

# STAHL UND EISEN

## ZEITSCHRIFT

FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN.

Nr. 12.

19. März 1925.

45. Jahrgang.

### Zur Frage der Blausprödigkeit.

Von E. Maurer und R. Mailänder in Essen<sup>1)</sup>.

(Statische und dynamische Kerbbiegeversuche bei hohen und tiefen Temperaturen.<sup>1)</sup> Trennung der Blausprödigkeitserscheinungen in Kaltsprödigkeit und Warmsprödigkeit. Einfluß von Probenform, Versuchsgeschwindigkeit, Kaltbearbeitung und Warmbehandlung. Allgemeines zur Kerbschlagprobe. Theorien der Blausprödigkeit. Auftreten ähnlicher Erscheinungen bei anderen Metallen.)

Mit dem Ausdruck „Blausprödigkeit“ wird in neuerer Zeit eine Reihe verschiedener Erscheinungen bezeichnet, welche z. B. von Fettweis<sup>2)</sup> in einer Veröffentlichung zusammengefaßt und miteinander in Verbindung gebracht worden sind. Trotz zahlreicher Arbeiten über die Blausprödigkeit ist eine Klärung dieser Frage bisher nicht gelungen. In einer Untersuchung über den Einfluß des Verformens auf die magnetischen Eigenschaften und über die Möglichkeit einer zeitlichen Aenderung derselben kam E. Maurer<sup>3)</sup> zu dem Ergebnis, daß die Frage der Blausprödigkeit durch physikalische Messungen nicht zu klären sei, sondern nur durch mechanische Untersuchungen. In der Versuchsanstalt der Firma Fried. Krupp, A.-G., Essen, sind deshalb solche Versuche ausgeführt worden, über deren Ergebnisse hier berichtet werden soll.

#### I. Kaltsprödigkeit.

Eine der wichtigsten Erscheinungen der „Blausprödigkeit“ zeigt sich darin, daß Eisen, welches bei den Temperaturen der Blauwärme Formänderungen erfahren hat, dadurch gegenüber Beanspruchungen bei Raumtemperatur — insbesondere gegenüber stoßweiser Beanspruchung — spröder geworden ist. Ebenfalls entsteht Sprödigkeit, wenn die Formänderung bei Raumtemperatur vorgenommen und das Eisen dann längere Zeit bei Zimmertemperatur gelagert („Altern“) oder kurze Zeit auf die Temperatur der Blauwärme angelassen wird. In den Temperaturen der Blauwärme selbst ist derart be-

handeltes Eisen dagegen nicht eigentlich spröde<sup>4)</sup> Diese Beobachtungen kommen für die Kerbzähigkeit in besonders ausgeprägter Form zum Ausdruck in einem Schaubild, das von Strauß und Fry<sup>5)</sup> veröffentlicht wurde und hier in Abb. 1 wiedergegeben ist.

In einer früheren Veröffentlichung<sup>6)</sup> wurde von R. Mailänder festgestellt, daß die Temperatur  $T_A$ , unterhalb welcher die bekannte Kaltsprödigkeit des Eisens auftritt (bzw. das Temperaturgebiet

$T_0 - T_u$  [vgl. Abb. 2], innerhalb dessen die Kerbzähigkeit plötzlich abfällt),

um so höher rückt, je größer die Breite der Kerbschlagproben wird. Diese Verschiebung von  $T_A$  hat zur Folge, daß bei einer bestimmten Versuchstemperatur große Unterschiede in der Kerbzähigkeit von verschieden breiten Proben gefunden werden können, während bei höheren und tieferen Temperaturen die Probenbreite geringen Einfluß auf die Kerbzähigkeit hat. Die Aehnlichkeit zwischen diesen Beobachtungen und den in Abb. 1 dargestellten Ergebnissen führte dazu, die Untersuchungen mit

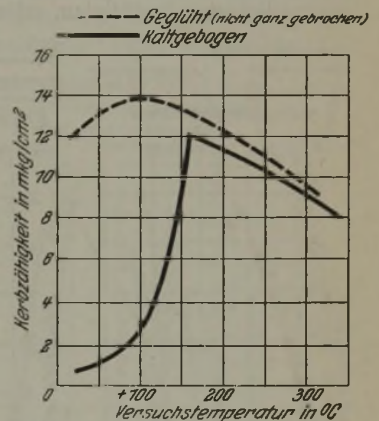


Abbildung 1. Kerbzähigkeit von kaltgebogenem und geblühtem Blech bei verschiedenen Temperaturen.

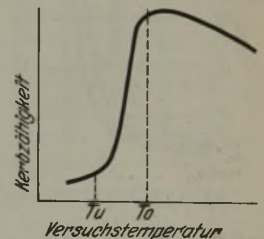


Abbildung 2. Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit (nach Mailänder).

<sup>1)</sup> Auszug aus einer Dissertation der Fakultät für Stoffwirtschaft der Technischen Hochschule Aachen. Eine Uebersicht über die in Abschnitt I bis IV dieser Arbeit enthaltenen Ergebnisse hat der an zweiter Stelle genannte Verfasser bereits auf der Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde in Frankfurt a. M. am 23. Juni 1924 vorgetragen. [Vgl. Z. f. Metallkunde 16 (1924), S. 486.] Eine eben erschienene Veröffentlichung (Körber und Pomp: Einfluß der Vorbehandlung auf die Kerbzähigkeit des Flußeisens in der Kälte und Wärme; Mitt. a. d. Kais. Wilh.-Inst. f. Eisenforschung in Düsseldorf, Bd. VI, Lief. 5) bringt eine weitere Bestätigung der hier folgenden Ergebnisse.

<sup>2)</sup> St. u. E. 39 (1919), S. 1/7 und 34/40.

<sup>3)</sup> Kruppische Monatsh. 4 (1923), S. 174, sowie St. u. E. 44 (1924), S. 1746.

<sup>4)</sup> Vgl. auch Körber und Dreyer: Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 2 (1921), S. 59.

<sup>5)</sup> St. u. E. 41 (1921), S. 1136; Kruppische Monatsh. 2 (1921), Abb. 24, 136.

<sup>6)</sup> Kruppische Monatsh. 5 (1924), S. 16/21.

Zahlentafel 1. Einfluß der Probenbreite und des Reckens auf die Lage des Abfalles der Kerbzähigkeit bei verschiedenen Temperaturen (vgl. Abb. 3 und 7).

Werkstoff: Weicheisen, gegläht.  
 Probenform: Länge 110 mm, Höhe 20 mm, Spitzkerb (45°, 5 mm tief).  
 Auflagerabstand: 75 mm; Fallmoment: 150 mkg.

Probenbreite mm	Kerbzähigkeit (mkg/cm <sup>2</sup> ) bei einer Versuchstemperatur von									
	-70	-40	-30	-20	-0	+20	40	60	80	100°
A. Werkstoff nicht gereckt										
30	1,0	—	—	2,3	—	4,2	17,1 <sup>7)</sup>	24,6 <sup>7)</sup>	34 <sup>7)</sup>	—
15	1,6	2,0	—	3,2	3,8	9,2	17,9 <sup>7)</sup>	38,2 <sup>7)</sup>	—	—
7,5	2,1	—	4,1	6,2	8,6	28,5 <sup>7)</sup>	—	31,0 <sup>7)</sup>	—	—
B. Werkstoff bei +20° um 9,5% gereckt, dann 3 st bei 300° angelassen										
30	—	—	—	1,1	—	2,2	—	6,5	20,6	35 <sup>7)</sup>
15	1,4	—	—	1,4	—	3,6	9,6	31,1 <sup>7)</sup>	—	37 <sup>7)</sup>
7,5	2,0	—	—	2,1	—	5,3	27,0 <sup>7)</sup>	32,4 <sup>7)</sup>	—	31 <sup>7)</sup>

der Festlegung des Einflusses des Reckens auf die Lage der Temperatur T<sub>A</sub> zu beginnen. Um den Vergleich der früheren und der neuen Versuche<sup>8)</sup> zu erleichtern, seien hier kurz nochmals die Ergebnisse der ersteren angeführt und durch einige der vielen Versuchsreihen, welche die gefundenen Gesetzmäßigkeiten bestätigten, erläutert.

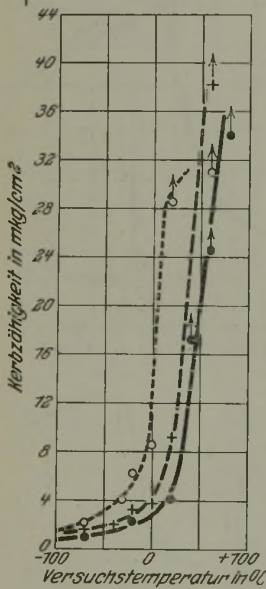
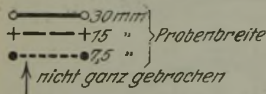


Abbildung 3.

Einfluß der Probenbreite auf die Lage des Abfalles der Kerbzähigkeit.

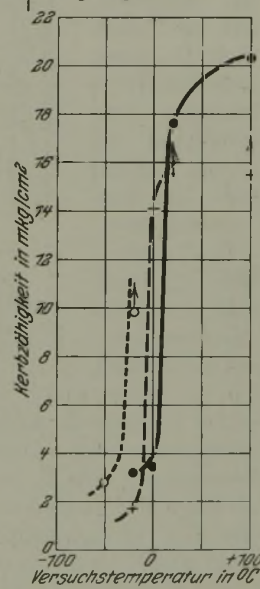
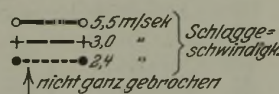


Abbildung 4.

Einfluß der Schlaggeschwindigkeit auf die Lage des Abfalles der Kerbzähigkeit.

Es war festgestellt worden, daß der in Abb. 2 dargestellte steile Abfall der Kerbzähigkeit von Fluß-

<sup>7)</sup> Probe zwischen den Auflagern durchgezogen, nicht ganz gebrochen.

<sup>8)</sup> Die Kerbschlagversuche wurden ausgeführt auf einem großen Pendelhammer mit 150 mkg Fallmoment und einem kleinen Pendelhammer mit 23 mkg Fallmoment. Die Schlaggeschwindigkeit betrug, soweit in den Zahlentafeln nichts anderes angegeben ist, für den großen Hammer 5,5 m/sek. für den kleinen Hammer 3,0 m/sek. Die sta-

eisen zwischen T<sub>0</sub> und T<sub>n</sub> nach höheren Temperaturen hin verschoben wird, wenn

- a) die Breite der Kerbschlagproben zunimmt,
- b) die Proben einen Spitzkerb erhalten statt eines Rundkerbs,
- c) die Versuchsgeschwindigkeit zunimmt,
- d) das Eisen gegläht statt vergütet wird.

Der Einfluß der Probenbreite auf die Lage des Abfalles der Zähigkeit ist zu ersehen aus Zahlentafel 1

und Abb. 3, der Einfluß der Versuchsgeschwindigkeit aus Zahlentafel 2 und Abb. 4. Deutlicher zeigt sich der Einfluß der Geschwindigkeit beim Vergleich von statischen und dynamischen Kerbbiegeversuchen. Der Unterschied in der Lage des Abfalles der Zähigkeit für vergütetes und geglähtes Eisen geht aus Zahlentafel 3 und Abb. 5 hervor<sup>9)</sup>. Aus anderen Versuchen scheint hervorzugehen, daß auch mit wachsender Korngröße der Abfall der Kerb-

Zahlentafel 2. Einfluß der Versuchsgeschwindigkeit auf die Lage des Abfalles der Kerbzähigkeit bei verschiedenen Temperaturen (vgl. Abb. 4).

Werkstoff: Kesselblech, 16 mm dick, gegläht.  
 Probenform: Länge 160 mm, Höhe 30 mm, Breite 16 mm, Rundkerb (4 mm  $\Phi$ , 15 mm tief).  
 Auflagerabstand: 120 mm.

Fallmoment mkg	Schlaggeschwindigkeit m/sek	Kerbzähigkeit (mkg/cm <sup>2</sup> ) bei einer Versuchstemperatur von					
		-50	-20	0	+20	+100°	
150	5,5	—	3,0	3,2	3,4	17,5	20,0
		—	3,4	3,4	3,5	17,8	20,6
40	3,0	—	1,7	14,1	15,5 <sup>10)</sup>	15,5 <sup>10)</sup>	—
		—	1,7	14,2	15,5 <sup>10)</sup>	—	—
25	2,4	2,8	9,8 <sup>10)</sup>	—	—	—	—
		2,8	9,8 <sup>10)</sup>	—	—	—	—

zähigkeit nach höheren Temperaturen hin rückt. Diese Beobachtung wird gestützt durch die Versuchsergebnisse, welche Pomp<sup>11)</sup> mit rekristallisiertem Flußeisen gefunden hat.

Die neuen Versuche zeigen nun, daß auch durch Kaltbearbeitung der Abfall der Kerbzähigkeit nach höheren Versuchstemperaturen hin verschoben wird, gleichgültig, ob das Eisen vorher gegläht oder vergütet war. Aus Abb. 6, welche schematisch diese Verhältnisse zeigt, ist zu entnehmen: Oberhalb T<sub>0</sub> und unterhalb T<sub>n</sub> ergeben die drei Behandlungen

tischen Biegeversuche wurden mit gleichen Auflagern und Schneiden ausgeführt wie die Schlagbiegeversuche.

<sup>9)</sup> Eine gleiche Verschiebung des Abfalles wurde auch festgestellt von Langenberg: Engg. 115 (1923), S. 758.

<sup>10)</sup> Probe zwischen den Auflagern durchgezogen, nicht ganz gebrochen.

<sup>11)</sup> St. u. E. 40 (1920), S. 1409/10 und Abb. 35 auf Tafel 26.



Zahlentafel 3. Lage des Abfalles der Kerbzähigkeit bei vergütetem und geglühtem Werkstoff (vgl. Abb. 5).

Werkstoff: Kesselblech, 16 mm dick.  
Probenform usw. wie in Zahlentafel 1.

Warm- behandlung	Kerbzähigkeit (mkg/cm <sup>2</sup> ) bei einer Versuchstemperatur von							
	-70	-20	0	+20	40	60	80	100 <sup>o</sup>
vergütet	1,1	2,6	16,1	21,0	—	—	—	22,5
geglüht	—	1,4	2,3	3,2	4,7	11,3	19,5	21,2

nur verhältnismäßig kleine Unterschiede in der Kerbzähigkeit. Bei der Versuchstemperatur  $T_1$  ist das vergütete Eisen den beiden anderen Behandlungen stark überlegen. Recken und Anlassen auf Blauwärme macht das geglühte Eisen bei der Versuchstemperatur  $T_2$  nur wenig spröder, dagegen führt diese Behandlung eine große Sprödigkeit herbei, wenn die Versuche bei der Temperatur  $T_2$  vorgenommen werden. Bei der Versuchstemperatur  $T_2$  zeigt das Eisen also „Blausprödigkeit“ in der zu Beginn dieses Abschnittes angeführten Bedeutung, während dies bei der Temperatur  $T_3$  nicht der Fall ist. Einige Versuchsergebnisse, welche die eben beschriebene Verschiebung des Abfalls der Kerbzähigkeit zeigen, sind in Zahlentafel 1 und Abb. 7 wieder-

gegeben. Die oben erwähnten Einflüsse der Proben-

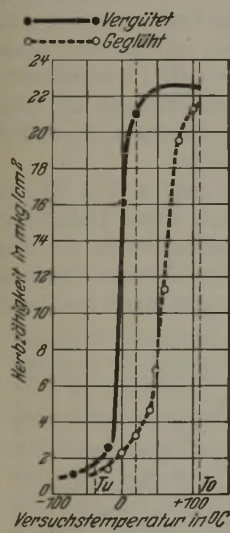


Abbildung 5.

Lage des Abfalles der Kerbzähigkeit bei vergütetem und geglühtem Werkstoff.

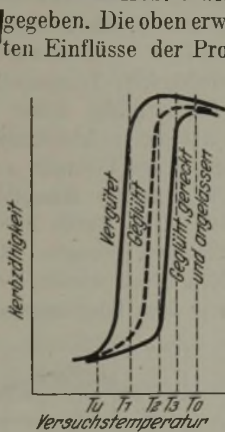


Abbildung 6.

Schematische Darstellung der Verschiebung der Lage des Abfalles bei vergütetem, geglühtem und vorgerecktem, danach auf Blauwärme angelassenem Flußeisen.

spröder zeigt als das nichtgereckte. Wie oben dargestellt wurde, ist diese gegenseitige Lage nun nicht nur vom Werkstoff und seiner Vorbehandlung, sondern auch von den Versuchsbedingungen (Probenform usw.) abhängig. Ferner erfolgt der Abfall der Kerbzähigkeit häufig derart schroff, daß schon ein verhältnismäßig kleiner Unterschied in der Versuchstemperatur aus dem Gebiet hoher Zähigkeit in das Gebiet großer Sprödigkeit führen kann<sup>12)</sup>. Solche Temperaturunterschiede können leicht auftreten, wenn man die Versuche zu verschiedenen Zeiten bei Raumtemperatur vornimmt. Fällt die Versuchstemperatur in das Gebiet, in welchem der schroffe Abfall der Kerbzähigkeit stattfindet, so kann man unter anscheinend genau gleichen Versuchsbedingungen sehr stark schwankende Werte der Kerbzähigkeit (aber immer begleitet von entsprechenden Änderungen im Bruchaussehen und in der Formänderung) erhalten; es hängt hier von geringen, zurzeit noch nicht feststellbaren Unterschieden ab, ob die Probe einen hohen oder geringen Schlagwiderstand aufweist<sup>13)</sup>. Es ist hiernach nicht zu verwundern, wenn mit dem bisher üblichen Verfahren widersprechende Ergebnisse über die Neigung des Eisens zu „Blausprödigkeit“ gefunden wurden.

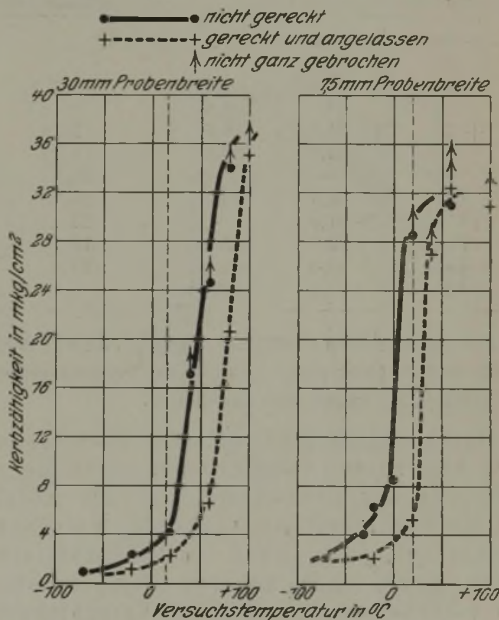


Abbildung 7. Lage des Abfalles der Kerbzähigkeit ungerecktem und gerecktem, danach auf Blauwärme angelassenem Flußeisen.

breite, Kerbform und Versuchsgeschwindigkeit auf die Lage des Temperaturgebietes, innerhalb dessen der Abfall der Kerbzähigkeit eintritt, gelten in gleicher Weise für kaltbearbeiteten und gealterten (oder angelassenen) Werkstoff

Die älteren Versuche über Blausprödigkeit sind gewöhnlich so ausgeführt worden, daß das gereckte Material im Vergleich zu dem nichtgereckten bei Zimmertemperatur geprüft wurde. Bei diesem Verfahren wird es aber ganz von der Lage des Temperaturgebietes  $T_0$  bis  $T_n$  gegenüber der Raumtemperatur abhängen, ob das gereckte Material sich

Erfolgt der Abfall der Kerbzähigkeit nicht so steil, sondern mehr allmählich, so hat eine gleich große Verschiebung des Abfalls nach höheren Temperaturen hin auch im ungünstigsten Fall nur eine geringere Verminderung der Kerbzähigkeit zur Folge; ein solcher Werkstoff würde dann nur wenig Neigung

<sup>12)</sup> Pilling (Mining and Metallurgy 4 [1923], S. 90) fand für Siliziumstähle diesen Uebergang innerhalb eines Temperaturgebietes von 6°. Die Uebergangstemperatur erwies sich als abhängig von der Versuchsgeschwindigkeit und — in hohem Maße — vom Si-Gehalt.

<sup>13)</sup> Vgl. Striebeck: St. u. E. 42 (1922), S. 405/8.



zu „Blausprödigkeit“ zeigen. Je steiler der Abfall vor sich geht, desto stärkere „Blausprödigkeit“ findet man bei Versuchstemperaturen zwischen  $T_u$  und  $T_o$ , desto enger ist aber auch das Temperaturgebiet  $T_o - T_u$ , in welchem allein diese „Blausprödigkeit“ festzustellen ist. Legierte Stähle scheinen weniger zu „Blausprödigkeit“ zu neigen als Kohlenstoffstähle, weil bei ihnen häufig der Abfall der Kerbzähigkeit mehr allmählich erfolgt, hauptsächlich aber, weil der Abfall — auch im geglühten Zustand — im allgemeinen bei tieferen Temperaturen stattfindet, so daß er bei den üblichen Versuchen über „Blausprödigkeit“ nicht beobachtet wurde. Daß aber auch bei den legierten Stählen ähnliche Verhältnisse vorliegen wie bei Eisen, geht z. B. aus den in Zahlentafel 4 und Abb. 8 wiedergegebenen Versuchsergebnissen mit einem dreiprozentigen Nickelstahl hervor.

Zahlentafel 4. Kerbzähigkeit von 3%-Nickelstahl (vgl. Abb. 8).

Probenform usw. wie in Zahlentafel 1.

Versuchstemperatur °C	Kerbzähigkeit (mkg/cm <sup>2</sup> )		
	vergütet	geglüht	geglüht; bei +20° um 10% gereckt, 3 st bei 300° angelassen
-70	4,6	—	—
-40	12,0	—	—
-20	20,5	4,4	1,1
0	—	6,5	—
+20	31,1	10,6	2,7
60	31,2	23,2	8,7
80	—	—	19,5
120	32,7	25,3	20,7
170	> 31,0	—	21,4
260	29,4	22,5	19,7
400	18,4	15,0	13,0
500	14,9	10,4	—

Die angeführten Versuche, welche durch zahlreiche andere (hier nicht mitgeteilte) Versuchsreihen bestätigt sind, haben also ergeben:

Durch Kaltbearbeiten mit nachfolgendem Altern (bzw. Anlassen) oder durch Bearbeiten in der Blauwärme wird der Abfall der Kerbzähigkeit mit sinkender Versuchstemperatur, den auch nichtbearbeitetes Eisen zeigt, nach höheren Temperaturen hin verschoben. Durch diese Verschiebung wird bewirkt, daß bei gewissen Versuchstemperaturen das bearbeitete Eisen wesentlich spröder ist als das nichtbearbeitete. Diese Sprödigkeit, welche bisher als „Blausprödigkeit“ bezeichnet wird, ist aber die auch bei unbearbeitetem, geglühtem Eisen auftretende Sprödigkeit in der Kälte, die beim bearbeiteten Eisen nur schon bei etwas höheren Versuchstemperaturen auftritt. Die Versuchstemperatur ist das ausschlaggebende Moment für das Auftreten dieser Sprödigkeit; diese wird daher, da sie sich für Stahl und Eisen im allgemeinen bei Temperaturen zeigt, welche unterhalb der Raumtemperatur liegen, am besten als „Kaltsprödigkeit“ bezeich-

net. Die Bezeichnung „Blausprödigkeit“ für die beschriebenen Erscheinungen ist dagegen unzutreffend, denn diese Sprödigkeit ist weder im Gebiet der Blauwärme vorhanden, noch ist zu ihrem Auftreten ein Recken in Blauwärme oder ein Anlassen des gereckten Werkstoffs auf die Temperaturen der Blauwärme notwendig.

Der Abfall der Kerbzähigkeit und seine Verschiebung je nach der Vorbehandlung des Werkstoffs oder den Versuchsbedingungen ist nach den gefundenen Ergebnissen für verschiedene Stähle dem Wesen nach gleich und nur der Lage und dem Grade nach verschieden. Diese Schlußfolgerung ist jedoch zunächst zu beschränken auf perlitische Stähle; austenitische oder martensitische Stähle sind in dieser Hinsicht nicht geprüft worden.

II. Einfluß des Reckgrades, der Anlaßtemperatur usf. auf das Auftreten der in Abschnitt I beschriebenen Kaltsprödigkeit.

Die älteren Versuche hatten ergeben, daß die „Blausprödigkeit“ von kaltgerecktem Eisen zunimmt, wenn es nach dem Recken längere Zeit bei Raumtemperatur gelagert oder kurze Zeit auf etwas höhere Temperaturen erwärmt wird; die ungünstigste Wirkung hatte im allgemeinen eine Erwärmung auf etwa 250 bis 300°<sup>14)</sup>, doch wurde sie teilweise auch schon bei niedrigeren Temperaturen (100°) beobachtet<sup>15)</sup>. Zur Nachprüfung dieser Beobachtungen im Hinblick auf die in Abschnitt I gefundenen Ergebnisse wurden einige Versuche ausgeführt.

Ein geglühtes Kesselblech (mit 0,12% C) von 16 mm Dicke wurde kalt nach einem Halbmesser von 250 mm gebogen. Kerbschlagproben aus dem gerollten Blech wurden bei verschiedenen Temperaturen je 1 st lang angelassen und dann bei +20°

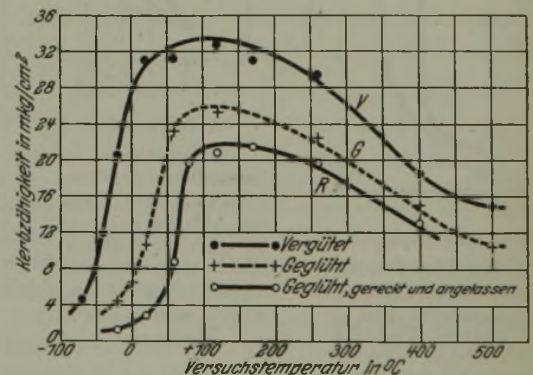


Abbildung 8. Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit von 3%-Nickelstahl in verschiedenen Behandlungen.

geprüft. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 5 zusammengestellt. In Übereinstimmung mit älteren Untersuchungen zeigt sich, daß eine Anlaßtemperatur von etwa 300° am ungünstigsten wirkt. Weitere Proben aus dem gleichen, gerollten Blech wurden

<sup>14)</sup> Bauer: Mitt. Kgl. Materialprüf. Groß-Lichterfelde 33 (1915), S. 395/407; 35 (1917), S. 202.

<sup>15)</sup> Körber und Dreyer: Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 2 (1921), S. 66.



Zahlentafel 5. Einfluß der Anlaßtemperatur auf die Kerbzähigkeit von kaltbearbeitetem Flußeisen.

Werkstoff: Kesselblech, 16 mm dick, gegläht, kalt gerollt nach einem Halbmesser von 250 mm.  
 Probenform: Länge 160 mm, Höhe 20 mm, Breite 16 mm, Rundkerb (4 mm  $\Phi$ , 5 mm tief).  
 Auflagerabstand: 120 mm; Fallmoment: 150 mkg.

Anlaßtemperatur ° C	Anlaßdauer	Kerzbähigkeit (mkg/cm <sup>2</sup> ) bei +20° (Mittelwerte)
+ 20	3 Wochen	10,3
100	1 Stunde	6,7 <sup>16)</sup>
200	1 „	1,6
300	1 „	1,6
400	1 „	1,7
500	1 „	2,5

Zahlentafel 6. Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit von kaltbearbeitetem und bei verschiedenen Temperaturen angelassenem Flußeisen (vgl. Abb. 9).

Werkstoff. Probenform usw. wie in Zahlentafel 5.

Versuchstemp. ° C	Kerzbähigkeit (mkg/cm <sup>2</sup> )			
	angelassen 23 Tage bei +20°	angelassen 1 st. bei 100°	angelassen 9 Tage bei 200°	angelassen 24 st. bei 300°
- 70	1,0	—	—	—
- 20	1,6	—	1,5	1,3
0	2,4	—	—	1,6
+ 20	10,3	6,7	2,2	1,3
50	12,8	15,8	13,0	15,0
70	—	18,1	17,8	14,9
100	16,8	20,2	19,5	18,4
150	—	—	20,5	—
200	16,9	17,2	19,5	18,0
300	13,3	13,6	16,4	12,6
400	11,1	—	11,7	10,4
500	8,4	—	8,6	9,6

nun verschieden hoch angelassen und dann bei verschiedenen Temperaturen zerschlagen. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 6 zusammengestellt und in Abb. 9 aufgetragen. Zahlentafel 6 zeigt, daß die verschiedenen angelassenen Proben bei gleicher Versuchstemperatur fast gleiche Kerbzähigkeit besitzen; nur bei der Versuchstemperatur +20° erhält man mit zunehmender Anlaßtemperatur eine ähnliche Abnahme der Kerbzähigkeit wie in Zahlentafel 5. Diese Abnahme rührt davon her, daß der Abfall der Kerbzähigkeit mit sinkender Versuchstemperatur (Abb. 9) in dem Gebiet zwischen +50° und 0° erfolgt, und daß mit steigender Anlaßtemperatur dieser Abfall nach höheren Versuchstemperaturen hin verschoben wird. Die Verschiebung ist zwar nur gering: sie genügt aber bei der Steilheit des Abfalls, um für gewisse Versuchstemperaturen (im vorliegenden Fall zwischen etwa +10 und 30°) starke Unterschiede in der Zähigkeit der verschiedenen angelassenen Proben finden zu lassen. Anlaßtemperaturen über 300°, welche die Wirkungen des Kaltreckens aufheben, haben entgegengesetzte Wirkung, d. h. der Abfall der Kerbzähigkeit rückt wieder nach tieferen Temperaturen hin, solange nicht grobes Korn

<sup>16)</sup> Die Einzelwerte für diese Anlaßtemperatur schwanken sehr stark: 1,9, 5,1, 7,9, 8,4, 10,0.

Zahlentafel 7. Einfluß des Reckgrades auf den Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit (vgl. Abb. 10).

Werkstoff wie in Zahlentafel 2.  
 Probenform usw. wie in Zahlentafel 5.

Versuchstemp. ° C	Kerzbähigkeit (mkg/cm <sup>2</sup> )							
	3 Wochen bei +20° angelassen nach dem Recken um				24 st. bei 300° angelassen nach dem Recken um			
	0 %	5 %	10 %	20 %	0 %	5 %	10 %	20 %
+ 20	11,4	9,4	7,5	7,9	10,7	5,2	2,2	2,7
50	—	—	—	—	—	13,5	10,7	10,1
100	20,9 <sup>17)</sup>	17,8	15,4	11,0	—	16,9	15,3	12,5
200	19,0 <sup>17)</sup>	15,3	12,6	12,9	—	16,7	13,6	11,6
300	15,5	13,3	10,8	10,4	—	15,9	13,3	11,9
400	13,9	9,8	9,0	8,2	—	11,5	9,1	7,6

durch Rekristallisation entsteht<sup>18)</sup>. Aber auch für Proben, welche gereckt und bei 600° angelassen waren, lag der Abfall immer noch höher als für nicht-gereckte Proben.

Ueber den Einfluß des Reckgrades wurden mehrere Versuchsreihen ausgeführt, von welchen hier nur eine wiedergegeben sei. Streifen aus einem geglähten Blech wurden bei Raumtemperatur in der Zerreißmaschine um 5, 10 und 20 % ihrer Länge gereckt; zum Vergleich wurden auch nichtgereckte Streifen herangezogen. Die Streifen wurden zum Teil

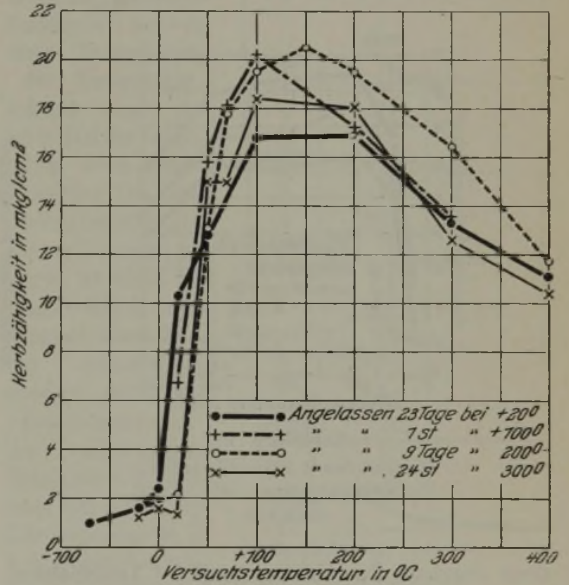


Abbildung 9. Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit von kaltbearbeitetem und bei verschiedenen Temperaturen angelassenem Flußeisen.

24 st. bei 300°, zum Teil nicht angelassen. Kerbschlagproben aus den Streifen wurden dann bei verschiedenen Temperaturen geschlagen. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 7 aufgeführt und zum Teil in Abb. 10 dargestellt.

<sup>17)</sup> Probe zwischen den Auflagern durchgezogen, nicht ganz gebrochen.

<sup>18)</sup> Im Gegensatz zu der starken Verschiebung des Abfalls der Kerbzähigkeit, welche bei Chrom-Nickel-Stählen u. a. durch eine bestimmte Warmbehandlung auftritt und als „Anlaßsprödigkeit“ bezeichnet wird, hat also das Anlassen von gerecktem Flußeisen nur eine geringe Verschiebung des Abfalls zur Folge.

Zahlentafel 8. Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit bei verschiedenen Versuchsgeschwindigkeiten (vgl. Abb. 11).

Werkstoff und Probenform wie in Zahlentafel 2. Auflagerabstand: 120 mm.

Versuchstemperatur °C	Biegearbeit bis zum Bruch (mkg/cm <sup>2</sup> )		
	Schlagversuche		statische Biegung
	Fallmoment: 150 mkg Schlaggeschwindigkeit 5,5 n/sek	Fallmoment: 40 mkg Schlaggeschwindigkeit 30 m/sek	
-20	3,2	1,7	12,4
0	3,4	14,1	16,5
+20	17,6	> 15,5	17,4
100	20,3	> 15,5	14,0
150	21,7	> 15,5	8,5
200	20,3	> 15,5	7,6
300	15,8	11,9	11,3
410	11,5	9,5	15,4
460	10,4	8,1	23,5
510	9,0	8,2	—
560	10,2	13,4	—
610	17,1	—	—

Aus den Versuchen geht hervor:

1. Durch Recken erfolgt eine Verschiebung des Abfalls der Kerbzähigkeit nach höheren Temperaturen hin und eine — jedoch meist geringe — Verminderung der Kerbzähigkeit bei Versuchstemperaturen oberhalb des Abfalls; beide — Verschiebung und Verminderung — werden um so größer, je höher der Reckgrad ist<sup>19)</sup>, doch wirken kleinere Reckgrade verhältnismäßig stärker.

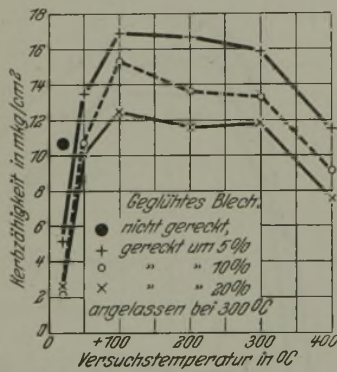


Abbildung 10.

Einfluß des Reckgrades auf den Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit.

2. Das Anlassen der gereckten Proben auf Temperaturen bis zu etwa 300° verstärkt die Wirkung des Reckens<sup>20)</sup>. Erwärmen auf Temperaturen über 300° vermindert die Wirkung des Reckens wieder<sup>19)</sup>.

<sup>19)</sup> Eine Bestätigung hierfür geben auch die Versuche von Pomp (St. u. E. 40 [1920], S. 1374/5 und Abb. 20 und 21) mit verschiedenen warm gewalztem Flußeisen.

<sup>20)</sup> Die Verschiebung des Abfalls durch Anlassen war nur gering. Zu beachten ist jedoch, daß die nicht oder niedrig angelassenen Proben bei der Bearbeitung warm geworden sind; dadurch wird natürlich der Unterschied zwischen angelassenen und „nicht angelassenen“ Proben vermindert.

Diese Ergebnisse liefern die Erklärung für den Einfluß des Anlassens auf die Kerbzähigkeit von gerecktem Eisen, wie er bei älteren Versuchen gefunden wurde.

3. Die erwähnte Wirkung des Reckens scheint unabhängig davon, ob die Proben in der Reckrichtung oder senkrecht dazu entnommen werden. Für quer zur Reckrichtung liegende Proben wurde der Einfluß des Reckens teilweise noch größer gefunden als für Längsproben.

### III. Kalt- und Warmsprödigkeit.

Führt man die Kerbschlagversuche bei höheren Versuchstemperaturen aus, als dies in den bisher mitgeteilten Versuchen der Fall war, so steigt bekanntlich die Kerbzähigkeit zunächst an bis zu einem Größtwert, der bei etwa 100 bis 150° auftritt; bei weiterer Erhöhung der Versuchstemperatur nimmt die Kerbzähigkeit wieder ab, erreicht einen Kleinstwert bei etwa 500° und wächst bei noch höheren Temperaturen wieder rasch an.

Die Versuche, welche in Zahlentafel 2 teilweise aufgeführt wurden, sind in Zahlentafel 8 vollständig zusammengestellt. Außer den Schlagversuchen sind auch statische Biegeversuche<sup>21)</sup> vorgenommen worden; die bis zum Bruch verbrauchte Arbeit wurde durch Ausmessen des von der Prüfungsmaschine geschrie-

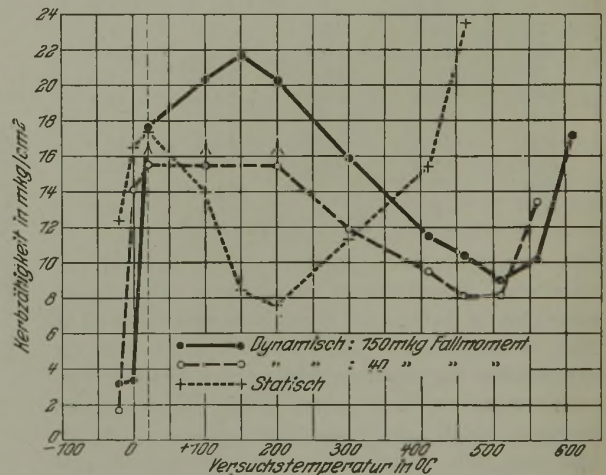


Abbildung 11. Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit bei verschiedener Schlaggeschwindigkeit.

benen Schaubildes (Belastung — Durchbiegung) bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abb. 11 dargestellt, welche die in Abschnitt I besprochene Verschiebung des Abfalls der Kerbzähigkeit infolge Veränderung der Versuchsgeschwindigkeit zeigt. In gleicher Weise ist auch das Minimum der Kerbzähigkeit bei 500° durch Verminderung der Geschwindigkeit nach tieferen Versuchstemperaturen hin verschoben. Deutlich wird die Verschiebung aber erst, wenn man vom dynamischen zum statischen Versuch übergeht. Die Verschiebung des Abfalls ist jedoch viel geringer als die Verschiebung des Minimums. Gleichartige Versuche mit einem Flußeisen in gerecktem und nicht-gerecktem Zustand sind in Zahlentafel 9 und Abb. 12 wiedergegeben. Sie zeigen außerdem, daß auch beim statischen Versuch der Abfall der Biegearbeit für



das geredete Eisen schon bei höherer Temperatur erfolgt als für das nichtgeredete Eisen.

An Hand der Abb. 11 sollen nun zunächst die Brucherscheinungen und -vorgänge besprochen werden. Bei den Schlagversuchen mit 150 mkg Fallmoment brechen unterhalb von 0° die Proben fast ohne Formänderung; der Bruch ist körnig. Zwischen 0 und etwa +70° treten im Bruch körnige und sehnige Flächen nebeneinander auf; der Anteil der sehnigen Bruchfläche und die Formänderung der Probe vor dem Bruch wachsen mit steigender Versuchstemperatur. Oberhalb von etwa +70° ist der Bruch durchweg sehnig, auch im Gebiet des Minimums bei 500°. Beim statischen Versuch erhält man nun ganz gleichartige Brucherscheinungen, die nur bei etwas anderen Versuchstemperaturen auftreten. Bruchaussehen und Biegearbeit gehen sowohl beim statischen

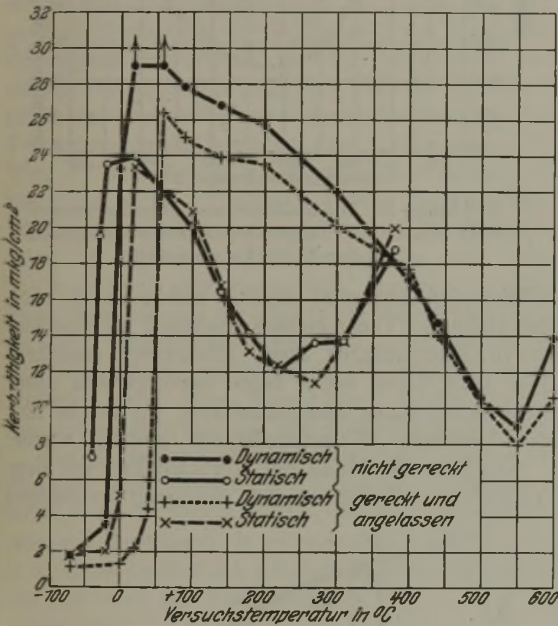


Abbildung 12. Wie Abb. 11. Versuche mit geredetem und nichtgeredetem Flußeisen

als auch beim dynamischen Versuch miteinander parallel.

Aus der Gleichheit der Brucherscheinungen beim statischen und dynamischen Versuch darf auf eine Gleichheit des Bruchvorgangs in den einander entsprechenden Abschnitten der beiden Versuchsarten geschlossen werden. Nun läßt sich beim statischen Versuch der Bruchvorgang an Hand des Schaubildes, in dem Belastung und Durchbiegung in Abhängigkeit voneinander aufgetragen sind, näher verfolgen. Für die in Zahlentafel 8 aufgeführten statischen Versuche sind solche Schaubilder in Abb. 13 zusammengestellt. Aus ihnen ergibt sich, daß der Biegeversuch in zwei Abschnitte zerlegt werden kann. Im ersten Abschnitt steigt die Belastung anfänglich rasch, dann langsamer bis zu einem Höchstwert, der mit dem Beginn des Anbruchs zusammenfällt. Im zweiten Abschnitt schreitet der Anriß weiter fort bis zum vollständigen Bruch; bei höheren Temperaturen geht dies allmählich — unter stetiger Abnahme der Be-

lastung und verbunden mit weiterer Formänderung der Probe — vor sich; bei Temperaturen unter 0° (immer bezogen auf die in Abb. 11 dargestellten Versuche) erfolgt dagegen der Bruch ganz plötzlich. Der allmähliche Bruch ist sehnig; der plötzliche Bruch ist körnig. Zwischen beiden Brucherscheinungen findet man, wie schon erwähnt, Uebergänge, welche auch im Schaubild zum Ausdruck kommen.

Aus den Schaubildern wie aus dem Bruch ergibt sich, daß die Sprödigkeit unterhalb von 20° und die Sprödigkeit bei 200° (statische Versuche) bzw. bei 500° (dynamische Versuche) ganz verschiedener Natur sind, was auch schon von A. Le Chatelier<sup>21)</sup> ausgesprochen wurde. Unterhalb von 20° verschwindet der zweite Teil des Schaubildes (Abb. 13) erst teilweise und schließlich ganz, womit eine wesentliche Verminderung der Formänderungsarbeit verbunden ist; bei weiterer Erniedrigung der Temperatur scheint auch der erste Teil des Schaubildes noch kürzer zu werden. Die Sprödigkeit bei 200° (statischer Versuch) dagegen ist nicht bedingt durch den Wegfall eines Teils des Schaubildes, sondern durch ein Zusammenziehen des (vollständigen) Schaubildes in Richtung der Achse der Durchbiegungen, d. h. durch eine Verminderung des Formänderungsvermögens. Die bei den statischen Biegeversuchen (Abb. 13) gefundenen Höchstlasten und Durchbiegungen (bis zum Anriß) sind in Abb. 14 in Abhängigkeit von der Versuchstemperatur aufgetragen. Vergleicht man damit die Ergebnisse von statischen Zugversuchen bei verschiedenen Temperaturen, so findet man, daß sowohl der Zerreißversuch als auch der Kerbbiegeversuch bei etwa 200° ein Minimum der Formänderungsfähigkeit aufweisen. Die gleiche Uebereinstimmung bezüglich der Lage des Minimums der Formänderungsfähigkeit oder der zum Bruch

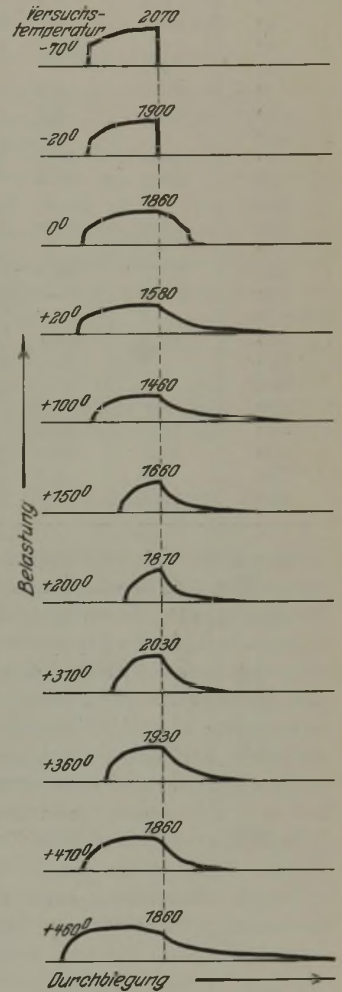


Abbildung 13.

Biegeversuche bei verschiedenen Temperaturen. (Belastung-Durchbiegungs-Schaubild.)

<sup>21)</sup> Rev. Mét. 6 (1909), mém., S. 916.

Zahlentafel 9. Versuche mit gerecktem und nichtgerecktem Flußeisen (vgl. Abb. 12).

Werkstoff: Flußeisenstangen, gegläht.  
 Probenform: Länge 160 mm, Höhe 20 mm, Breite 30 mm, Spitzkerb (45°, 5 mm tief).  
 Auflagerabstand: 120 mm.

Versuchs-temperatur ° C	Biegearbeit bis zum Bruch (mkg/cm <sup>2</sup> )			
	Schlagversuche (150 mkg Fallmoment)		statische Biegung	
	nicht gereckt	gereckt <sup>22)</sup>	nicht gereckt	gereckt <sup>23)</sup>
-70	1,8	1,1	—	1,8
-40	—	—	7,2	—
-30	—	—	19,5	—
-20	3,5	—	23,5	2,0
0	23,3	1,3	—	5,1
+20	> 29,0	2,2	23,9	23,4
40	—	4,4	—	—
60	> 29,0	26,4	—	—
90	27,8	25,0	—	—
100	—	—	20,0	20,9
140	26,8	23,9	16,4	16,7
180	—	—	14,1	13,1
200	25,7	23,5	—	—
220	—	—	12,0	12,3
270	—	—	13,6	11,3
300	22,0	20,1	—	—
310	—	—	13,7	13,6
380	—	—	18,8	20,0
400	17,1	17,7	—	—
440	14,7	14,0	—	—
500	10,5	10,3	—	—
550	8,9	7,9	—	—
600	13,9	10,6	—	—

höhte Festigkeit, verminderte Formänderungsfähigkeit) unter der Bezeichnung „Blausprödigkeit“ zusammenfaßt, so hat diese Bezeichnung eine Berechtigung<sup>24)</sup>. Nun tritt die gleiche Sprödigkeit bei dynamischen Versuchen auf, doch erst bei wesentlich höheren Temperaturen, die nicht mehr im Gebiet der Blauwärme liegen. Statische und dynamische Warmsprödigkeit müssen aber als gleichartige Er-

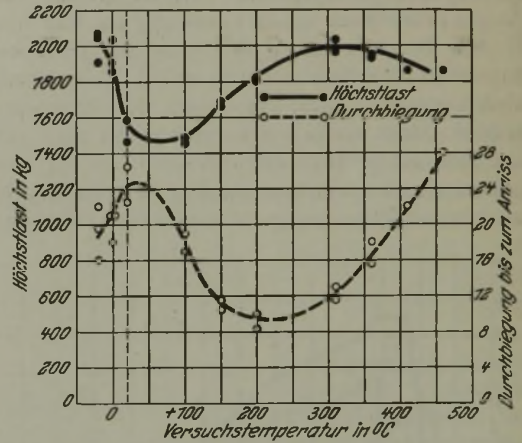


Abbildung 14. Höchstlasten und Durchbiegungen beim statischen Biegeversuch in Abhängigkeit von der Versuchstemperatur.

nötigen Arbeit ist zu erwarten bei einem Vergleich von Schlagzerreiversuch und Kerbschlagversuch. Die dynamischen Zerreißversuche von Körber und Simonsen<sup>23)</sup> lassen gegenüber dem statischen Zerreißversuch eine gleiche Verschiebung der Größt- und Kleinstwerte nach höheren Temperaturen erkennen, wie sie beim dynamischen gegenüber dem statischen Kerbbiegeversuch gefunden wurde.

Der Einfluß der Versuchstemperatur auf Festigkeit und Formänderungsfähigkeit äußert sich also beim Biegeversuch und beim Zerreißversuch auch in gleicher Weise, wenn gleiche Versuchsgeschwindigkeiten zur Anwendung kommen. Es war hiernach anzunehmen, daß auch beim Zerreißversuch Erscheinungen auftreten müssen, welche denen der Kaltsprödigkeit beim Kerbbiegeversuch ähnlich sind. Systematische Versuche sind in dieser Richtung nicht ausgeführt worden, immerhin bestätigen einige Ergebnisse, daß die obige Annahme richtig ist, wenn die Versuchsbedingungen beim Zerreißversuch denjenigen beim Kerbbiegeversuch entsprechen.

Wie erwähnt, tritt beim statischen Versuch ein Höchstwert der Sprödigkeit bei etwa 200° auf. Die Bearbeitung bei dieser Temperatur ist hiernach gefährlicher, wenn sie langsam ausgeführt wird, als wenn sie schnell vorgenommen wird, denn im ersten Fall können bei der Bearbeitung selbst schon Anrisse oder Brüche entstehen. Wenn man diese Sprödigkeit beim statischen Biege- und Zerreißversuch (er-

scheinungen angesehen werden, welche nur je nach der Höhe der Versuchsgeschwindigkeit bei verschiedenen Temperaturen ihren Höchstwert erreichen. Man wird daher besser beide Sprödigkeiten unter einer Bezeichnung zusammenfassen, für welche hier der Ausdruck „Warmsprödigkeit“ gewählt wurde.

Der schroffe Abfall der Kerbzähigkeit mit dem Auftreten der Kaltsprödigkeit, die damit verbundene

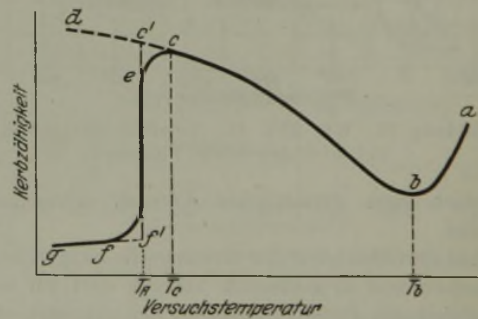


Abbildung 15. Schematischer Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit.

vollständige Aenderung im Bruchaussehen und -vorgang innerhalb eines ganz engen Temperaturgebiets, wie sie in verschiedenen Versuchsreihen gefunden wurden führen zu dem Schluß, daß die Kerbzähigkeit sich mit fallender Versuchstemperatur etwa nach der Kurve a b c d (vgl. Abb. 15) ändern würde, wenn die Kaltsprödigkeit nicht in Erscheinung träte. Es wäre dann unterhalb der Temperatur T<sub>0</sub> eine weitere Zunahme der Kerbzähigkeit zu erwarten, wie auch beim Zugversuch Festigkeit und Form-

<sup>22)</sup> Bei + 20° um 16 % gereckt und 3 st bei 250° angelassen.

<sup>23)</sup> Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 5 (1924), S. 21/35.

<sup>24)</sup> Der Ausdruck „Blaubruchigkeit“ stammt aus einer Zeit, in welcher Kerbschlagversuche nur selten ausgeführt wurden.



änderungsfähigkeit des Eisens unterhalb von  $+20^{\circ}$  zunächst weiter anwachsen. Durch das Auftreten der Kaltsprödigkeit wird der Teil  $c d$  der Kurve abgeschnitten und durch  $f g$  ersetzt. Der Uebergang von  $a b c$  nach  $f g$  erfolgt eigentlich unstetig nach  $c' f'$ ; in Wirklichkeit treten Uebergangerscheinungen auf, hauptsächlich dadurch, daß durch die Formänderung während des Biegeversuchs sich die Verspannung (Behinderung der Querverzerrung) der Probe erhöht. Auch wenn zuerst ein sehniger Anbruch entsteht, können dadurch die Querspannungen so stark wachsen, daß zum Schluß noch ein körniger Spaltbruch erfolgt (vgl. z. B. das Schaubild für die Versuchstemperatur  $0^{\circ}$  in Abb. 13). In der angeführten Arbeit von R. Mailänder<sup>6)</sup> wurde gezeigt, daß die Temperatur, unterhalb welcher die Kaltsprödigkeit auftritt, mit wachsender Probenbreite deutlich erhöht wird. Es wurde gezeigt, daß unterhalb einer gewissen Probenbreite die Schlagarbeit mit ziemlicher Genauigkeit proportional mit der Probenbreite zunimmt; für solche Probenbreiten liegt der Abfall  $c f$  (Abb. 15) unterhalb der Versuchstemperatur, die Versuchsergebnisse liegen auf dem Kurvenstück  $c b$ . Wird die betreffende Probenbreite überschritten, so rückt der Abfall  $c f$  allmählich über die Versuchstemperatur; die Ergebnisse fallen auf das Kurvenstück  $f g$ . In dem Uebergangsbereich, das von Striebeck<sup>16)</sup> als „Streuungsgebiet“ bezeichnet wurde, findet man, wie zwei der oben erwähnten Arbeit<sup>6)</sup> beigegebene Schaubilder zeigen, teils hohe, teils niedrige Schlagarbeiten, jedoch so gut wie keine Zwischenwerte<sup>25)</sup>. Auch diese Beobachtung deutet darauf hin, daß es sich hier um eine Unstetigkeit handelt.

Das Maximum  $c$  der Kurve der Kerbzähigkeit ist hiernach kein eigentliches Maximum (mindestens nicht, wenn die Temperatur  $T_A$  des Anstiegs verhältnismäßig hoch liegt); es entspricht nur dem Punkt, in welchem die Kurve  $b c d$  abgeschnitten wird durch das Auftreten der Kaltsprödigkeit.

#### IV. Erklärungsversuche für das Auftreten der Kaltsprödigkeit.

Zur Erklärung des Einflusses der Probenbreite auf die Kerbzähigkeit ist von Moser<sup>26)</sup> der Begriff der „Arbeitsschnelligkeit“ aufgestellt worden. Diesen Begriff hat R. Mailänder in der mehrfach erwähnten Arbeit<sup>6)</sup> auch zur Erklärung des Abfalls der Zähigkeit mit sinkender Temperatur verwendet. Eine befriedigendere Erklärung für die Erscheinung der Kaltsprödigkeit ergibt sich aber, wenn man von der Wirkung des Kerbs auf den Spannungszustand in der Probe ausgeht, auf welche Ludwik<sup>27)</sup>, und vor ihm schon Mesnager<sup>28)</sup>, hingewiesen hat.

In der Kerbbiegeprobe entsteht beim Biegen ein räumlicher Spannungszustand, weil durch den Kerb die Verzerrung des Probenquerschnitts gehemmt

wird. Je mehr sich nun dieser Spannungszustand dem eines allseitig gleichen Zuges nähert, desto kleiner werden die auftretenden Schubspannungen im Verhältnis zu den Normalspannungen. Schließlich kann — schon vor Eintritt allseitig gleichen Zuges — der Grenzfall erreicht werden, in welchem die Zugspannungen die „Kohäsion“<sup>29)</sup> des Werkstoffes überwinden, ehe die Schubspannungen den Gleitwiderstand übersteigen<sup>30)</sup>. Die Probe wird dann ohne wesentliche Formänderung brechen.

Mit dieser Erklärung ergibt sich folgendes:

#### 1. Einfluß der Probenform (bei konstanter Versuchstemperatur).

Die Stärke der Verspannung — und damit die Annäherung an den erwähnten Grenzfall des Spannungszustandes — wächst, wenn die Probenbreite zunimmt. Bei Ueberschreitung einer bestimmten Probenbreite wird der Bruch unter Ueberwindung der „Kohäsion“ eintreten (Formänderung und Arbeitsverbrauch gering, Bruch körnig und plötzlich). Der Uebergang vom sehnigen zum körnigen Bruch erfolgt nicht plötzlich (unstetig), hauptsächlich weil die Verspannung während des Versuches selbst noch zunimmt. In gleicher Weise erklärt sich, daß für Proben mit Rundkerb der Abfall der Kerbzähigkeit erst bei größeren Probenbreiten stattfindet als für Proben mit Spitzkerb.

#### 2. Einfluß der Versuchstemperatur.

Zur Erklärung muß man annehmen, daß mit abnehmender Temperatur das Verhältnis „Kohäsion“ zu Gleitwiderstand abnimmt, so daß — unter sonst gleichen Versuchsbedingungen — bei einer genügend tiefen Temperatur der erwähnte Grenzfall erreicht wird und die Kaltsprödigkeit in Erscheinung tritt. Ob mit sinkender Temperatur der Kohäsionswiderstand stärker abnimmt oder langsamer zunimmt als der Gleitwiderstand, oder ob er abnimmt, während der Gleitwiderstand wächst, kann hier unentschieden bleiben. Setzt man z. B. den zweiten Fall als richtig voraus und nimmt man der Einfachheit halber an, daß sich beide Widerstände mit der Temperatur linear ändern, so kommt man zu der schematischen Darstellung in Abb. 16.

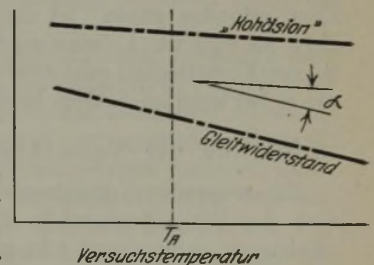


Abbildung 16. Änderung von Gleitwiderstand und Kohäsion.

Bei der Temperatur  $T_A$  sei unter den vorliegenden Versuchsbedingungen der Grenzfall erreicht. Unterhalb  $T_A$  müßte dann der körnige Bruch, oberhalb  $T_A$  der sehnige Bruch erhalten werden.

<sup>25)</sup> Dasselbe fand H. Le Chatelier: Contributions à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers (Paris 1904), S. 266.

<sup>26)</sup> Kruppsche Monatsh. 2 (1921), S. 225/40; 5 (1924), S. 48/58; St. u. E. 43 (1923), S. 935/42.

<sup>27)</sup> Z. Metallk. 16 (1924), S. 210.

<sup>28)</sup> Contributions à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers (Paris 1904), S. 395.

<sup>29)</sup> Diese „technische“ Kohäsion, wie sie Ludwik zur Unterscheidung von der molekularen Kohäsion nennt, wird etwa der Zugfestigkeit einer sehr tief und scharf gekerbten Zerreißprobe entsprechen.

<sup>30)</sup> In welchem Umfang diese aus der Elastizitätstheorie abgeleiteten Folgerungen im Zeitpunkt des Bruchs, wo mindestens örtlich bleibende Formänderungen eingetreten sind, noch gelten, muß dahingestellt bleiben.



## Zahlentafel 10. Versuche mit ungekerbten Proben.

Werkstoff wie in Zahlentafel 9.

Probenform: Länge 160 mm, Höhe 20 mm, Breite 30 mm, ohne Kerb.  
Auflagerabstand 120 mm; Fallmoment: 150 mkg.

Versuchstemperatur ° C	Material nicht gereckt		Material gereckt	
	Schlagarbeit mkg/cm <sup>2</sup>	Biege- winkel	Schlagarbeit mkg/cm <sup>2</sup>	Biege- winkel
+ 20	über 25	52° ohne Anriß	—	—
- 70	„ 25	37° „ „	über 25	30° ohne Anriß
flüss. Luft	13,9	12° körn. Bruch <sup>31)</sup>	3,0	0°, körn. Bruch <sup>31)</sup>

Zahlentafel 11. Einfluß verschiedener Versuchsbedingungen auf die Grenztemperatur T<sub>A</sub>.

Werkstoff wie in Zahlentafel 9.

Probenform: Länge 160 mm, Höhe 20 mm.

Auflagerabstand: 120 mm; Fallmoment: 150 mkg.

Behandlung	Proben- breite m "	Kerbform (5 mm tief)	Grenztemperatur T <sub>A</sub>	
			Schlagversuch (5,5 m/sek)	statischer Versuch
geglüht	30	ohne Kerb	etwa - 180°	—
	30	Rundkerb	- 35°	etwa - 70°
	30	Spitzkerb	- 5°	- 35°
	10	„	etwa - 40°	—
bei + 20° gereckt um 16 % u. an- gelassen bei	250°	30 ohne Kerb	zwischen - 180° u. - 70°	—
	250°	30 Spitzkerb	+ 45°	+ 5°
	600°	30 „	+ 25°	—
bei + 20° gereckt um 21 % u. ange- lassen bei 250°	30	Spitzkerb	+ 70°	—

In Wirklichkeit treten, wie mehrfach erwähnt, Uebergangerscheinungen auf. Die Ausdehnung des Temperaturgebietes, innerhalb dessen der Uebergang sich vollzieht, wird nun davon abhängen, unter welchem Winkel  $\alpha$  die beiden Kurven in Abb. 16 bei der Abszisse T<sub>A</sub> zueinander verlaufen. Ist der Winkel  $\alpha$  groß, d. h. ändert sich das Verhältnis Kohäsion zu Gleitwiderstand stark, so wird das Uebergangsbereich schmal werden; der Abfall der Kerbzähigkeit wird sehr schroff erfolgen, wie es bei Eisen gefunden wurde. Ist der Winkel  $\alpha$  dagegen klein, so wird das Uebergangsbereich breit; der Abfall der Kerbzähigkeit geht mehr allmählich vor sich, wie es bei legierten Stählen beobachtet wurde.

## 3. Einfluß der Versuchsgeschwindigkeit.

Mit steigender Versuchsgeschwindigkeit wächst auch der Gleitwiderstand<sup>32)</sup>. Nimmt dagegen die „Kohäsion“ weniger stark oder gar nicht zu, so genügt bei größerer Geschwindigkeit schon eine schwächere Verspannung oder eine geringere Abnahme der Versuchstemperatur, um den Grenzfall des Spannungszustandes herbeizuführen. Da mit steigender Geschwindigkeit der Gleitwiderstand erst rasch, dann immer langsamer zunimmt, so erklärt sich auch, daß Aenderungen der Schlaggeschwindigkeit, wie man sie an einem Pendelhammer praktisch erzielen kann, einen weit geringeren Einfluß haben als der Uebergang vom dynamischen zum statischen Versuch.

<sup>31)</sup> Ganz durchgebrochen.<sup>32)</sup> Ludwik: Elemente der technologischen Mechanik (Berlin 1909), S. 49.

## 4. Einfluß der Behandlung und Zusammensetzung.

Sind die gemachten Ausführungen richtig, so muß aus den Versuchsergebnissen geschlossen werden, daß für gereckten Werkstoff das Verhältnis „Kohäsion“ zu Gleitwiderstand kleiner ist als für nicht-gereckten, ebenso daß dieses Verhältnis für vergüteten Werkstoff höher ist als für geglähten, und für Nickelstähle z. B. größer als für Kohlenstoffstähle.

Als ausschlaggebend für das Auftreten der Kaltsprödigkeit erwies sich die Versuchstemperatur. Die größte Verschiebung der Temperatur, bei welcher die Kerbzähigkeit abfällt, war durch Aenderung der Kerbwirkung zu erzielen. Um diesen Einfluß weiter zu verfolgen, wurden einige Versuche mit ungekerb-

ten Proben ausgeführt. Die Ergebnisse enthält Zahlentafel 10. Mit der verfügbaren Schlagarbeit von 150 mkg konnte selbst bei - 70° noch kein Anriß in den Proben erzeugt werden. Wurden die Proben aber in flüssiger Luft abgekühlt, so brachen sie mit völlig körnigem Bruch fast ohne Formänderung. Die verbrauchte Arbeit war gering und auch hier für das gereckte Material kleiner als für das nicht-gereckte.

Einen Anhalt über die Größe des Einflusses verschiedener Versuchsbedingungen auf die Lage der Grenztemperatur T<sub>A</sub> (vgl. Abb. 15) geben die in Zahlentafel 11 zusammengestellten Zahlen.

Der große Einfluß der Kerbwirkung, den die Versuche ergeben haben, ist ein Beweis dafür, daß zur Erklärung der Kaltsprödigkeit die mechanischen Vorgänge herangezogen werden müssen, und daß es sich hier nicht um Umwandlungen handelt. Es muß dann geschlossen werden, daß auch andre Metalle als Eisen und Stahl die Erscheinung der Kaltspröd-

## Zahlentafel 12. Kerbzähigkeit von Preßzink bei verschiedenen Temperaturen (vgl. Abb. 17).

Werkstoff: Preßzink mit 1,4 % Pb.

Probenform: 30 × 30 × 160 mm, Rundkerb (4 mm  $\Phi$ , 15 mm tief).

Auflagerabstand: 120 mm; Fallmoment: 75 mkg.

Versuchstemperatur ° C	Kerb- zähigkeit mkg/cm <sup>2</sup>	Versuchstemperatur ° C	Kerb- zähigkeit mkg/cm <sup>2</sup>
- 30	0,2	+ 40	2,0
- 15	0,3	60	4,9
0	0,5	100	10,8
+ 20	0,9	200	0,1



keit zeigen können. Eine Versuchsreihe mit Proben aus Preßzink zeigte Ergebnisse, welche als Bestätigung dieser Vermutung angesehen werden können (vgl. Zahlentafel 12 und Abb. 17).

V. Wirkung des Reckens. Theorien der „Blausprödigkeit“.

Ein Teil der Ergebnisse über den Einfluß des Reckens auf die Kerbzähigkeit ist am Schluß von Abschnitt II zusammengestellt worden. Das bei etwa 550° (für dynamische Versuche) liegende Minimum der Kerbzähigkeit tritt für gereckten und nichtgereckten Werkstoff bei gleicher Temperatur auf (vgl. z. B. Abb. 12). Die Streuung der Versuchspunkte und der häufig sehr flache Verlauf der Kurven in dieser Gegend lassen zwar eine ganz sichere Festlegung nicht zu, doch zeigen noch weitere, hier nicht mitgeteilte Versuchsreihen das gleiche Er-

Zahlentafel 13. Zerreißversuche an gerecktem und nichtgerecktem Flußeisen (vgl. Abb. 18).

Werkstoff wie in Zahlentafel 9.

Vorbehandlung	Versuchstemperatur °C	Streckgrenze kg/mm <sup>2</sup>	Festigkeit kg/mm <sup>2</sup>	Dehnung (d × 5) %	Einschnürung %	Reißfestigkeit kg/mm <sup>2</sup>
nicht gereckt	flüss. Luft <sup>33)</sup>	83/72	72,0	25,0	61	114
	- 70	35/32	44,7	37,2	70	105
	+ 20	32/30	41,8	37,6	73	95
	100	30/26	39,4	32,9	70	95
	200	25 24	41,1	27,6	66	89
	300	—	39,2	37,3	72	92
bei + 20° um 16 % gereckt, 3 st bei 250° angelassen	400	13	32,2	46,3	81	—
	flüss. Luft <sup>33)</sup>	97	97,0	7,4 <sup>34)</sup>	9 <sup>34)</sup>	106
	- 70	55	56,6	18,3	60	100
	+ 20	50	50,9	18,7	66	99
	100	47	47,6	13,9	62	91
	200	46	49,8	(15,0)	57	89
	300	44	48,1	17,5	62	89
	400	41	42,2	31,9	70	81

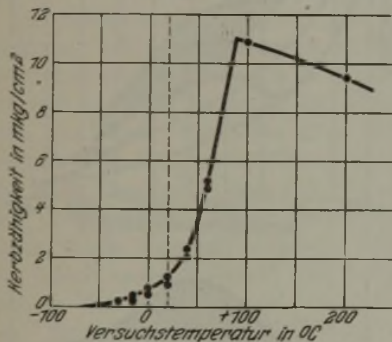


Abbildung 17.

Kerbzähigkeit von Preßzink bei verschiedenen Temperaturen.

gebnis. Der Unterschied in der Kerbzähigkeit von gerecktem und nichtgerecktem Material ist auch in der Gegend dieses Minimums noch vorhanden; er wird hier aber (absolut genommen) noch kleiner. Die angeführten Erscheinungen gelten in entsprechender Weise auch für statische Versuche; sie zeigen sich ferner auch an nichtgekerbten Proben.

Ist die in Abschnitt IV gegebene Erklärung richtig, so muß durch Recken das Verhältnis „Kohäsion“ zu Gleitwiderstand erniedrigt werden. Diese Erniedrigung müßte ferner zunehmen durch Altern oder Anlassen bei Temperaturen bis zu etwa 300°. Es soll nun untersucht werden, ob diese Schlußfolgerung noch durch andere Beobachtungen gestützt werden kann.

Sieht man in der Streckgrenze  $\sigma_S$  ein Maß des Gleitwiderstandes, in der Zugfestigkeit  $\sigma_B$  (oder auch der Reißfestigkeit  $\sigma_Z$ ) ein Maß der „Kohäsion“, so könnte aus Zerreißversuchen auf die Aenderung des Verhältnisses „Kohäsion“ zu Gleitwiderstand ge-

schlossen werden. Die Aenderung des Verhältnisses  $\sigma_S : \sigma_B$  ist schon früher zur Erklärung der Kaltprödigkeit herangezogen worden<sup>35)</sup>.

In Zahlentafel 13 und Abb. 18 sind nun die Ergebnisse von Zerreißversuchen, welche mit gerecktem und nichtgerecktem Flußeisen bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt wurden, zusammengestellt. Sie zeigen, daß für den gereckten Werkstoff das Verhältnis  $\sigma_S : \sigma_B$  oder  $\sigma_S : \sigma_Z$  höher ist als für den nichtgereckten, und daß dieses Verhältnis mit abnehmender Versuchstemperatur zunimmt. Beides stimmt also überein mit den in Abschnitt IV gemachten Annahmen bzw. Schlußfolgerungen. In Übereinstimmung damit steht ferner, daß nach den Versuchen von Fischer<sup>36)</sup> das Verhältnis  $\sigma_S : \sigma_B$  mit dem Reckgrad und auch durch Anlassen zunimmt, sowie daß nach den Versuchen von Körber und Dreyer<sup>15)</sup> für warmgereckte Proben das Verhältnis  $\sigma_S : \sigma_B$  seinen Höchstwert für Recktemperaturen von 250 bis 300° erreicht (für kaltgereckte Proben tritt der Höchstwert allerdings schon bei einer Anlaßtemperatur von 100° auf).

Nach dem in Abschnitt IV unter 4 Gesagten wäre nun zu erwarten, daß das Verhältnis  $\sigma_S : \sigma_B$  für einen Werkstoff im vergüteten Zustand kleiner ist als für den gleichen Werkstoff im geglähten Zustand. Soweit hierüber Versuchsergebnisse vorliegen, findet man jedoch gerade das entgegengesetzte Ergebnis. Man wird hiernach der Beziehung zwischen dem Verhältnis  $\sigma_S : \sigma_B$  und dem Auftreten der Kaltprödigkeit keine oder nur beschränkte Gültigkeit zuschreiben dürfen. Auch bei den Versuchen von Pomp<sup>37)</sup>

<sup>33)</sup> Der Stab dürfte nicht ganz auf die Temperatur der flüssigen Luft abgekühlt gewesen sein. Die in Abb. 18 eingetragene Temperatur ist geschätzt.

<sup>34)</sup> Bruch körnig; bei allen übrigen Proben war der Bruch sehnig.

<sup>35)</sup> H. Le Chatelier (Contributions à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers, S. 38 und 138) stellte fest, daß  $\sigma_S : \sigma_B$  wächst, wenn die Versuchstemperatur abnimmt oder die Versuchsgeschwindigkeit zunimmt.

<sup>36)</sup> Kruppsche Monatsh. 4 (1923), S. 77/114, Tafel I.

<sup>37)</sup> St. u. E. 40 (1920), S. 1374, Zahlentafel 10 und Zahlentafel 18 auf Tafel 26.

änderte sich  $\sigma_S$ ;  $\sigma_B$  teilweise gerade entgegengesetzt, als es bei einer allgemeinen Gültigkeit der erwähnten Beziehung zu erwarten wäre.

Ueber den Einfluß von Formänderungen durch Recken u. dgl. auf die Erscheinungen der Warmsprödigkeit („Blausprödigkeit“) sind verschiedene Theorien aufgestellt worden, von welchen aber nur zwei Bedeutung erlangt haben. A. Le Chatelier<sup>38)</sup> nimmt an, daß unter dem Einfluß bleibender Formänderungen in Eisen eine nicht umkehrbare Umwandlung eintritt, mit welcher eine Er-

hat sie dann im besonderen auf die Erscheinungen der Blausprödigkeit angewandt; anscheinend unabhängig hiervon haben neuerdings Jeffries und Archer<sup>40)</sup> dasselbe getan. Ob die Blockierung der Gleitflächen auf eine Erhärtung des nach der Theorie von Beilby in den Gleitflächen entstandenen amorphen Zements oder auf ein Fortschreiten des durch Recken eingeleiteten Kornzerfalls<sup>41)</sup> oder auf atomare Umlagerungen (Raumgitterstörungen)<sup>39)</sup> zurückgeführt wird, ist für die Erklärung der Warmsprödigkeit zunächst ohne Belang. Dem Einfluß der Umwandlung bzw. der Blockierung wirkt nun die bei höheren Temperaturen einsetzende Rückkristallisation entgegen, und es muß sich für eine bestimmte Zwischentemperatur ein Höchstwert des Einflusses der ersteren (d. h. ein Maximum von Festigkeit und Sprödigkeit) ergeben.

Wird ein Werkstoff kalt gereckt und genügend hoch angelassen, so daß die nach den beiden Theorien

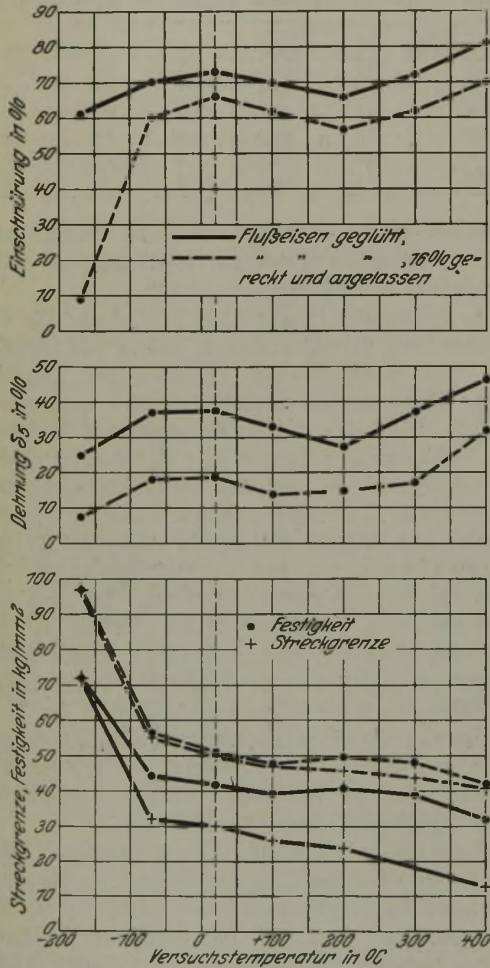


Abbildung 18. Zerreißversuche an gerecktem und nichtgerecktem Flußeisen.

hhung von Festigkeit und Härte sowie eine Verminderung der Formänderungsfähigkeit verbunden ist. Diese Umwandlung erfolgt bei Raumtemperatur nur langsam (Altern), mit steigender Temperatur immer rascher. Die zweite Theorie geht davon aus, daß der Gleitwiderstand in den Gleitflächen, welche bei einer Formänderung in Tätigkeit getreten sind, durch Lagern und schneller noch durch Anlassen erhöht wird, so daß gewissermaßen eine Blockierung dieser Gleitflächen eintritt. Allgemein ist diese Theorie für die Verfestigung durch Kaltbearbeitung von Ludwik<sup>39)</sup> aufgestellt worden. E. Maurer<sup>3)</sup>

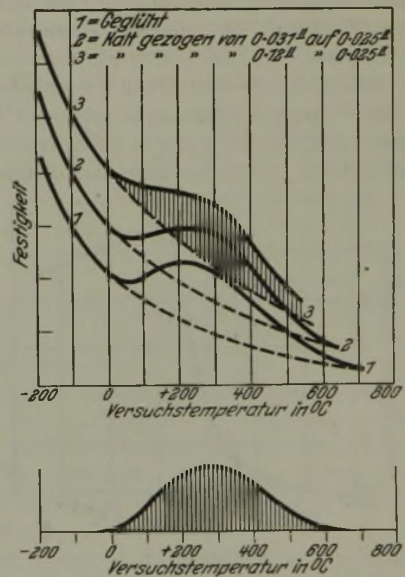


Abbildung 19a und b. Zerreißversuche mit Armco-Eisen nach Jeffries und Archer (Chem. Met. Engg. 27 [1922], S. 833).

Eintretende Umwandlung oder Blockierung der Gleitflächen vollständig vor sich geht, so müßte er sich nun bei Versuchen anders verhalten als vorher. Nach Fettweis dürfte solch vollständig gealtertes Eisen keine anfängliche Zunahme der Festigkeit durch Anlassen aufweisen, ebenso dürfte bei Warmzerreiversuchen mit solchem Eisen die Festigkeit keinen Höchstwert bei 300° zeigen, sondern müßte, wie die Streckgrenze, mit steigender Temperatur stetig abnehmen. Eine Bestätigung dieser Schlußfolgerung findet Fettweis in den Versuchen von Goerens<sup>42)</sup>. Auch Jeffries und Archer<sup>43)</sup> führen Versuche mit Armco-Eisen an, welche diese Schluß-

<sup>38)</sup> Chem. Met. Engg. 27 (1922), S. 833 u. 882.

<sup>41)</sup> Vgl. a. Martens-Heyn: Handbuch der Materialienkunde (Berlin 1912), Bd. II, A, S. 259.

<sup>42)</sup> Ferrum 10 (1913), S. 226/33 u. 260/70; St. u. E. 34 (1914), S. 282/5.

<sup>43)</sup> Chem. Met. Engg. 27 (1922), S. 833, Abb. 3.

<sup>39)</sup> Rev. Mt. 6 (1909), mm., S. 914/7.

<sup>40)</sup> Z. V. d. I. 63 (1919), S. 142.



folgerung zu bestätigen scheinen; ihre Ergebnisse sind durch die ausgezogenen Kurven in Abb. 19a dargestellt. Das am stärksten gezogene Eisen (Kurve 3) zeigt hier in der Tat kein Maximum mehr, während die Festigkeit des geglühten Eisens (Kurve 1) einen ausgeprägten Höchstwert aufweist. Nimmt man aber an, daß die Aenderung der Festigkeit durch die Temperatur an sich (ohne die Warmsprödigkeitserscheinungen) nach den gestrichelten Kurven in Abb. 19a vor sich gehe, so findet man, daß alle drei ausgezogenen Kurven gegenüber den gestrichelten Kurven ziemlich genau die gleiche Ueberhöhung zeigen. Diese Ueberhöhung ist in Abb. 19b aufgetragen; sie erreicht einen Höchstwert bei rd. 300°, und man kann annehmen, daß diese Kurve die Resultierende der beiden entgegengesetzten Wirkungen von Umwandlung (bzw. Blockierung der Gleitflächen) und Rekristallisation darstellt. Auch in Abb. 18 zeigen die Kurven für das gereckte Flußeisen Größt- und Kleinstwerte in gleicher Weise und bei denselben Temperaturen wie die Kurven für das nichtgereckte Eisen. Hiernach wäre die oben aus den beiden Theorien gezogene Schlußfolgerung nicht bestätigt.

Eine der auffälligsten Erscheinungen, welche von einer Theorie der Warmsprödigkeit erklärt werden muß, ist die Verschiebung der Größt- und Kleinstwerte der Festigkeitseigenschaften nach höheren Temperaturen, welche eintritt, wenn die Versuchsgeschwindigkeit erhöht wird. Wie in Abschnitt III erwähnt, tritt z. B. das Maximum der Kerbsprödigkeit beim statischen Versuch bei etwa 200°, beim dynamischen Versuch bei etwa 500° auf (vgl. Abb. 11 und 12). Beide Theorien erklären diese Verschiebung aus der Ueberlagerung zweier entgegengesetzten Wirkungen, welche beide mit steigender Temperatur wachsen, jedoch ungleich schnell, und welche beide eine gewisse Zeit erfordern, um zur Geltung zu kommen. Eine ähnliche Schlußfolgerung aus den beiden Theorien, wie die im vorigen Absatz gezogene, würde nun verlangen, daß für vollständig gealtertes Eisen der Einfluß der Versuchsgeschwindigkeit zurücktritt und die maximale Sprödigkeit sich beim dynamischen Versuch etwa bei derselben Temperatur zeigt wie beim statischen Versuch, auch müßte diese Temperatur niedriger sein als für das nichtgereckte Eisen. Abb. 12 zeigt nun dagegen, daß die maximale Sprödigkeit für gerecktes Eisen sowohl beim statischen als auch beim dynamischen Kerbbiegeversuch bei derselben Temperatur auftritt wie für nichtgerecktes Eisen. Auch hier ergibt sich der gleiche Widerspruch wie oben mit der aus den beiden Theorien abgeleiteten Schlußfolgerung. Hiernach müßten beide Theorien aufgegeben werden. Nun wird jedoch eine Blockierung nur in den Gleitflächen erfolgen, welche beim Recken in Wirksamkeit getreten sind, während immer noch genügend nichtblockierte Gleitflächen vorhanden sein werden. Damit ist aber die Voraussetzung für obige Schlußfolgerung — nämlich vollständige Blockierung — nicht erfüllt, und die Schlußfolgerung wird hinfällig. Um in gleicher Weise die Umwandlungstheorie zu retten, könnte man annehmen, daß auch die Umwandlung sich auf die Gleit-

flächen (bzw. deren Umgebung) beschränkt, in welchen beim Recken ein Gleiten erfolgte. Damit wäre aber die Umwandlungstheorie gewissermaßen in die Theorie der Gleitflächen-Blockierung überführt.

Die nach der ersten Theorie auftretende allotrope Umwandlung geht nach Osmond<sup>44)</sup> auch vor sich, ohne daß eine Formänderung stattfindet; die Wirkung der Formänderung besteht nach Osmond darin, daß die Umwandlung schon in niedrigeren Temperaturen stattfindet. Werden nun bei verschiedenen Temperaturen Zerreiß- oder Kerbschlagversuche ausgeführt, indem man einmal die Proben von Raumtemperatur auf die Versuchstemperatur erwärmt, in einer zweiten Versuchsreihe dagegen die Proben auf höhere Temperatur (etwa 700 bis 800°) bringt und von da auf die Versuchstemperatur abkühlt, so könnte eine Verschiebung der Ergebnisse der beiden Versuchsreihen gegeneinander (in Richtung der Achse der Versuchstemperaturen) eintreten infolge der Hysteresis, welche solche Umwandlungen meist zeigen. Zahlreiche Versuchsreihen dieser Art haben eine solche Verschiebung nicht erkennen lassen. Wenn dieses Ergebnis auch nicht mit Sicherheit gegen die Umwandlungstheorie spricht, so spricht es doch keinesfalls für sie.

Ein Beweis für die Richtigkeit der zweiten Theorie würde sich ergeben, wenn gleichartige Erscheinungen wie die der Warmsprödigkeit des Eisens auch an anderen Metallen nachgewiesen würden. Verschiedene Beobachtungen deuten nun darauf hin, daß dies in der Tat der Fall ist; so ist eine Steigerung der Härte von kaltgerecktem Material durch Anlassen mehrfach an anderen Werkstoffen als Eisen beobachtet worden, z. B. an Stählen, Messing, Kupfer, Aluminium und Nickelsilber<sup>45)</sup>.

Wenn auch alle diese Beobachtungen für die Richtigkeit der Theorie der Blockierung der Gleitflächen sprechen, so werden doch weitere Versuche nötig sein, um diese Theorie weiter auszubauen und in ihren Einzelheiten sicherzustellen.

## VI. Vergleiche mit älteren Beobachtungen und allgemeine Betrachtungen.

Viele der in den vorhergehenden Abschnitten angeführten Beobachtungen sind schon bei älteren Versuchen gemacht worden oder lassen sich, nachdem die Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten nun klargelegt sind, aus ihnen herauslesen. Ebenso werden manche bisher unerklärten Erscheinungen nunmehr verständlich. Einige Beispiele sollen hier aufgeführt werden.

Die Unstetigkeit in der Aenderung der Zähigkeit bei niedrigen Temperaturen ist schon von H. Le Chatelier<sup>46)</sup> erkannt worden; er spricht von einer „région d'équilibre instable“. Die Diskontinuität der

<sup>44)</sup> Rev. Mét. 9 (1912), S. 469.

<sup>45)</sup> Vgl. Schneider und Houdremont: St. u. E. 44 (1924), S. 1681; Carpenter und Taverner: J. Inst. Metals 18 (1917), S. 115; ferner Jeffries und Archer, a. a. O.

<sup>46)</sup> Contributions à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers, S. 266.



Ergebnisse ist nach ihm nicht durch eine Diskontinuität der Eigenschaften verursacht, sondern dadurch, daß sich zwei Eigenschaften (nämlich die „limites élastiques“ des Korns bzw. des Zements zwischen den Körnern) mit der Temperatur in verschiedener Weise ändern. Abgesehen von der Art der beiden ausschlaggebenden Eigenschaften stimmt diese Erklärung mit der in Abschnitt IV gegebenen Erklärung überein; sie besagt aber nichts über den Einfluß des Kerbs und der Probenbreite auf die Höhe der kritischen Temperatur.

Trotz der eben erwähnten Erkenntnis trennt H. Le Chatelier dann die Metalle in solche, die stets spröde oder stets zäh sind, und in solche, welche sich, je nach den Umständen, zäh oder spröde verhalten („métaux limites“ oder „intermédiaires“). Die gleiche Trennung hat neuerdings noch Pommerenke<sup>47)</sup> vorgenommen. Diese Trennung läßt sich nach den hier gefundenen Ergebnissen nicht aufrecht erhalten; sie beruht darauf, daß (für festliegende Versuchsbedingungen) die kritische Temperatur  $T_A$  für die „spröden“ Stähle oberhalb, für die „zähnen“ Stähle unterhalb und für die Stähle mit wechselndem Verhalten in der Nähe der Raumtemperatur liegt. Werden die Vergleichsversuche aber mit anderen Probenformen und Geschwindigkeiten oder bei anderen Versuchstemperaturen ausgeführt, so ergibt sich eine andere Einteilung der Stähle; diese rücken teilweise von einer Gruppe in die benachbarte hinüber.

Um verschiedene Stähle miteinander zu vergleichen, könnte nun in folgender Weise vorgegangen werden. Es soll hierzu auf Abb. 8 zurückgegriffen und angenommen werden, daß die drei Kurven von drei verschiedenen Stählen V, G und R stammen. Oberhalb der Temperatur, bis zu welcher die Kaltsprödigkeit ihre Wirkung äußert, scheinen die Kurven alle ähnlich zu verlaufen; Ueberschneidungen treten kaum auf. Die Größe der Kerbzähigkeit (für eine bestimmte Probenform und Versuchsgeschwindigkeit) bei einer Temperatur, bei welcher die zu vergleichenden Stähle alle vollständig sehnigen Bruch zeigen (mit Bezug auf Abb. 8 also mindestens  $150^\circ$ ), scheint nun ein Maß der Zähigkeit zu geben, so daß hiernach G spröder als V und R spröder als G ist, in dem Verhältnis der bei  $150^\circ$  gefundenen spezifischen Schlagarbeiten. Unterhalb von  $-100^\circ$ , wenn die Kaltsprödigkeit vollständig in Erscheinung tritt, sind die Unterschiede zwischen den drei Stählen gering und unsicher. Kennzeichnend für die Verwendungsmöglichkeit eines Stahles wäre dagegen noch die Temperatur  $T_A$  (oder der Temperaturbereich), unterhalb welcher die Kaltsprödigkeit auftritt. Da diese Temperatur aber von der Probenform stark abhängig ist, hat sie keine absolute, sondern nur relative Bedeutung.

Da für Eisen und viele Stähle die Grenztemperatur  $T_A$  in der Nähe der Raumtemperatur liegt, so werden Widersprüche, die bei Versuchen über den Einfluß der Probenform u. dgl. gefunden wurden, verständlich. Derartige Versuche müssen so ausge-

führt werden, daß man sich trotz Aenderung der Versuchsbedingung, deren Einfluß man feststellen will, entweder stets oberhalb oder stets unterhalb der Grenztemperatur (bzw. des Uebergangsbereiches) befindet. So beobachtete H. Le Chatelier, daß der Einfluß der Kerbform nur bei den „métaux intermédiaires“ wesentlich ist, ebenso daß ein deutlicher Einfluß der Versuchsgeschwindigkeit nur dann zu finden ist, wenn der Werkstoff weder ausgesprochen zäh noch ausgesprochen spröde ist, d. h. für beide Fälle, wenn die Grenztemperatur  $T_A$  in der Nähe der Raum- (Versuchs-) Temperatur liegt. Man könnte hieraus entnehmen, daß für manche Werkstoffe Kerbform und Versuchsgeschwindigkeit wenig Einfluß haben auf das Maß der Zähigkeit, von welchem im vorhergehenden Absatz die Rede war; doch müßte diese Frage wohl erst durch neue Versuche unter Beachtung des oben Gesagten nachgeprüft werden.

Liegt die Grenztemperatur  $T_A$  in der Nähe der Raum- (Versuchs-) Temperatur, so können schon geringe Aenderungen dieser Temperatur genügen, um

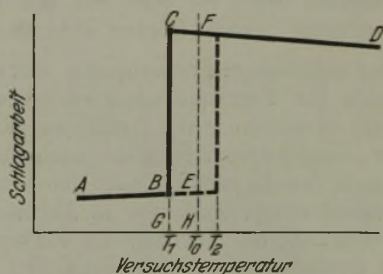


Abbildung 20. Skizze zur Erklärung der Versuche von Considère.

die Zähigkeit ganz beträchtlich zu ändern. [Es ist danach durchaus zu begrüßen, wenn auf die alte Erfahrungsregel, bei der Kesseldruckprobe das Wasser anzuwärmen und stoßfrei zu pumpen, erneut hingewiesen wird<sup>48)</sup>.

Considère<sup>49)</sup> hat SchlagzerreiBversuche mit Drähten ausgeführt. Wenn man die Verschiebung der Grenztemperatur  $T_A$  durch Aenderung der Versuchsgeschwindigkeit berücksichtigt, lassen sich seine Ergebnisse gut erklären; dies soll an Hand der Abb. 20 geschehen. Bei der Temperatur  $T_0$  wurde der Draht durch eine bestimmte Schlagarbeit H F mit sehnigem Bruch zerrissen, d. h. der betreffenden Schlaggeschwindigkeit  $v_1$  entspricht eine Grenztemperatur  $T_1 < T_0$ . Wurde die Schlaggeschwindigkeit  $v$  (Fallhöhe) gesteigert, so nahm die zum Zerreißen nötige Arbeit anfänglich leicht zu<sup>50)</sup>. Bei Ueberschreitung einer gewissen Geschwindigkeit  $v_0$  sank die Arbeit plötzlich auf einen geringen Betrag; der Draht riß mit körnigem Bruch ohne wesentliche Formänderung. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß durch Erhöhung von  $v$  auf  $v_2 > v_0$  die Grenztemperatur nach  $T_2$ , d. h. über die Versuchstemperatur  $T_0$  hinauf-

<sup>48)</sup> Reischle: Z. Bayer. Rev.-V: 26 (1922), S. 114.

<sup>49)</sup> Contributions à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers, S. 1/17.

<sup>50)</sup> Wahrscheinlich sind es die in der gemessenen Arbeit enthaltenen Stoßverluste, welche diese Zunahme herbeiführen.

<sup>47)</sup> Rev. Mét. 19 (1922), mém., S. 741.



gerückt wurde; die Brucharbeit fiel dadurch von H F auf H E. Mit Geschwindigkeiten unterhalb von  $v_1$  wurde also kein Bruch herbeigeführt, mit Geschwindigkeiten zwischen  $v_1$  und  $v_0$  erhielt Considère sehnigen Bruch, mit größeren Geschwindigkeiten körnigen Bruch. Wurde nun ein leichterer Bär für die Versuche verwendet, so war zur Erzielung einer Schlagarbeit H F eine größere Geschwindigkeit  $v_1' > v_1$  nötig, d. h. der Bereich  $v_0 - v_1'$ , innerhalb dessen sehniger Bruch auftrat, mußte kleiner ausfallen als  $v_0 - v_1$  bei Verwendung des schwereren Bären. Dies wurde auch von Considère beobachtet. Er fand jedoch weiter, daß, wenn hartgezogener Draht statt des geglühten geprüft wurde, mit dem leichteren Bär überhaupt kein sehniger Bruch, sondern gleich ein spröder Bruch erhalten wurde. Die Ursache hierfür ist, daß für das hartgezogene Eisen die Grenztemperaturen höher liegen als für das geglühte Eisen, so daß der Geschwindigkeit  $v_1'$  eine Grenztemperatur entspricht, welche oberhalb  $T_0$  liegt.

Aus Abb. 12 ist zu ersehen, daß ein Vergleich zwischen statischen und dynamischen Kerbbiegeversuchen ganz widersprechende Ergebnisse liefern wird je nach der Temperatur, bei welcher die Versuche vorgenommen werden. Das Verhältnis von dynamischer zu statischer Biegearbeit wird z. B. für das nichtgereckte Flußeisen in Abb. 12 größer als 1,0 bei Versuchstemperaturen zwischen  $+370^\circ$  und  $0^\circ$  und kleiner als 1,0 bei Versuchstemperaturen unterhalb  $0^\circ$ . In gleicher Weise — unter Berücksichtigung des Einflusses des Kerbs auf die Temperatur  $T_A$  — erklären sich z. B. die von Körber<sup>51)</sup> für Weicheisen

<sup>51)</sup> Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 4 (1922), S. 48, Zahlentafel 12.

gefundenen starken Schwankungen (zwischen 1,39 und 0,13) im Verhältnis von dynamischem und statischem Arbeitsverbrauch.

### Zusammenfassung.

Die Erscheinungen der Blausprödigkeit des Eisens, die sich beim Kerbbiegeversuch zeigen, werden getrennt in solche der Kaltsprödigkeit und solche der Warmsprödigkeit.

Die Kaltsprödigkeit tritt bei niedrigen Temperaturen auf: ihre Kennzeichen sind körniger Bruch ohne wesentliche Formänderung mit geringem Arbeitsverbrauch. Die Einflüsse von Probenform, Versuchsgeschwindigkeit und Vorbehandlung des Werkstoffs werden gesetzmäßig festgelegt und durch eine Erklärung miteinander in Beziehung gebracht. Die gefundenen Gesetzmäßigkeiten ermöglichen es, manche bisher unerklärt gebliebenen Beobachtungen verständlich zu machen. Die Ergebnisse der Untersuchung gelten zunächst nur für Eisen und perlitische Stähle. Nach der aufgestellten Erklärung kann Kaltsprödigkeit aber auch an anderen Metallen in Erscheinung treten; für Zink z. B. ist dies sehr wahrscheinlich.

Gänzlich verschieden von der Kaltsprödigkeit ist die bei höheren Temperaturen auftretende Warmsprödigkeit, deren Ursache in einer Verminderung der Formänderungsfähigkeit liegt. Von den beiden Theorien über die Warmsprödigkeit muß nach den Versuchsergebnissen die Umwandlungstheorie (A. Le Chatelier) fallen gelassen werden: die Theorie der Blockierung der Gleitflächen (Ludwik, Maurer, Jeffries-Archer) ist durch weitere Versuche auszubauen und vor allem auf ihre Gültigkeit für andere Metalle als Eisen zu prüfen.

## Aufbereitung der oberfränkischen Doggererze.

Von Direktor H. Müller in Kauffung (Katzbach).

[Mitteilung aus dem Erzausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute<sup>1)</sup>.]

*(Natur und Lagerung der Erze. Frühere Aufbereitungsversuche. Ausführliche Beschreibung der Scheidungs- und Zerkleinerungseinrichtungen sowie der Röstanlage. Schnabel-Ofen. Drehrohrofen. Betriebsweise. Wärmeverbrauch beim Trocknen und Rösten. Kostenberechnung.)*

Der Zweck der nachfolgenden Ausführungen soll sein, die Ergebnisse des Aufbereitungsbetriebes von oberfränkischen Doggererzen bekanntzugeben, die in den Jahren 1918 bis 1923 in Pegnitz (Oberfranken) erzielt wurden, und die Methoden dieses Betriebes darzulegen. Die Pegnitzer Aufbereitung wurde erbaut und betrieben von der Donnersmarkhütte, Akt. Ges., in Hindenburg (O.-S.); der Betrieb wurde im Jahre 1923 aus Gründen, die später erörtert werden sollen, stillgelegt.

Die gewonnenen Konzentrate schwankten in ihrem Eisengehalt zwischen 46 und 50 %; der Kieselsäuregehalt war 17 bis 20 %, die Tonerde 8 %, Kalk und Magnesia zusammen bis 2,5 %, Phosphor 0,3 %, Schwefel 0,5 %. Schädliche Beimengungen, wie Arsen, Kupfer und Zink, hat das Erz nicht. Erwartet wurden von der Aufbereitung Konzentrate

von 49 bis 52 %. Das betriebsmäßige Ausbringen an Eisen war 69 bis 87 %, erwartet wurden im Mittel 86 %. Somit hat der Betrieb sowohl den erwarteten Konzentrationsgrad als auch das erwartete Ausbringen in seinen guten Zeitabschnitten fast erreicht; bei der Beschreibung der Einrichtung der Aufbereitung soll dargelegt werden, weshalb es unmöglich war, die guten Ergebnisse dauernd zu erreichen.

Die eben genannten Zahlen finden sich in dem auf Abb. 1 wiedergegebenen Stammbaum und in den in Zahlentafel 1 und 2 zusammengestellten betriebsmäßigen Ergebnissen.

Der Grund des Stillsetzens lag für die Donnersmarkhütte weniger in der nicht ausreichenden Wärmewirtschaft, als vielmehr in den enormen Frachten, die der Transport des Erzes heute bis zur Verhüttungsstelle in Oberschlesien zu tragen hat. Auf den Wärmebedarf und die Wärmewirtschaft soll nachher näher eingegangen werden, nachdem zu-

<sup>1)</sup> Bericht Nr. 6 des genannten Ausschusses. — Zu beziehen vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf.



nächst das Verfahren der Aufbereitung dargelegt sein wird. Die Frachtkosten betragen heute weit mehr als die Selbstkosten des Konzentrats in Pegnitz.

Die Struktur der oberfränkischen Doggererze — und nur um diese handelt es sich hier — wird als bekannt vorausgesetzt, nachdem Herr Berg-assessor Luyken darüber im Januar 1924 hier berichtet hat. Es sei kurz wiederholt, daß diese Erze in ihrer Hauptmasse aus Oolithen von etwa 0,3 mm Durchmesser bestehen, die zusammen mit Quarzkörnern ähnlicher Größe in die Grundmasse eingebettet sind, welche wiederum aus Brauneisenerz, Ton und feinen Quarzsplitterchen besteht. Die Oolithe als Hauptträger des Eisengehalts enthalten nach dem Austreiben des chemisch gebundenen Wassers bei dunkler Rotglut bis zu 55 % Eisen.

Die Aufbereitungsmöglichkeit der Doggererze war bereits vor dem Erwerb der Erzfelder durch die

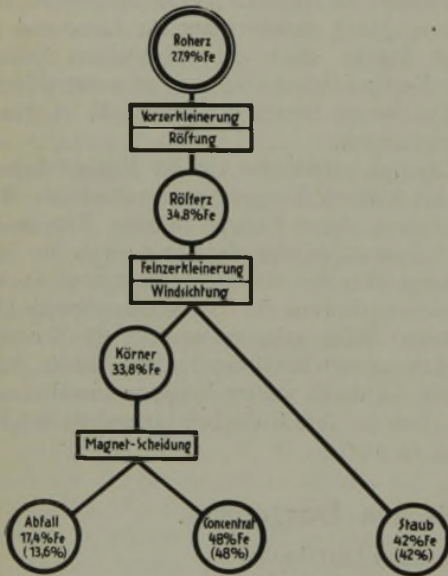


Abbildung 1. Stammbaum der Erzaufbereitung. Ausbringen an Eisen (79 % bzw. 85,4 %) in Konzentrat und Staub zusammen.

Donnersmarckhütte auf Veranlassung der Vorbesitzerin untersucht worden, und zwar von der Firma Humboldt in Köln. Die Versuche erfolgten im nassen Verfahren mit nachfolgender Magnetscheidung. Das Ergebnis war ein Konzentrat bis 43 % Eisen bei etwa 70 % Ausbringen des eingesetzten Eisens; es bot keine Grundlage für eine gedeihliche Weiterarbeit und wurde deshalb nicht weiter verfolgt. Im Jahre 1921 ließ Donnersmarckhütte durch Krupp-Grusonwerk nochmals Aufbereitungsversuche vornehmen, ebenfalls im nassen Verfahren, die ein ähnlich unbefriedigendes Ergebnis zeitigten, nämlich 42,9 % Fe im Konzentrat mit 26,6 % Rückstand und 76,7 % Ausbringen; dieses Ergebnis wurde erreicht bei dreimaligem Durchgange durch den Ulrichschen Ringscheider. Im Jahre 1914 führte die Donnersmarckhütte selbst Aufbereitungsversuche mit Doggererzen durch; die Erze wurden reduzierend geröstet, darauf unter weitestgehender Schonung der Oolithe fein

Zahlentafel 1. Aufbereitung Pegnitz. Durchschnittsergebnisse im Dauerbetriebe. Es wurden Analysen mehrerer Tage und Scheider zusammengefaßt.

Anzahl der Einzelanalysen, aus denen die Durchschnittszahlen errechnet wurden	Eisengehalte im			Ausbringen des eingesetzten Eisens %	Rösterverbrauch je t Konzentrat
	Rösterz %	Konzentrat %	Abfall %		
13	34,3	48,5	18,8	72,5	1,92
10	34,6	48,5	19	74	1,89
13	31,6	47,5	17,4	71	2,12
8	35	48,6	19,1	74	1,86
8	33,3	49,3	19,5	69	2,16
8	33,9	47,3	18,2	76	1,85
5	34,8	47,2	14,4	84	1,61
15	33,5	47	15,5	80	1,75
9	33	49,6	18	71,5	2,11
9	33,8	48,8	16,7	76,5	1,88
22	34,1	47,8	17	77,7	1,8
12	34,6	47,1	17,2	79	1,72
14	33,6	47,1	17	77	1,82
15	32,7	47,2	16,1	77,5	1,87

Zahlentafel 2. Aufbereitung Pegnitz. Analyseergebnisse beim Betriebe mit gut geröstetem Erz und guter Einstellung der Scheider in Tages- und Halbtages-Durchschnitten.

Rösterz %	Eisengehalte im		Ausbringen des eingesetzten Eisens %	Rösterverbrauch je t Konzentrat
	Konzentrat %	Abfall %		
33,6	49	14	80,5	1,8
35,4	49,8	14	83,6	1,67
34,2	48,6	11,8	86,6	1,64
31,3	49,5	12,9	79,5	2
31,3	46,8	11	84,5	1,76
31,3	46,2	13,5	80	1,84
32,2	49,4	16,1	74,5	2,06
32,2	47,7	13,3	81,5	1,82
31,8	49	12,8	81,0	1,9
34,8	47	12,4	87	1,55
34,8	48	13,2	85,5	1,61
34,8	48,6	13,6	85	1,65
34,8	48,8	14,6	83	1,68
32,2	48,6	13,8	82,5	1,9
32,2	49	13,4	80,5	1,88
32,5	48,2	14,2	79,8	1,85
30,8	46,5	12,2	81,4	1,85
30,8	47,4	11,5	82,5	1,86
33,0	50,4	18,4	69,5	2,18
34,8	49,9	17	77	1,85
34,1	47	12,4	86	1,6
34,8	48	16,2	72	1,71
34,8	46,4	12,8	87	1,53
34,8	47	12,4	87	1,55
34,8	47,6	13	86	1,58
33,8	46,8	13	85	1,62
32,0	48,6	14,4	78	1,94

zerkleinert und magnetisch separiert. Es fielen Konzentrate bis 53 % Fe bei einem Ausbringen bis zu 90 %. Die Berechnung der Selbstkosten des Konzentrats ergab frei oberschlesischem Hochofenwerk etwa 20 M je t, zu denen dann noch die Kosten der Agglomerierung auf dem Hüttenwerk traten, die sich vor dem Kriege auf etwa 1,50 M stellten.

Auf Grund dieser Ergebnisse wurden die Erzfelder 1916 gekauft und der Ausbau der Gruben und Bau der Aufbereitung beschlossen. Der Ausbau der



Gruben gehört nicht hierher; es soll aber kurz bemerkt werden, daß die Gruben sich glänzend aufgeschlossen in bezug auf die Erreichung großer Förderleistung, also niedriger Selbstkosten. Das Erz liegt in einem 1,5 bis 2 m mächtigen Flöz fast horizontal und über der Talsohle, so daß das Grubenwasser selbsttätig abläuft. Die Leistungen der Arbeiter vor Ort betragen je Kopf und Schicht bis zu 15 t.

Die Aufbereitung umfaßt die Vorzerkleinerung, die Röstung, die Feinzerkleinerung und die magnetische Scheidung. In der Vorzerkleinerung wird das mit etwa 12 % Grubenfeuchtigkeit ankommende Erz bis höchstens Walnußgröße auf einem Backenbrecher mit nachfolgendem Walzwerk zerkleinert; die aus den Zwischenlagen der Erzsichten stammenden und in der Grube nicht rein ausgelesenen Lettenbrocken werden auf dem Walzwerk zu etwa handgroßen Kuchen ausgewalzt und durch ein Plansieb von passender Lochung ausgeschieden.

Das zerkleinerte Erz gelangt nunmehr in die Röstanlage; sie ist der wichtigste Teil der Aufbereitung, und von ihrem guten Arbeiten hängen Konzentrationsgrad und Ausbringen in erster Linie ab. Durch sehr oft wiederholte Versuche wurde festgestellt, daß eine Erzsicht von 8 bis 10 cm Stärke in einer Temperatur von rd. 700° in reduzierender Flamme in 12 bis 15 min vollkommen von Oxyd zu Oxydoxydul reduziert war. Bei der nachfolgenden Abkühlung trat eine Rückoxydation nicht ein. Das bei diesen Versuchen erzeugte Röstgut wurde fein zerkleinert und mit Handmagneten geschieden; es ergaben sich je nach dem Ausgangserz Konzentrate von 50 bis 53 % Eisen bei 88 bis 90 % Ausbringen. Die Versuche sind sehr oft mit dem gleichen Ergebnis wiederholt worden.

Nach Feststellung dieser Zahlen handelte es sich darum, den Röstvorgang sowohl als auch das Scheidungsverfahren für den Großbetrieb auszugestalten. Es hatte sich bei den Versuchen herausgestellt, daß nur die wirklich vollkommene Durchführung des Röstverfahrens ein zufriedenstellendes Ergebnis in bezug auf Konzentration und Ausbringen lieferte; es mußte deshalb eine Bauart des Röstofens gewählt werden, die eine vollkommene Reduktion bei der Röstung verbürgte. Die Rechnung des Wärmeverbrauchs der Röstung ergab, daß dieser Verbrauch erheblich war, und daß daher jedes Mittel verwendet werden mußte, ihn herabzumindern. Eine solche Herabminderung konnte nur erfolgen durch eine möglichst vollständige Rückgewinnung der im Röstgut enthaltenen erheblichen Wärmemenge, die rd. einem Viertel der gesamten aufzuwendenden Wärme entspricht.

Die entsprechende Ausgestaltung des Schnabelschen Röstofens, der das Erz in dauerndem Strom über seine schrägen Rutschplatten nach unten gleiten läßt, genau in dem von der Abzugsvorrichtung vorgeschriebenen Zeitmaß und in immer gleichbleibender Schichtdicke, schien den zu stellenden Forderungen gerecht zu werden. Es hat sich indessen im Dauerbetriebe gezeigt, daß dieser Ofen sehr vielen Störungen ausgesetzt war, die nicht zu beheben waren trotz aller Sorgfalt. Immerhin er-

brachte der Ofen die Ergebnisse, die in den Zahlentafeln 1 und 2 ersichtlich sind. Die Empfindlichkeit des Ofens gegen geringe Unregelmäßigkeiten in der Erzaufgabe und in der Zusammensetzung der Heiz- bzw. Röstgase führten dazu, auf die Rückgewinnung der Wärme des Röstgutes zu verzichten, für die die notwendigen Einrichtungen vorgesehen waren. Der Ofen eignete sich hierzu nicht, wie eine mehrjährige Betriebszeit zweifelsfrei ergab. Die Leistung des Ofens war 115 t Roherz in 24 st.

Neben dem Schnabelofen wurde ein kleiner Versuchsdrehofen gebaut mit vorgelegter Kühltrommel. Dieser Ofen hat zusammen mit dem Schnabelofen etwa zwei Jahre lang gearbeitet. Er hat eine lichte Weite von 85 cm und 20 m Länge, ist also gegenüber den Drehöfen für das Agglomerieren von Eisenerz sehr kurz und sehr eng. In diesen kleinen Abmessungen sind auch die Schwächen dieses Ofens begründet. Das Erz wird kalt aufgegeben, muß dann auf 700° erhitzt und darauf reduziert werden, wozu nach den grundlegenden Versuchen mindestens 10 min Zeit nötig sind. Die Folge war zunächst ein geringer Durchsatz von nur 50 t Roherz in 24 st, dann aber ständig geringe Schwankungen in der Güte der Röstung trotz peinlichster Sorgfalt in der Erzaufgabe und im Gasgeneratorbetriebe. Sonst entsprach der Ofen den Erwartungen; er war in der Bedienung sehr anspruchslos und lieferte in guten Zeiten ein leidlich zufriedenstellendes Material. Auf die Rückgewinnung der Erzwärme wurde bei Aufstellung des Ofens mit Bedacht verzichtet, da zu diesem Zwecke ein weiterer Apparat hätte aufgestellt werden müssen.

Die im Schnabelofen sowohl als auch im Drehofen gewonnenen Rösterze wurden der Feinzerkleinerung zugeführt. Sie besteht im wesentlichen aus zwei Ringmühlen und zwei großen Schrägsieben. Die Ringmühlen konnten so eingestellt werden, daß die Zerkleinerung der Erzbrocken ohne Verletzung der Oolithe gelang. Das Mahlprodukt bestand aus den Oolithen, reinen Quarzkörnern etwa gleicher Größe und Halbkörnern sowie dem Staub, der aus der Einbettungsmasse der Oolithe und der Quarzkörner herrührt. Dieser Staub enthält neben Ton und feinsten Quarzsplitterchen durchweg 42 % Fe, wird deshalb als brauchbares Erzeugnis sogleich in Windsichtern in einer Menge von rd. 11% der Röst-erzmenge abgeschieden und in besonderen Verlade-silos gesammelt. Eine weitere Anreicherung dieses Staubes durch magnetische Scheidung oder durch Schwimmaufbereitung erscheint nicht angängig, wie eingehende Versuche dargetan haben.

Den Magnetscheidern wird ein praktisch staub-freies Röstgut in Grießform zugeleitet mit einer mittleren Korngröße von 0,3 mm. Sie bestehen aus einer Anzahl hintereinander geschalteter Magnetpole wechselnder Polarität, unter denen das Röstgut mittels eines Bandes aus Gummi oder Leder durchgeführt wird. Ein Magnetscheider von etwa 2 m Gesamtbreite scheidet in einem Durchgange bis zu 3 t Röstgut fertig. Eine Wiederholung erübrigt sich, da das Röstgut unter den Polen stark durchgearbeitet wird.



Aus den Ergebnissen des Aufbereitungsbetriebes ist der Schluß zu ziehen, daß die Magnetscheider die erwarteten Ergebnisse gebracht haben, ebenso Vor- und Feinzerkleinerung. Dagegen hat die Röstung das Ziel nur annähernd erreicht, wärmetechnisch ist der Erfolg ganz ausgeblieben. Sehen wir von dem zu umständlichen Schnabelofen ab und betrachten die Vorgänge im Versuchsdrehofen genau, so sehen wir, daß dieser Ofen zwei Aufgaben zu erfüllen hat. Er muß in seiner ersten Hälfte das kalt eingesetzte Roherz anwärmen bis auf etwa 700°, und dann muß er dieses glühende Erz zu Oxydoxydul reduzieren. Für diesen Reduktionsvorgang sind mindestens 10 min erforderlich bzw. eine Ofenlänge von etwa 8 m. Bei einem Durchsatze von 2 t stündlich befindet sich der Ofen so im Beharrungszustande, daß der Betrieb normal verläuft. Wird aber durch einen Zufall die Roheraufgabe etwas größer, so rückt naturgemäß der Punkt, an dem das Erz 700° Wärme erreicht, weiter nach dem unteren Ende des Ofens, d. h. die Reduktionszone wird verkürzt und damit die Zeit für diesen Vorgang. Die Folge ist ein nicht genügend durchreduziertes Erz und damit ein mangelhaftes Konzentrat und schlechtes Ausbringen. Naturgemäß wurde das aus dem Ofen kommende Erz ständig auf seine Güte geprüft und Fehler sogleich behoben. Diese Richtigstellung kam aber immer zu spät. Ganz ähnlich war der Vorgang, wenn der Gaserzeuger etwas unregelmäßig arbeitete. Es gibt nur eine Hilfe gegen die unvermeidlichen Schwankungen, nämlich Länge und Durchmesser des Röstofens genügend groß zu bemessen. Erhält ein neuer Ofen eine Länge von 45 m, so dürfen von dieser Länge etwa 20 m auf die Reduktionszone und 25 m auf die Anwärmzone entfallen. Eine unvorhergesehene Mehraufgabe, die nie zu vermeiden sein wird, verkleinert alsdann die Reduktionszone in solchen Grenzen, die zulässig sind, ohne am Ofengange etwas zu verändern. Dieser längere Ofen würde auch einen größeren Durchmesser erhalten müssen bis etwa 2,5 m lichter Weite, so daß der Durchsatz von täglich 50 t auf 400 bis 500 t gesteigert würde.

Der Wärmeverbrauch des Röstverfahrens ist aus den einzelnen zu leistenden Arbeiten und aus der Abkühlung sowie den sonstigen Wärmeverlusten rechnermäßig genau zu ermitteln. Er beträgt, bezogen auf die Tonne getrockneten Roherzes, etwa 284 000 WE bzw. rd. 70 kg guter in Gaserzeugern verbrannter Steinkohlen. Da zu einer Tonne Konzentrat 1,75 t getrocknetes Roherz erforderlich sind, so braucht eine Tonne Konzentrat an Röstungskohle  $1,75 \cdot 70 = \sim 125$  kg. Das getrocknete Roherz wird aus dem grubenfeuchten gewonnen lediglich durch die Abwärme des heißen Rösteres. Dazu muß eine Wärmeaustrommel benutzt werden (Trockentrommel), wie sie von besonderen Firmen, z. B. Möller & Pfeiffer, Berlin, seit langer Zeit gebaut werden. Das Röster tritt in die Trommel ein mit 600° Temperatur und verläßt sie mit rd. 200°; das grubenfeuchte Roherz tritt an demselben Ende

der Trommel ein; beide Erzsarten sind nur durch Blechwände voneinander getrennt. Die Wärmeübertragung findet somit in idealer Weise und sogar ohne Wärmeverluste statt, wenn nur dafür gesorgt wird, daß das heiße Erz mit dem Außenmantel der Trommel nicht in Berührung kommt. Rechnungsmäßig erfordert das Trocknen des Roherzes 3,4 % Kohle. In Pegnitz war der Kohlenverbrauch 12 % statt der oben berechneten 7 %; die Abwärme wurde nicht ausgenutzt, wie oben erläutert. Bei Abwärmeverwertung wäre der Kohlenverbrauch nur noch 8,6 % gewesen. Die Gaserzeuger standen vom Röstofen so weit ab, daß die Gase mit nur 200° in den Ofen traten; bei richtigem Zusammenbau ist zu erreichen, daß die gesamte fühlbare Wärme der Generatorgase dem Röstverfahren zugute kommt, wodurch der Kohlenverbrauch auf 7,6 % gedrückt wird. Es ist weiter zu beachten, daß die Generatoranlage in Pegnitz zu klein war, so daß sich daraus eine Mehrbelastung der Gaserzeuger und ein schlechter Wirkungsgrad ergab. Der oben berechnete Verbrauch von 7 % Brennmaterial wird also keinesfalls überschritten werden, sondern dürfte als Höchstverbrauch anzusehen sein.

In der Ermittlung der Selbstkosten des Konzentrats bildet die Beschaffung der Röstungskohle einen der Hauptposten. Daneben steht die Ausgabe für das Roherz frei Aufbereitung. Gebraucht werden 2,25 t je 1,75  $\mathcal{M} = \sim 4$   $\mathcal{M}$  je t Konzentrat. Die Löhne in der Aufbereitung sind bei 400 bis 500 t Roherzdurchsatz je t Konzentrat 1,20  $\mathcal{M}$ , die Kosten für Dampfkohlen 0,95  $\mathcal{M}$ . Hiernach kann ein jeder die Selbstkosten des Konzentrats berechnen. Für entfernter liegende Eisenwerke, wie die oberschlesischen oder die westfälischen, kann erst ein sehr starker Abbau der Eisenbahnfrachten die Verwendung der Doggererze ermöglichen.

Die Menge der in Oberfranken anstehenden Doggererze ist erheblich. Donnersmarckhütte allein besitzt in ihren Feldern bei Pegnitz etwa 15 Millionen t mit 31,5 % Fe und etwa 5 Millionen t mit etwa 38 % Fe; in den Feldern bei Lichtenfels steigt der Eisengehalt bis 44 %, die dortigen Erzvorräte betragen etwa 5 Millionen t. Infolge der nur geringen Flözmächtigkeit der Felder bei Lichtenfels beträgt die Förderleistung je Mann und Schicht dort nur 1,5 t. Das Erz ist aber sehr fest; nach seiner Röstung im Siegerländer Röstofen steigt sein Eisengehalt auf 47 bis 48 %, die Festigkeit bleibt unverändert hoch.

#### Zusammenfassung.

Die Darlegungen zeigen, daß die oberfränkischen Doggererze nach dem Pegnitzer Verfahren bis auf 50 % Eisengehalt angereichert werden können. Das Verfahren ist im mehrjährigen Betriebe entwickelt worden bis auf die erforderliche Rückgewinnung der im Röster vorhandenen Wärmemenge, für die jedoch ein technisch einfacher Weg gezeigt wurde. Gegenwärtig ist der Anreicherungsbetrieb undurchführbar wegen der zu hohen Eisenbahnfrachten.



# Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm und die wichtigsten Gefügebestandteile der Kohlenstoffstähle.

Nach den Beratungen des Werkstoffausschusses zusammengestellt und gemeinverständlich erläutert <sup>1)</sup>.

Von Dr.-Ing. Karl Daeves in Düsseldorf.

(Haltepunkte. Bedeutung der Linien und Punkte des Diagramms. Veränderung bei sehr rascher Abkühlung und Härtung. Vereinheitlichte Buchstabenbezeichnung. Erläuterung und einheitliche Definition der Gefügebestandteile. Bedeutung des Diagramms.)

(Hierzu Tafel 11 und 12.)

Wenn man einen festen kristallisierten Stoff in einem Ofen langsam erhitzt und dabei durch geeignete Vorrichtungen, z. B. Thermoelemente, die Temperatur von Stoff und Ofen ständig verfolgt, so kann man beobachten, daß die Temperatur des Stoffes in dem Augenblick, wo er zu schmelzen beginnt, stehenbleibt, bis alles geschmolzen ist, obwohl die Ofentemperatur gleichmäßig weitergestiegen ist. Das gleiche findet bei der Abkühlung beim Uebergang vom flüssigen zum festen Zustand statt. Ein solcher „Haltepunkt“ zeigt an, daß der Wärmeinhalt des Stoffes bei dieser Temperatur eine sprunghafte Aenderung erfährt.

Sprunghafte Aenderungen des Wärmeinhaltes treten aber nicht nur beim Uebergang von einem Aggregatzustand in den anderen ein, sondern manche Körper, insbesondere die Metalle, erleiden auch im festen Zustande Veränderungen, sogenannte Umwandlungen, die sich in gleicher Weise bemerkbar machen.

Die Abkühlungskurve für reines Eisen zeigt z. B. das in Abb. 1 links dargestellte Bild, wenn man auf der Abszisse die Zeiten und auf der Ordinate die beobachteten Temperaturen aufträgt. Wie man sieht, treten hier vier Haltepunkte auf, die die verschiedenen Formen des Eisens ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -Eisen) begrenzen.

Der oberste bei etwa 1528° entspricht dem Erstarrungspunkt des reinen Eisens, d. h. der Bildung festen  $\delta$ -Eisens aus der flüssigen Schmelze. Bei 1401° wandelt sich das  $\delta$ -Eisen in  $\gamma$ -Eisen um, dieses wieder bei 898° in  $\beta$ -Eisen, und endlich erscheint noch ein kleiner Haltepunkt bei 769°, der als die Umwandlung des  $\beta$ -Eisens in  $\alpha$ -Eisen gedeutet wurde. Nach neueren Forschungen sind  $\alpha$ -,  $\beta$ - und auch  $\delta$ -Eisen vielleicht kristallographisch einander gleich und unterscheiden sich, abgesehen von der Größe des Raumgitters, nur dadurch, daß  $\alpha$ -Eisen magnetisch,  $\beta$ -Eisen aber ebenso wie  $\gamma$ - und  $\delta$ -Eisen praktisch unmagnetisch sind.

In gleicher Weise findet man bei der Erhitzung, wie aus der Abb. 1 rechts zu ersehen, diese Haltepunkte wieder; es sind nur ganz geringe Aenderungen in der Temperatur eingetreten, die sich durch Verzögerungserscheinungen erklären lassen.

<sup>1)</sup> Bericht Nr. 42 des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. — Zu beziehen vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf. Im gleichen Verlage ist das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm als Tafel in der Größe von 1 x 1 m erschienen, die zum Preise von 1.50 M bezogen werden kann.

Es ist üblich geworden, die Haltepunkte mit dem großen Buchstaben A (von arrêt = Halt) zu bezeichnen und ihnen für die verschiedenen Umwandlungen die Indizes 2, 3 und 4 zu geben (z. B. A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>). Der hier nicht benutzte Index 1 ist für einen Haltepunkt bestimmt, der nur bei Eisen, das gleichzeitig Kohlenstoff enthält, auftritt, und von dem später die Rede sein wird. Weiter pflegt man die bei der Abkühlung auftretenden Haltepunkte noch mit dem kleinen Buchstaben r (von refroidissement = Abkühlung) und die bei der Erhitzung auftretenden mit dem kleinen Buchstaben c (von chauffage = Erhitzung) zu bezeichnen (z. B. Ac<sub>1</sub>, Ar<sub>3</sub>) <sup>2)</sup>.

Die technischen Eisen- und Stahlsorten enthalten neben dem Eisen als wesentlichsten Bestandteil noch Kohlenstoff, und zwar im allgemeinen in Form einer Eisen-Kohlenstoff-Verbindung, bei der drei Eisenatome auf ein Kohlenstoffatom kommen und die dementsprechend die chemische Form Fe<sub>3</sub>C und

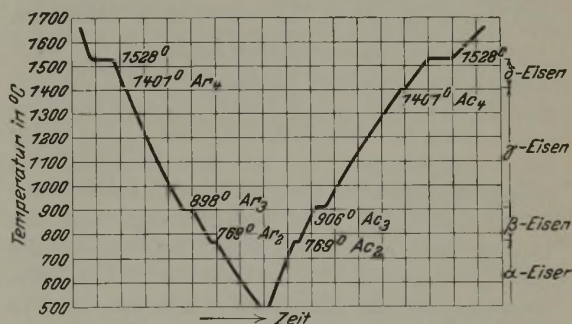


Abbildung 1. Schematische Erhitzungskurve (rechts) und Abkühlungskurve (links) von reinem Eisen.

den Namen Eisenkarbid oder auch Zementit (vom „Zementstahl“, in dem Zementit besonders stark auftritt und wohl zuerst beobachtet wurde) führt.

Eisenkarbid ist im flüssigen Eisen in jedem Verhältnis löslich. Wie aber durch Zusatz von Salzen zum Wasser der Gefrierpunkt des Wassers wesentlich verändert und erniedrigt wird, so beeinflusst das gelöste Eisenkarbid auch sehr wesentlich die Erstarrungspunkte und Haltepunkte des reinen Eisens. Die Legierungen zwischen Eisenkarbid und Eisen zeigen zunächst bei der Erstarrung nicht, wie das reine Eisen, einen einheitlichen Haltepunkt,

<sup>2)</sup> Im ausländischen Schrifttum wird vielfach der Punkt der Abscheidung bzw. Auflösung des Sekundär-Zementits (siehe später) auf der Linie SE als A<sub>cm</sub> bezeichnet (z. B. Ar<sub>cm</sub>).



sondern der ganze Erstarrungsvorgang verläuft in einem Temperatur-Bereich (-Intervall); er beginnt bei einer durch die Zusammensetzung bestimmten Temperatur und ist bei einer zweiten, ebenfalls bestimmten, beendet. Ebenso wird auch der Umwandlungspunkt des  $\gamma$ - in  $\beta$ - oder  $\alpha$ -Eisen durch Anwesenheit des Eisenkarbids erniedrigt und in ein Temperaturintervall verlegt.

Man gewinnt über die Veränderungen, die die Anwesenheit von Eisenkarbid im Eisen hervorruft, am besten ein klares Bild, wenn man für Legierungen mit verschiedenem Gehalt an Eisenkarbid die Umwandlungs- und Haltepunkte versuchs-mäßig bestimmt und die erhaltenen Werte in Abhängigkeit von dem Gehalt an Eisenkarbid in ein Schaubild einträgt. Dieses Schaubild wird Eisen-Zementit- oder meist Eisen-Kohlenstoff-Diagramm genannt. Letztgenannte Bezeichnung ist weit verbreitet, aber nicht einwandfrei, da es auch ein anders geartetes Eisen-Kohlenstoff-Diagramm gibt, das sich aus den Bestandteilen Eisen und Graphit zusammensetzt und in dem Eisenkarbid nicht auftritt (stabiles System). Das Eisen-Zementit-Diagramm gibt auf seiner Abszisse die Gehalte an Eisenkarbid oder auch der Einfachheit halber an Kohlenstoff an, während auf der Ordinate die Temperaturen eingetragen sind. Verbindet man die beobachteten Haltepunkte durch Linienzüge, so entsteht das in Abb. 2 schematisch dargestellte Schaubild, das von überragender Bedeutung für die gesamte Theorie und Praxis der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen und der technischen Stähle ist.

Auf der Ordinate des reinen Eisens mit 0 %  $\text{Fe}_3\text{C}$  erkennt man zunächst wieder die drei Punkte A (1528°), G (906°) und M (769°), die den Schmelzpunkt sowie die Haltepunkte  $A_1$  und  $A_2$  des reinen Eisens bezeichnen. Die mit dem Haltepunkt  $A_1$  zusammenhängenden Umwandlungen sind hier der Einfachheit halber nicht berücksichtigt. Auf der anderen Seite zeigt Punkt D auf der Ordinate des reinen Eisenkarbids (6,6 % C oder 100 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) den Schmelzpunkt des Eisenkarbids an, den man zu etwa 1550° annimmt. Seine genaue Lage ist bisher unsicher. Der Linienzug AC zeigt, wie mit wachsendem Gehalt an Eisenkarbid der Schmelzpunkt des reinen Eisens bis zu einer Temperatur von 1145° bei C erniedrigt wird. Umgekehrt wird auch durch wachsenden Zusatz von Eisen der Schmelzpunkt des reinen Eisenkarbids entsprechend der Linie DC erniedrigt. Die untere Grenze des Erstarrungsintervalls wird, wenn man zunächst von der etwas verwickelten Umsetzung zwischen  $\gamma$ - und  $\delta$ -Eisen absieht, durch die Linie AECF bestimmt.

Man kann die Linienzüge der beginnenden Erstarrung ACD und der beendeten Erstarrung AECF auch so auffassen, daß die Linienzüge ACD, die sogenannten Liquiduslinien (liquidus = flüssig), die untere Grenze für den flüssigen Zustand darstellen. Unterhalb der durch diese Linien angezeigten Temperaturen können Legierungen der durch die zugehörigen Abszissen angezeigten Zusammensetzungen nicht im flüssigen Zustand be-

stehen. Linienzug AECF, die sogenannte Soliduslinie (solidus = fest), gibt die obere Grenze für den festen Zustand an. Oberhalb der Liquiduslinie ist alles flüssig, unterhalb der Soliduslinie alles fest. Einheitliche feste oder flüssige Körper können in dem zwischen der Solidus- und Liquiduslinie befindlichen Gebiet nicht existieren.

Stellen wir uns beispielsweise die Erstarrung einer Legierung mit 1 % C (d. i. 15 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) vor. Bei 1450° ist die Liquiduslinie im Punkte a erreicht, d. h. bei weiterer Abkühlung wäre nach dem oben Gesagten ein Bestehen einer flüssigen Schmelze dieser Konzentration nicht mehr möglich. Andererseits kann sich die Legierung aber auch nicht sofort in den festen Zustand umwandeln, da die Soliduslinie für diese Konzentration erst bei etwa 1250° liegt. Die Schmelze muß also bei weiterer Abkühlung, da sie als solche im flüssigen Zustande nicht mehr bestehen kann, feste Kristalle abscheiden mit einem solchen Gehalt an  $\text{Fe}_3\text{C}$ , wie sie bei dieser Temperatur im festen Zustand gerade noch bestehen können, d. h. wie sie durch den Schnittpunkt der Temperatur von 1450° mit der Soliduslinie beim Punkt b mit etwa 0,3 % C (oder 4,5 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) angegeben werden. Man bezeichnet solche Kristalle, die im festen Zustand einen anderen Bestandteil gelöst enthalten, als Mischkristalle. Durch die Ausscheidung dieser an Eisenkarbid oder Kohlenstoff ärmeren Mischkristalle nimmt die Konzentration des noch flüssig bleibenden Restes der Schmelze an Eisenkarbid zu, so daß sich der angereicherte Teil entsprechend der Liquiduslinie AC auch bei tieferen Temperaturen noch flüssig halten kann. Bei einer Temperatur von 1400° z. B. werden wir also ein Gemenge von festen Mischkristallen in dem Rest der flüssigen Schmelze, der sogenannten Mutterlauge, haben, wobei die festen Kristalle entsprechend dem Schnittpunkt der Soliduslinie mit der 1400°-Achse die Konzentration d = etwa 0,5 % C (7,5 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) und der Rest der Schmelze entsprechend dem Schnittpunkt der gleichen Temperaturachse mit der Liquiduslinie die Konzentration e = etwa 1,75 % C (26 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) haben wird.

Das Mengenverhältnis des Kristallisierten zur Schmelze läßt sich bei vollständiger Diffusion jeweils durch das sogenannte Hebel-Gesetz bestimmen, wonach sich die beiden Mengen umgekehrt wie die Hebelarme, also wie die Längen c e zu c d verhalten müssen.

Mit weiter sinkender Temperatur wird sich der Gehalt der ausgeschiedenen Kristalle an  $\text{Fe}_3\text{C}$  auf der Soliduslinie AE, die die obere Grenze für die Existenzmöglichkeit fester Kristalle nach Temperatur und Konzentration darstellt, in Richtung auf E zu verschieben, während gleichzeitig die Konzentration der flüssigen Schmelze sich entlang der Liquiduslinie AC in Richtung auf C verschiebt. Bei etwa 1245° ist für eine Legierung mit 1 % C (15 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) die Soliduslinie im Punkt f erreicht, d. h. auch der letzte Rest der Schmelze, der sich zuletzt bis zum Punkt g auf etwa 3,6 % C (55 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) angereichert hatte, kann erstarren.







Der Punkt C bildet insofern noch eine Besonderheit des gesamten Erstarrungsbildes, als eine Legierung mit der Zusammensetzung 35,8 % Fe und 64,2 %  $\text{Fe}_3\text{C}$  zum Unterschied von allen anderen Eisen-Kohlenstoff-Legierungen nur einen, d. h. einen einheitlichen Schmelz- und Erstarrungspunkt, zeigt. Legierungen, die weniger als 4,29 % C (64,2 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) enthalten, bezeichnet man als untereutektische Legierungen, solche, die genau diesen Gehalt zeigen, als eutektische, und solche mit höherem Karbidgehalt als übereutektische.

Endlich sei noch der Erstarrungsverlauf einer Legierung, die mehr als 4,29 % C (64,2 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) enthält, betrachtet. Eine Legierung mit 6 % C (90 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) erreicht z. B. die Liquiduslinie bei etwa 1450° (Punkt k). Auch hier ist eine vollständige Erstarrung nicht möglich, da die obere Grenze der Existenzmöglichkeit fester Legierungen dieser Zusammensetzung durch die Linie EF mit 1146° gegeben ist. Auf dieser Seite des Schaubildes sind die Legierungen aber nicht mit kohlenstoffarmem Eisen, sondern mit Eisenkarbid gesättigt. Deshalb scheidet sich hier, da die Linie DFK im Gegensatz zur Linie AEC senkrecht zur Temperaturachse verläuft, reines Eisenkarbid ab. Durch diese Abscheidung wird die Konzentration an Eisenkarbid vermindert, und der Rest der Schmelze hat die Möglichkeit, auch bei tieferen Temperaturen noch flüssig zu existieren. Während der weiteren Temperaturerniedrigung scheiden sich mithin weitere Mengen reinen Eisenkarbids ab, während sich gleichzeitig die Konzentration der restlichen Schmelze an  $\text{Fe}_3\text{C}$  entsprechend der Linie DC weiter verringert. Bei 1145° hat die Restschmelze die eutektische Zusammensetzung erreicht und erstarrt als solche, wodurch die ganze Legierung in den festen Zustand übergeführt ist. Sie besteht nach dem Gesagten aus primär ausgeschiedenen Eisenkarbidkristallen, um die das Eutektikum gelagert ist.

Die Veränderungen, die die Legierungen im festen Zustand, also nach Unterschreitung der Soliduslinie AECF, erleiden, verlaufen in ganz ähnlicher Weise. Man pflegt das durch die Linie AE einerseits und die Linien GOS sowie SE und die Nullachse begrenzte Gebiet als das Gebiet der festen Lösung zu bezeichnen, da hier eine weitgehende Analogie mit der flüssigen Lösung vorliegt. Mit weiter sinkender Temperatur ist nämlich auch die feste Lösung nicht mehr in der Lage, zu bestehen, und scheidet daher entlang der Linie GOS reines Eisen oder entlang SE weiteren Zementit ab. Man könnte die Linien GOS und SE hier als die Linien der beginnenden Ausscheidung von reinem Eisen oder Eisenkarbid aus der festen Lösung bezeichnen und entsprechend die gerade Linie PSK als Linienzug der beendeten Ausscheidung. Oberhalb der Linien GOS und SE ist noch überall feste Lösung vorhanden, und keinerlei Ausscheidung hat stattgefunden. Unterhalb PSK ist im Gleichgewichtszustand alles ausgeschieden und nichts mehr in Lösung. Die Zone der Ausscheidungslinien wird seitlich durch zwei gerade Linien GMP und FK

begrenzt, so daß nur die diesen Linien entsprechenden Bestandteile, das reine Eisen und das reine Eisenkarbid, zur Ausscheidung kommen.

Da unterhalb PSK keine Gefügewandlungen mehr stattfinden, sind diese Bestandteile auch im Schlibbild zu erkennen. Man bezeichnet das reine Eisen als Gefügebestandteil mit Ferrit (von ferrum = Eisen), das Eisenkarbid, wie erwähnt, mit Zementit.

Ein Beispiel wird das Gesagte am besten erläutern. Eine Legierung mit 0,33 % C (5 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) erreicht die untere Grenze der festen Lösung bei der Abkühlung bei 850°. Es beginnt sich nun reines Eisen, Ferrit, auszuschcheiden. Dadurch nimmt die Konzentration der restlichen festen Lösung an  $\text{Fe}_3\text{C}$  zu, und sie wird auch bei tieferen Temperaturen beständig. Mit sinkender Abkühlung scheidet sich immer mehr Ferrit aus, während die restliche feste Lösung sich immer mehr an  $\text{Fe}_3\text{C}$  anreichert, bis sie bei etwa 720° im Punkt S die Konzentration 0,89 % C (13,3 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) erreicht hat. Dieser Punkt entspricht dem Eutektikum bei C und wird in Anlehnung an diesen der eutektoide genannt. Auch hier ist die feste Lösung in diesem Punkte gleichzeitig mit reinem Eisen und reinem Eisenkarbid gesättigt, die sich bei weiterer Temperaturerniedrigung beide gleichzeitig als Eutektoid ausscheiden; der bei seiner Bildung oder Auflösung entstehende Haltepunkt wird als  $\text{Ar}_1$  bzw.  $\text{Ac}_1$  bezeichnet. Das Eutektoid führt als Gefügebestandteil den Namen Perlit. Die sehr dicht nebeneinanderliegenden Ferrit- und Zementit-Streifen geben nämlich bei Betrachtung des geätzten Schlibbildes mit bloßem Auge zu Lichterscheinungen Anlaß, wie sie auch Perlmutter aufweist.

Die als Beispiel betrachtete Legierung wird also nach Unterschreitung der Temperatur von 720° Ferritkörner zeigen, die von dem zuletzt ausgefallenen Gemisch aus Ferrit und Zementit, dem Perlit, umgeben sind. Je mehr Eisenkarbid die Legierung enthalten hat, um so mehr Perlit wird sie neben Ferrit aufweisen. Eine Legierung mit 0,89 % C (13,3 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) zeigt nur Perlit.

Enthält die Legierung noch mehr  $\text{Fe}_3\text{C}$ , so scheidet sich an Stelle von Ferrit Eisenkarbid (Zementit) entsprechend der Linie SE aus. Z. B. erreicht eine Legierung mit 1,33 % C (20 %  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) bei 950° die Grenze des Gebietes der festen Lösung, es beginnt nunmehr die Ausscheidung von reinem Zementit, wodurch die Konzentration der verbleibenden festen Lösung an  $\text{Fe}_3\text{C}$  verringert wird, bis sie bei 720° wieder den Punkt S erreicht hat. Bei weiterer Unterschreitung zerfällt dieser Teil dann in Perlit, und die Legierung besteht unterhalb der Linie PSK aus Perlit mit vorher ausgeschiedenem Zementit.

Während man die Ausscheidungen der Mischkristalle und des Zementits aus der flüssigen Schmelze als primäre Ausscheidungen bezeichnet und von Primär-Mischkristallen und von Primär-Zementit redet, wird zum Unterschied davon die Ausscheidung aus der festen Lösung als sekundäre



bezeichnet (voretaktoider Ferrit, sekundärer Zementit).

Genau die gleichen Verhältnisse gelten auch für die Erhitzung. Eine Legierung mit 0,33 % C (5 % Fe<sub>3</sub>C) zeigt bei der Erhitzung bis zu 720 ° keinerlei Veränderungen. Bei dieser Temperatur bildet sich aus dem vorhandenen Eutektoid die feste Lösung, d. h. Ferrit und Zementit des Perlits lösen sich ineinander in fester Lösung auf. Mit weiterer Erhitzung verdünnt sich diese feste Lösung immer mehr, indem sie weiteren Ferrit in sich auflöst, bis bei 850 ° aller Ferrit aufgelöst ist und eine homogene feste Lösung besteht. Diese bleibt unverändert bis etwa 1450 ° (Punkt b). Bei dieser Temperatur ist die Soliduslinie und damit die Grenze der Existenzmöglichkeit der einheitlichen festen Lösung erreicht. Ein Teil wird flüssig und nimmt dabei aus dem Rest der fest bleibenden Kristalle durch Diffusionsvorgänge so viel Kohlenstoff, daß die erste sich bildende Flüssigkeit 1 % C (15 % Fe<sub>3</sub>C) (Punkt a) enthält; denn dieser Karbidgehalt ist der niedrigste, mit dem eine flüssige Schmelze bei der Temperatur von 1440 ° bestehen kann. Mit weiterem Erhitzen schmelzen dann mehr Teile, wobei gleichzeitig die Konzentration der flüssigen Schmelze durch Auflösung noch fester reinerer Bestandteile entsprechend der Linie CA nach A zu abnimmt, während die festen Bestandteile in ihrer Konzentration durch Abgabe von Karbid an die Schmelze ebenfalls entlang der Linie EA nach A zu abnehmen. Bei 1490 ° hat die Legierung die Liquiduslinie erreicht, und alles ist flüssig geworden.

Alle betrachteten Zustände und Veränderungen treten nur dann ein, wenn den Legierungen genügend lange Zeit zum Auswirken der Diffusionsvorgänge und zur Einstellung des Gleichgewichts gegeben ist. Kühlt man die Legierungen zu schnell zu tiefen Temperaturen ab, so treten zunächst Verzögerungen ein, die Mengenverhältnisse der abgetrennten Bestandteile verändern sich und entsprechen nicht mehr dem Gleichgewicht des Diagramms. Bei genügend rascher Abkühlung können sogar Umwandlungen, die dem Gleichgewicht entsprechen, vollkommen unterdrückt werden. Bei tiefen Temperaturen genügt die Beweglichkeit der Moleküle nicht, um ihrem Streben nach Gleichgewicht nachzugeben.

Diese Erscheinungen sind insbesondere für das Gebiet der festen Lösungen praktisch von großer Bedeutung, da hierdurch erst die Härtung der Stahlegierungen ermöglicht wird. Gehärtete Stahlstücke entsprechen nicht dem Gleichgewicht, wie es durch das Gefügediagramm angezeigt wird. Es ist möglich, eine Legierung aus dem Gebiet der festen Lösung, das durch die Linien GOS, SE und AE begrenzt wird, so schroff abzuschrecken, daß die Ferrit- oder Zementitausscheidungen, die entsprechend den Linien GOS und SE stattfinden sollten, und der Zerfall des Restes der festen Lösung in Perlit vollkommen unterdrückt wird. Man erhält auf diese Weise die homogene feste Lösung auch bei Raumtemperatur und bezeichnet

sie dann im Gefüge nach dem englischen Forscher Roberts-Austen als Austenit. In ihr ist das Eisen auch bei dieser Temperatur noch im unmagnetischen  $\gamma$ -Zustand vorhanden.

Bei reinen Eisen-Kohlenstoff-Legierungen ist aber auch die schroffste Abschreckung nicht schnell genug, um den Zerfall völlig zu verhindern, meist wird schon ein Teil des Eisens umgewandelt oder die feste Lösung teilweise zerfallen sein. Man kann die instabilen, durch Abschreckung erhaltenen Gefügebestandteile dadurch wieder dem Gleichgewicht nähern, daß man sie von Zimmertemperatur allmählich auf Temperaturen erhitzt, bei denen die Beweglichkeit der Moleküle eine größere geworden ist, so daß nachträglich weit unterhalb der eigentlichen Umwandlungslinie des Diagramms noch die Umsetzungen stattfinden, die bei normaler Abkühlung vorher hätten eintreten müssen. Man bezeichnet solche Vorgänge in der Praxis als Anlassen. Durch Anlassen werden ganz allgemein die durch Abschrecken erhaltenen instabilen Gefügebestandteile, im äußersten Fall die homogene feste Lösung, dem Gleichgewichtszustand, d. h. der Ausscheidung von Ferrit und Zementit, wieder genähert. Es tritt hierbei eine Reihe von Gefügebildern auf, die so kennzeichnend sind, daß sie besondere Namen bekommen haben.

Durch die rasche Abkühlung treten auch Verschiebungen der Haltepunkte ein, die nicht dem Gleichgewicht entsprechen, aber infolge ihrer Bedeutung für die Härtungsvorgänge hier kurz behandelt werden müssen. Eine Legierung mit 0,89 % C (13,3 % Fe<sub>3</sub>C) hat gemäß dem Diagramm bei der Abkühlung aus dem Gebiet der festen Lösung nur einen Haltepunkt bei S, bei dem sich die ganze feste Lösung in Perlit umwandelt. Steigert man aber die Abkühlungsgeschwindigkeit, so sinkt der Punkt Ar<sub>1</sub> entsprechend dem Schema der Abb. 3 mit steigender Abkühlungsgeschwindigkeit zu tieferen Temperaturen, wobei gleichzeitig die Umwandlung des Austenits in Perlit eine immer unvollständigere wird, so daß im Gefügebild die Bestandteile Sorbit und Troostit (nach den Forschern Sorby und Troost) erscheinen, in denen unter dem Mikroskop die Ferrit- und Zementitbestandteile nicht gesondert zu erkennen sind. Man bezeichnet den durch erhöhte Abkühlungsgeschwindigkeit entgegen dem Gleichgewicht erniedrigten Ar<sub>1</sub>-Punkt mit dem Zeichen Ar<sub>1</sub>'. Sein Auftreten ist kennzeichnend für die Anwesenheit der Gefügebestandteile Troostit oder Sorbit.

Hat die Abkühlungsgeschwindigkeit ein gewisses Maß erreicht, so tritt außer Ar<sub>1</sub>' bei tieferen Temperaturen auf der Abkühlungskurve in der Gegend von etwa 300 ° ein zweiter Knick auf, der für die Bildung eines weiteren, nicht dem Gleichgewicht entsprechenden Gefügebestandteils kennzeichnend ist. Die feste Lösung hat sich bei diesem Gefügebestandteil nur in ein mehr oder weniger feinnadeliges Gefüge verwandelt, das wahrscheinlich einer festen Lösung von Eisenkarbid in  $\alpha$ -Eisen entspricht und nach dem deutschen Forscher Martens als Martensit







Dr.-Ing. Karl Daeves: Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm und die wichtigsten Gefügebestandteile der Kohlenstoffstähle.

Abb. 6.

Abb. 7.

Abb. 8

× 50

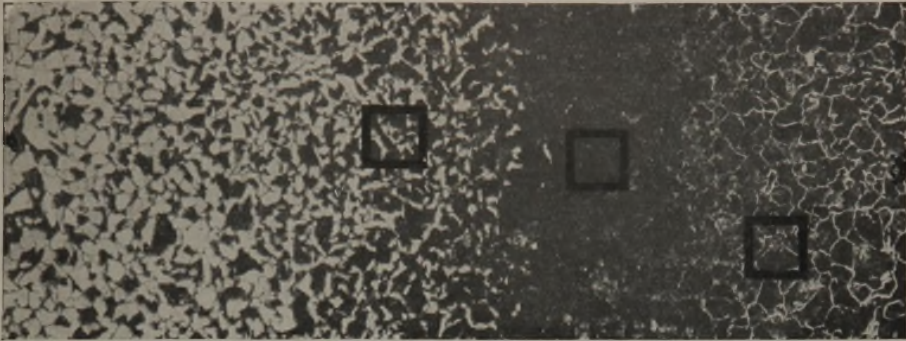


Abbildung 5. Schliffbild durch einen einsatzgehärteten Stab, dessen Kohlenstoffgehalt vom linken zum rechten Ende gleichmäßig zunimmt. Der linke Rand zeigt Ferrit (weiß) und Perlit (schwarz) in einer Verteilung, die etwa einem Gehalt von 0,1 % C entspricht. Nach rechts nimmt die Menge des Perlit-Bestandteils zu, bis er am linken Rand des rechten Bilddrittels die ganze Breite erfüllt. Mit weiter zunehmendem Karbidgehalt erscheint weiter rechts als neuer (weißer) Gefügebestandteil der sekundäre Zementit. Der rechte Bildrand entspricht etwa einem Gehalt von 1,3 % C.

× 500



Abbildung 8. Rechtes Teilbild aus Abb. 5 in stärkerer Vergrößerung. Perlit, umgeben von weißen Zementitbändern. Der Perlit liegt teils in streifiger, teils in Uebergangsformen zum Sorbit (dunkel) vor. Die Stelle enthält etwa 1,2 % C.

× 500



Abbildung 6. Linkes Teilbild aus Abbildung 5 zeigt in stärkerer Vergrößerung, daß die schwarzen Flächen der Abbildung 5 in Wahrheit aus streifenförmig nebeneinander liegenden Zementit- und Ferritadern (streifiger Perlit) bestehen. Die großen weißen Flächen stellen Ferrit dar. Die Stelle enthält etwa 0,4 % C.

× 500



Abbildung 7. Mittleres Teilbild aus Abb. 5 in stärkerer Vergrößerung. Reiner streifiger Perlit. Die Stelle enthält etwa 0,9 % C.

× 100

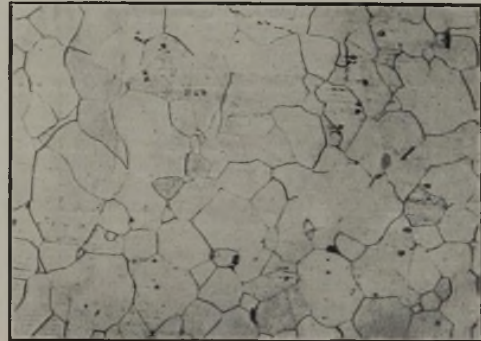


Abbildung 9. Reiner Ferrit oberhalb  $A_{c_3}$  ge-  
glüht. Unregelmäßige Ferritkristalle.



× 500

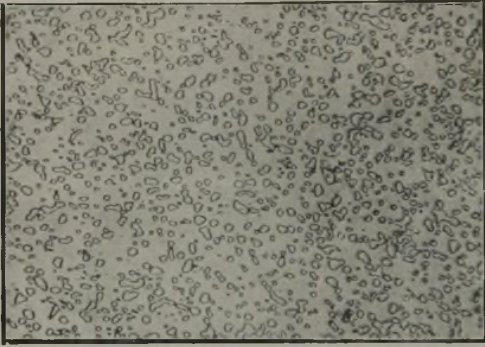


Abbildung 10. Körniger Perlit eines Stahles mit 0,9 % C. Durch Wärmebehandlung und Verschmiedung haben sich die Streifen des streifigen Perlits zu Zementitkugeln geballt.

× 50



Abbildung 11. Gefüge eines untereutektischen Roheisens mit etwa 3 % C. Die dunklen, tannenbaumförmig angeordneten Stellen entsprechen den primären Mischkristallen. Die gespenkelte Grundmasse ist Ledeburit.

× 200

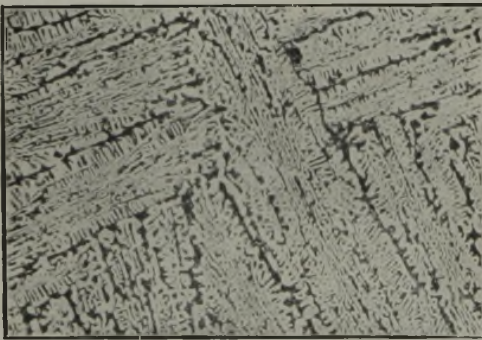


Abbildung 12. Eutektisches Roheisen mit etwa 4,2 % C. Reine Ledeburit-Kristalle.

× 200



Abbildung 13. Uebereutektisches Roheisen mit etwa 5 % C. Weiße primäre Zementit-Nadelkristalle in der Grundmasse des Ledeburits.

× 100

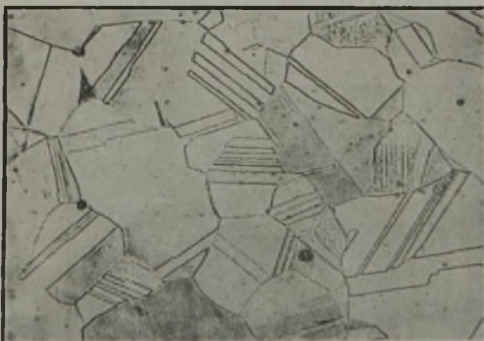


Abbildung 14. Austenit eines gehärteten hochlegierten Chromnickelstahls. Einheitliche Mischkristalle mit zahlreicher Zwillingsbildung.

× 500

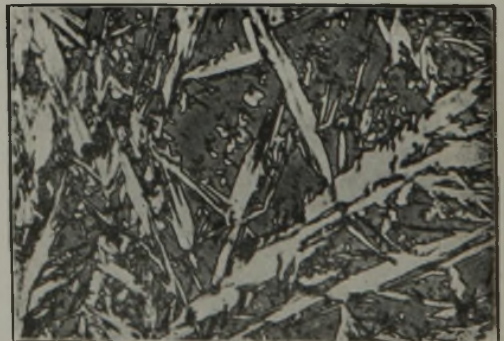


Abbildung 15. Martensitnadeln (weiß) in dunkler austenitischer Grundmasse. Beginn des Zerfalls der festen Lösung.



Dr.-Ing. Karl Daeves: Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm und die wichtigsten Gefügebestandteile der Kohlenstoffstähle.

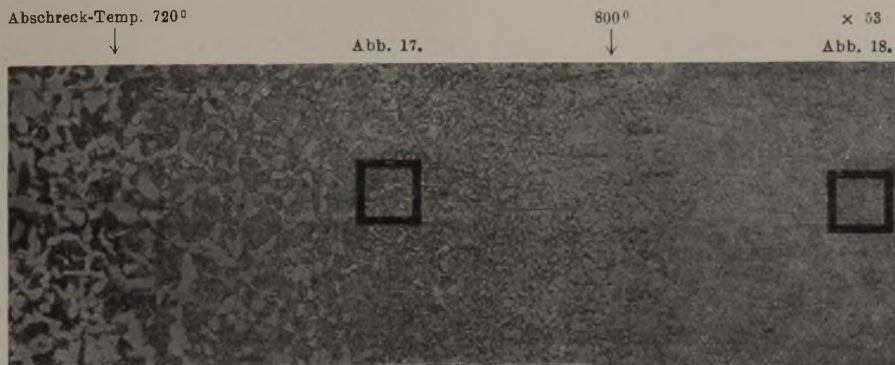


Abbildung 16. Stab mit 0,3 % C von zum rechten Ende gleichmäßig steigenden Temperaturen, abgeschreckt. Links Ferrit und Perlit. Von 720° wachsende Mengen Martensit mit abnehmenden Mengen Ferrit. Ueber 800° reiner Martensit.

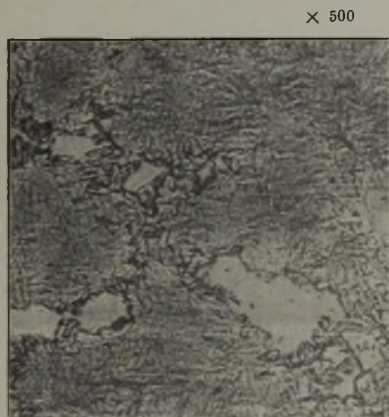


Abbildung 17. Linkes Teilbild aus Abb. 16 in stärkerer Vergrößerung. Nadelige Grundmasse: Martensit. Helle Stellen: noch nicht aufgelöster Ferrit.

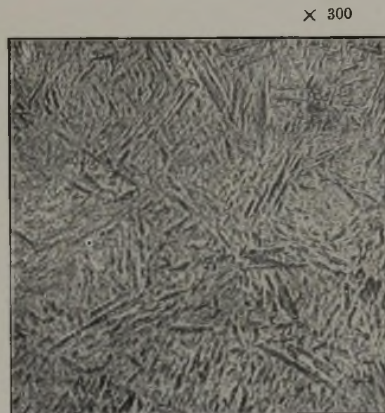


Abbildung 18. Rechtes Teilbild aus Abb. 16 in stärkerer Vergrößerung. Reiner Martensit.

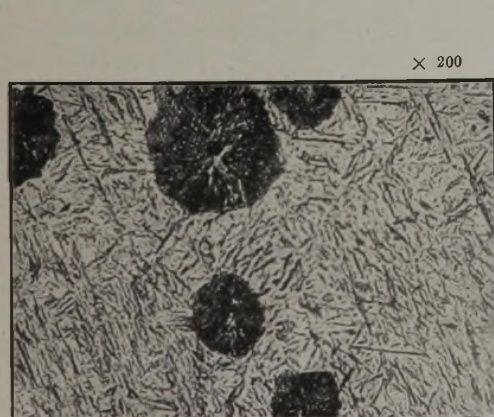


Abbildung 19. Schwarze Troostitflecke in martensitischer Grundmasse.

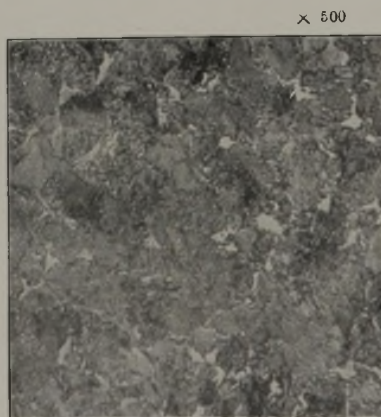


Abbildung 20. Sorbit (grau), etwas Ferrit (weiß), Stahl mit 0,70 % C, normal geschmiedet und an der Luft erkaltet.



letztenannte aber für weiches Gußeisen, Temperguß und die als Schwarzbruch gefürchteten Erscheinungen in hochgekohltem Werkzeugstahl. In allen diesen Fällen tritt Graphit als Gefügebestandteil auf, und es gelten die gestrichelten Linien des stabilen Systems.

Nachdem sich herausgestellt hatte, daß man vielfach die Gefügebezeichnungen nicht einheitlich verstand, hat der Werkstoffausschuß sich auch hier auf einige Definitionen geeinigt, die in Tafel 1 wiedergegeben sind.

Das Eisen-Zementit-Diagramm ist von Bedeutung zur Bestimmung der Temperaturen, bei denen eine Legierung bekannter Zusammensetzung erstarrt oder flüssig wird, ferner aber vor allem für die gesamte Wärmebehandlung der Stähle. Mit den Auflösungen, Ausscheidungen und Umkristallisationen, wie sie entsprechend den Linien des Diagramms auftreten, ist nämlich gleichzeitig ein Mittel in die Hand gegeben, die für die Eigenschaften des Stahls wichtige Größenordnung der einzelnen Gefügebestandteile willkürlich zu ändern:

Bringt man eine Legierung durch Erhitzen in den flüssigen Zustand oder auch in das Gebiet der festen Lösung und kühlt sie dann ab, so werden sich bei verhältnismäßig rascher Abkühlungsgeschwindigkeit plötzlich wieder sehr viele Kristallisationskerne bilden, und das Gefüge wird nach der Abkühlung entsprechend feinkörnig sein, gleichgültig, in welchem Zustande es sich vorher befunden hatte. Wird aber die Ueberschreitung der Erstarrungs- oder Ausscheidungslinien verlangsamt, so bilden sich zunächst nur wenig Keime, die rasch wachsen und als Endergebnis zu einem grobkörnigen Aufbau führen, der natürlich wesentlich andere Eigenschaften zeigt.

Wenn man also einem weichen Stahl ein in allen Teilen gleichmäßiges feines Gefüge verleihen will, so braucht man ihn nur kurz oberhalb der Linie G O S zu glühen und verhältnismäßig rasch abzukühlen. Man bezeichnet eine solche Glühung auch wohl als Normalglühen, muß aber stets die Temperatur angeben, bei der die Glühung erfolgt ist.

Endlich gibt das Eisen-Zementit-Diagramm für die verschiedenen Kohlenstoffgehalte diejenigen Temperaturen an, bei denen zweckmäßig die Härtung erfolgt. Da nämlich das Gefüge auch im Gebiet der festen Lösung das Bestreben hat, um so gröber zu werden, je höher die Temperatur und je länger die Erhitzungsdauer ist, so wird man zweckmäßig zur Härtung unlegierter, untereutektoider Stähle solche Temperaturen wählen, bei denen sich der betreffende Stahl gerade im Gebiet der festen Lösung

Tafel 1. Vereinheitlichte Benennung einiger Gefügebestandteile, wie sie auf einem polierten Stück z. B. nach normaler Aetzung mit Mineralsäuren unter dem Mikroskop erscheinen.

Unter der Bezeichnung	soll verstanden werden als Gefügebestandteil
Ferrit . . . . .	α-Eisen
Zementit . . . . .	Eisenkarbid (Fe <sub>3</sub> C)
Ledeburit . . . . .	das Eutektikum des Eisen-Zementit-Systems, bestehend aus unzerfallenen oder zerfallenen Mischkristallen und Zementit
Perlit . . . . .	das Eutektoid des Eisen-Zementit-Systems, bestehend aus Ferrit und Zementit. (Seine Anwesenheit fällt mit dem Auftreten von Ar <sub>1</sub> zusammen.)
Austenit . . . . .	γ-Mischkristalle (feste Lösung)
Martensit . . . . .	das nadelige Gefüge der ersten Teilumwandlung der festen Lösung beim Abkühlen. (Seine Anwesenheit fällt mit dem Auftreten von Ar <sub>1</sub> ' zusammen.)
Hardenit . . . . .	fast strukturloser Martensit
Troostit <sup>3)</sup> . . . . .	Gefüge der zweiten Teilumwandlung der festen Lösung beim Abkühlen. Ferrit und Zementit in feinsten Verteilung; strukturlos, durch tiefbraune bis schwarze Färbung gekennzeichnet. (Seine Anwesenheit fällt mit dem Auftreten von Ar <sub>1</sub> ' zusammen.)
Sorbit . . . . .	fast strukturloses Perlgefüge mit wechselndem Kohlenstoffgehalt. Nächste, hellere Zerfallstufe des Troostits.

befindet, um von dort aus durch Abschreckung zwar die genügende Härte, aber andererseits auch genügend feinkörniges Gefüge zu bekommen. §

Zu beachten ist noch, daß das Eisen-Zementit-Diagramm in der Form, wie es geschildert wurde,

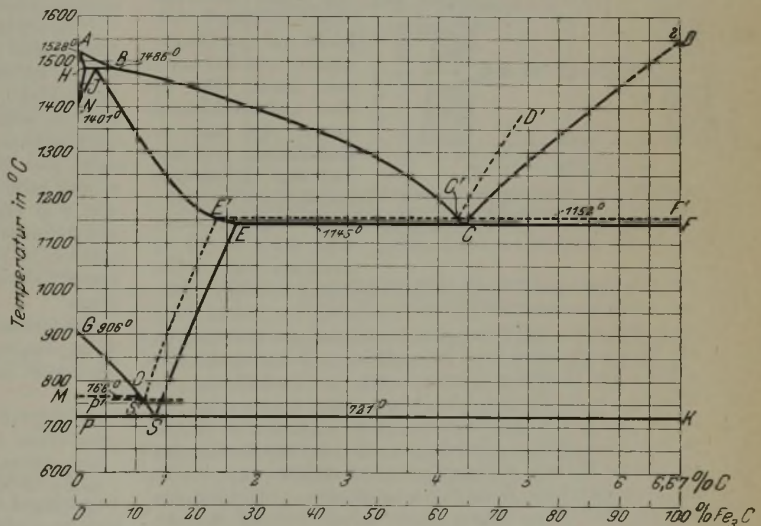


Abbildung 4. Einheitliche Buchstabenbezeichnung des Eisen-Zementit-Diagramms. Die punktierten Linien beziehen sich auf das Eisen-Graphit-System.

zunächst nur für ganz reine Eisen-Kohlenstoff-Legierungen gültig ist. Durch Anwesenheit anderer Bestandteile werden nämlich nicht nur die Diffusionsgeschwindigkeiten verändert, sondern auch, ganz ähnlich wie bei Anwendung größerer Abkühlungsgeschwindigkeiten, die Haltepunkte verschoben. Das Diagramm selbst behält aber bei normalen Mengen der gleichzeitig anwesenden Be-

<sup>3)</sup> Bekannt ist auch noch die Bezeichnung Osmondit für das bei 400° entstehende Anlaßprodukt des Martensits, das sich durch seine maximale Löslichkeit in Schwefelsäure auszeichnet.



standteile stets die Form, die es für reine Eisen-Zementit-Legierungen hat, bei, so daß alle Schlüsse in etwa auch auf die Legierungen übertragen werden können. Man wird nur

## Umschau.

### Reduktionszeiten der Eisenerze im Hochofen.

Die Ursache der Reduktionsträgheit der Gase nach der Wand des Hochofens zu dürfte wohl darin zu suchen sein, daß bei engem Gestell und weitem Kohlensack die Wandpartien sich wenig oder gar nicht mitbewegen und in der Hauptsache nur die Mitte des Ofens arbeitet. Deswegen sind auch in einer Ebene durchaus verschiedene Gaszusammensetzungen bzw. ein verschiedenes Verhältnis von  $\text{CO}_2$  :  $\text{CO}$  möglich. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß bei dem heute üblichen Profil lediglich die Mitte des Ofens Reduktionsarbeit verrichtet, die aber nach dem Rande zu immer schwächer wird, so daß die Wandpartien durch das Feststehen der Beschickung als nutzbarer Ofeninhalte für die Reduktion der Erze überhaupt nicht in Frage kommen<sup>1)</sup>. Je weiter der Kohlensack im Verhältnis zum Gestell, desto mehr arbeitet er als Generator und desto schlechter ist die prozentuale Ausnutzung des Gesamtofeninhalts für die Reduktionsarbeit; desto höher fällt aber auch der Koksverbrauch für die Tonne Roheisen aus. Den Amerikanern ist darin zuzustimmen, daß man die

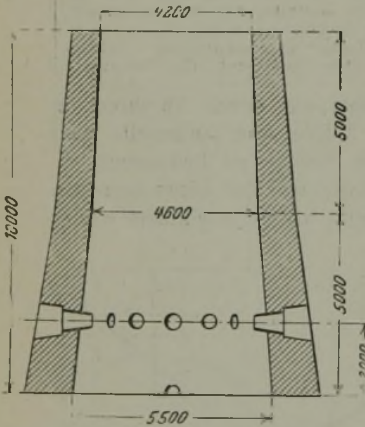


Abbildung 1. Teilweise staubgefeuerter rastloser Hochofen mit erweitertem Verbrennungsraum für eine Erzeugung von 350 bis 400 t/24 st bei 3 st Durchsatzzeit.

Durchsatzzeit im Hochofen bei entsprechender Erz- und Koksstückelung noch ganz wesentlich herabsetzen und damit bei der Wahl des richtigen Ofenprofils, d. h. bei einem Hochofen ohne Kohlensack, vielleicht auf eine Durchsatzzeit von 3 st kommen kann. Das ist aber gleichbedeutend damit, daß man je Kubikmeter Ofeninhalte eine Roheisenerzeugung von 1,5 bis 2 t in 24 st gegen bisher etwa 0,5 t in 24 st erreichen kann. Die Folge davon ist, daß die Hochofen wesentlich niedriger gehalten werden können, sofern die Stückelung der Beschickung der Reduktions- und Durchsatzzeit angepaßt ist. Dabei wären die Erze auch sonst noch in geeigneter Weise für die Reduktion im Hochofen vorzubereiten, bei Verhüttung von Minette, z. B. die hochkalkige sogar noch vorher zu rösten, um den Kohlsäureballast zu entfernen sowie die Reduktionsarbeit zu erleichtern. Es ist also künftig der Ofeninhalte für eine größere Erzeugung mehr in wagerechter als in senkrechter Richtung auszubauen. Ein Ofen für 350 bis 400 t Erzeugung würde daher etwa 10 m hoch werden und im übrigen nach Form und Abmessung der Abb. 1 entsprechen müssen<sup>2)</sup>.

Zur Durchführung des eigentlichen Hochofenprozesses ist dann vielleicht 400 bis 500 kg Stückkoks erforderlich, während der Rest des Wärmebedarfes billiger durch Verbrennung von einzublasendem Halbkoksstaub zu beschaffen wäre. Natürlich ist in diesem Falle nicht mehr die Hälfte des Gichtgases für anderweitige Verwendung als am Hochofen selbst verfügbar, wie dies bei dem bisherigen Koksauwand der Fall ist. Wann man dann erst noch dazu übergehen wird, den Stickstoffballast im Gabelwind durch Sauerstoffanreicherung zu verringern,

zweckmäßig vorher versuchsmäßig feststellen, um wieviel die Haltepunkte durch die Anwesenheit der vorhandenen Fremdkörper verschoben worden sind.

werden wir zu uns heute noch ganz unwahrscheinlich klein vorkommenden Hochofenabmessungen gelangen. Durch die Ausscheidung des Stickstoffballastes im Verbrennungswind beim Hochofen werden dann auch die Winderhitzer an Bedeutung verlieren oder ganz überflüssig werden, worin ein weiterer Vorteil zu erblicken ist.

Abgesehen davon, daß die dadurch bedingten tieferen Temperaturen die Gefahr des Hängens<sup>1)</sup> wesentlich vermindern, ist in dem oben vorgeschlagenen Hochofenprofil ein Allheilmittel gegen das Hängen der Beschickung zu erblicken; denn diese von oben bis unten sich erweiternde Ofenform ist die einzige, die eine ständige Auflockerung der Beschickung von der Gicht bis unter die Windformen gewährleistet und damit die Bildung von Widerlagen für das Hängegewölbe<sup>2)</sup> unmöglich macht. Bei feinem Material müßte der Neigungswinkel der Ofenwände kleiner sein als bei grobstückigem. Selbstverständlich trägt eine zweckmäßige Beschickungsvorrichtung stark dazu bei, die Hängegefahr zu mildern, aber als Radikalmittel zur Verhütung des Hängens kann nur der rastlose Hochofen in Betracht kommen.

Der Umstand, daß grobe Erzstücke eine wesentlich längere Zeit zur Reduktion und Schmelzung im Hochofen nötig haben als feine, sowie die Tatsache, daß die beste Wärmeausnutzung im Hochofen stattfindet, wenn die Verteilung der aufsteigenden Gase im ganzen Ofenquerschnitt gleichmäßig ist, legt den Gedanken nahe, daß es doch wohl zweckmäßiger sei, statt wie bisher das grobe mit dem feinen Erz zusammen zu verarbeiten, die beiden Gattungen jede für sich getrennt zu verhütten, und zwar die grobstückigen in einem hohen schlanken und die feinen Erze in einem niedrigen, dafür aber mehr in wagerechter Richtung ausgedehnten Hochofen, wie nebenstehend dargestellt ist.

Es wäre also alles Erz, soweit erforderlich, auf 75 mm Höchstmaß zu brechen, danach ist die Stückgröße 75 bis 10 mm als Stückerz und von 10 bis 1 mm als Feinerz zu betrachten. Der Entfall unter 1 mm ist zu agglomerieren oder zu briquetieren und je nach dem Ergebnis der einen oder anderen Sorte zuzufügen. Für das Stückerz kommt dann eine Koksgröße von 50 bis 120 mm in Betracht, so daß sich bei etwa 20 m Ofenhöhe eine Durchsatzzeit von 8 st ergibt, während dem Feinerz eine Koksgröße von 25 bis 50 mm entsprechen würde bei 3 bis 4 st Durchsatzzeit in 10 bis 12 m hohem rastlosen Ofen von Hohlkegelform mit etwa 5,5 m oberer und 7,5 m unterer lichter Weite.

Es ist anzunehmen, daß bei einer derartigen Betriebsweise die höchsten Wirkungsgrade erzielt werden, die überhaupt in einem Hochofen erreichbar sind.

C. Zix.

### Die Fließgrenze des Eisens.

A. Nada<sup>3)</sup> kennzeichnet in einem Beitrag zu obigem Gegenstand das Wesen der Fließgrenze des Eisens, wie sie sich im Zugdehnungsdiagramm darstellt, und befaßt sich sodann mit den Bedingungen, die den Eintritt von Fließvorgängen hervorrufen, und den Erscheinungen, die sie begleiten. Während eine plastische Tonmasse ihre Bildsamkeit der Verschiebung der einzelnen wasserbenetzten Teile gegeneinander verdankt, besitzt der einzelne Metallkristall eine gewisse eigene Verformbarkeit, die auf der Bildung von Gleitflächen beruht und sich durch das Auftreten von Gleitlinien im Schlißbild äußert. Für die mechanische Behandlung der beginnenden bleibenden Formänderung haben sich insbesondere die Mohrschen<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> St. u. E. 45 (1925), S. 180/2.

<sup>2)</sup> St. u. E. 34 (1914), S. 1335.

<sup>3)</sup> Schweiz. Bauz. 83 (1924), S. 157.

<sup>4)</sup> Z. V. d. I. 45 (1901), S. 740/4.

<sup>1)</sup> Vgl. St. u. E. 42 (1922), S. 1284/7.

<sup>2)</sup> St. u. E. 43 (1923), S. 949/50.



Gesetzmäßigkeiten bewährt, wonach die größte Schubspannung oder die Differenz der Hauptspannungen für den Eintritt des Fließens oder die Bruchgrenze maßgebend ist und die Grenzen gleicher Spannungszustände sich aus der Umhüllenden der Hauptspannungskreise ergeben. Die zu dieser Theorie im Gegensatz stehenden Versuchsergebnisse H. Bontes<sup>1)</sup>, die an Stäben und Ringen bei gleichzeitiger Zug- und Verdrehungsbeanspruchung gewonnen wurden, versucht der Verfasser mit der Art der Kraftmessung zu erklären, wobei er das von Bonte beobachtete Absinken des Wagebalkens der Maschine nicht als Beginn des ersten Fließens ansieht, sondern als den Augenblick, in dem sich der Fließvorgang über den ganzen Stabquerschnitt ausgebreitet hat. Im experimentellen Teil seiner Arbeit beschäftigt sich der Verfasser mit der Beobachtung der Fließfiguren während ihrer Entstehung und Ausbreitung auf den Seitenflächen polierter Eisenversuchskörper. Ein Hilfsmittel, geringfügige Aenderungen sichtbar zu machen, bildete die Beobachtung einer vom Versuchskörper reflektierten Lichtquelle nach der sogenannten Töplerschen Schlierenmethode. An einer Reihe von Einzelversuchen werden die auf ungleichmäßiger Spannungsverteilung beruhenden Unregelmäßigkeiten, die Richtung der gleitenden Bewegung und das Profil, sowie die Oberflächenbeschaffenheit der einzelnen Fließstreifen gezeigt. Die mikroskopische Oberflächenbetrachtung ergibt, daß feines Korn zumeist starkes Abfallen der Last an der Fließgrenze und das Auftreten einzelner deutlicher Fließstreifen zur Folge hat, während bei grobem Korn die polierte Oberfläche gleichmäßig matt, dafür aber die innerkristalline Gleitung um so schöner sichtbar wird. Daß Querschnittsschwächungen den Anlaß zur Entstehung von Gleitflächen bilden, geht aus den Versuchen an gelochten und gekerbten Druck- und Zugkörpern hervor. Es wird daran die Vermutung geknüpft, daß in ähnlicher Weise Lücken und Spalten in der Besetzung der Atomreihen des Kristallgitters auslösende Ursache für die innerkristalline Gleitung längs der im Gitter festgelegten Ebenen leichtester Verschiebbarkeit sein könnten. Spannungserhöhungen durch zusätzliche Biegungsbeanspruchungen können ebenfalls die Entstehung der ersten Fließfiguren veranlassen. Außer den deutlich ausgeprägten Fließstreifen, die im Sinne der größten Schubspannungen verlaufen, und in denen das Material in einer bestimmten Richtung fließt, treten auch breite matte Fließbänder auf, deren Grenzen oftmals ohne Bezugnahme zur Schubspannungsrichtung fortschreiten. Hier sind offenbar verschiedene Gleitrichtungen verteilt. Eine regelmäßig wiederkehrende Erscheinung bei den Versuchen mit weichem Eisen ist das Abfallen der Last in dem Augenblick, in dem sich eine Fließfigur über den ganzen Stabquerschnitt ausbreitet.

H. Meyer, Hamborn.

### Eine halbselfsttätige Anordnung zur Aufnahme reziproker Geschwindigkeitskurven (Osmond-Kurven) in der thermischen Analyse.

Von den verfeinerten Verfahren der thermischen Analyse besitzt das klassische von F. Osmond besondere Bedeutung. Dieses verdient nicht nur vom theoretischen Standpunkt aus seiner eindeutigen Interpretation wegen vor anderen Verfahren den Vorrang, auch seine verhältnismäßig einfache Durchführbarkeit infolge des Fehlens von Vergleichskörpern, die das Verfahren von Roberts-Austen beschweren, läßt es der Beachtung besonders wert erscheinen<sup>2)</sup>. Leider steht der praktischen Anwendung bisher entgegen, daß diese in Ermangelung selbsttätig arbeitender Einrichtungen rein subjektiv erfolgen muß, dabei gehen naturgemäß auch bei bestgeübten Beobachtern häufig gerade die wichtigsten Feinheiten verloren oder erleiden zum mindesten starke Einbuße in ihrem dokumentarischen Wert. Daher verdient eine von H. J. French angegebene und im Bureau of Standards erprobte

halbselfsttätige Anordnung<sup>1)</sup> Beachtung; leider sind ihre mechanischen Anforderungen so hoch, daß eine weitere Verbreitung im gegenwärtigen Zeitpunkt kaum möglich sein wird. Im nachstehenden soll trotzdem eine kurze Beschreibung gegeben werden, da der Grundgedanke vielleicht zu einfacheren und damit weniger kostspieligen Nachkonstruktionen anregt.

Das Verfahren von Osmond beruht auf der Aufnahme der umgekehrten Abkühlungsgeschwindigkeit  $\frac{d t}{d \theta}$

in Abhängigkeit von der Temperatur

$$\frac{d t}{d \theta} = \varphi(\theta).$$

Bei der subjektiven Ausführung wird zu diesem Zweck die Zeit gemessen, die zur Abkühlung um jeweils gleiche Temperaturintervalle benötigt wird. Bei der halbselfsttätigen Anordnung von French erfolgt diese Zeitmessung dem Wesen nach dadurch, daß je zu Beginn des zugrunde gelegten Temperaturintervalls ein linear mit der Zeit verlaufendes Ereignis ausgelöst und der nach Durchschreiten des Intervalles erreichte Betrag dieses Ereignisses in Abhängigkeit von der Zeit notiert wird. Zu diesem Zweck sind über eine Registriertrommel T (Abb. 1) zwei Wagen

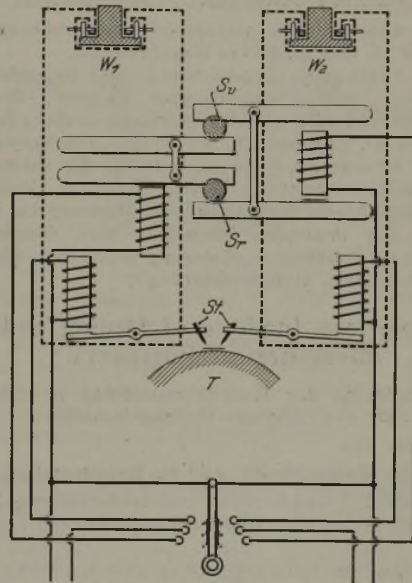


Abbildung 1. Halbselfsttätige Anordnung zur Aufnahme von Osmond-Kurven.

$W_1$  und  $W_2$  angebracht, die auf Schienen parallel zur Mantellinie der Trommel laufen; unterhalb der Schienen befinden sich zwei Schraubenspindeln,  $S_v$  und  $S_r$ , die durch einen Motor mit gleichmäßiger Geschwindigkeit gedreht werden. Bei Beginn je eines der Messung unterlegten Temperaturintervalle wird durch Tastung des Beobachters einer der Wagen elektromagnetisch mit der Spindel  $S_v$  gekuppelt und bewegt sich nun mit gleichförmiger Geschwindigkeit über die Trommel hin. Bei der folgenden Tastung nach Ablauf des ersten bzw. zu Beginn des nächsten Intervalles wird der Ausschlag dieses Wagens aus der Ruhelage auf der darunterliegenden Trommel mittels Schreibstift  $St$  und Schreibmaschinenband notiert; dieser Ausschlag stellt ein Maß für das Zeitintervall  $\Delta t$  dar. Gleichzeitig wird der Wagen von der Vorwärtsschraube abgetrennt und mit der Spindel  $S_r$  für die Rückwärtsbewegung gekuppelt, die ihn mit der zehnfachen Geschwindigkeit in die Ausgangsstellung zurückbringt. Ferner wird durch die gleiche Tastung der zweite Wagen mit der Vorwärtsspindel verbunden, so daß ständig ein Wagen zur Messung der Zeiten vorwärtsschreitet, während der andere in die Ausgangsstellung zurückkehrt und dort

<sup>1)</sup> Z. V. d. I. 64 (1920), S. 1071.

<sup>2)</sup> F. Wever und K. Apel: Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 4 (1923), S. 87.

<sup>1)</sup> Techn. Papers Bureau of Standards Nr. 230 (1923).



für die nächste Messung bereitsteht. Schließlich wird noch die Schreibtrommel T durch jede Tastung um einen Zahn eines Sperrades vorwärts bewegt; damit wird die Abszisse in einfacher Weise der Temperatur proportional gemacht, so daß die erhaltene punktierte Kurve unmittelbar die Funktion

$$\frac{\Delta t}{\Delta \theta} = \varphi(\theta)$$

darstellt. Nach den von French beigegebenen Mustern ist die erreichte Empfindlichkeit nicht übermäßig groß, so daß sie zur Entscheidung besonders kritischer Fragen kaum ausreichen dürfte.

Weitere mechanische Einzelheiten müssen aus dem Original entnommen werden. Dem Berichterstatter lag nur daran, den Grundgedanken zu kennzeichnen und damit zu Nachkonstruktionen anzuregen. Bei diesen könnte das mit der Zeit linear ablaufende Ereignis wesentlich einfacher, etwa durch die langsame Entladung eines Kondensators über einen hohen Widerstand oder durch die Rückkehr eines stark gedämpften Galvanometers in die Ruhelage, dargestellt werden. F. Wever.

### Aus Fachvereinen.

#### Hafenbautechnische Gesellschaft.

Die diesjährige 7. ordentliche Hauptversammlung findet am 22. und 23. Mai in Breslau statt.

Die vorläufige Tagesordnung sieht folgende Vorträge vor: Oderstrombaudirektor Fabian, Breslau: „Die obere und mittlere Oder als Wasserstraße“; Reichsminister a. D. Dr.-Ing. e. h. Gothein: „Die Notwendigkeit des Ottmächauer Staubeckens für die Oderschiffahrt“; Regierungsrat Dr. Werner Teubert, Potsdam: „Verkehrspolitische Maßnahmen zur Stärkung des Wettbewerbs der deutschen Seehäfen“ und Oberbaurat Wundram, Hamburg: „Neuerungen auf dem Gebiete der mechanischen Hafenausrüstung“.

#### American Institute of Mining and Metallurgical Engineers.

Gelegentlich der Herbstversammlung im Oktober 1924 wurden u. a. folgende Vorträge gehalten:

Ueber den

Einfluß des Koksschwefels auf die Roheisenselbstkosten berichtete T.L. Joseph. Auf Grund der Betriebsergebnisse von 36 Hochöfen aufgestellte Schwefelbilanzen ergaben,

Zahlentafel 1. Einwirkung des Koksschwefels auf Schlackenmenge und Koksverbrauch.

Gruppe 1				Gruppe 2				Gruppe 3				Gruppe 4			
Ofennummer	Schwefel im Koks	Schlacke je t Roheisen	Koksverbrauch	Ofennummer	Schwefel im Koks	Schlacke je t Roheisen	Koksverbrauch	Ofennummer	Schwefel im Koks	Schlacke je t Roheisen	Koksverbrauch	Ofennummer	Schwefel im Koks	Schlacke je t Roheisen	Koksverbrauch
	%	kg	kg		%	kg	kg		%	kg	kg		%	kg	kg
15	0,61	408	859	23	0,76	418	860	10	0,89	428	885	29	1,20	561	937
16	0,61	482	876	48	0,76	469	995	11	0,89	447	858	30	1,20	550	921
25	0,76	342	850	38	0,80	479	790	6	0,90	410	865	31	1,20	552	966
32	0,76	432	979	4	0,82	362	773	17	1,14	426	871	28	1,30	633	1000
34	0,76	405	— <sup>1)</sup>	2	0,83	419	780	20	1,15	459	980	22	1,43	503	995
50	0,76	474	— <sup>1)</sup>	9	0,83	411	884	49	1,16	443	832	27	1,45	760	995
33	0,76	386	886	12	0,83	376	837	5	1,18	665	946	39	1,50	683	1058
24	0,76	344	875	36	0,86	642	816	1	1,18	620	1111	40	1,50	682	1116
26	0,76	481	865	37	0,86	366	787	3	1,20	630	939	41	1,50	733	1117
Durchschnitt	0,72	429	883		0,81	447	836		1,07	513	921		1,36	628	1011

daß etwa 92% des Gesamtschwefels mit dem Koks, 7% mit dem Erz und 1% mit dem Kalkstein aufgegeben werden. Die spezifische Schlackenmenge kann allgemein unter sonst gleichen Voraussetzungen als Maßstab für die Höhe des Schwefelgehaltes in den Schmelzstoffen ange-

<sup>1)</sup> Die Zahlen wurden nicht angegeben, weil der Koksverbrauch durch andere Einflüsse gestört war.

sehen werden. Wenn große Schwefelmengen unschädlich zu machen sind, so muß die Schlackenmenge erhöht werden, oder es steigt der Schwefelgehalt der Schlacke. Der Vergrößerung der spezifischen Schlackenmenge gibt man besonders dann gern den Vorzug, wenn dauernd Koks mit hohem Schwefelgehalt verhüttet werden muß, um in besonderen Fällen gegen unvermeidliche Spitzen geschützt zu sein. Die Untersuchung von 36 Hochöfen zeigte, daß ein ziemlich konstantes Verhältnis zwischen Schlackenmenge und Koksschwefelgehalt besteht (Zahlentafel 1), das jedoch für deutsche Verhältnisse nur bedingte Gültigkeit hat, weil infolge des niedrigeren Erzausbringens

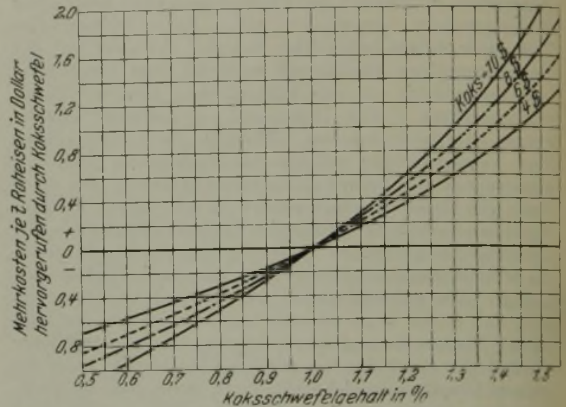


Abbildung 1. Einwirkung des Koksschwefels auf die Roheisenselbstkosten.

vielfach mit einem Schlackenüberschuß gearbeitet werden muß.

Die Schlußfolgerungen der Zahlentafel 1 sind in einem Schaubild (Abb. 1) ausgewertet, welches die Einwirkung des Koksschwefels auf die Roheisenselbstkosten veranschaulicht. Als Normalschwefelgehalt im Hochofenkoks wurde für die Rechnung 1% S festgelegt, die Betrachtungen gelten für einen 500-t-Hochofen mit sonst gleichmäßigen Betriebsverhältnissen und einer jährlichen Belastung für Amortisation, Unterhaltungskosten usw. von 400 000 \$. Steigt unter sonst gleichen Voraussetzungen der Koksverbrauch, so nimmt die Erzeugung ab, und die Belastung je Tonne Roheisen durch allgemeine Unkosten nimmt zu. Der Kalkstein kostet 1,40 \$ je t, die Kalksteinmenge ist der Zahlentafel 1 zu entnehmen.

Im südlichen amerikanischen Industriebezirk sind umfangreiche Untersuchungen im Gange, die Schwefelungs- und Entschwefelungszone im Hochofen genau festzulegen. Zur Beurteilung des Schwefelproblems ist es von größter Bedeutung, über die Höhe der Ersparnisse bei der Verhüttung von schwefelarmem Hochofenkoks Klarheit zu bekommen.

Duisburg.

Dr.-Ing. A. Wagner.



H. E. Mussey, Woodward, hielt einen Vortrag über den

**Hochofenbetrieb im Staate Alabama, U.S.A.**

Er stellte die Steigerung der Ofenleistung von 1888 und 1924 gegenüber; danach erzeugte 1888 der größte Ofen im dortigen Gebiete 167 t Roheisen den Tag, während in den ersten drei Monaten des Jahres 1924 die Erzeugung im Durchschnitt 470 t betrug bei einem Ofeninhalte von 430 bzw. 610 m<sup>3</sup> und einem Gestelldurchmesser von 3,35 bzw. 5,32 m.

Die Erzdecke für die Hochofenwerke sind die Clinton-Erze des Red Mountain. Die Zusammensetzung des Erzes ist folgende: Fe = 32 bis 39 %; SiO<sub>2</sub> = 10 bis 21 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 3 bis 4 %; CaO = 9 bis 19 %; MgO = 0,15 bis 0,17 %; P = 0,28 bis 0,38 %. Außerdem wird noch ein

An Eisen wird Gießerei- und Stahleisen hergestellt, in geringen Mengen auch Ferromangan und ein Eisen mit niedrigem Phosphorgehalt unter hohem Zusatz von Schrott für die Masselformen.

Die Verteilung der Beschickung geschieht bei den Einfach-Skip-Oefen automatisch (Abb. 1). Oberhalb der Glocke sind bewegliche Ablenkplatten angebracht, welche sich bei jeder Gicht um 90° drehen und die Beschickung nach dem bekannten Probenahmeprinzip teilt und verhindert, daß das Feinerz in dem Ofen in größeren Mengen an eine Stelle fällt. Die Bewegung der Scheidewände wird durch kleine Dampfzylinder, die mit den Zylindern der kleinen Glocke gekuppelt sind, herbeigeführt. Die Einrichtung soll sich gut bewährt haben. Die erste Zustellung hielt eine Erzeugung von rd.

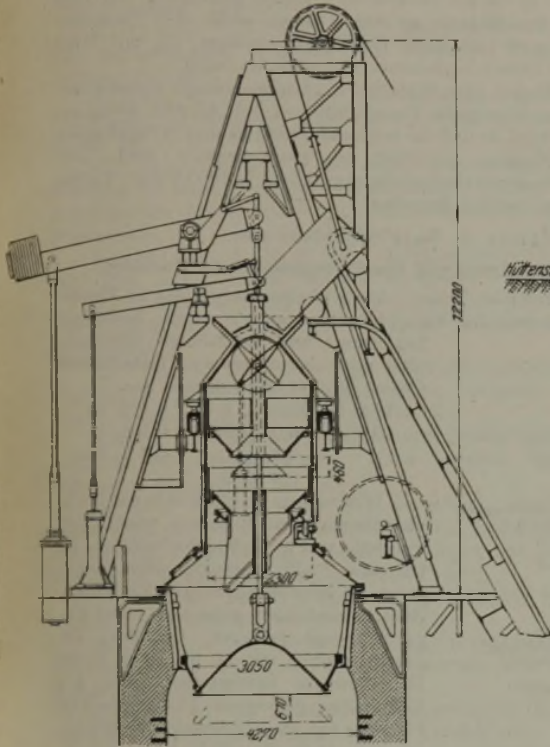


Abbildung 1. Gichtverschluß mit Verteilungseinrichtung.

Brauneisenstein verhüttet, der in Tongruben vorkommt und mit Hilfe von Dampfschauteln gefördert wird. Dieses Erz wird gewaschen und hat dann folgende Gehalte: Fe = 48 %; SiO<sub>2</sub> = 11 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 3,6 %; Kalk = 0,8 %; P = 0,38 %; S = 0,09 %.

Als Zuschlag dient, da kein Kalkstein mit geringem Kieselsäuregehalt und niedriger Fracht zu erhalten ist, ein Dolomit. Der Dolomit wird gebrochen auf eine Größe von 100 mm. Das entfallende Fein wird gesiebt, gewaschen und im Martinofen verwandt.

Der Koks wird hergestellt aus Pratt-Kohle in Koppers- und Semet-Solvay-Oefen. Die Porosität des Kokes konnte durch niedrige Ofentemperaturen und kürzere Garungszeiten von 33 % auf 53 % gebracht werden. Die besten Erfolge im Hochofen erreicht man bei einer Porosität von 42,5 bis 44 %. Der Koks wird gebrochen und über ein 15-mm-Sieb abgesiebt. Das Fein wird unter den Kesseln verbrannt. Der Aschengehalt der Kohle wird durch Waschen bedeutend erniedrigt, so daß der Aschengehalt in der Kohle 4 bis 5,5 % beträgt. Der Koks hat etwa folgende Zusammensetzung: flüchtige Bestandteile 1 %; gebundener Kohlenstoff 88 %; Aschengehalt 9 %; Schwefel 1 %.

Die Hochofenschlacke wird zum größten Teil erstarrten gelassen und als Wegebau- und Betonmaterial verwandt, ein geringer Teil wird granuliert und zur Zementfabrikation benutzt.

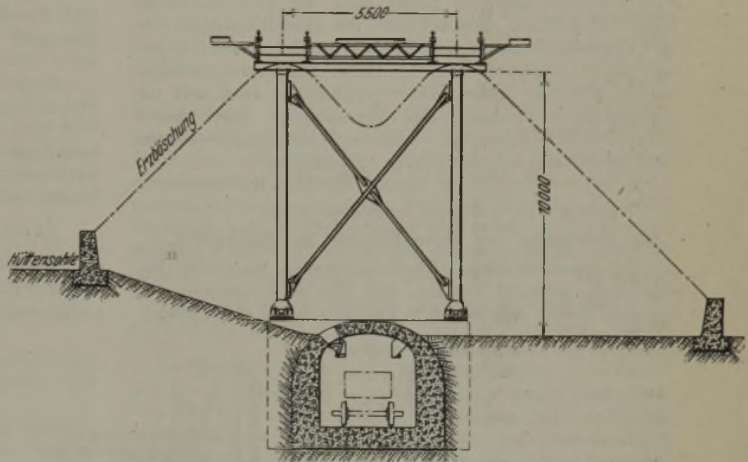


Abbildung 2. Schnitt durch einen Erzlagerplatz mit Hochbrücke und Erzabzugskanal.

1 450 000 t Roheisen bei einer Beschickungsmenge von rd. 6 250 000 t aus.

Die Zustellung der Oefen im Alabama-Gebiet bietet nichts Neues. Der in der Abhandlung beschriebene Staubabscheider kommt für deutsche Verhältnisse nicht in Frage, da derselbe nur einen Reinheitsgrad des Hochofengases von 2 g/m<sup>3</sup> ermöglicht.

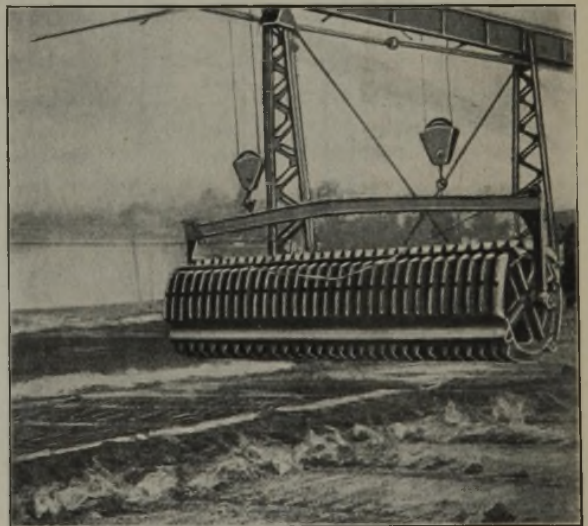


Abbildung 3. Masselformmaschine.

Eigentliche Erztaschen in unserem Sinne gibt es in diesem Gebiet nicht. Man hat nicht mit großer Kälte zu rechnen, und die Erzgruben sind in nächster Nähe der Hütten. Eine sehr einfache, billige Art der Erzlagerung ist die in Abb. 2 dargestellte Hochbrücke mit Ladetunnel.



Die auf dem Woodward-Hochofenwerk in Gebrauch befindliche Sandaufbereitungs- und Masselformmaschine ist nicht so gut durchkonstruiert wie die von der Maschinenfabrik Tigler und der Aktien-Gesellschaft für Hüttenbetrieb in Duisburg-Meiderich<sup>1)</sup>. Nachdem die Masseln entfernt sind, wird das Gießbett besprengt, so daß dasselbe gleichmäßig feucht ist und sich die noch darin befindlichen Eisenstücke zeigen. Dieselben werden vor dem Aufbereiten entfernt. Die Sandaufbereitungsmaschine, die getrennt von der Masselformmaschine arbeitet, besteht aus einem viereckigen Gestell. Vorne sind die Messer, hinten die Planierbleche und an den Seiten schiffenartige Kufen, um das zu tiefe Eindringen in den Sand zu verhindern. Die Messer lockern den Boden bis zu einer Tiefe von 25 bis 30 cm auf. Das eggenartige Gebilde wird zweimal über das ganze Bett, am Gießhallenkran hängend, geführt. Hierauf tritt die Masselformmaschine in Tätigkeit. Diese besteht nach Abb. 3 im wesentlichen aus einem wagrecht am Laufkran hängenden quadratischen Prisma, dessen Seiten zyklonisch sind und die Massellöcher tragen. Der Masselkamm wird durch einen Brecher gebrochen oder auf einem gesonderten Bett durch einen Lufthammer zerschlagen.

Dr. Ing. v. Schwarze.

Theodore Swann berichtete über

Die Erzeugung von Ferrophosphor im Elektroofen.

In amerikanischen Blechwalzwerken war die Beobachtung gemacht worden, daß Bleche, hergestellt aus dem Süden stammendem Eisen, sich bei einer niedri-

ging aber aus Zweckmäßigkeitsgründen später zur Erzeugung von Ferrophosphor im elektrischen Ofen über, das in entsprechenden Mengen dem Bad im Herdofen oder in der Pfanne zugeben wurde.

Im elektrischen Ofen erzeugtes Ferrophosphor wird in zwei Sorten auf den Markt gebracht, und zwar mit einem Gehalt von 17 bis 19 % bzw. einem solchen von 23 bis 25 % P. Durchschnittsanalysen für diese beiden Arten sind nachstehend angeführt:

P	Si	S	C	Fe	Versch.
18,000	0,500	0,005	0,250	80,000	1,245
24,000	0,750	0,005	0,250	74,000	0,995

Bei der Erzeugung des 18er Ferrophosphors wird in einem offenen, bei der Erzeugung des 24er in einem geschlossenen Ofen gearbeitet, um die stark phosphorhaltigen Gase gewinnen zu können. Durch Zuführung von Luft und Feuchtigkeit zu diesen Gasen bildet sich Phosphor-pentoxyd und dann Orthophosphorsäure, die mit Hilfe des Cottrell-Verfahrens abgeschieden wird.

Metall und Schlacke werden zusammen abgestochen und in eine große Eisenkokille geleitet, die mit Metall gefüllt wird, so daß die Schlacke überläuft und in Sandbetten aufgefangen, abgekühlt und aufgebrochen wird. Der Elektrodenverbrauch beträgt 2,3 kg je 1000 kWst. Leider fehlen weitere Angaben.

James A. Barr berichtete über

Die Erzeugung von Ferrophosphor im Hochofen

in Rockdale, Tenn. Als typische Analyse des im Handel vorkommenden Ferrophosphors (einer porösen, brüchigen Legierung mit kristalliner Struktur, oft mit einem blauen metallischen Glanz) gibt er die folgende an:

18,0 bis 22,0 %	P	0,1 %	Si
80,0 „	76,0 %	0,1 %	C
	0,2 %	0,2 %	Mn.
	0,3 %		S

1898 wurde in Rockdale ein hochphosphorhaltiges Roheisen unter Verwendung von hochphosphorhaltigen, an Ort und Stelle vorkommenden Eisenerzen im Hochofen erzeugt. Nach manchen Fehlschlägen gelang es unter Zugabe phosphorhaltigen Gesteins, ein Ferrophosphor mit 18 bis 20 % P im Dauerbetriebe herzustellen. Das zur Verwendung gelangende phosphorhaltige Eisenerz hat etwa folgende Zusammensetzung: 45 % Fe; 10 % SiO<sub>2</sub>; 2 % P. Die durchschnittliche Zusammensetzung des phosphorhaltigen Gesteins ist die folgende: 76,0 bis 78,0 % Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (entsprechend 15,2 bis 15,6 % P); 4,5 % SiO<sub>2</sub>; 5,0 % CaCO<sub>3</sub>.

Der Hochofen hat eine Höhe von 12,2 m, einen inneren Gestelldurchmesser von 2,5 m, einen Kohlsackdurchmesser von 3,7 m; der Rastwinkel beträgt 80°. Gestell und Rast sind wassergekühlt. Der auf etwa 430° vorgewärmte Wind wird durch 6 wassergekühlte Bronzeformen einblasen. In Abb. 1 sind links die nach Stoughton im Blashochofen bei gewöhnlichem Betrieb vor sich gehenden Reaktionen angegeben, rechts die bei der Erzeugung von Ferrophosphor in Frage kommenden (nach J. J. Gray, der in

Rockdale das Verfahren ausgearbeitet hat). Die Leistungsfähigkeit des Ofens beträgt 35 t/24 st.

Das Metall wird alle 6 st, die Schlacke alle 3 st abgestochen. Die Schlacke hat folgende Durchschnittsanalyse: 5,18 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 43,59 % SiO<sub>2</sub>; 35,18 % CaO; 4,96 % FeO; 7,33 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,07 % S; 0,54 % MnO.

Die Angaben über die Arbeitsweise sind nicht vollständig genug, um darauf eine eingehende Beurteilung aufbauen zu können.

R. Durrer.

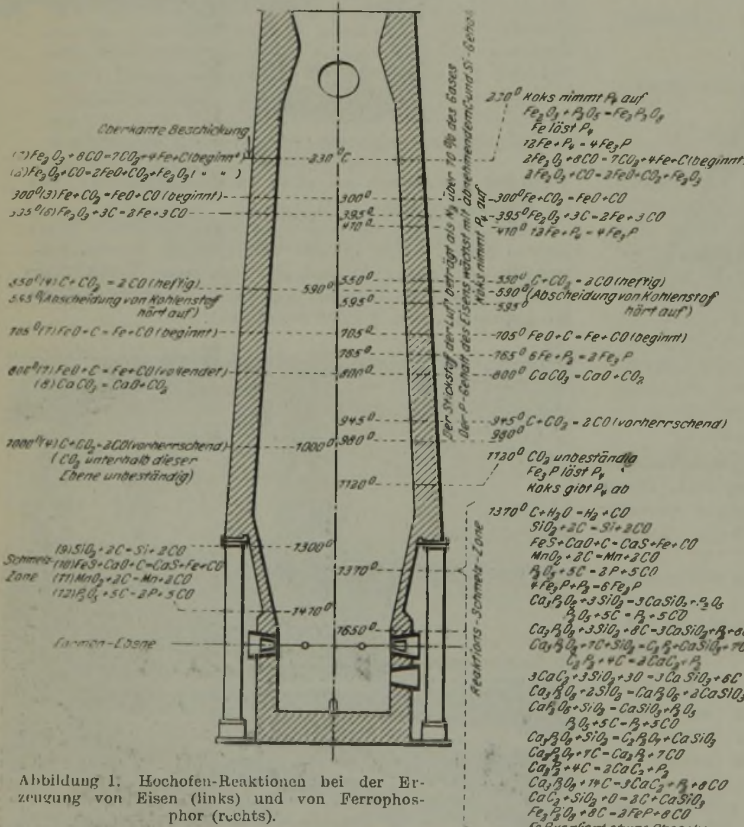


Abbildung 1. Hochofen-Reaktionen bei der Erzeugung von Eisen (links) und von Ferrophosphor (rechts).

geren Temperatur walzen ließen als die übrigen, und daß infolgedessen ein Zusammenkleben nicht stattfand. Die Ursache wurde in dem höheren Phosphorgehalte des südlichen Eisens gefunden. Es wurde zunächst versucht, diesem Umstande dadurch gerecht zu werden, daß man dem Hochofen, der das für die Bleche in Frage kommende Eisen herstellte, phosphorhaltiges Gestein zusetzte; man

<sup>1)</sup> St. u. E. 44 (1924), S. 1971/2.



## Patentbericht.

### Deutsche Patentanmeldungen<sup>1)</sup>.

(Patentblatt Nr. 9 vom 5. März 1925.)

Kl. 1 b, Gr. 1, M 82 636. Magnetscheider. Magnetwerk, G. m. b. H., Eisenach, Eisenach.

Kl. 7 e, Gr. 7, K 87 829. Kaltpresse zur Herstellung von Nägeln, Nieten u. dgl. Joseph Kuhne, Iserlohn i. W.

Kl. 10 a, Gr. 17, M 85 100. Einrichtung zum trocknen Löschens von Koks. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, A.-G., Nürnberg.

Kl. 18 b, Gr. 20, A 41 094. Verfahren zur Herstellung kohlenstoff- und siliziumarmer bzw. siliziumfreier Chrom- und Manganlegierungen. Aktiebolaget Ferrolegeringar, Stockholm.

Kl. 18 c, Gr. 1, M 84 924. Verfahren zur Herstellung von hochwertigem Grauguß. Fa. Meier & Weichelt, Leipzig-Lindenu.

Kl. 18 c, Gr. 10, G 60 245. Beschickungsvorrichtung für Warm- und Glühöfen. Karl Grewe, Bielefeld, Heeperstraße 16.

Kl. 24 c, Gr. 10, B 106 452. Gasfeuerungseinrichtung an Kesseln mit Beheizung durch Abhitze aus unterbrochen arbeitenden Betrieben. Maschinenfabrik Niederrhein, G. m. b. H., Duisburg.

Kl. 24 l, Gr. 1, H 92 994. Kohlenstaubfeuerung. Dipl.-Ing. Julius Haack, Bottrop bei Essen

Kl. 31 a, Gr. 4, G 61 854. Einrichtung zum Trocknen von Gußformen. Gelsenkirchener Bergwerks-Akt.-Ges., Gelsenkirchen.

Kl. 31 b, Gr. 10, B 115 107. Schleudervorrichtung zum Füllen von Gußkästen. Elmer Oscar Beardsley und Walter Francis Piper, Chicago (V. St. A.).

Kl. 31 c, Gr. 6, S 65 799. Misch- und Zerkleinerungsmaschine für Gießereizwecke. Felix Simons, Berlin-Wittenau, Heiligental 11.

Kl. 31 c, Gr. 25, S 66 533. Verfahren zur Herstellung des Bodens der Explosionskammern von Motoren mit innerer Verbrennung. Societé Anonyme des Automobiles et Cycles Peugeot, Levallois-Perret.

Kl. 31 c, Gr. 26, L 61 909. Schöpfgefäß für Gießmaschinen. Luma-Werke, A.-G., Zürich.

Kl. 42 c, Gr. 42, K 92 294. Ausgleicheinrichtung für Hohlwalzen. Fried. Krupp, Grusonwerk, Akt.-Ges., Magdeburg-Buckau.

Kl. 42 k, Gr. 20, D 45 742. Mechanischer Kraftantrieb für Materialprüfmaschinen. Düsseldorfer Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vorm. J. Losenhausen, Düsseldorf-Grafenberg.

Kl. 80 b, Gr. 8, St 37 524. Verfahren zur Herstellung von Magnesitsteinen. Dr. Eduard Steinhoff, Dortmund, Rheinische Str. 169.

### Deutsche Gebrauchsmustereintragungen.

(Patentblatt Nr. 9 vom 5. März 1925.)

Kl. 18 a, Nr. 900 147. Vorrichtung zur Dampferzeugung durch Abgase von Industrieöfen. Dipl.-Ing. Edgard Feind, Radeberg.

Kl. 18 b, Nr. 900 601. Behälter zum Windfrischen. Fried. Krupp, Akt.-Ges., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen (Niederrh.).

Kl. 19 a, Nr. 900 309. Bogengleis. Leonhard Weiß, Göppingen.

Kl. 19 a, Nr. 900 371. Außenschiene für Bogengleise. Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten-Akt.-Ges., Dortmund.

Kl. 20 d, Nr. 900 022. Vollscheibenrad aus Profileisen. E. F. Hirsch, Charlottenburg, Fasanenstr. 20.

Kl. 24 e, Nr. 900 142. Eiserner Retorte für Generatoren u. dgl. Hans Bergemann & Co., Maschinenfabrik und Apparatebauanstalt, Halle a. d. S.

Kl. 31 c, Nr. 900 603. Vorrichtung zum Gießen von zylindrischen Körpern im Zentrifugalguß. Dipl.-Ing. Willibald Raym, Deuz i. W.

Kl. 31 c, Nr. 900 605. Vorrichtung zum Gießen von Führungsbacken u. dgl. für Walzwerke. Dipl.-Ing. Willibald Raym, Deuz i. W.

Kl. 35 b, Nr. 900 105. Lasthebemagnet. Rheinische Metallwaaren- und Maschinenfabrik, Düsseldorf-Derendorf.

Kl. 35 b, Nr. 900 655. Doppelantrieb für Krane u. dgl. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, A.-G., Nürnberg.

Kl. 42 i, Nr. 900 429. Anschlußvorrichtung an Pyrometern. Siemens & Halske, Akt.-Ges., Berlin-Siemensstadt.

### Deutsche Reichspatente.

Kl. 18 a, Gr. 3, Nr. 404 699, vom 16. Oktober 1921. Franz Burgers in Gelsenkirchen. *Verfahren zum Verhütten von Erzen.*

Reduktionskräftige, vorgewärmte Gase, wie z. B. Koksstoffgas, Methan oder andere Kohlenwasserstoffe, werden an geeigneter Stelle in die Reduktionszone des Hochofens eingeführt, um so die Arbeit des Gestells zu erleichtern und unter Steigerung der Produktion den Koksverbrauch herabzumindern. Die Gase werden unter Vorwärmung auf die Temperatur der Zone, in der sie verwendet werden, unter Druck durch geeignete Vorrichtungen, Roste, Düsen u. dgl. in die Oefen eingepreßt.

Kl. 18 a, Gr. 6, Nr. 406 155, vom 5. Juni 1924. Ardetwerke, G. m. b. H., in Eberswalde, Mark. *Schrägaufzug zum Beschicken von Schmelz-, namentlich Kuppelöfen.*

Wenn durch einen Aufzug sowohl ein größerer als auch ein kleinerer Ofen mit verschiedener Einwurfhöhe beschickt werden sollen, erhält die in dem Aufzugsgerüst a befindliche schräge Führungsbahn b entsprechend der Zahl und Höhe der verschiedenen zu beschickenden Kuppelöfen Zweigeleise d e, von denen das jeweils nicht benutzte durch eine Verriegelung c an seinem Eintrittsende geschlossen gehalten wird. Damit bei entriegeltem Zweig der Beschickungswagen selbsttätig in diesen übergeführt wird, hat er nach der Abzweigseite Uebergewicht. Auch kann die Verschiebung der Abschlußplatte für das Zweigeleise selbsttätig dadurch herbeigeführt werden, daß diese in

Abhängigkeit von einem Wendeselbstanlasser selbsttätig gesteuert wird.

Kl. 18 b, Gr. 20, Nr. 407 249, vom 24. April 1923. Schwedische Priorität vom 14. Februar 1923. Aktiebolaget Ferrolegeringar in Stockholm. *Verfahren, einem Metall oder einer Legierung Wärme zuzuführen.*

Ein stromleitender Körper oder eine Elektrode aus Metall oder einer Legierung von größerem spezifischem Gewicht als die Schlacke wird in das Schlackenbad so tief hineingesteckt gehalten, daß bei geeignetem Spannungsunterschied zwischen dem Metallkörper und der Schlacke ein elektrischer Strom von geeigneter Stärke von dem genannten Körper zum Schlackenbad selbst übergeht und dabei eine Ueberhitzung des von dem Körper durch Einwirkung der von dem Strom erzeugten Wärme abgeschmolzenen Metalls (oder Legierung) bewirkt, das dann durch das Schlackenbad herabsinkt und Wärme an das darunter befindliche Metall oder die Legierung überführt und gegebenenfalls sich mit dem genannten Metall oder der Legierung legiert. Das Verfahren kann z. B. zur Herstellung von kohlenstoffarmem Ferrochrom oder auch von Legierungen von Kupfer und Zink Anwendung finden. Die Vorteile des Verfahrens sind äußerst niedriger Energieverbrauch und fast keine Verluste an Metall.

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



**Statistisches.**

**Frankreichs Roheisen- und Rohstahlerzeugung im Januar 1925.**

	Puddel-	Gießerei-	Bessemer-	Thomas-	Verschiedenes	Insgesamt	Davon		Bessemer-	Thomas-	Siemens-Martin-	Liegguß-	Elektro-	Insgesamt
							Koksroh-eisen	Elektroroh-eisen						
Roheisen t														
Rohstahl t														
1924 Dezember	30 768	134 404	4 823	477 429	17 902	665 326	661 299	4 027	8 062	400 323	189 440	1 069	6 228	605 122
Januar bis Dez.	398 808	1 565 127	42 584	5 469 744	180 676	7 656 939	7 594 348	62 591	85 199	4 497 020	2 241 728	12 575	69 980	6 906 502
1925 Januar	34 150	125 433	4 155	495 288	10 326	669 352	666 862	2 490	7 923	416 647	175 709	1 014	6 853	606 146

**Belgiens Hoehöfen am 1. März 1925.**

	Hoehöfen			Erzeugung in 24 St t
	vorhanden	unter Feuer	außer Betrieb	
Hennegau und Brabant:				
Sambre et Moselle . . . . .	4	4	—	1225
Moncheret . . . . .	1	—	1	—
Thy-le-Château . . . . .	4	4	—	660
Hainaut . . . . .	4	4	—	600
Bonehill . . . . .	2	—	2	—
Monceau . . . . .	2	2	—	400
La Providence . . . . .	4	4	—	1000
Usines de Chatelineau . . . . .	3	2	1	300
Clabecq . . . . .	2	2	—	400
Boël . . . . .	2	2	—	400
zusammen	28	24	4	4985
Lüttich:				
Cockerill . . . . .	7	6	1	1229
Ougrée . . . . .	6	6	—	1190
Angieur . . . . .	4	4	—	650
Esperance . . . . .	3	3	—	475
zusammen	20	19	1	3544
Luxemburg:				
Athus . . . . .	4	4	—	620
Halanzuy . . . . .	2	2	—	160
Musson . . . . .	2	2	—	165
zusammen	8	8	—	945
Belgien insgesamt	56	51	5	9474

**Frankreichs Hoehöfen am 1. Februar 1925.**

	Im Feuer	Außer Betrieb	Im Bau oder in Ausbesserung	Insgesamt
Ostfrankreich . . . . .	54	14	17	85
Elsaß-Lothringen . . . . .	41	14	13	68
Nordfrankreich . . . . .	10	6	4	20
Mittelfrankreich . . . . .	8	4	1	13
Südwestfrankreich . . . . .	9	2	7	18
Südostfrankreich . . . . .	4	—	3	7
Westfrankreich . . . . .	7	1	1	9
Zus. Frankreich	133	41	46	220

**Großbritanniens Roheisen- und Stahlerzeugung im Jahre 1924 und im Januar 1925.**

In den bisherigen Zusammenstellungen über die britische Rohstahl-Erzeugung sind die Zahlenangaben für Thomas- und Bessemerstahl miteinander vertauscht worden. Wir geben deshalb nachstehend, in Verbindung mit den Angaben für den Monat Januar 1925<sup>3)</sup>, nochmals die Erzeugungszahlen für das Jahr 1924 wieder.

	Roheisen 1000 t zu 1000 kg					Am Ende des Monats in Betrieb befindliche Hoehöfen	Rohstahl und Stahlformguß 1000 t zu 1000 kg						
	Hämatit	Thomas	Gießerei	Puddel	zusammen, einschl. sonstiges		Siemens-Martin		Bessemer	Thomas	sonstiger	zusammen	darunter Stahlformguß
							sauer	basisch					
Januar . . . . .	189,1	182,9	140,8	31,3	577,0	183	186,1	405,0	31,6	14,4	7,1	644,2	10,1
1924	214,2	220,6	144,6	35,0	646,8	190	191,0	461,4	34,0	8,8	9,5	705,7	12,9
Februar . . . . .	176,8	187,8	127,9	30,8	552,1	189	239,2	435,6	25,0	11,4	7,2	718,4	11,8
1924	193,5	219,3	140,0	33,7	622,5	202	241,5	479,3	35,9	11,4	11,8	779,9	16,3
März . . . . .	209,6	207,9	147,0	46,6	643,7	202	266,9	501,1	23,4	14,6	9,3	815,3	13,8
1924	218,2	238,9	152,6	37,1	679,3	194	252,5	505,7	26,2	13,5	12,1	830,0	16,4
April . . . . .	230,0	210,5	147,0	39,4	642,3	216	228,6	481,5	26,2	16,3	8,8	761,4	12,8
1924	191,4	224,9	148,1	34,2	628,3	194	215,4	445,0	39,1	12,3	11,0	722,8	14,8
Mai . . . . .	256,1	221,4	161,3	44,8	725,6	223	277,4	493,0	39,1	15,4	9,2	834,1	14,5
1924	198,0	243,1	151,2	38,0	661,3	191	227,9	514,8	54,6	12,8	12,5	822,6	16,9
Juni . . . . .	250,6	218,6	148,8	42,3	704,0	222	230,1	483,0	44,8	11,5	10,6	780,0	14,0
1924	184,0	225,8	146,5	32,1	617,5	185	195,0	416,8	36,7	2,8	10,6	661,9	14,0
Juli . . . . .	222,4	203,8	149,6	45,4	665,6	206	188,1	408,5	33,7	10,1	9,3	649,7	11,9
1924	196,6	216,5	143,4	35,1	625,4	175	220,8	435,6	33,4	2,1	12,4	704,3	15,5
August . . . . .	187,4	189,6	159,2	34,4	609,4	196	166,6	362,9	31,5	6,2	9,4	576,6	13,2
1924	190,4	186,6	158,3	34,3	598,3	173	174,2	319,3	29,0	3,3	10,0	535,8	12,9
September . . . . .	167,8	185,5	153,5	24,4	567,5	190	197,2	451,8	38,4	9,4	9,4	706,2	13,8
1924	190,1	186,4	147,8	29,8	578,3	170	201,7	397,3	34,5	10,4	11,5	655,3	14,2
Oktober . . . . .	177,1	201,8	167,5	23,7	605,2	189	202,1	467,1	29,9	4,5	9,8	713,4	13,5
1924	196,0	188,3	160,2	29,0	595,8	171	212,9	426,8	25,4	13,8	10,5	689,4	15,3
November . . . . .	192,7	211,4	145,6	26,5	607,8	199	227,5	471,5	39,7	12,8	10,0	761,5	15,0
1924	200,7	181,7	152,7	32,2	592,8	173	194,9	421,0	47,4	11,4	10,4	685,1	14,1
Dezember . . . . .	204,8	209,1	155,5	34,2	636,9	204	206,2	399,4	36,4	12,9	8,9	663,8	12,1
1924	201,7	166,0	160,7	34,0	589,6	167	159,6	344,9	37,6	8,4	9,3	559,8	13,0
1925 Januar . . . . .	196,3	164,4	159,4	31,3	583,7	172	164,2	380,5	48,5	11,3	10,3	614,8	13,5

Monatsdurchschnitt der Roheisenerzeugung: 1913: 868,7, 1920: 680,2, 1921: 221,5, 1922: 415,0, 1923: 629,9 je 1000 t zu 1000 kg.

Monatsdurchschnitt der Stahlerzeugung: 1913: 649,2, 1920: 767,8, 1921: 313,5, 1922: 497,9, 1923: 718,7 je 1000 t zu 1000 kg.

Monatsdurchschnitt der in Betrieb befindlichen Hoehöfen: 1920: 284, 1921: 78, 1922: 125, 1923: 201.

<sup>1)</sup> Davon das frühere Deutsch-Lothringen 262 020 t. <sup>2)</sup> Davon das frühere Deutsch-Lothringen 214 355 t. <sup>3)</sup> „National-Federation of Iron and Steel Manufacturers“, Stat. Bull. für Januar 1925.



## Wirtschaftliche Rundschau.

### Die Neuregelung der Frachtstundung durch die Reichsbahn.

Die Reichsbahn hat sich entschlossen, vom 1. März 1925 an ihrerseits den Frachtschuldnern keine Wochenstundung mehr zu gewähren, sondern sie mit der langfristigen Frachtstundung an die Deutsche Verkehrs-Kreditbank, A. - G., in Berlin NW 7, Schadowstr. 6/7, zu verweisen (von deren Aktien sie 71 % besitzt). Die Reichsbahn glaubte, die bisherige langfristige Stundung „Monatsstundung“ nennen zu sollen; tatsächlich aber mußte allwöchentlich gezahlt werden, die Stundung belief sich also im Durchschnitt auf nur etwa 4 Tage. Für diese Stundung, die den Frachtschuldnern das Verfrachtungsgeschäft allerdings erleichterte, was unumwunden zugegeben werden muß, aber ebenso auch der Reichsbahn die Verkehrsabwicklung vereinfachte und den Bargeldverkehr ganz bedeutend beschränkte (die Reichsbahn behauptete zwar, die Stundung verursache ihr eine erhebliche Mehrarbeit) — für diese Stundung mußten 6 ‰ Gebühr gezahlt werden. Das war eine stark übertriebene Ersatzforderung für den mit der Stundung verbundenen geringen Zinsausfall; denn sie entsprach  $(360 : 4 = 90 \times 0,6 \%)$  einem Jahreszinsatzes von 54 %, gegenüber einem Reichsbankdiskont von damals 10 %. Die Deutsche Verkehrs-Kreditbank hingegen, welche bisher für Halbmonatsstundung 5 ‰ Gebühr forderte (das entsprach bei der durchschnittlichen etwa eine Woche dauernden Stundung  $52 \times 0,5 \% = 26 \%$  Jahreszins), setzte ihre Gebühr seit dem 1. März auf 3 ‰ herab, so daß sich nun ein Jahreszins von etwa  $52 \times 0,3 \% = 15 \%$  ergibt. Das ist zwar immer noch bedeutend zu viel und übersteigt erst recht den jetzigen Reichsbankdiskont derart, daß die Bank selbst erwägt, bei Zunahme der Zahl der Stundungsnehmer die Gebühr weiter zu ermäßigen, aber gegen die 6 ‰ ist es doch eine wesentliche Erleichterung. Ein großer Konzern mit einer wöchentlichen Frachtschuld von 500 000 M hatte bisher an die Reichsbahn 3000 M Gebühr zu entrichten oder jährlich 156 000 M; in Zukunft beträgt die Gebühr bei der Bank für die etwa 1 000 000 M Frachtschuld aus einem halben Monat 3000 M oder jährlich 72 000 M. Die Ersparnis von 84 000 M ist also recht erheblich und zeigt, was trotz des noch wesentlich zu hohen Satzes von 3 ‰ bisher der Reichsbahn zuviel gezahlt worden ist. Alle Beschwerden darüber waren aber erfolglos. An sich also wäre diese Neuregelung als eine Verbesserung zu begrüßen, wenn nicht eingewendet werden müßte, die 3 ‰ seien auch noch zu viel, und die Einschaltung der Bank mit soundso viel Personal sei unwirtschaftlich, zumal da die Reichsbahn voraussichtlich auch nicht einen einzigen Beamten weniger beschäftigen werde.

Vielen Frachtschuldnern war die Wochenstundung mit 6 ‰ Gebühr zu teuer, weshalb sie von der bislang bei der Reichsbahn ebenfalls zugelassenen Tagesstundung Gebrauch gemacht haben. Obschon die Reichsbahn bereits am nächstfolgenden Tage ihr Geld erhielt, verlangte sie 1 ‰ Stundungsgebühr = 36 % Jahreszins. Das war gleichfalls zu viel! Tagesstundung will die Reichsbahn auch ferner zulassen, aber nur da, wo sie bisher bestanden hat, und sie fordert nach wie vor die hohe Gebühr von 1 ‰. Die in der Entschließung des Reichsverbandes der Deutschen Industrie vom 22. Januar 1925 geforderte zinslose Zahlungsfrist, deren namentlich die weitaus meisten größeren Frachtschuldner schon für die Ermittlung ihrer Tagesschuld dringend bedürfen, hat die Reichsbahn also nicht zugestanden, wobei sie sich leider nicht daran erinnerte, daß sie bei ihren Lieferanten die sehr auskömmliche Zahlungsfrist von etwa 14 Tagen getrost in Anspruch nimmt. Das soll ihr keineswegs verdacht werden, aber sie sollte billigerweise Gegenseitigkeit zugestehen, zumal da ihr diese nur in Form einer ganz kurzen Zahlungsfrist zugemutet wird.

Immerhin hat die Reichsbahn aber doch eine Art gebührenfrei eintägige Frachtstundung zugelassen, und zwar die sogenannte „summarische Frachtvorauszahlung“.

Hierbei ist die Frachtschuld täglich entweder bar (spätestens am Vormittag des folgenden Werktages) oder im Wege des Bankabrufs zu bezahlen. In letztgenanntem Falle müssen der Verkehrtreibende und die Abfertigungskasse bei der gleichen Bankanstalt (nicht nur Verkehrs-Kreditbank) ein Konto bereits besitzen. Wo diese Konten bisher noch nicht bestanden, können sie künftig nur noch bei der Verkehrs-Kreditbank eingerichtet werden. Falls bei der „summarischen Frachtvorauszahlung“ die Frachtschulden durch Bankabruf bezahlt werden, wird der Verfrachter bei der den Abruf entgegennehmenden Bank mit Wertstellung auf den Tag des Frachtaufkommens belastet. Dies wird man zugestehen müssen. Auf das Vorhandensein entsprechender Guthaben muß also Bedacht genommen werden. Bei dieser summarischen Frachtvorauszahlung ist hauptsächlich die Bedingung zu bemängeln, daß der Verkehrtreibende im voraus einen mindestens der wirklichen durchschnittlichen Tagesfrachtschuld entsprechenden Betrag unverzinslich dem Konto der Abfertigungsstelle der Reichsbahn überweisen muß. Der Frachtkunde erleidet also Zinsverluste, wie später noch näher dargelegt wird. Diese Bedingung stößt natürlich auf erklärlichen Widerspruch; es muß daher gefordert werden, daß diese Barhinterlegung entweder allgemein oder doch zum mindesten bei gutgestellten Firmen erlassen wird, oder daß durchweg auch andere als Barsicherheiten zur Hinterlegung zugelassen werden.

Die reichsbahnseitige Zulassung der summarischen Frachtvorauszahlung, von der zunächst überhaupt keine Rede war, dürfte wohl nur deshalb, und zwar nicht ganz freiwillig, erfolgt sein, weil die Reichsbahn von den Anschließern auf § 22 der „Allgemeinen Bedingungen für Privatgleisanschlüsse“ hingewiesen wurde. Hiernach ist der Anschließer verpflichtet, „bei der für die Abfertigung der Anschlußsendungen bestimmten Güterabfertigung nach den jeweilig dafür geltenden Bedingungen der Reichsbahn Frachtstundung zu nehmen“. Da die eintägige Frachtstundung nur in den Fällen weitergewährt wird, in denen sie bereits besteht, hätten also die Anschließer, die bisher Wochenstundung hatten, sich trotz des oben angezogenen § 22 der allgemeinen Bedingungen ausschließlich an die Verkehrs-Kreditbank wenden müssen, wenn nicht das Verfahren der summarischen Frachtvorauszahlung eingerichtet worden wäre. Die Reichsbahn hat also hier in etwa dem Recht des Anschließers aus § 22 der Anschlußbedingungen Rechnung getragen.

Bei Halbmonatsstundung erfolgt die Belastung des Stundungsnehmers durch Scheck, die in grünen Heften für die erste und in roten Heften für die zweite Monatshälfte geliefert werden. Die Güterabfertigung schreibt die Tagessummen in Scheck-Stamm und -Abschnitt und sendet diesen an die Bank. Die Halbmonatssummen sind der Bank unter Vorlage der Scheckhefte am 16. und 1. jeden Monats zu überweisen. Dies Verfahren ist nicht frei von Umständlichkeiten.

Gegenstand andauernder Beschwerden waren die Verzugszinsen, welche die Reichsbahn bei verspäteter Bezahlung gestundeter Frachten und Gebühren berechnete. Die ursprünglichen täglichen 1 % waren zunächst auf  $\frac{1}{2} \%$  und dann auf  $\frac{1}{4} \%$  herabgesetzt, entsprachen aber selbst damit noch einem Jahreszins von 90 %, also dem Neunfachen des Reichsbankdiskonts von 10 %. Die ungeheure Höhe dieser Forderung, die auch insofern jedes erlaubte Maß überschritt, als seit der Festigung unserer Währung eine zwischenzeitliche Geldentwertung ausgeschlossen war, veranlaßte wohl auch die Reichsbahn, die Bezeichnung „Vertragsstrafe“ zu wählen, die aber an der großen Härte nichts änderte. Die Verkehrs-Kreditbank dagegen behält sich in ihren Bedingungen das Recht vor, bei nicht rechtzeitiger Bezahlung Verzugszinsen in banküblicher Höhe zu berechnen.

So mangelhaft hiernach die ganze Neuordnung ist, wird den Verkehrtreibenden doch nichts anderes übrig



bleiben, als sich dem Machtspruch der Reichsbahn zu fügen und abzuwarten, wie die Stundung bei der Verkehrs-Kreditbank verläuft, welche Mängel sich herausstellen, die sich z. B. durch das Scheck-System, durch die ganze Einschlebung der Bank zwischen Reichsbahn und Frachtschuldner oder durch die zweifellos gewaltige Häufung des großen Verkehrs mit der Bank ergeben können. Nötigenfalls muß Abhilfe geschaffen werden.

Wer nun Stundung zu nehmen wünscht oder als Anschließer Stundung nehmen muß, hat die Wahl zwischen folgenden Verfahren, deren reine Kosten je 1000  $\mathcal{M}$  Stundung und je Tag vergleichsweise in ungefähren runden Zahlen und bei einem Jahres-Zinssatz von 5 %, den Banken für Guthaben zur Zeit in der Regel zu vergüten pflegen, mitangegeben sind:

a) Halbmonatsstundung bei der Bank gegen 3  $\frac{0}{100}$  Gebühr (Kosten: 3  $\mathcal{M}$  abzüglich Zinsgenuß für durchschnittlich eine Wochenstundung von  $(6 \times 1000 =) 6000 \mathcal{M}$  gleich  $300 \mathcal{M} : 360 = 0,80 \mathcal{M} = 13 \text{ Pf. je } 1000 \mathcal{M}$ , bleiben 2,87  $\mathcal{M}$ );

b) Tagesstundung bei der Reichsbahn, sofern diese sie überhaupt zugesteht, gegen 1  $\frac{0}{100}$  Gebühr (Kosten: 1  $\mathcal{M}$ );

c) summarische Frachtvorauszahlung bei der Reichsbahn (bar oder Bankabruf) ohne Gebühr, aber gegen Barhinterlegung eines Geldbetrages in Höhe einer durchschnittlichen Tagesfrachtschuldsumme.

(Kosten: Zinseinbuße auf 1000  $\mathcal{M}$  = jährlich 50  $\mathcal{M}$  oder täglich 14 Pf.)

Falls bei dieser Wahl lediglich die Kostenfrage den Ausschlag gibt, also keine Verzugszinsen für verspätete Zahlung befürchtet werden, kann sie nur auf c) fallen. Eine bereits getroffene Wahl kann aber natürlich jederzeit geändert werden.

Die Deutsche Verkehrs-Kreditbank sendet auf Wunsch Vordrucke für den bei ihr zu stellenden Stundungsantrag sowie Drucksachen zur Unterrichtung und ist auch bei summarischer Frachtvorauszahlung, wenn hierbei durch Abruf von der Verkehrskreditbank gezahlt wird, zu Verabredungen bereit, die den jeweiligen besonderen Verhältnissen angepaßt sind.

**Von der deutschen Rohstahlgemeinschaft.** — Die Beratungen am 12. und 13. März über die Aufhebung des ersten Kündigungsrechtes im Verträge der Rohstahlgemeinschaft zum 1. November 1925 hatten das Ergebnis, daß der Zusammenschluß der Werke in der Rohstahlgemeinschaft zunächst bis zum 31. Dezember 1926 verlängert wurde. Es besteht begründete Aussicht, daß die Dauer der Rohstahlgemeinschaft demnächst auf volle 5 Jahre beschlossen wird, nachdem verschiedene Fragen nach Prüfung durch einen hierfür eingesetzten Ausschuß geklärt worden sind.

Ferner beschloß die Rohstahlgemeinschaft für den Monat April d. J. eine Einschränkung der Rohstahlerzeugung in der gleichen Höhe wie für März d. J., also um 15 % mit der gleichen Maßgabe, daß diese Einschränkung sich nicht auf Halbzeug und Feinbleche beziehen soll, um die Befriedigung des Bedarfs in diesen Erzeugnissen sicherzustellen.

**Röhren-Verband, G. m. b. H., Düsseldorf.** — In einer Versammlung der Röhrenwerke am 14. März wurde der Vertrag über die Bildung des Röhrensyndikats für die Dauer von sieben Jahren vorbehaltlos abgeschlossen. Der Verband wird als Verkaufssyndikat geschaffen und nimmt seine Verkaufstätigkeit am 1. April 1925 auf. Die Geschäfte der Mitglieder laufen bereits vom 15. März an auf Rechnung des Verbandes. Dem Verband gehören außer allen deutschen röhrenerzeugenden Werken auch die entsprechenden tschechoslowakischen Werke an. Zum Ehrenvorsitzenden wurde August Thyssen gewählt. Den Vorsitz übernimmt Generaldirektor Paul Pastor von den Mannesmannwerken in Düsseldorf. Zu stellvertretenden Vorsitzenden wurden ernannt: Direktor Lamarche und Hans Thyssen. Als Geschäftsführer wurden bestellt Direktor B. Nothmann, Berlin, als Vorsitzender, sowie die Direktoren O. Leonhardt und G. W. Köcke von den Mannesmannwerken, Düsseldorf.

**Neuregelung des Flußspat-Verkaufs.** — Nachdem der Flußspat-Verband bei Wolf Netter mit Ende Dezember 1924 nicht mehr erneuert worden war, haben die diesem Verband einst angehörenden Flußspatgruben den Verkauf des Flußspates teils selbst in die Hand genommen, teils lassen sie ihn durch ihre Händlervetreter bewerkstelligen. Die Verkaufspreise haben durch diese Umwälzung bisher keine Ermäßigung erfahren, da die seinerzeit bestehenden Preise sehr gedrückt waren und die Gruben infolge erhöhter Selbstkosten allgemein das Bedürfnis haben, bessere Preise zu erzielen.

Die bayerischen Flußspatgruben, die im letzten Jahre besonders unter den ungünstigen Absatzverhältnissen zu leiden hatten, haben sich zu einer Preiskonvention zusammengeschlossen, um auf diese Weise einen Kampf um die Absatzgebiete unter den bayerischen Gruben zu vermeiden, aus dem Bedürfnis heraus, angesichts der erhöhten Selbstkosten kein Geld zuzulegen.

**Die Lage des deutschen Maschinenbaues im Februar 1925.** — Die Wirtschaftslage der Maschinenindustrie im Monat Februar zeigte ein sehr uneinheitliches Bild und spiegelte damit die unsichere Lage des gesamten deutschen Wirtschaftslebens wider. Der Beschäftigungsgrad hat sich im ganzen vielleicht um eine Kleinigkeit gehoben, aber die Berichte der einzelnen Fachzweige im ganzen und auch diejenigen der einzelnen Werke zeigen beträchtlich größere Abweichungen von einander als früher. Ebenso wie in den Vormonaten erstreckte sich die geringe Besserung des Auftragsinganges im Durchschnitt auch nur auf das Inland, während das Auslandsgeschäft sich noch mehr abschwächte. Schlechter als in den Vormonaten wurde allgemein sowohl beim Auslands- als auch beim Inlandsgeschäft der Eingang von Anfragen beurteilt. Die Aussichten für die weitere Entwicklung des Geschäftes werden daher in den weitaus meisten Fällen auch wenig günstig eingeschätzt, überhaupt macht sich eine wenig hoffnungsvolle Stimmung infolge der allgemein wieder gewachsenen Schwierigkeiten deutlich bemerkbar.

Die Klagen über die Kapital- und Kreditnot, über die schlechte Zahlungsweise der Abnehmer und ihre unerfüllbaren Forderungen von Zahlungszielen haben sich wieder erheblich gesteigert. Dringend werden langfristige Kredite gegen Hypothekensicherung und erschwingliche Zinsen gefordert. Die am 26. Februar 1925 erfolgte Herabsetzung des Reichsbankdiskontsatzes um 1 % wird lebhaft begrüßt. Der schlechte Eingang der Zahlungen macht sich um so unangenehmer fühlbar, als die Preise zumeist nicht einmal die Herstellungskosten decken. Nur in ganz vereinzelt Zweigen der Maschinenindustrie war es möglich, die Preise etwas aufzubessern.

Große Sorge rufen die anziehenden Preise für Rohstoffe hervor. Als außerordentlich hinderlich für die Ausbreitung des Geschäftes werden nach wie vor die hohen Eisenbahnfrachten für Maschinen bezeichnet. Auf nahe Entfernungen führen sie zu einer erheblichen Inanspruchnahme des Lastwagenverkehrs, bei weiten Entfernungen zur Umleitung der Güter über ausländische Strecken, da dort die Maschinentrachten zum großen Teil erheblich billiger sind als in Deutschland. Besonders die für die Ausfuhr arbeitenden Fabriken werden am stärksten durch das Anwachsen der Selbstkosten beunruhigt, da sie mit den Preisen ihrer Erzeugnisse von der ausländischen Preislage abhängig sind und nicht einfach der inländischen Preisbewegung folgen können. Außerordentlich wichtig für diese Firmen ist auch, daß die schwebenden Handelsvertragsverhandlungen möglichst bald zu einem günstigen Ergebnis geführt werden.

Bemerkenswert ist, daß bei einer Verbesserung des Geschäftes auch sofort über Mangel an Facharbeitern geklagt wird. Der Lehrlingsausbildung wird man zum Nutzen der Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie fortgesetzt volle Aufmerksamkeit zuwenden müssen.

Die Nachrichten aus den einzelnen Zweigen des Maschinenbaues, z. B. aus dem Werkzeugmaschinen-, Kran- und Apparatebau sowie dem Bereich des Zer-



kleinerungs- und Aufbereitungsmaschinenbaues, sind ebenfalls uneinheitlicher als bisher. Nur in wenigen Zweigen, z. B. in Maschinen für Landwirtschaft und Baugewerbe, die durch die Jahreszeit begünstigt werden, sind im ganzen Verbesserungen des Geschäftes eingetreten. Ebenso scheint das Geschäft in Maschinen für die Nahrungsmittelindustrie im Februar sich einigermaßen gehalten zu haben, obwohl die geringe Kaufkraft der Abnehmer sich hemmend bemerkbar macht. Die aus den Haushaltsplänen des Reiches, der Länder und Gemeinden bekannt gewordenen Bauabsichten wecken an manchen Stellen Hoffnungen. Die bisherige Auftragsvergebung, besonders der Reichsbetriebe, läßt noch sehr zu wünschen übrig.

**Aus der italienischen Eisenindustrie.** — Die gute Beschäftigung in der italienischen Eisenindustrie, nicht nur in den Hüttenwerken sondern auch in den Maschinenfabriken, hält nach wie vor an. Die Ursachen liegen zum Teil in einer starken Belebung der Bautätigkeit (Italien hat es erreicht, die allenthalben in der Nachkriegszeit eingetretene Wohnungsnot praktisch fast zu beseitigen), ferner in der tatkräftigen Inangriffnahme der Hafenerweiterungsbauten durch die Regierung (die Erweiterungen der Häfen von Genua, Palermo, Bari, Catania, Livorno haben begonnen, und zum Teil wurde schon die Aufstellung neuer mechanischer Massenbeförderungsmittel beschlossen und durchgeführt), und schließlich in den endgültig beschlossenen großzügigen Bahnbauten, für welche sich die Industrie vorbereitet und für welche die Arbeiten zum Teil schon begonnen haben. Zu letzteren gehören, außer den vom Staate beschlossenen und in Arbeit befindlichen Bahnbauten, vor allem der großzügige Plan einer Schnellbahn Mailand—Turin—Genua, deren erster Teil, Mailand—Turin, mit 300 Mill. Lire veranschlagt ist und schon im Jahre 1923 in Betrieb genommen werden soll. Auch die zahlreichen, hier früher schon erwähnten Erweiterungsbauten in der Eisenindustrie haben allenthalben begonnen und dürften ihrerseits auch eine nicht unbedeutende Rückwirkung auf den Beschäftigungsgrad der Walzwerke haben.

Die Zufuhren auf dem Kohlenmarkt sind andauernd reichlich. Nach einer neueren Zusammenstellung betrug die Einfuhr in den ersten 11 Monaten des abgelaufenen Jahres 10,1 Mill. t, davon 5,3 Mill. t oder 52½ % aus England, 4 Mill. t aus Deutschland, davon 3,2 Mill. t auf Reparationskonto und der Rest von 800 000 t auf direktem Handelswege, 500 000 t aus Amerika und 260 000 t aus Frankreich. Bemerkenswert ist, daß in der Vorkriegszeit von den insgesamt im Jahr eingeführten rd. 11 Mill. t Steinkohlen etwa 1 Mill. t aus Deutschland und rd. 10 Mill. t aus England kamen. Deutschland hätte somit jetzt, wenn die obige Zahl von 800 000, die für 11 Monate gilt, auf das volle Jahr bezogen wird, ungefähr die gleiche Lieferung im unmittelbaren Handelsverkehr wie vor dem Kriege, während die über 3 Mill. t, welche auf Reparationskonto eingeführt wurden, in ihrer Gesamtheit die englische Kohleneinfuhr vermindert haben.

Die Preise haben infolge der weiteren Verschlechterung der italienischen Währung etwas angezogen und betragen in Lire je Tonne frei Wagen Genua:

Cardiff 1. Sorte . . . . .	etwa	230,—
Cardiff 2. Sorte . . . . .	„	220,—
Newport 1. Sorte . . . . .	„	215,—
Gaskohle 1. Sorte . . . . .	„	190,—
Gaskohle 2. Sorte . . . . .	„	175,—
Splint 1. Sorte . . . . .	„	200,—

Der Markt in Walzwerks-Erzeugnissen ist sehr lebhaft. Zum Teil kann die Nachfrage, besonders in Blechen, Draht und Bandeisen, kaum befriedigt werden oder nur mit längeren Lieferzeiten. Die Grundpreise sind trotzdem nach wie vor unverändert geblieben, wenn auch im tatsächlichen Handel zum Teil nicht unbeträchtliche Aufpreise bezahlt werden.

**Industrie-Schutzzölle in England.** — Die englische Regierung hatte zwar seinerzeit ihren Wählern das Versprechen gegeben, keinen allgemeinen Schutzzoll in

England einzuführen. Unter dem Druck gewisser englischer Industrien hat sie jedoch trotzdem ein Verfahren für die Einführung vorübergehender Schutzzölle ausgearbeitet, über das zur Zeit in England noch Auseinandersetzungen der Parteien schweben.

Dem Verfahren liegen die folgenden Grundsätze und Gedanken zugrunde:

Ein englischer Industriezweig kann an das Board of Trade einen Antrag auf Einführung eines Zollschutzes für seine Erzeugnisse richten. Das Board of Trade behandelt solche Anträge nach folgenden Richtlinien:

Die Schutzzölle können nur für eine begrenzte Zeit festgelegt werden. Nahrungsmittel und Getränke sind für die Bewilligung eines Zolles grundsätzlich ausgenommen. Das Board of Trade muß den Antrag einem besonderen Ausschuß vorlegen und sich der Einwilligung des Schatzamtes versichern.

Die vom Board of Trade und von dem Ausschuß für die Entscheidung über die Einführung eines vorübergehenden Zolles zu befolgenden Grundsätze sind von der englischen Regierung im einzelnen bestimmt worden.

**Abschnitt I.** Die von dem Board of Trade anzuwendenden Grundsätze.

Die von dem Board of Trade bei der Entscheidung, ob eine Prüfung angeordnet werden soll, anzuwendenden Grundsätze sind die folgenden:

1. Das Board of Trade muß der Meinung sein, daß die Industrie, die eine Prüfung bezüglich ihrer Gesamtzeugung oder eines Teiles davon beantragt, vernünftigerweise als eine solche von wesentlicher Bedeutung angesehen werden kann, mit Rücksicht entweder auf die Zahl der beschäftigten Arbeiter oder auf die Art der erzeugten Güter.

2. Das Board of Trade muß der Meinung sein, daß ein offensichtlicher Beweis vorliegt, daß der Wettbewerb der fremden Einfuhr in der betr. Industrie außergewöhnlich ist, und daß infolge dieses Wettbewerbs der Beschäftigungsgrad der Arbeiterschaft ernstlich bedroht ist, oder daß es wahrscheinlich ist, daß dies geschieht.

3. Die antragstellende Industrie muß ferner nachweisen, daß in den Ländern, aus denen der Wettbewerb im allgemeinen kommt, die Erzeugungsbedingungen in einer oder mehreren Beziehungen, wie in Ziffer 5 der Grundsätze für die Geschäftsführung der Ausschüsse hierunter ausgeführt, von denen in diesem Lande bestehenden so verschieden sind, daß der Wettbewerb dadurch unfair wird.

4. Das Board of Trade behält sich nach seinem Ermessen das Recht vor, ohne Rücksicht auf andere in der Industrie bestehende Erzeugungsbedingungen, eine Prüfung abzulehnen, wenn es der Meinung ist, daß der Betrieb der Industrie in diesem Lande nicht leistungsfähig und wirtschaftlich genug ist, oder daß die Auferlegung eines Zolles auf Güter der betreffenden Klasse oder Gattung einen ernstlich nachteiligen Einfluß auf den Beschäftigungsgrad irgendeiner anderen Industrie ausüben würde, die Güter dieser Klasse oder Gattung bei ihrer Tätigkeit gebraucht.

Wenn das Board of Trade überzeugt ist, daß ein offensichtlicher Fall entsprechend den oben ausgeführten Bedingungen vorliegt, legt es den Antrag auf Prüfung einem Ausschuß vor.

#### Abschnitt II.

##### Anweisungen für die Ausschüsse.

Ein von dem Board of Trade zum Zweck einer solchen Prüfung eingesetzter Ausschuß wird angewiesen, über folgendes zu berichten:

1. Ob die antragstellende Industrie mit Rücksicht auf die Zahl der in der Herstellung von Gütern, auf die sich der Antrag bezieht, beschäftigten Arbeiter, oder mit Rücksicht auf die Art der erzeugten Waren eine Industrie von wesentlicher Bedeutung ist.

2. Ob fremde Waren der betreffenden Klasse oder Gattung, auf die sich der Antrag bezieht, in ungewöhnlichen Mengen in das Vereinigte Königreich eingeführt und dort zum Verbrauch behalten werden.



3. Ob die fremden, so eingeführten Waren in dem Vereinigten Königreich zu Preisen verkauft oder angeboten werden, die unter den Preisen liegen, zu welchen gleichartige Waren mit entsprechendem Nutzen im Vereinigten Königreich hergestellt werden können.

4. Ob infolge der Bedeutung und der Ausdehnung dieses Wettbewerbs der Beschäftigungsgrad in der Herstellung solcher Waren im Vereinigten Königreich ernstlich bedroht wird, oder ob es wahrscheinlich ist, daß dies geschieht.

5. Ob dieser außergewöhnliche Wettbewerb im allgemeinen aus Ländern kommt, wo die Erzeugungsbedingungen so verschieden von denjenigen in diesem Lande sind, daß sie den Wettbewerb unfair machen.

Der Wettbewerb wird bei einer solchen Prüfung nur als unfair angesehen, wenn er auf einer oder auf mehreren der folgenden Ursachen beruht:

a) Geldentwertung, die so wirkt, daß sie eine Ausfuhrprämie schafft.

b) Subsidien, Prämien oder andere künstliche Vorteile.

c) Schlechtere Arbeitsbedingungen, sei es in bezug auf Entlohnung oder Arbeitszeit oder sonstwie, bei den Personen, die bei der Herstellung der betreffenden Waren beschäftigt sind, im Vergleich zu denjenigen Bedingungen bei den Personen, die in der Erzeugung gleichartiger Waren im Vereinigten Königreich beschäftigt sind.

Bei der Abfassung seines Berichtes über die angebliche Unfairheit des Wettbewerbs kann der Ausschuß die Aufmerksamkeit auf alle besonderen Umstände lenken, auf Grund deren seiner Meinung nach die Industrie im Vereinigten Königreich verhältnismäßig ungünstig dasteht.

6. Ob der Betrieb der antragstellenden Industrie in dem Vereinigten Königreich genügend leistungsfähig und wirtschaftlich ist.

7. Ob die Auferlegung eines Zolles auf Waren der betreffenden Klasse oder Gattung einen ernstlich nachteiligen Einfluß auf den Beschäftigungsgrad irgend einer anderen Industrie ausüben würde, die Waren dieser Klasse oder Gattung bei ihrer Tätigkeit gebraucht.

8. Ob unter Berücksichtigung der eben ausgeführten Bedingungen die antragstellende Industrie Anspruch auf einen Zoll erhoben hat und, bejahendenfalls, welcher Zollsatz oder welche Zollsätze nach der Meinung des Ausschusses vernünftigerweise genügen würden, um den unfairen Wettbewerb auszugleichen.

In den beabsichtigten Maßnahmen der englischen Regierung liegen für die deutsche Ausfuhr zweifellos Gefahren. Ob die Bestimmungen des jetzigen deutsch-englischen Handelsvertrages, der noch nicht ratifiziert ist, ausreichen, um unserer Ausfuhr genügenden Schutz vor einseitiger Benachteiligung zu bieten, wird noch Gegenstand eingehender Erwägungen unserer gesetzgebenden Körperschaften sein müssen.

**Reichs-Kredit-Gesellschaft. Aktiengesellschaft. Berlin.** — Die Reichs-Kredit-Gesellschaft hat im Jahre 1924 versucht, an dem Wiederaufbau der deutschen Wirtschaft nach Kräften teilzunehmen. Es erschien, insbesondere im Hinblick auf den zunehmenden Verkehr mit dem Auslande, zweckmäßig, dem Institut die für Banken übliche Form der Aktiengesellschaft zu geben. Im Mai 1924 übernahm die mit einem Aktienkapital von 30 Millionen  $\mathcal{M}$  ausgestattete Reichs-Kredit-Gesellschaft, Aktiengesellschaft, die Geschäfte der bisherigen Gesellschaft mit beschränkter Haftung. Die Uebernahme erfolgte mit Wirkung vom 1. Januar 1924. Die Aktien der Reichs-Kredit-Gesellschaft, A.-G., befinden sich im Besitze der Vereinigten Industrie-Unternehmungen, A.-G., und demnach mittelbar im Eigentum des Reiches. Die privatwirtschaftliche Form der Organisation und der Geschäftsführung soll der Gesellschaft die Bewegungsfreiheit, Kontrolle und Verantwortlichkeiten geben, die sich in der privaten Wirtschaft bewährt haben. Die Haupttätigkeit entfällt auf das Gebiet der privaten Wirtschaft. Daneben wurden Geschäfte für das Reich und die Reichsunternehmungen

durchgeführt. — Die Gewinn- und Verlustrechnung ergibt einen Reingewinn von 4 599 004,61  $\mathcal{M}$ . Hiervon werden 2 400 000  $\mathcal{M}$  der Rücklage und 100 000  $\mathcal{M}$  dem Angestellten-Unterstützungsbestande zugeführt. Nach Ausschüttung von 6 % Gewinn und der satzungsmäßigen Gewinnanteile an den Aufsichtsrat soll der verbleibende Rest von 265 671,26  $\mathcal{M}$  auf neue Rechnung vorgetragen werden.

## Buchbesprechungen.

**Köttgen, Carl, Dr.-Ing. e. h., stellvertretender Vorsitzender des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit: Das wirtschaftliche Amerika. Mit 40 Abb. Berlin (S W): V.-D.-I.-Verlag. G. m. b. H., 1925. (VIII, 178 S.) 8°. Geb. 5 G.- $\mathcal{M}$ .**

Das kluge, kleine, inhaltreiche und doch leicht zu lesende Buch beschäftigt sich mit der Frage: „Was können wir von den Vereinigten Staaten lernen?“ Es ist getragen von dem Wunsche, zu helfen, und von weiterem Werte geschrieben, die nicht nur Technik und Industrie, sondern die gesamte Gütererzeugung, -verteilung und den Verbrauch Deutschlands und der Vereinigten Staaten und deren Hebungsmöglichkeiten überblickt. Von der Schreibweise mögen einige Proben Kunde geben, die ohne Nebenabsicht herausgegriffen sind.

(S. 19.) „Bei intensiver Arbeit, und die herrscht in den Vereinigten Staaten, ist die 48-Stunden-Woche das Richtige. Aber der Amerikaner kennt nicht den schematischen Achtstundentag; das Washingtoner Abkommen ist nicht ratifiziert worden. Von dem früheren Arbeitsschluß am Sonnabend geht er nicht ab, aber die 48 Stunden pro Woche müssen gewahrt werden. Ueberstunden werden gemacht, sobald es der Betrieb oder die Konjunktur verlangt. Und wo die Eigenart des Betriebes eine längere Arbeitszeit bedingt, wird sie auch durchgeführt.“

(S. 28.) „Es muß ausgesprochen werden, daß Länder, die dank ihres natürlichen Reichtums zu relativ hohen Inlandspreisen für ihre Fertigfabrikate kommen, kein Recht auf deren Ausfuhr haben. Das wäre wirkliches „Dumping“: starkes Unterschreiten der Inlandspreise, um Ausfuhr zu erzwingen. Die Ausfuhr von Fertigprodukten sollte den Ländern überlassen bleiben, die darauf angewiesen sind, die die für ihre Wirtschaft so notwendigen Rohstoffe, Nahrungsmittel oder anderes eintauschen müssen.“

(S. 58.) „Eine Erscheinung zieht sich durch das ganze höhere Schulwesen. Man macht keinen Unterschied zwischen der reinen und der angewandten Wissenschaft. Man bewertet nicht. An den Universitäten findet man die größten Abteilungen und Institute für Ingenieurwesen und Architektur und selbst für Betriebsführung und Verwaltung. Bisher waren unsere Technischen Hochschulen in erster Linie auf die Lehre des Theoretischen, der Konstruktion, des Wissens eingestellt. In Amerika nimmt die Lehre der Ausführung, des Werkstattbetriebes, des Schaffens gleichen Rang ein. Man mischt Unterricht mit praktischen Arbeiten. Verwaltung — management — steht als Lehrstoff im Vordergrund.“

(S. 60.) „Man fragt nicht danach, woher jemand kommt, sondern nur, was er kann. Man nimmt es auch keinem übel, daß er etwas kann und daß er es zu etwas gebracht hat. Gewiß, das Eigeninteresse in den Vereinigten Staaten ist groß; es bleibt nun einmal die starke, die einzige Triebkraft für wirtschaftliche Entwicklung und Fortschritt. Das Eigeninteresse muß stark sein. Der Fähige entscheidet selbst, er arbeitet nicht mit Mehrheitsbeschlüssen. Eine Mehrheit hat nie Wagemut. Diese Einstellung — Anerkennung der Tüchtigkeit des einzelnen bei starkem Gefühl für Zusammengehörigkeit — erklärt, daß sich in Amerika kein guter Nährboden für sozialistische Utopien findet.“

(S. 68.) „Wenn man Europa mit den wohlorganisierten Vereinigten Staaten von Amerika vergleicht, dem Lande mit einheitlicher Sprache, ohne Zollgrenzen und andere Behinderungen, mit der zielbewußten Ausnutzung des Reichtums, der Arbeitsamkeit und dem Gemein-



schaftssinn seiner Bevölkerung, dann erkennt man erst recht die große Torheit des Weltkrieges, noch mehr aber die der Regelung durch den Versailler Frieden. Nach Versailles haben wir in Europa mehr als ein Dutzend Staaten mehr. Die Balkanisierung hat neue Grenzen, neue wirtschaftliche Aufteilung gebracht. Mehr als vor dem Kriege wird Arbeitskraft durch Militärdienst gebunden. Die Zollmauern sind höher wie je.“

(S. 69.) „Man hört jetzt viel von den Vereinigten Staaten Europas sprechen. Aus französischem Munde mit dem Wunsche der Hegemonie. Das ist noch eine Utopie. Sprachen, Nationalitäten sind starke Hindernisse. Aber wirtschaftlich kann man solche Gedanken verfolgen. Jeder muß dabei etwas aufgeben. Aber im ganzen würde Europa gewinnen.“

Das Ergebnis der wirtschaftlichen Betrachtungen ist, daß der Reichtum des Bodens und die Arbeitsamkeit der Bevölkerung den Wohlstand der Vereinigten Staaten bedingen. Die Vorteile des günstigeren Ackers und der reichen Bodenschätze können wir niemals einholen; wohl aber können wir Mittel und Wege ausfindig machen, um auch in dem einfachsten Mann das Gefühl dafür wachzurufen und zu stärken, „daß jeder einzelne beitragen muß, die Erzeugung des Landes zu steigern“. Die Binsenwahrheit, daß nur die Höhe der Erzeugung die Grundlage dafür ist, in welchem Maße der einzelne an der Verteilung der Güter teilnimmt, ist an so viel Stellen und mit so schöner Klarheit hervorgehoben, daß man das Buch jedem denkenden Arbeiter — und deren haben wir doch wirklich genug — in die Hand geben sollte. Die Eigentümlichkeit der völligen Freiheit des Arbeitsmarktes, der sich nur nach Angebot und Nachfrage richtet, unabhängig von sozialen Schutz- und Zwangsmaßnahmen, aber unter stärkster Betonung des Gefühls der eigenen Verantwortlichkeit des einzelnen für sein Schicksal und Wohlergehen und unter Stärkung stolzer nationaler Gesinnung, ist weiterhin ein Kennzeichen für die amerikanische Auffassung demokratischen Empfindens.

Nicht alle Erscheinungen des amerikanischen Wirtschaftslebens lassen sich auf unsere Verhältnisse übertragen. Wenn in den Vereinigten Staaten die Rohstoffe etwa das gleiche kosten wie bei uns, die Anlagen sich im Preise etwa auf das Doppelte stellen und der Lohn fast das Vierfache beträgt, so ergeben sich hieraus grundlegend andere Erfordernisse der Betriebsgestaltung. Unter diesen Verhältnissen ist es auch leicht begreiflich, daß die Gesamtheit der Lebenshaltungskosten etwa doppelt so hoch ist wie bei uns. Trotzdem bleibt das wirkliche Einkommen des Arbeiters, also das Einkommen gemessen an seiner Kaufkraft, etwa das 1,7fache wie bei uns. Die Hälfte dieses 70prozentigen Vorsprungs dürfte durch die günstigeren agrarischen und industriellen Bodenverhältnisse bedingt sein. Die andere Hälfte findet ihre Grundlage in der höheren Arbeitsleistung des einzelnen und der Erzeugung großer gleichartiger Einheitsmengen. Die Beschränkung der Typen, nicht nur von Maschinen und Werkzeugen, sondern auch von Kleidern, Betten, Töpfen usw., kann auch bei uns durchgeführt werden. Ebenso kann sich die Vereinfachung nicht nur auf die Fertigung, sondern auch auf die Verwaltung erstrecken; über die Spezialisierung des Verkehrs (nicht nur in der Erzeugung, sondern auch im Handel — from the factory to the family —) findet sich manches beherzigenswerte Wort. Eingehend sind in knappen, klaren Leitmotiven die Grundsätze der Fordschen Fabrikation behandelt, aus denen sich ohne weiteres ergibt, wie weit es möglich oder nicht möglich ist, sie auf unsere Erzeugungsweise zu übertragen.

Sehr lesenswert sind die Ausführungen über die Förderung der entwickelten Grundsätze durch eine kluge Initiative und Sachlichkeit der Regierung. Hierunter fallen z. B. die Angaben über die Anregungen und die Forschungstätigkeit des „National Research Council“, über die Tätigkeit der „Division of Simplified Practice“ und die Lieferungsvorschriften des „Bureau of Specifications“. Ferner wird die Wirtschaftsstatistik des „National Industrial Conference Board“ hervorgehoben.

In den „Anlagen“ des Buches (S. 75 u. ff.) findet sich in knappster Form ein ausgezeichnetes statistisches

Material über wichtigste Gebiete, wie z. B. Berufsgliederung, Volksvermögen und Volkseinkommen, Löhne, Arbeitszeit, Lebenshaltungskosten, Kohlenbergbau, Ein- und Ausfuhr, wissenschaftliche Einrichtungen usw.

So wendet sich das Buch an die weitesten Kreise: „Wer Ohren hat zu hören, der höre!“ K. Rummel.

EO-Jahrbuch 1925. Handbuch für Handel und Industrie in Kleinenwaren, Metallwaren und Werkzeugen. Bearb. von Richard Brauns. Hrsg. vom „Eberswalder Offertenblatt“. Eberswalde: Verlag des „Eberswalder Offertenblattes“ [1925]. (758 S.) 8°. Geb. 12 M.

✱ Ein sehr vielseitiges und reichhaltiges Buch, das den im Titel genannten Händlerkreisen als Nachschlagewerk, dem jungen Nachwuchs dieser Kreise auch als Lehrbuch dienen soll. Aus dem Inhaltsverzeichnis seien nur einige Stichwörter genannt: (1. Teil) Wirtschaftliche Verbände, Händler-, Fabrikantenvereinigungen, deutsche Auslandsvertretungen, Einkaufspraxis, kaufmännisches Rechnen, Recht des Kaufmanns, Sozialversicherung, verschiedene Abschnitte mit arbeitsrechtlichen Bestimmungen, Post-, Telegraphen- und Fernsprechwesen, Eisenbahn-Güterverkehr, Reichsbankstellen; (2. Teil) Flächen, Körper, Winkelberechnung, Normungsbestrebungen, Industrienormen, Millimeter-Drahtlehre, Gewichtstafeln für Winkelisen usw., Ueberpreislisten für Stabeisen usw., Abmessungen und Gewichte von Schrauben verschiedener Art u. a. m. ✱

Gesetze, Die, über die Industriebelastung: Industriebelastungsgesetz und Aufbringungsgesetz vom 30. August 1924 nebst den dazu ergangenen Durchführungsbestimmungen, erl. von Dr. Wolfgang Reichardt, Geh. Regierungsrat, Abteilungsleiter im Reichswirtschaftsministerium. Berlin (W 9, Linkstr. 16): Franz Vahlen 1925. (309 S.) 8°. Geb. 9 G.-M.

✱ Die Gesetze enthalten die Bestimmungen über die auf Grund des Dawesberichtes und des Vertrages von London der deutschen Wirtschaft auferlegte Obligationsbelastung. Der Verfasser, der als Sachreferent an der Ausarbeitung der Gesetze und ihrer Beratung im Organisationsausschuß mitgewirkt hat, behandelt auf Grund der amtlichen Unterlagen die Entstehungsgeschichte und erläutert unter Einarbeitung der bisher erlassenen Durchführungsbestimmungen die für die ganze deutsche Wirtschaft äußerst bedeutsamen Vorschriften der Gesetze in ihrer rechtlichen und praktischen Auswirkung.

Im Anhang sind die amtlichen Wiedergaben der Gesetze mit dem französischen Text beigefügt. Ein ausführliches Sachverzeichnis erleichtert die Benutzung des Buches. ✱

## Vereins-Nachrichten.

### Verein deutscher Eisenhüttenleute.

Auszug aus der Niederschrift über die Sitzung des Vorstandes und Vorstandsrates am Dienstag, den 3. März 1925, vormittags 10,45 Uhr in Düsseldorf, Geschäftshaus des Vereins.

Anwesend sind: Vom Vorstand: Dr.-Ing. A. Vögler (Vorsitz), Dr. Dr.-Ing. W. Beumer, W. Borbet, Dr.-Ing. C. Canaris, F. Dorfs, Dr.-Ing. W. Esser, Dr.-Ing. K. Grosse, K. Harr, C. Jaeger, A. Klinkenberg, Dr.-Ing. R. Krieger, H. Pfeifer, Dr.-Ing. W. Reuter, Dr.-Ing. E. Schrödter, Dr.-Ing. Fr. Springorum sen., Dr.-Ing. O. Wedemeyer, Dr.-Ing. S. G. Werner, Dr.-Ing. A. Wiecke, Dr.-Ing. F. Winkhaus,

vom Vorstandsrat: W. Brüggemann, Dr.-Ing. F. Dahl, H. Döwerg, H. Hoff, W. Petersen, Dr.-Ing. K. Reinhardt, R. Seidel, Dr.-Ing. O. Fr. Weinlig, Dr. Dr.-Ing. Fr. Wüst,

als Gast: Professor Dr.-Ing. Goerens,

vom Eiseninstitut: Dr. Körber,

von der Geschäftsführung: Dr.-Ing. O. Petersen, K. Bierbrauer, Dr.-Ing. M. Philips, Dr.-Ing.



K. Rummel, Dr.-Ing. W. Schneider, B. Weißenberg.

#### Tagesordnung:

1. Geschäftliches.
2. Besetzung der Aemter im Vorstande für das Jahr 1925.
3. Neuwahl des Vorstandsausschusses.
4. Neuwahlen zum Vorstandsrat.
5. Vorbereitung von Wahlen zum Vorstande.
6. Vorlage der Abrechnung für das Geschäftsjahr 1924; Wahl der Rechnungsprüfer.
7. Festsetzung des Voranschlags für das Geschäftsjahr 1925.
8. Stellungnahme zu dem Voranschlage des Eiseninstituts für das Jahr 1925.
9. Aussprache über Zeitpunkt und Gestaltung der diesjährigen Gemeinschaftssitzung der Fachausschüsse und der nächsten Hauptversammlung.
10. Antrag der deutschösterreichischen Mitglieder wegen Gründung einer „Eisenhütte Oesterreich“, Zweigverein des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.
11. Hochschulfragen.
12. Verschiedenes.
13. Bericht über eine Studienreise in den Vereinigten Staaten von August bis Dezember 1924. Berichterstatter: Oberingenieur H. Bleibtreu und Oberingenieur Dr.-Ing. G. Bulle von der Wärmestelle Düsseldorf.

Vor Beginn der Sitzung begrüßt der Vorsitzende besonders herzlich Herrn Dr.-Ing. Schrödter aus Anlaß seines wenige Tage vorher gefeierten 70. Geburtstages, sich ein ausführliches Eingehen auf diesen Tag für das gemeinsame Mittagessen nach der Sitzung vorbehaltend.

Der Vorsitzende gedenkt weiter des verstorbenen Reichspräsidenten Ebert. Die Anwesenden erheben sich zu Ehren des Verstorbenen von den Plätzen.

Stehend hört sodann die Versammlung warme Worte des Nachrufes für Kommerzienrat Dr.-Ing. Klein, Dahlbruch, als Mitbegründer und langjährigen Freund des Vereins, als industriellen Führer und feinsinnigen Menschen, der nach 34jähriger Zugehörigkeit zum Vorstande und Vorstandsrat in der Nacht vom 22. zum 23. Februar 1925 aus dem Leben geschieden ist.

Zu Punkt 1 vorliegende Verhandlungsgegenstände werden zur Besprechung unter Punkt 12 zurückgestellt.

Zu Punkt 2 wird durch einstimmigen Beschluß Generaldirektor Dr.-Ing. A. Vögler als Vorsitzender und Direktor Dr.-Ing. W. Esser als erster Stellvertreter des Vorsitzenden wiedergewählt. Das Amt des zweiten Stellvertreters des Vorsitzenden wechselt nach dem Brauch in Zwischenräumen von zwei Jahren zwischen den Vorsitzenden der Eisenhütten Oberschlesien und Südwest. Da der Vorsitzende der Eisenhütte Südwest, Generaldirektor P. Boehm, das Amt erst im Jahre 1924 übernommen hat, verbleibt es auch im Jahre 1925 bei seiner Person.

Zu Punkt 3 werden folgende Herren in den Vorstandsausschuß gewählt: Generaldirektor Dr.-Ing. Vögler (Vorsitzender), Direktor Dr.-Ing. Esser, Generaldirektor Boehm, Kommerzienrat Dr.-Ing. Springorum, Dr.-Ing. Petersen.

Zu Punkt 4 werden von den Herren, die wegen Ausscheidens aus der Praxis satzungsgemäß aus dem Vorstande austreten, folgende Herren in den Vorstandsrat gewählt: Dr. Beumer, Dr.-Ing. Canaris, Dr.-Ing. Sorge.

Ferner werden von den Herren, die Ende des Jahres 1924 entsprechend dem Wahlturnus aus dem Vorstandsrat ausgeschieden sind, folgende Herren wiedergewählt: Kommerzienrat Brüggemann, Dr.-Ing. Dahl, Dr.-Ing. Niedt.

Punkt 5 wird bis zur nächsten Vorstandssitzung vertagt.

Zu Punkt 6 berichtet das geschäftsführende Vorstandsmitglied über die Bilanz zum 31. Dezember 1924 und die Gewinn- und Verlustrechnung für das Jahr 1924. Der Vorstand genehmigt die Bilanz und die Gewinn- und Verlustrechnung, vorbehaltlich der Prüfung durch die Rechnungsprüfer und die Treuhandgesellschaft, und wählt zu Rechnungsprüfern für das Jahr 1925 General-

direktor a. D. Dowerg und Dr.-Ing. Schrödter wieder mit der Maßgabe, daß bei Behinderung eines der Rechnungsprüfer Bergrat Seidel um Stellvertretung gebeten werden soll.

Zu Punkt 7 wird der Voranschlag für das Jahr 1925 genehmigt.

Zu Punkt 8 findet der Voranschlag für den Haushalt des Eiseninstituts im Jahre 1925 die Genehmigung des Vorstandes.

Zu Punkt 9. a) Gemeinschaftssitzung der Fachausschüsse. Die Gemeinschaftssitzung der Fachausschüsse soll am 24. Mai 1925 abgehalten werden. Die von der Geschäftsführung vorgeschlagene Tagesordnung wird vom Vorstand gebilligt.

b) Hauptversammlung 1925. Als Zeitpunkt der nächsten Hauptversammlung wird der 28. und 29. November festgesetzt. Verschiedene Vorschläge zur Ausgestaltung der Hauptversammlung finden die Zustimmung des Vorstandes.

Zu Punkt 10. Der Antrag des vorbereitenden Ausschusses zur Schaffung des Zweigvereins „Eisenhütte Oesterreich“ des Vereins deutscher Eisenhüttenleute auf Zustimmung des Vorstandes zur Gründung dieses Zweigvereins findet die begeisterte Zustimmung des Vorstandes. Die Gründungsversammlung wird voraussichtlich am 3. Mai 1925 in Leoben stattfinden.

Zu Punkt 11. Aus dem Bericht über die Entwicklung der eisenhüttenmännischen Ausbildung ist zu entnehmen, daß die Zahl der Studierenden der Eisenhüttenkunde mit rd. 600 annähernd auf gleicher Höhe geblieben ist. Wenn die Versorgung der eisenhüttenmännischen Institute auch wieder in ordnungsmäßigeren Zustand gekommen ist, wird doch der Hoffnung Ausdruck gegeben, daß die Werke den Hochschulen auch weiterhin ihre Unterstützung, insbesondere bei der notwendigen Ergänzung von Lehrmitteln usw., bieten.

Der Vorstand beschließt weiter, die allgemeinen Ausbildungsfragen für Eisenhüttenleute genauer zu verfolgen und eine Ueberprüfung der Lehrziele vorzunehmen. Nachdem die Dinge eingehend vorbereitet sind, soll eine Aussprache vor dem Ministerium über die Unterrichtsfragen beantragt werden.

Zu Punkt 12. a) Ausbau des Geschäftshauses. Zur Beratung und etwaigen Durchführung eines Planes zum Ausbau des Geschäftshauses wird ein Bauausschuß eingesetzt, der aus den Mitgliedern des Vorstandsausschusses bestehen soll.

b) Der Vorstand bewilligt den vom Deutschen Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine für das Jahr 1925 angeforderten Beitrag in Höhe von 2000 M.

c) Personalien. Der Vorstand genehmigt das Gesuch des Geschäftsführers des Verlags Stahleisen m. b. H., des Herrn Adolf Hermann, der den Verlag seit seiner Gründung im Jahre 1908 geleitet hat und im ganzen 40 Jahre lang bei der Herausgabe der Vereinszeitschrift tätig war, um Versetzung in den Ruhestand. Er spricht Herrn Hermann für seine ausgezeichnete Geschäftsführung besonderen Dank aus und beschließt, mit der Nachfolge, zunächst kommissarisch, den langjährigen Prokuristen des Verleges, Herrn Albin Holischeck, zu betrauen.

d) Es wird eine Reihe von Fragen besprochen, die in naher Zukunft von der Geschäftsstelle in Behandlung genommen werden sollen, darunter Materialfragen, Patentfragen usw.

Zu Punkt 13 nimmt der Vorstand die Berichte der Herren Bleibtreu und Dr.-Ing. Bulle, Oberingenieure der Wärmestelle Düsseldorf, über ihre Studienreise in den Vereinigten Staaten von August bis Dezember 1924 entgegen. Die Berichte finden lebhaften Beifall.

Schluß der Sitzung 4,15 Uhr.

#### Ehrenpromotion.

Dem Mitgliede unseres Vereins, Herrn Betriebsdirektor A. Thau, Halle-Saale, wurde in Anerkennung seiner hervorragenden wissenschaftlichen Verdienste auf dem Gebiete der Brennstoffvergasung von der Technischen Hochschule in Karlsruhe die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber verliehen.



## Ernst Klein †.

Am frühen Morgen des 22. Februar 1925 wurde Kommerzienrat Dr.-Ing. e. h. Ernst Klein zu Dahlbruch i. W. nach längerem Kranksein in die Ewigkeit abberufen. Sein Tod reißt eine neue empfindliche Lücke in den ohnehin recht eng gewordenen Kreis der Männer, die nicht nur den Verein deutscher Eisenhüttenleute im November 1880 neu begründet haben, sondern auch vorher schon dem Technischen Verein für Eisenhüttenwesen angehört hatten.

Der äußere Lebensgang des Heimgegangenen ist bald erzählt. Am 25. Oktober 1844 als Sohn des Kommerzienrates Wilhelm Klein zu Dahlbruch geboren, besuchte Ernst Klein das Realgymnasium in Siegen, studierte an der damaligen Gewerbe-Akademie, der jetzigen Technischen Hochschule, zu Berlin und begann im Jahre 1867 seine Laufbahn als Ingenieur bei der Firma Gebrüder Klein in Dahlbruch. Sechs Jahre später finden wir ihn als Teilhaber der genannten Firma, und als diese, bis dahin offene Handelsgesellschaft, im Jahre 1888 die Form der Aktiengesellschaft annahm, trat Ernst Klein in deren Vorstand über, dem er dann bis zum Jahre 1919 als Mitglied angehörte. Daran anschließend führte er noch ein halbes Jahrzehnt den Vorsitz im Aufsichtsrate des Unternehmens, bis ihn gegen Ende 1924 gesundheitliche Gründe zwangen, auch dieses Amt niederzulegen. Sein Name bleibt mit der Geschichte der Maschinenbau - Actiengesellschaft vorm. Gebrüder Klein dauernd verbunden; denn die große Bedeutung, die das Unternehmen unter seiner Leitung allmählich gewann, ist Ernst Kleins unleugbares Verdienst.

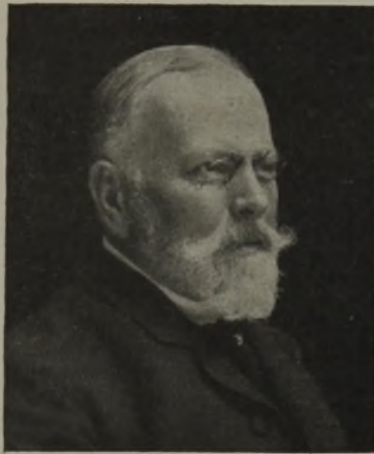
Ein kurzer Rückblick auf die Entwicklung des Werkes und den Anteil, der dem Heimgegangenen dabei zukommt, möge dies belegen. Der Ursprung des Unternehmens geht auf einen Reckhammer zurück, der schon 1769 bestand und im Jahre 1790 von dem Gewerken Johannes Klein übernommen wurde. Dessen Enkel errichteten 1834 an Stelle des alten Hammers eine Eisengießerei, die anfänglich Zimmeröfen, Kochherde, Potterie-Kunstguß u. dgl. lieferte und im Jahre 1837 den Guß von Walzen, zwei Jahre später die Herstellung von Maschinenteilen aufnahm. Als Ernst Klein in die Firma eintrat, hatte diese ihre Ziele schon wesentlich erweitert: sie baute seit etwa 20 Jahren Dampf- und Gebläsemaschinen, Werkzeugmaschinen, Dampfhämmer und Walzwerksteile und hatte im Jahre 1856 die ersten vollständigen Walzwerke für Luppen und Bleche mit den zugehörigen Walzenzugmaschinen ausgeführt. Wengleich mit dem Walzwerks- und Großmaschinenbau schon der Grund für die künftige Haupttätigkeit des Unternehmens gelegt war, so wies doch im wesentlichen erst Ernst Klein den Weg, der seine Firma zu großen und dauernden Erfolgen auf diesem Gebiete führen sollte. Das Werk in Dahlbruch beschäftigt heute etwa 700 Angestellte und Arbeiter, und nach vielen Hunderten zählen die Walzwerksanlagen aller Art, die Großgas- und Dampfmaschinen, die Dampfhämmer und Pumpen, die den Weltruf des Unternehmens in allen Kulturländern begründet haben. Um so mehr bleibt zu bedauern, daß das im Jahre 1896 auf Ernst Kleins Veranlassung zuerst unter seinem Namen in Riga errichtete Zweigwerk, das 1904 durch Feuer zerstört wurde und dann unter dem Russisch-Japanischen Krieg sowie der ersten Revolution in Rußland stark zu leiden hatte, infolge des Weltkrieges noch nicht wieder hat in Betrieb genommen werden können, obwohl sich das russische Geschäft vorher recht erfreulich entwickelt und bis zum Jahre 1914 zusammen mit dem Stammwerk mehr als die Hälfte der maschinellen

Einrichtungen auf den russischen Werken ausgeführt hatte.

Ernst Klein war — das sehen wir an seinem Lebenswerke — ein tüchtiger Ingenieur mit weitem Blick, dessen technischer Befähigung es in glücklichster Weise gelang, das ihm von seinen Vorfahren überkommene Erbe nicht nur zu wahren, sondern zu mehren. Vorbildlich waren seine Bauarten der Draht- und Feineisenwalzwerke. Kühn war er in der Neugestaltung der Maschinenelemente; hier schlug er eigene Bahnen ein, insbesondere durch Anwendung hoher Drehzahlen für Schwungräder, denen er schon in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts bei gußeisernen Armen an Schnellwalzenstraßen für Draht Umfangsgeschwindigkeiten bis zu 45 m in der Sekunde gab. Im Bau von Bandisenwalzwerken und selbsttätigen Umföhrungsvorrichtungen war er führend. Bekannt ist sein Kampf um den Schnellauf der Gebläsemaschinen in den Jahren 1881 und 1882, ein Kampf, in dem er, wie die spätere Entwicklung gezeigt hat, Sieger geblieben ist. Auf Ernst Kleins Anregung wurde von seinem Werke die Tandemanordnung bei Walzenzugmaschinen sowie die Anwendung des Verbundsystems bei Gebläsemaschinen in die Praxis umgesetzt. Die Düsseldorf'er Ausstellung von 1902 zeigte die erste Großgasmaschine der Bauart Körting-Klein als Walzenzugmaschine für ein Grubenschienenwalzwerk. Und wenn der Großgasmaschine bei ihrer weiteren Ausführung als Walzenzugmaschine infolge zu geringer Abmessungen Mißerfolge nicht erspart blieben, so hat sie sich doch, namentlich in Rußland, bei sehr vielen Werken als Antrieb für Walzenstraßen aufs beste verwenden lassen. Klein hat auch schon im letzten Jahrzehnt vor der Jahrhundertwende, als erster, die jetzt allgemein anerkannten Hörbiger-Ventile für seine Gebläsemaschinen gebaut. Ueberhaupt war er stets bestrebt, der Hüttenindustrie gute neue Einrichtungen zu bieten, und tatkräftig unterstützt wurde er hierbei von seinem Freunde und Landsmann August Spannagel, dem damaligen Generaldirektor des „Phoenix“ in Ruhrort. Bis in sein hohes Alter blieb dem Heimgegangenen der Sinn für alle technischen Fragen rege, zumal da er in einem bewunderungswürdigen Gedächtnis eine Hilfe hatte, die nie versagte; jede Auskunft, die man von ihm verlangte, war klar und erschöpfend.

So bedeutend die Wirksamkeit des Verstorbenen im Bereiche des Dahlbrucher Werkes auch war, so fand sie hier doch nicht ihre Schranken. Ernst Klein hatte ein offenes Auge für die wirtschaftlichen Gesamtbedürfnisse des Industriezweiges, dem er seine Kraft gewidmet hatte; darum gehörte er auch im Jahre 1893 zu den Mitbegründern des Vereins deutscher Maschinenbau-Anstalten, trat in dessen Vorstand ein und wurde, nachdem sich Geheimrat Heinrich Lueg 1910 genötigt gesehen hatte, den Vorsitz dieser Körperschaft niederzulegen, sein Nachfolger. Fünf Jahre hindurch stand er an der Spitze des Vereins, und als er das Steuer mit Rücksicht auf sein zunehmendes Alter in der schweren Zeit des Krieges jüngeren Händen überantwortet hatte, ernannte ihn die nächste Hauptversammlung in Anerkennung seiner Verdienste um den deutschen Maschinenbau zum Ehrenmitglied des Vereins.

Da der Heimgegangene schon in jungen Jahren nicht nur durch seine Tätigkeit als Ingenieur, sondern auch durch Zugehörigkeit zu den eisenhüttenmännischen Organisationen seinen regen Anteil an der Förderung der Eisenindustrie im engeren Sinne bekundet hatte, so wußte der Verein deutscher Eisenhüttenleute sich rechtzeitig





den Rat seines treuen Mitgliedes an hervorragender Stelle zu sichern. 1892 sehen wir ihn zuerst im Vorstände des Vereins, und nächst Dr. Beumer gehörte er am längsten von allen zuletzt tätigen Mitgliedern dem Vereinsvorstande an, wie er auch, soweit man das heute noch feststellen kann, sich der ältesten Mitgliedschaft des Vereins selbst und seines Vorläufers rühmen durfte. Bei der Wanderversammlung des Vereins zu Siegen im Jahre 1891 lag die Sorge für die Unterkunft der Teilnehmer und für die Veranstaltungen in seiner Hand; außerdem beteiligte er sich mit einem Vortrage über die heimische Eisenindustrie. Ebenfalls bis zu seinem Tode war Ernst Klein im Vorstände des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller tätig, und zwar sowohl in dem des Berliner Hauptvereins als auch in dem der Nordwestlichen Gruppe zu Düsseldorf, sowie des dieser Gruppe eng verbundenen Vereins zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen in Rheinland und Westfalen. Auch hier war sein kluger Rat, der bei etwa vorhandenen Gegensätzen stets eine vernünftige ausgleichende Mittellinie zu empfehlen pflegte, sehr geschätzt.

In seiner engeren Heimat beteiligte sich der Heimgegangene an der Gründung des Siegener Bezirksvereins deutscher Ingenieure, war längere Zeit Mitglied des Vorstandes sowie von 1890 bis 1892 Vorsitzender dieses Bezirksvereins und wurde später zum Ehrenmitgliede desselben ernannt. Weiter fand er als langjähriger Präsident der Handelskammer zu Siegen und als Vorsitzender des Berg- und hüttenmännischen Vereins daselbst die beste Gelegenheit, den wichtigsten Industriezweigen des Siegerlandes seine reichen Erfahrungen nutzbar zu machen; beide Körperschaften verliehen ihm die Ehrenmitgliedschaft. Auch dem Bezirkseisenbahnrat in Frankfurt a. M. gehörte er als Mitglied, dem Bezirkseisenbahnrate in Köln als stellvertretendes Mitglied lange Jahre an. Erwähnen wir noch, daß Ernst Klein außerdem beim Cöln-Müsener Bergwerks-Aktienverein (bis 1913), bei der Siegener Eisenbahn-Bedarfs-A.-G. (bis 1918), bei den Geisweider Eisenwerken und der Firma Capito & Klein (bis 1920) sowie bei der Rasselsteiner Eisenwerks-Gesellschaft m. b. H., der Siegener Bank und dem Elektrizitätswerke Siegerland bis zuletzt Mitglied des Aufsichtsrates war, so erhalten wir wenigstens in flüchtigen Umrissen ein Bild der vielseitigen Lebensarbeit unseres Freundes.

Indessen, dieses Bild wäre zu unvollständig, wollten wir nicht auch der erfolgreichen Tätigkeit gedenken, die Ernst Klein im Siegener Kreistage von 1896 bis 1919, im Kreisausschuß von 1919 bis 1921 und als Kreisdeputierter seit dem Jahre 1919 entfalten konnte; des weiteren war es ihm vergönnt, sich als langjähriger Abgeordneter zum Provinzialrate, als Kurator der Erziehungs-

und Studienanstalt des Stiftes Keppel, deren Entwicklung ihm stets sehr am Herzen lag, und endlich als Mitglied des Kuratoriums der Fachschule für die Eisen- und Stahlindustrie des Siegerlandes seit deren Bestehen für das öffentliche Wohl und die Förderung des Eisengewerbes seiner Heimat einzusetzen.

An Auszeichnungen hat es dem auf so mannigfachen Gebieten bewährten Manne nicht gefehlt; er wurde 1896 zum Kgl. preußischen Kommerzienrate ernannt, erhielt 1902 den Roten Adlerorden IV., 8 Jahre danach den Kronen-Orden III. Klasse und später noch das Verdienstkreuz für Kriegshilfe. Ende 1917 verlieh ihm die Technische Hochschule zu Hannover in Anerkennung seiner Verdienste um die Entwicklung der Walzwerksanlagen und des Großgasmaschinenbaues sowie wegen seiner Förderung der deutschen Maschinenindustrie die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber.

Kenzeichnend für die Wesensart des Verstorbenen ist das gute, geradezu patriarchalische Verhältnis, das zwischen ihm und seinen Untergebenen, Angestellten wie Arbeitern, bestand. Ihre Wünsche und Anliegen berücksichtigte er, soweit er eben konnte, und seine hervorragenden Charaktereigenschaften sicherten ihm die Hochachtung und Verehrung seiner Leute in reichem Maße. Im persönlichen Verkehr zeichnete den Verewigten eine wohlthuend berührende Freundlichkeit und ausgeprägte Herzensgüte aus, die ihm einen Kreis zahlreicher Freunde erwarb. Sein Heim war ein Platz echt deutschen Familienlebens und vornehmer Gastlichkeit. Seine im vor einigen Jahren im Tode vorangegangene Gattin war eine feinsinnige Frau deutscher Prägung, die eine große Liebenswürdigkeit mit hervorragender Geistesbildung paarte, so daß das Kleinsche Haus einen Zauber ausstrahlte, der allen unvergeßlich ist, die je unter seinem gastlichen Dache gewohnt haben. Mit ihrem Manne war Frau Dr. Klein zugleich eine Helferlin der Bedrückten und Armen, in deren Erinnerung das Andenken an beide unvergessen bleiben wird.

Ernst Klein aber wird fortleben in Gedächtnis seiner zahlreichen Freunde, Bekannten und Verehrer als ein wahrhaft vornehmer Charakter, der unbedingtes Vertrauen heischte und verdiente. So ist es kein Wunder, daß die Beisetzung des Entschlafenen auf dem alten Friedhofe seines Heimatortes sich noch einmal zu einer erhebenden Kundgebung der hohen und allgemeinen Wertschätzung gestaltete, deren sich Ernst Klein erfreuen durfte, einer Wertschätzung, geeignet, die Hinterbliebenen in ihrer Trauer mit Stolz zu erfüllen und ihnen den Abschied von dem zu erleichtern, dessen sterbliche Hülle sie schmerzlich bewegt zur letzten Ruhestätte geleiten mußten.

#### Aenderungen in der Mitgliederliste.

- Bischoff, Hanswilhelm*, Betriebsleiter der Pfalz. Chamotte- u. Thonw., Schiffer & Kircher, A.-G., Eisenberg i. Pfalz.  
*Born, Karl*, Betriebschef des Feinblechwalzw. Friedenschütte, Nowy-Bytom (Friedenschütte), Poln. O.-S., ul. Niedurnego 51.  
*Deinert, Gotthard*, Dipl.-Ing., Walzwerkschef des Ohler Eisenw. Theob. Pfeiffer, Ohle i. W.  
*Dornhecker, Karl*, Dr.-Ing., A.-G. der Eisen- u. Stahlw. vorm. Georg Fischer, Schaffhausen, Schweiz, Tobelweg 4.  
*Fuglewicz, Ernst*, Dipl.-Ing., Stahlw.-Assistent der Schoeller-Bleckmann-Stahlw., A.-G., Mürrzuschlag, Steiermark.  
*Kupffer, Max*, Direktor der Abt. Neanderthal der Mannesmann-Werke, Hochdahl.  
*Lentz, Jean*, Ing., Souschef de Service hauts fourneaux du Nord et l'Est, Valenciennes, Nord-Frankr.  
*Lorenz, Max*, Dipl.-Ing., Forschungsanstalt Prof. Junkers, Abt. Materialprüfung, Dessau.  
*Mann, Wolfgang*, Direktor, Vorst.-Mitgl. d. Fa. Otto Jachmann, A.-G., Berlin-Hermsdorf, Freiherr vom Stein-Str. 18.  
*Morawietz, Fritz*, Oberingenieur, Liegnitz i. Schl., Luisen-Str. 31.  
*Müller, August*, Fabrikdirektor a. D., Köln-Mülheim, Dinnwalder Str. 25.

#### Neue Mitglieder.

- Arfwedson, C. Louis G.*, Bergingenieur, Motala Verkstad, Schweden.  
*Berges, Friedrich Wilhelm*, Prokurist der Stahlwerke Brüninghaus, A.-G., Werdohl.  
*van Berk, Ernst*, Fabrikdirektor, Neuwied.  
*Dreyer, Arthur*, Dr.-Ing., Stahlwerksleiter des Annener Gußstahlw., Elberfeld, Kleeblatt 44.  
*Grosser, Franz*, Dipl.-Ing., Mallnitz, Kreis Sprottau, Marienhütte.  
*Hinderer, Eugen*, Dipl.-Ing., Hamborn a. Rhein 1, Kron-Str. 10.  
*Lanzendorfer, Erich*, Dipl.-Ing., Friedrich-Wilhelms-Hütte, Mülheim a. d. Ruhr, Höhenweg 33.  
*Loewen, Fritz*, Betriebsingenieur des Stahlw. Kabel C. Pouplier jr., Kabel i. W., Post-Str. 1.  
*Petersen, Hans*, Ing., Direktor der Maschinenf. Smev, Bjelovar, S. H. S., Mihanoviceva 3.  
*Pöhlmann, Otto*, Dipl.-Ing., Obering. der Donnersmarkhütte, Hindenburg, O.-S., Emmy-Str. 2.  
*Ristow, Arno*, Dipl.-Ing., Duisburg, Schulte-Str. 54.  
*Schirner, Karl*, Hüttendirektor, stellv. Mitgl. des Vorst. der Deutsch-Luxemb. Bergw.- u. Hütten-A.-G., Dortmund, Moltke-Str. 21.  
*Spithaler, Otto*, Direktor, Düsseldorf 10, Jägerhof-Str. 13.  
*Szurau, Max*, Vorstandsmitglied der Ramag-Meguina.-G., Bad Nauheim, Hotel Bristol.