

Ueber Entschwefelung bei der Roheisendarstellung.

Von Ludvig M. Lindeman in Trondhjem in Norwegen.

Der Zweck der vorliegenden Untersuchungen war ein doppelter: erstens galt es, durch Versuche sich Klarheit zu verschaffen und die Gesetze zu ermitteln, welche der Verteilung des Schwefels zwischen den beiden flüssigen Phasen zugrunde liegen, nämlich dem Roheisen einerseits und der Schlacken andererseits; zweitens zu untersuchen, wie sich der Schwefel im Koks während der Reduktion im elektrischen Ofen verhält. Um einwandfreie Versuchsergebnisse zu erzielen, mußte der Versuchsofen etwas anders eingerichtet werden als die in der Industrie gebräuchlichen Oefen. Trotzdem können, wenn man diese Unterschiede berücksichtigt, Vergleiche gezogen werden.

Der verwendete Ofen war ein reiner Widerstandsofen. Der einphasige Wechselstrom von einem Transformator, der Sekundärspannungen zwischen 7,5 bis 30 V liefern konnte, wurde durch die inneren Ofenwände, die aus Petroleumkoks bestanden, geleitet; also so, daß die Ofenwände selbst als Wärmequelle dienten. Die äußeren Wände waren aus Schamotte, mit feuerfesten Materialien ausgefüttert. Die Temperaturen im Inneren des Ofens wurden mittels eines Wanner-Pyrometers gemessen.

Die Untersuchungen, in Schmelzreihen ausgeführt, umfassen zwei Gruppen:

I. Versuche mit Kalksilikatschlacken; die Entschwefelung wurde als Funktion folgender Faktoren untersucht:

1. Silizierungsgrad,
2. Zeit,
3. Temperatur,
4. Schlackenmenge.

II. Versuche mit anderen Schlacken; Kieselsäure und Kalk sind ganz oder teilweise ersetzt durch:

- a) . . . Al_2O_3
- b) . . . MgO .

Der allen Schmelzreihen zugrunde liegende Gedanke war, sämtliche veränderlichen Faktoren auszuschneiden mit Ausnahme desjenigen, der gerade untersucht werden sollte. Zu diesem Zweck

wurden alle Rohstoffe bei Schmelzungen in der gleichen Korngröße verwendet. Bei allen Schmelzungen wurden Durchschnittsproben des Erzes sowie der anderen Rohstoffe genommen; ebenso war die Einrichtung des Ofens bei allen Versuchen dieselbe.

Das verwendete Eisenerz war schwedisches Kiruna-A-Erz, Magnetit (Fe_3O_4). Die Analyse zeigte folgende Zusammensetzung:

Fe	70,05 %	S	0,01 %
Si O_2	1,22 "	P	0,004 "
Ca O	0,35 "	Ti O_2	Spuren
Mg O	0,24 "	Mn	"
$Al_2 O_3$	0,20 "		

Der Koks — gewöhnliche Handelsware — hatte folgende Zusammensetzung:

Si O_2	3,33 %	Mg O	0,05 %
$Al_2 O_3$	2,44 "	ges. S.	1,05 "
$Fe_2 O_3$	0,91 "	ges. Asche	8,56 "
Ca O	0,17 "		

Der Schwefelgehalt war verhältnismäßig hoch, doch erwies sich dies für die vorliegende Aufgabe günstig, weil kleinere Schwefelmengen leicht zu große Fehlergrenzen aufweisen würden.

Der Kalk wurde in Form von reinem Kalkspat verwendet. Die Analyse ergab:

Ca O	53,31 %
Unlöslich	0,13 "
$Fe_2 O_3$, Mg O, P, S	Spuren
Feuchtigkeit	1,66 %.

Die Kieselsäure wurde in Form von reinem Quarz hinzugesetzt; seine Zusammensetzung war:

Si O_2	99,02 %
$Fe_2 O_3$	0,07 "
MnO, CaO, S	Spuren

Die verwendete Tonerde zeigte folgende Zusammensetzung:

$Al_2 O_3$	91,27 %
Si O_2	0,87 "
$Fe_2 O_3$	0,03 "
Glühverlust	7,67 "

Die verwendete Magnesia war gewöhnliche Magnesia Alba, die ziemlich lange an der Luft gelegen hatte. Die Analyse ergab:

Mg O	52,96 %
CO_2	16,31 "
Alkalien, P, Ba O, Ca O, Fe.	Spuren

Wie man sieht, waren die verschiedenen Rohstoffe, mit Ausnahme des Kokses, besonders rein; infolgedessen war es auch möglich, fast alle denkbaren Kombinationen zu untersuchen.

I. Versuche mit Kalksilikatschlacken.

Die Entschwefelung als Funktion des Silizierungsgrades.

Schmelzreihe I.

Die Funktion wurde in zwei Schmelzreihen untersucht. Die erste Reihe — Uebersichtsreihe — beabsichtigte, ein Bild von der Entschwefelung bei den verschiedensten Silizierungsgraden zu geben. Da die Entschwefelung von einer Reihe von Umständen beeinflusst wird, sind diese durch folgende Voraussetzungen möglichst ausgeschieden worden:

1. Die zu jeder Schmelzung angewandte Erzmenge war = 100 g.

2. Die zu jeder Schmelzung angewandte Koksmenge war = 25 g.
3. Die bei jeder Schmelzung berechnete Schlackenmenge war = 44 g d. h. 60 g für 100 g Eisen.
4. Der Tonerdegehalt der Schlacken war = 2,0 % je Schmelze.
5. Die Korngröße der Materialien war stets = 2 bis 3 cbmm.
6. Die Verteilungszeit war stets = 15 min. (Zeitdauer zwischen erfolgter Schmelzung und Reduktion, bis die Abkühlung beginnt.)
7. Die Temperaturen waren verschieden, in der Regel aber so niedrig wie möglich, d. h. ungefähr 75° über der Zusammenschmelzungs-Temperatur.

Die Versuchsreihe umfaßt Silizierungsgrade zwischen 0,757 bis 12,6. Sie wurde einerseits durch Bildung von Kalziumkarbid, andererseits durch Reduktion des Quarzes mit darauffolgender Destillation des Siliziums begrenzt.

Zahlentafel 1. Auszug aus dem Schmelzbuch für Reihe I.

Schmelze Nr.	Beschickung in g				Schlackenbildende Bestandteile in g				Silizierungsgrad	Zusammensetzung der Schlacken in %			
	Erz	Koks	Quarz	Kalkstein	SiO ₂	Cu O	Al ₂ O ₃	Summe		SiO ₂	Ca O	Al ₂ O ₃	Summe
9	100	25	10,5	57,0	12,34	30,85	0,81	44,00	0,75	28,04	70,11	1,85	100,00
10	100	25	15,5	47,0	17,62	25,57	0,81	44,00	1,29	40,04	58,11	1,85	100,00
11	100	25	19,5	40,0	21,35	21,84	0,81	44,00	1,86	48,52	50,37	1,85	100,00
12	100	25	25,0	29,5	26,91	16,28	0,81	44,00	3,08	61,16	36,99	1,85	100,00
13	100	25	30,0	20,0	31,85	11,34	0,81	44,00	5,24	72,27	25,88	1,85	100,00
14	100	25	36,0	10,5	37,66	5,53	0,81	44,00	12,61	82,09	15,66	2,25	100,00

Die Ergebnisse der Schmelzreihe I sind:

Schmelze Nr.	% S im Eisen	% S in den Schlacken	Verteilungszahl	Silizierungsgrad	Zusammenschmelzungs-temperatur	Verteilungszeit min	Temperatur während der Verteilungszeit	Schlackenmenge g
9	0,028	0,53	12,1	0,75	1735°	15	1810°	44
10	0,075	0,47	4,0	1,29	1416°	15	1500°	44
11	0,14	0,37	1,7	1,86	1400°	15	1500°	44
12	0,28	0,20	0,53	3,08	1386°	15	1450°	44
13	0,29	0,17	0,41	5,24	1400°	15	1480°	44
14	0,10	0,16	1,02	12,61	1700°	15	1750°	44

$$\text{Verteilungszahl} = \frac{\text{Gewichtsmenge S in der Schlacke}}{\text{Gewichtsmenge S im Eisen}}$$

Es zeigte sich, daß die beobachteten Zusammenschmelzungs-Temperaturen ganz gut mit den von Boudouard in seinem bekannten Dreieckschaubild angegebenen Schmelzpunkten übereinstimmen für binäre und ternäre Schlackensysteme. Schaubild I (Abb. 1) veranschaulicht die Ergebnisse graphisch.

Kurz gesagt, zeigen die Kurven, daß die Entschwefelung bei steigendem Silizierungsgrad bis etwa 4,4 sinkt, wogegen bei noch höheren Silizierungsgraden die Entschwefelung wieder eine günstigere wird; doch ist hier zu erinnern, daß die Temperaturen bei dieser Reihe sehr verschieden waren. Hier liegt ein Beweis vor für das Paradoxon, daß Schwefel sich mit Silizium als SiS₂ verflüchtigt. Es kann dabei an die Roden-

hausersche Stahlraffinierung erinnert werden, wo hochprozentiges Ferrosilizium mit 50 bis 75 % Silizium dem Stahlbade zugesetzt wird.

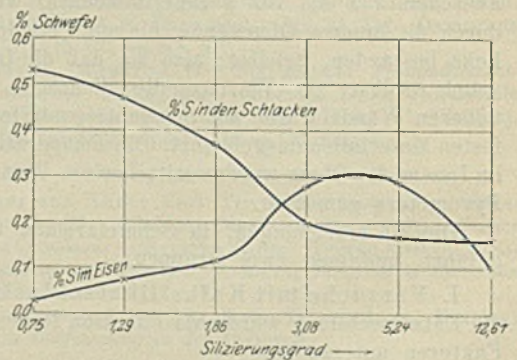


Abbildung I. Schaubild I. Ergebnisse der Schmelzreihe I.

Mit den Erfahrungen der Schmelzreihe I wurde eine neue Reihe ausgeführt, um die Entschwefelung als Funktion des Silizierungsgrades bei konstanter Temperatur zu finden.

Schmelzreihe II.

In dieser Reihe wurde die Entschwefelung bei den Silizierungsgraden 0,8 — 1,0 — 1,2 — 1,4 — 1,6, d. h. innerhalb der praktischen Grenzen untersucht.

Voraussetzungen:

1. Erzverbrauch = konstant = 100 g
2. Koksbeizung = konstant = 22 g
(315 kg je t Eisen)
3. Schlackenmenge = konstant = 44 g
4. Tonerde-Gehalt in den Schlacken = konstant = 1,68 %
5. Verteilungszeit = konstant = 1/2 st
6. Materialengröße = konstant
7. Die Temperatur während der Verteilungszeit = konstant = 1700°

Das Schaubild II (Abb. 2) veranschaulicht die Temperaturen bei der Schmelzreihe II.

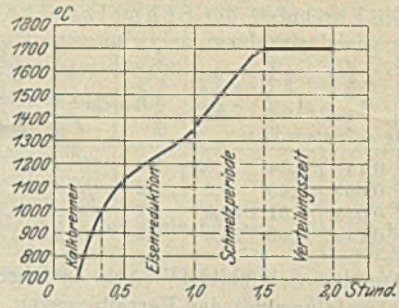


Abbildung 2. Schaubild II. Temperaturen bei der Schmelzreihe II.

Zahlentafel 2. Auszug aus dem Schmelzbuch für Reihe II.

Schmelze Nr.	Beschickung in g				Schlackenbildende Bestandteile in g				Silizierungsgrad	Zusammensetzung der Schlacken in %			
	Erz	Koks	Quarz	Kalkstein	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Summe		SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Summe
17	100	22	11,2	55,3	12,98	30,28	0,74	44	0,8	29,50	68,82	1,68	100
18	100	22	13,27	51,32	15,35	27,91	0,74	44	1,0	34,09	63,43	1,68	100
19	100	22	15,13	47,85	16,93	26,33	0,74	44	1,2	38,71	59,61	1,68	100
20	100	22	16,76	44,81	18,54	24,72	0,74	44	1,4	42,14	56,18	1,68	100
21	100	22	18,19	42,13	19,96	23,30	0,74	44	1,6	45,35	52,97	1,68	100

Die Ergebnisse der Schmelzreihe II sind:

Schmelze Nr.	% S im Eisen	% S in den Schlacken	Verteilungszahl	Silizierungsgrad	Verteilungszeit min	Temperatur während der Verteilungszeit	Schlackenmenge in g
17	0,060	0,47	5,0	0,8	30	1700°	44
18	0,038	0,51	8,3	1,0	30	1700°	44
19	0,057	0,47	5,2	1,2	30	1700°	44
20	0,072	0,45	4,0	1,4	30	1700°	44
21	0,076	0,44	3,8	1,6	30	1700°	44

Schaubild III (Abb. 3) bestätigt, daß die Entschwefelung bei zunehmenden Silizierungsgraden sinkt. Daß der erste Punkt, Silizierungsgrad 0,8, eine Abweichung von dieser Regel zeigt, ist leicht erklärlich. Während der Unterschied zwischen der angewandten Temperatur = 1700° und den Schmelzpunkten der Silizierungsgrade 1,0, 1,2, 1,4 und 1,6 ungefähr 200° beträgt, ist der Unterschied bei 0,8 ganz unbedeutend. Die Kurve hätte ungefähr auf der punktierten Linie, falls der Unterschied zwischen der Schmelztemperatur und der angewandten Temperatur während der Verteilungszeit der gleiche gewesen wäre, ihre Fortsetzung gehabt.

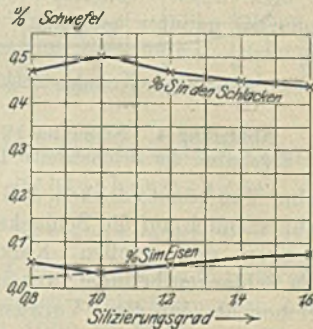


Abbildung 3. Schaubild III. Ergebnisse der Schmelzreihe II.

Die Entschwefelung als Funktion der Zeit.

Schmelzreihe III.

Um den Einfluß der Zeit auf die Entschwefelung zu finden, sind die Versuche der Reihe III mit verschiedener Verteilungszeit — von 5 Minuten bis zu 5 Stunden — ausgeführt worden.

Voraussetzungen wie bei Reihe II, angenommen, daß der Silizierungsgrad hier konstant ist = 1,2.

Zahlentafel 3. Auszug aus dem Schmelzbuch für Reihe III.

Schmelze Nr.	Beschickung in g				Schlackenbildende Bestandteile in g				Silizierungsgrad	Verteilungszeit	Zusammensetzung der Schlacken in %		
	Erz	Koks	Quarz	Kalkstein	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Summe			SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃
27	100	22	15,13	47,85	16,93	26,33	0,74	44	1,2	10 min	38,71	59,61	1,68
28	100	22	15,13	47,85	16,93	26,33	0,74	44	1,2	1/2 st	37,71	59,61	1,68
29	100	22	15,13	47,85	16,93	26,33	0,74	44	1,2	2 "	38,71	59,61	1,68
30	100	22	15,13	47,85	16,93	26,33	0,74	44	1,2	5 "	38,71	59,61	1,68

Die Ergebnisse der Schmelzreihe III sind:

Schmelze Nr.	% S im Eisen	% S in den Schlacken	Ver- teilungs- zahl	Silizierungs- grad	Ver- teilungs- zeit	Temperatur während der Verteilungs- zeit	Schlacken- menge in g
27	0,14	0,34	1,63	1,2	10 min	1700°	44
28	0,057	0,48	5,2	1,2	1/2 st	1700°	44
29	0,019	0,51	18,5	1,2	2 "	1700°	44
30	0,014	0,53	25,6	1,2	5 "	1700°	44

Aus dem Schaubild IV (Abb. 4) folgt, daß die Entschwefelung mit der Verteilungszeit zunimmt. Nach 2 1/2 st tritt annähernd stabiles Gleich-

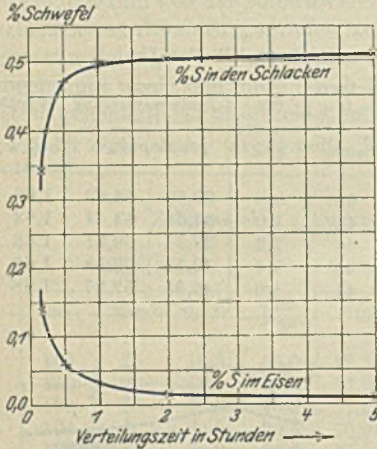


Abbildung 4. Schaubild IV. Ergebnisse der Schmelzreihe III.

gewicht ein. Man könnte denken, daß der Schwefel zuerst hauptsächlich auf die Schlacken übergehen würde wegen der großen Kalkmenge, die sich in den Schlacken befindet; aus dem Schaubild geht aber hervor, daß diese Voraussetzung wohl

kaum wahrscheinlich ist. Der Schwefel löst sich voraussichtlich zum größten Teil im Eisen auf, um sich später allmählich bei höheren Temperaturen in die Schlackenphase hinein zu verteilen und zu diffundieren, bis stabiles Gleichgewicht eintritt.

Man könnte nun den praktischen Schluß ziehen, daß eine Abstechzeit von 2 1/2 st nötig wäre, um günstige Ergebnisse zu erzielen. Hier muß jedoch daran erinnert werden, daß die gewöhnlichen Hochöfen für ununterbrochenen Betrieb in dieser Richtung weniger zweckmäßig sind, weil dem gereinigten Eisen zwischen jedem Abstich stets neue Verunreinigungen zugeführt werden. Aus dem Schaubild III geht weiter hervor, daß die Entschwefelung als Funktion der Zeit einer Kurve entspricht, die sich asymptotisch der X-Achse nähert. Es ist nicht möglich, durch die Analyse festzustellen, welche Art Konvergenz vorliegt; wäre die Kurve zum Beispiel ein Hyperbelzweig, so ginge aus der Natur der Hyperbel hervor, daß der Zweig die X-Achse erst nach Verlauf von unendlich langer Zeit erreichen würde.

Schmelzreihe IV.

Die Entschwefelung als Funktion der Zeit wurde später in einer neuen Reihe untersucht; diesmal unter folgenden Voraussetzungen:

1. Silizierungsgrad = konstant = 1,6.
2. Schlackenmenge = " = 44 g
3. Erzverbrauch = " = 100 g
4. Koksverbrauch = " = 22 g
5. Al₂O₃-Gehalt der Schlacken = " = 1,68 %
6. Temperatur während der Verteilungszeit = " = 1500°
7. Korngröße der Materialien = " = wie früher.

Diese Reihe wurde hauptsächlich ausgeführt, um die Entschwefelung bei der mehr gebräuchlichen Temperatur von 1500° zu veranschaulichen.

Zahlentafel 4. Auszug aus dem Schmelzbuch für Reihe IV.

Schmelze Nr.	Beschickung in g				Schlackenbildende Bestandteile in g				Silizierungs- grad	Ver- teilungs- zeit	Zusammen- setzung der Schlacken in %		
	Erz	Koks	Quarz	Kalk- stein	SiO ₂	Ca O	Al ₂ O ₃	Summe			SiO ₂	Ca O	Al ₂ O ₃
54	100	22	18,19	42,13	19,96	23,30	0,74	44	1,6	10 min	45,35	52,97	1,68
55	100	22	18,19	42,13	19,96	23,30	0,74	44	1,6	1/2 st	45,35	52,97	1,68
56	100	22	18,19	42,13	19,96	23,30	0,74	44	1,6	4 "	45,35	52,97	1,68
57	100	22	18,19	42,13	19,96	23,30	0,74	44	1,6	7 "	45,35	52,97	1,68

Die Ergebnisse der Schmelzreihe IV sind:

Schmelze Nr.	% S im Eisen	% S in den Schlacken	Ver- teilungs- zahl	Silizierungs- grad	Ver- teilungs- zeit	Temperatur während der Verteilungs- zeit	Schlacken- menge in g	% Al ₂ O ₃ in den Schlacken
54	0,18	0,31	1,07	1,6	10 min	1500°	44 g	1,68
55	0,10	0,43	2,71	1,6	1/2 st	1500°	44 g	1,68
56	0,038	0,53	8,77	1,6	4 "	1500°	44 g	1,68
57	0,032	0,54	10,61	1,6	7 "	1500°	44 g	1,68

Aus der Schaulinie (Abb. 5) geht hervor, daß die Verteilung des Schwefels bei Silizierungsgrad 1,6 und 1500° ziemlich langsam stattfindet. Annähernd kann angenommen werden, daß das stabile Gleichgewicht nicht vor 5 bis 7 st eintritt.

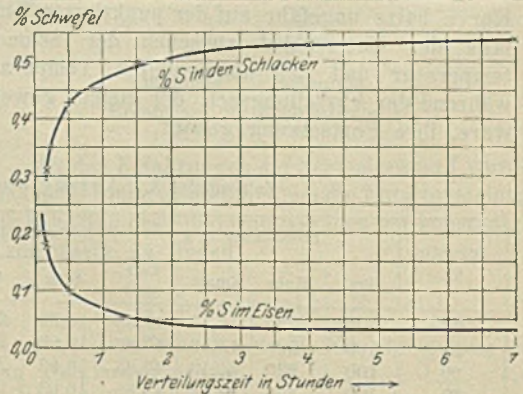


Abbildung 5. Schaubild V. Ergebnisse der Schmelzreihe IV.

Die Entschwefelung als Funktion der Temperatur.

Schmelzreihe V.

Die Funktion wurde nur in drei Stufen untersucht: bei 1500°, 1700° und 2000°, und zwar aus dem Grunde, weil das Wannersche Pyrometer über 1700° sehr große Temperaturintervalle bei

jeder Skalastufe aufweist, wodurch leicht große Fehler entstehen können.

Voraussetzungen:

1. Erzverbrauch = konstant = 100 g
2. Koksverbrauch = „ = 22 g
3. Silizierungsgrad = „ = 1,4
4. Schlackenmenge = „ = 44 g
5. Al₂O₃-Gehalt in den Schlacken = „ = 1,68 %
6. Korngröße = „ = wie früher
7. Verteilungszeit = „ = 1/2 st.

Zahlentafel 5. Auszug aus dem Schmelzbuch für Reihe V.

Schmelze Nr.	Beschickung in g				Bestandteile der Schlacken in g				Silizierungsgrad	Temperatur während der Verteilungszeit	Zusammensetzung der Schlacken in %		
	Erz	Koks	Quarz	Kalkstein	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Summe			SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃
34	100	22	16,76	44,81	18,54	24,72	0,74	44	1,4	1500°	42,14	56,18	1,68
35	100	22	16,76	44,81	18,54	24,72	0,74	44	1,4	1700°	42,14	56,18	1,68
36	100	22	16,76	44,81	18,54	24,72	0,74	44	1,4	2000°	42,14	56,18	1,68

Die Ergebnisse der Schmelzreihe V sind:

Schmelze Nr.	% S in Eisen	% S in den Schlacken	Verteilungszahl	Silizierungsgrad	Verteilungszeit	Temperatur während der Verteilungszeit	Schlackenmenge
34	0,087	0,43	3,3	1,4	1/2 st	1500°	44 g
35	0,07	0,45	4,3	1,4	1/2 „	1700°	44 g
36	0,006	0,55	60,90	1,4	1/2 „	2000°	44 g

konstant = 1/2 st festgesetzt ist. Bei 2000° dagegen ist die Entschwefelung so stark, daß man daraus schließen darf, daß hier ein stabiles Gleichgewicht vorliegt. Wenn man die entsprechenden Werte des stabilen Gleichgewichtes einsetzt, wird die Schaulinie — siehe später — sich asymptotisch der X-Achse nähern.

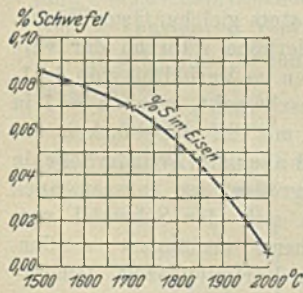


Abbildung 6. Schaubild VI. Ergebnisse der Schmelzreihe V.

nimmt einen überraschenden Verlauf, was aber leicht erklärlich ist, wenn man sich erinnert, daß die Entschwefelung bei den Temperaturen 1500 und 1700° nur ein Ausdruck labilen Gleichgewichtes ist, weil die Verteilungszeit für beide Temperaturen

Man sieht, daß die Entschwefelung bei steigender Temperatur sowohl heftiger als auch rascher vor sich geht. Die Untersuchungen haben also den alten Erfahrungssatz auf diesem Gebiete in vollem Maße bestätigt. Die Schaulinie VI (Abb. 6)

Die Entschwefelung als Funktion der Schlackenmenge.

Schmelzreihe VI.

In dieser Reihe wurde die Entschwefelung bei vier verschiedenen Schlackenmengen untersucht, und zwar bei 1000 kg Fe:

- 300 kg, 600 kg, 900 kg und 1200 kg
- oder bei 100 g vom Erz:
- 22 g, 44 g, 66 g und 88 g.

Voraussetzungen:

1. Erzverbrauch = konstant = 60 g
2. Koksverbrauch = „ = 22 g
3. Al₂O₃-Gehalt in den Schlacken = „ = 0,74 g
4. Verteilungszeit = „ = 3 st
5. Temperatur während der Verteilungszeit = „ = 1700°
6. Silizierungsgrad = „ = 1,6
7. Korngröße der Materialien = „ = wie früher.

Zahlentafel 6. Auszug aus dem Schmelzbuch von Reihe VI.

Schmelze Nr.	Beschickung in g				Schlackenbildende Bestandteile in g				Silizierungsgrad	Verteilungszeit	Temperatur während der Verteilungszeit	Zusammensetzung der Schlacken in %		
	Erz	Koks	Quarz	Kalkstein	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Summe				SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃
40	100	22	8,0	21,6	9,81	11,45	0,74	22	1,6	3 st	1700°	44,59	52,07	3,34
41	100	22	18,19	42,13	19,96	23,30	0,74	44	1,6	3 „	1700°	45,35	52,97	1,68
42	100	22	28,44	64,48	30,11	35,15	0,74	66	1,6	3 „	1700°	45,62	53,26	1,12
43	100	22	38,70	86,83	40,27	46,99	0,74	88	1,6	3 „	1700°	45,78	53,40	0,82

Die Ergebnisse der Schmelzreihe VI sind:

Schmelze Nr.	% S im Eisen	% S in den Schlacken	Vertheilungszahl	Silzierungsgrad	Vertheilungszeit	Temperatur während der Vertheilungszeit	Schlackenmenge	Schlackenmenge bei 100 g Fe
40	0,022	1,13	16,0	1,6	3 st	1700°	22	30
41	0,019	0,56	18,5	1,6	3 „	1700°	44	60
42	0,019	0,37	18,5	1,6	3 „	1700°	66	90
43	0,017	0,28	20,8	1,6	3 „	1700°	88	120

Das Schaubild VII (Abb. 7) zeigt also, daß die Entschwefelung, praktisch genommen, dieselbe bleibt, auch wenn die Schlackenmengen sehr großen Schwankungen unterworfen sind, jedoch als Minimum 30 % Fe. Die kleinen Ordinatendifferenzen können der Analysenfehlergrenze zugeschrieben werden. Wahrscheinlich werden doch Schlackenmengen unter 30 % Fe ungünstigere Ergebnisse liefern; es gelang jedoch nicht, dies sicher festzustellen. Theoretisch haben die Ergebnisse aus dem

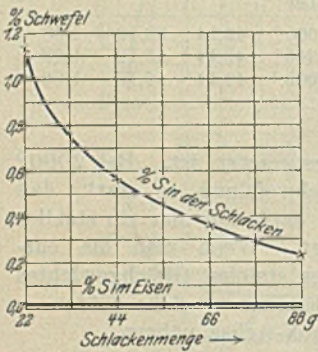


Abbildung 7. Schaubild VII. Ergebnisse der Schmelzreihe VI.

Grunde Interesse, weil sie augenscheinlich nicht mit Nernsts Verteilungssatz übereinstimmen. Wenn C die Konzentration bezeichnet, so verlangt der Satz:

$$\frac{CS \text{ in den Schlacken}}{CS \text{ im Eisen}} = \text{konstant} = k.$$

Wie die untenstehenden Berechnungen zeigen, gilt der Nernstsche Verteilungssatz im vorliegenden Falle nicht so ohne weiteres. Es sei hier daran erinnert, daß Nernst seinen Satz für homogene Systeme aufgestellt hat, während der vorliegende Fall ausgesprochen heterogen ist; da hier mehrere Faktoren zusammenkommen, muß dem Satz eine Erweiterung gegeben werden, damit er allgemeine Verwendbarkeit erhält:

Für 22 g Schlacke	ist	$C_{22} = 0,4633$
„ 44 g „	„	$C_{44} = 0,2336$
„ 66 g „	„	$C_{66} = 0,1558$
„ 88 g „	„	$C_{88} = 0,1175$

Die Konzentration des Schwefels in der konstanten Eisenmenge = $C_1 = 0,0193$. Nach dem Verteilungssatz sollten dann folgende Quotienten denselben Wert haben:

$$\frac{C_{22}}{C_1} = \frac{C_{44}}{C_1} = \frac{C_{66}}{C_1} = \frac{C_{88}}{C_1} = k,$$

was aber nicht der Fall ist.

Dagegen wird der Verteilungssatz befriedigt, wenn die Schlackenkonzentrationen C_{44} , C_{66} , C_{88} um das Zweifache, Dreifache und Vierfache vergrößert werden. Man erhält:

$$\begin{aligned} \frac{C_{22}}{C_1} &= \frac{0,4633}{0,0193} = 24,0 \\ \frac{2 \cdot C_{44}}{C_1} &= 24,2 \\ \frac{3 \cdot C_{66}}{C_1} &= 24,2 \\ \frac{4 \cdot C_{88}}{C_1} &= 24,3 \end{aligned}$$

Es sei hier daran erinnert, daß frühere Versuche gezeigt haben, daß stabiles Gleichgewicht bei 1700° bei einer Schlackenmenge von 44 g, was C_{44} entspricht, eintritt. Wenn man hiervon ausgeht und den Verteilungssatz anwendet, findet man:

$$\begin{aligned} C_2 &\rightarrow 0,012 \% \text{ S im Eisen} \\ C_4 &\rightarrow 0,009 \text{ „ „ „} \end{aligned}$$

Es ist hieraus zu schließen, daß die bei den Schmelzen 42 und 43 gefundenen Prozente Schwefel im Eisen ein Ausdruck für labiles und nicht stabiles Gleichgewicht, wie beabsichtigt ist, sind. Die Entschwefelung als Funktion der Zeit ist gemäß den Schaulinien der Reihen III und IV eine Kurve, die sich asymptotisch der X-Achse nähert. Hält man dies zusammen, so kann man daraus schließen, daß bei den Schmelzen 42 und 43 keine genügende Verteilungszeit angewendet worden ist, um stabiles Gleichgewicht zu erreichen. Bei einfacher Betrachtung der Versuchsanordnungen kommt man zu demselben Schluß. Bei jeder Schmelze wurden gleichgroße Schmelztiegel verwendet, auf gleichgroßen Eisenkönigen ruht ein Schlackenzyylinder von stets gleicher Grundfläche. Dagegen hat die Zylinderhöhe während der verschiedenen Schmelzungen im Verhältnis von 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 und 1 : 4 geschwankt, wenn $h = 1$ in der Schmelze Nr. 40 mit 22 g Schlacken angenommen wird. Wird aber die Zylinderhöhe in diesem Verhältnis vergrößert, so müssen auch die Strecken, auf die sich der Schwefel verteilen muß, entsprechend verlängert werden. Daraus folgt, daß die Verteilungszeit dementsprechend zunehmen muß, und zwar ist:

1. die Verteilungszeit mit der Schlackenmenge proportional und
2. mit den Konzentrationen umgekehrt proportional.

Aller Wahrscheinlichkeit nach würde man also durch Verlängerung der Verteilungszeit proportional mit der Schlackenmenge die Prozente Schwefel im Eisen finden, welche den Verteilungssatz befriedigen. Diese Erwägung führt inzwischen leicht zu so langen Verteilungszeiten, die experimentell ohne durchgreifende Veränderungen der verwendeten Ofenkonstruktion nicht länger ausführbar sind. Die Ursache dafür, daß das Verteilungsgesetz im vorliegenden Falle nicht unbedingt gültig ist, liegt darin, daß man nicht nur ein heterogenes System mit zwei scharfgeteilten Phasen Eisen und Schlacke hat, sondern daß auch eine Diffusion vor sich geht. Der vor-

liegende Fall ist verhältnismäßig einfach zu berechnen, da die Grenzfläche immer gleich bleibt.

Der Einfluß der Zeit kann durch das Guldberg-Vaagesche Massenwirkungsgesetz erläutert werden. Von dem allgemeinen Schema:

$$\frac{dx}{dt} = k (c_a - x) (C_b - x) \div k^1 (C_c + x) (C_d + x)$$

erhält man folgenden Ausdruck der Geschwindigkeitskonstante einer bimolekularen Reaktion:

$$k = \frac{1}{(a-b)t} \cdot \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$$

Wenn $a = b$, so erhält man:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{(a-x)_a}$$

Ist in dieser Gleichung $x = 0$, so ist $k = \infty$, d. h. die Reaktion hat noch nicht begonnen. Ist $x = a$ wird $k = 0$, d. h.: die Reaktion ist hypothetisch zu Ende geführt. Für dazwischenliegende

Werte, z. B. $x = \frac{a}{2}$ wird

$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{\frac{a}{2}}{(a - \frac{a}{2})_a} = \frac{1}{t} \cdot \frac{1}{a}$$

Auf die vorliegende Arbeit angewendet, hat man für Schmelze 41 einen experimentell festgelegten Wert für t und die beiden Konzentrationen, dadurch auch einen bestimmten Wert für k . Durch Verdünnung, d. h. Konzentrationsverminderung, muß t eine entsprechende Vergrößerung erhalten, weil k konstanten Wert haben soll.

Hier ist die Verdünnung, wenn $C_{22} = 1$ gesetzt wird,

$$C_{22} = 1, C_{44} = \frac{1}{2}, C_{66} = \frac{1}{3}, C_{88} = \frac{1}{4}.$$

Diese Werte in die Gleichung eingesetzt, geben, wenn t bei Schmelze 41 = 3 (Stunden) ist:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{1}{a} = \frac{1}{1\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{1} = \frac{2}{3}$$

$$k = \frac{1}{t_2} \cdot \frac{1}{a} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}} = \frac{2}{3}$$

$$k = \frac{1}{t_3} \cdot \frac{1}{a} = \frac{1}{4\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{3}} = \frac{2}{3}$$

$$k = \frac{1}{t_4} \cdot \frac{1}{a} = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{\frac{1}{4}} = \frac{2}{3}$$

Hieraus sieht man, daß, wenn k konstanten Wert haben soll, die Verteilungszeit proportional mit der Schlackenmenge vergrößert werden muß auf die Weise, daß die Schmelzen 42 und 43 je eine Verteilungszeit von $4\frac{1}{2}$ und 6 st verlangen, um Ergebnisse zu haben, die den Verteilungssatz befriedigen. Diese Zahlen wurden früher durch Berechnung gefunden = 0,012 und 0,009 % S.

Zusammenfassend kann kurz gesagt werden: Bei Verteilung in heterogene Systeme ist die Verteilungszeit umgekehrt proportional mit der Aenderung der Konzentration, wenn die Diffusionsfläche konstant ist.

Könnte die Diffusionsfläche in demselben Verhältnis wie die Schlackenmenge vergrößert werden, so würde die Verteilungszeit konstant sein. Die Praxis kann jedoch nie erwarten, daß die Entschwefelung durch vergrößerte Schlackenmenge besser wird, weil man hier auf sehr begrenzte Verteilungszeiten (Abstichzeiten) angewiesen ist. Außerdem hat jeder einzelne Eisenofen seine bestimmte Diffusionsfläche, die von der Bauart des Ofens abhängt. Wird die Schlackenmenge vergrößert, so wird die Verteilungszeit auch entsprechend verlängert, was sich so, wie das Schaubild dieser Reihe (Abb. 6) zeigt, äußert. Mit anderen Worten: die Entschwefelung als Funktion der Schlackenmenge ist konstant.

II. Versuche mit anderen Schlacken.

Um diesen Abschnitt mit dem vorhergehenden in Zusammenhang zu bringen, wurde nach folgendem Plan gearbeitet: mit Kalksilikatschlacken von bestimmtem Silizierungsgrad als Ausgangspunkt ist:

- a) SiO₂ durch Al₂O₃,
- b) CaO „ MgO

ersetzt. Die Aufgabe war, einen derartigen Ausdruck für die Entschwefelung als Funktion der beiden oben erwähnten Variablen zu finden, daß sie, jede für sich, durch dieselben in das Gesamtschaubild der Kalksilikatschlacken eingeführt werden könnten.

Die Entschwefelung als Funktion des Tonerdegehaltes.

Schmelzreihe VII.

Als Ausgangspunkt ist eine Kalksilikatschlacke mit Silizierungsgrad 1,6 gewählt. Tonerde wird in vier Stufen eingeführt, bis die Kieselsäure gänzlich ersetzt worden ist.

Voraussetzungen:

1. Erzverbrauch = konstant = 100 g
2. Koksverbrauch = „ = 22 g
3. Verteilungszeit = „ = 3 st
4. Temperatur während der Verteilungszeit = „ = 1700°
5. Schlackenmenge = „ = 44 g
6. Kalkgehalt der Schlacken = „ = 45,35 %
7. Korngröße der Materialien = „ = wie früher.

Voraussichtlich war zu berechnen, daß die Schlacken sehr niedrige Schmelzpunkte bekommen würden und dadurch eine große Viskosität; dann waren stabile Gleichgewichte zu erwarten.

Zahlentafel 7. Auszug aus dem Schmelzbuch von Reihe VII.

Schmelze Nr.	Beschickung in g					Schlackenbildende Bestandteile in g				Zusammensetzung der Schlacken in %		
	Erz	Koks	Quarz	Kalkstein	Tonerde	SiO ₂	Ca O	Al ₂ O ₃	Summe	SiO ₂	Ca O	Al ₂ O ₃
46	100	22	18,19	42,13	—	19,96	22,33	0,74	44	45,35	50,97	1,68
47	100	22	13,65	42,13	6,01	15,46	22,33	6,21	44	35,14	50,97	14,11
48	100	22	9,10	42,13	10,95	10,96	22,33	10,71	44	24,91	50,97	24,34
49	100	22	4,55	42,13	15,80	6,45	22,33	15,22	44	14,66	50,97	34,59
50	100	22	—	42,13	20,78	1,95	22,33	19,72	44	4,43	50,97	44,82

Die Ergebnisse der Schmelzreihe VII sind:

Schmelze Nr.	% S im Eisen	% S in den Schlacken	Ver-teilungs-zahl	Ver-teilungs-zeit	Temperatur während der Ver-teilungs-zeit	Schlacken-menge	% Al ₂ O ₃ in den Schlacken
46	0,024	0,50	13	3 st	1700°	44 g	1,68
47	0,014	0,52	23	3 „	1700°	44 g	14,11
48	0,008	0,53	40	3 „	1700°	44 g	24,34
49	0,007	0,53	48	3 „	1700°	44 g	34,59
50	0,010	0,53	34	3 „	1700°	44 g	44,82

Der Verlauf der Schaulinie VIII (Abb. 8) zeigt, mit Ausnahme der letzten Schmelze, die bis jetzt wenig beachtete Erscheinung, daß die Tonerde einen

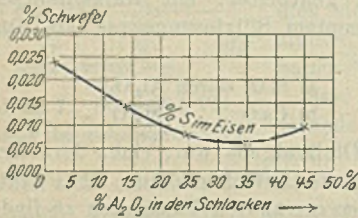
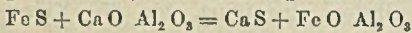


Abbildung 8. Schaubild VIII. Ergebnisse der Schmelzreihe VII.

großen Einfluß auf die Entschwefelung hat, welche bei steigendem Tonerdegehalt (bis zu etwa 30 % Al₂O₃) beinahe proportional mit diesem steigt. Man muß annehmen, daß die Tonerde unmittelbar an einer Reaktion beteiligt ist, und das Nächstliegende ist dann, daß sie zusammen mit Eisenoxydul einen Eisenspinell bildet, z. B. nach folgender Gleichung:



Infolge des Massenwirkungsgesetzes ist:

$$\frac{[Fe S] \times [Ca O Al_2 O_3]}{[Ca S] \times [Fe O Al_2 O_3]} = K.$$

Aus der Gleichung geht hervor, daß eine Zunahme der Konzentration von Kalk und Tonerde eine Verschiebung des Systemes bewirken

würde. Damit K seinen konstanten Wert behalten kann, muß die Verschiebung in den übrigen Gliedern des Systems ausgeglichen werden. Daraus, verglichen mit den vielen Angaben, daß ein Uberschuß an Kohlenstoff günstig für die Entschwefelung ist, muß man den Schluß ziehen, daß der Kohlenstoff das Eisenoxydul im Eisenspinell zu metallischem Eisen reduziert. Die dadurch freigewordene Tonerde kann neuerdings Eisenspinell bilden und dadurch von neuem Schwefel in die Schlacken überführen.

Die Rolle, welche die Tonerde bei der Entschwefelung spielt, kann also mit der eines Katalysators verglichen werden; d. h. er ist indifferent, weil er nur vermittelnd an dem Vorgang teilnimmt. Wenn auch Tonerde eine günstige Wirkung bei der Abschwefelung hat, so darf man ihre Rolle nicht überschätzen, weil die physikalischen Faktoren, z. B. Temperatur und Zeit, immer an erster Stelle bleiben.

Die Entschwefelung als Funktion des Gehaltes an MgO.]

Schmelzreihe VIII.]

Als Ausgangspunkt für diese Reihe ist eine Kalksilikatschlacke mit Silizierungsgrad 1,2 gewählt. MgO wurde anstatt CaO genommen, und zwar so, daß es 1/4, 1/2 und das ganze CaO ersetzt.

Voraussetzungen:

1. Erzverbrauch = konstant = 100 g
2. Koksverbrauch = „ = 22 g
3. Schlackenmenge = „ = 44 g
4. Al₂O₃-Gehalt in den Schlacken = „ = 1,68 %
5. SiO₂-Gehalt in den Schlacken = „ = 38,48 %
6. Verteilungszeit = „ = 3 st
7. Temperatur während der Verteilungszeit = „ = 1700°
8. Korngröße der Materialien = „ = wie früher, mit Ausnahme von Magnesia, welches als Pulver hinzugesetzt wurde.

Zahlentafel 8. Auszug aus dem Schmelzbuch für Reihe VIII.

Schmelze Nr.	Beschickung in g					Schlackenbildende Bestandteile in g					Zusammensetzung der Schlacken in %			
	Erz	Koks	Quarz	Kalkstein	Magnesia	SiO ₂	Ca O	Mg O	Al ₂ O ₃	Summe	SiO ₂	Ca O	Mg O	Al ₂ O ₃
60	100	22	15,13	47,85	—	16,93	26,07	0,25	0,74	44	38,71	59,04	0,57	1,68
61	100	22	15,13	35,91	7,63	16,93	19,75	6,58	0,74	44	38,48	44,89	14,95	1,68
62	100	22	15,13	23,50	15,55	16,93	13,17	13,16	0,74	44	38,48	29,92	29,92	1,68
63	100	22	15,13	—	30,54	16,93	0,72	25,61	0,74	44	38,43	1,64	58,20	1,68

Die Ergebnisse der Schmelzreihe VIII sind:

Schmelze Nr.	% S im Eisen	% S in den Schlacken	Verteilungszahl	Verteilungszahl	Temperatur während der Verteilungszeit	Schlackenmenge	% MgO in Schlacken	% CaO in Schlacken
60	0,013	0,57	28	3 st	1700°	44 3/4 g	0,57	59,04
61	0,019	0,56	18,5	3 „	1700°	44 3/4 g	14,95	44,89
62	0,027	0,54	10,7	3 „	1700°	44 3/4 g	29,92	29,92
63	0,080	0,45	3,5	3 „	1700°	44 3/4 g	58,20	1,64

Aus dem Schaubild IX (Abb. 9) geht hervor, was man schon früher vermutet hat, daß MgO schlechter als CaO entschwefelt. Dies stimmt mit der Tatsache überein, daß MgO eine geringere Affinität gegenüber dem Schwefel besitzt als Ca; oder MgS hat eine geringere Bildungswärme (Reaktionswärme) als CaS. Es ist jedoch anzunehmen, daß die letzte Schmelze keine Abschwefelung mit stabilem Gleichgewicht ergab. Die Flüssigkeit der Schlacken nahm merkbar ab, wodurch auch

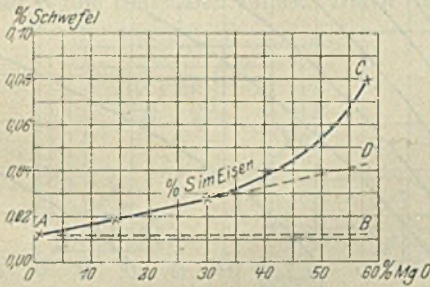


Abbildung 9. Schaubild IX. Ergebnisse der Schmelzreihe VIII.

die Verteilungsgeschwindigkeit ohne Zweifel sehr heruntersetzt wurde.

Hiermit schließt die Reihe der bis jetzt ausgeführten Schmelzversuche. Natürlich könnte die Entschwefelung noch in vielen anderen Richtungen untersucht werden, besonders ist die Wirkung des Mangans, wie bekannt, sehr günstig. Hier seien die Arbeiten Ledeburs erwähnt, dessen Untersuchungen in dieser Richtung als grundlegend betrachtet werden können.

III. Zusammenstellung der erhaltenen Ergebnisse.

Kalksilikate betreffend, wurde die Entschwefelung als Funktion der folgenden vier Faktoren untersucht:

- a) Silizierungsgrad,
- b) Zeit,
- c) Temperatur,
- d) Schlackenmenge.

Da die verschiedenen Schmelzreihen unter verschiedenen Versuchsbedingungen ausgeführt worden sind, so können die dabei gefundenen Ergebnisse nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden.

Innerhalb der praktischen Grenzen 30 bis 120 % Fe zeigte sich, daß die Schlackenmenge keinen Einfluß auf die Entschwefelung ausübt (vgl. Reihe VI). Ebenfalls kann man

von einem unmittelbaren Vergleich des Einflusses der Zeit auf die Entschwefelung absehen, unter der Voraussetzung, daß nur die stabilen Gleichgewichte verglichen werden sollen. Es bleiben also die beiden Faktoren: Silizierungsgrad und Temperatur, zurück, gemäß den Schaubildern II und V. Keines dieser Schaubilder gibt jedoch einen Ausdruck für stabile Gleichgewichte, die meisten Punkte betreffend. Mit Hilfe der Schaubilder III und IV kann man indessen mittels einer einfachen Interpolation und Umrechnung alle Zahlen auf stabiles Gleichgewicht überführen. Das Schaubild der Reihe II zeigt, daß der Verlauf der Kurve, mit Ausnahme des ersten Punktes, beinahe eine gerade Linie bildet. Die Berechnung nimmt an, daß die Kurve eine gerade Linie ist, die durch die Punkte (1—0,038) und (1,6—0,076) geht, welche folgende Gleichung befriedigt:

$$Y = 0,0063x \div 0,0217.$$

Aus der Reihe III geht hervor, daß, wenn die entsprechenden Ordinaten auf stabiles Gleich-

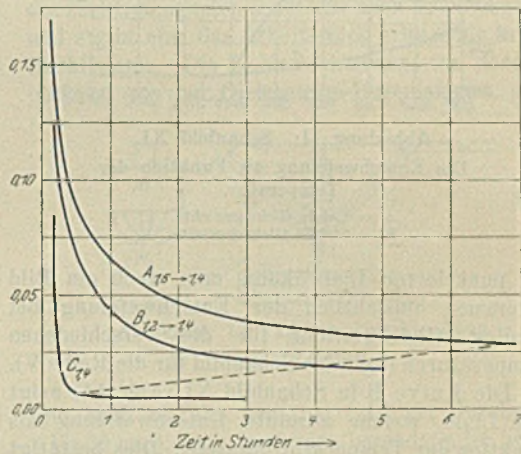


Abbildung 10. Schaubild X. Die Entschwefelung als Funktion der Zeit bis zum stabilen Gleichgewicht.

A bei 1500°. B bei 1700°. C bei 2000°.

A und B sind auf den Silizierungsgrad von 0 = 1,4 umgerechnet.

gewicht übergeführt werden, sie eine Reduktion erleiden, die durch den Quotienten $\frac{0,014}{0,057} = 0,246$ bestimmt ist. Die neue Linie bekommt dann die Gleichung:

$$Y = 0,015x \div 0,005.$$

Diese ist also der Ausdruck der stabilen Entschwefelung als Funktion des Silizierungsgrades unter den erwähnten Voraussetzungen. Betrachtet man das Schaubild der Reihe V: Entschwefelung als Funktion der Temperatur, so muß man bemerken, daß es für drei Temperaturen, 1500°, 1700° und 2000°, bestimmt ist. Allein bei dem letzten Punkt ist stabiles Gleichgewicht erreicht, die übrigen zwei Punkte können nach den Zahlen der Reihe III und IV auf stabiles Gleichgewicht übergeführt werden; rechnet man des Vergleiches halber sämtliche Reihen bis Silizierungsgrad 1,4 um, so erhält man das Schaubild X (Abb. 10).

Die punktierte Linie des vorstehenden Schaubildes ist durch drei Faktoren bestimmt: Absolute Entschwefelung, Temperatur und Zeit. Sie gibt dadurch einen Ausdruck für die absolute Entschwefelung, welche durch die verschiedenen Temperaturen erreicht werden kann, als auch für die Zeit (Reaktionsgeschwindigkeit), welche die verschiedenen Temperaturen verlangen, um stabiles Gleichgewicht bei Silizierungsgrad 1,4 zu erreichen, oder das Gleichgewicht tritt ein:

1. bei 1500° nach 7 st mit 0,028 % S im Eisen
2. „ 1700° „ 3,5 „ „ 0,017 „ „ „
3. „ 2000° „ 1/2 „ „ 0,006 „ „ „

Aus diesen Zahlen kann ein Bild der Reaktionsgeschwindigkeiten konstruiert werden. Mit Hilfe

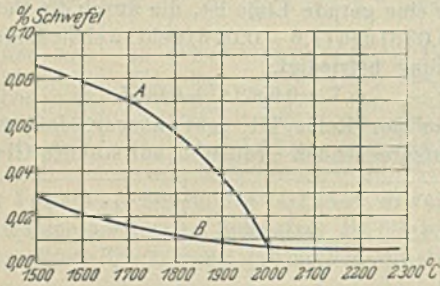


Abbildung 11. Schaubild XI.
Die Entschwefelung als Funktion der Temperatur.
A = Labile Gleichgewichte.
B = Stabile Gleichgewichte.

der punktierten Linie kann man auch ein Bild bekommen hinsichtlich der Entschwefelung bei stabilem Gleichgewicht für die verschiedenen Temperaturen (vgl. das Schaubild für die Reihe V).

Die Kurve B in Schaubild XI (Abb. 11) zeigt eine Linie, welche absolute Entschwefelung als Funktion der Temperatur darstellt. Dies bestätigt wieder, daß die Wirksamkeit der Entschwefelung mit steigenden Temperaturen zunimmt. — Aus dem jetzt vorliegenden Material ist es möglich, eine Uebersicht über die stabile Entschwefelung bei Kalksilikatschlacken zusammenzustellen. Die Werte sind in Schaubild XII (Abb. 12) wiedergegeben.

Die einzelnen Kurven stellen äquivalente Werte der Verteilungszahlen unter den verschiedenen Kombinationen dar. Bei Benutzung des Schaubildes muß daran erinnert werden:

1. daß sämtliche Verteilungszahlen mit einer Gesamt-Schwefelmenge = 0,26 für 70 Fe berechnet sind;

2. daß es die Entschwefelung bei stabilen Gleichgewichten veranschaulicht;
3. daß alle Verteilungszahlen mit einer Schlackenmenge = 60 % Fe berechnet sind.

Will man die hier gewonnenen mit anderen Ergebnissen vergleichen, bei welchen die Bedingungen sich anders stellen, so muß die Verteilungszahl des Schaubildes entsprechend umgerechnet werden.

Der Einfluß des Tonerdegehaltes auf die Entschwefelung wird am leichtesten in das Schaubild eingeführt, indem man Mrazeks altes Ver-

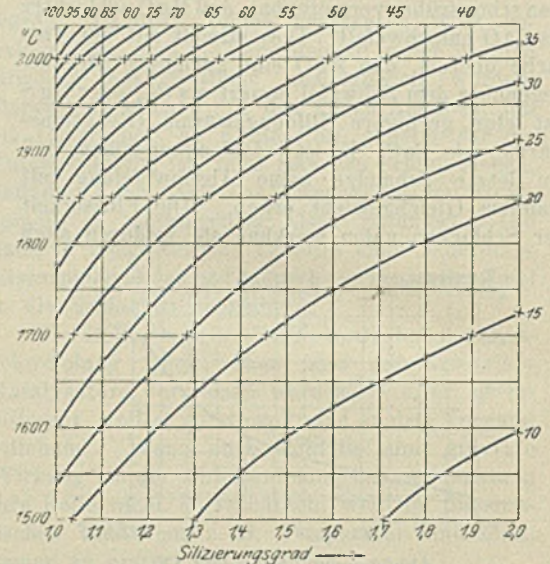


Abbildung 12. Schaubild XII.
Uebersicht über die stabile Entschwefelung bei Kalksilikatschlacken.

fahren zur Berechnung von Silizierungsgraden anwendet, wo die Tonerde als Base eingeführt wird. Man kann dann Werte finden, welche die Gleichung: $Y = 0,015 \times \frac{1}{Z} \div 0,005$ befriedigen.

Der Einfluß des Gehaltes an Magnesiumoxyd auf die Entschwefelung kann durch eine ähnliche Betrachtung in die Gesamtübersicht eingeführt werden. Der Sauerstoffwert kann auch hier sowie bei der Tonerde mit einem Drittel berechnet werden.

Das Schaubild XII (Abb. 12) kann bequem mit Erfolg benutzt werden, um die Entschwefelung bei den verschiedensten Erzen und Zuschlägen zu finden; es gibt auch die Richtung an, in welcher gearbeitet werden muß, um brauchbare Ergebnisse zu erlangen.

Der heutige Stand der neueren Schweißverfahren. II.

Von Dipl.-Ing. P. Schimpke in Chemnitz.

(Fortsetzung von Seite 392.)

Die elektrischen Lichtbogen-Schweißverfahren.

Die elektrischen Schweißverfahren lassen sich in zwei große Gruppen teilen, in die Lichtbogen- und in die Widerstandsschweißverfahren. Bei den Lichtbogenverfahren wird der Davysche

Lichtbogen zur Erzeugung der Schweißhitze gebraucht. Da er aber eine Temperatur von etwa 3500° hat, so wird das zu schweißende Material sofort dünnflüssig. Es handelt sich also bei allen Lichtbogenschweißungen um ein Zusammenschmelzen zweier Körper, wobei das Material an der Schweiß-

stelle die z. B. durch Walzen oder Schmieden erzielte Verbesserung seiner Festigkeitseigenschaften verliert und höchstens durch Hämmern der fertigen Schweißnaht teilweise wiedergewinnen kann.

Die ersten Versuche der Lichtbogenschweißung lassen sich auf Werner v. Siemens zurückführen. Nach ihm haben sich Coffin und dann Bettini an demselben Problem versucht. Den ersten brauchbaren, auch heute noch viel benutzten Apparat bauten N. von Benardos und St. Olszewski in Petersburg (D. R. P. Nr. 38 011) 1885¹⁾. Die Abb. 12 zeigt schematisch, daß von einer Dynamomaschine Strom zunächst bis zum Umschalter U (unter Messung durch das Voltmeter V und das Ampere-meter A) geliefert und dann zum Griff G geführt wird, den der Arbeiter hinter einem Schutzkorb S faßt. Der Strom geht von G weiter zur Kohlenelektrode K (10 bis 30 mm Durchmesser, je nach der Stromstärke) und von dieser durch das Arbeitsstück B zum Umschalter zurück. Durch Hochheben

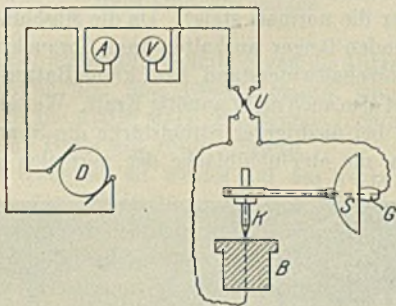


Abbildung 12. Schema einer Lichtbogen-schweißanlage (Bernardos oder Slavianoff).

der Elektrodenkohle um etwa 10 mm wird dann zwischen ihr und dem Arbeitsstück der Lichtbogen gezogen.

Setzt man an Stelle der Kohlenelektrode eine Metallelektrode von 5 bis 20 mm Durchmesser und möglichst demselben Material ein, aus welchem das Schweißstück besteht, so hat man das zweite Lichtbogenverfahren, das der russische Ingenieur Slavianoff 1891 einführt²⁾.

Hervorzuheben ist, daß bei beiden Verfahren Gleichstrom von 55 bis 65 V Spannung verwendet werden muß. Ausnahmsweise kann man bis 110 V Spannung gehen. Die Stromstärke schwankt je nach der Art des Materials und je nach der Materialstärke zwischen 50 und 400 Amp (selten bis 800 Amp). Die Dynamo muß also etwa 50 KW leisten können. Der positive Pol des Gleichstromlichtbogens hat nun eine um 900° höhere Temperatur als der negative. Man wird also diesen positiven Pol bei leichter schmelzbaren Metallen (Gußeisen, Kupfer) an den Kohlestift und bei schwerer schmelzbaren (Schmiedeeisen, Stahlguß, Nickel) an das Arbeitsstück legen.

Bei Benardos wird der Kohlestift, wenn er an den positiven Pol angeschlossen ist, stärker abbrennen, Kohle an die Schweißstelle abgeben und sie also kohlenstoffreicher, härter machen. Bei umgekehrtem Anschluß wird diese Wirkung ausbleiben. Um den hiernach oft erforderlichen Polwechsel jederzeit zu ermöglichen, ist der Umschalter U eingebaut. Nebenbei bemerkt ist diese Wirkung der Pole, bzw. der Polumschaltung auch mit der Hauptgrund, weshalb Wechselstrom bei den Verfahren von Benardos und Slavianoff nicht gut anwendbar ist und praktisch nie benutzt wird.

Das dritte der heute gebräuchlichen Lichtbogenschweißverfahren, Dr. Zerener, Berlin, 1891 patentiert (D. R. P. Nr. 68 938) und etwa 1893 eingeführt¹⁾, zeigt Abb. 13. Der Strom geht zuerst zu einem Magneten M, der mit seinen zwei Polen um die Kohlenelektroden K₁ und K₂ herumgreift (s. Seitenansicht Abb. 13 links), dann zur Kohlenelektrode K₁ und von dieser über K₂ zurück. Der zwischen K₁ und K₂ entstehende Lichtbogen wird durch die Wirkung des Elektromagneten senkrecht nach unten abgelenkt und ergibt eine das Arbeitsstück erhaltende kräftige Stichflamme. Die Kohlenelektroden, von denen die positive, wie bei Gleichstrom-Bogenlampen, größer

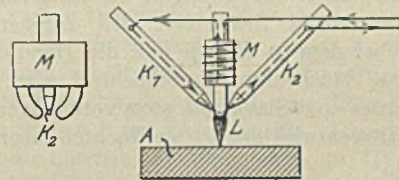


Abbildung 13. Lichtbogenschweißung nach Zerener.

sein muß als die negative (üblicher Durchmesser 6 bis 30 mm), sind durch eine besondere, im Schema nicht gezeichnete Einrichtung von Hand oder automatisch verstellbar. Als Stromart ist wieder Gleichstrom von 60 bis 70 V Spannung üblich, obwohl bei diesem System auch Wechselstrom verwendbar ist.

Außer diesen drei wichtigsten Lichtbogenschweißverfahren gibt es noch einige weitere, die aber in Wirklichkeit mit kleinen Abänderungen nichts anderes sind als die beschriebenen Systeme. So ist z. B. das öfter erwähnte Kjellbergsche Verfahren²⁾ dasselbe wie das von Slavianoff. Es arbeitet mit 100 V Spannung. Der Metallkern ist von einem nicht näher angegebenen Mantel umhüllt. Jedenfalls handelt es sich bei diesem Mantel nur um einen als Schweißmittel wirkenden Körper.

Alle Lichtbogenschweißverfahren können nur in beschränktem Umfang Verwendung finden. Das Zerenersche Verfahren hat den Vorteil, daß seine Stichflamme als selbständige, vom Arbeitsstück unabhängige Wärmequelle beliebige Temperaturen am Werkstück erzielen kann. Es wird aber trotz seiner

¹⁾ Siehe Z. d. V. d. I. 1887, 1. Okt., S. 863/7.

²⁾ Siehe St. u. E. 1909, 26. Mai, S. 778; 29. Dez., S. 2058; Zeitschrift für Elektrochemie 1899, 16. Nov., S. 286.

¹⁾ Siehe Sitzungsberichte des Vereins zur Beförderung des Gewerbleißes 1893, 2. Okt., S. 211.

²⁾ Siehe St. u. E. 1911, 23. Nov., S. 1934; 21. Dez., S. 2107.

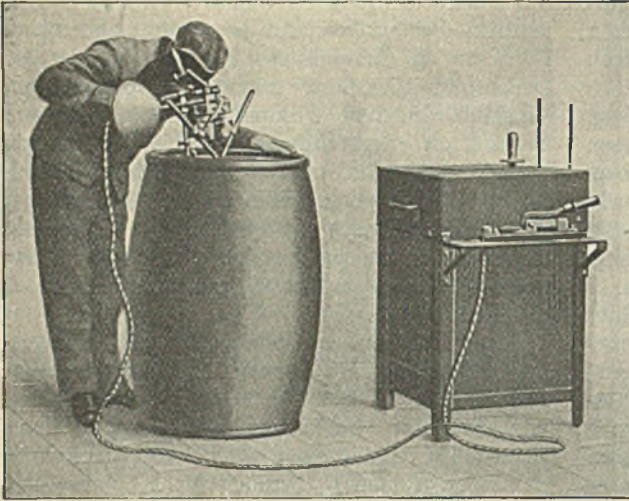


Abbildung 14. Faßschweißung mit einem Zernerschen Apparat.

guten Durchbildung nur zum Schweißen dünner Bleche (bis 3 mm Stärke), zur Herstellung von Fässern (Abb. 14), zum Löten usw. benutzt. Abb. 14 zeigt rechts einen Vorschaltwiderstand zur Einregulierung auf größere oder geringere Stromstärke, links in der Hand des Schweißers den Zernerschen Apparat, bei dem in diesem Fall die Handhabung durch eine Rädchenführung erleichtert wird. Die bei Benardos und Slavianoff stets vorhandene, viel größere Hitzeentwicklung ist als Nachteil, aber nach

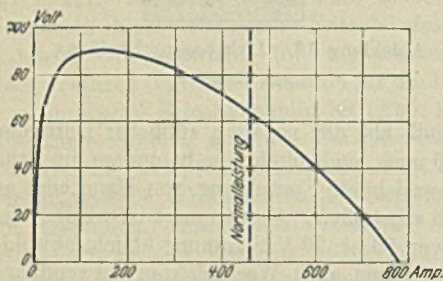


Abbildung 15. Äußere Charakteristik einer Querfeldmaschine.

anderer Richtung auch als Vorteil anzusprechen. Beide Verfahren sind infolgedessen nämlich zur Reparatur größerer Guß- und Schmiedestücke geeignet.

Besonders bei Benardos ist nun der Kraftbedarf ein stark wechselnder. Beim Bilden des Lichtbogens tritt sogar Kurzschluß auf und während des Schweißens ist es nur dem gut eingewöhnten Schweißer möglich, den Kohlestift in der richtigen Entfernung und damit die Kraftentnahme nicht allzu ungleichmäßig zu halten. Man half sich lange Jahre durch Einführung einer Akkumulatorenbatterie, die der Dynamo parallel geschaltet wurde. Bei Slavianoff liegen die Verhältnisse der abschmelzenden Metallelektrode wegen nicht so ungünstig. Um hier einen gleichmäßigen Lichtbogen zu erzielen, brachte man eine automatische Regulierung nach Art der Bogenlampen

an, verließ sie aber ihrer Umständlichkeit wegen bei geübten Arbeitern später wieder. Bei beiden Systemen hilft diesem Uebelstand nun eine Neuerung ab, die Einführung von Spezialdynamos. Sehr gebräuchlich ist die von der A. E. G. Berlin gebaute Rosenbergsche Querfelddynamo¹⁾. Das bei jeder Gleichstrommaschine durch Ankerrückwirkung erzeugte, sonst störende zweite magnetische Feld (das Querfeld) wird bei dieser Dynamo in sinnreicher Weise zur Regulierung derart benutzt, daß mit veränderter Stromstärke auch die Spannung sich ändert, während bei gewöhnlichen Dynamos bekanntlich die Spannung konstant bleibt. Abb. 15 gibt durch Zeichnung der Charakteristik einer Querfeldmaschine einen Einblick in die Spannungsverhältnisse. Man sieht, daß bei der Klemmenspannung 0, d. h. also bei Kurzschluß, die Stromstärke nur um 70 bis

80 % über die normale steigt. Da die Maschine dies ohne Schaden länger aushalten kann, braucht man keinen Vorschaltwiderstand, bzw. keine Batterie und vernichtet also auch nicht unnötig Kraft. Weiter zeigt sich, daß bei niedrigerer Stromstärke die Spannung auf etwa die eineinhalbfache der normalen steigt.

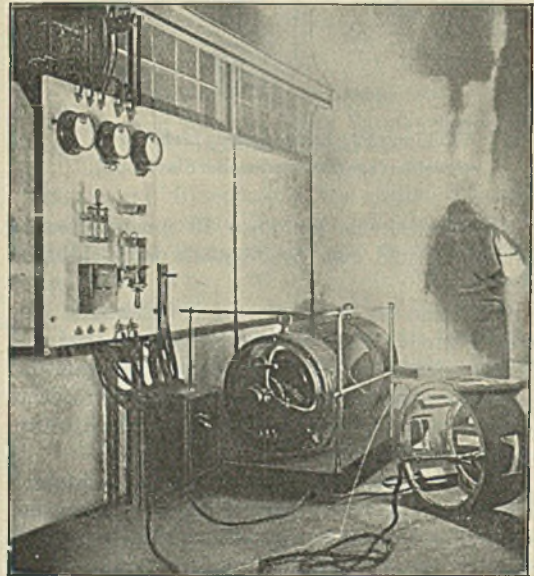


Abbildung 16. Lichtbogenschweißanlage.

Dies ist ebenfalls vorteilhaft, denn der Lichtbogen wird nun weniger leicht abreißen. Abb. 16 zeigt eine vollständige Schweißanlage mit Rosenberg-Dynamo in Gebrauch. Der Schweißer ist im Begriff, den abgebrochenen Fuß eines Dynamogehäuses anzuschweißen.

Bei der Ausführung einer solchen Lichtbogenschweißung arbeitet man, je nach Art der Schweißung,

¹⁾ Siehe Z. d. V. d. I. 1909, 23. Jan., S. 129 u. f.

mit oder ohne Form. Beim Anschweißen einer größeren Gußeisenmenge benutzt man Formen aus Retortenkoksplatten, bei Schmiedeeisen und Stahlguß gemahlenen Quarzsand. Sowohl bei Benardos wie bei Slavianoff wird dann meist kaltes Material in Stabform (5 bis 10 mm Dicke) mit eingeschmolzen. Bei Gußeisen muß siliziumreiches Material, des Siliziumabbrandes wegen, bei Stahlguß und Schmiedeeisen die entsprechende Stahl- und Schmiedeeisenqualität genommen werden. Zur Verhinderung von Oxydationseinschlüssen kann ein Flußmittel (Borax) genommen werden; notwendig ist es nicht. Der

halten und in der Lage sind, schnell zu irgendeiner Reparatur an Ort und Stelle zu sein. In Hafenstädten, z. B. in Hamburg, tritt an die Stelle des Automobils das Schweißschiff, das in den Hafenanlagen von Dampfer zu Dampfer fährt.

Sieht man aus alledem, daß die Lichtbogenschweißverfahren hauptsächlich Reparaturzwecken (auch z. B. der Ausbesserung von Stahlgußstücken, die Schönheitsfehler haben) dienen, so ist doch das Benardosse Verfahren mit gutem Erfolg auch bei der elektrischen Schweißung von Straßenbahnschienen benutzt worden¹⁾. Nach langen, schon 1881 beginnenden Versuchen wird jetzt mit Hilfe der Rosenbergschen Querfelddynamo und unter Verwendung von 400 Amp Stromstärke bei etwa 60 V Spannung gearbeitet. Man unterscheidet Kopf- und Fußschweißung oder Laschenschweißung. Bei ersterer (Abb. 18, I) wird zunächst mit dem Lichtbogen eine Rinne ausgeschmolzen. Das flüssige Material läßt man ablaufen. Darauf werden Formstücke A angesetzt, die durch einen viereckigen Ring B und Gewichte C an die Schienen gepreßt werden. Nun fährt man mit dem Ausschmelzen der Rinne fort, wobei das Material jetzt in den unteren Teil der Form a fließt, und schmilzt schließlich das ganze Forminnere unter Zuschmelzen fremden Materials voll. Die Schienenrinne schützt man gegen Zuschmelzen durch Einlegen eines Kohlenstabs. Im übrigen erhält man die bei d sichtbare Wulst. Bei der Fußschweißung wird eine Eisenplatte D an den Stellen b mit angeschweißt. Demgegenüber beruht die Laschenschweißung (Abb. 18, II) auf dem Anschweißen der beiden normal verschraubten

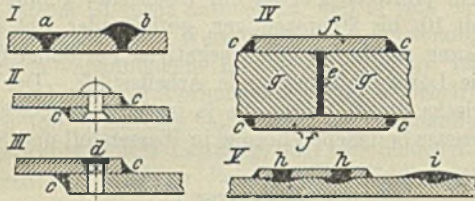


Abbildung 17. Beispiele elektrischer Reparaturschweißungen.

Schweißer erhält zum Schutz gegen die Hitze Asbesthandschuhe und eine Gesichtsmaske, zum Schutz gegen die die Augen stark schädigende Lichtausstrahlung eine Brille mit roten Gläsern.

Bei Gußeisen ist wieder auf das vorherige Anwärmen des Arbeitsstücks im Holzkohlenfeuer und nachheriges vorsichtiges Abkühlen aufmerksam zu machen. Trotzdem entstehen infolge der starken örtlichen Erhitzung oft nachher neue Risse. Viel mehr hat sich die Lichtbogenschweißung daher bei Stahl und Schmiedeeisen eingebürgert. Die Technik der Reparaturschweißung, um die es sich ja hauptsächlich handelt, ist hierbei in den letzten Jahren wesentlich verbessert worden. Abb. 17 zeigt dies schematisch: Unter I die Stumpfschweißung von Blechen, und zwar bei a ohne Verdickung, bei b mit Verdickung, was größere Bruchsicherheit ergibt. Im Fall II sehen wir die Nahtschweißung c einer fertigen Vernietung, wodurch das Verstemen und unter Umständen sogar eine zweireihige Nietnaht überflüssig gemacht wird. III führt uns bei d eine sogenannte „Stiftschweißung“, z. B. zum Aufsetzen eines Flickens, vor, und zwar in Verbindung mit der Nahtschweißung c. IV zeigt das Zusammenschweißen zweier Teile g mit Hilfe von Verstärkungsstücken f. Hier wird also bei e und c geschweißt, die Sicherheit gegen Bruch ist durch die Verstärkung wesentlich erhöht. Bei V wird schließlich der Schaden einer Blechanfressung durch Aufsetzen von Flickern mit Hilfe der Lochschweißung (h) oder durch einfaches Auffüllen (i) beseitigt. Interessieren dürfte noch, daß man bei diesen Reparaturschweißungen schon so weit geht, Schweißautomobile auszurüsten, die den vollständigen elektrischen Schweißapparat ent-

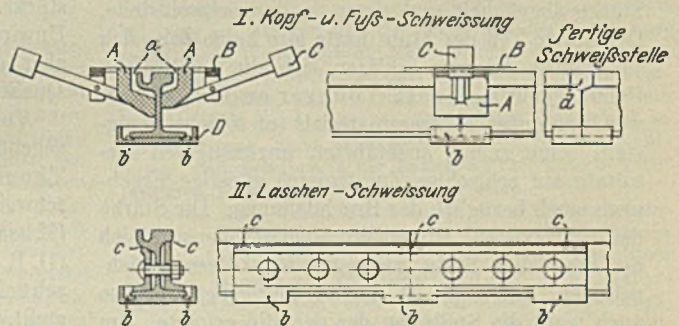


Abbildung 18. Schienenschweißung.

Laschen an den Stellen b und c, wobei sich im ganzen zwölf Schweißstellen ergeben. Für neue Schienen sollte bisher die Kopf- und Fußschweißung, für alte, bereits verlaschte Schienen die Laschenschweißung am zweckmäßigsten sein, jedoch scheint man bei Neuanlagen jetzt auch den Laschenstoß (Brückenstoß) zu bevorzugen. Das Aufschweißen ausgefahrener Stöße nach derselben Schweißmethode ist auch schon ausgeführt worden. Thermit- und Lichtbogen-Schienenschweißung dürften ziemlich gleichwertig sein. Für erstere spricht die einfachere

¹⁾ Zeitschrift für Kleinbahnen 1909, Dez., S. 968.

Anlage. Versuche mit der elektrischen Widerstandsschweißung haben bei Schienenschweißungen bisher zu keinem günstigen Ergebnis geführt.

Ueber den Kraftverbrauch der Lichtbogenverfahren lassen sich, da es sich fast immer um Reparaturarbeiten handelt, keine näheren Angaben machen, als sie in den angegebenen Zahlen der Spannung und Stromstärke enthalten sind.

Festigkeitsuntersuchungen ergaben die in Zahlentafel 3 zusammengestellten Mittelwerte:

Zahlentafel 3. Mittelwerte.

	Bruchfestigkeit der Schweißnaht in % der Festigkeit des vollen Stücks	Dehnung der Schweißnaht in % der Dehnung des vollen Stücks
Diegel 1906/07 (Slavianoff-Verfahren)		
Gußeisen	77	100
Flußeisen	76	29
Stahlguß	91	47
Kupfer	70	22
Messingguß	100	100
Scott Younger 1909/10 (Kjellberg-Verfahren)		
Flußeisenblech (mit nicht geeignetem Eintragsmaterial)	94	33,25
Flußeisenblech (mit gutem Eintragsmaterial)	97	85,6

Die Meßlängen bei Diegel betragen 100 mm (bei Flußeisen 150 mm), bei Scott Younger 203 mm. Die Probestäbe von Diegel waren alle auf gleiche Stärke abgehobelt und rissen in der Schweißstelle. Der übrige Teil des Stabs hatte also keine Zeit, sich zu dehnen. Hieraus erklären sich die ungünstigen Dehnungswerte. Scott Younger erzielte bei Verwendung guten Eintragsmaterials (er schiebt wenigstens seine zuerst angeführten ungünstigeren Resultate auf schlechtes Zusatzzeisen) günstige Ergebnisse, auch bezüglich der Bruchdehnung. Die Stärke der Schweißstelle ist bei ihm ziemlich genau gleich der des vollen Stabs gewesen. Von einem gleichmäßigen Abhobeln ist nichts angegeben, ebenso auch nicht die Stelle, an der der Riß erfolgte. Im allgemeinen wird die Dehnung der Schweißnaht doch wohl beträchtlich abnehmen, während die Zerreißfestigkeit durch Verdickung der Naht oder Anbringen von Verstärkungsstücken gleich der des vollen Blechs oder noch höher gemacht werden kann.

Die elektrischen Widerstandsschweißverfahren.

Die Widerstandsschweißverfahren beruhen auf der Eigenschaft des elektrischen Stroms, den stromleitenden Körper an Stellen größeren Widerstandes stark zu erwärmen, und zwar ist die erzeugte Wärmemenge nach dem Jouleschen Gesetz: $W = i^2 \cdot w \cdot t$.

1) Zeitschrift für Kleinbahnen 1914, Febr., S. 120 ff.

Am geeignetsten ist also Strom von hoher Stromstärke (i), der dann, wenn er wirtschaftlich arbeiten soll, niedrige Spannung haben muß. Versuche mit Wirbelströmen (Foucaultschen Strömen), welche hemmend und erhitzend auf einen sich drehenden Körper wirken, haben zu keinem brauchbaren Ergebnisse geführt. Praktisch erprobt sind überhaupt nur zwei Widerstandsverfahren, das von Lagrange und Hoho und das von Thomson.

Das Lagrange-Hohosche Verfahren, etwa 1893 eingeführt, ist eine Unterwasserschweißung¹⁾. Gleichstrom von 110 bis 150 V Spannung wird mit dem positiven Pol an ein Eisengefäß geführt, das mit 10- bis 20 prozentiger, gutleitender Pottaschelösung gefüllt ist. Den negativen Pol bildet das in die Lösung hineinragende Arbeitsstück. Der elektrische Strom zerlegt die ja in der Hauptsache aus Wasser bestehende Lösung in Wasserstoff und Sauer-

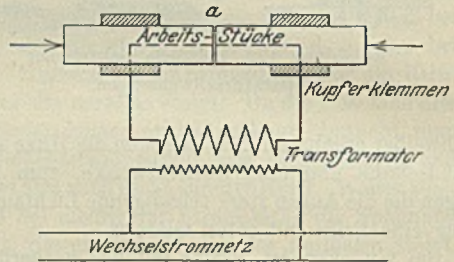


Abbildung 19. Schema der Stumpfschweißung.

stoff. Der Wasserstoff umhüllt das Arbeitsstück, bietet als schlechter Stromleiter großen Widerstand und führt so zu einer kräftigen Erhitzung des Arbeitsstücks. Zum Schweißen wird das Verfahren seiner Unwirtschaftlichkeit wegen kaum noch gebraucht, eher dagegen zur Erwärmung und Härtung von Qualitätsstählen.

Von ausschlaggebender Bedeutung sind demgegenüber die schon 1877 einsetzenden Versuche Thomsons für die Ausbildung der Widerstandsschweißung gewesen. Elihu Thomson aus Lynn (Massachusetts) erhielt 1886 ein deutsches Patent (D. R. P. Nr. 39 765) auf seine Stumpf- oder Stoßschweißung, die Abb. 19 zunächst schematisch darstellt. Der aus dem Hauptnetz entnommene Strom wird herabtransformiert und dann durch zwei Kupferklemmen den bei a stumpf aneinander stoßenden Arbeitsstücken zugeführt. Er findet an der Uebergangsstelle größeren Widerstand vor und bringt in kürzester Zeit eine starke Erwärmung zustande. Der Widerstand metallener Leiter wächst mit zunehmender Temperatur. Der Strom wird also, nachdem er eine Querschnittsstelle erwärmt hat, mehr und mehr durch andere noch nicht erhitze Teile fließen. So ergibt sich selbsttätig eine gleichmäßige Schweißhitze über den ganzen Querschnitt. Drückt man außerdem beide Arbeitsstücke gegeneinander, so wird nun in kurzer Zeit ein Zusammen-

1) Sitzungsberichte des Vereins zur Beförderung des Gewerbfließes 1893, 1. Mai, S. 146.

schweißen eintreten, wobei sich an der Berührungsstelle a eine Wulst bildet.

Aus Abb. 19 geht schon hervor, daß man am zweckmäßigsten Wechselstrom benutzt, und zwar wird Einphasen-Wechselstrom von 110 bis 550 V Primärspannung genommen. Bei Drehstrom wird die Schweißeinrichtung bis zu einer Größe von 10 KW in eine Phase geschaltet. Bei größeren Schweißmaschinen soll man, der auftretenden Stromstöße wegen, nicht mehr unmittelbar aus dem Drehstromnetz Strom entnehmen, sondern besondere Drehstrom- oder Einphasen-Wechselstromdynamos aufstellen. Gleichstrom ist nicht anwendbar, weil er sich nicht in wirtschaftlicher Weise auf die notwendigen niedrigen Spannungen herabtransformieren läßt. Man wird also bei Vorhandensein von Gleichstrom diesen im Primärnetz mit Hilfe von Einankerumformern (bis 25 KW Leistung) oder rotierenden Umformern (bei größerer Leistung) in Wechselstrom umwandeln. Die Gesellschaft für elektrotechnische Industrie, Berlin, hat vor einigen Jahren ein Verfahren ausgearbeitet, nach welchem Gleichstrom unter Anwendung von Kondensatoren in Wechselstrom umgewandelt wurde. Die Einrichtung ist verhältnismäßig einfach und billig, jedoch haben sich durch schußartig verlaufende Nebenentladungen Schwierigkeiten herausgestellt, die nicht behoben werden konnten.

Die Spannung des Nutzstroms (Sekundärstroms) an dem Schweißapparat beträgt 1 bis 3 V. Man erhält also in kleinen Maschinen von z. B. 3 bis 6 KW Kraftbedarf Stromstärken von 1500 bis 3000 Amp, bei großen von 100 bis 120 KW Leistung Stromstärken von 50 000 bis 60 000 Amp. Die Schweißmaschinen werden für eine größte Leistung, die einem größten Schweißquerschnitt entspricht, gebaut. Sie lassen sich aber, z. B. mit Hilfe eines Stufenreglers, durch den die Wicklungen des Schweißtransformators unterteilt werden, auf geringere Leistungen, bis zu einem Fünftel der Höchstleistung herab, einstellen. Die größten Schweißquerschnitte, bei denen sich noch wirtschaftlich arbeiten läßt, dürften heute etwa 5000 bis 6000 qmm für Eisen und 1600 bis 2000 qmm für Kupfer sein. Sämtliche zum Schweißen erforderlichen Teile einschließlich des Transformators werden in der „Schweißmaschine“ zusammengebaut. Die gründliche Durchbildung dieser Schweißmaschine im letzten Jahrzehnt hat dem Widerstandsverfahren zur umfangreichsten Anwendung auf dem Gebiet der Massenfabrikation von Blechteilen, Geschirren usw. verholfen. Diese Anwendung und die weitere Entwicklung des Thomsonschen Verfahrens soll im folgenden an einer Reihe von Beispielen erläutert werden¹⁾. (Schluß folgt.)

¹⁾ Siehe auch Z. d. V. d. I. 1911, 7. Oktober, S 1665, und Werkstattstechnik 1913, 1. Jan., S. 19.

Umschau.

Ueber das Verhalten der in saurem Stahl eingeschlossenen Schlacken.

(Hierzu Tafel 16 und 16.)

F. Giolitti und S. Zublena, Turin, haben bemerkenswerte Untersuchungen über das Verhalten von Schlackeneinschlüssen in saurem Stahl ausgeführt und teilen in einer ersten Mitteilung¹⁾ ihre Beobachtungen über die Einwirkung der Schlackeneinschlüsse auf die Struktur eines Nickelstahles mit. Die Mitteilung ist als erste Veröffentlichung einer längeren Reihe von Versuchen gedacht, die zur planmäßigen Erforschung der in den Stählen verschiedenster Herkunft vorkommenden Schlackeneinschlüsse angestellt werden. Als das einer eingehenden Prüfung zunächst unterworfenen Material diente ein Stahl aus dem sauren Martinofen; die aus den Ergebnissen gezogenen Schlußfolgerungen haben daher auch nur für ähnliches Material desselben Ursprunges Geltung.

Den Beschreibungen der einzelnen Versuche schicken die Verfasser die Ergebnisse einiger anderer Forscher voraus, die sich mit Schlackenuntersuchungen beschäftigt haben. Sie wenden sich zunächst dem Bericht von Rosenhain²⁾ zu, den er im Jahre 1912 in New York auf dem sechsten Kongreß des Internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik erstattet hat. Während hiernach über die Lage der im Stahl eingeschlossenen Schlacken allgemein die von Ziegler ausgesprochene Ansicht vorherrscht, daß die Schlacken selbst während der primären Kristallisation des Stahles auf diejenigen Gebiete zurückgedrängt werden, die von Stoffen eingenommen werden, deren Erstarrung zuletzt eintritt, also auf die zwischen den Primärkristallen eingeengten Zonen, wollen die Verfasser

zeigen, daß die von Ziegler beobachtete Tatsache sich in vielen Fällen nicht bestätigt, oder, wenn die Tatsache zutrifft, daß diese nur eine unmittelbare Folge der besonderen Wirkung ist, die von den Schlacken auf das Metall ausgeübt wird. Wenn auch die Meinung Zieglers nicht immer falsch zu sein braucht, so darf doch schon hier hervorgehoben werden, daß sie zum wenigsten in dem Sinne irrig ist, daß die Angabe, die Einschlüsse fänden sich in der Ferritzone, nicht ohne weiteres die Folgerung rechtfertigt, daß dieselben in die Zwischenräume zwischen den primären Kristallen zurückgedrängt seien.

Von den Veröffentlichungen über Schlackeneinschlüsse, die nach der Arbeit von Rosenhain erschienen sind, sind drei besonders beachtenswert. Die erste dieser Arbeiten stammt von G. Mars¹⁾ und gibt in der Hauptsache Betrachtungen über die einzelnen Herstellungsstufen des Stahles und die hierbei in das Eisen neu eintretenden verschiedenen Schlackenarten wieder. Die zweite Abhandlung rührt von F. Fischer²⁾ her und behandelt die quantitative Bestimmung der im Stahl eingeschlossenen Schlacken auf chemischem Wege. Unter den zu dieser Bestimmung vorgeschlagenen Verfahren hält Fischer das von Eggertz ausgearbeitete für das geeignetste, das auf einer Zersetzung des Stahles durch Jod und der direkten Bestimmung des Kohlenstoffes durch Verbrennung des Rückstandes beruht. Die Menge der in dem Rückstand vorhandenen Schlacken wird aus der Differenz gefunden. Als dritte bemerkenswerte Veröffentlichung führen die Verfasser die Arbeit von F. Pacher³⁾ an. Diese Abhandlung beschäftigt sich mit dem Aussehen fehlerhafter, schlackenhaltiger Stähle und im besonderen mit der direkten Einwirkung der Schlacke durch

¹⁾ Internationale Zeitschrift für Metallographie 1914, Dez., S. 35/82.

²⁾ Vgl. St. u. E. 1909, 22. Sept., S. 1494.

¹⁾ Vgl. St. u. E. 1912, 19. Sept., S. 1557/63.

²⁾ Vgl. St. u. E. 1912, 19. Sept., S. 1563/8.

³⁾ Vgl. St. u. E. 1912, 3. Okt., S. 1647/55.

die Querschnittsverminderung und Kerbwirkung; auch gibt Paecher interessante Betrachtungen über Ursprung, Verteilung und Aussehen der Schlackeneinschlüsse.

Bei der Aufstellung des Arbeitsprogrammes ließen Giolitti und Zublena sich von den folgenden drei Gedankenreihen leiten. Als Ausgangsmaterial benutzen sie Stahl, der unter genau bestimmten und konstanten Bedingungen im sauren Martinofen erschmolzen wurde. Ihre Schlüsse haben daher, wie schon gesagt, keine allgemeine Gültigkeit, sondern beschränken sich nur auf Material des besprochenen Ursprungs.

1. Die erste Gedankenreihe umfaßt Untersuchungen, welche zeigen, daß bei geeigneter thermischer Behandlung es stets möglich ist, die schädlichen kennzeichnenden Wirkungen, die durch bestimmte Schlackeneinschlüsse im Stahl hervorgerufen werden, erheblich zu mildern oder fast ganz aufzuheben. Die Unschädlichmachung wird durch Erhitzungen auf hohe Temperaturen bewirkt, die mit Abschreckungen abwechseln. Tatsächlich zeigt die Möglichkeit, die durch die Gegenwart gewisser Schlackeneinschlüsse auf die Eigenschaften des Stahles hervorgerufenen Wirkungen zu verändern, daß die Wirkungen selbst nicht ausschließlich dem von der Schlacke eingenommenen Raum zugeschrieben werden können. Als vorläufigen Beweis hierfür bringen die Verfasser zwei Beispiele. Zunächst wurde ein geschmiedetes Stück zwei-prozentigen Nickelstahles von 500 mm Durchmesser untersucht, der bei 890° abgeschreckt und nach den üblichen Vorschriften auf 600° angelassen worden war. Eine quer entnommene Probe ergab folgende mechanischen Werte: Festigkeit 70,2 kg/qmm, Dehnung 15 %, Querschnittsverminderung 18 %. Abb. 1 zeigt ein Bild des faserigen Bruches mit den deutlich zu erkennenden „hellen und leuchtenden Maschen und Flecken, welche charakteristisch sind für Stähle, welche von Schlackeneinschlüssen durchsetzt sind“. Nach Anwendung der besonderen thermischen Behandlung, auf die oben schon hingewiesen wurde, ergab eine gleichfalls quer entnommene Zerreißprobe die Werte: Festigkeit 71,3 kg/qmm, Dehnung 26 %, Querschnittsverminderung 47 %, wobei die Bruchfläche der Probe das in Abb. 2 zu erkennende Aussehen erhielt und keine Spur der die Schlacken andeutenden Flecken mehr zeigte. In noch deutlicherer Weise ließ sich die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften an Biegeproben erkennen, die zugleich mit den Zerreißproben entnommen wurden. Während nämlich die Probe, die normal vergütet war, schon bei verhältnismäßig geringer Biegung einen starken Anriß zeigte, ließ die zweite Probe sich derart biegen, daß die beiden Schenkel schließlich fast parallel zueinander standen. — Das zweite Beispiel behandelt das Aussehen der zylindrischen Schäfte zweier Zerreißproben eines geschmiedeten Kohlenstoffstahles. In Abb. 3 sehen wir das Bild der Probe eines normal behandelten Materials nach dem Abschrecken und Anlassen; die Probe läßt an ihrer Außenseite die von Paecher als für schlackenhaltiges Material kennzeichnend dargestellten Verletzungen erkennen. Nachdem das Material aber der erwähnten thermischen Behandlung unterworfen worden ist, lassen sich, wie Abb. 4 zeigt, diese Einrisse nicht erkennen.

2. Es zeigen sich bemerkenswerte Unterschiede in der Unschädlichmachung der Schlacken in Stählen von praktisch gleicher Zusammensetzung, die aber verschiedenen Schmelzungen entstammen; hierbei ist eine Abhängigkeit von der Menge der eingeschlossenen Schlacken nicht zu erkennen. Während Stähle mit ziemlich kleinen Schlackeneinschlüssen häufig eine kaum merkliche Einwirkung der thermischen Behandlung auf ihre Eigenschaften zeigen, genügt dieselbe Behandlung bei anderen Stählen mit gleich großen oder noch größeren Schlackeneinschlüssen oft, die Wirkungen der Schlacke vollkommen aufzuheben. Zu beachten ist dabei, daß einige Stähle, bei denen die die Schlacken unschädlich machende Wirkung sehr gering ist, sich durch gründlichere zweckentsprechende Behandlung doch bedeutend verbessern lassen.

3. Eine lange Beobachtungsreihe hat mit Bestimmtheit ergeben, daß in sehr vielen Fällen im Verlauf der kalten mechanischen Behandlung das Aussehen der Schlackeneinschlüsse bei der mikroskopischen Beobachtung sich allmählich veränderte.

Diese drei Beobachtungsreihen zeigen die Richtschnur für die anzustellenden Versuche und legten es nahe, sowohl die in der Gefügeform des Stahles hervorgerufenen Veränderungen (besonders was die Kristallisation des Ferrits anbetrifft) als auch die Veränderungen im Verhalten der Schlacke unter der Einwirkung thermischer und mechanischer Behandlung zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde zunächst ein Block von 1 t Gewicht aus einer Schmelze von 50 t eines sauren Martinofens verwendet, die merklichen Widerstand gegenüber den Behandlungen zeigte, die dazu bestimmt waren, die Wirkung der eingeschlossenen Schlacke zu schwächen. Die Probestücke für die einzelnen Beobachtungen wurden aus der Nähe des unteren Endes des Steigtrichtors entnommen. Die in der Arbeit gemachten Beobachtungen beziehen sich in der Hauptsache auf Material der in Abb. 5 mit A 1 und O, O bezeichneten Stellen. Die Zusammensetzung des verwendeten Stahles war folgende:

Kohlenstoff . . .	0,38 %	Schwefel . . .	0,008 %
Mangan	0,60 „	Phosphor . . .	0,020 „
Silizium	0,22 „	Nickel	2,02 „

Alle Probestücke enthielten ausschließlich jene für sauren Stahl eigentümliche „Reaktionsschlacke“ oder „emulgierte Schlacke“ genannten Schlackeneinschlüsse, welche, wie Abb. 6 erkennen läßt, sich inmitten der die Perlitkristalle umgebenden Ferritlappen befanden und von gleichmäßig hellgrauer Farbe waren.

Mit obigem saurem Martinstahl wurde nun eine lange Reihe wichtiger Versuche ausgeführt. Bei Versuch 1 wurde ein Stück des zwei-prozentigen Nickelstahles vier Stunden lang in einem elektrischen Platinwiderstandsofen bei 1060° im Kohlenoxydstrom geglüht und dann einer langsamen Erhaltung überlassen. Neben einer schwachen Entkohlung des Stahles zeigte sich, daß die Schlackeneinschlüsse nicht mehr vom Perlit isoliert waren, sondern sich zu einem großen Teil gleichzeitig in Berührung sowohl mit dem Ferrit als auch dem Perlit befanden. Bei der Umkristallisation während des Glühens scheint also die Schlacke nicht mehr die Rolle eines Kristallisationsmittelpunktes zu besitzen.

Die folgenden Versuche seien hier wegen Raum mangels nur mit wenigen Worten angeführt.

Versuch 2: Ausführung des Versuches ähnlich wie bei Versuch 1. Glühdauer desselben Stahles zwei Stunden bei 1100°. Schlacke größtenteils in Berührung mit dem Perlit, daher nur noch teilweise von Ferrit umgeben.

Versuch 3: Ausführung wie vorher. Glühdauer zwei Stunden bei 1190°. Ferrit meist unabhängig von den Schlackeneinschlüssen kristallisiert, die entweder ganz im Perlit isoliert sind oder mit ihm in Berührung stehen oder aber nur noch von einem dünnen Ferrithäutchen umgeben sind.

Versuche 4: Ähnlich wie vorher. Versuchsdauer vier Stunden bei 1100°. Lagerung der Schlacke nach dem Versuch im Innern der Probe wie bei Versuch 3 (s. Abb. 7 die Schlackenkörner innerhalb der schwarzen Kreise). In der Randzone dagegen (s. Abb. 8) ist die Schlacke fast ausnahmslos im Perlit, unabhängig vom Ferrit, verteilt. Als Schlackeneinschlüsse werden hier auch die dunklen Höhlungen bezeichnet, die teilweise (s. Abb. 8 bei A) noch mit grauer Schlacke ausgefüllt sind. Der Unterschied in der Einwirkung ist darin zu suchen, daß die reduzierende und kohlende Wirkung des Gases (Kohlenoxyd) im Innern des Stückes sich weniger fühlbar machte als außen.

Versuch 5: Wie die vorhergehenden Versuche ausgeführt, wobei die Temperatur sechs Stunden lang zwischen 1120 und 1160° gehalten wurde. Es zeigte sich erhebliche Kohlung und eine Lagerung der Schlacke unabhängig vom Ferrit.

F. Giolitti und S. Zublena: Ueber das Verhalten der in saurem Stahl eingeschlossenen Schlacken.



Abbildung 1. Schlacke im Bruch.



Abbildung 3. ZerreiBprobe mit Schlackenriß.



Abbildung 2. Probe Abbildung 1 nach dem Vergilten.

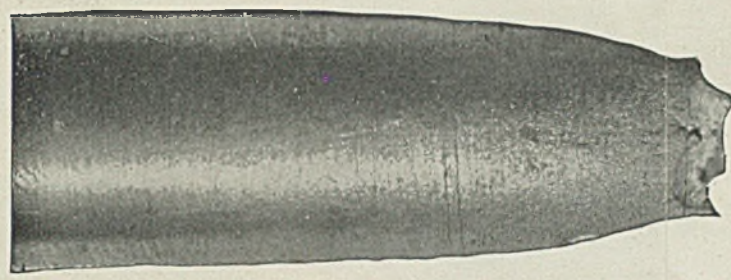


Abbildung 4. ZerreiBprobe ohne Schlackenriß.

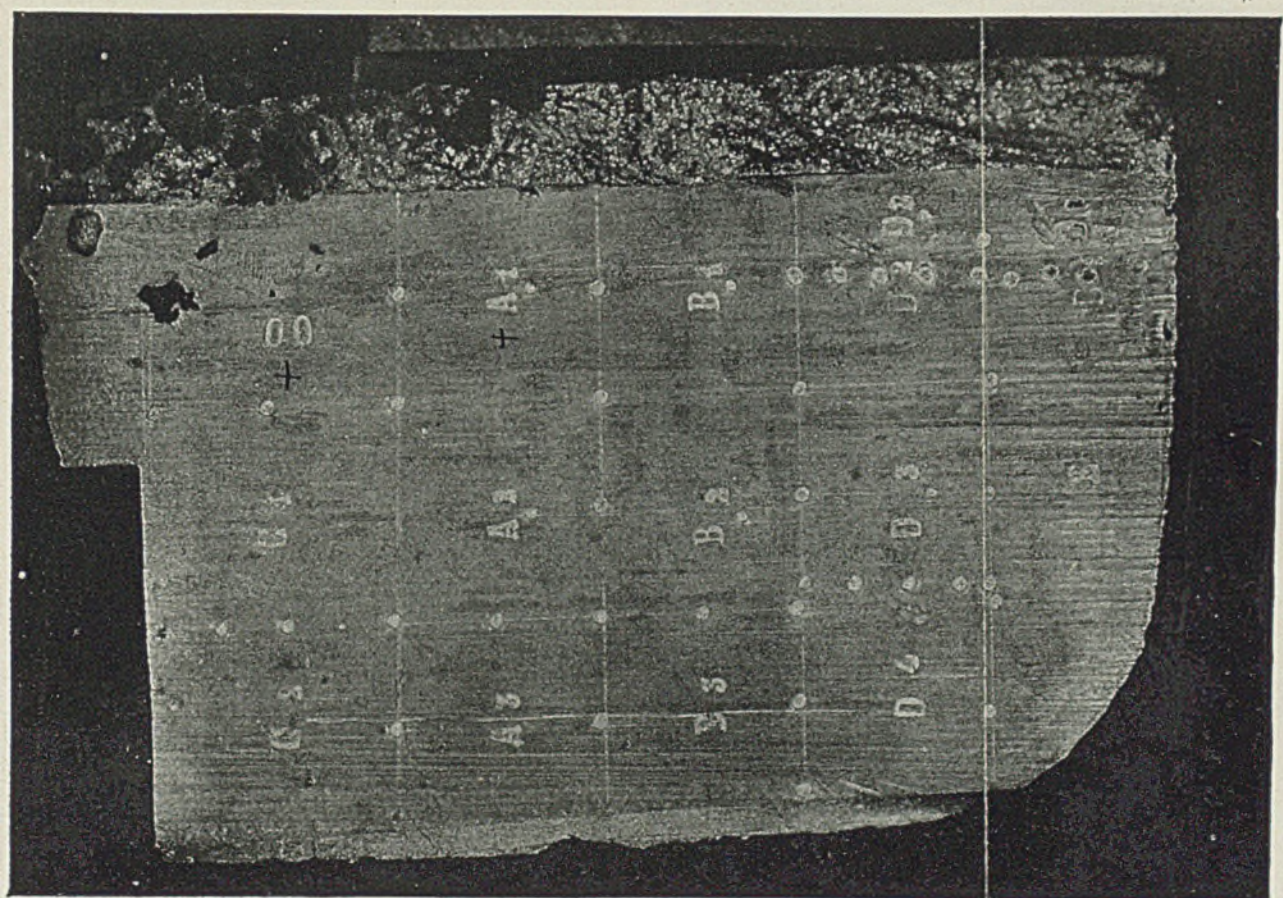
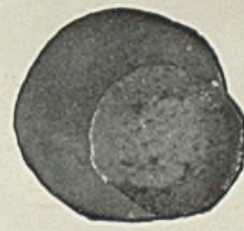


Abbildung 5. Entnahmestellen der Proben.

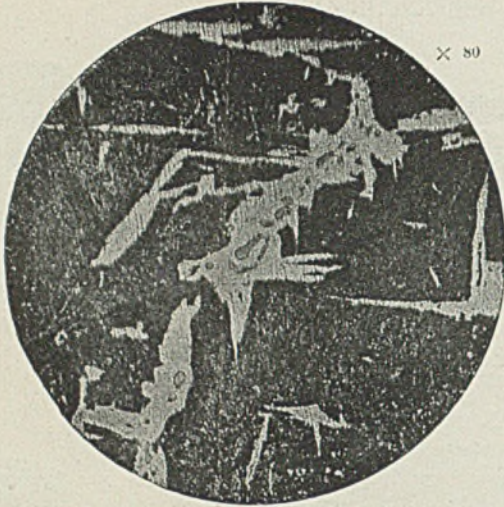


Abbildung 6. Schlacke im Ferrit.

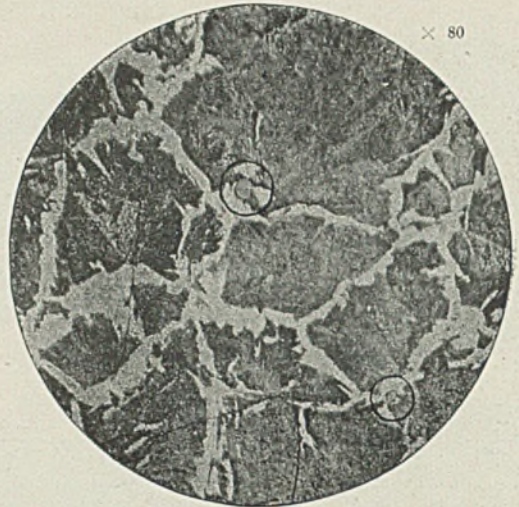


Abbildung 7. Schlacke zwischen Ferrit und Perlit.

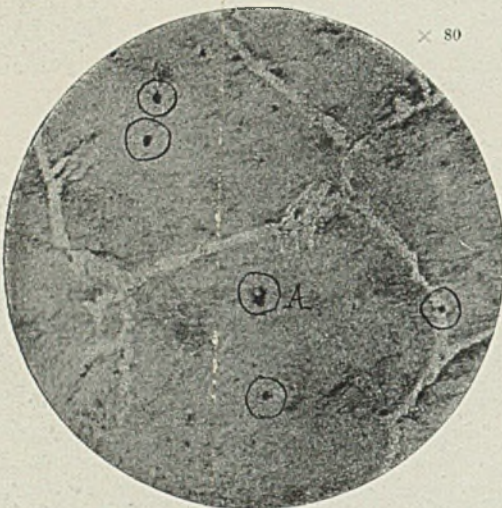


Abbildung 8. Schlacke und Perlit.

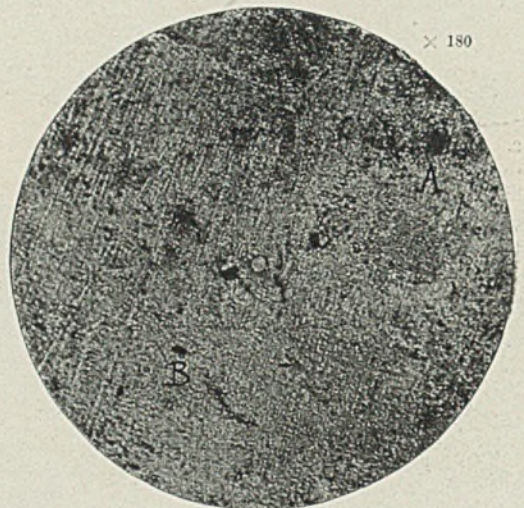


Abbildung 9. Schwarze Schlacken.

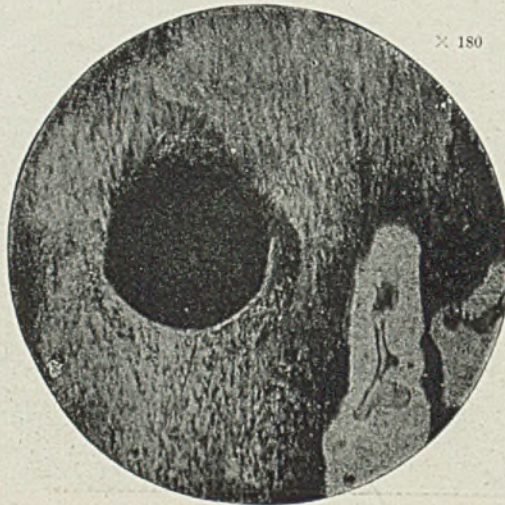


Abbildung 10. Zwei Arten Schlackeneinschlüsse.

F. Giolitti und G. Tavanti: Ueber das Verhalten der in saurem Stahl eingeschlossenen Schlacken.

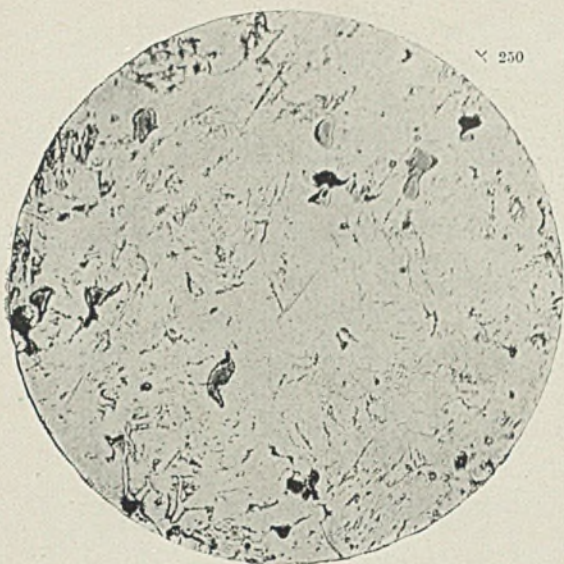


Abbildung 11. Stahltropfen.

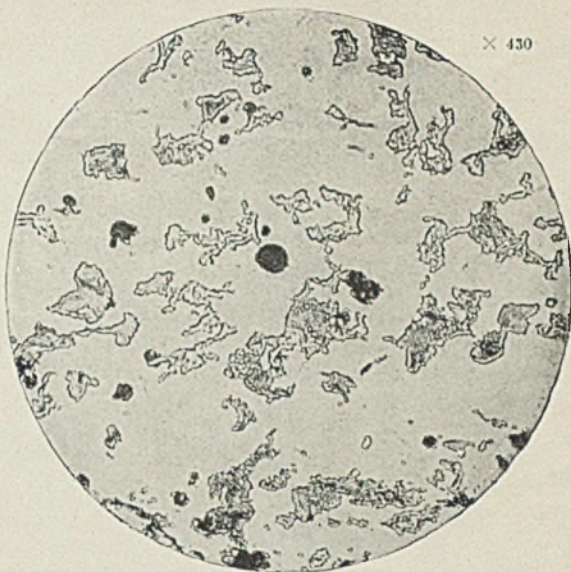


Abbildung 12. Stahltropfen, 2 st auf 800° erhitzt.

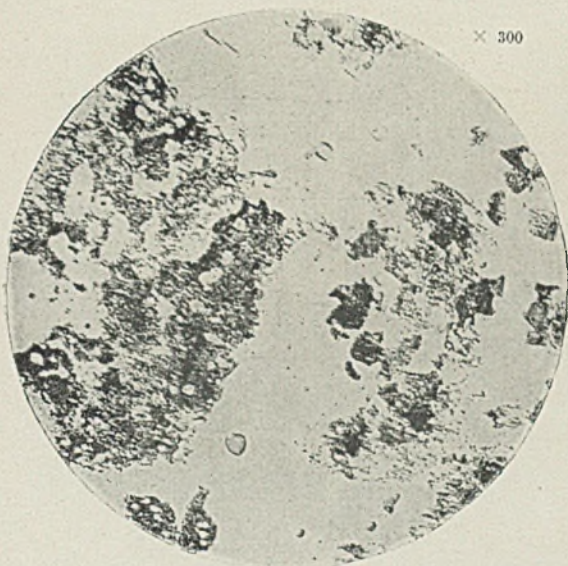


Abbildung 13. Gefüge eines Stahlblocks nach sehr langsamer Erstarrung und Abkühlung.

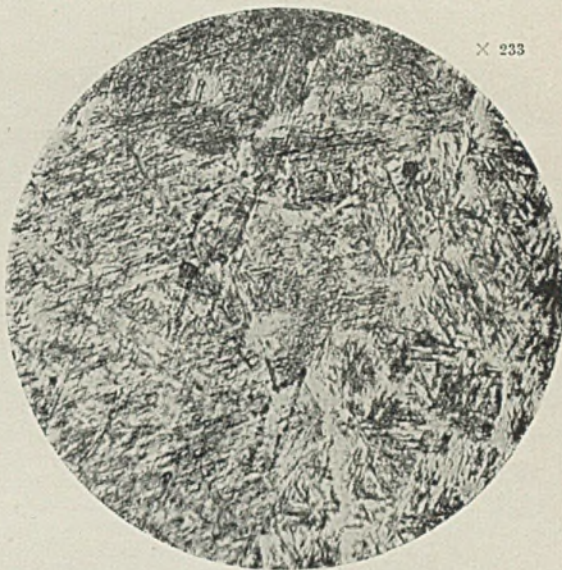


Abbildung 14. Stahltropfen nach Abschrecken im kalten Wasser.

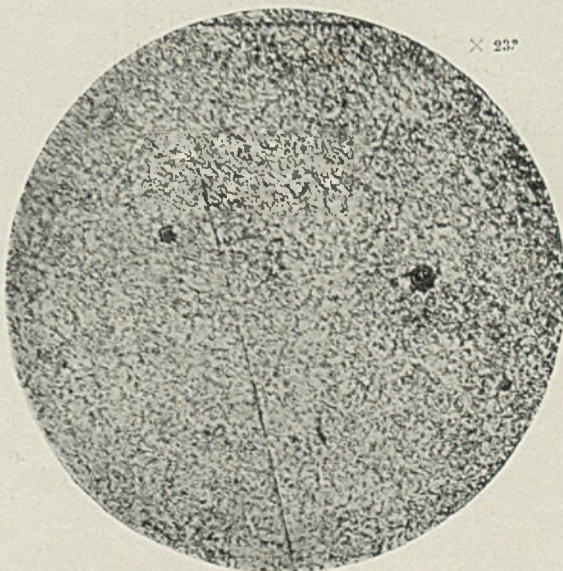


Abbildung 15. Stahltropfen nach dreistündigem Glühen bei 800° .

Versuch 6: Wie vorher, doch 15 Stunden lang bei 1150 bis 1190° erhitzt. Erhebliche Kohlung des Stückes im Innern der Probe; Lage der Schlacke unabhängig von der Lagerung der Ferritkristalle. Wie bei Versuch 4, haben auch hier viele von den kleinen Flecken in dem geätzten Schliff das Aussehen von Höhlungen und sind entsprechend dunkel gefärbt; diese Höhlungen sind von der Größenordnung der Schlackeneinschlüsse und auf diese zurückzuführen (s. Abb. 9).

Versuch 7: Die folgende Probe wurde in dem vollkommen geschlossenen, mit Luft angefüllten Porzellanrohr, das mit hydraulischem Verschluß versehen war, anderthalb Stunden bei 1100 bis 1140° erhitzt. Probe leicht entkohlt. Ferrit meist unabhängig von der Schlacke kristallisiert, die oft noch innerhalb großer Lappen von Ferrit sich befindet; die kleinen Ferritlappen enthalten keine Schlackenkörner.

Versuch 8: Wie der vorhergehende Versuch ausgeführt, doch vier Stunden lang bei 1100° erhitzt. Starke Entkohlung. Lagerung von Ferrit und Schlacke wie bei Versuch 7.

Nach diesen Feststellungen wird untersucht, in welcher Weise die Ergebnisse durch spätere mechanische und thermische Behandlung beeinflußt werden.

Versuch 9: Ein Stäbchen des gewöhnlichen, roh gegossenen Stahles wurde in einem reduzierenden Schmiedefeuer auf helle Rotglut (etwa 900°) erhitzt und auf die Hälfte der Abmessungen geschmiedet, sodann langsam unter Kohlabgekühlt. Hierdurch wurden die Ferritteilchen, die sich unter der Wirkung der Schlackenkörner gebildet hatten, von denjenigen getrennt, die unabhängig von ihnen entstanden waren. Teilweise haben die um die Schlacke gebildeten Ferrithöfe sich zu größeren Streifen vereinigt.

Versuch 10: Dasselbe Probestück wie bei Versuch 4, geschmiedet und weiterbehandelt wie in Versuch 9. Das Gefüge des mittleren Teiles gleicht dem des vorhergehenden Stückes. Die Ferrithöfe, die sich nun auch im äußeren Teil befinden, berühren jetzt höchstens noch die Schlackenkörner, umgeben sie also nicht mehr vollständig.

Versuch 11: Die in Versuch 10 behandelte Probe wurde zwei Stunden auf 1100° in einem leicht oxydierenden Gasgemenge, aus Kohlensäure und Kohlenoxyd bestehend, erhitzt. Im inneren Teil des Stückes, wo die oxydierende Einwirkung nicht stattgefunden hat, ist eine Zunahme der Ferritkristalle und deren Unabhängigkeit von den Schlackenkörnern zu erkennen. In dem unter der oxydierenden Einwirkung der Gase gestandenen äußeren Teil dagegen befindet sich die Schlacke immer in enger Berührung mit dem Ferrit.

Versuch 12: Eine andere Probe des Versuches 10 wurde zwei Stunden lang in Luft in einem geschlossenen Porzellanrohr bei 1100° geglüht. Durch die oxydierende Einwirkung der Gase ist das Material erheblich entkohlt worden, und Schlacke und Ferrit berühren sich eng miteinander.

Versuch 13: Material der Probe von Versuch 6 wurde eingeschmolzen. Es läßt sich neben einer leichten Entkohlung beobachten, daß die Schlacken zum Teil vom Ferrit unabhängig, zum Teil von feinen Ferrithäutchen umgeben sind.

Versuch 14: Probe 13 wurde vier Stunden lang auf 1000° in einer leicht oxydierenden Atmosphäre erhitzt. Im inneren Teil der Probe fand eine meßbare Einwirkung des oxydierenden Gasgemenges nicht statt; es sind Schlacken sowohl mitten im Perlit wie auch von Ferrit umgeben zu beobachten, ferner die bekannte Erscheinung der Vergrößerung der Ferritteile durch Glühen des geschmiedeten Stückes. Im äußeren Teil der Probe dagegen ist infolge der Einwirkung der oxydierenden Gase die Schlacke überall von Ferrit umgeben.

Es lassen sich aus diesen und einer Reihe von hier nicht angeführten Versuchen Schlußfolgerungen ziehen, welche die Verfasser in folgenden Worten zusammenfassen:

1. Wenn die Abscheidungen des Ferrits während eines (oder auch unmittelbar nach einem) kohlenden Prozesses des Stahles eintritt, der auf den Stahl durch die

Wirkung der in ihm gelösten Gase ausgeübt wird, so bilden sich die kristallinen Ferritelemente völlig unabhängig von dem im Metall eingeschlossenen Schlackenkörnern.

2. Wenn dagegen die Abscheidung des Ferrits sich während eines (oder auch unmittelbar nach einem) Entkohlungsprozesses des Stahles vollzieht, der von der oxydierenden Wirkung der im Metall gelösten Gase herrührt, so sammelt sich der Ferrit wenigstens teilweise neben den Schlackenkörnern, die in der Metallmasse eingeschlossen sind. In diesem letzteren Falle ist das quantitative Verhältnis der Ferritmenge, die sich neben den Schlackenkörnern gesammelt hat, zu der von denselben unabhängigen Menge um so größer, je intensiver der Entkohlungsprozeß gewesen ist, und je weniger der Prozeß der Ferritabscheidung „gestört“ wurde.

Die erste Folgerung beruht auf den Versuchen 7, 8, 11 und 12. Die gleichen hierbei beobachteten Erscheinungen werden mit geringerer Stärke der Oxydationserscheinungen erreicht bei den Versuchen 1, 3, 4, 13 und 14. Die zweite Schlußfolgerung ergibt sich hauptsächlich aus den Versuchen 4, 5, 6 und 11. Zur Erklärung der vorhergehend beschriebenen Tatsachen weisen die Verfasser auf die große Leichtigkeit und Geschwindigkeit hin, mit der die Schlacken des sauren Stahles Oxydations- und Reduktionsprozesse im Laufe der Herstellung durchmachen, und auf die Tatsache, daß verhältnismäßig kleine Veränderungen der Temperatur sehr große Schwankungen in den Oxydationsgleichgewichten zwischen Metall, Schlacke und Gasphase hervorrufen können. Es ist natürlich, daß bei einer Veränderung sowohl der physikalischen als auch der chemischen Bedingungen des aus Metall, eingeschlossenen Schlacken und gelösten Gasen bestehenden Systems eine Einwirkung auf jede einzelne Phase bei den Bedingungen der Oxydationsgleichgewichte ausgeübt wird. Bei den physikalischen Bedingungen ist besonders an die Temperatur, bei den chemischen Bedingungen hauptsächlich an die Zusammensetzung der in den beiden festen Phasen gelösten Gase gedacht, die sich mit der Atmosphäre, die das Metall umgibt, ins Gleichgewicht zu setzen streben. Betrachtet man nun bei dem nach der Behandlung abgekühlten Metall den Ferrit, der die Neigung zeigt, sich neben den Schlackenkörnern zu sammeln, so erscheint es logisch, anzunehmen, daß während des Temperaturintervalles, das der Ausscheidung des Ferrits entspricht, das Oxydationsbestreben in den Schlacken größer ist als in dem umgebenden Metall. Hierdurch wurde dann eine Entkohlung des Metalls in den die Schlackenkörner unmittelbar umgebenden Gebieten hervorgerufen, die notwendig die verfrühte Ausscheidung von Ferritkristallen in demselben Gebiete zur Folge haben mußte, die nun bei der weiteren Abkühlung als Kristallisationskerne wirken konnten. Die Tatsache, daß die Anhäufung des Ferrits neben den Schlackenkörnern um so erheblicher ist, je stärker die Behandlung war, die sie hervorrief, findet ihre Ursache in der Höhe der Temperatur, bei der die Ausscheidung der ersten Ferritkristalle infolge des oxydierenden Einflusses der Schlackenkörner beginnt.

Wie schon gesagt, beziehen sich alle diese Schlußfolgerungen und Betrachtungen nur auf eine einzige Art von Material, sowohl was den Stahl als auch was die in ihm enthaltenen Schlackeneinschlüsse anbetrifft. Als wirkliches nützliches Ergebnis praktischer Natur hat sich die Möglichkeit ergeben, die von den Schlackeneinschlüssen auf das endgültige Gefüge des Stahles ausgeübten Wirkungen zu verändern. Als wichtiges theoretisches Ergebnis kann dagegen die Prüfung der von anderen Forschern aufgestellten Sätze an Hand neuer versuchsmäßiger Tatsachen angesehen werden, wobei festgestellt wurde, daß eine Reihe früher als allgemein gültig aufgestellter Hypothesen nur beschränkte Geltung haben.

Zur nochmaligen Prüfung der unmittelbaren Beziehungen zwischen den mechanischen Eigenschaften eines hypoeutektischen Stahles und den kennzeichnenden Gefügestrukturen des Ferrits, die im Laufe dieser Arbeit aufgetreten sind, verwendeten die Verfasser als Material einen Stahl, der sich schon vom Guß an als für die wertvolle Wirkung

der Behandlung empfänglich erwies, die zur Entfernung der schädlichen Wirkung der eingeschlossenen Schlacken bestimmt war. Die Analyse des gleichfalls dem sauren Martinofen entstammenden Stahles war folgende:

Kohlenstoff . . . 0,40 %	Schwefel . . 0,006 %
Mangan 0,58 ..	Phosphor . . 0,030 ..
Silizium 0,20 ..	Nickel 1,98 ..

Das Versuchsmaterial wurde einem Block von 1 t Gewicht entnommen, der mit dem letzten Teil der Charge vergossen wurde. Zum Unterschied von dem fast gleich zusammengesetzten, früher benutzten Stahl, bei dem die in Kettenform angeordneten Schlackenkörner von breiten Ferritmassen umgeben waren, beobachtete man bei der metallographischen Untersuchung, daß die Schlackenkörner größtenteils im Perlit isoliert oder höchstens von einem dünnen Ferrithäutchen umgeben waren. Bedenkt man also, daß die Wirkung der Schlackenkörner auf den Stahl eine ganz ähnliche war wie ihre Wirkung bei Versuch 4, so erkennt man, daß dieser zweite Stahl in einer „schon weiter vorgerückten“ Stufe der Reihe von Verwandlungen sich befand, die bei den ersten Versuchen dazu dienen sollten, den Stahl in den Zustand überzuführen, in dem die eingeschlossenen Schlacken keinerlei Einwirkung auf die Bildung der Ferritkristalle mehr ausübten. Eine Bestätigung dieser Annahme ist in nachfolgendem Versuch zu finden: Ein Stab von den Abmessungen $14 \times 18 \times 100$ mm wurde zwei Stunden lang im Kohlenoxydstrom in der Nähe einer bestimmten Menge gekörnter Holzkohle bei 1100° geglüht, in ähnlicher Weise wie der erste Stahl bei Versuch 2 und 3. Im Schliffbild des äußeren Teiles, in dem sich also die reduzierende und kohlende Wirkung des Kohlenoxydes bemerkbar machte, zeigte sich, daß sich hier die Ferritkristalle in Lagen und Formen trennten, die von denen der Schlackenkörner unabhängig waren.

Weiter gehen nun die Verfasser auf die zweite der genannten Schlußfolgerungen näher ein und besprechen die angebliche Fähigkeit der Schlackeneinschlüsse, als „Kristallisationskerne“ auf den Ferrit selbst zu wirken, was als unmittelbare physikalische Wirkung von fast allen Forschern angesprochen wird. Ziegler sagte hierzu, daß die Schlacken im festen Stahl in einem Temperaturintervall gänzlich oberhalb des Punktes A_3 des betreffenden Stahles löslich seien. Sinkt die Temperatur von einem Punkte dieses Intervalles aus, so scheiden sich die Schlacken bei der Erreichung der unteren Grenze des Intervalles aus der Lösung aus und werden in die Zwischenräume der primären Mischkristalle getrieben. Bei weiterer Abkühlung bis A_3 , A_2 und A_1 kristallisiert der sich nun ausscheidende Ferrit nach Ansicht Zieglers um die Schlackenkörner herum aus. Nach Ziegler beruht die schädliche Wirkung der Schlacke hauptsächlich darin, daß die Primärkristalle von dünnen Schlackenlamellen oder Schlackenstreifen mehr oder weniger vollständig umhüllt werden. Durch die mechanische Bearbeitung des Stahles während der Ausscheidung der Schlacke wird diese dann in solcher Weise zerstreut, daß sie keine Lamellen oder Streifen mehr bildet, sondern nur noch isolierte Körner.

Gegen diese Hypothese Zieglers, die als unter allen Umständen nicht annehmbar bezeichnet wird, wenden sich die Verfasser, indem sie sie durch einfachere Hypothesen zu ersetzen suchen, die zugleich auf Versuchswerten fußen. Die von Ziegler beschriebene, zwischen den Primärkristallen ausgeschiedene Schlacke ist trotz der sehr zahlreichen und sorgfältigen Beobachtungen von den Verfassern weder in saurem noch auch in basischem Stahl gefunden worden. Wenn trotzdem die von Ziegler beobachteten beiden Erscheinungen sich bestätigten, nämlich der starke Einfluß der Schlacke auf die mechanischen Eigenschaften des Stahles und die Abschwächung dieses Einflusses durch bestimmte Behandlung, so ergibt sich hieraus für die oben untersuchten Fälle, daß die von Ziegler gegebenen Erklärungen die hier beobachteten Erscheinungen nicht erklären können. Vielmehr geben die Verfasser für diese Erscheinungen eine sehr einfache Erklärung, die darin besteht, daß sie den zuletzt untersuchten Stahl mit

denjenigen hypoeutektischen Stählen verglichen, bei denen die gesamten Ferritkörner oder ein Teil derselben sich zu mehr oder weniger großen Ansammlungen vereinigt haben, und die den bekannten Holzigen oder tafelförmigen Bruch erzeugen. Mit anderen Worten, es scheint, daß die Versuche der Verfasser die Behauptung rechtfertigen, „daß in den von ihnen untersuchten Fällen die durch verschiedene Behandlungen hervorgerufenen Beeinflussungen der Aenderungen der mechanischen Eigenschaften des Stahles, die durch die Gegenwart von Schlacken hervorgerufen werden, nicht durch die Ziegler'sche Hypothese erklärt werden können, welche sie der Umwandlung der lamellaren Struktur der Schlacken in die granulare durch die in Rede stehende Behandlung zuschreibt“. Die Ansicht der Verfasser ist vielmehr die, daß sie annehmen, daß in dem Temperaturgebiet oberhalb der normalen Abscheidungen des Ferrits sich Ferrit schon abscheidet, der auf den sich in dem kritischen Intervall ausscheidenden Rest des Ferrits die kennzeichnende orientierende Wirkung ausübt. Diese Ferritanhäufungen sind ihrerseits wieder die Ursache der Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Stahles. Es konnte ferner beobachtet werden, daß durch geeignete reduzierende Behandlung die entkohlende Wirkung der Schlacken eingeschränkt oder ganz aufgehoben wurde. Da hierdurch zu gleicher Zeit die Anzahl der Kristallisationskerne verringert wurde, so wurde der Ferrit in solcher Verteilung angetroffen, in der er von den Schlackenkörnern gänzlich unabhängig war. Da die Schlackenkörner in den Ferritmassen auch nach denjenigen Behandlungen bestehen bleiben, welche ein Anwachsen der Größe der Austenitkristalle bewirken (lange Erhitzungen auf sehr hohe Temperatur), so sind die Schlußfolgerungen der Verfasser auch sehr wohl geeignet, die Schwierigkeiten zu beseitigen, auf die Heyn in seinem Bericht gegen die Hypothese Zieglers mit Recht hingewiesen hat.

Die angebliche „Beweglichkeit“ der Schlackeneinschlüsse erklären die Verfasser in der Weise, daß sie annehmen, daß das von dem Ferrit gebildete Netz durch die verschiedenen thermischen Behandlungen seine Lage gegenüber den Schlacken zu ändern imstande ist, die durch geeignete Behandlung wieder in die ursprüngliche zurückverwandelt werden kann.

Ueber die Beobachtungen von P. Oberhoffer während seiner Untersuchungen über die Wirkung des Ausglühens auf Stahlguß¹⁾ und über die sogenannte Zeilenstruktur des Stahles²⁾ äußern sich die Verfasser in der Weise, daß Oberhoffer bereits erkannt hatte, daß die von den Schlackenkörnern als Kristallisationskernen ausgeübte Wirkung von verschiedenen, bis jetzt wenig untersuchten Bedingungen abhängig ist, und daß ferner diese Wirkung um so weniger stark verläuft, je schneller die Abkühlung und je höher die Temperatur ist, bis zu der das Metall erhitzt wird, eine Ansicht, die durch die Versuche der Verfasser dieser Arbeit bestätigt und erklärt wird.

Auch über die mechanische Einwirkung der Schlacken werden einige Worte gesagt. Die Wirkung der Trennung der Kristallkörner wird nur dann ausgeübt, wenn die Schlacke in der Form ausgedehnter Lamellen an den äußeren Kristallflächen und nicht in Form kleiner Körner sich befindet. Auch die Ansicht von Mars und anderen, daß die körnige Schlacke imstande ist, durch die Verringerung des widerstandsfähigen Querschnittes eine Einleitung zu einem Bruch zu bilden, lassen die Verfasser nicht gelten. Sie meinen, solche Betrachtungen würden angesichts einer einfachen planimetrischen Bestimmung der von den Schlackenteilen eingenommenen Flächenteile der ebenen Schmitte in einem normalen Stahl hinfällig. Jedoch geben sie die Möglichkeit zu, daß sich diese zwar nicht unwahrscheinlich, aber auch bisher nicht versuchs-mäßig bewiesene Hypothese in gewissen Fällen doch bewahrheitet, obwohl bisher immer eine thermische Behandlung angewendet werden konnte, welche die schädliche Wirkung der Schlacken auf die Festigkeit des Stahles

¹⁾ Vgl. St. u. E. 1912, 30. Mai, S. 889/93.

²⁾ Vgl. St. u. E. 1913, 18. Sept., S. 1569/73.

praktisch aufhob. Die einzige Änderung im Gefüge nach der Behandlung bestand darin, daß die langen, die Schlackenreihen einhüllenden Ferritmassen zum Verschwinden gebracht wurden. Die Verbesserung des Stahles scheint also in den hier untersuchten Fällen nicht dem unmittelbaren Einfluß der Schlacke zugeschrieben werden zu können, sondern dem Verschwinden der großen, durch die Schlacken verursachten Ferritanhäufungen.

Es mag hier noch die von Stead geäußerte Meinung über die Schlackenfrage erwähnt werden, die besagt, daß in vielen Fällen die Schlackeneinschlüsse, wenn sie in nicht zu reichlichem Maße vorhanden sind, auf die Eigenschaften des Stahles keine merklichen Wirkungen ausüben.

Am Schlusse ihrer Ausführungen besprechen die Verfasser kurz die Frage der Zusammensetzung und des Ursprungs der Schlackeneinschlüsse im Stahl. Was die chemische Untersuchung der Schlacken nach ihrer Isolierung aus dem Stahl betrifft, so sind mit verschiedenen Verfahren Versuche angestellt worden, die aber unbefriedigende Ergebnisse lieferten. Auch die von Matwief beschriebenen Ätzverfahren zur Kennzeichnung der verschiedenen Arten der Schlackeneinschlüsse mit Hilfe der mikroskopischen Beobachtung haben weder klare noch gleichmäßige Ergebnisse geliefert. Unter Erzielung guter vorläufiger Ergebnisse haben aber die Verfasser Schmelzversuche mit Schlacken von bekannter Art ausgeführt, die künstlich im Stahl eingeschlossen wurden. Ueber diese Versuche soll später berichtet werden.

Für obige Untersuchungen ist nach Giolitti und Zublena die Notwendigkeit, bei den untersuchten Stählen von einer genauen chemischen Prüfung der Schlacken absehen zu müssen, ohne Einfluß, da die angeführten Schlußfolgerungen sich nur auf eine besondere Stahlsorte und eine besondere, jedem Fachmann durch das Mikroskop bekannte Schlackenart beziehen. Diese bekannte Schlackenart unterscheidet sich deutlich in ihrem Aussehen von der Schlacke, die sich im Schmelzofen über dem Metallbade bildet und in der Schmelze in der Form von „Tropfen“ hängen bleibt. Da diese beiden einzigen, in obigem Stahl eingeschlossenen Schlackenarten so bekannt sind und sich derart scharf voneinander unterscheiden, daß eine Verwechslung ausgeschlossen ist, so erübrigt es sich, chemische Schlackenuntersuchungen anzustellen, wenn sie natürlich auch erwünscht sind. Als Beispiel sei in Abb. 10 das metallographische Bild eines Schliffes gebracht, das in 180facher Vergrößerung die beiden Schlackenarten deutlich erkennbar wiedergibt. Man sieht auf dem Bilde die aus obigen Versuchen bekannten grauen, von Ferritmasse umgebenen Schlackenkörner und daneben die hier nicht näher besprochene dunkle, nur von Perlit umgebene Schlacke. Daß Schlacke an sich nicht schon als Kristallisationskern auf den Ferrit einzuwirken vermag, sondern bei der Lagerung des Ferrits bzw. Perlits um die Schlacke herum eine chemische Einwirkung erfordert, läßt sich auch leicht aus dem Bilde erkennen.

Bei der Beschreibung der Schlacke im Stahl ist es unbedingt erforderlich, Zusammensetzung und Ursprung des Stahles genau anzugeben, ebenso wie es unerlässlich ist, die Untersuchung nicht allgemein auf Schlackeneinschlüsse im Stahl, sondern auf bestimmte, genau gekennzeichnete Arten der Schlacken in einem bestimmten Material zu beziehen. Auch sollen die Einschlüsse nicht mit Namen bestimmter Verbindungen, wie etwa mit der bevorzugten Bezeichnung Mangansulfid, belegt werden, ohne die Gründe dieser „Bevorzugung“ dabei anzugeben.

Während in der ersten, von Giolitti und Zublena veröffentlichten Arbeit über das Verhalten der im Stahl eingeschlossenen Schlacken die Ursachen der bestimmten Wirkungen untersucht wurden, die von bestimmten Arten von Schlackeneinschlüssen auf die Kristallisation des Ferrits ausgeübt werden, wenden sich F. Giolitti und G. Tavanti in der zweiten Mitteilung¹⁾ der Frage der angeblichen Löslichkeit der Schlackenein-

schlüsse im flüssigen Stahl zu, um zugleich festzustellen, ob in den später zu veröffentlichenden Untersuchungen die von anderen Forschern auf der Löslichkeit der Schlackeneinschlüsse im Stahl bei hohen Temperaturen begründeten Hypothesen Geltung haben oder nicht.

Der erste zur Lösung dieser Frage angestellte Versuch wurde mit einem ausschließlich aus Schweißeisen und schwedischen Guß bestehenden Block von 52 t Gewicht ausgeführt. Nach dem Schmelzen des Blockes und nachdem das Bad zur Ruhe gekommen war, wurde ein Löffel Schlacke geschöpft, die bei der späteren Untersuchung folgende Zusammensetzung zeigte: 56,26 % Si O₂, 23,75 % Mn O, 18,62 % Fe O, 0,062 % S. Gleich nach dem Hochkommen der Schlacke wurde dem Bade 20 bis 25 cm unterhalb der Schlackenschicht ein Löffel Stahl entnommen, der in Wasser abgeschreckt wurde. Die Analyse des Stahles ergab folgende Werte:

Kohlenstoff . . . 0,28 %	Phosphor . . . 0,034 %
Silizium 0,07 „	Schwefel . . . 0,009 „
Mangan 0,17 „	

Die Probe, die viele große Hohlräume, aber auch dichtes Gefüge aufwies, wurde unter reichlicher Wasserkühlung mit Hilfe von Schmirgelscheiben zerschnitten, geschliffen, poliert und mit alkoholischer Pikrinsäure geätzt. Die Schliffe zeigten im Mikroskop eine große Menge ziemlich gleichmäßig verteilter Schlackeneinschlüsse, die in Form und Farbe der emulgierten oder „Reaktions“-Schlacke entsprach, wie Abb. 11 erkennen läßt.

Nach zweistündigem Glühen obiger Probe bei 800° und langsamer Abkühlung wurde ein Teil wieder zerschnitten und mikroskopisch untersucht. Die Schliffe zeigten ein Bild ähnlich dem dargestellten in Abb. 12. Abb. 13 gibt das Gefüge eines etwa 300 kg schweren Blockes derselben Zusammensetzung nach sehr langsamer Erstarrung und Abkühlung wieder.

Ein Vergleich der drei Abbildungen zeigt keinen wesentlichen Unterschied der in dem flüssig abgeschreckten und langsam erstarrten Stahle vorhandenen Schlackeneinschlüsse, weder in ihrer Größe noch Anzahl noch Aussehen. Auch zeigt sich hierin keine Änderung, wenn das aus dem flüssigen Zustand abgeschreckte Metall langsam ausgeglüht wird, so daß es als ausgeschlossen erscheinen muß, daß die besprochenen Schlacken sich aus ihrer etwaigen Auflösung im flüssigen Eisen während der Abkühlung desselben erst ausschieden. Denn wenn die Zieglerische Hypothese der Löslichkeit der Schlacke in Stahl allgemeine Gültigkeit besäße, so dürfte die Schlacke in dem abgeschreckten Stahl sich entweder überhaupt nicht ausgeschieden haben, oder aber sie müßte so geringe Abmessungen besitzen, daß sie sich in der Größe ihrer Körner deutlich von der Schlacke in dem langsam abgekühlten Stahl unterschiede. Durch diese Beobachtungen werden die Angaben von Oberhoffer ergänzt, welcher in einem Stahl, der emulgierte Schlacke enthielt und aus einer Temperatur oberhalb 1400° abgeschreckt wurde, keine Veränderungen der Menge und des Aussehens der Einschlüsse feststellen konnte. Auch bei einem anderen Stahl, der aus einer Temperatur oberhalb des Punktes Ac₂ und unterhalb der Soliduskurve abgeschreckt wurde, konnte Oberhoffer eine Veränderung der Schlacke nicht beobachten.

Zur Feststellung, ob die gemachten Beobachtungen der Nichtlöslichkeit der Schlacke im flüssigen Stahl nur auf die beschriebenen Fälle beschränkt werden müßten oder eine allgemeinere Gültigkeit besäßen, stellten die Verfasser Versuche mit einem Stahl an, der eine ganz andere Zusammensetzung aufwies und im basischen Ofen erschmolzen war. Die chemische Analyse des Stahles war:

Kohlenstoff . . . 0,23 %	Schwefel . . . 0,008 „
Silizium 0,09 „	Chrom 1,37 „
Mangan 0,46 „	Nickel 4,93 „
Phosphor 0,014 „	

Die Versuche wurden in derselben Weise ausgeführt wie diejenigen, auf die sich die Abb. 11 bis 13 beziehen. Abb. 14 stellt das Material dar, das durch Abschrecken des flüssigen Metalles in kaltem Wasser erhalten wurde, während

¹⁾ Internationale Zeitschrift für Metallographie 1915, Juli, S. 113/23.

Abb. 15 das Gefüge desselben Metalles nach dreistündigem Glühen bei 800° zeigt. Eine merkliche Veränderung des Aussehens und der Menge der Schlacke kann auch hier nicht beobachtet werden, so daß die bei dem sauren Stahl angestellten Betrachtungen in gleicher Weise auch auf den basischen Stahl sich ausdehnen lassen.

Im Anschluß an die Beschreibung obiger Versuchsergebnisse stellen die Verfasser zwischen ihren Versuchen und denen von S. Steinberg¹⁾ einen Vergleich auf. Die von Steinberg verwendeten Stahlproben wogen jede nur etwa 50 g und waren in einem kleinen elektrischen Widerstandsofen unter Zusatz geringer Mengen (etwa 1,5 % der Gesamtmenge) Ferromangan und Schwefeleisen erschmolzen worden. Steinberg hatte bei seinen Versuchen die Stahlproben während ihres flüssigen Zustandes verschieden thermisch behandelt und alle unter denselben Bedingungen erstarren und abkühlen lassen. Er erhielt aber keinen merklichen Unterschied in der Größe, Menge und Verteilung der Schlackeneinschlüsse und zog daher die Schlußfolgerung, daß die von ihm untersuchten Einschlüsse sich im flüssigen Stahl ausschließlich in Form einer Lösung befanden. Ferner hatte Steinberg an Hand einer Versuchs-

reihe noch gezeigt, daß die Einschlüsse aus dem flüssigen Stahl während der Abkühlung sich abschieden, daß diese Abscheidung im Augenblick des Ueberganges des flüssigen Stahles in den festen Zustand aufhörte und die Einschlüsse um so kleiner waren, je größer die Abkühlungsgeschwindigkeit in dem Zeitraum war, in dem festes Metall und flüssiger Rückstand gleichzeitig vorhanden waren. Während bei den Versuchen Steinbergs ein aus dem flüssigen Zustand abgeschreckter Stahl die Schlacken in Form kleiner Körner enthielt, sind in demselben Material nach dem Ausglühen erheblich mehr Einschlüsse in Form großer Tropfen zu erkennen.

Giolitti und Tavanti ziehen bei dem Vergleich ihrer Versuchsergebnisse mit denen von Steinberg den logischen Schluß, daß sich ihre Beobachtungen lediglich auf solche Schlackeneinschlüsse beziehen, welche hauptsächlich aus Silikaten (oder unter Umständen aus anderen Bestandteilen, die von Schwefelmangan und Schwefeleisen verschieden sind) gebildet werden, während die von Steinberg gezogenen Folgerungen nur für sulfidische Verbindungen Geltung haben. Es muß daher auch die Ansicht vieler Forscher als nicht berechtigt hingestellt werden, nach welcher die „Reaktions“-Schlacken hauptsächlich aus Schwefelmangan beständen. *Fritz Schmitz.*

¹⁾ Vgl. St. u. E. 1913, 27. Nov., S. 1994.

Aus Fachvereinen.

Verein Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller.

Unter außerordentlich starker Beteiligung fand am 9. Dezember in Berlin die Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller unter dem Vorsitz des Reichstags-Abgeordneten Meyer-Celle statt.

Auf Antrag des Hauptvorstandes beschloß die Hauptversammlung die Absendung folgenden Telegramms an den Herrn Reichskanzler:

„Die zur heutigen Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller aus allen deutschen Gauen zahlreich erschienenen Eisen- und Stahl-Industriellen senden Euer Exzellenz ehrerbietigsten Gruß und sprechen den festen Willen der gesamten deutschen Eisen- und Stahl-Industrie aus, durchzuhalten bis zum siegreichen Endziel. Die Industriellen sind der Ueberzeugung, daß es uns, gestützt auf unsere militärischen Erfolge, gelingen wird, einen Frieden zu erreichen, der bei der dazu notwendigen Erweiterung unserer Grenzen dem deutschen Volke die Gewähr gibt, in Zukunft gesichert vor einem Ueberfall unserer Feinde sich in Industrie und Handel, Landwirtschaft und Gewerbe friedlich und kräftig zu entwickeln. Die deutsche Eisen- und Stahl-Industrie hat die Schwierigkeiten, die der Kriegszustand notwendigerweise mit sich gebracht hat, überwunden. Sie ist mit den ihr zur Verfügung stehenden Mitteln in der Lage, unsere tapferen Truppen und die unserer treuen Verbündeten auf viele Jahre hinaus mit der notwendigen Munition und dem sonstigen Kriegsmaterial zu versorgen und das Inland sowie das neutrale Ausland in bisheriger Weise mit den Erzeugnissen des Friedensbedarfs zu versehen.“¹⁾

¹⁾ Der Herr Reichskanzler hat hierauf am 11. Dez. an den Vorsitzenden des Vereins, Reichstagsabgeordneten Meyer, folgendes telegraphisch geantwortet:

„Für den mir von der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller freundlichst entbotenen Gruß bitte ich Sie, dem Vereine meinen aufrichtigsten Dank zu übermitteln. Mit freudiger Genugtuung überschreibe ich die Worte, mit denen der Verein aufs neue die bewundernswürdige Anpassungsfähigkeit und Organisationskraft unserer Industrie bezeugt, an der die Hoffnung unserer Feinde auf eine wirtschaftliche Niederringung Deutschlands gescheitert ist.“

Der Vorsitzende erinnerte in seinen einleitenden Worten daran, daß der Verein Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller nunmehr auf eine 40 jährige Tätigkeit zurücksehen könne.

Die denkwürdige Einigung der Eisen- und Stahl-Industriellen aus dem Osten und Westen, die vor vier Jahrzehnten bei dem damals schwach entwickelten Verbandswesen wenig Fühlung miteinander hatten, sei eine dringende Notwendigkeit gewesen. Denn in den siebziger Jahren befand sich die deutsche Eisenindustrie infolge der Durchführung der freihändlerischen Bestrebungen in einer schweren Notlage. Zum Glück für unsere Industrie — und man könne wohl sagen — auch zum Glück für unser gesamtes Wirtschaftsleben und unsere Landesverteidigung ist es Ende der siebziger Jahre gelungen, die meisten maßgebenden deutschen Wirtschaftspolitiker, die sich auf dem Wege zum vollkommenen Freihandel befanden, zur Umkehr zu bewegen und sie zum Gedanken des Schutzes der nationalen Arbeit zu bekehren. Denn die deutsche Eisen- und Stahlindustrie habe unter der Regierung friedfertiger Monarchen und unter dem Schutz maßvoller Zölle eine erfreuliche Entwicklung genommen.

Heute haben die Hochofenwerke des deutschen Zollgebiets eine Leistungsfähigkeit von 20 Mill. t. Tatsächlich belief sich die Roheisenerzeugung im letzten vollen Friedensjahr 1913 auf 19 $\frac{1}{3}$ Mill. t im Werte von 1 $\frac{1}{4}$ Milliarden \mathcal{M} . Bekanntlich ist die Leistungsfähigkeit in der Herstellung von Rohstahl seit Ende 1913 noch größer. An Walzwerkserzeugnissen waren im Jahre 1913 etwa 14 $\frac{1}{2}$ Mill. t im Werte von 2 $\frac{1}{3}$ Milliarden \mathcal{M} zu verzeichnen. Hätten wir nicht eine so starke, gesund entwickelte Industrie, die mehr, als der Inlandsmarkt braucht, herstellen kann, dann wären wir bei den ganz gewaltig gesteigerten Anforderungen, die der Krieg an die Industrie stellt, gar nicht in der Lage, durchzuhalten, und wir hätten klein beigeben müssen, da wir nicht, wie unsere Feinde, auf die Vereinigten Staaten hätten zurückgreifen können. Auch die inländische eisenverarbeitende Industrie, die vielfach Ausfuhrvergütungen erhielt, hat infolge der günstigen Preisentwicklung der Eisen- und Stahlerzeugnisse eine große Ausdehnung angenommen.

Die Preise für Walzwerkserzeugnisse, wie Träger, Stabeisen, Grobbleche u. dgl. sind von 210 bzw. 195 bzw. 230 \mathcal{M} im Jahre 1874 auf 110 bzw. 100 bzw. 120 \mathcal{M} und weniger in den letzten Friedensjahren gefallen. Daraus geht hervor, daß die Verbraucher vor 40 Jahren die Walzwerkserzeugnisse um nicht weniger als 100 % teurer bezahlen mußten als in der letzten Friedenszeit.

Die Verbilligung ist eine Wirkung der technischen Vervollkommnung und ständigen Verbesserung der Organisation der Eisenindustrie. Nur so erklärt sich auch der wunderbare Erfolg, daß die englische Eisenindustrie trotz ihrer einzig dastehenden günstigen natürlichen Bedingungen von der deutschen überflügelt worden ist und daß die englische Eisen und Stahl verarbeitende Industrie, insbesondere der Schiffbau, in den letzten Jahren auf deutschen Stahl angewiesen war und zeitweise deutsches Roheisen bezog, und daß schließlich die englische Fertigungsindustrie mit zusehen mußte, wie stark auch die Einfuhr der wertvollsten deutschen Eisen- und Stahlfabrikate der verschiedensten Art wuchs. Unsere Ausfuhr belief sich 1913 auf 6,4 Mill. t im Werte von 1,4 Milliarden \mathcal{M} an Eisen- und Stahlerzeugnissen aller Art, einschließlich der Maschinen und Fahrzeuge sogar auf 7,2 Mill. t im Gesamtwerte von über $2\frac{1}{3}$ Milliarden \mathcal{M} .

Die Entwicklung der deutschen Eisen- und Stahlindustrie kann im allgemeinen eine Linie gleichmäßigen Aufstiegs verzeichnen. Die Konkurrenz in den Vereinigten Staaten von Amerika nahm dagegen zeitweise eine so sprunghafte Entwicklung an, daß einem Emporschnellen der Erzeugungsziffer bald wieder ein starker Rückfall, z. B. bis zu 10 Mill. t im Jahre 1908, folgte. Das ist eine Menge Roheisen, welche der durchschnittlichen englischen Erzeugung nahekommt. Bei einem solchen unstillen Fortschritt können in wenigen Jahren in Amerika Zehntausende neuer Arbeiter herangezogen, aber, wie im Jahre 1908, plötzlich auch Hunderttausende auf die Straße gesetzt werden.

Darauf erstattete der Geschäftsführer des Vereins und Leiter der Ausfuhrzentrale, Dr. J. Reichert, den

Geschäftsbericht

über die Tätigkeit des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller im Kriege. Er führte u. a. aus: Die Einziehung gerade der besten Arbeiter, die Verkohrsstockungen und die auf diese Weise erschwerte Rohstoffversorgung und der Warenabsatz versetzten der Industrie einen schweren Schlag. Im ersten Kriegsmonat betrug daher die deutsche Rohstahlerzeugung nur wenig mehr als ein Drittel der durchschnittlichen Friedensproduktion. Mit den Erfolgen unseres Heeres und mit der Vertreibung der Feinde von unseren Grenzen mehrte sich die Zahl der wieder in Betrieb gesetzten Anlagen, so daß im März d. J. die Flußstahlerzeugung wieder eine Million Tonnen überschritt und sich im Oktober 1915 auf 1 215 000 t, also auf mehr als 77 % der durchschnittlichen Friedensproduktion hob. Der hohe Stand der Leistungsfähigkeit unserer Stahlindustrie im Kriege ist um so erfreulicher, als die englische Stahlindustrie im Jahre 1910 mit $6\frac{1}{2}$ Mill. t ihren höchsten Stand erreichte, und mit dieser ihrer bisherigen höchsten Friedensleistung nur etwa die Hälfte der Kriegsleistung der deutschen Stahlindustrie erreicht hat!

Die Steigerung der deutschen Erzeugung war abhängig von der Vermehrung der anfänglich stark verminderten Belegschaft und von einer Beseitigung der Verkehrshemmungen. Bei 245 Werken (also zwei Drittel unserer Mitglieder) wissen wir, daß die Zahl der Beschäftigten von 417 000 im August v. J. auf 447 000 im Juli d. J., also in einem Jahr um 30 000 gestiegen ist. Ueber den starken Wechsel, den Umfang der Einberufungen bei diesen Werken, über die Zahl der herangezogenen weiblichen Arbeitskräfte und der Kriegsgefangenen liegen noch keine Angaben vor.

Daß in der ersten Kriegszeit, wo die Aussichten für die Eisen- und Stahlindustrie noch nicht geklärt waren, das Ministerium der öffentlichen Arbeiten sowie andere Staatsbehörden auf den Wunsch der Industrie einsprangen und durch beträchtliche Aufträge den Werken über die schwierige Lage hinwegzuhelfen suchten, hat mit Recht große Anerkennung gefunden. An den Heereslieferungen beteiligten sich nach und nach außer den zahlreichen Eisen- und Stahlfabriken die bestehenden 130 deutschen Stahlwerke fast allgemein, und während des Krieges schufen sich etwa

70 Firmen neue Stahlwerksbetriebe. Unter Einrechnung aller derjenigen Betriebe, die sich heute an der Bearbeitung und Fertigstellung der Granaten beteiligen, wird man wohl auf 1600 bis 1800 Werke kommen.

Die Ausfuhrzentralstelle für Eisen- und Stahlerzeugnisse wurde mit der Geschäftsführung des Vereins verbunden. Es ist gelungen, nicht nur das Reichsamt des Innern in der beabsichtigten Weise zu entlasten, sondern es sind auch die einzelnen Ausfuhranträge einer genaueren Prüfung unterzogen und alle diejenigen Gesuche zurückgewiesen worden, die gegen das vaterländische Interesse, insbesondere das der Landesverteidigung, verstießen. Einen Einblick in den Umfang der Tätigkeit der Zentralstelle und in die Erledigung der Anträge gibt eine Uebersicht, wonach bis zum Anfang Dezember 1915 einschließlich der diplomatischen Anträge 70 000 Gesuche in Bearbeitung genommen sind. Davon wurden etwa 50 000 genehmigt.

Die Aufrechterhaltung des Auslandsabsatzes entspricht, soweit es sich mit den Interessen der Landesverteidigung vereinigen läßt, nicht nur einer dringenden Forderung des gegenwärtigen Wirtschaftskrieges, sondern leistet auch im Hinblick auf die Erhaltung der Auslandsbeziehungen in der künftigen Friedenszeit die wertvollsten Dienste.

Die amerikanische Volkswirtschaft ist an der Fortdauer des Krieges stark interessiert. Das geht u. a. daraus hervor, daß die Ausfuhr von Eisen- und Stahlwaren von etwa 500 Mill. \mathcal{M} in den ersten sieben Friedensmonaten 1914 in der entsprechenden Zeit dieses Jahres auf 700 Mill. \mathcal{M} gestiegen ist. Dabei hat die Ausfuhr von Friedenserzeugnissen abgenommen, die an Kriegsmitteln natürlich um so mehr zugenommen. Es ist danach als sicher anzunehmen, daß im Jahre 1915 eine amerikanische Gesamtausfuhr an Eisen- und Stahlwaren von mindestens $1\frac{1}{4}$ Milliarde \mathcal{M} erzielt wird, also ungefähr derselbe Wert, den die deutsche Ausfuhr von Eisen- und Stahlerzeugnissen im Friedensjahre 1913 aufweisen konnte. Mit anderen Worten: Während England sich mit uns um den Vorrang in der Weltherrschaft und Weltwirtschaft streitet, sammelt Amerika die ungeheuersten Reichtümer und stärkt seine Industrie in unberechenbarer Weise.

Es wäre tief bedauerlich und ein unschätzbbarer Schaden, wenn es der deutschen Eisen erzeugenden und verarbeitenden Industrie in dieser Zeit, wo uns in Gestalt des amerikanischen Wettbewerbs ein gefährlicher Gegner erstanden ist, nicht gelingen sollte, die bestehenden Kartelle zu erhalten und auch neue Verbände zu schaffen. Die Notwendigkeit einer Einigung ist um so dringender, als auch im Falle siegreicher Beendigung des Krieges mit großen Schwierigkeiten bei der Ausfuhr nach unseren Hauptabsatzländern gerechnet werden muß.

Was die Neuordnung der Handelspolitik betrifft, so ist sich der Verein darüber im klaren, daß an der bewährten Bismarckschen Schutzzollpolitik festgehalten werden muß und daß, wie bisher, auch ferner die Ausfuhrbedingungen nach den Hauptabsatzländern festgelegt und auch weiterhin eine Gleichstellung des deutschen Wettbewerbs mit den anderen Ländern herbeigeführt werden muß. Soweit die bisherigen Zollsätze für neu oder schwach entwickelte Industriezweige, insbesondere der Verfeinerung, nicht ausreichen, sind ausreichende Zollerhöhungen zu verlangen, die es ermöglichen, uns von dem Bezug ausländischer Waren unabhängig zu machen. Unsere Industrie muß leistungs- und ertragsfähig bleiben. Das war der Standpunkt, von dem wir auch während des Krieges gewisse Fragen der Zollpolitik, insbesondere des Veredelungsverkehrs, behandelt haben.

Im übrigen sind wir der Auffassung, daß eine gute Handelspolitik die beste Sozialpolitik ist. Ohne einen Zollschutz wäre die Industrie schwerlich imstande gewesen, seit den achtziger Jahren die großen sozialen Lasten zu tragen. Noch größere Lasten wird unser Wirtschaftsleben nach dem Kriege auf sich nehmen müssen. Denn wir müssen uns unseren Kriegern, die draußen vor dem

Feinde für unser Volk und unser Wirtschaftsleben alles eingesetzt haben, erkenntlich zeigen, sei es, daß den Hinterbliebenen Unterstützung zu gewähren ist, sei es, daß die Kriegsinvaliden selbst, ihrer Berufs- oder Arbeitsfähigkeit ganz oder zum Teil beraubt, erhalten werden müssen. Wie die Industrie hierüber denkt, hat sie bereits in einer Erklärung gesagt, die in einer März d. J. abgehaltenen Sitzung der Vereinigung Deutscher Arbeitgeberverbände gefaßt worden ist.

Besonders stark nahm den Verein die Arbeiterbeschaffung in Anspruch. In den ersten Kriegsmonaten war es noch verhältnismäßig leicht, arbeitslose Facharbeiter zu gewinnen oder sonst geeignet erscheinende männliche Arbeiter hinzuzuziehen. Je mehr Mannschaften jedoch einberufen wurden und je mehr der Bedarf an Ersatzleuten allgemein um sich griff, desto schwerer wurde es, brauchbare Leute zu erhalten. Bald kam es so weit, daß selbst jugendliche und ungelernete Arbeiter aus anderen Berufen nicht mehr zu erlangen waren. Daher wurden schon frühzeitig Frauen angestellt und zwar in größerer Zahl, als man es für möglich gehalten hätte. Neben der Frauennarbeit hat die Beschäftigung von Kriegsgefangenen einen großen Umfang angenommen. Wegen der hierbei zu beobachtenden Vorsichtsmaßregeln sind von seiten des Kriegsministeriums bereits im Sommer gewisse einschränkende Bestimmungen erlassen worden. Auch ausländische Arbeiter und selbst solche aus den besetzten feindlichen Gebieten werden schon lange herangezogen. Trotz der unausgesetzten und sich fortwährend steigenden Bemühungen der Industriellen, die für den Krieg erforderlichen Arbeitskräfte zu ersetzen, ist es nicht möglich, die kriegsverwendungsfähigen Arbeiter ganz zu entbehren. Vielmehr hat fast jede Firma Zurückstellungen gewisser Leute beantragen müssen.

Neben der ständigen Mühe der Industriellen, die eingezogenen Leute zu ersetzen, stand die Sorge um das leibliche Wohl der Arbeiter und Angestellten. Nicht nur durch höhere Löhne, sondern auch durch vielfache andere

freiwillige Unterstützungen wurden sie in den Stand gesetzt, ihre Lebenshaltung trotz der großen Teuerung beibehalten zu können. In gleicher Weise waren die Eisen- und Stahlindustriellen um das Wohlergehen der Angehörigen der im Felde stehenden Mannschaften besorgt. So beträgt nach unseren Ermittlungen bei 244 Mitgliedernwerken im ersten Kriegsjahr die Unterstützungssumme annähernd 50 Mill. \mathcal{M} , die sich auf etwa 120 000 Familien verteilen. Die hochherzige Arbeiterfürsorge ist um so höher anzuschlagen, als die Preispolitik der Verbände der Eisenindustrie in Anbetracht der stark gestiegenen Selbstkosten während des Krieges mäßig geblieben ist und viele Werke einen beträchtlichen Gewinnsausfall gegenüber früheren Jahren zu verzeichnen haben. Aus einer von der „Kölnischen Zeitung“ in diesen Tagen veröffentlichten Uebersicht kann man entnehmen, daß 14 der bedeutendsten Hüttenwerke im ersten Kriegsjahr nur 121,2 Mill. \mathcal{M} Rohgewinn gegenüber 163,1 Mill. \mathcal{M} im letzten Friedensjahr 1913, also ein Drittel weniger, erzielt haben. —

An den mit allgemeinem Beifall aufgenommenen Tätigkeitsbericht schloß sich ein Vortrag des Leiters des Deutschen Industriebüros in Brüssel, Dr. R. Kind, Düsseldorf, über

Die wirtschaftlichen Verhältnisse Belgiens im Kriege.

Aus den überaus bemerkenswerten Mitteilungen des Vortragenden ist festzustellen, daß in Belgien das Geld- und Kreditwesen sowie das Verkehrswesen wieder ziemlich normal zu nennenden Verhältnissen zugeführt worden sind. Dasselbe gilt vom Kohlenbergbau, dem Betriebe der Steinbrüche usw. mehr. Andere Industrien, wie z. B. die Eisen- und Stahl- sowie die Textilindustrie, konnten allerdings nur in verschwindendem Umfange wieder in Tätigkeit treten, weil trotz aller Bemühungen unsere Feinde, die Verbündeten Belgiens, es ablehnen, dem Lande die Rohstoffe über See zuzuführen, die für die Inbetriebsetzung und Aufrechterhaltung verschiedener Industrien unbedingt notwendig sind.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

6. Dezember 1915.

Kl. 21 h, D 31 013. Elektrische Stumpfschweißmaschine. Deutsche Schweißmaschinen-Bau- und Vertriebs-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Schöneberg.

Kl. 24 e, G 39 807. Verfahren zur Verhinderung der Klinkerbildung in Gaserzeugern. Arthur Graham Glasgow, Richmond, Virginia, V. St. A.

9. Dezember 1915.

Kl. 7 a, T 19 593. Mehrteilige Walze. Johann Leonard Treuheit, Düsseldorf-Grafenberg, Simrockstr. 56.

Kl. 21 h, M 55 538. Verfahren zur elektrischen Widerstandsschweißung ringförmig oder ähnlich gestalteter Werkstücke. Richard Mack, Berlin-Tempelhof, Dreibundstraße 45.

Kl. 24 d, St 20 098. Doppelkegeldüse zur Windzuführung für Verbrennungsöfen. Stettiner Chamotte-Fabrik, Akt.-Ges. vormals Didier, Stettin.

Kl. 31 c, E 21 264. Verfahren und Vorrichtung zum Gießen von Eisen und sonstigen Metallen oder Legierungen in Metallformen. Abraham M. Eriksen, Berlin-Pankow, Breitestr. 12.

Kl. 48 d, G 42 689. Einrichtung zum Beizen von Metallgegenständen, bei der eine endlose Gelenkkette mit seitlichen Trägern die zu beizenden Gegenstände aufnimmt; Zus. z. Anm. G 41 831. Gustav Grüber, Iserlohn, Wolfsgasse 3.

Kl. 80 b, C 23 745. Verfahren der Herstellung von Kohlenstoffsteinen und Kohlenstoffsteinmassen durch Einlagerung von Kohlenstoff. Chemische Fabriken Dr. Kurt Albert u. Dr. Ludwig Berend, Amöneburg bei Biebrich a. Rh.

Deutsche Gebrauchsmustereintragungen.

6. Dezember 1915.

Kl. 1 b, Nr. 639 652. Magnetscheider. Fried. Krupp, Akt.-Ges., Grusonwerk, Magdeburg-Buckau.

Kl. 10 b, Nr. 639 785. Vorrichtung zur unterbrochenen Verkokung des Bindemittels in Briketts, bestehend aus in dem Verkokungsbehälter angeordneten Widerständen zum Wenden der Briketts. Maschinenbau-Anstalt Humboldt, Cöln-Kalk.

Kl. 18 a, Nr. 639 716. Schmelzöfen für flüssige Brennstoffe. Hundt & Weber, G. m. b. H., Geisweid, Kr. Siegen, Westf.

Kl. 24 k, Nr. 639 576. Röhrenlufterhitzer für den Einbau in die vorhandenen Fuchskanäle von Dampfkesselanlagen u. dgl. Feuerungen. Carl Kleyer, Karlsruhe i. B., Kriegstr. 77.

Kl. 37 b, Nr. 639 613. Breitflanschiger Doppel-Träger. Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten-Akt.-Ges., Bochum.

Kl. 37 b, Nr. 639 632. Breitflanschiger Träger. Ernst Kutschera, Berlin-Treptow, Schmollerstr. 10.

Kl. 37 b, Nr. 639 633. Breitflanschiger Träger. Ernst Kutschera, Berlin-Treptow, Schmollerstr. 10.

Kl. 40 a, Nr. 639 564. Schmelzöfen mit Oelfeuerung. Hundt & Weber, G. m. b. H., Geisweid, Kr. Siegen, Westf.

¹⁾ Die Anmeldungen liegen von dem angegebenen Tage an während zweier Monate für jedermann zur Einsicht und Einsprucherhebung im Patentamt zu Berlin aus.

Wirtschaftliche Rundschau.

Stahlwerks-Verband, Aktiengesellschaft zu Düsseldorf.
— Dem Bericht des Vorstandes über das abgelaufene Geschäftsjahr entnehmen wir das Folgende:

Das vergangene Berichtsjahr stand mit Ausnahme des ersten Monats unter der Einwirkung des Weltkrieges. Bei seinem Ausbruch gerieten zunächst Handel und Wandel vollkommen ins Stocken. Die durch die Mobilmachung verursachten Verkehrshemmungen waren aber nach kurzer Zeit überwunden, so daß, abgesehen von den Grenzgebieten, ein geregelter Geschäftsverkehr schon sehr bald wieder aufgenommen werden konnte. Von dem in unseren Verkaufsbedingungen vorgesehenen Rechte des Rücktritts von der Lieferungsverpflicht im Falle eines Krieges haben wir keinen Gebrauch gemacht, sondern die übernommenen Aufträge zu den vereinbarten Preisen und Bedingungen ausgeführt, ungeachtet der erheblichen Steigerung, welche die Selbstkosten durch die eingetretenen Ereignisse naturgemäß erfahren mußten.

Der Gesamtversand an Verbandserzeugnissen vom 1. Juli 1914 bis 30. Juni 1915 betrug 3 393 537 t (Rohstahlgewicht) gegen 6 124 310 t im Vorjahre, d. s. 55,41 % des Absatzes im Geschäftsjahre 1913/14. Auf das Inland entfielen hiervon rd. 81 %; der Auslandsabsatz, dessen wir ebensowenig wie die weiterverarbeitende Industrie nicht bloß zur Verringerung der Selbstkosten, sondern auch im Interesse unserer Geldwahrung entraten können, mußte auf die neutralen festländischen Gebiete beschränkt bleiben.

Ueber die Geschäftslage in den einzelnen Erzeugnissen ist zu bemerken:

Halbzeug-Inland: Das Inlandsgeschäft in Halbzeug lag in den ersten Wochen nach Kriegsausbruch infolge der Verkehrshindernisse still. Der Absatz beschränkte sich auf geringe Mengen für Kriegszwecke. Mit der fortschreitenden Besserung des Eisenbahnverkehrs konnten auch die inländischen Verbraucher wieder regelmäßig beziehen und sich für neue Bestellungen versorgen. Die vorübergehend verlangte Preiserhöhung von 12,50 *M* f. d. t wurde für Abschlüsse im letzten Viertel des Jahres 1914 endgültig auf 7,50 *M* f. d. t festgesetzt. Für das erste Vierteljahr 1915 blieben die Preise unverändert.

Von Februar an zeigte sich eine weitere Besserung in der Beschäftigung der Verbraucher und damit auch eine Zunahme ihres Bedarfs. Für das zweite Vierteljahr 1915 wurden die Inlandspreise um 7,50 *M* in Rücksicht auf die gestiegenen Selbstkosten unter Aufhebung der bis dahin gewährten Ausfuhrvergütung erhöht.

Halbzeug-Ausland: Der Absatz nach dem feindlichen Ausland kam mit dem Kriege naturgemäß zum Stillstand. Es wurde von dort aus zwar versucht, deutsches Halbzeug zu erhalten; alle derartigen Ansinnen wurden aber im vaterländischen Interesse abgelehnt. Das Geschäft mit dem neutralen Ausland entwickelte sich zu befriedigenden Umsätzen, die allerdings vom Mai ab infolge der politischen Verwicklungen mit Italien wieder eine Einschränkung erfuhren. Bezüglich des Verbleibes wurden in jedem Falle besondere Sicherheitsmaßnahmen beobachtet.

An Halbzeug kamen 739 451 t (Rohstahlgewicht) zum Versand, gegen 1 639 829 t im Vorjahre, d. s. 900 378 t weniger. Auf das Inland entfallen 76,20 %, auf das Ausland 23,80 %, gegenüber 54,13 % bzw. 45,87 % in 1913/14.

Formeisen-Inland: Der Formeisenmarkt war das ganze Jahr hindurch außerordentlich still infolge des vollständigen Daniederliegens des Baugeschäftes. Besseren Bedarf zeigte nach Behebung der Verkehrsstockungen die Konstruktionswerkstätten, Wagenbauanstalten usw., die auch weiterhin gut beschäftigt blieben. Für das zweite Viertel 1915 wurde im Hinblick auf die erheblich gestiegenen Selbstkosten eine Erhöhung der Preise um 10 *M* f. d. t vorgenommen unter gleichzeitiger Aufhebung der Ausfuhrvergütung.

Formeisen-Ausland: Das Geschäft mit dem neutralen festländischen Ausland begann nach der in den ersten Kriegswochen eingetretenen Pause sich wieder lebhafter zu entwickeln. Wurde auch hier der Absatz durch

den Krieg beeinflusst, so kann er doch im ganzen genommen im Vergleich zu dem Vorjahr als befriedigend gelten.

An Formeisen kamen insgesamt 894 971 t (Rohstahlgewicht) zum Versand, oder 840 782 t weniger als gleichzeitig 1913/14 (1 735 753). Der Anteil des Inlandes betrug 78,89 %, der des Auslandes 21,11 % gegen 75,07 % bzw. 24,93 % im Vorjahre.

Eisenbahn-Oberbaubedarf-Inland: In schwerem Oberbaumaterial war es besonders die Preußisch-Hessische Staatsbahnverwaltung in Gemeinschaft mit den Reichseisenbahnen, welche ihre Bestellungen für das Rechnungsjahr 1915 in unveränderten Mengen abgenommen und dadurch in dankenswerter Weise dazu beigetragen hat, unser Wirtschaftsleben in Gang zu erhalten. Die Bezüge der übrigen deutschen Bahnen blieben aber gegen das Vorjahr leider wesentlich zurück.

Das Geschäft in Rillenschienen brachte im Juli noch mehrere größere Aufträge, wurde jedoch mit Kriegsausbruch stiller und verlief bis Ende der Berichtszeit in sehr ruhiger Bahn, da namentlich die Verlegung neuer Strecken durch den Krieg unterbrochen wurde.

In Gruben- und Feldbahnschienen hielten sich die für das dritte Vierteljahr 1914 getätigten Abschlüsse in der Höhe des zweiten Jahresviertels. Nach Kriegsausbruch trat in den Abrufen eine Stockung ein, die, soweit es sich um den Baumarkt handelte, bis Jahresschluß anhält; dafür aber brachten umfangreiche Lieferungen für die Heeresverwaltung Ersatz.

Eisenbahn-Oberbaubedarf-Ausland: Der Auslandsmarkt in schweren Schienen und Schwellen lag bis gegen Ende des Jahres 1914 still, besserte sich dann aber infolge der von neutralen Ländern herausgekommenen Aufträge, die wir uns sämtlich zu sichern in der Lage waren.

Nach Rillenschienen war auch im neutralen Ausland nicht viel Nachfrage; immerhin konnten einige Aufträge zu angemessenen Preisen hereingenommen werden.

Ebenso ward der Auslandsmarkt in Grubenschienen ruhig. Der Gesamtversand an Eisenbahn-Oberbaubedarf stellte sich auf 1 759 115 t (Rohstahlgewicht), d. s. 989 613 t weniger als gleichzeitig 1913/14 (2 748 728 t). Hiervon wurden nach dem Inland 84,36 %, nach dem Ausland 15,64 % abgesetzt, gegenüber 68,36 % bzw. 31,64 %.

Der arbeitstäglige Versand in den Gesamterzeugnissen betrug in Rohstahlgewicht:

Monate	Arbeitstägl. Versand		
	1913/14 t	1914/15 t	Minder- versand gegen 1913/14 t
1914			
Juli	18 730	17 423	— 1 307
August	20 175	3 653	— 16 522
September	20 015	9 431	— 10 584
Oktober	19 440	10 391	— 9 049
November	19 258	10 254	— 9 004
Dezember	18 299	10 728	— 7 561
1915			
Januar	17 507	10 201	— 7 306
Februar	20 122	11 121	— 9 001
März	21 559	13 021	— 8 538
April	21 352	12 755	— 8 597
Mai	22 115	12 024	— 10 091
Juni	22 606	12 305	— 10 301
Durchschnittlich	20 098	11 109	— 8 989

Der Versand von Halbzeug beträgt, wie oben angegeben, 739 451 t, bleibt also hinter der Beteiligungsziffer für diese Zeit (1 365 778 t) um 626 327 t oder 45,86 % zurück.

Der Versand an Oberbaubedarf in Höhe von 1 759 115 t bleibt hinter der Beteiligungsziffer von 2 571 260 t um 812 145 t oder 31,59 % zurück.

In Formeisen stellt sich der Versand auf 894 971 t, d. s. 1 627 304 t oder 64,52 % weniger als die Beteiligungsziffer (2 522 275 t).

Der Gesamtversand an Verbandserzeugnissen im Geschäftsjahre 1914/15 beträgt 3 393 537 t und bleibt hinter der Beteiligungsziffer für diese Zeit (6 459 313 t) um 3 065 776 t oder 47,46 % zurück.

Rombacher Hüttenwerke zu Rombach.— Dem Jahresbericht des Vorstandes entnehmen wir die folgenden Angaben über die Betriebe der Gesellschaft in dem am 30. Juni 1915 abgelaufenen Geschäftsjahr: Der Betrieb der Gruben mußte bei Kriegsausbruch wesentlich eingeschränkt werden, da die Belegschaften durch Einberufungen zum Heere und Abwanderung der ausländischen Arbeiter stark vermindert waren; insgesamt sind 936 855 t Minette gefördert worden · 269 527 t im Vorjahre) bei einer durchschnittlichen Belegschaft von 879 Mann (1856 i. V.). Von den sieben Hochöfen in Rombach wurden die Oefen I und II am 1. August 1914 gedämpft, Ofen III war bereits am 20. Januar 1914 zwecks Neuzustellung ausgeblasen worden, Ofen V war vom 1. September 1914 bis 18. Mai 1915 und Ofen VI vom 1. August 1914 bis 1. September 1914 ebenfalls gedämpft, wogegen nur die Oefen IV und VII während des ganzen Jahres in Betrieb waren. Die Erzeugung an Roheisen betrug 232 523 t (475 075 t i. V.). Auf der Moselhütte haben nur die Oefen I und II während des ganzen Jahres gearbeitet, Ofen III war am 28. Mai 1914 zwecks Neuzustellung außer Betrieb gestellt worden, und Ofen IV wurde am 1. August 1914 gedämpft. Die Erzeugung stellte sich hier auf 113 364 t (274 414 t i. V.). Die gesamte Roheisenerzeugung stellte sich demnach auf 345 887 t gegen 749 489 t i. V. und 769 276 t in 1912/13. Der Betrieb der Stahl- und Walzwerke ruhte in den Monaten August und September 1914 vollständig, erst ab 5. Oktober konnte in einfacher Schicht und vom Beginn des Jahres 1915 ab wieder in Doppelschicht mit schwacher Besetzung gearbeitet werden. Eine wesentliche Betriebseinschränkung bestand aber auch am Schlusse des Geschäftsjahres noch, da eine genügende Belegschaft nicht zu beschaffen war. Infolgedessen ist die Erzeugung um 58% gegen das Vorjahr zurückgeblieben. Es sind hergestellt worden 243 575 t Rohstahl (585 400 t i. V.). Der Gesamtabsatz an Walzserzeugnissen stellte sich auf 204 423 t (496 517 t i. V.). Aus dem Dolomitbruch bei Sierek sind 7461 t Rohdolomit (14 584 t i. V.) gebrochen worden. Die Kalksteingewinnung in dem Steinbruch bei Void in Frankreich mußte mit Kriegsbeginn eingestellt werden; dem Kalkwerk Ars sind 1103 t Kalksteine zugeführt worden, gegen 50 879 t i. V. Die Erzeugung betrug 7064 t Stahlwerkskalk gegen 27 031 t i. V. Die Schlackensteinfabriken in Rombach und Macheren erzeugten im Berichtsjahre

Eisenbahnstrecke Weidenau—Haiger.— Durch die am 1. d. M. erfolgte Öffnung dieser Strecke, die als Hauptbahn betrieben wird, ist infolge der Abschneidung des Umweges über Betzdorf der Beförderungsweg ab rheinisch-westfälischen Stationen nach einem gewissen Gebiete östlich der Luftlinie Siegen—Weilburg—Mannheim erheblich abgekürzt. Für die über diese Strecke berechneten Frachten ist eine entsprechende Ermäßigung eingetreten.

4 398 000 Steine, gegen 9 687 000 Steine i. V. Verkauft und selbstverbraucht wurden in Rombach und Maizières 4 007 000 Steine, gegen 6 105 000 Steine i. V. Die Betriebe Gießerei, Hauptwerkstätte und Eisenkonstruktionsabteilung arbeiteten in der Hauptsache für den eigenen Bedarf. Im letzten Quartal des Geschäftsjahres wurde die Herstellung von Verkaufsmaterial aufgenommen. Auf der Kokerei Zeebrügge mußte Ende Juli 1914 die Kokserzeugung eingestellt werden, es wurden erzeugt 15 868 t Hochofenkoks gegen 213 123 t i. V. An Gehältern und Löhnen wurden 7 586 540,81 \mathcal{M} gegen 13 616 302,20 \mathcal{M} i. V. gezahlt. Für Frachten wurden 4 285 616,72 \mathcal{M} gegen 9 032 290,09 \mathcal{M} i. V. verausgabt. Die durchschnittliche Arbeiterzahl betrug 3880 Mann (ohne Zeebrügge) gegen 7232 Mann i. V. Am 1. Juli 1915 waren an Aufträgen gebucht 83 148 t gegen 123 858 t i. V.

Ueber das geldliche Ergebnis des Geschäftsjahres, verglichen mit den vorhergegangenen, gibt die nachstehende Zusammenstellung Auskunft.

in \mathcal{M}	1911/12	1912/13	1913/14	1914/15
Aktienkapital	50 000 000	50 000 000	50 000 000	50 000 000
Anleihen, Hypothek.	20 281 602	19 637 494	18 978 445	17 588 760
Vortrag	390 879	486 588	537 097	531 205
Betriebsgewinn	14 869 245	15 205 801	13 946 999	8 569 883
Sonstige Einnahmen	330 258	306 847	365 795	305 321
Zuweisung aus der Internen Rückstell.	—	—	—	1 000 000
Allg. Unk., Zins. usw.	3 122 153	3 243 171	3 186 730	2 815 470
Abschreibungen	3 800 106	3 903 162	3 969 323	3 869 680
Kriegsunterstützung.	—	—	—	537 870
Kein Gewinn	8 277 243	8 426 315	7 156 741	1 662 185
Reingewinn ein-schl. Vortrag	8 068 122	8 912 904	7 693 839	2 183 390
Sonderabschreib.	1 000 000	1 500 000	1 000 000	—
Rücklage	1 373 591	—	—	—
Unterstütz., Pensionskasse usw.	200 000	300 000	300 000	200 000
Gemeinn. Zwecke	50 000	50 000	100 000	50 000
Werkserweiterungen	—	1 000 000	—	—
Talon- u. Wehrsteuer	224 930	200 000	125 000	38 155
Schuldentilgungskonto	100 000	—	—	—
Rückst. f. Agio auf Teilschuldversch.	—	100 000	100 000	—
Tantieme	233 010	225 806	37 634	37 634
Interne Rückstell.	—	—	3 000 000	—
Dividende	5 000 000	5 000 000	2 000 000	2 500 000
„ %	10	10	5	5
Vortrag	486 588	537 097	531 205	357 600

Vereins-Nachrichten.

Verein deutscher Eisenhüttenleute.

Aenderungen in der Mitgliederliste.

- Angström, C. Jonas*, Ingenieur d. Fa. S. Diescher & Sons, Pittsburg, Pa., U. S. A., Farmers Bank Building.
Blome, Dr.-Ing. Hermann, Hochofenbetriebsassistent d. Fa. Fried. Krupp, A. G., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhäusen-Fricmersheim, Hüttenstr. 6.
Brach, Peter, Ingenieur der A. G. Lauchhammer, Abt. Hüttenbau, Düsseldorf, Rheinhof.
Bröms, C. O. J., Ingenieur, Sandviken, Schweden.
Faber, Jean, Dipl.-Ing., Luxemburg, Philippstr. 5.
Gerber, Friedrich, Betriebsingenieur im Martinw. der Westf. Eisen- u. Drahtw., A. G., Aplerbeck i. W., Markt 21.
Herkenrath, Franz, Gießereingenieur, Berlin-Karlshorst, Prinz Adalbert-Str. 9.
Kralcman, Heinrich, Hüttendirektor, Breslau 9, Bau-schulstr. 10.

- Kurz, Werner*, Ing., Betriebsing. der Rombacher Hüttenw., Rombach i. Lothr.
Kutschka, Karl, Ingenieur, Youngstown, O., U. S. A., 61 Wickplace.
Meusel, Carl, Prokurist der Bismarckhütte, Bismarckhütte, O.-S., Lenzstr. 8.
Puppe, Heinrich, Walzwerks-Betriebsingenieur, Dortmund, Hohestr. 61 1/2.
Schulz, Arthur, Obergeringenieur der Königin-Marienhütte, A. G., Cainsdorf i. Sa.
Sison, Gustav, Ing., Direktor u. Vorstandsmitglied der Warsteiner Gruben- u. Hüttenw., A. G., Warstein, Bez. Dortmund.
Steiger, Dr. Robert, St. Gallen, Schweiz, Rorschacherstr. 44.
 Gestorben.
Greiner, D. Sc. Adolf, Generaldirektor, Seraing, Belgien, 20. 11. 1915.
Kunst, Leo, Direktor, Grödig, 3. 4. 1915.