirka 800°. Die Gewichtszunahme von Tiegel plus Stäbchen gibt die vorhandene Menge  $SnO_2$  an.

Die Bedingungen bei den Elektrolysen waren die folgenden: Die Länge der Kapillaren betrug 20  $cm$ , der Querschnitt 1·13 bis 1·54  $mm^2$ <sup>5</sup>. Die Dauer der Elektrolysen betrug 20 Stunden, die Temperatur 240° und die Stromdichte 6 Amp./ $mm^2$ .

Tabelle 10.

Elektrolyse einer Hg-Na-Sn-Legierung mit 36·28% Na und 0·52% Sn

Nr.	Legierung	Glas		Na	Sn
	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>mm</i>	%	%
1	0·1165	1·3733	20	30·02	0·41
2	0·1221	1·4843	22	32·07	0·40
3	0·1240	1·5009	22	33·95	0·46
4	0·1281	1·5461	23	36·23	0·51
5	0·1275	1·5218	23	38·41	0·57
6	0·1352	1·6023	24	41·52	0·65
7	0·1310	1·5899	24	40·17	0·58
8	0·1226	1·4772	22	42·04	0·69
9	0·1104	1·3540	20	43·70	0·69

relativer Elektrolyseeffekt für Na = 13·68%, für Sn = 0·28%

absoluter „ „ Na = 37·71%, „ Sn = 53·85%

Tabelle 11.

Elektrolyse einer Hg-Na-Sn-Legierung mit 35·78% Na und 1·07% Sn.

Nr.	Legierung	Glas		HCl	Sn
	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>mm</i>	$cm^3$	%
1	0·1144	1·2326	20	14·35	0·86
2	0·1251	1·3616	22	16·78	0·97
3	0·1299	1·4046	23	17·55	0·95

<sup>5</sup> Bei der zinnärmsten Legierung mußte der verhältnismäßig große Querschnitt von 1·54  $mm^2$  genommen werden, da sonst die auf ein zu analysierendes Stückchen entfallenden Zinnmengen zu gering gewesen wären.

(zu Tabelle 11)

Nr.	Legierung <i>g</i>	Glas		Na %	Sn %
		<i>g</i>	<i>mm</i>		
4	0·1357	1·4810	24	19·97	0·98
5	0·1270	1·3832	23	19·87	1·02
6	0·1366	1·4917	24	22·70	1·10
7	0·1304	1·4578	24	22·78	1·10
8	0·1088	1·2209	20	19·77	1·29
9	0·1072	1·2174	20	20·25	1·31

relativer Elektrolyseneffekt für Na = 14·61%, für Sn = 0·45%  
absoluter „ „ Na = 40·83%, „ Sn = 42·06%

Tabelle 12.

Elektrolyse einer Hg-Na-Sn-Legierung mit 34·44% Na und 2·23% Sn.

Nr.	Legierung <i>g</i>	Glas		Na %	Sn %
		<i>g</i>	<i>mm</i>		
1	0·1008	1·1868	18	27·64	1·82
2	0·1046	1·2614	19	29·51	1·93
3	0·1104	1·3227	20	31·27	2·00
4	0·1197	1·4585	22	32·95	2·10
5	0·1362	1·6008	24	34·26	2·17
6	0·1141	1·3427	20	35·69	2·25
7	0·1202	1·4637	22	37·01	2·36
8	0·1077	1·3109	20	38·81	2·48
9	0·0983	1·1990	18	40·46	2·59
10	0·0955	1·1474	17	42·00	2·69

relativer Elektrolyseneffekt für Na = 14·36%, für Sn = 0·87%  
absoluter „ „ Na = 41·70%, „ Sn = 39·02%

Tabelle 13.

Elektrolyse einer Hg-Na-Sn-Legierung mit 34·98% Na und 4·79% Sn.

Nr.	Legierung <i>g</i>	Glas		Na %	Sn %
		<i>g</i>	<i>mm</i>		
1	0·1069	0·9545	18	27·57	4·12
2	0·1044	0·9991	18	29·36	4·31
3	0·1086	1·0992	20	32·01	4·50
4	0·1128	1·2294	22	33·39	4·62
5	0·1327	1·3616	24	34·71	4·81
6	0·1055	1·2250	22	36·48	4·95
7	0·0938	1·1044	20	37·74	5·17
8	0·0914	1·0736	20	39·51	5·37
9	0·0762	0·9607	18	40·86	5·42
10	0·0760	0·9878	18	42·75	5·60

relativer Elektrolyseneffekt für Na = 15·18%, für Sn = 1·48%  
absoluter „ „ Na = 43·40%, „ Sn = 30·90%

Die Resultate sind in den vorstehenden Tabellen 10—13 wiedergegeben und in den Fig. 6 und 7 graphisch dargestellt. Fig. 6 zeigt die Konzentrationsverschiebungen des Zinns, Fig. 7 die des Natriums in den vier untersuchten Legierungen. Beide Metalle reichern sich bei der Elektrolyse an der Kathode an. Es zeigte sich, daß die Verschiebung des Natriums in allen Fällen fast dieselbe war, während, wie aus Fig. 8 ersichtlich, in der die Abhängigkeit der absoluten und relativen Zinneffekte von der Konzentration dargestellt ist, der relative Effekt des Zinns mit steigender Konzentration zunahm, der absolute, d. i. der durch die Konzentration dividierte Zinneffekt jedoch mit steigender Konzentration des Zinns abnahm. D. h. also, daß vom Zinn bei geringerer Konzentration desselben ein größerer Bruchteil des vorhandenen Metalles transportiert wird als bei höherer Konzentration, wie dies in allen bisher untersuchten Fällen bezüglich der in geringerer Konzentration vorhandenen dritten Komponente ternärer Legierungen der Fall war.

sind in den vorstehenden Tabellen 10—13 in den Fig. 6 und 7 graphisch dargestellt. Konzentrationsverschiebungen des Zinns,

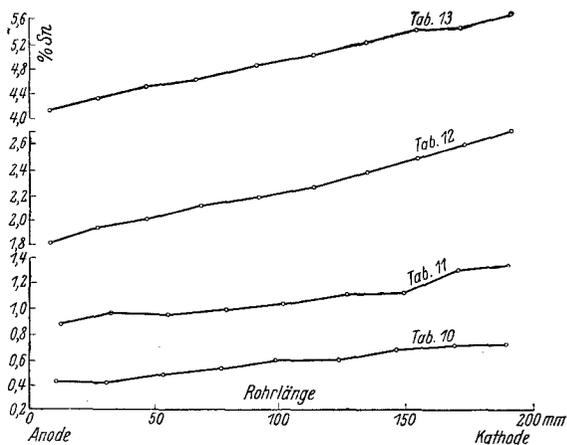


Fig. 6.

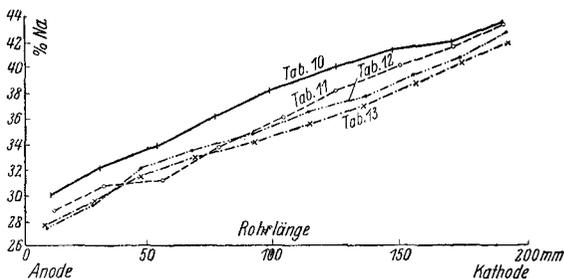


Fig. 7.

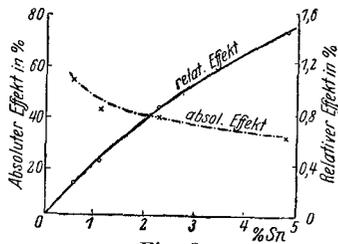


Fig. 8.