

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute

Geleitet von Dr.-Ing. Dr. mont. E. h. O. Petersen

unter Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. W. Steinberg für den wirtschaftlichen Teil

HEFT 23

6. JUNI 1940

60. JAHRGANG

Die Entwicklung der hochfesten Stähle für den Großstahlbau in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Von Wilhelm Bischof in Dortmund.

[Bericht Nr. 501 des Werkstoffausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute*.]

(Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften der in den Vereinigten Staaten für den Eisenbahnwagen- und Schiffbau entwickelten hochfesten Baustähle. Nickelstähle bis 3,5% Ni. Manganstähle mit bis 1,7% Mn. zusätzlich bis 0,6% Si und bis 0,6% Cu. Chromstähle mit bis 1,5% Cr, bis 1% Si, bis 1,4% Mn. zusätzlich bis 0,7% Ni, rd. 0,5% Cu. rd. 0,1% P. Kupferstähle mit rd. 1% Cu, zusätzlich bis 2% Ni. rd. 0,1% Mo und 0,1% P. Molybdänstähle mit bis 0,6% Mo. Mangan-Vanadin-Stähle mit rd. 0,15% V.)

Allgemeine Entwicklung.

Die Entwicklung der hochfesten Baustähle in Amerika ist von den Eisenbahngesellschaften (Association of the American Railways) ausgegangen. Von 1920 bis 1938 war als Folge der zunehmenden Mannigfaltigkeit der Güter die durchschnittliche Frachtgewichtsmäßig um rd. 30% je Wagen zurückgegangen, während das Eisenbahnwagengewicht im Durchschnitt trotz der seit 1934 eingesetzten Leichtbauwagen rd. 20% zugenommen hatte. Ein 1930 zur Prüfung der Fragen eingesetzter Ausschuß mußte in zweijähriger Arbeit feststellen, daß die Gewichtsparsnis durch einfache Aenderung der Bauweise nur beschränkt sein konnte und der einzige wirksame Ausweg in der Verwendung eines festeren Stahles bestünde.

An sich waren hochfeste Baustähle zu dieser Zeit bekannt, aber ihre Zusammensetzung machte sie zum Schweißen ungeeignet und gewährleistete nicht den von den Eisenbahningenieuren gewünschten Korrosionswiderstand. Die United States Steel Corp., die erhebliche Eisenbahninteressen hat und auch stark an verschiedenen Wagenbaufirmen beteiligt ist, nahm die Lösung dieser Fragen zuerst in Angriff und ist auch heute noch mit ganz erheblichem Vorsprung vor den anderen Firmen führend. Anfang 1934 liefen die ersten Versuchswagen aus hochfestem niedriglegiertem Baustahl. 1935 wurde erstmalig zum Teil geschweißt. Erst 1937 wurden völlig geschweißte Güterwagen eingesetzt, wobei Gewichtseinsparungen von 25 bis 30% erzielt wurden. Im großen und ganzen muß bis Mitte 1937 noch von einem Versuchsstadium gesprochen werden. Von den neugebauten Güterwagen waren bis dahin nur 2,5% in Leichtbauweise mit den neuen hochfesten Stählen hergestellt. 1938 stieg die Zahl auf 10% der Jahresherstellung. Allerdings ist dabei noch zu berücksichtigen, daß auch bei den übrigen für manche Teile niedriglegierter Baustahl verwendet wurde.

Die Zögerung, die niedriglegierten Stähle in größerem Umfang einzuführen, ist auf den verhältnismäßig hohen Preis des Stahles zurückzuführen, der um 40 bis 70% höher liegt als der Preis von unlegiertem Stahl. Der deutsche

Baustahl St 52 ist um rd. 25% teurer als St 37. So ist es verständlich, daß die Eisenbahngesellschaften erst Anfang 1938 sich auch zum Bau von Personenwagen mit den neuen Stählen entschlossen. Der prozentuale Anteil war Ende 1938 noch verhältnismäßig gering, die Gewichtsparsnis auch nicht so groß wie bei den Güterwagen, nämlich nur etwa 17 und 25%.

Auf andere Gebiete blieb diese Entwicklung natürlich nicht ohne Einfluß. Beispielsweise sind in der Marine Oeltanker aus niedriglegiertem Stahl gebaut worden. Da diese Tanker noch zu kurze Zeit im Betrieb sind, liegen über die Bewährung noch keine Erfahrungen vor, obwohl wegen der angeblich besseren Korrosionseigenschaften eine Ueberlegenheit nicht bezweifelt wird. Im Bergbau werden die Stähle für Bagger und Krane in steigendem Maße eingeführt. Auch im Wasserbau scheinen die Stähle sich wegen ihres guten Korrosionsverhaltens durchzusetzen. Von den in den letzten Jahren zur Flutüberwachung des Mississippi gebauten Dämmen ist beispielsweise der größte Teil der Schleusen aus hochfestem niedriglegiertem Baustahl hergestellt.

Im Brücken- und Hochbau dagegen ist man in Amerika sehr konservativ und praktisch noch beim Nieten geblieben. Teils liegt das am Ingenieur selbst, der nicht von der Werkstattsschweißung loskommt, die ja auch zweifellos ihre Vorzüge gegenüber der Baustellenschweißung hat und vor allem das Spannungsfreiliegen des geschweißten Stückes ermöglicht. Wenn auch hier und da Ansätze zum Schweißen von Hochbauten vorliegen, so kommt man im allgemeinen über die Verwendung des Schweißens bei Ausbesserungen nicht hinaus. Die größeren Städte, kürzlich auch New York und Chicago, haben Bauvorschriften über die Zulassung von geschweißten Bauten herausgegeben. Die zulässige Beanspruchung beträgt jedoch 14,2 kg/mm², was den Amerikanern anscheinend noch keinen genügenden Anreiz gibt, die höheren Festigkeitseigenschaften auszunutzen. Ende 1938 waren in den gesamten Vereinigten Staaten rd. 300 Bauwerke geschweißt, während in Europa allein die Zahl der geschweißten Brücken schätzungsweise bereits an 800 heranreicht. Der Amerikaner verhält sich gegen das Schweißen jedoch keinesfalls ablehnend. Beispielsweise ist bei Druckbehältern die Anwendung des Schweißens in

*) Vorgetragen in der Sitzung des Arbeitsausschusses am 17. November 1939. — Sonderdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

Zahlentafel 1. Mittelwerte der chemischen Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften von amerikanischen niedriglegierten Baustählen.

Nr.	Stahlsorte	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Sonstiges	Streckgrenze kg/mm ²	Zugfestigkeit kg/mm ²	Dehnung (l=10 d) %	Einschnürung %
		%	%	%	%	%	%	%	%				
1	Ni-Stahl	0,20	0,19	0,66	0,023	0,029	—	2,37	—	38,0	57,6	25,0	57,0
2	Ni-Stahl	0,24	0,19	0,67	0,017	0,024	—	2,34	—	36,3	60,2	24,8	48,8
3	Ni-Mn-Stahl	0,30	0,23	1,14	0,032	0,037	—	2,13	—	45,4	71,7	19,8	39,3
4	Man-Ten	0,10	0,31	1,27	—	—	0,15	—	—	38,2	50,3	29,6	—
5	Man-Ten	0,28	0,21	1,40	0,027	0,030	0,22	—	—	38,7	63,7	22,4	47,0
6	Sil-Ten	0,31	0,25	0,80	0,018	0,035	0,34	—	—	34,1	60,1	21,6	57,0
7	Cromansil	0,06	0,76	1,24	—	—	—	—	0,33 Cr	36,6	50,8	32,5	66,4
8	Cromansil	0,14	0,75	1,20	—	—	—	—	0,37 Cr	40,2	61,2	22,2	56,0
9	Cromansil	0,21	0,67	1,18	—	—	—	—	0,47 Cr	42,6	66,0	21,3	49,4
10	Cromansil	0,30	0,73	1,17	—	—	—	—	0,48 Cr	45,9	75,5	17,5	58,0
11	Cor-Ten	0,10	0,66	0,28	0,130	0,026	0,40	—	0,92 Cr	35,2	53,0	28,3	62,0
12	Mayari R	0,08	0,21	0,53	0,082	0,039	0,76	0,41	0,46 Cr	42,9	53,4	22,4	61,0
13	Yoloy	0,07	0,09	0,40	—	—	1,00	1,89	—	38,1	50,6	25,4	54,8
14	Yoloy	0,16	0,20	0,65	—	—	1,04	2,05	—	40,1	61,6	25,9	—
15	Yoloy	0,22	0,26	0,76	—	—	0,95	1,96	—	47,9	62,6	17,3	43,1
16	RDS	0,09	0,03	0,82	0,030	—	1,52	0,95	0,10 Mo	41,1	57,7	24,5	62,0
17	RDS	0,22	0,02	0,73	0,030	—	1,43	0,77	0,16 Mo	44,3	69,6	17,9	50,0
18	Hi-Steel	0,10	0,17	0,55	0,101	—	1,08	0,56	—	44,0	55,2	23,4	68,0
19	Mn-V-Stahl	0,17	0,23	1,45	—	—	0,20	—	0,16 V	45,3	65,9	19,2	44,3

Amerika anscheinend erheblich größer als in Deutschland, und es werden Behälter bis zu Wanddicken von 150mm geschweißt.

Ueber die Erzeugungsmengen der niedriglegierten hochfesten Baustähle lassen sich ganz sichere Zahlen nicht erhalten. Lediglich die United States Steel Corp. gibt an, daß 1934 rd. 1700 t, 1935 9000 t, 1936 38 100 t des sogenannten „Cor-Ten“ hergestellt worden sind. Die Zahl für 1937 soll nach mündlicher Mitteilung 55 000 t betragen

bei weitem vorherrschend heute noch der unlegierte Stahl gebräuchlich. Allerdings werden etwas höhere Festigkeitseigenschaften verlangt als für den deutschen Baustahl St 37.

Nickelstähle.

Der vor etwa 30 Jahren gemachte Versuch, durch Steigerung des Kohlenstoffgehaltes die Festigkeit zu erhöhen, wurde, wie später der ähnliche Versuch in Deutschland mit dem Baustahl St 48, bald wieder aufgegeben. 1908 wurden erstmalig die nickellegierten Stähle mit 3,5 % Ni angewendet. Diese Stähle wurden dann neuerdings mehr zugunsten des 2,5- oder 1,5prozentigen Nickelstahles verlassen. In Bild 1 sind die Stähle unter 1 und 2 angegeben. Als Grund für die Verringerung des Nickelgehaltes muß der auch

Nr.	Stahlsorte	%C				%Mn		%Ni					Streckgrenze kg/mm ²					Zugfestigkeit kg/mm ²					Dehnung (l=10d)%				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	60	70	10	20
1	SAE 2115	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///
2	2 bis 2,5 % Ni	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///
3	Ni-Mn	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///	///

-----Grenzen für den deutschen Baustahl St 52.

Bild 1. Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften amerikanischer hochfester Nickelbaustähle.

haben und 1938 auf 70 000 t zu schätzen sein. Gegenüber diesem Cor-Ten der United States Steel Corp., für den eine große Werbung aufgezogen ist, treten die Erzeugungszahlen der entsprechenden Stähle der anderen Firmen stark zurück.

Aus den bisherigen Ausführungen geht schon hervor, daß die Entwicklung der hochfesten Baustähle in Amerika andere Wege ging als in Europa. Der deutsche Baustahl St 52 wie auch die hochfesten Baustähle der anderen europäischen Industrieländer wurden auf Grund der Erfordernisse des Brückenbaues geschaffen und fanden von dort erst Eingang auch in den Wagenbau, also umgekehrt wie in den Vereinigten Staaten. Außerdem ist die Entwicklung zu den niedriglegierten Stählen in Deutschland um fast acht Jahre älter als in Amerika, und es ist wahrscheinlich, daß die europäischen, besonders die deutschen Stähle vorbildlich gewesen sind, wenn sie nicht gar über das Patentschrifttum sowie entsprechende Veröffentlichungen die Anregung für bestimmte amerikanische Stähle gegeben haben. Die niedriglegierten hochfesten Baustähle sind in zahlreichen Veröffentlichungen des amerikanischen Schrifttums behandelt worden. Erwähnt seien nur die Zusammenstellungen von E. F. Cone¹⁾. In Amerika ist — wie schon erwähnt — im Brückenbau fast ausschließlich und auch im Wagenbau

für die Vereinigten Staaten hohe Preis des Nickels betrachtet werden. Ebenso wie bei dem 3,5prozentigen Nickelstahl der Kohlenstoffgehalt bereits von rd. 0,40 auf rd. 0,20 % erniedrigt war, haben auch die ärmeren Nickelstähle meist nur noch etwa 0,20 % C. Die Festigkeitsvorschriften für den deutschen Baustahl St 52 würden für den Stahl 1 gar nicht erreicht, für den Stahl 2 besonders in der Streckgrenze nur knapp. In Zahlentafel 1 sind Mittelwerte der Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften von zwei Sorten des 2,5prozentigen Nickelstahles angegeben. Eine Verbilligung des Stahles mit 3,5 % Ni wurde auch durch eine Erniedrigung des Nickelgehaltes und Erhöhung des Mangangehaltes bis auf 1,0 % versucht (Stahl 3; Bild 1 und Zahlentafel 1). Allerdings wird durch den höheren Mangangehalt die Neigung zur Härtung noch erhöht. Eine besondere Bedeutung kommt dem Stahl nicht zu. Eine völlige Abkehr vom 2,5- und 3,5prozentigen Nickelstahl ist im Hochbau noch nicht erfolgt. Man kann heute noch mit einem Anteil von 15 bis 20 % rechnen.

Mangan- und Mangan-Silizium-Stähle.

Die Entwicklung zu billigeren Stählen führte auch zu einem Manganstahl (medium manganese steel, Stahl 4 in Bild 2) mit 1 bis 1,75 % Mn bei 0,2 bis 0,3 % C. Zum Schweißen ist dieser Stahl kaum geeignet. Die Festigkeitseigenschaften richten sich nach dem Mangangehalt und wären nach den Vorschriften der Reichsbahn in der Dehnung nicht ausreichend. Nicht selten geht man jedoch im Mangangehalt auf 1,20 bis

¹⁾ Steel 95 (1934) S. 41/44, 66; vgl. Stahl u. Eisen 55 (1935) S. 736/37. Metals & Alloys 9 (1938) S. 243/54. Siehe auch Hoff, P.: Mitt. Kohle- u. Eisenforschg. 2 (1938) S. 54/61; vgl. Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 1053/57.

1,30 % herunter, wobei dann auch Dehnungen über 20 % erhalten werden. Immerhin hat der Stahl sich weitgehend im Brücken- und Hochbau durchgesetzt und wird von den großen Konzernen in erheblichem Maße geliefert. Bekannte Marken dieses Stahles sind der kupferhaltige, meistens im Mittel 0,28 % C enthaltende „Man-Ten“ der United States Steel Corp. (Zahlentafel 1) und „Jal-Ten“ der Jones and Laughlin Steel Corp.

Der Manganstahl dürfte eine Weiterentwicklung des sogenannten Siliziumbaustahls (silicon structural oder maganese-silicon Steel) sein, der bereits 1915 dem Nickelstahl erheblichen Wettbewerb zu machen begann und heute im Brückenbau schätzungsweise zu 50 % der gesamten Stahlmenge verwendet wird. Bei der United States Steel Corp. wird der Stahl mit einem geringen Kupfergehalt unter dem Namen „Sil-Ten“ hergestellt (Zahlentafel 1).

Chromstähle.

Als eine der ersten Arten der bewußt mit Rücksicht auf die Schweißbarkeit legierten hochfesten Baustähle kann der von der Union Carbide and Carbon Co. entwickelte „Cromansil“ angesehen werden. Es werden meist zwei Arten, A und B, dieses Stahles angegeben (Bild 3). Cromansil A mit dem hohen Chromgehalt scheint aber praktisch kaum hergestellt worden zu sein. Von Cromansil B scheint es verschiedene Sorten mit rd. 0,06, 0,14, 0,21 und — im Bild 3 nicht berücksichtigt — 0,30 % C zu geben (Zahlentafel 1). Bemerkenswert ist hier vielleicht, daß mit steigendem Kohlenstoffgehalt der Mangangehalt etwas ab- und der Chromgehalt etwas zunimmt. Die Festigkeitseigenschaften entsprechen bei 0,06 und 0,14 % C praktisch wohl stets den Vorschriften der Deutschen Reichsbahn, dabei hat besonders der Stahl mit 0,14 % C ein hohes Streckgrenzenverhältnis von im Mittel 70 %. Die Dehnung ist sehr gut. Der Stahl wurde auch mit Kupfer von rd. 0,5 % geliefert. Damit entsprach er weitgehend dem deutschen Unionbaustahl St 52, der zur Zeit der Einführung des Cromansils in Amerika bereits durch das entsprechende Patent²⁾ sowie im amerikanischen Schrifttum bekannt war. Einen ähnlichen Stahl stellt die Granite City Steel Corp. her, jedoch mit etwas niedrigerem Siliziumgehalt von 0,15 bis 0,30 %. Die Stähle werden vorzugsweise für Oelleitungsrohre verwendet.

Wegen des Chromgehaltes beim Schweißen bestehen in Amerika keine Bedenken, wenn der Kohlenstoffgehalt niedrig genug bemessen wird. Wegen des Siliziumgehaltes sind die Meinungen in Amerika geteilt. Die Union Carbide and Carbon Co. hat in ihrer Forschungsanstalt in Niagara-Falls Versuchsreihen mit verschiedenen Siliziumgehalten durchgeführt und sogar bei 1 % Si nicht nur gute Schweiß-eigenschaften des Werkstoffes, sondern im Gegensatz zu Erfahrungen in Deutschland ein besonders gutes Verhalten des Stahles beim Walzen festgestellt.

²⁾ Klinkenberg, A.: Amer. Pat. 1 842 455 vom März 1928, 1 947 527 vom Januar 1934.

Nr.	Stahlsorte	%C					%Si	%Mn			%Cu	Streckgrenze kg/mm ²			Zugfestigkeit kg/mm ²			Dehnung (L-10d) %	
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5		0,6	0,5	1,0		1,5	2,0	30	40	50	60	70	70
4	Medium Manganese																		
5	Man-Ten																		
	Jal-Ten																		
6	Silicon-Structural																		
7	Sil-Ten																		

-----Grenzen für den deutschen Baustahl St 52.

Bild 2. Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften amerikanischer hochfester Mangan- und Mangan-Silizium-Baustähle.

Nr.	Stahlsorte	%C		%Si	%Mn	%Cr	%Cu	%Ni	%P	Streckgrenze kg/mm ²				Zugfestigkeit kg/mm ²				Dehnung (L-10d) %		
		0,1	0,2							0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,7	30	40	50
8	Cromansil A																			
9	Cromansil B																			
10	Cor-Ten																			
11	Mayari R																			

-----Grenzen für den deutschen Baustahl St 52.

Bild 3. Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften amerikanischer hochfester Chrombaustähle.

Mehr durch die Eigenart der verwendeten Rohstoffe als durch bewußte Legierung dürfte ein Chromstahl der Bethlehem Steel Co. entstanden sein. Durch Verhüttung des auf Kuba vorkommenden Mayari-Erzes soll das Roheisen mit 0,8 bis 1,25 % Ni und 1,6 bis 2,6 % Cr bereits ein solches Mengenverhältnis haben, daß ohne besondere Legierung neben 1,25 % Ni noch 0,5 bis 0,75 % Cr im Stahl erhalten bleiben (Mayari-Stahl). Da der Kohlenstoffgehalt jedoch über 0,3 % beträgt, ist dieser Stahl verhältnismäßig wenig und nur für besonders hochwertige Bauteile verwendet worden. Der Stahl wurde der Vorgänger des von der Bethlehem Steel Co. seit Mitte 1938 stark empfohlenen Mayari R. Dieser Mayari R (Bild 3) vereinigt in sich die Erfahrungen des älteren Cromansil und des noch zu besprechenden „Cor-Ten“. In der Werbung wird die Art der Herstellung des Stahles als maßgebend für die besonders hohe Güte bezeichnet. Ausdrücke wie „Naturstahl“ oder „natürlich erschmolzen“ werden zur Kennzeichnung des Stahles angewandt. Bemerkenswert war die Auffassung auf einem Werk, daß ein Zusatz der Legierungsbestandteile am Schluß der Schmelze einfacher und sicherer erfolgen könnte und daß ein Unterschied in der Güte des erschmolzenen Stahles keineswegs vorhanden sei.

Die dritte Chromstahlart, die in der Stahlmarke „Cor-Ten“ der United States Steel Corp. vertreten ist (Bild 3), soll ihren Ausgang von einem Stahl mit 1 bis 2 % Cr bei 0,10 bis 0,20 % C genommen haben. Diesem Stahl, der bei etwas höherer Zugfestigkeit als bei den entsprechenden unlegierten Stählen eine besonders gute Zähigkeit aufwies, soll etwa 1930 zur Verbesserung der Korrosionseigenschaften rd. 0,4 % Cu zugesetzt worden sein. Dann erhöhte man den Gehalt des Siliziums auf rd. 1 %. Es wird angegeben, daß dadurch der Korrosionswiderstand noch weiter erhöht werden sollte; tatsächlich war dies wohl darin begründet, daß vom Cromansil her der gute Einfluß des Siliziums auf die Festigkeitseigenschaften, besonders auf das Streckgrenzenverhältnis, bekannt geworden war. Weiter wurde der Phosphorgehalt zur Verbesserung des Korrosionsverhaltens und der Festigkeitseigenschaften, besonders der Streckgrenze, erhöht. Außerdem kann der Kohlenstoffgehalt bei höherem Phosphorgehalt bedeutend niedriger gehalten und

dementsprechend die Schweißbarkeit verbessert werden. Der heute übliche Legierungsgehalt ist aus *Zahlentafel 1* ersichtlich.

Der Stahl „Cor-Ten“ hat gute Witterungsbeständigkeit. Die Vereinigung von Silizium, Phosphor, Chrom und Kupfer verbessert zweifellos den Korrosionswiderstand. Wesentlich ist anscheinend dabei, daß der Mangan- und Kohlenstoffgehalt nicht zu groß ist. Durch Herabsetzen des Kohlenstoffgehaltes von etwa 0,15 auf 0,08 % wird eine größere Wirkung erzielt als durch die Erhöhung des Phosphorgehaltes von etwa 0,1 auf 0,2 %. Der sehr hohe Phosphorgehalt bietet aber trotz dem Chrom und Kupfer anscheinend noch eine gewisse Schwierigkeit. Vor allem spricht dafür die allmähliche Herabsetzung des Phosphorgehaltes von 0,15 auf 0,10 oder sogar bis auf 0,07 %.

Nr.	Stahlsorte	%C		%Si		%Mn		%Cu		%Ni			%Mo	%P	Streckgrenze kg/mm ²				Zugfestigkeit kg/mm ²				Dehnung (L=10L) ¹ %		
		0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	1,5	0,1	0,1	30	40	50	60	40	50	60	70	70	30
72	Yoloy	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
73	RDS I	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
74	Hi-Steel	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
75	HT 50	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

-----Grenzen für den deutschen Baustahl St 52.

Bild 4. Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften amerikanischer hochfester Kupferbaustähle.

Die günstige Wirkung des Kupfers gegen die Versprödung ist anscheinend nicht umstritten. Die Wirkung des Chroms wurde wohl zuerst überschätzt. Im Forschungsinstitut der Union Carbide and Carbon Co. wurde auf Grund von Versuchserfahrungen festgestellt, daß das Verhältnis Chrom zu Phosphor den Wert 12 möglichst nicht unterschreiten dürfe. Dem Verfasser bekannt gewordene chemische Zusammensetzungen des Stahles zeigten allerdings im Mittel das Verhältnis 7. Wegen des Siliziumgehalts sind die Ansichten geteilt. Bei den Werken ist man der Ansicht, daß Silizium die Neigung zur Sprödigkeit verstärkt, während z. B. bei der Union Carbide and Carbon Co. dem Siliziumgehalt ein günstiger Einfluß zugeschrieben wird. Die bei den Cor-Ten-Herstellern angenommene ungünstige Wirkung des Mangans hinsichtlich der Versprödung zeigt sich in der Begrenzung mit 0,5 %. Im Mittel beträgt der Mangangehalt 0,28 %.

Kupferstähle.

Die Kupferzusätze des „Cor-Ten“ von im Mittel 0,4 % und des Mayari R von rd. 0,65 % sind zur Erhöhung des Korrosionswiderstandes gemacht worden, ebenso wie bei dem Jal-Ten und Man-Ten (*Bild 2*). Der höhere Kupfergehalt von mindestens 0,4 % übt auch einen guten Einfluß auf das Streckgrenzenverhältnis aus.

Einer stärkeren Legierung mit Kupfer standen Schwierigkeiten bei der Warmverarbeitung entgegen. Beim Walzen von Bändern, Blechen oder Knüppeln muß sehr vorsichtig angewärmt werden. Nach amerikanischer Ansicht tritt schon ab 0,50 % Cu oft eine Aufrauung der Oberfläche ein und bei 1 % Cu starke Warmrißbildungen an den Kanten. Die Wärmtemperatur des Blockes oder der Bramme muß niedriger gehalten werden als üblich. Obwohl man auf diese Weise auch einwandfreie Oberflächenbeschaffenheit der Blöcke und Bänder erhalten hat, glaubt man nicht, Profile zufriedenstellend herstellen zu können. Beim Schweißen sollen dazu Schwierigkeiten wegen stärkerer Neigung der kupferhaltigen Stähle zu Einbrandkerben bestehen, was sich aber durch geeignete Elektrodenumhüllungen beheben lassen soll. Es wurde versucht, diese Schwierigkeiten durch legierungstechnische Maßnahmen zu besei-

tigen. Es muß hier betont werden, daß vor Beginn der Entwicklung dieser Stähle die deutschen Arbeiten von F. Nehl³⁾ bereits vorlagen.

Bei der Youngstown Sheet and Tube Co. besteht die Ansicht, daß sich durch einen Nickelgehalt von 1,5 bis 2,0 % die Schwierigkeiten beim Walzen eines Stahles mit rd. 1 % Cu beheben lassen (*Bild 4*, Stahl 12). Es gibt anscheinend drei Sorten des sogenannten „Yoloy“ mit rd. 0,07, 0,16 und 0,22 % C, bei denen der Mangangehalt von 0,4 bis 0,8 % ansteigt (*Zahlentafel 1*). Die Festigkeitseigenschaften sind sehr gut, nur bei den Stählen mit rd. 0,22 % C wird im allgemeinen die Dehnung des deutschen Baustahls St 52 nicht erreicht. Das Streckgrenzenverhältnis ist das gleiche wie bei den Chrom-Mangan-Silizium-Stählen.

Die Ansicht, daß der hohe Nickelgehalt ein besonders hohes Streckgrenzenverhältnis ergäbe, stimmt wohl nur für Kupfergehalte unter 1%. Es scheint, als ob die Streckgrenze und Festigkeit bei hohem Kupfergehalt durch den hohen Nickelgehalt verringert und nur die Dehnung verbessert wird. Dies wird durch Versuche des Verfassers

(*Bild 5*) bestätigt. Auch die Abhängigkeit der Festigkeitswerte von der Profildicke ist größer als bei den nickelärmeren Stählen. Der Stahl ist noch wenig, von der Nickel-Kupfer-Gruppe aber am meisten hergestellt worden.

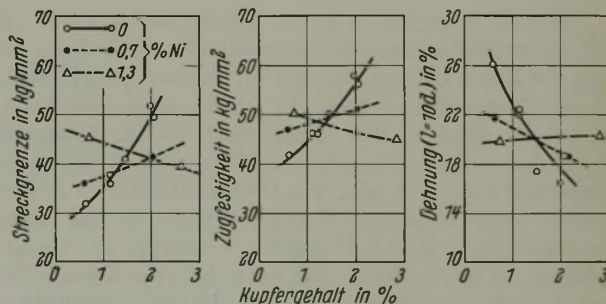


Bild 5. Einfluß des Nickels auf die Festigkeitseigenschaften amerikanischer Kupferbaustähle. (0,04 bis 0,10 % C, 0,01 % Si, 0,20 bis 0,35 % Mn.)

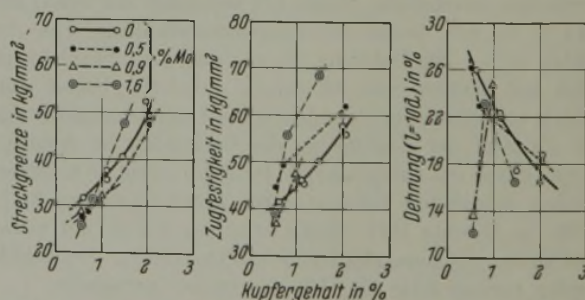


Bild 6. Einfluß des Molybdäns auf die Festigkeitseigenschaften amerikanischer Kupferbaustähle. (0,06 bis 0,09 % C, 0,10 bis 0,24 % Si, 0,10 bis 0,25 % Mn.)

Von der Republic Steel Corp. wird nicht nur die ungünstige Wirkung des höheren Nickelgehalts bei hohem Kupfergehalt bestätigt, sondern auch die Ansicht vertreten, daß der hohe und außerdem zu teure Nickelgehalt keineswegs die Hoffnung auf bessere Walzbarkeit erfüllt. Es wurde deshalb in den Stahl RDS (Republic Double Strength, *Bild 4*), von dem es zwei Sorten mit im Mittel 0,09 und 0,22 % C gibt, außer dem Nickelgehalt von meistens 0,85 % noch

³⁾ Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 678/86.

ein Molybdängehalt von gewöhnlich 0,10 bei dem niedrigen und 0,18 % bei dem höheren Kohlenstoffgehalt gegeben, um die Nachteile des Kupfergehaltes von rd. 1,45 % zu beseitigen. Der Siliziumgehalt liegt meist unter 0,05 und der Mangangehalt bei 0,75 % (Zahlentafel 1). Immerhin muß aber das Walzen angeblich noch mit großer Sorgfalt bei möglichst gleichmäßiger Temperatur über 870° und auf jeden Fall unter 980° durchgeführt werden. Die Festigkeitseigenschaften sind gut. Die Stahlgruppe mit 0,09 % C hat ein durchschnittliches Streckgrenzenverhältnis von 70 %, die Gruppe mit 0,22 % C dagegen nur 58 %. Dies entspricht auch Erfahrungen des Verfassers (Bild 6). Molybdän erhöht in Stählen mit höherem Kupfergehalt nur zusätzlich die Zugfestigkeit, nicht die Streckgrenze.

Die Inland Steel Co. entwickelte die Stahlmarke Hi-Steel (Bild 4) mit einem Phosphorzusatz von rd. 0,10 %. Die ungünstige Wirkung des Kupfergehaltes von im Mittel 1,4 % auf das Walzen soll hierdurch und durch rd. 0,55 % Ni ausgeglichen werden. Das Streckgrenzenverhältnis dieses Stahles ist, wohl als Folge des Phosphorgehaltes, außerordentlich hoch und oftmals 80 %. Dabei soll die Gleichmäßigkeit der Festigkeitseigenschaften in verschiedenen dicken Profilen durchaus gut sein. Allerdings ist der Stahl in Dicken über 19 mm anscheinend noch nicht hergestellt worden. Die Dauerfestigkeit soll etwa 30 % über den entsprechenden Werten der unlegierten Stähle gleicher Zugfestigkeit liegen.

Die Armeo wollte anscheinend in ihrem HT 50 (Bild 4) die Vorteile des Molybdäns des Stahles RDS und des Phosphors im Hi-Steel vereinigen. Die Streckgrenze soll dadurch sehr hoch gezüchtet werden, während Zugfestigkeit und Dehnung aber teils stark zurückgehen.

Sonstige hochfeste Baustähle.

Während der Molybdängehalt in den vorher angeführten Stählen den Zweck haben soll, besonders die nachteilige Wirkung des Kupfers beim Walzen zu beheben, wird von der Climax Molybdenum Co. Molybdän unmittelbar zur Verbesserung der Festigkeitseigenschaften empfohlen. In Bild 7 sind Kennwerte einiger Molybdänstähle zusammengestellt.

Sehr aussichtsreich scheint die Entwicklung der Vanadin enthaltenden Stähle (Bild 8) zu sein, für die von der Vanadium Corporation of America stark geworben wird. Die Vorteile des Vanadinzusatzes von nur 0,10 bis 0,20 % in erster Linie zu Stählen mit höherem Mangangehalt von 1,0 bis 1,6 % sind in der Vermeidung harter Stellen, im Feinkorn des Stahles und in der geringen Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften durch das Walzen begründet. Der Stahl wird von verschiedenen Firmen in drei Festigkeitsstufen mit höchstens 0,18 bis 0,22 % C hergestellt. Mittelwerte für die Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften des gebräuchlichsten Mn-V-Stahls sind in Zahlentafel 1 angegeben. Eine härtere Stahlsorte dieser Art mit rd. 0,30 % C sollen die American Steel Foundries, Chicago, allerdings bei noch höherem Mangangehalt liefern (Hylastic). In Bild 9 ist die besonders hervorzuhebende geringe Profilempfindlichkeit von Vanadinstählen veranschaulicht. Es sei noch erwähnt, daß man auch versucht hat, Vanadin zu chromhaltigen

Stählen zu legieren. Bei den verschiedenen Sorten des Cromansil scheint man sich Vorteile davon zu versprechen, besonders bei den härteren wie beim Cromansil in Form von Stahlguß mit Kohlenstoffgehalten von über 0,25 %.

Nr.	Stahlsorte	%C			%Si			%Mn			%Cr			%Mo			Streckgrenze kg/mm ²			Zugfestigkeit kg/mm ²			Dehnung (L=10d.) %			
		0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	20	30	40	50	60	40	50	60	70	80	10	20
76	C-Mo																									
77	Mn-Mo																									
78	SAE 4730																									

----- Grenzen für den deutschen Baustahl St52.

Bild 7. Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften amerikanischer hochfester Molybdänbaustähle.

Nr.	Stahlsorte	%C			%Si			%Mn			%Cr		%V		Streckgrenze kg/mm ²					Zugfestigkeit kg/mm ²					Dehnung (L=10d.) %			
		0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	0,1	0,2	20	30	40	50	60	30	40	50	60	70	10	20	30	
79	Mn-V A																											
80	Mn-V B																											
81	Mn-V C																											
82	Cr-V																											

----- Grenzen für den deutschen Baustahl St52.

Bild 8. Chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften amerikanischer hochfester Vanadinbaustähle.

Von der Great Lakes Steel Corp. wurde ein mit Zirkon legierter Manganstahl (Ductiloy) herausgebracht. Besonderer Vorzug soll die Feinkörnigkeit und Zähigkeit sein. Titanzusätze werden zu den niedriglegierten hochfesten Stählen nicht gegeben, obwohl in Amerika zur Zeit eine große Neigung zur Verwendung von Titan für verschiedene Zwecke zu bestehen scheint. Einige Versuche bei der United States Steel Corp. haben ergeben, daß durch Titanzusatz, der zweckmäßigerweise das Dreifache des Kohlenstoffgehaltes betragen soll, der Stahl feinkörniger sowie die Uebergangszone von Schweißen schmaler wird

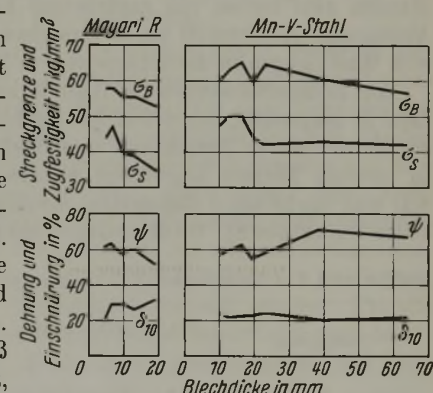


Bild 9. Einfluß der Blechdicke auf die Festigkeitseigenschaften von amerikanischem höchstem Chrom- und Vanadinbaustahl. (Stahlzusammensetzung: Mayari R mit 0,08 % C, 0,40 % Si, 0,72 % Mn, 0,100 % P, 0,042 % S, 0,56 % Cr, 0,33 % Ni, 0,62 % Cu; Mn-V-Stahl mit 0,16 % C, 0,24 % Si, 1,45 % Mn, 0,028 % P, 0,031 % S, 0,43 % V.)

und weniger hart ausfällt. Ueber den Aluminiumzusatz gehen die Ansichten stark auseinander. Größtenteils wird aber angenommen, daß Aluminium eine Beeinflussung der Schweißbarkeit nicht ergibt. Im allgemeinen werden Aluminiumzusätze wegen der schmelzmetallurgischen Schwierigkeiten (Einschlüsse, Porosität) nicht gern gesehen. Andererseits wird der Korngröße auch bei den niedriglegierten hochfesten Baustählen starke Beachtung geschenkt, obwohl nach den deutschen Erfahrungen solche Ueberlegungen erst beim Schweißen dickerer Profile in Frage kommen.

Zusammenfassung.

Die Entwicklung der hochfesten Baustähle in den Vereinigten Staaten von Amerika ist von Erfordernissen des Eisenbahnwagenbaues ausgegangen. Die Stähle

fanden von dort aus erst Eingang im Brückenbau und zu weiteren Verwendungszwecken. Der Uebergang zu niedriglegierten Stählen ist in den Vereinigten Staaten um viele Jahre jünger als in Deutschland. Das Schweißen im Brücken- und Hochbau ist in Amerika nicht so verbreitet wie in Europa.

Die in den Vereinigten Staaten entwickelten verschiedenartig legierten hochfesten Baustähle werden im einzelnen vor allem nach chemischer Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften besprochen und Vergleiche mit den Festigkeitseigenschaften des deutschen Baustahls St 52 angestellt. Nickelstähle sind bis 3,5 % Ni eingeführt. Zur Verbilligung wurden Manganstähle mit rd. 1,5 % Mn sowie Mangan-Sili-

zium-Stähle mit bis 0,6 % Si entwickelt. Besondere Bedeutung kommt den Stählen auf der Grundlage Chrom-Mangan-Silizium und Chrom-Silizium-Phosphor zu, denen vor allem zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit etwa 0,5 % Cu zulegiert wird. Einer stärkeren Legierung des Stahles mit Kupfer (z. B. 1 % Cu) stehen Schwierigkeiten bei der Warmverarbeitung entgegen, die man durch legierungstechnische Maßnahmen, wie Zusatz von etwa 1,5 % Ni, ferner rd. 0,8 % Ni und 0,1 bis 0,2 % Mo oder rd. 0,6 % Ni und 0,1 % P zu beheben sucht. Weitere Stähle bauen sich auf Legierungszusätzen mit Molybdän, Vanadin sowie Zirkon auf. Zur Erzielung feinkörniger Stähle kommt Aluminium- und Titanzusatz in Betracht.

Verhalten von Schamottmassen mit Graphitzusätzen.

Von Fritz Harders in Dortmund.

(Schluß von Seite 478.)

Prüfung von Versuchssteinen.

Die Zusammensetzung der benutzten Rohstoffe geht aus *Zahlentafel 3* hervor. Der Pfälzer Ton und Schamotte sind für die Herstellung von Stopfen und Ausgüssen üblich verwandte Rohstoffe. Die Betriebsmischung bestand aus 60 % Pfälzer Schamotte, 30 % Pfälzer Glashafenton und 10 % Urbarer Blauton und war als Mischung für Ausgußherstellung von einem Werk geliefert worden. An Graphiten standen zwei Sorten von natürlichem Flockengraphit zur Verfügung. Kohlenstoff wurde versuchsweise auch in Form von Waschbergen in die Schamotte-Ton-Massen eingeführt.

Aus Rohstoffen wurden von Hand Mischungen (*Zahlentafel 4*) hergestellt, aus denen Versuchssteine im Ganzeinformat durch Einschlagen und Abstreichen von Hand in eisernen Formen angefertigt wurden. Grundmischung war eine solche aus 5 Raumteilen Schamotte und 3 Raumteilen Ton (Probe 8). Die Mischungen mit Graphit (Proben 9

bis 12) entstanden aus dieser Masse durch Ersatz von Schamotte durch entsprechende Mengen Graphit. Probe 13 ist eine stärker gemagerte Masse als die Ausgangsmasse 8, die zum Vergleich mit untersucht wurde. Die Steine der Masse 14 sind aus der Betriebsmischung (*Zahlentafel 3*) entstanden, in die bei Probe 15 ein Viertel Graphit und bei Probe 16 ein Viertel Waschberge eingeführt worden war.

Die Versuchssteine wurden nach dem Trocknen in einen aus Tonerdesteinen gemauerten Kasten mit Koks zur Verhinderung des Ausbrennens von Graphit eingebaut, der in der Mitte eines mit Kohle gefeuerten Kasseler Ofens stand. In diesem Kasten machten die Steine den Brand des Ofens mit, in dem übliche Schamotteware gebrannt wurde. Auf dem Kasten wurde Segerkegel 13 umgeschmolzen, während im Kasten Segerkegel 7 Schmelzerscheinungen zeigte. Dieser Segerkegel war nicht unmittelbar zusammengeschmolzen, da er von herabrieselndem Koks festgehalten worden war.

Zahlentafel 3. Chemische Zusammensetzung und Korngröße der für die Versuchssteine benutzten Rohstoffe.

Bezeichnung	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Alkalien	C	Anteil der Korngröße		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	> 1 mm ¹⁾ %	> 0,5 mm %	> 0,2 mm %
Pfälzer Ton . . .	50,34	42,80	1,03	2,14	—	—	—	—	—	0,0	0,5	
Pfälzer Schamotte	55,09	37,29	1,13	3,75	—	—	—	—	—	63,0	80,0	
Betriebsmischung	54,29	37,25	0,90	2,32	—	—	—	—	—	2,9	15,3	
Graphit I . . .	11,10	6,04	0,29	2,86	0,19	1,06	0,56	0,73	73,71	0,0	0,0	0,8
Graphit II . . .	23,18	11,02	0,85	2,79	0,19	0,38	0,37	1,03	51,92	0,0	0,0	0,2
Waschberge . . .	38,32	19,82	0,70	6,43	0,24	3,31	2,05	2,94	17,09	1,2	14,9	50,0

¹⁾ > 3 mm 0,0 %.

Zahlentafel 4. Versätze, chemische Zusammensetzung und Gefüge der Versuchssteine.

Probe Nr.	Versätze in Raumteilen					Chemische Zusammensetzung					Gefüge
	Schamotte	Ton	Graphit I	Graphit II	Waschberge	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	C %	
8	5	3	—	—	—	54,88	39,52	1,16	2,93	—	Fest und dicht, zum Teil kleine Hohlräume im Gefüge.
9	4	3	1	—	—	51,72	37,39	1,03	3,04	5,26	Fest und dicht, kleine Hohlräume an den Korngrenzen.
10	3	3	2	—	—	47,34	38,64	0,95	3,04	9,77	Fest und dicht, zum Teil kleine Risse an den Korngrenzen.
11	4	3	—	1	—	52,77	37,74	1,00	3,22	3,61	Fest und dicht.
12	3	3	—	2	—	50,28	35,73	1,01	2,50	8,26	Fest und dicht, zum Teil kleine Hohlräume an den Korngrenzen.
13	2	1	—	—	—	54,83	39,28	1,13	3,32	—	Etwas bröckelig, kleine Hohlräume an den Korngrenzen ¹⁾ .
14	Mischung					55,71	39,93	0,90	2,43	—	Fest und dicht, feinkörnig.
15	3 TeileMischung					47,87	33,65	0,83	2,86	13,24	Fest und dicht, feinkörnig.
16	3 TeileMischung					52,69	35,86	0,87	3,75	3,31	Fest und dicht, feinkörnig.

¹⁾ Rauhe Oberfläche, im Gegensatz zu übrigen Proben mit glatter Oberfläche.

Zahlentafel 5.

Feuerfestigkeit, Porigkeit und Verschlackungsbeständigkeit der Versuchssteine nach Zahlentafel 4.

Probe Nr.	Seegerkegel			Druckfeuerbeständigkeit °C				Spezifisches Gewicht g/cm ³	Raumgewicht g/cm ³	Gesamtporen %	Verschlackungsbeständigkeit	
	übliche Atmosphäre	Wasserstoffdurchleitung	Luftdurchleitung	übliche Atmosphäre		Wasserstoffdurchleitung					Gewichtsverlust %	Volumenverlust %
				t _a	t _e	t _a	t _e					
8	32	30	31	1320	1550	1320	1570	2,64	1,90	28	27	32
9	30/31	31/32	31/32	1370	1670	1385	1685	2,60	1,90	27	21	24
10	32/33	30	33	1340	> 1720	1345	> 1720	2,55	1,86	27	27	31
11	30/31	30/31	30	1280	1650	1285	1635	2,59	1,80	31	10	12
12	32/33	30	32	1355	1675	1365	1680	2,53	1,79	29	10	16
13	32	30	31	1280	1560	1280	1540	2,64	1,91	27	30	35
14	33	33	32/33	1240	1635	1265	1620	2,65	1,93	27	26	31
15	32/33	33	31	1410	> 1725	1410	> 1720	2,54	1,86	27	19	22
16	30	29/30	30/31	1265	1585	1285	1590	2,62	1,95	26	25	24

Das Gefüge der Versuchssteine nach dem Brand (*Zahlentafel 4*) war im allgemeinen gut. Lediglich Probe 13, die sehr stark abgemagert war, zeigte ein etwas lockeres Gefüge. Bei der chemischen Zusammensetzung (*Zahlentafel 4*) ist besonders der Kohlenstoffgehalt der Steine zu beachten. Abgesehen von Probe 16 (Waschbergezusatz), die etwa 3 % C enthält, lagen die Kohlenstoffgehalte zwischen 3,6 und 13,2 %. Davon waren die Werte von 3,6 bis 9,8 % bei einer Reihe von Steinen gefunden worden, die aus der Abwandlung eines bestimmten Versatzes hervorgegangen waren, wobei allerdings die Versuche mit zwei verschiedenen Graphiten ausgeführt worden sind.

Die Eigenschaften der Versuchssteine wurden in gleicher Weise wie die Stopfen des Handels untersucht. Die Feuerfestigkeit nach Segerkegeln wurde einmal bei üblicher Ofenatmosphäre, wie sie sich von selbst in den Kohlengrießöfen einstellt, zum andern bei Einleiten von Wasserstoff sowie Luft in den Ofenraum geprüft (*Zahlentafel 5*). Für übliche Ofenatmosphäre ergab sich ein unerwartetes Bild der Wirkung der Graphitzusätze. Bei Probe 9 fiel der Segerkegelschmelzpunkt zunächst um 1½ Kegel gegenüber der nicht mit Graphit versetzten Masse 8, um dann gegenüber Probe 8 um einen halben Kegel bei Probe 10 zu steigen. Entsprechend verhielt es sich bei den Proben 11 und 12. Probe 15 (Graphitzusatz) zeigte ebenfalls ein Absinken des Segerkegelschmelzpunktes gegenüber Probe 14. Probe 16 (Waschbergezusatz) war um 3 Segerkegel schlechter in der Feuerfestigkeit als die Ausgangsmasse 14.

Bei Wasserstoffeinleitung in den Ofen zeigte sich für die Proben 8 bis 10 nur bei Probe 9 eine Erhöhung des Segerkegelschmelzpunktes durch den Graphitzusatz. Im Vergleich zu den Versuchen bei üblicher Atmosphäre war Probe 8 um 2 und Probe 10 um 2½ Segerkegel niedriger geworden. Der Segerkegelschmelzpunkt von Probe 12 ergab sich gleich dem Schmelzpunkt der Ausgangsmischung 8 und gegenüber der üblichen Atmosphäre um 2½ Einheiten tiefer. Probe 16 mit dem Waschbergezusatz war um 3½ Einheiten tiefer als ihre Grundmischung 14 und Probe 15 mit Graphitzusatz. Beim Durchleiten von Luft durch den Ofen wurde ein Ansteigen des Segerkegelschmelzpunktes für die Proben 8 bis 10 durch den Graphitzusatz gefunden. Der Wert für Probe 10 ist der höchste von den erhaltenen Segerkegeln bei den verschiedenen Ofengasen. Einen Anstieg des Schmelzpunktes durch den Graphitzusatz weist auch Probe 12 auf. Das Ergebnis, daß durch den Graphitzusatz zunächst der Segerkegelschmelzpunkt fällt, wurde auch bei den Proben 14 und 15 erhalten. Die Werte für beide Proben lagen tiefer als bei üblicher und Wasserstoffatmosphäre.

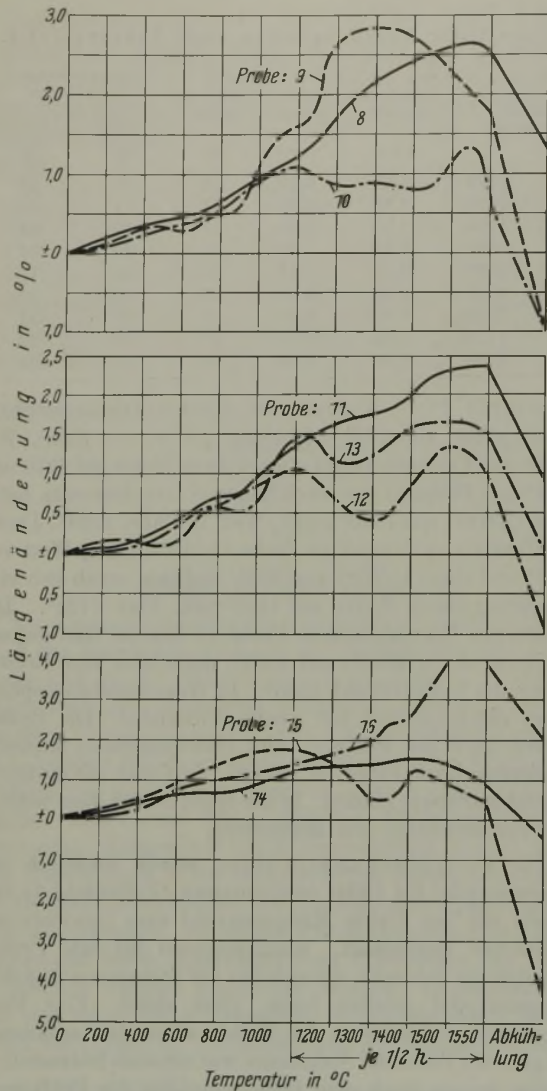
Ebenfalls in verschiedenen Gasen im Kohlengrießofen wurde die Druckfeuerbeständigkeit der Versuchssteine unter 2 kg/cm² Belastung geprüft (*Zahlentafel 5*). Die

graphitfreie Probe 8 zeigte bei üblicher Ofenatmosphäre einen t_a-Wert von 1320° und einen t_e-Wert von 1550°. Für Probe 9 mit Graphitzusatz stiegen diese Werte auf 1370 und 1670° an. Probe 10 mit noch höherem Graphitzusatz hatte einen t_a-Wert von 1340° und t_e-Wert von über 1720°. Durch den Zusatz von Graphit zu Probe 14, die einen t_a-Wert von 1240° und einen t_e-Wert von 1635° aufwies, ergab sich eine Steigerung dieser Werte auf 1410° bzw. über 1725°. Der Zusatz von Waschbergen in Probe 16 brachte eine geringe Erhöhung des t_a-Wertes auf 1265°, dafür aber eine Erniedrigung des t_e-Wertes auf 1585°. In Wasserstoffatmosphäre waren die Ergebnisse nur wenig abweichend. Die Proben zeigten nach der Prüfung beim Durchschneiden keinerlei Aenderung ihrer Farbe im Innern. Lediglich die äußerste Schicht war etwas glasiert. In der Regel betrug diese Schicht aber nur Bruchteile von Millimetern.

Die Verschlackungsprüfung wurde wiederum mit Manganoxydul bei 1400° vorgenommen (*Zahlentafel 5*) und jeweils mit der Hälfte Manganoxydul vom Gewichte der Prüfkörper verschlackt. Kennzeichnend für alle Proben war, daß die Schlacke, die sich aus der Steinmasse und dem Manganoxydul gebildet hatte, glatt abließ. Eine Festsetzung von Schlacke an den Proben allein oder zusammen mit gelösten Teilen der Steinmasse war nirgends festzustellen. Ebenso konnte nach dem Durchschneiden der Prüfkörper kein Eindringen der Schlacke bemerkt werden. Um die mehr oder minder zerstörten Körper lagerte eine ganz dünne Schlackenschicht, die aus dem Manganoxydul und dem Steinwerkstoff entstanden war.

Zahlentafel 5 zeigt, daß bei annähernd gleicher Porigkeit von etwa 28 % die Verschlackung erheblich von dem Graphitzusatz beeinflußt wird. Die Gewichtsverluste wurden bei den Proben 11 und 12 (mit Graphitzusatz) um etwa 20 %, d. h. auf rd. ein Drittel des Wertes der Vergleichsprobe 8 (ohne Graphit), herabgesetzt. Der Volumenverlust war bei Probe 11 mit geringerem Graphitzusatz vermindert, bei Probe 12 mit höherem Graphitzusatz wieder erhöht. Dieses Ergebnis, daß die Verschlackungsbeständigkeit mit steigendem Graphitgehalt wieder abnimmt, deckt sich auch mit dem Verhalten von Probe 10. Diese war nicht beständiger als Probe 8 ohne Graphitzusatz. Bei Probe 16 mit Waschbergezusatz war der Gewichtsverlust fast derselbe wie bei dem Schamottkörper 14, nur der Volumenverlust war um 7 % niedriger.

Die Ergebnisse der Ausdehnungsmessungen bis 1550° sind in den *Bildern 6, 7 und 8* wiedergegeben. Probe 8 (ohne Graphit) wies bis 1550° eine stetige Steigerung der Ausdehnung auf (*Bild 6*). Bei 1550° betrug die Ausdehnung 2,7 % der ursprünglichen Prüflänge. Bei dieser Temperatur setzte eine ziemlich starke Schwindung ein, die nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur die ursprüngliche Höchstausdehnung bis auf 1,3 % bleibende Ausdehnung erniedrigt



Bilder 6 bis 8. Wärmeausdehnung der Versuchssteine 8 bis 16. hatte. Die Ausdehnung der Probe 9 war, abgesehen von einer vorübergehenden Schwindung, bei 600° gering und stetig bis 800°. Dann trat eine schnellere Ausdehnung ein, die bei 1200° 1,75 % betrug. Während des halbstündigen Erhitzens auf 1200° trat eine weitere plötzliche Ausdehnungssteigerung ein. Bei darauf steigender Temperatur vergrößerte sich die Ausdehnung wiederum sehr wenig, so daß sie bei 1300° mit 2,9 % ihren Höchstwert erreicht hatte. Bis 1550° schwand die Masse stetig. Probe 10 mit höherem Graphitgehalt dehnte sich bis 1150° gleichmäßig und langsam aus. Bei weiterer Temperatursteigerung bis 1500° trat keine wesentliche Längenänderung ein. Während des Haltens auf 1500° begann die Probe wieder zu wachsen und erreichte bei 1550° mit 1,4 % ihre größte Ausdehnung. Nach der Abkühlung ergab sich eine bleibende Schwindung von 2,5 %.

Probe 11 (Bild 7) dehnte sich mit annähernd gleichbleibender Geschwindigkeit bis 1550° aus. Bei dieser Temperatur betrug die Ausdehnung 2,3 %. Probe 12 mit Graphitzusatz begann nach langsamer und ungefähr gleichmäßiger Ausdehnung bei 1200° zu schwinden und erreichte bei 1300° mit 0,75 % Ausdehnung einen Tiefstwert. In dem darauffolgenden steilen Ausdehnungsanstieg ergab sich bei 1500° der größte Ausdehnungswert der Probe. Die nur aus Schamotte und Ton bestehende Probe 13 dehnte sich bis 1200° um 1,5 % der ursprünglichen Länge aus und erreichte

nach Durchlaufen eines Tiefwertes bei 1550° ihre größte Längenänderung. Nach der Abkühlung war der Prüfkörper wieder auf seine Ausgangslinie bei Beginn des Versuches zurückgeschwunden. Probe 14 aus Betriebsmischung (Bild 5) zeigte bis 1500° eine langsame und gleichmäßige Ausdehnung. Ein Graphitzusatz (Probe 15) brachte bei langsamem Anstieg von 1200° eine Schwindung, so daß bei 1300° die Verlängerung nur noch 0,4 % betrug. Nach dem darauffolgenden kurzen Wachsen begann die Probe stark zu schwinden. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur blieb eine dauernde Schwindung von 4,5 % zurück. Der Austausch des Graphits durch Waschberge (Probe 16) ergab ein anderes Bild. Bis 1500° dehnte sich die Probe ziemlich gleichmäßig bis zu einem Höchstbetrag von 3,9 % der ursprünglichen Länge aus. Bei dieser Temperatur wurden Schmelzerscheinungen beobachtet, so daß nicht weiter auf 1550° erhitzt wurde. Nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur wurden 2 % Ausdehnung beobachtet.

Zahlentafel 6. Temperaturwechselbeständigkeit der Versuchssteine nach Zahlentafel 4.

Probe Nr.	Zahl der Abschreckungen			
	kleine Risse	mittlere Risse	große Risse	zersprungen
8	5; 7	6	12; 12	8; 10
9				14; 24
10	20; 20			44; 31
11				21; 32
12	10; 3		24; 8	29; 19
13	3; 7	4		11; 18
14	2; 2	4		10; 5
15	3; 3			8; 8
16	1; 1	3; 3		7; 7

Die Temperaturwechselbeständigkeit der Versuchssteine ist aus Zahlentafel 6 ersichtlich. Durch Graphitzusatz (Probe 9 und 10) nimmt die Abschreckfestigkeit von Probe 8 erheblich zu. Probe 10 mit höherem Graphitzusatz war temperaturwechselbeständiger als Probe 9 und erhielt erst nach 20 Abschreckungen Risse bzw. zersprang erst nach 37 Abschreckungen. Bei den Proben 11 und 12 sind mit steigendem Graphitzusatz keine erhöhten Abschreckzahlen festzustellen, jedoch waren die Abschreckzahlen in beiden Fällen erheblich besser als bei den Schamotteproben. Bei den Proben 14 bis 16 brachte der Graphit- und Waschbergezusatz keine Verbesserung der Abschreckfestigkeit.

Zahlentafel 7. Schmelzpunkte von Graphitaschen im Kohlengrießofen.

Probe Nr.	Schmelzpunkt bei Ermittlung unter		
	üblicher Atmosphäre	Wasserstoffdurchleitung	Luftdurchleitung
	° C	° C	° C
I	1320	1240	1290
II	1445	1230	1390
III	1280	1225	1260

Da damit gerechnet werden muß, daß Graphit in Steinen bei den hohen Temperaturen ausbrennt oder durch Schlacke oxydiert wird und die Asche dann auf die Schamotte einwirkt, wurden die Schmelzpunkte der Aschen der Graphite I und II sowie eines weiteren natürlichen Flockengraphits III in verschiedenen Atmosphären untersucht (Zahlentafel 7). Besonders bei üblichem Ofengas sowie Durchleiten von Luft durch den Ofen zeigte sich zwischen den beiden für die Versuchssteine benutzten Graphiten I und II ein erheblicher Unterschied. Die Asche der Probe II war bedeutend hochschmelzender, so daß die Steine mit diesem Graphit auch nach dem Ausbrennen des Kohlenstoffs oder der Oxydation durch Schlacken bessere Eigenschaften aufweisen dürften.

Das unterschiedliche Verhalten dieser Aschen wird auch aus den Bildern 9 bis 11 deutlich, die mit den Aschen bei 1400° verschlackte Proben aus graphitfreiem Schamotteausguß des Handels (Probe 17) darstellen. Ein Gewichts- oder Volumenverlust trat bei keiner der Proben ein, jedoch saugte sich die Asche von Probe I und III fest in die Oberflächen der Prüfkörper ein und setzte sich damit um, während die Asche von Probe II nur leicht aufrittete.

Zur Prüfung der Verbrennlichkeit wurden gleiche Volumen der Graphite 1/2 h bei 1200° in einem elektrisch geheizten Röhrenofen im Luftstrom geglüht und im Stickstoffstrom abgekühlt. Es ergaben sich folgende Rückstände:

- Probe I 59,9 und 62,9 %
- Probe II 59,8 und 59,6 %
- Probe III 76,7 und 77,2 %.

Somit unterschieden sich die für die Steinerstellung benutzten Graphite I und II kaum in ihrer Verbrennlichkeit. Der Vergleichsgraphit III war erheblich schwerer verbrennlich.

Zur Prüfung von teergetränkten

Schamottmassen wurden halbe Steine der graphitfreien Proben 8, 13 und 14 in wasserfreien Stahlwerksteer gelegt und längere Zeit, bis zur vollständigen Durchdringung mit Teer bei 150° in einer Muffel belassen.



Bild 9.



Bild 10.

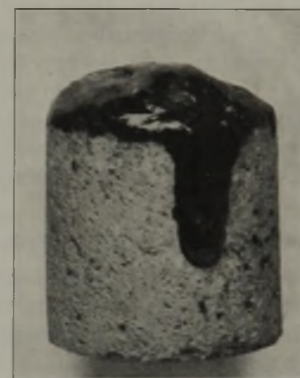


Bild 11.

Verschlackt mit veraschtem Graphit von Probe

I II III
Bilder 9 bis 11. Verschlackung von Proben aus graphitfreiem Schamotteausguß.

Nach der Sättigung mit Teer wurden die Steine aus dem Teerbad genommen und nach dem Erkalten Proben für Prüfungen entsprechend den vorausgegangenen Untersuchungen herausgeschnitten.

Zahlentafel 8. Feuerfestigkeit von Schamottesteinen mit Teertränkung.

Probe Nr.	C %	Feuerfestigkeit in Segerkegel			Druckfeuerbeständigkeit in °C			
		Übliche Atmosphäre	Wasserstoff	Luft	Übliche Atmosphäre		Wasserstoffdurchleitung	
					t _a	t _e	t _a	t _e
8	8,10	31/32	31/32	30/31	1480	1665	1475	1675
13	8,80	31/32	31/32	30/31	1455	1690	1440	1665
14	9,70	33	32/33	33	1440	1690	1460	1710

Die Segerkegelschmelzpunkte (Zahlentafel 8) in der üblichen Atmosphäre des Kohlengrießofens und mit Wasserstoffdurchleitung waren praktisch gleich. Bei Luftdurchleitung sank der Segerkegelschmelzpunkt der Proben 8 und 13 um einen Kegel. Gegenüber den ungetränkten

Zahlentafel 10. Kennwerte von teergetränktem Schamotteausguß.

Probe 17	C %	Feuerfestigkeit Segerkegel	Druckfeuerbeständigkeit		Spezifisches Gewicht g/cm ³	Raumgewicht g/cm ³	Gesamtporen %	Verschlackungsbeständigkeit bei 1400° gegen			
			t _a °C	t _e °C				Manganoxydul		Eisenoxydul	
								Gewichtsverlust %	Volumenverlust %	Gewichtsverlust %	Volumenverlust %
Ohne Teer	—	32	1445	1640	2,59	2,00	23	39	45	21	35
Mit Teer	5,9	32	1485	1685	2,42	2,13	12	16	23	22	17

Steinen (Zahlentafel 5) ergaben sich größere Unterschiede nur bei den Proben 8 und 13 in den Versuchen mit Wasserstoffatmosphäre, wo die teergetränkten Steine 1 bis 2 Segerkegel höher schmolzen als im ungetränkten Zustande.

Die Druckfeuerbeständigkeit der teergetränkten Steine unterschied sich bei üblichem Ofengas und bei Wasserstoffdurchleitung kaum voneinander. Gegenüber dem ungetränkten Zustande ergab sich eine beachtliche Erhöhung der Druckfeuerbeständigkeit. Probe 8 zeigte gegenüber dem ungetränkten Zustande eine Steigerung des Anfangswertes der Erweichung um rd. 160° und des Endwertes um rd. 110°. Für Probe 13 ist die Steigerung noch etwas besser. Bei Probe 14 betrug die Steigerung rd. 200° für den t_a-Wert und 55° bzw. 90° für den t_e-Wert.

Durch den Teerzusatz ergaben sich die sehr geringen Porigkeiten von 5 und 7 % Gesamtporenraum (Zahlentafel 9). Der Teer hat mithin vier Fünftel der Poren verschlossen. Die Verschlackungsversuche (Zahlentafel 9) ergaben durch den Teerzusatz etwa dieselben Verbesserungen im Gewichtsverlust, wie sie durch Zusatz von Graphit II erzielt worden waren (Zahlentafel 5).

Bemerkenswert gering waren mit 2 % die Volumenverluste der getränkten Proben.

Auf Grund dieser auffälligen Ergebnisse wurden die Versuche an einem Ausgußstein (Probe 17) wieder Zahlentafel 9. Porigkeit und Verschlackungsbeständigkeit von Schamottesteinen mit Teertränkung.

Probe Nr.	Teertränkung	Spezifisches Gewicht g/cm ³	Raumgewicht g/cm ³	Gesamtporen %	Verschlackungsbeständigkeit gegen Manganoxydul bei 1400°	
					Gewichtsverlust %	Volumenverlust %
13	ohne	2,64	1,91	27	30	35
	mit	2,30	2,18	5	11	2
14	ohne	2,65	1,93	27	26	31
	mit	2,33	2,18	7	11	2

holt, der sich gegenüber den Versuchssteinen wegen betriebmäßiger Herstellung durch bessere Prüfwerte unterschied. Nach Zahlentafel 10 ist im Vergleich zu den Versuchssteinen in den Ausgußstein etwas weniger Teer eingedrungen, wie man an dem geringeren Kohlenstoffgehalt erkennen kann.

Die an und für sich niedrigere Porigkeit des Ausgangskörpers ist entsprechend nicht so stark wie bei den selbst hergestellten Versuchssteinen zurückgegangen. Mit 12 % beträgt sie ungefähr die Hälfte der Ausgangsporigkeit.

Die Verschlackungsbeständigkeit wurde mit Mangan- und Eisenoxydul geprüft (Zahlentafel 10). Manganoxydul griff die teergetränkten Körper nur halb so stark an wie nicht mit Teer getränkte Proben. Zwar ist nicht die Verschlackungsbeständigkeit von als gut widerstandsfähig gegen Manganoxydul zu bezeichnenden Graphitstopfen erreicht worden, jedoch sind durch die Teerung Graphitstopfen des Handels (Zahlentafel 1) an Verschlackungsbeständigkeit übertroffen worden. Gegenüber Eisenoxydul verhielt sich der geteerte Stein nur im Volumenverlust günstiger als der ungeteerte. Der geteerte Stein wird durch Eisenoxydul stärker als durch Manganoxydul angegriffen, so daß er sich mehr den graphithaltigen als den Schamottmassen, die von Eisenoxydul nicht so stark wie von Manganoxydul angegriffen werden, nähert.

Der Segerkegelschmelzpunkt zeigte keine Verbesserung durch den Teerzusatz. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die Feuerfestigkeitsbestimmung beide Male in der üblichen Atmosphäre des Kohlengrießofens ausgeführt wurde, die etwaige Unterschiede nicht so stark hervortreten läßt. Die Prüfwerte der Druckfeuerbeständigkeit zeigten, daß durch den Teerzusatz sowohl beim t_a -Wert als auch beim t_b -Wert eine etwa 40° betragende Verbesserung eintritt.

Auswertung der Untersuchungen.

Die Untersuchung von Graphitstopfen des Handels zeigte, daß der Segerkegelschmelzpunkt und die Druckfeuerbeständigkeit bei guten Erzeugnissen erheblich höher liegen kann als bei Stopfen, die nur aus Schamotte und Ton hergestellt worden sind. Stopfen mit einem hohen Segerkegelschmelzpunkt wiesen für den praktischen Gebrauch nicht zwangsläufig gute Druckfeuerbeständigkeit auf. In einem solchen Fall war wohl der Anfangswert der Erweichung sehr gut, der Endwert lag jedoch nicht weit über den für Schamottmassen üblichen Werten.

Die Porigkeit von Graphitstopfen ergab sich in etwa der gleichen Größenordnung wie bei den Vergleichskörpern aus Schamotte. Durch höhere Graphitzusätze, wie sie bei einer Probe mit etwa 18 % C und mit einem dadurch bewirkten hohen Segerkegelschmelzpunkt und gutem t_b -Wert angetroffen wurden, stieg der Gesamtporenraum etwas an. Die Verschlackungsbeständigkeit gegen Manganoxydul war stark unterschiedlich, und einige Graphitstopfen waren in dieser Hinsicht kaum besser als Schamottesteine. Schlechter Widerstand gegen Manganoxydul und ein niedriger Endwert der Druckerweichung sowie vor allen Dingen ein niedriger Segerkegelschmelzpunkt wurden bei den schlechten Stopfen als miteinander zusammen vorkommend gefunden.

Der für das Gießen von Stahl besonders wichtige t_a -Wert der Druckerweichung war bei Graphitstopfen trotzdem zum Teil besser als bei sonst hochwertigen Stopfen. Das teilweise Versagen der besseren Stopfen dürfte eine einfache Folge von zu niedrigem oder zu kurzem Brand sein. Jedenfalls zeigte eine Probe (Nr. 4), daß bei sehr guter Beständigkeit gegen die verschlackende Wirkung von Manganoxydul eine mit $t_a = 1500^\circ$ und $t_b = 1730^\circ$ als sehr gut zu bezeichnende Druckfeuerbeständigkeit bei handelsüblichen Stopfen zu erreichen ist. Mit rd. 10 % C stellte dieser Stopfen etwa den mittleren Kohlenstoffgehalt der untersuchten

Proben dar. Auf einen höheren Kohlenstoffgehalt durch Zugabe größerer Mengen von Graphit hinzuarbeiten, dürfte unnötig sein, da dieser Stopfen den schärfsten derzeitigen Betriebsbeanspruchungen genügen wird. Gehalte von 2 und 3 % C, wie solche bei einigen anderen Erzeugnissen des Handels angetroffen wurden, erwiesen sich jedoch als zu gering, um eine irgendwie bedeutende Verbesserung gegenüber den Schamotteerzeugnissen zu bewirken. Eisenoxydul kann stärker als Manganoxydul reine Schamottmassen angreifen. Auf einen Graphitstopfen wirkte umgekehrt Manganoxydul stärker als Eisenoxydul verschlackend ein.

Die Untersuchungen mit selbst hergestellten Versuchssteinen aus Schamotte, Ton und zwei verschiedenen Graphiten haben durch das Herstellungsverfahren begründet keine so guten Prüfwerte wie die Graphitstopfen des Handels ergeben.

Mit steigendem Graphitzusatz nahmen innerhalb der untersuchten Versatzgrenzen die t_b -Werte der Druckerweichung von Schamottesteinen erheblich zu. Die beiden benutzten Graphite verhielten sich dabei grundsätzlich nicht verschieden. Graphit I, der wegen seines höheren Kohlenstoffgehaltes auch mehr Kohlenstoff in die Steine einbrachte, verbesserte auch die Enderweichungswerte der Proben in stärkerem Maße. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt, ohne Rücksicht auf den verwendeten Graphit, stieg der t_b -Wert. Die t_b -Werte dieser Proben mit einem Höchstkohlenstoffgehalt von 10 und 13 % waren dabei besser als die entsprechenden Werte bei den untersuchten Graphitstopfen des Handels, die mehr Graphitzusatz enthielten, wie aus dem höheren Kohlenstoffgehalt dieser Proben hervorging. Die t_a -Werte ließen keine klare Abhängigkeit von der Art des Graphits und dem dadurch bedingten Kohlenstoffgehalt erkennen. Eine geringe Verbesserung in der Größenordnung von 20 bis 50° war oberhalb von 5 % C festzustellen. Es ist anzunehmen, daß auch unterhalb dieses Kohlenstoffgehaltes eine geringe Verbesserung des Anfangswertes der Druckerweichung gegenüber den Proben aus reinem Schamotte eintreten würde; jedoch war die Probe mit 3,6 % C etwas poriger als die anderen Proben, so daß damit das Herausfallen des t_a -Wertes aus der übrigen Reihe erklärt werden kann.

Die Feuerfestigkeit in üblicher Ofenatmosphäre sank bei beiden Graphiten durch Zugabe der geringeren Menge um 1½ Segerkegel. Bei dem höheren Graphitgehalt stieg der Segerkegelschmelzpunkt nur unerheblich an.

Bei den Proben mit Graphit I nahm die Verschlackungsbeständigkeit durch den geringeren Graphitzusatz etwas zu und sank bei dem höheren Zusatz auf die Beständigkeit der reinen Schamottemasse. Für Graphit II konnte dasselbe Verhalten bei steigendem Zusatz nicht beobachtet werden. Vielmehr war durch diesen Graphit die Verschlackungsbeständigkeit für beide Zusatzmengen erheblich erhöht. Eine Erklärung für dieses Verhalten dürfte in der unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung der beiden Graphite zu suchen sein. Zwar bringt der Graphit I mehr Kohlenstoff in die Masse als der Graphit II in den gegen Manganoxydul widerstandsfähigeren Proben, jedoch dürfte der niedere Schmelzpunkt der Asche von etwa 1300° besonders wegen hohen Kalk- und niederen Tonerdegehaltes für die geringere Verschlackungsbeständigkeit verantwortlich sein. Der wesentlich höhere Aschenschmelzpunkt bei Graphit II (1400°) ließ im Gegensatz zu Graphit I keine Beeinflussung der Ergebnisse der Verschlackungsprüfung zu.

Durch die verschiedenen Graphitzusätze erfolgte teilweise eine schwache Zunahme der Ausdehnung in dem Temperaturgebiet zwischen 1000 und 1400°, teilweise eine nicht erhebliche Verringerung gegenüber den nicht mit Graphit versetzten Massen. Die Ausdehnungskurven von betriebsmäßig hergestellten Schamotte- und Graphitmassen dürften sich kaum unterscheiden.

Auf die Abschreckfestigkeit wirkte der Zusatz von Graphit stark verbessernd ein, jedoch war bei höchstem Kohlenstoffgehalt der Masse nicht gleichzeitig eine höhere Abschreckzahl festzustellen. Es wird auch hier die Zusammensetzung der Aschen der Graphite eine Rolle spielen. Die Graphitproben mit der höher schmelzenden Asche zeigten bei den verschiedenen Zusätzen und damit verschiedenen Kohlenstoffgehalten eine gleiche Abschreckfestigkeit, während bei den Proben mit tiefer schmelzender Graphitasche die Abschreckfestigkeit mit dem Kohlenstoffgehalt zunahm.

Aus den Versuchsergebnissen ist zu folgern, daß ein Graphitzusatz in Stopfen und Ausgüsse einen verbessernden Einfluß vor allem auf die Feuerfestigkeit, Druckfeuerbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff von Manganoxydul und Eisenoxydul ausübt. Für die Erzeugung von guten Graphitstopfen und -ausgüssen auf der Grundlage von Flockengraphit und Tonen, die in der Art dem Pfälzer Ton entsprechen, sind folgende Gesichtspunkte zu beachten:

1. Der Graphitzusatz muß nicht so hoch sein, wie er bei einigen Herstellern gehalten wird. Ein Kohlenstoffgehalt von etwa 10 % in den fertigen Steinen dürfte genügen.

2. Der Graphit braucht nicht besonders hochprozentig zu sein, jedoch sollte die Asche des Graphits einen möglichst hohen Schmelzpunkt aufweisen.

3. Um besonders den Anfangswert der Druckerweichung heraufzusetzen, ist ein möglichst guter Brand anzustreben. t_a -Werte von 1475 bis 1500°, wie sie bei Handelserzeugnissen angetroffen werden können, müßten allgemein erreicht werden.

Zwischen Stopfen und Ausgüssen bestehen für diese Vorschläge keine Unterschiede. Wahrscheinlich wird man bei Graphit enthaltenden Ausgüssen nicht wie bei den Schamottewaren die Korngröße anders wählen als bei den Stopfen, da die Temperaturwechselbeständigkeit der Massen mit Graphit an sich schon als gut zu bezeichnen ist.

Das Verfahren, Ausgüsse oder Stopfen aus Schamotte mit Teer zu tränken, dürfte sich kaum einführen, jedoch haben sich bei der Prüfung vorteilhaftere Werte für Druckerweichung und Verschlackungsbeständigkeit gegenüber Manganoxydul ergeben. Vielleicht kommt dieses Tränkungsverfahren für solche Betriebe in Betracht, die nur selten einen höherwertigen Stopfen oder Ausguß benötigen oder nur bei bestimmten Schmelzen eine erhöhte Betriebssicherheit erlangen wollen.

Die Versuche mit Waschbergezusatz haben in allen Fällen gezeigt, daß ein Einbringen von Kohlenstoff in solcher

Form in die Erzeugnisse, die vor allen Dingen eine gute Druckfeuerbeständigkeit haben sollen, nicht möglich ist. Die Ergebnisse waren wegen des hohen Gehaltes der Waschberge an tiefschmelzender Asche zu erwarten. Vielleicht ist aber die Verwendung solcher Waschberge möglich, die eine bedeutend feuerfestere Gangart haben als die benutzten. Solche Waschberge sind vielleicht nicht gerade für Stopfen und Ausgüsse geeignet, wohl aber für Pfannensteine oder andere Vergießwerkstoffe, bei denen durch geeignete Wahl der Waschberge und des Versatzes eine Verbesserung erzielt werden könnte, die einen im Vergleich zu der Billigkeit dieses Rohstoffes genügenden Vorteil bringt.

Zusammenfassung.

Graphit wird in grobkeramischen Massen bei der Eisen und Stahl schaffenden Industrie vor allem zu Schmelztiegeln sowie Stopfen und Ausgüssen bei Gießpfannen benutzt. Die vorliegenden Ausführungen unterrichten über die Wirkung von Graphitzusätzen in Stopfen- und Ausgüßmassen. Untersuchungsergebnisse über chemische Zusammensetzung, spezifisches Gewicht, Porigkeit, Segerkegelschmelzpunkt, Druckerweichung, Verschlackungsbeständigkeit gegen Manganoxydul, teils auch Eisenoxydul, Längenänderung bis 1550° und Temperaturwechselbeständigkeit bei wiederholtem Abschrecken von 950° werden für Graphitstopfen des Handels und selbst hergestellte Graphitmassen sowie graphitfreie Massen zum Vergleich mitgeteilt. Die Prüfung der Feuerfestigkeit wurde bei üblicher Atmosphäre des Versuchsofens, teils auch bei Durchleiten von Wasserstoff oder Luft, durchgeführt. Neben der Verwendung zweier Graphite mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung wurden auch mit Waschbergen versetzte sowie teergetränkte Schamottmassen untersucht.

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, daß Segerkegelschmelzpunkt, Druckfeuerbeständigkeit, Verschlackungsbeständigkeit und Abschreckfestigkeit bei Stopfen mit Graphitzusatz erheblich höher liegen kann als bei solchen, die nur aus Schamotte und Ton hergestellt wurden. Stopfen mit hohem Segerkegelschmelzpunkt wiesen nicht zwangsläufig gute Druckfeuerbeständigkeit auf. Die Porigkeit von Graphitstopfen ergab sich in etwa der gleichen Größenordnung wie bei den Vergleichskörpern aus Schamotte. Die Verschlackungsbeständigkeit gegen Manganoxydul war stark unterschiedlich, und einige Graphitstopfen verhielten sich kaum besser als Schamottesteine. Eisenoxydul kann stärker als Manganoxydul reine Schamottmassen angreifen, bei Graphitstopfen ist es umgekehrt. Die Ausdehnungskurven von betriebsmäßig hergestellten Schamotte- und Graphitmassen dürften sich nur wenig unterscheiden. Der Graphitzusatz ist so zu bemessen, daß ein Kohlenstoffgehalt von etwa 10 % in den fertigen Steinen vorliegt. Die Zusammensetzung der Aschen des Graphits spielt für die Wirkung des Zusatzes eine große Rolle. Die Teertränkung von Schamottesteinen verbessert Druckerweichung und Verschlackungsbeständigkeit gegenüber Manganoxydul. Das Verfahren des Einbringens von Kohlenstoff in Form von Waschbergen scheint für Schamottesteine mit hoher Druckfeuerbeständigkeit nicht anwendbar.

* * *

An den Bericht schloß sich folgende Erörterung an.

H. Woll, Dortmund: Die Einbringung von Kohlenstoff in Schamottesteine in Form von Waschbergen kommt deshalb in Frage, da Waschberge ein billiges Abfallerzeugnis einer jeden Steinkohlenzeche sind und etwa 35 % SiO_2 , 25 % Al_2O_3 , 15 bis 20 % C, 10 bis 15 % Flußmittel enthalten. Es wäre nun abwegig, bei Stopfen und Ausgüssen an Stelle von Graphit Wasch-

berge zu verwenden. Man kann jedoch bei geringerwertigen Schamottesteinen mit Erfolg Waschberge verarbeiten.

So haben wir einem Pfannensteinversatz bis 15 % Waschberge an Stelle anderer Magermittel zugesetzt und hierbei einen Schamottestein erzielt, der in physikalischer Beziehung gegenüber anderen Pfannensteinen keine wesentliche Verschlechterung aufwies, jedoch bis 1000 kg/cm² Kaltdruckfestigkeit hatte. Diese

hohe Kaltdruckfestigkeit ist auf die starke, verhältnismäßig frühzeitig einsetzende Versinterung, also auf die Dichte des Steines zurückzuführen. Beides steht in Beziehung zu dem hohen Flußmittelgehalt. Man kann sich vorstellen, daß die Flußmittel der Waschberge auch als Mineralisatoren wirken und als solche die Umwandlung der freien Kieselsäure im Versatz beschleunigen. Die mit den Waschbergen eingebrachte Kohle verkockt beim Brennen des Steins; die entstehenden Schwelgase werden innerhalb des Steins gekrackt, und Kohlenwasserstoffe werden gebildet. Bei der weiteren Zersetzung lagert sich in allen Poren des Steins Kohlenstoff ab. Abgesehen von einer weißen Umränderung des Steins, wo der Kohlenstoff abgegeben ist, bleibt der Kohlenstoff sonst im Stein vermöge der frühen und dichten Versinterung erhalten, weil ein weiteres Eindringen von Sauerstoff verhindert wird. Der eingebrachte Kohlenstoff verhütet ferner die sonst bei Pfannensteinen oft beim Trocknen und Brennen auftretenden feinen und groben Risse, die vom Stahlwerk immer beanstandet werden. Bei einer Roheisenpfanne, deren Roheiseninhalt mit Soda entschweifelt wurde, haben wir eine um 20 Punkte höher liegende Haltbarkeit festgestellt. Dieser mechanisch sehr feste Pfannenstein erhält schon bald nach den ersten Chargen eine starke Glasur, die sich schlackenabweisend verhält. Die hohe mechanische Festigkeit kommt dem Stein auch beim Entfernen von Bären aus der Pfanne zustatten.

F. Hartmann, Dortmund: Die höhere Haltbarkeit mit Waschbergen versetzter Steine dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Poren infolge der früh einsetzenden Versinterung gegeneinander abgeriegelt werden und dadurch ein Eindringen von Schlacke in den Stein versperrt ist.

H. Geisler, Dortmund: Herr Harders neigte zu der Auffassung, daß Steine mit geringem t_a -Wert schlecht sind. Dies gilt nicht ohne weiteres. Pfälzer Tone beispielsweise haben eine frühe Erweichung, können deswegen jedoch nicht als schlecht angesprochen werden.

F. Harders, Dortmund: Im allgemeinen herrscht die Anschauung, daß der t_a -Wert einen Gütemaßstab für den Stein darstellt, jedoch gibt es auch gegenteilige Ansichten. Notwendig ist, daß der Stopfen den Druck des Stahles aushält. Der Zusatz von Blauton bewirkt eine Erhöhung des t_a -Wertes auf 1400°, was dann schon als guter Wert anzusprechen ist.

H. Woll: Ausgezeichnet bewährt hat sich ein Zusatz von 7,5% Urbacher Blauton zum Pfälzer Quarzhafenton zur Vermeidung des Klebens.

E. Martin, Köln-Mülheim: Manche Werke legen Wert darauf, daß sich beim Gießen eine gleichbleibende minutliche Ausflußmenge ergibt, daß also entsprechend der Aenderung des ferrostatischen Druckes in der Pfanne sich auch der Ausguß erweitert. Andere Werke legen wieder viel mehr Wert darauf, daß der Ausguß möglichst gleichbleibt und so kein feuerfestes Gut in den Stahl gelangt; das letzte scheint mir richtiger.

F. Hartmann: Die Untersuchung auf nichtmetallische Einschlüsse im Stahl ergibt selten den Nachweis von aus dem Stopfen stammenden Einschlüssen. Diese sind meist sehr fein verteilt, können jedoch sehr tückisch sein.

Beim üblichen Graphitzusatz zu den Stopfensteinen werden stets Flußmittel eingebracht, so daß sich niedrigschmelzende Eutektika bilden können. Dieser Nachteil wird vermieden beim Einbringen des Kohlenstoffs in Form von Teer. Es ist auch auf diese Weise möglich, bis zu 7 oder 8% C einzuführen, also eine nach Herrn Harders ausreichende Menge.

L. Gräff, Hamborn: Versuche mit Teertränkung erzielten eine Erhöhung des t_a -Wertes um 50 bis 60° und bessere Verschlackungsbeständigkeit. Vorteilhaft wirkt sich hierbei aus, daß nicht unter Luftabschluß geblüht werden muß.

E. Martin: Nach Herrn Harders ist für die Verschlackungsbeständigkeit ein Schwellenwert im Graphitgehalt anzunehmen, der zwischen 2,1 und 9,7% C liegt. Um einen solchen Schluß ziehen zu können, müßte überlegt werden, ob die Genauigkeit der Verschlackungsprüfung auch groß genug ist und ob die Ergebnisse an laboratoriumsmäßig hergestellten Steinen ohne weiteres für betriebsmäßig hergestellte große Steine gelten. Besser wäre ohne Frage die Untersuchung an betriebsmäßig hergestellten Steinen. Unklar ist außerdem noch, ob der Graphitgehalt über einen gewissen Wert hinaus verschlechternd wirkt oder zwecklos ist. Wenn nach Herrn Harders die Druckfeuerbeständigkeit die wesentliche Eigenschaft für Stopfensteine ist, so wird diese durch mittleren Graphitgehalt am besten gefördert.

F. Harders: Die Genauigkeit des Aufstreuverfahrens zur Ermittlung der Verschlackungsbeständigkeit dürfte vielleicht $\frac{1}{2}$ % betragen. Die Werte wurden unter einheitlichen Bedingungen erhalten und dürften sich von Betriebswerten nicht grundsätzlich unterscheiden. Allerdings ist den Ergebnissen von Betriebsproben der Vorzug zu geben. Der günstigste Graphitgehalt richtet sich danach, ob mehr Wert auf Verschlackungs- oder Druckfeuerbeständigkeit gelegt wird. Vorteilhaft müßte sich die Teertränkung bei zu gering gebrannten Ausgüssen auswirken.

Umschau.

Spannungszustand und Bruchausbildung.

A. Thum und K. Federn¹⁾ erörtern die Zusammenhänge zwischen Spannungszustand und Bruchausbildung, die für die Klärung der Bruchursache in Schadensfällen große Bedeutung haben. Die Erfahrungen und Versuchsergebnisse der letzten zwei Jahrzehnte haben klargestellt, daß die Tragfähigkeit eines Bauteiles, besonders bei wechselnder Beanspruchung, in hohem Maße von seiner Form abhängt, und daß deshalb der Konstrukteur ein Gefühl für diesen Formeinfluß haben muß.

Die Verfasser behandeln im ersten Kapitel die spannungsmechanischen Grundlagen und geben zunächst einen Ueberblick über die Möglichkeiten zur Darstellung oder Veranschaulichung von Spannungsfeldern. Das viel gebrauchte Bild des Kraftflusses durch ein belastetes Teil ist zwar anschaulich, aber nur ein Gleichnis; nur in einigen Sonderfällen führt dieser Vergleich auch zu quantitativ richtigen Lösungen, die in verschiedener Weise ausgewertet werden (Strömungsmodell nach Heleshaw, feldelektrisches Modell, Seifenhautgleichnis nach L. Prandtl). Gummimodelle mit aufgezeichnetem Liniennetz geben ein anschauliches Bild der Verformungen im belasteten Körper; durch kleine Einschnitte in das Modell können, wie gezeigt wird, die Verformungen ausgelöst und so Art und Größenordnung der örtlichen Spannungen dargelegt werden. Weiter wird die Darstellung des Spannungstensors durch die Mohrschen Spannungskreise erläutert und an Hand von Gummimodellen anschaulich gemacht. Am Schluß des ersten Kapitels geben die Verfasser noch eine Erklärung für das Auftreten von Querbrüchen in zügig verdrehten Wellen, in denen nach stärkerer plastischer Verdrehung die größte Schubspannung und die größte Schubverformung nur noch in der Querrichtung zusammenfallen.

Im zweiten Kapitel werden Spannungszustand und Spannungsverteilung in gekerbten Bauteilen behandelt.

¹⁾ Spannungszustand und Bruchausbildung. Anschauliche Darstellung der spannungsmechanischen Grundlagen der Gestaltfestigkeit und der Gesetzmäßigkeiten der Bruchausbildung. Berlin 1939.

Thum und Federn weisen darauf hin, daß die Wirkung eines Kerbes nicht nur von der Höhe der Spannungsspitze (Formzahl), sondern auch von der Steilheit der Spannungsverteilungskurve an ihrer Spitze abhängt. Ungleichmäßigkeit der Spannungsverteilung wirkt infolge der Neigung des Werkstoffes zu quantenhaftem Fließen gleitbehindernd (Stützwirkung), ebenso eine Mehrachsigkeit des Spannungszustandes im Kerb. Es sei jedoch bemerkt, daß eine solche Mehrachsigkeit nicht immer zu entstehen braucht; so ist in dem Sonderfall einer Welle mit Querbohrung, der noch mehrfach besprochen wird, der Spannungszustand am Rand der Querbohrung nur einachsig, während er im übrigen Teil der Welle zweiachsig ist. Gleitbehinderung vermindert die von der Spannungsspitze verursachte Dauerbruchgefahr, deren Eintritt bei Ueberschreiten einer bestimmten Grenzgleitung angenommen wird. Damit ergeben sich die Begriffe Kerbwirkungs- und Kerbempfindlichkeitszahl, von denen aber die letzte entgegen früheren Hoffnungen nicht nur vom Werkstoff abhängt. In Zusammenhang mit dem quantenhaften Fließen steht die Abhängigkeit der Kerbempfindlichkeit von Probengröße und vom Verhältnis zwischen Kerbgröße und Korngröße. Entgegen der Meinung der Verfasser ist aber hier zu bemerken, daß austenitischer Chrom-Nickel-Stahl ebenso kerbempfindlich ist wie andere Stähle, wenn der Kerb ohne Verfestigung im Kerbgrund, also z. B. durch Schleifen, hergestellt wird.

An Hand der nach H. Neuber²⁾ berechneten Spannungsverteilungskurven für einen Hyperbelkerb zeigen die Verfasser, daß die Formzahl für einen Flachstab höher ist als für einen Rundstab, für Zug höher als für Biegung, daß aber die Spannungsverteilungskurven für diese Fälle ganz ähnlichen Charakter haben. Die Unterschiede in den Formzahlen beruhen nur auf den verschiedenen mathematischen Beziehungen zwischen Höchstspannung und Nennspannung, so daß die Spannungsverteilungskurve für Biegung aus der für Zug abgeleitet werden kann. Für Verdrehbeanspruchung reichen diese Ueberlegungen nicht aus (die Formzahl ist hier kleiner als für Biegung), während sie für

²⁾ Neuber, H.: Kerbspannungslehre. Berlin 1937.

Zug und Biegung mit Annäherung auch für andere Kerbformen gelten dürften. Auf die Abhängigkeit der Formzahl von der Kerbform eingehend zeigen Thum und Federn an Gummimodellen die verschiedene Verformungsbehinderung an Innen- und Außenkerben (Flachstab mit Querbohrung oder mit zwei halbkreisförmigen Randkerben) und weisen auf den dadurch bedingten Unterschied zwischen den Formzahlen für die beiden Kerbarten, für Biegung und Zug hin. Sie erläutern graphisch den Einfluß der Kerbtiefe auf die Formzahl und die sogenannte Lappenwirkung bei schmalem Steg zwischen den beiden Außenkerben. An dem schon erwähnten Fall einer verdrehbeanspruchten Welle mit Querbohrung wird schließlich gezeigt, daß die Größe der Formzahl nicht immer auf die Höhe der Bruchgefahr schließen läßt.

Allgemein verdient die Ermittlung der Gestaltfestigkeit aus erkannten Gesetzen über Formzahl usw. den Vorzug gegenüber ihrer empirischen Bestimmung durch oft teure und zeitraubende Versuche, die doch immer nur einen Einzelfall klären können. Die hierzu nötigen Unterlagen, besonders über Kerbempfindlichkeit, Größeneinfluß usw., müssen jedoch erst noch erweitert werden, ehe dieses Ziel erreichbar ist.

Im letzten Kapitel werden die Gesetzmäßigkeiten der Bruchausbildung in Abhängigkeit von Belastungsart und Gestalt eingehend behandelt.

Zunächst werden die Begriffe Gewaltbruch, Zeitbruch und Dauerbruch unter Berücksichtigung der auftretenden Verformung genauer festgelegt, wobei schon hervorgehoben wird, daß am gleichen Stück Gewaltbruch und Dauerbruch an verschiedenen Stellen auftreten können. Die Brüche können senkrecht zur größten Normalspannung (Trennungsbruch) oder parallel zur größten Schubspannung (Schiebungsbruch) verlaufen, je nachdem ob zuerst die Trennfestigkeit oder die Schubfestigkeit von der entsprechenden Spannung erreicht wird. Die Bruchart hängt also einmal vom Spannungszustand (Verhältnis zwischen größter Normal- und größter Schubspannung) und zum andern von den Werkstoffeigenschaften ab, doch spielen auch Gestalt und Oberfläche eine Rolle. Ferner gelten folgende Regeln. Bei spröden Werkstoffen erhält man stets Trennungsbrüche; bei zähen Werkstoffen führen wechselnde Gleitungen, die nur wenig größer als die Grenzgleitung sind, zu Kohäsionsentfestigung und begünstigen damit den Trennungsbruch (Zug, Biegung). Bei Verdrehung erfolgen Trennungsbrüche (unter 45° zur Längsachse) meist nur, wenn die Wechselgleitungen infolge hoher Vorlast oder infolge Fließbehinderung (durch Kerben, Einspannung u. a.) gering sind; bei stärkeren Gleitungen tritt dagegen Schubentfestigung, Schiebungsbruch ein. Bei einachsigen Spannungszustand ergeben sich fast stets Trennungsbrüche (so auch bei Verdrehung am Rand von Querbohrungen), ebenso bei mehrachsigen Spannungszustand, sofern nicht wie bei Verdrehung die beiden Hauptspannungen entgegengesetztes Vorzeichen haben. Ungleichmäßigkeit der Spannungsverteilung (Biegung, Kerbwirkung) behindern das Fließen und begünstigen den Trennungsbruch. Ändert sich der Spannungszustand durch den Anriß, so können in einer Bruchfläche Trennungsbruch und Schiebungsbruch nebeneinander auftreten (wie z. B. beim einfachen Zugversuch).

Auch Werkstoffe mit ausgesprochener Faserstruktur oder Schlackenzeilen neigen bei Verdrehbeanspruchung zu Längsbrüchen, da sie in Längs- und Querrichtung verschiedene Festigkeitseigenschaften aufweisen.

An einer großen Zahl von Beispielen, besonders für die noch wenig behandelten Fälle mit Verdrehbeanspruchung, werden die vorausgegangenen Ausführungen über Bruchausbildung und Spannungszustand erläutert, wobei noch besonders auf Brüche unter schweller Druckbeanspruchung eingegangen wird, wie sie z. B. auch an Einspannstellen infolge entstehender Zugeigen- spannungen auftreten können.

Daß nicht nur die Gestalt (eigentliche Kerben), sondern auch Oberflächenverletzungen (Schleifriefen) Einfluß auf die Richtung des Dauerbruches haben können, wird im letzten Teil an Beispielen deutlich gezeigt. Schleifriefen begünstigen ein Gleiten in ihrer Richtung, während sie Gleitungen senkrecht dazu behindern. So ergeben verdrehbeanspruchte Wellen Längs- oder Querbrüche, je nach der Richtung der Riefen; in Hohlkehlen, die eine Fließbehinderung bedingen, treten dagegen selbst bei vorhandenen Riefen Trennungsbrüche auf. Bei schwellerer Verdrehung ist das Verhältnis zwischen wechselnder Gleitung und größter Normalspannung nur halb so hoch wie bei wechselnder Verdrehung; im ersten Fall tritt ein Trennungsbruch ein; im zweiten Fall folgt der Bruch den Riefen als Schiebungsbruch.

Zum Schluß wird noch dargelegt, daß bei verdrehungsbeanspruchten Proben mit Querriefen die Zahl der Lastwechsel zwischen Anbruch und vollständigem Bruch von der Art der Prüfmaschine unabhängig ist; bei Proben mit Längsriefen wird dagegen durch die entstehenden Längsrisse die Steifigkeit der Probe stark vermindert, so daß die Lastwechselzahl zwischen

Anriß und Bruch bei Maschinen, die ein bestimmtes wechselndes Moment aufbringen, niedriger ausfällt als bei Maschinen, die eine bestimmte wechselnde Verformung erzwingen. Im letzten Fall ist dann auch der Restbruch kleiner als im ersten Fall, was zu beachten ist, wenn man aus der Größe des Restbruches auf die Höhe der vorausgegangenen Ueberlastung schließen will.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das Heft eine dankenswerte Zusammenstellung ist, die jedem, der sich mit diesen Zusammenhängen befaßt, lehrreiche Aufschlüsse und Unterlagen bringt.

Richard Mailänder.

Archiv für das Eisenhüttenwesen.

Beiträge zur Kenntnis der Reaktionen der Entschwefelung im Hochofen.

Die Umsetzungen, die der Entschwefelung des Roheisens im Hochofen zugrunde liegen, können sich schon bei Temperaturen vollziehen, bei denen die Reaktionsteilnehmer zum großen Teil noch fest sind. Da über den Ablauf der Reaktionen, besonders über die Art, in der sie sich bei tieferen Temperaturen gemeinsam oder nacheinander vollziehen, nur wenige Unterlagen im Schrifttum vorhanden sind, wurden sie von Willy Oelsen und Helmut Maetz¹⁾ für eine Reihe von Oxyden (CaO, SrO, BaO, MnO, MgO, Cr₂O₃ und SiO₂) in der Weise untersucht, daß innig verriebene Gemenge dieser Oxyde mit Eisensulfid und Holzkohle erhitzt und dabei ihre Gewichtsabnahmen bestimmt wurden.

Bei den Oxyden der Erdalkalien vollzieht sich der Umsatz mit Eisensulfid unter Wärmeabgabe und schon bei Temperaturen lebhaft, die zum Teil erheblich tiefer liegen als die Temperaturen (900 bis 1050°) der schnellen Reduktion des gebildeten Eisenoxyduls durch die Holzkohle. Das Manganoxydul setzt sich bereits im Temperaturbereich von 900 bis 1050° mit dem Eisensulfid und der Holzkohle um zu Mangansulfid; das Magnesiumoxyd dagegen erst bei Temperaturen oberhalb 1300°. Der Umsatz des Chromoxyds mit Eisensulfid und Holzkohle tritt bei annähernd den gleichen Temperaturen ein, bei denen das Chromoxyd allein durch Holzkohle reduziert wird. Bemerkenswert ist, daß die Kieselsäure (Quarzmehl) mit Eisensulfid und Holzkohle in innigem Gemenge bei Temperaturen im Bereich von 1460 bis 1480° so lebhaft unter Entwicklung dicker Schwaden gasförmiger Siliziumsulfide reagiert, daß auf den Erhitzungskurven ein Haltepunkt wie bei einem Siedepunkt entsteht.

Eingehend untersucht wurden auch die Umsetzungen der Karbonate der Alkalien und Erdalkalien sowie des Doppelkarbonates CaNa₂(CO₃)₂ mit Eisensulfid und Holzkohle.

Zur Kennzeichnung des Verhaltens des Mangansulfides bei den Entschwefelungsreaktionen wurde sein Umsatz mit Soda und auch mit Kalk bei Gegenwart von Holzkohle verfolgt.

Der Kalk der Silikate CaO · SiO₂ und 2 CaO · SiO₂ reagiert erst bei viel höheren Temperaturen mit dem Eisensulfid und der Holzkohle als der reine feste Kalk.

Der Kalk des Trikalziumphosphates Ca₃(PO₄)₂ reagiert schon im Temperaturbereich von 1100 bis 1250° sehr lebhaft mit Eisensulfid und Holzkohle. Gleichzeitig wird dabei die Phosphorsäure des Phosphates in das beigemengte Eisen hineingereduziert. Die Umsetzung des Natriumoxydes im Natriumpyrophosphat Na₂P₂O₇ in Gemengen mit Eisensulfid und Holzkohle erfolgt schon bei 950 bis 1100° unter gleichzeitiger Reduktion der Phosphorsäure des Phosphates sehr weitgehend.

Magnetpulverbild und Dauerhaltbarkeit von Schraubenfedern.

Nach einer Uebersicht über die Schwingungserscheinungen und bisherigen Dauerversuche sowie über die zerstörungsfreie Prüfung von Federn berichtet Max Hempel²⁾ über eigene Untersuchungen mit zylindrischen Schraubenfedern aus unlegiertem Stahl. Es wurde eine im Eigenbau hergestellte Prüfmaschine mit Exzenterantrieb für die Dauerversuche benutzt und die Federn nach dem Magnetpulververfahren geprüft.

Von den magnetisch und im Dauerversuch geprüften 384 Federn zeigten alle mehr oder weniger starke Magnetpulveranhäufungen längs der Federwindungen, die auf magnetische Ungleichmäßigkeiten im Werkstoff schließen lassen. Zwischen den durch das Magnetpulververfahren angezeigten Ungleichmäßigkeiten und den Dauerbrüchen der Federn ist kein ursächlicher Zusammenhang zu erkennen.

Bei der makroskopischen Betrachtung der Bruchflächen und -kanten wurde festgestellt, daß sich die Brucherscheinungen der Federn in zwei Grundformen einordnen lassen, und zwar

¹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 465/74. — Auszug aus Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 21 (1939) Lfg. 23, S. 335/51.

²⁾ Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 479/87 (Werkstoffaussch. 497). — Auszug aus Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 22 (1940) Lfg. 4, S. 35/56.

erfolgt die Bruchausbreitung entweder in einer Bruchfront (Fehlstelle im Werkstoffinnern) oder in zwei Bruchfronten (Querriß an der Drahtoberfläche).

Formeln für die Zeit-Dehnungs-Kurven von Dauerstandversuchen.

Zweck der Arbeit von Franz Bleilöb¹⁾ war, die beim üblichen Dauerstandversuch anfallenden Versuchsgrößen auf ihre gegenseitigen Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten zu untersuchen. Auf Grund dieser Gesetzmäßigkeiten wird dargelegt, wie die Dauerstandfestigkeit zu errechnen ist und wie die Zeit-Dehnungs-Schaulinien ausgewertet werden. Als Hilfsmittel hierzu dient eine mathematische Formel, die mit Hilfe der Einflußgrößenrechnung, eines schaubildlich-rechnerischen Verfahrens, aus Versuchswerten aufgestellt wird. Die Formel gestattet auf Grund der während der Versuchszeit bestehenden und erfaßten Gesetzmäßigkeit eine Extrapolation über die Versuchszeit hinaus und somit Angaben über das voraussichtliche Dehnverhalten. Diese Formel muß sämtliche auftretenden Möglichkeiten von Zeit-Dehnungs-Kurven erfassen. Eine solche Formel für Zeit-Dehnungs-Kurven bei gleichbleibender Last war schon von F. Gentner²⁾ angegeben worden, jedoch fehlte bislang eine praktisch brauchbare Möglichkeit, diese Formel zu lösen. Im Verlaufe der Arbeit wird ein Verfahren zur Lösung dieser Gleichung angegeben.

Die entwickelte erste Hauptformel hat jedoch den Nachteil, daß sie bei einer gegebenen Zeit-Dehnungs-Kurve nur die Frage beantwortet, ob die wahre Dauerstandfestigkeit größer oder kleiner als die aufgegebene Last ist. Es ist somit nur möglich, durch mehrere Versuche die ungefähre Lage der wahren Dauerstandfestigkeit festzustellen.

Um diesem Uebelstande abzuweichen, wurde auf Anregung von H. Stevens³⁾ eine zweite Hauptformel entwickelt, die bei gleichbleibender Temperatur neben dem Zeiteinfluß auch den Lasteinfluß berücksichtigt.

An Beispielen wird dargelegt, wie man die Gleichung für den Dehnverlauf am zweckmäßigsten aufstellt. Dabei dient die erste Hauptformel zur Prüfung, ob die Versuchszeit ausreicht oder nicht, die weitere Auflösung erfolgt dann nach der zweiten Formel.

Des weiteren werden in der Arbeit die Gefahren und die Möglichkeiten mathematischer Extrapolationen erörtert.

Das dargelegte Verfahren gestattet, auch auf andere Weise ermittelte Dauerstandversuche auszuwerten.

Berechnung von Reaktionsarbeiten und Gleichgewichten mit Entropiewerten.

In den letzten Jahrzehnten ist viel Mühe darauf verwendet worden, die zur Vorausberechnung von chemischen Reaktions-

¹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 489/98 (Werkstoffaussch. 498 u. Betriebsw.-Aussch. 167).

²⁾ Arch. Eisenhüttenw. 9 (1935/36) S. 441/50 (Werkstoffaussch. 337).

³⁾ Stevens, H.: „Einflußgrößenrechnung“. Die Erfassung funktionaler Zusammenhänge in der industriellen Technik. Düsseldorf 1939.

arbeiten und Gleichgewichten aus thermischen oder spektroskopischen Meßwerten erforderlichen Zahlenunterlagen zu beschaffen. Von Hermann Ulich¹⁾ durchgeführte Verbesserungen des Rechenverfahrens beruhen namentlich auf dem zweckmäßigen Einsatz von Entropiezahlen. Die Formeln zur Berechnung der Reaktionsarbeiten und Gleichgewichtskonstanten unter Heranziehung von Reaktionswärmen, Entropien und spezifischen Wärmen werden behandelt. Die Berechnung der Gleichgewichtskonstante kann in drei Näherungsstufen durchgeführt werden. Für ein Rechenbeispiel wird die Umsetzung $H_2O \rightleftharpoons H_2 + \frac{1}{2} O_2$ herangezogen.

Vergleichende Tiefziehversuche nach verschiedenen Verfahren an legierten Stahlblechen und Bandstählen.

An Blechen und Bändern aus je drei austenitischen Chrom-Nickel- und Chrom-Mangan-Stählen, je zwei 18- und 6prozentigen Chromstählen, einem unlegierten Stahl und vier Siliziumstählen führten Anton Pomp und Alfred Krisch²⁾ Tiefziehversuche nach vier verschiedenen Prüfverfahren (Erichsen-, Lochaufweitungs-, Keilzieh- und Näpfchenziehverfahren) durch. Ein Vergleich der Ergebnisse der Tiefziehprüfung untereinander und mit dem Verhalten der Stähle bei Tiefzieharbeiten im Betrieb ergab keine eindeutigen Beziehungen. Die Versuche über den Temperatureinfluß, die nach dem Näpfchenziehverfahren bei 100 und 200° durchgeführt wurden, zeigten, daß nur zwei Stähle die günstigsten Tiefzieherte bei Raumtemperatur lieferten, während fünf weitere keinen Temperatureinfluß erkennen ließen. Dagegen zeigten fünf Stähle bei Temperaturen von 100 bzw. 200° günstigere Tiefzieheigenschaften als bei Raumtemperatur.

Die Erfolgsrechnung in der Eisen schaffenden Industrie.

Die Erfolgsrechnung in der Eisen schaffenden Industrie erfolgt nach Klemens Kleine³⁾ in drei Schritten:

1. Berechnung des Erfolgs bei den einzelnen Erzeugnissen,
2. Entwicklung des Fabrikaterfolgs zum bilanzmäßig ausgewiesenen Reinerfolg,
3. Auswertung der Erfolgswerte, besonders Begründung der Veränderungen der einzelnen Zahlen.

Die beiden ersten Schritte werden an Hand von Vordrucken, wie sie heute in der Praxis üblich sind, im einzelnen dargestellt. Die Auswertung der Erfolgswerte wird grundsätzlich und an einem Zahlenbeispiel dargelegt; sie ist die Krönung der ganzen Erfolgsrechnung und rechtfertigt erst den für die Erfolgsrechnung benötigten Aufwand an Zeit und Geld; sie bedingt eine enge Zusammenarbeit zwischen Techniker, Verkäufer und Verwaltungskaufmann.

¹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 499/501.

²⁾ Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 503/12. — Auszug aus Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 22 (1940) Lfg. 3, S. 19/34.

³⁾ Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 513/18 (Betriebsw.-Aussch. 168).

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 21 vom 23. Mai 1940.)

Kl. 1 a, Gr. 12/10, K 150 052. Vorrichtung zum Waschen von Erz u. dgl. Erf.: Dipl.-Ing. Gerhard Linke, Magdeburg. Anm.: Fried. Krupp Grusonwerk, A.-G., Magdeburg-Buckau.

Kl. 7 a, Gr. 8, D 71 026. Walzwerk für in ihrer Längsrichtung verjüngte Bänder, Bleche und Stangen. Dürener Metallwerke, A.-G., Werk Wittenau, Berlin-Borsigwalde.

Kl. 7 a, Gr. 9/04, H 153 123. Verfahren zur Herstellung von nachträglich zu emaillierenden Stahlblechen und -drähten. Erf.: Dipl.-Ing. Dr. phil. Josef Klärting, Bochum. Anm.: Hoesch A.-G., Dortmund.

Kl. 7 a, Gr. 24/02, Sch 115 436. Elektrorolle für Walzwerksbetriebe. Erf.: Hans Dreyer, Düsseldorf. Anm.: Schloemann A.-G., Düsseldorf.

Kl. 7 b, Gr. 10/50, R 100 269. Vorrichtung zum Pressen von einendig geschlossenen Hohlkörpern. Erf.: Dipl.-Ing. Fritz Kühna, Düsseldorf. Anm.: Rheinmetall-Borsig, A.-G., Berlin.

Kl. 18 a, Gr. 18/05, B 177 663. Verfahren zum gleichzeitigen unmittelbaren Herstellen von Eisen oder seinen Legierungen und Zement oder hydraulischem Kalk und Drehofen zu seiner Ausführung. Lucien Paul Basset, Paris.

Kl. 18 d, Gr. 2/10, V 32 626. Verwendung von Legierungen des Eisens mit Gehalten an Nickel und Kupfer zur Herstellung

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

von Dauermagneten. Vereinigte Deutsche Metallwerke, A.-G., Frankfurt a. M.-Heddernheim.

Kl. 18 d, Gr. 2/80, H 158 270. Mit Zus.-Anm. H 158 355. Verwendung von Nickel-Eisen-Legierungen für Heizdrähte von Klarglasscheiben von Fahrzeugen. Erf.: Dr.-Ing. Werner Hessenbruch, Hanau a. M. Anm.: Heraeus Vacuumschmelze, A.-G., Hanau a. M.

Kl. 21 b, Gr. 18/02, St 54 488. Kernloser Induktionsofen mit im lamellierten Eisenmantel eingebetteter Spule zum örtlichen Erhitzen von Werkzeugen. Stalturbine, G. m. b. H., Berlin.

Kl. 42 c, Gr. 10/04, R 103 063. Gerät zum Bestimmen der Gitterkonstanten von mittels Röntgenstrahlung untersuchten Werkstoffen. Erf.: Paul Möller, Kummersdorf. Anm.: Deutsches Reich, vertreten durch das Oberkommando des Heeres, Berlin.

Kl. 42 k, Gr. 23/01, G 96 361. Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Härte an Prüfkörpern aus plastisch verformbaren Stoffen. Erf.: Dipl.-Ing. Hubert Hautmann, Oberhausen (Rhld.). Anm.: Gutehoffnungshütte Oberhausen, A.-G., Oberhausen (Rhld.).

Kl. 49 c, Gr. 13/03, Sch 111 123. Scheranlage zum Besäumen von Blechen. Erf.: Wilhelm Hollmann, Düsseldorf. Anm.: Schloemann A.-G., Düsseldorf.

Kl. 80 b, Gr. 5/04, K 149 815. Verfahren zur Erzielung mechanisch fester Schlacken. Erf.: Dr. phil. Fritz Hartmann, Dortmund-Gartenstadt. Anm.: Kohle- und Eisenforschung, G. m. b. H., Düsseldorf.

Wirtschaftliche Rundschau.

Die für die Stahlerzeugung wichtigen Erzvorkommen des europäischen Rußlands.

Die enge wirtschaftliche Zusammenarbeit des Deutschen Reiches als Erzeuger hochwertiger Fertigwaren mit dem an Bodenschätzen so überaus reichen Rußland steht auf der festen Grundlage zweier sich organisch ergänzender Volkswirtschaften. Die Aufnahmebereitschaft Deutschlands für Rohstoffe aller Art begründet die Bedeutung, die den russischen Vorkommen beigemessen wird. Für die Eisen schaffende Industrie sind dies besonders die Erze, die Eisen und die sonstigen für die Stahlerzeugung

wichtigen Legierungsbestandteile enthalten. Zu dem mengenmäßig überaus großen Umfang der russischen Vorkommen gesellt sich eine Vollständigkeit der Arten, wie sie kein anderes geschlossenes Staatsgebiet aufzuweisen hat. Neben den hier vor allem zu erwähnenden Vorkommen von Eisen, Chrom, Kobalt, Mangan, Molybdän, Nickel, Niob, Tantal und Wolfram sind solche von Blei, Kupfer, Zink, Zinn, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Bauxit, Kohle und Erdöl zum Teil in einem Umfang genutzt oder nach-



Bild 1. Karte der für die Stahlerzeugung wichtigen Erzvorkommen im europäischen Rußland.

gewiesen worden, daß sie nicht nur als Grundlage einer eigenen umfangreichen Verarbeitung, sondern auch der Ausfuhr dienen können.

Die Rührigkeit der russischen Staatsführung in der Durchforschung des Bodens und die Vielzahl der über einen gewaltigen Raum verstreuten und zum Teil neuentdeckten Vorkommen haben bewirkt, daß die Möglichkeit einer zusammenfassenden Unterrichtung an Hand des hierüber vorliegenden Schrifttums begrenzt ist. Es schien daher notwendig, die Einzelangaben zahlreicher Veröffentlichungen zu sichten und in übersichtlicher Form zusammenzustellen. Die hier gewählte Verbindung der tabellarischen Darstellung mit einer geographischen Karte (Bild 1) erwies sich als geeignet, das Wichtigste — soweit bekannt — in kurzer, aber doch vollständiger Form zu bringen. Hierbei wurden aus statistischen Gründen die seltenen Legierungsbestandteile ohne Rücksicht auf die derzeitige Möglichkeit ihrer getrennten Gewinnung gesondert ausgewiesen, auch wenn sie der Größe ihres Anteils im Erz nach als Eisenbegleiter zu gelten haben. Bei Kobalt und Wolfram wurden die Tafeln um einige Vorkommen des asiatischen Rußlands ergänzt. Obwohl nur das Fachschrifttum oder solche Angaben verwendet wurden, bei denen die Sachlichkeit der Berichterstattung vorausgesetzt werden kann, brachte doch die häufige Unterschiedlichkeit gleichartiger Schrifttumstellen und geographischer Angaben einige Schwierigkeiten. Ungeachtet der Sorgfalt, die bei der Verarbeitung aller Angaben beobachtet wurde, bleibt daher eine gewisse Vorsicht Einzelheiten gegenüber angebracht. Die Art der Gliederung der Tafeln und der Grad der Vollständigkeit des Textes in den einzelnen Spalten macht jedoch eine sachliche Unterrichtung vor allem über das Maß der Nutzung und Erforschung der einzelnen Vorkommen durchaus möglich. Diese Zusammenstellungen bestätigen den Reichtum Rußlands an schon erschlossenen Bodenschätzen und geben andererseits einen Ueberblick über die ungeheueren Rohstoffquellen, die der russische Boden noch bereithält.

Die für das Eisenhüttenwesen — und zwar vor allem der Menge nach — wichtigen Eisen- und Manganträger seien durch eine kurze Kennzeichnung hervorgehoben:

Eisen- und Manganerze sind in beträchtlichem Umfang und hervorragender Güte vorhanden. Sie weisen Eisengehalte von zum Teil über 60% oder Mangangehalte von 50% und mehr auf. Der Gehalt an Phosphor, meist auch an Schwefel, ist sehr gering. Das aus den phosphorreichereren Kertscher Erzen (Halbinsel Krim) gewonnene Roheisen ist für die Weiterverarbeitung in der Thomasbirne gut geeignet. Der Arsengehalt dieser Erze von 0,04 bis 0,05% soll durch Aussieben des Feinen bzw. durch eine Aufbereitung, die die Verbindung des chlorierenden Verfahrens von Humboldt mit Greenawalt-Sinterpfannen vorsieht, in genügender Weise beseitigt werden können.

In dem gewaltigen russischen Reich sind naturgemäß große Verkehrswege zu überwinden. Die auf der Karte eingezeichneten Entfernungen geben hierüber einen Ueberblick, zeigen aber auch, daß zahlreiche Vorkommen des nord-, mittel- und südeuropäischen Rußlands sowohl der Lage als auch den Verbindungen auf dem Bahn- und Wasserwege nach durchaus günstig zum mitteleuropäischen Raum liegen. Hierzu zählen die leistungsfähigen Abbaugelände auf der Halbinsel Kola, von Krivoi-Rog, Kertsch, Daschkessan (sämtlich Eisenträger) sowie Nikopol, Tschiaturi (Manganträger) und eine Reihe ausbaufähiger west- und zentralrussischer Vorkommen mittlerer Leistung. Güterbewegungen, die von weiter entfernten Gebieten ausgehen, bedingen unter gleichartigen Voraussetzungen entsprechend höhere Kosten, die nur von hochwertigeren Massengütern getragen werden können (z. B. Wolfram- und Molybdänerze, Nickel-, Kobaltkonzentrate aus dem Ural). Bei der Umrechnung der in den Schrifttumsquellen angegebenen Beförderungskosten nach dem bis Mai 1936 gültigen alten Rubelkurs ergibt sich ein Anhaltswert, der etwas kleiner ist als 1 Pf./tkm. Dies bedeutet also für die Tonne Gut und 1000 km Bahnweg eine Kostenbelastung von 10 *R.*

Für die Beurteilung der Verkehrslage ist neben der Größe der zu überwindenden Entfernungen die Belastbarkeit des Bahnnetzes von Bedeutung. Den vorhandenen Unterlagen ist zu entnehmen, daß der technische Zustand der Eisenbahnen für den Versand von Massengütern nach dem Westen durchaus genügt. Die überwiegende Mehrzahl der Güterwagen, vor allem älterer Bauart, scheint zwar nur eine Tragfähigkeit von 10 t zu haben. Es finden jedoch auch Wagen von 38, 45 und 53 t Verwendung, und seit einer Reihe von Jahren hat in großzügiger Weise auch der Bau von vierachsigen Selbstentladern von 60 t Tragfähigkeit eingesetzt. Die zulässigen Brückenbelastungen sind mit mindestens 6,5 t/m auf normalen Strecken, 8 t/m für leistungsfähigere Strecken und 10 bis 12 t/m für Sonderverbindungen ausreichend bemessen. In der Nähe der wichtigsten, heute bereits im Abbau befindlichen Erzfelder sind fast überall Bahnstrecken in unmittelbarer Nähe vorhanden. Eine Ausnahme bildet nur, wie aus der Karte zu ersehen ist, das norduralische Gebiet. Zusammenfassend kann die technische Seite der Verkehrslage für die Ausfuhr nach dem Westen als gut bezeichnet werden.

Neben den Bahnen besteht sowohl für die nordrussischen Vorkommen der Halbinsel Kola, denen in der wärmeren Jahreszeit der Kanalweg nach Leningrad offensteht, wie für zahlreiche Abbaugelände des europäischen Südrußlands die Möglichkeit der Einschaltung des billigeren Wasserweges, zumal da die zuletzt erwähnten Vorkommen über gute Bahnverbindungen zu verschiedenen, für den Erzumschlag eingerichteten Schwarzmerhäfen verfügen. In welchem Umfang die Donau in diese Verkehrsbeziehung eingeschaltet werden kann, hängt von dem dort verfügbaren Schiffsraum ab.

Wolfram Vohmann.

Schrifttum.

- Bogitch, B.: L'industrie du nickel en Oural. Rev. Métall., Mém., 36 (1939) S. 421/26.
- Bubnoff, [S.], von: Die russischen Eisenerzvorräte. Oberschles. Wirtsch. 5 (1930) S. 29.
- Bubnoff, [S.], von: Das Eisenerzvorkommen Korsak-Mogila am Asowschen Meer und seine wirtschaftliche Bedeutung. Z. obereschles. bergu. hüttenm. Ver. 64 (1925) S. 27/29.
- Erofejeff, N., und J. A. Raeff: Das russische Eisenbahnwesen. Berlin 1933.
- Erofejeff, N.: Die Eisenhüttenwerke der UdSSR. als Lieferanten. Berlin 1938.
- Faerber, K.: Die Eisenerze von Kertsch. Metallbörse 21 (1931) S. 1444/45.
- Pflegel, Kurt: Die wirtschaftliche Bedeutung der Montanindustrie Rußlands und Polens und ihrer Wechselbeziehungen zu Deutschland. Quellen und Studien [des] Osteuropa-Instituts in Breslau. 3. Abt. 1. Heft. Leipzig u. Berlin 1920.
- Fleischer, K.: Die Verwertung der Eisenerz-Lagerstätten Europas einschl. Nordafrikas und Westsibiriens auf Grund ihrer Verkehrslage. Dissertation der Wirtschafts-Hochschule Berlin (1936).
- Fox, C. S.: Chrom-Erzlagerstätten in Rußland. Iron Coal Tr. Rev. 137 (1938) S. 549.
- Friedensburg, F.: Die Rohstoffgrundlagen der russischen Montanindustrie. Dtsch. Bergwerksztg. 40 (1939) Nr. 201 v. 30. Aug., S. 1/2.
- Friedensburg, F.: Die heutige Leistungsfähigkeit des russischen Bergbaues. Dtsch. Bergwerksztg. 40 (1939) Nr. 198 v. 26. Aug., S. 1/2.
- Friedensburg, F.: Der heutige Stand des russischen Bergbaues. Z. prakt. Geol. 46 (1938) S. 151/58 u. 164/71.
- Hermann, Felix: Die Manganerz-Lagerstätten der Welt und ihre Bedeutung für die deutsche Industrie. Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 381/86.
- Hermann, Felix: Das Chromerzproblem in der Sowjetunion. Metallwirtsch. 15 (1936) S. 357.
- Höfding, O.: Die Nichteisenmetallwirtschaft der Sowjetunion 1939. Bleicherode (Harz) 1939.
- Kern, Z.: Vom russischen Erzbergbau. Mont. Rdsch. 19 (1927) S. 187/92.
- Landgraber, F. W.: Die energetischen und metallischen Mineralreichtümer des Ostens. Dtsch. Techn. 7 (1939) S. 531.
- Lulki, A.: Das Vanadinproblem in der Sowjetunion. Metall u. Erz 30 (1933) S. 166/68.
- Polutoff, N.: Kobalt in der UdSSR. Metallwirtsch. 16 (1937) S. 470/71.
- Précou, Michel: Gegenwärtiger Stand und Fortschritte in der Schwerindustrie und im Beförderungswesen der Union der Sowjetrepubliken. Chal. & Ind. 17 (1936) S. 182/88.
- Puckering, J. C.: Manganerzbergbau in Tschiaturi. Engng. Min. J. 122 (1926) S. 964/67.
- Roidot: Die Eisenerze von Krivoi Rog. Rev. Industr. min. 2 (1922) S. 644/54; 3 (1923) S. 75/88.
- Roskill, O. W.: Die russische Erzeugung an Nichteisenmetallen. Der Fortschritt des zweiten Fünfjahresplans. Metal. Ind., Lond., 51 (1937) S. 449/55.
- Schüller, H.: Rußland, eine bergbauliche Großmacht. Vierjahresplan 3 (1939) S. 1192/95.
- Weyrauch, W.: Das Eisen in Rußland. Tagesfragen der Auslandswirtschaft (Hrsg. vom Auswärtigen Amt). Leipzig 1920.
- Das Eisenerzrevier am Krivoi Rog, seine Bedeutung für die südrussische Eisenindustrie und für den Export nach Deutschland. Handel u. Ind. 3 (1901) S. 227/41.
- Schweffelkies und Kiesabbrände. Volkswirtsch. d. UdSSR. 5 (1926) Nr. 11 S. 80/81.
- Die Naturschätze der UdSSR. Die Erweiterung der industriellen Erzbasis. Sowjetwirtsch. u. Außenh. 11 (1932) Nr. 5, S. 38/41.
- Neue Eisenerzfunde in Nordrußland. Metallbörse 23 (1933) S. 1249.
- Die Eisenhüttenindustrie in Sowjetrußland 1933 und Anfang 1934. Stahl u. Eisen 54 (1934) S. 1160/63.
- Eisenerzvorkommen auf der Halbinsel Kola. Stahl u. Eisen 55 (1935) S. 1167/68.
- Aussichten der russischen Nickelgewinnung. Metallwirtsch. 15 (1936) S. 128/29.
- Die Entwicklung der russischen Metallindustrie. Metallwirtsch. 16 (1937) S. 467/70.
- Russisches Manganerz. Dtsch. Montandienst 4 (1939) Nr. 42, B. 13/16.
- Der Manganerzbergbau in der Sowjetunion. Dtsch. Bergwerksztg. 40 (1939) Nr. 202 v. 31. Aug., S. 18.
- Erschließung von Bodenschätzen in Rußland macht Fortschritte. Dtsch. Bergwerksztg. 40 (1939) Nr. 227 v. 29. Sept., S. 2.
- Die Kohlen- und Eisenerzvorkommen in der Ukraine. Montan Rdsch. 31 (1939) S. 593/94.
- Die Metallindustrie der Sowjetunion. Metallwirtsch. 18 (1939) S. 787.
- Die russischen Manganreserven. Köln. Ztg. (1939) Nr. 449, S. 3.
- Minerallagerstätten der Ukraine. Iron Coal Tr. Rev. 138 (1939) S. 411.
- Entdeckung neuer Manganerzvorkommen in Sowjetrußland. Dtsch. Bergwerksztg. 41 (1940) Nr. 101 v. 1. Mai, S. 2.
- Die neuen Wolframvorkommen in Rußland. Dtsch. Bergwerksztg. 41 (1940) Nr. 78 v. 4. April, S. 2.

Die für die Stahlerzeugung wichtigen Erze im europäischen Rußland.

Art des Erzes	Lage der Vorkommen			Größe der Vorräte ¹⁾ 10 ⁶ t	Zusammensetzung der Erze	Sonstige Beschaffenheit	Grad der bisherigen Nutzung
	Ort	Nr.)	Gebiet				
1	2	3	4	5	6	7	8
Eisenerz	Krivoi-Rog	23	Südrußland	520 (341) Eisengehalt hierbei > 61% nach anderen Angaben: 1200 dazu große Mengen stark saurer Erze	61 bis 70% Fe, 0,01 bis 0,031% P, 0,07% Mn, < 0,02% S; SiO ₂ -Gehalt für verschiedene Erze: 2 bis 9%, 9 bis 15%, 15 bis 19%; nach anderen Angaben: 50 bis 70% Fe, 0,01 bis 0,06% P, 3 bis 9% SiO ₂	Roteisenerz, Magnet-eisenstein, Eisenglanz, Brauneisenstein, Hämatite, Magnet-Hornblende, Limonite, Martite, 3 bis 5% Feuchtigkeit, frieren daher im Winter ein (Verladeschwierigkeiten)	decken Gesamtbedarf der südrussischen Eisenhütten und damit rd. 70% des russischen Gesamtbedarfes; Förderung 1937: 16,5 Mill. t; starker Übergang zum Untertagebau, starke Mechanisierung; 2 t Erz t Roheisen infolge mehrfacher Umschüttung; alle Erze gehen durch die Verteilungsstation Werchowzewo zur Klassierung
	Nikolajew	23a	Südrußland	> 10	44 bis 50% Fe, 2% Cr ₂ O ₃	Brauneisenerz	
Gesamtvorräte der Ukraine nach „Vierjahresplan“ Nr. 20 (1939) S. 1194: 2000 Mill. t.							
Kertach mit den Vorkommen von:	25	Halbinsel Krim	2700 (1642)	30 bis 40% Fe, 15 bis 22% SiO ₂ , 0,8 bis 1,2% P nach anderen Angaben: 45 bis 47 bzw. 34 bis 42% Fe, 1,5 bis 2,5% P, 14 bis 17% SiO ₂ , 0,04 bis 0,05% As nach anderen Angaben: 28 bis 37% Fe, 10 bis 15% SiO ₂ , 0 bis 10% Mn, 0,4 bis 1,3% P, 0,1 bis 0,2% S, 0,05 bis 0,15% As, 0,04 bis 0,085% V	Brauneisenerz für Thomasverfahren geeignet; Erze sehr feucht, bis 31% im Durchschnitt 17% Feuchtigkeit; Feuchtigkeits-, tonartige Beimengungen und lockere staubige Beschaffenheit machen Verarbeitung schwierig	Abbau 1937: 800 000 t 3,04 t Erz t Roheisen	
Kamysch-Burun Eltigen Kis-Aurel Noos-Karantine Ortel	25	Halbinsel Krim	> 375	—	Pulverige Beschaffenheit	Vorgesehene Förderung: 5,7 Mill. t/Jahr; Anreicherungsanlagen 1942 für 3,8 Mill. t Konzentrat je Jahr; Sinteranlage 1942 für 2 Mill. t Sintergut je Jahr	
Kursk	21	Kursker Gebiet	200 (100,4)	60% Fe; nach anderen Angaben: 50% Fe und darüber, 5 bis 12% SiO ₂	Magnet- und Roteisenerzlager	Beginn der Förderung 1939. Bau einer Erzgrube in Korobkowo (20-m-Flöz)	
Lipetzki	20	Woronezer Gebiet	250 (71)	46,4 bis 50% Fe, 10,8% SiO ₂ , 0,31% P, 0,13% Mn, Spuren von S	—	Förderung 1938: rd. 717 000 t; 2,1 t Erz t Roheisen	
Tula	18	Zentralrußland	43 (180)	40% Fe bei 20% SiO ₂ und 30 bis 40% Fe bei 20 bis 30% SiO ₂	Brauneisenstein, Aufbereitung erforderlich	Abbau 1932: 182 000 t, 2,45 t Erz t Roheisen	
Bajzan	18	Zentralrußland	—	35% Fe	tonige Sphärosiderite und Spateisenstein	—	
Kols	6	Leningrader Bezirk	(75,11)	—	—	—	
Chopr	22	Woronezer Gebiet	(163,3)	—	—	—	
Gam	—	Leningrader Bezirk	1,3 sichtbar 9,55 wahrscheinlich	32 bis 41% Fe	—	—	
Pudoshgorsk	4	Karelrien (Onegasee)	100	—	Erz enthält 40% Magnet-eisenstein	—	
Olenjegorsk Imandra-See	3	Halbinsel Kola	120 erschürft 670 geschätzt	35,8% Fe, hoher SiO ₂ -Gehalt, Spuren von S und P; aufbereitetes Erz 65% Fe, Spuren von S und P	ähnlich den norwegischen Sydvarangarerzen	Abschluß über Lieferung von 30 000 t jährlich an das Deutsche Reich; Aufbereitungsanlage für Jahresleistung von 500 000 t Konzentrat geplant	
Kap Mischykow bei Murmansk	1	Halbinsel Kola	~ 200	—	—	—	
Pitkaranta	5	Nordufer des Ladogaesee	12	—	Magnetit	Abbau seit längerer Zeit	
Kntim und Jubruschkin	7	Nordural	65, nach anderen Angaben: 100	50 bis 65% Fe im südlichen, 30 bis 40% Fe im nördlichen Teil des Gebietes	Eisenglanz, Brauneisenstein, Magnetit	—	
Tagil-Kuschwinsk	9	Mittlerer Ural	249 (140,36)	38 bis 63% Fe-Gehalt in diesen Gebieten	Magnetite, Erze aufbereitungsbedürftig	—	
Magnitnaja	11	Schajtanskaja-Datscha	~ 40	56% Fe, 5% TiO ₂	—	—	
Alapajewsk	11	Mittlerer Ural	200 (66)	38% Fe, 0,05 bis 0,86% P, 0 bis 0,06% S, < 16% Mn, < 30% SiO ₂ ; nach anderen Angaben: 48% Fe, 0,05% S, 0,12% P	Brauneisenerz, südlicher auch Spateisenstein (53 bis 64% Fe, 2 bis 0,55% P)	Erzgrundlage ortsansässiger Hüttenwerke	
Sinaro-Kamensk	12	Mittlerer Ural	600	40 bis 60% Fe	—	Erzgrundlage ortsansässiger Hüttenwerke	
Jelisawetinsky-Bergwerke	12	bei Swerdlowsk (mittlerer Ural)	37	0,99% Cr, 1,3% Ni, 45 bis 50% Fe, V, Ti	Eisenerz wichtig wegen seiner Nicht-eisenmetalle	Förderung für 1934 auf 60 000 t Erz festgesetzt; wirkliche Förderung 1934 500 t	

1) Die in Spalte 3 aufgeführten Zahlen kennzeichnen die Lage der Vorkommen auf der Karte.

2) Die in Spalte 5 eingeklammerten Zahlen umfassen lediglich Angaben über die sichtbaren und wahrscheinlichen, nicht aber die möglichen Vorräte.

Die für die Stahlerzeugung wichtigen Erze im europäischen Rußland (Fortsetzung).

Art des Erzes	Lage der Vorkommen			Größe der Vorräte ²⁾ 10 ⁶ t	Zusammensetzung der Erze	Sonstige Beschaffenheit	Grad der bisherigen Nutzung
	Ort	Nr. ¹⁾	Gebiet				
1	2	3	4	5	6	7	8
Eisenerz	Bakl	13	Südlicher Ural	138 (92,9)	60% Fe; nach anderen Angaben: 51 bis 52% Fe, 0,005 bis 0,04% S, 0,01 bis 0,02% P, nach anderen Angaben: im Roherz 44% Fe, im Rostgut 57% Fe	an Kalkstein gebundene Brauneisenerze von großer Reinheit	Erzgrundlage ortsansässiger Hüttenwerke
	Magnitnaja-Gora	16	Südlicher Ural	328 (458) davon 301,5 in der Schachtbauzone; nach anderen Angaben: 900	Oxydische Erze: 63,62% Fe, 5,33% SiO ₂ , 0,045% P, 0,11% S, 0,84% Al ₂ O ₃ , 13,3% Fe-Oxydul, 0,086% Mn-Oxydul, 1,15% CaO, 0,32% MgO Schwefelkiese: 56,22% Fe, 6,98% SiO ₂ , 0,032% P, 2,79% S, 2,08% Al ₂ O ₃ , 23,97% Fe-Oxydul, 0,11% Mn-Oxydul, 3,63% CaO, 0,92% MgO; nach anderen Angaben: 62 bis 65% Fe, 0,19% S	Magneisenerz mit Beimengungen von Quarz, stellenweise auch Eisenglanz und Roteisenerz	Gewinnung im Tagebau nur für Eigenbedarf, nicht für Export; 1,6 t Erz/t Roh-eisen; Leistungsfähigkeit: 7,5 Mill. t Erz/Jahr; Förderung 1939: 5,7 Mill. t
	Chalilowo	17	Orsk-Chalilowo-Bezirk	0,4 (110,7)	38,25 bis 45,28% Fe, 0,29% Mn, 13,82% SiO ₂ , 9,38% Al ₂ O ₃ , 0,21% P, 1,07% Cr, 0,55 bis 0,85% Ni, 0,046% S	Ocker-Brauneisenstein (Laterite) und fester Brauneisenstein (Oolithe)	—
	Daschkessan	31	Kaukasus	52 sichtbar, 19 wahrscheinlich nach anderen Angaben: (115,6)	60% Fe	Magneisenerz, feinkörniger Magnetit	Abbau seit längerer Zeit; Lagerstätte ist oder war Eigentum der Firma Siemens
	Tschatachskoje	30	Kaukasus	1 Eisenglanz 1 Magnetitsande	58 bis 63% Fe	—	—
	Alabaschly	31	Kaukasus	—	40 bis 57% Fe, 1,08 und 2,17% Ti, manchmal 5 bis 14% TiO ₂	Titanhaltiges Magnet-eisenerz	—
	Malkinsk	—	Kaukasus	100 (13,09)	—	Chrom und Nickel enthaltender Brauneisenstein	—
Pyrite	Deptjarny-Grube	—	Ural	keine Angaben	50,24 bis 52,29% S, 44,02% Fe, 0,07 bis 0,57% Cu, 0,005 bis 0,008% Se, 0,013 bis 0,017% As	—	—
	Beloretschensky-Grube	—	Ural	Vorräte sollen groß sein	48 bis 51,9% S, 45,5% Fe, 1,41 bis 2,6% Cu, 0,071% Se, 0,023% As, 1,5% SiO ₂ , 0,68% CaO	—	—
	Kalatinsky-Grube	—	Ural	—	44,9 bis 46,74% S, 42,10 bis 44,95% Fe, 2,05 bis 2,62% Cu, 0,03% As, 2,63% SiO ₂ , 0,53 bis 0,60% CaO	—	—
Pyrite überall in der UdSSR., hauptsächlich aber im Ural, woher 90% der Förderung kommen.							
Chrom	Saranowskoje	10	Ural (?)	4,8 (2,38)	37 bis 39% Cr ₂ O ₃ ; nach anderen Angaben: 40,5% Cr ₂ O ₃ , 17,2% Al ₂ O ₃ , 6,8% Fe ₂ O ₃ , 12,9% FeO, 1,37% CaO, 14,7% MgO, 3,5% SiO ₂ , 0,02% S, 0,15% MnO, Spuren von P	—	Hauptanteil der russischen Förderung
	Novo Lipesk	17	Südlicher Ural bei Orsk	—	—	Eisenerze mit reichen Chrom- und Nickelschlüssen	Werk bei Tscheliabinsk; 10 000 t Chromeisen Jahreserzeugung
	Chalilowo	17	Südlicher Ural bei Orsk	400	1,05% Cr	Eisenerze: 45,28% Fe, 0,85% Ni	—
	Jelisawetinsky-Bergwerke	12	bei Swerdlowsk (mittlerer Ural)	37	0,99% Cr, 1,3% Ni, 45 bis 50% Fe, V, Ti	Eisenerz wichtig wegen seiner Nichteisenermetalle	Förderung für 1934 auf 60 000 t Erz festgesetzt; wirkliche Förderung 1934 500 t
Im Ural noch zahlreiche andere verstreute Vorkommen kleinerer Leistung.							
Kobalt	Nikolajew	23a	Südrußland	> 10	2% Cr ₂ O ₃ , 44 bis 50% Fe	Brauneisenerz, Chrom als Eisenbegleiter	—
	Kimpersaj-Gruben	17	Südlicher Ural	als unerschöpflich bezeichnet	—	—	zur Zeit werden nur geringe Mengen gefördert, da Lastwagenabfuhr bis Aktjubinsk; Jahresnutzung von 300 000 t nach Fertigstellung der Bahnlinie Kandagatsch-Orsk
	Bashart	—	Baschkirien	—	—	—	—
	Daschkessan	31	Transkaukasien	—	—	Kobaltglanzlagerstätte, einzige Lagerstätte, in der Kobalt als Haupterz vorkommt; Vorkommen gilt als ziemlich erschöpft	von 1884 bis 1915: 640 t je Jahr Kobalterz
	Pokrowsk bei Kabakowsk	18	im Bogosslofsky-bezirk (mittlerer Ural)	—	—	an Eisenerze gebunden	—

Die für die Stahlerzeugung wichtigen Erze im europäischen Rußland (Fortsetzung).

Art des Erzes	Lage der Vorkommen			Größe der Vorräte ²⁾ 10 ⁴ t	Zusammensetzung der Erze	Sonstige Beschaffenheit	Grad der bisherigen Nutzung	
	Ort	Nr. 1)	Gebiet					
1	2	3	4	5	6	7	8	
Kobalt	Aktjubinsk-Chalilowo-Orsker Gebiet	17	Südlicher Ural	—	—	Nickel-Kobalt-Erze	auf der Grundlage dieser Erze Werk mit Jahreserzeugung von 10 000 t Ni und 500 t Kobalt (noch im Bau); Naßaufbereitung mit Säure, wobei Konzentrate mit 30% Ni und 7% Co getrennt anfallen	
	Norilsk (Montsche Tundra)	2	Halbinsel Kola	—	als Nebenerzeugnis bei der Verarbeitung von Nickelsulfidzen	—	—	
	Außereuropäische Teile der UdSSR.			—	—	—	—	
	Masulka-Vorkommen bei Atschinsk	—	Sibirien	—	—	Nickel-Mangan-Erze mit 0,08 bis 0,4% Co	—	
Weitere Kobaltfunde wurden aus Salair, Kusnezki-Alatau (Westibirien), Tschaj-Kulrück (Mittelasien), Kara-Tau (Kasakstan) und dem Altai gemeldet.								
Mangan	Tschjatiuri	29	Transkaukasien	120 (110) nach anderen Angaben: 150 bzw. 700	ungewaschenes Erz: 50% Mn, 6 bis 8% SiO ₂ , 0,05 bis 0,17% P, 0,14% S, 1,07% Fe gewaschenes Erz: 53,97% Mn, 0,89% Fe, 0,15% S Peroxyd: 53,11% Mn, 0,81% Fe, 0,22% S, mittlerer Mn-Gehalt im Roherz 40% nach anderen Angaben: ungewaschenes Erz: 48 bis 49% Mn, 0,15 bis 0,18% P, 6 bis 10% SiO ₂ , 0 bis 1,8% Fe, 2 bis 3% CaO, 8 bis 10% H ₂ O gewaschenes Erz: 52 bis 55% Mn, 0,15 bis 0,19% P, 4 bis 8% SiO ₂ , 0,4 bis 1% Fe, 1,6 bis 2,6% Al ₂ O ₃ , 0,9 bis 1,2% CaO, 0,2 bis 0,4% BaO, 0,15 bis 0,4% MgO, 5 bis 8% H ₂ O	Pyrolusit und Psilomelan	lieferte um die Jahrhundertwende schon 50% des Manganbedarfes der Welt; Abbaueinrichtungen in den letzten Jahren stark verbessert	
	Nikopol	24	Südrußland (Ukraine)	50 (90) Gesamtvorrate: 401	bis 25% SiO ₂ , etwa 0,25% P, mittlerer Mn-Gehalt im Roherz: 30 bzw. 28 bis 33%, mittlerer Mn-Gehalt im Konzentrat: 45 bis 52%; Vostochnydistrikt: 47 bis 52% Mn, 8 bis 10% SiO ₂ , 0,17% S, 0,3 bis 0,7% Fe; Prokrowsk-Gebiet: 42 bis 46% Mn; 12 bis 16% SiO ₂ , 0,03 bis 0,2% S, 0,3 bis 0,7% Fe	Pyrolusit	Förderung 1935: 1,02 Mill. t vorwiegend für Inlandbedarf; neuerdings Niederbringen neuer Schächte, Elektrifizierung der Förderanlagen; 3 t Konzentrat je t Roheisen	
	Norosselik	23	Krivoi-Rog	—	—	—	—	
	Labin	26	Nordkaukasus	34, nach anderen Angaben: 38	17 bis 25% Mn, 45 bis 50% SiO ₂ , 3 bis 4% Fe; nach anderen Angaben: 38,15 bis 62,4% Mn	Anreicherung erforderlich	—	
	Halbinsel Mangislak	27	Kasakstan	35	22% Mn, 3% Fe	—	—	
	Choschtschewato	19	Ukraine	3,3 geschätzt nach anderen Angaben: 8,0	18% Mn, 26% Fe; nach anderen Angaben: 32% Mn	noch nicht genügend erforscht	—	
	Yursk und Kuliga	10	Udmurter Gebiet	—	40% Mn	—	—	
	Swerdlowsk	12	Mittlerer Ural	über 100	—	1940 entdeckt	—	
	Molybdän	Ordshonikidse (Wladikawkas)	28	Nordabhang des Kaukasus	—	—	Quarzader mit Molybdänit	—
		Baksan	28	Nordabhang des Kaukasus Karbadino-Balkarisches autonomes Gebiet	—	—	Molybdänit	—
Nickel	Orsk-Chalilowo	17	Südural	20 000 t Ni	1,3% Ni im Mittel	—	1935 Planung einer Nickelhütte mit 10 000 t Jahreserzeugung	
	Akermanovka	17	Südural	60 000 t Ni	} 1,5% Ni im Mittel	—	—	
	Aktjubinsk	17	Südural	114 000 t Ni		—	—	
Gesamteinhalt aller süduralischen Vorkommen, die kleineren verstreuten eingeschlossen: ~ 300 000 t Ni.								
	Ufalej	14	Mittelural	26 600 t Ni	2% Ni im Mittel, stellenweise bis 15% Ni	—	Grube Tcheremchanka 2 km von Ufalej Erzgrundlage der Ufalejer Hütte; Jahreserzeugung seit 1934 2 500 t Ni	
	Petrowsky	15	Mittelural	5 000 t Ni	1,9 bis 2,3% Ni im Mittel	—	—	
	Montsche } Woltschja } Tundra } Lossewa }	2	Halbinsel Kola	78 800 t Ni	0,2 bis 0,5% Ni im Mittel	—	„Nordnickelwerk“ im Bau; Aufnahme der Erzeugung mit 5000 t Jahresleistung für Mitte 1938 erwartet; Förderung der Nitis-Kumskja-Gruben für 1938 auf 1000 t/Tag festgesetzt	
Niob und Tantal	Chibiner-Lowoserer Tundra	2	Halbinsel Kola	Vorräte an seltenen Erden hier größer als die der übrigen Welt	—	Knopit	—	
Im Ural weitere Vorkommen bekannt.								

Die für die Stahlerzeugung wichtigen Erze im europäischen Rußland (Schluß).

Art des Erzes	Lage der Vorkommen			Größe der Vorräte ²⁾ 10 ⁶ t	Zusammensetzung der Erze	Sonstige Beschaffenheit	Grad der bisherigen Nutzung	
	Ort	Nr. 1)	Gebiet					
1	2	3	4	5	6	7	8	
Titan	Alabaschly bei Gandza	31	Transkaukasien	—	1,08 bis 2,17% Ti, auch 5 bis 14% TiO ₂ , 40 bis 57% Fe	titanhaltiges Magnetisenerz	—	
	Berg Magnitnaja	—	Schajtanskaja-Datscha (Mittlerer Ural)	33 Metallvorrat (Ti + Fe)	5% TiO ₂ , 56% Fe	Titan-Magnet-Erze	—	
	Bakl	13	Südlicher Ural	—	Eisenerz mit TiO ₂ bis 21%	—	—	
	Swerdlowsk	12	Mittlerer Ural	37,9	—	titanhaltige Eisenerze	—	
	Pudoshgorsk	4	Karelien (Onegasee)	100	—	Titan- und Magnetisenerz	Abbau und Verarbeitung im Gange	
	Berg Katschkanar bei Kuschwinsk	9	Mittlerer Ural	—	0,5 bis 2% TiO ₂ , 50% Fe	titanhaltige Eisenerze, stockförmig bzw. nestartig auftretend	—	
Vanadin	Kertsch	25	Schwarzes Meer	—	0,11 bis 0,17% V ₂ O ₅ als Eisenbegleiter	oolithische Brauneisenerze	—	
	Bakl	13	Südlicher Ural	—	0,9% V ₂ O ₅ als Eisenbegleiter	—	—	
	Kussinsk	9	Ural	—	0,2 bis 1% V ₂ O ₅	Titano-Magnetit	—	
	Pudoshgorsk	4	Karelien	—	—	Titan- und Magnetitlager	Probeanlage in Medweshjogorsk liefert Vanadinguß-eisen, Ferrovanadin	
Wolfram	Tyrnyaus	28	Nordkaukasus	reiche Vorkommen	—	Wolfram zusammen mit Molybdän	—	
	Balkansk (Balkar)	28	Nordkaukasus	—	—	Scheelit-Vorkommen	—	
	Buranowo	—	—	—	—	—	—	
	Jugokamsk	10	Bezirk Perm	—	—	Wolframit-Vorkommen	—	
	Gumbejsk	16	Ural	ausgedehnte Vorkommen	—	Scheelit	—	
	Bojewka	—	Ural, bei Kaminski-Werk	—	—	Wolframit und Scheelit	—	
	Bamenow	—	Ural	—	—	—	schon ausgebeutet	
	Jugo-Konewsk Tschita, Beluchi, Bokuki, Antonowa-Gora, Peschkowa Padj	}	Ural	Transbaikalien	—	—	—	wenig erforscht
	Tscherdojaner, Ost-Kalbener, Kokkul, Tschindagatuj Schachtomirski-Bezirk		Ostkasachstan, Westibirien, Altai					
	Vorkommen östlich von Taschkent	—	—	—	—	—	—	—
	Dschidinsk	—	Burjat-Mongolien	ausgedehnte Vorkommen	—	—	—	—
Barsinski-Bezirk mit den Vorkommen am Berge Bukuk	—	am Flusse Borsja	50 bis 180 t	0,3 bis 0,5% WO ₃ , aus Seifen 1% WO ₃	Wolframit und Scheelit	wichtigstes Zentrum der Wolframergewinnung		
von Chara-Nor am Berge Scherlowa von Beluchinsk	—	—	250 t wirklich, 20 000 t wahrscheinlich	0,5 bis 2,5% WO ₃ , aus Seifen bis zu 1,5% WO ₃ 0,25 bis 0,75% WO ₃ 0,5 bis 1,5% WO ₃	—	—		
von Soktnewski	—	—	81 t	1,2% WO ₃ im Mittel	—	—		

Vereins-Nachrichten.

Eisenhütte Südost
im NS.-Bund Deutscher Technik.
Fachgruppe Bergbau und Hüttenwesen.

Am Samstag, dem 22. Juni 1940, um 17 Uhr, findet in der Aula der Montanistischen Hochschule zu Leoben eine

Vortragssitzung der Eisenhütte Südost
statt mit folgender Tagesordnung:

17 Uhr: Die neuzeitlichen hochwertigen Stähle. Berichterstatter: Dr.-Ing. Franz Rapatz, Kapfenberg.

18 Uhr: Die neuzeitliche Großkolbenmaschine in Hütten- und Bergwerksanlagen. Berichterstatter: Dr.-Ing. Ludolf Engel, Duisburg.

An die Vorträge etwa gegen 20 Uhr schließt sich eine zwanglose Zusammenkunft der Mitglieder und Gäste im Grand Hotel, Bürgerstube.