

Mit den letztgenannten Wellen sind zwei kurbelartige Arme (f) verbunden, deren freies Ende mit den Kolbenstangen (g) der Kolben (h) gelenkig in Verbindung gebracht sind.

Zur Betätigung der Fangmesser und des mit ihnen in Verbindung gebrachten Hebelmechanismus dient Preßluft, welche in einer explosions sichereren Bombe (l) auf der Schale mitgeführt wird. Von der Bombe führt eine Luftleitung (k) zum auf beiden Enden offenen Luftzylinder (l).

Die Luftleitung (k) ist durch ein Ventil (m) abgesperrt, welches im gegebenen Falle mit dem Hebel (n) aufgemacht werden kann. Der Luftzylinder (l) birgt in sich zwei selbstdichtende Kolben (h), die mit den bereits erwähnten Kolbenstangen (g) gelenkig verbunden sind.

Die Einrichtung zur Betätigung der Kraftquelle besteht aus einem Drahtseil (p), welches endlos in beiden Förderabteilungen gespannt und oben so auch unten über je eine Treib- (o) und zwei Leitscheiben (r) geführt wird. Die unten angebrachte Treibscheibe ist behufs gleichmäßiger Spannung mit zwei Federn (s) ausgestattet.

An jeder Schale befindet sich am Boden einer beliebigen Etage ein Führungsarm (t) für das endlose Seil (p), welcher an einem Ende tellerartig erweitert und in der Mitte durchgebohrt ist. Auf dem Tellersitz ist eine Spiralfeder (u) angebracht, die am oberen Ende eine kreisrunde Scheibe trägt.

Das Seil (p) wird durch die Bohrung des Tellersitzes mit der Feder und der Scheibe durchgezogen. Auf dem Seile wird über der Scheibe ein geeignet konstruierter Mitnehmer (w) fest aufgekeilt.

Bei jeder Bewegung der Schalen wird das endlose Seil stets von der aufwärtsgehenden in Bewegung gesetzt und wird sich immer mit der Geschwindigkeit der Schalen fortbewegen, so daß sich der aufgekeilte Mitnehmer (w) immer in gleicher Lage zur Schale befinden muß.

Die Wirkungsweise der Fangvorrichtung.

Wird während der Fahrt oder auch im Ruhestande der Ventilhebel (n) betätigt, so wird das Ventil (m) aufgemacht; die Luft strömt plötzlich aus der Bombe (l) in den Zylinder (l), treibt die Kolben (h) auseinander, wodurch die zwei Hebel (g und f) verschoben, die Welle (e) verdreht, der Hebel (d) angehoben und die Fangmesser

(a) gegen die Spurlatten (c) angepreßt werden. Diese werden durch die sinkende Bewegung der Schale immer mehr in die Spurlatten eingeschnitten, bis sie in die horizontale Lage gebracht werden, in der sie der Anschlag (z) festhält. Durch das Eingreifen der Fangmesser in die Spurlatten wird die Schale sacht und zwar nach Zurücklegen eines ziemlich langen Weges festgehalten und an dem Herabstürzen verhindert.

Bei dieser Konstruktion kann anstatt des Luftzylinders und der komprimierten Luft einfach die bisher bei anderen Konstruktionen benützte Feder, welche gespannt bleibt und im Momente des Seilbruches durch eine Auslösevorrichtung betätigt wird, verwendet werden. Eine derartige Fangvorrichtung nach dem vom Bergkommissär Ing. JDr. Heinrich Barvik gemachten Vorschlage steht gegenwärtig in Ausarbeitung.

Eine Fangvorrichtung, die durch elektrischen Strom betätigt wird, wurde von dem Bergverwalter der Liebe Gottes Steinkohlengrube in Zbeschau Ing. Franz Franz im Modell entworfen und beruht darauf, daß der durch das Förderseil zugeleitete elektrische Strom einen Elektromagneten speist und durch ein feststehendes Hilfsseil mittels einer Kontaktvorrichtung zur Kraftquelle zurückgeleitet wird. Der Elektromagnet hält einen Hebel nieder, welcher wiederum die Feder der Fangvorrichtung in gespannter Lage hält. Reißt das Förderseil, so wird der elektrische Strom unterbrochen, der Elektromagnet wird stromlos und läßt den Hebel los, wodurch sich die Feder der Fangvorrichtung entspannt und die Fänger mittels einer Zahnradübersetzung zum Eingriffe bringt. Das Zahnradvorgelege wurde aus dem Grunde vorgesehen, damit die Exenter einen längeren Weg zurücklegen können.

Diese neuen Konstruktionen von Fangvorrichtungen sollen unter normalen Verhältnissen der Seilfahrt einer Überprüfung unterzogen werden und kommen im Falle guter Versuchsergebnisse zur Verwendung. Es wird jedoch in erster Linie auch weiterhin Sache der Bergbehörden sein, die bisher in Verwendung stehenden Fangvorrichtungen, da ja an sie die Bedingung ihrer Verlässlichkeit geknüpft ist, einer weiteren Untersuchung und die Vorschriften bezüglich der zeitweisen Überprüfung der Verlässlichkeit von Fangvorrichtungen einer Berichtigung, bzw. Ergänzung zu unterziehen.

Das Vanadium und seine Bedeutung für die Eisen- und Stahlindustrie.

Mitgeteilt von Ingenieur A. Hänig in Dessau.

I. Geschichtliches.

Das Vanadium bildet sicher eine der eigenartigsten Erscheinungen in der Geschichte der Metallurgie der Elemente. Obwohl bereits 1830 von dem Schweden Sefström im Stabeisen von Eckersholm, das aus Taberger Eisenerzen erzeugt war, und später auch in Eisenschlacken entdeckt, blieben seine Eigenschaften doch lange Zeit

nur wenig bekannt. Zwar kannte Sefström, der dieses neue Metall der skandinavischen Göttin Vanadis (Ireia) zu Ehren Vanadium (Vanadin) genannt hatte, schon einige davon und wußte z. B., daß es in Stande war, Eisen und Stahl hart und doch dabei auch zäh zu machen, allein im allgemeinen kam man doch trotz mancher wissenschaftlicher Forschungen mit diesem Material

nicht weiter. Vielleicht lag der Grund auch darin, daß man es wohl sehr häufig, aber nie in größeren Mengen in der Natur antraf, und daher an seiner weiteren technischen oder industriellen Verwertung von Anfang an berechnete Zweifel hegen zu müssen glaubte.

Und so entstand die Fama, das Vanadin sei ein seltenes Element, und unter dem Drucke dieser Anschauung führten seine Mineralien tatsächlich jahrzehntelang nur ein bescheidenes Museumsdasein.

Und doch kannte man schon damals verschiedene selbständige Mineralien, in denen es vorkam, so das Vanadinit (Vanadinbleierz, Vanadinbleispat), das sich in glänzend roten und gelben hexagonalen Kristallen in Arizona und in grünen Kristallen mit Kalkspat zusammen in einer Silbergrube bei Charcas in Mexiko sowie in der Mine Grande, Margucha und in Chile findet. Ferner zeigte es sich als Bestandteil im Descloizit, der in den La Plata-Staaten gefunden wurde und von dem eine Variation auch bei Freiburg in Baden als Ensynchit ebenfalls stark vanadiumhaltig vorkommt. Auch in Rheinbayern (bei Niederschlettenbach), in Kärnten (bei Kappel) sowie in den Leadwiller Bleierzen fand sich dieses Mineral in kleintraubigen roten, rötlichgelben bis nelkenbraunen, warzenförmigen Aggregaten vor, und zwar in Erzen, die man unter dem Namen Dechenit in der Mineralogie kennt, und schließlich auch in Eisenerzen, speziell in den oolithischen Eisenerzen von Mazenay in Frankreich, die bei der Verschmelzung im Hochofen zu Creusot im Roheisen ein bis drei Tausendstel Vanadium und beim Bessemern desselben Schlacken mit zirka ein Hundertstel Vanadium ergaben. Wurde dabei aber der Prozeß nach der Entkohlung unterbrochen, so fand sich der ganze Vanadiumgehalt im ersten Teile der Schlacke angesammelt vor, woraus man dann nach einem Verfahren von Witz und Osmond in Creusot jährlich zirka 60.000 kg Vanadinsäure darstellen lernte. Auch in Kupfererzen und Kupferhüttenprodukten, im Rutil und in Tonen sowie z. B. in den meisten Braunkohlentonen Norddeutschlands fanden sich Spuren dieses seltenen Minerals. Ja, nach Hillebrand sollte sich Vanadin sogar in allen kieselsäureärmeren Eruptivgesteinen Nordamerikas, in Serpentin und Basalten finden, und Ricciardi entdeckte Vanadium in den Lavamassen des Aetna und Vesuv, wie es auch von Witz und Osmond in verschiedenen Quellwässern nachgewiesen wurde.

Praktisch von Bedeutung wurden aber nur die Verfahren in Creusot sowie die Aufbereitung aus spanischen Bleierzen, die zirka 4 bis 5% Vanadium enthalten und aus denen (den sogenannten Vanadiniten) man, nach Anreicherung bis auf zirka 12% Vanadiumoxyd, das Vanadium in kleinen Mengen zu gewinnen pflegte.

Außerdem aber erhielt man es auch in Form von Vanadinsäure aus dem Joachimsthaler Uranpecherz, das zirka 0.1% ergab, und brachte es in Form von vanadinanem Kalium, von dem noch im Jahre 1880 das Kilogramm zu Joachimsthal Frs. 90 etwa kostete, auf den Markt.

Aber wenn sich dieses Metall auch, wie man sieht, an sich sehr häufig und in den verschiedensten Formen finden ließ, so blieb es doch infolge seiner geringen Quantitäten an all den Stellen mehr oder weniger selten und spielte höchstens in Laboratorien eine bescheidene Rolle.

Freilich hatten schon etwas früher die Prüfungsergebnisse bedeutender Forscher, wie der Professoren Mc. Kenna von der Yale-Universität, Mc. Caffrey von der Columbiahochschule, Bloß von New-York und Arnold in Sheffield (England) auf die außerordentliche Bedeutung des Elementes „Vanadium“ für die gesamte Stahlindustrie hingewiesen, und einige unternehmungslustige amerikanische Firmen dieser Branche, wie die Carnegie Steel Company, die Colonial Steel Company, Firth Sterling Steel Company, sämtlich in Pittsburg, sowie die United Steel Company in Canton (Ohio), die Bethlehem Steel Company in South-Bethlehem (Pa.) und noch manche andere amerikanische Gesellschaften machten daraufhin praktische Versuche, die die Erfahrungen der Professoren zu bestätigen schienen.

Immerhin war aber doch bis in die neueste Zeit hinein die Gewinnung des Vanadiums nur sehr beschränkt, wodurch ganz von selbst seiner Verwendung in der Stahlherstellung enge Grenzen gezogen waren. Erst als es dann der American-Vanadium Company in Pittsburg gelungen war, neue und sehr ergiebige Vorkommen von Vanadiumerzen zu entdecken, über die zuerst im Jahre 1907 authentische Mitteilungen in die breitere Öffentlichkeit drangen, änderte sich wie mit einem Schlage die gesamte Sachlage.

II. Neuere Funde von Vanadiumerzen.

In den Anden Südamerikas waren nämlich von einem jungen Pittsburger Mineningenieur Forster-Hewett, den die American-Vanadium Company dorthin ausgesandt hatte, große Lager dieses seltenen Metalls entdeckt worden, und zwar in Form von Sulfiden.

Der offizielle Bericht, den José J. Bravo über dieses neue Vorkommen in dem in Lima erscheinenden Boletín de la Sociedad de Ingenieros im Herbst 1908 veröffentlicht hat, bringt manche interessante Einzelheiten darüber. Danach waren im Distrikt von Cerro de Pasco schon lange Kohlenvorkommen bekannt und hatten manchen verlockt, in der Hoffnung, an jenen Stellen größere Kohlenlager zu entdecken, sich an den dortigen Schurfarbeiten zu beteiligen.

Doch zeigte es sich sehr bald, daß die Qualität der dort gefundenen Kohle recht schlecht war, sowie, daß die Vorkommen nicht auf größere, zusammenhängende Kohlenflöze schließen ließen, so daß die dortigen Schurfarbeiten schließlich nach und nach aufgegeben wurden.

Gegen Ende des Jahres 1905 nahm dann ein Minenbesitzer von Cerro de Pasco, namens Enlogia Fernandini, die Versuchsarbeiten trotzdem wieder auf, indem er durch einen von ihm selbst erfundenen Prozeß die dort gefundene Kohle zur Verkokung brachte. Dabei fiel seinem technischen Leiter, Antenor Rizo Patrón, eine schwarze mineralische Masse, die mit der Kohle zusammen auftrat, zuerst auf,

so daß er sie näher analysierte, wobei er fand, daß diese Masse einen bedeutenden Gehalt an Vanadium aufwies.

Gegen die Mitte des Jahres 1906 besuchte dann der staatliche Ingenieur diese Lager, die damals aber erst auf 11 m Länge und 5 bis 6 m Tiefe aufgeschlossen waren. Auch war ihr Verflächen sowie ihre Mächtigkeit noch völlig unbekannt.

Der geförderte Asphalt aber war sehr reich an Kohle und arm an flüchtigen Bestandteilen, unrein, zerbröckelt und nicht nur durch atmosphärische, sondern auch durch metamorphische Umwandlungen stark verändert, so daß er stellenweise direkt in Koks verwandelt schien.

Eine von H. Brunting ausgeführte Analyse ergab folgende Prozenzte:

	Prozenzte
Kieselsäure	22·22
Eisen	1·08
Tonerde	8·32
Vanadium	15·36
Schwefel	41·81
Kalk	0·33
Unbestimmt (Kohlen-Substanz)	9·98
	<hr/> 99·10

Das Vanadiumerz trat dabei im Hangenden als kompakte schwarze Masse von 1 bis 2 m Mächtigkeit auf, und zwar getrennt von dem Asphalt durch eine Zwischenschicht tauben Gesteins. Der frische Bruch des Erzes wies bleigraue Färbung auf, die sehr bald unter dem Einflusse der Luft schwarz wurde, so daß das Erz dann ebenso aussah, wie der in seiner Nachbarschaft auftretende schwarze, glänzende Asphalt.

Dieses Erz besteht aber aus einer Mischung von natürlichem Schwefel, Ton, bzw. etwas Kieselsäure, kohlenhaltigen Substanzen und Vanadiumsulfid. Ein derartiges Vanadiumsulfid als Naturprodukt aber war bisher noch unbekannt gewesen, so daß dieser Erzfund tatsächlich eine neue mineralogische Erzart darstellt, die nach ihrem Entdecker Rizo Patrón Patrónit genannt wurde.

Dieses neuentdeckte Erz charakterisiert sich dann folgendermaßen: Sein spezifisches Gewicht beträgt 2·456, seine Härte 3·5. Es ist vollständig amorph, metallisch glänzend bei frischem Bruch, welcher Glanz aber sehr bald an der Luft verloren geht. Die Farbe ist bleigrau und dunkelt sehr schnell an der Luft. Es löst sich vollständig in kalten Lösungen von bestimmten Alkalien sowie in heißer Ammoniaklösung. Eine Lösung mit Pottasche hat charakteristische rote Färbung, die später in gelblichgrün übergeht. Vor dem Lötrohr verbrennt es mit blauer Flamme, die einen starken Geruch nach Schwefelsäureanhydrid entwickelt; es läßt sich selbst in kleinen Stücken leicht rösten, wobei es einen erdig, rötlichgelben Rückstand von Vanadiumsäure hinterläßt.

Reines Erz enthielt 32·80% Vanadium und 67·20% Schwefel, was der Formel V_2S_3 entsprechen würde. Auch der Asphalt in der Umgebung der Erze enthält mehr oder weniger Vanadium, und zwar bisweilen auch in Form von Patrónit.

Sekundäre Umwandlungen haben dann wohl die Veranlassung zur Auflösung des Vanadiums in den Wässern gegeben, aus welchen es im Kalkstein und Mergel wieder abgelagert wurde, und zwar in einer oxydierten Form. Diese letzteren Bildungen trifft man nämlich auf einem Areal von 100 m Länge und 60 m Breite im Norden der Hauptlager an, wo sie als erdige Massen verschiedener Färbung in grüner, gelblicher, roter und violetter Schattierung auftreten. Sie stellen ein in sehr reichlichen Mengen auftretendes Mineral dar, das sich leicht gewinnen läßt und bis zu 30% Vanadinsäure zu enthalten pflegt.

Indes nimmt der Gehalt an Vanadinsäure nach der Tiefe hin zu. Bis jetzt wird allerdings nur an einer Stelle in fünf übereinander liegenden Stollen auf 100 m Strecke gefördert, aus denen jedoch bereits 100.000 t vanadiumhaltige Kohle gewonnen wurden. Man schätzt die Gesamtmächtigkeit dieses Lagers aber noch auf 3.000.000 t.

Im folgenden werden die von Rey Marechal angegebenen Bestandteile der vanadiumhaltigen Kohle vom Distrikt Yauli (Peru) angeführt, die auch mit den Analysen von Raimond ziemlich übereinstimmen:

	Prozenzte
Wasser	1·50
flüchtige Bestandteile	4·70
Schwefel	0·22
Eisen	0·18
Asche bestehend aus: VO, Spuren von Kieselsäure, Kalk und Ton	2—
Kohle	91·40

Andere Analysen von Camprodon ergaben:

	Prozenzte
Feuchtigkeit	1·07
flüchtige Substanzen	6·73
Asche (worin sich 45 bis 71% Vanadinsäure befanden)	1·40
Bestimmt als Kohle	90·80

III. Die Gewinnung des Vanadiums.

Die Darstellung des Vanadiums geschieht nun auf verschiedene Art und Weise, je nach der Art der in Betracht kommenden Mineralien. Die bekanntesten Vanadinmineralien, die dafür in Frage kommen, sind heute:

1. Der Vanadinit = $ClPb_5(VO_4)_3$, der in Spanien vorkommt, neuerdings aber auch in Arizona, Mexico, Neu-Mexico sowie in den Vereinigten Staaten und Argentinien gefunden wird. Er ist meist auch etwas arsen- und phosphorsäurehaltig.

2. Der Carnotit, ein vanadiumhaltiges Mineral (Kalium-uranvanadat), der sich hauptsächlich in Colorado und Utah findet und zirka 50% UO_3 und 18% V_2O_5 enthält.

3. Der Roscoelit, der ein vanadiumhaltiges Aluminiumsilicat darstellt und 3 bis 20% V_2O_5 enthält. Seine Fundorte sind die Sandsteine Colorados, von Utah und Californien.

4. Der Patrónit oder Rizo-Patrónit, ein natürliches Vanadinsulfid, das aus zirka 40% Vanadinsulfid, 31% freiem Schwefel, 14% Kieselsäure, 4% Eisensulfid,

etwas Nickel- und Molybdänsulfid, Tonerde und Kalk besteht, und dessen Fundorte hauptsächlich in Peru liegen.

Von diesen Erzen stellt der Roscoelit, der sich in den ausgedehnten Sandsteinlagern von San Miguel County in Colorado findet und von der Vanadium Alloys Co. verhüttet wird, ein grünes Erz vom spezifischen Gewichte 2·9 dar, das einen Vanadinhalt bis 3% besitzt. Das Vanadium kommt dabei in Form von V_2O_3 und bisweilen, wenn auch selten, in Form von V_2O_5 vor.

Nach W. F. Hillebrandt¹⁾ hat dieses Erz folgende Zusammensetzung:

SiO ₂	84·80	K ₂ O	2·41
TiO ₂	0·02	Na ₂ O	0·06
V ₂ O ₃	3·50	UO ₃	0·05
Al ₂ O ₃	6·15	PiO	0·06
Fe ₂ O ₃	0·20	V ₂ O ₅	0·05
CaO	0·12	Glühverlust	1·98
BaO	0·37		

¹⁾ American Journal of Science, Vol. 10 (1900).

Dr. W. Borchers²⁾, der zwei Vanadiumproben aus zwei verschiedenen Gruben selbst analysiert hat, gibt folgende Zusammensetzung an:

I. Probe von Grube Vanadium Nr 1.

SiO ₂	81·73	Na ₂ O K ₂ O	2·70
V ₂ O ₃	5·46	CaO	0·25
Al ₂ O ₃	6·32	BaO	0·33
Mn ₂ O ₃	—	CO ₂	1·11
MgO	—	Glühverlust	2·96
Fe ₂ O ₃	0·24		

II. Probe von Grube Bear Creakmine.

SiO ₂	82·30	Na ₂ O K ₂ O	3·15
V ₂ O ₃	3·73	CaO	0·18
Al ₂ O ₃	6·05	BaO	0·33
Mn ₂ O ₃	1·05	CO ₂	1·09
MgO	0·96	Glühverlust	2·17
Fe ₂ O ₃	0·11		

Verhüttet werden nur die Erze von der zirka 3 km von dem Dorfe Newmine gelegenen Grube Bear Creak (II. Probe).

(Fortsetzung folgt.)

²⁾ Metallurgie, Heft 20, 1906, S. 698 und 699.

Die Produktion der Bergwerke und Salinen Preußens¹⁾ im Jahre 1912²⁾.

Zufolge eines Beschlusses des Bundesrates wurde die Statistik der Produktion der bergbaulichen Betriebe vom Jahre 1912 angefangen nach neuen Grundsätzen ermittelt. Ein Vergleich der Zahlen der Vorjahre mit denen des Jahres 1912 ist daher im allgemeinen nicht zugänglich, u. zw. im wesentlichen aus folgenden Gründen:

Als Steinkohlenförderung gilt nach den neuen Bestimmungen nur die Produktion an wirklich verwertbarer Kohle, während früher meist die Rohförderung ermittelt wurde. Es ergibt sich daher gegen früher ein Ausfall in der Förderung. Bei Ermittlung nach den alten Grundsätzen ergibt sich die Steinkohlenförderung Preußens im Jahre 1912 mit 167,350.287 t, während sie sich nach der neuen Erhebung auf 165,302.784 t stellt. Der statistische Ausfall beträgt sonach 2,047.503 t. Er würde bedeutender sein, wenn nicht im niederrheinisch-westfälischen Bezirk schon seit Jahren die Nettoförderung nachgewiesen worden wäre.

Die Braunkohlenförderung würde nach der bisherigen Erhebungsart 67,734.659 t betragen; nach der neuen Erhebung stellt sie sich auf 65,803.959 t. Der Ausfall beträgt also 1,930.700 t und beruht im wesentlichen darauf, daß im Oberbergamtsbezirk Halle für die Umrechnung der Hektoliter in Tonnen bisher ein einheitliches Gewicht von 75 kg für 1 hl angenommen wurde, während nach den neuen Bestimmungen in der Regel 72 kg einzustellen sind.

Bei der Feststellung der Produktion der Erzbergwerke ist das bisherige Verfahren, die Jahresförderung

an verwertbarem, absatzfähigem Erz in einer Summe anzugeben, beibehalten worden. Immerhin dürften aber auch in diesem Teile der Statistik durch die neue Fassung von alten hie und da in Vergessenheit geratenen Vorschriften Änderungen in den Angaben veranlaßt worden sein. Zu bemerken ist auch, daß die Förderung des Gemeinschaftswerkes am Rammelsberge nicht wie bisher, mit nur vier Siebentel sondern zur Gänze bei „Preußen“ gerechnet wurde.

Bei der Steinsalzförderung ergibt sich ein Ausfall dadurch, weil Betriebe, welche Steinsalz nur in Gestalt von Sole fördern, nicht mehr berücksichtigt wurden. Die statistische Einteilung der Kalisalze ist geändert worden.

Bei der Feststellung der Produktion an Siedesalz werden nur die eigentlichen Salinen berücksichtigt, während früher auch das auf einigen chemischen Fabriken als Nebenprodukt gewonnene Siedesalz in die Statistik einbezogen wurde.

Die Ermittlung des Wertes der Produkte geschieht nunmehr nach einheitlichen Bestimmungen. Gegen die früheren verschiedenartigen zum Teil willkürlichen Verfahren ergeben sich daher in den Angaben vielfach Abweichungen. So wurde früher beim niederrheinischen Braunkohlenbergbau der Wert der geförderten Rohkohle aus dem Werte der hergestellten Briketts ohne Abzug der Fabrikationsunkosten berechnet, während nunmehr letztere abzuziehen sind. Auf manchen Kohlen- und Erzbergwerken wurden früher die Selbstkosten als Wert

¹⁾ Über die Produktion der Hüttenwerke im preußischen Staate wurden für das Jahr 1912 in der gegenständlichen Statistik, abweichend von der bisherigen Gepflogenheit, keine Angaben gemacht.

²⁾ „Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate.“ Jahrgang 1913, Band 61. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1913.

Das Vanadium und seine Bedeutung für die Eisen- und Stahlindustrie.

Mitgeteilt von Ingenieur A. Hänig in Dessau.

(Fortsetzung von S. 218.)

Diese Verhüttung geschieht in der Weise, daß das Erz zunächst Steinbrecher und Grobwalzen passiert, wobei es mit Natriumsalzen innig vermischt und dann in einem Satz Siebe bis auf Feinerz abgeseiht wird. Letzteres gelangt dann in einen Röstofen, der seiner Konstruktion nach ein Fortschaufelungs-ofen ist und in $1\frac{1}{2}$ Stunden eine Charge von 1200 bis 1500 t zu liefern vermag, die dann nach dem Rösten in Laugereibottiche kommt. Durch den Boden dieser Bottiche, die zirka 20 t enthalten, wird Luft oder Dampf geblasen und dadurch die ursprüngliche Lauge mit Konzentration von 0.2% V nach zirka drei Stunden bis auf 0.6% V konzentriert, worauf das Vanadin in Klärbottichen gefällt wird. Das Fällen geschieht dabei mittelst Eisenoxydulsulfats. Der durch Filterpressen filtrierte und zu Kuchen gepreßte Niederschlag enthält nun Ferro-Vanadat, daneben auch noch Na_2SO_4 , NaCl , freies Cl, SiO_2 und Spuren von CaSO_4 (aus dem Wasser); das daraus gewonnene Ferro-Vanadat enthält zirka 33 bis 37% Vanadin, 14.5 bis 16% Eisen, und selten mehr als 0.15 bis 0.2% Kieselsäure.

Dieses Ferro-Vanadat soll später im elektrischen Ofen noch zu Ferro-Vanadin reduziert werden, doch sind die Versuche dazu noch nicht beendet. Daher wird vorläufig dieses Ferro-Vanadat nach seinem Prozentgehalt an V_2O_5 per Pfund und Cent gehandelt und zwar galt nach Dr. Borchers Angaben ein Ferro-Vanadat mit 60% V_2O_5 zu 60% oder pro Kilogramm Vanadinsäure gleich 2.20 \$ loko New York.

Nach einem Bericht des The Iron Age wird dieses Ferro-Vanadat bei den Niagarrafällen auf elektrischem Wege zu Ferro-Vanadin mit 25 bis 27% Vanadin verschmolzen.

Was dann die Patróniterze von Peru anlangt, so brennen diese bei der Abröstung von selbst weiter, wobei zirka 45% ihres Gewichtes verlustig gehen.

Das geröstete Erz enthält dann nach J. K. Smith.

	Prozente
Vanadinpentoxyd	58.08
Eisenoxyd	4.98
Molybdänoxyd	2.62
Nickeloxyd	2.24
Kieselsäure	25.—
Tonerde	4.52
Kalk, Magnesiumoxyd und Alkalien	2.56
Schwefel	0.23

Neuerdings scheint aber die Methode von Gin, der Vanadin auf elektrischem Wege herstellt, recht gute Resultate zu liefern. Bei diesem Verfahren wird zunächst V_2O_5 durch Glühen mit Kohle zu V_2O_3 reduziert, aus dieser Masse zusammen mit Retortenkohle und Harz Stäbe ähnlich den Bogenlichtkohlen geformt, die dann als Anode benutzt werden, während die Kathode aus

Stahl besteht. Die Elektroden tauchen nun in ein Bad von Eisen- und Calciumfluorid, wobei bei geschlossenem Strom sich dann das an der Anode bildende Fluor mit dem Vanadin zu Vanadinfluorid VFl_3 verbindet, das sich wiederum mit der Stahlkathode zu Vanadinmetall und Eisenfluorid umsetzt.

Über ein anderes Verfahren, das auf den Werken von Bas Coudray bei Le Genest (Mayenne) in Frankreich üblich ist, und bei dem man Vanadinsäure aus Vanadin-erzen (spanischen Bleivanadaten) erhält, berichtet M. Herrenschmitt in einer Arbeit, die der Akademie der Wissenschaften in Paris seinerzeit vorgelegt wurde.

Bei diesem Verfahren werden die Erze zunächst in einem Fortschaufelungs-ofen mit Soda und Kohle geschmolzen. Dabei bildet sich metallisches Blei, das das Silber aus den Erzen aufnimmt, sowie eine Schlacke, die aus Vanadat, Tonerde, Natriumsilicat und Eisenoxyd besteht und, um im Wasser löslich gemacht zu werden, in einem Ofen wieder eingeschmolzen und mit Luft durchblasen wird, um das Vanadium vollständig in Vanadinsuperoxyd zu verwandeln.

Die Masse wird dann, um sie zu granulieren, in siedendes Wasser getropft und des weiteren ausgewaschen. Nach drei Waschungen enthält der Rückstand, der sich ursprünglich aus Tonerde, Kieselsäure und Eisenoxyd zusammensetzt, nicht mehr als 2% Vanadinsäure. Von jeder Tonne Erz erhält man auf diese Weise 280 kg Rückstände, so daß zirka 95% der im Erz enthaltenen Vanadinsäure zurückerhalten werden.

Um die Kieselsäure aus dem unreinen Natriumvanadat zu entfernen, wird sodann die Lösung bis auf Sirupkonsistenz eingedampft und Schwefelsäure (66%) hinzugefügt. Es bilden sich hierauf Vanadinsäure und schwefelsaures Natrium, aber alles Vanadium wird doch dadurch noch nicht gefällt.

Es wird zu diesem Zweck nun noch mehr von der Originallösung des unreinen Vanadats hinzugegeben und nach energischem Durchrühren die Mischung durch eine Filterpresse gedrückt, wodurch die Kieselsäure völlig gefällt wird und das Vanadium in Lösung übergeht. Die gefilterte Lösung wird dann, um den Überschuß an Schwefelsäure zu vertreiben, bis zur Trocknung verdampft und der Rückstand schließlich gewaschen. Auf diese Weise erhält man ein Produkt, das eine 92 bis 95%ige Vanadinsäure darstellt, die nach den letzten Notierungen mit Frs. 15 bis 16 pro Einheit V_2O_5 notiert wurde.

IV. Das Vanadium und seine Legierungen.

Das Vanadin selbst ist ein silberweißes Metall und wird seines hohen Schmelzpunktes wegen, der höher als der des Platin liegt, nicht in reiner Form gehandelt, sondern kommt nur als Ferro-Vanadin mit einem Teil

Eisen und zwei Teilen Vanadin auf den Markt (zum Preise von 5 \$ pro engl. Pfund Vanadin). Nach dem Echo des Mines 30. November 1908 wurde aber sogar Vanadium in Form von Ferro-Vanadium mit Frs. 60 pro Kilogramm bewertet. Ein derartiges Ferro-Vanadin schmilzt dann bei zirka 1375°. Eine Reihe von Firmen in Frankreich und England erzeugen diese Legierung. So wird in England eine Ferrovanadiumlegierung mit 45 bis 55% Vanadium hergestellt. Die Werke in Bas Coudray produzieren ein Ferro-Vanadium mit 33% V und eine Nickelvanadiumlegierung mit 18 bis 25% V, die Werke in Llauly (Süd-Wales) eine solche mit 23 bis 30% V. Krupp in Essen aber stellt eine Ferrovanadiumlegierung mit 30% V dar. Alle diese Legierungen sind sehr rein und ganz frei von Phosphor und Schwefel.

Aus dem Ferrovanadat der Vanadium Alloys Co. wird dann gleichfalls auf elektrischem Wege bei den Niagarrafällen ein Ferrovanadium gewonnen, das 25 bis 27% V enthält und bei dem ein Maximum von 2% Unreinigkeiten garantiert wird. Dieses Ferrovanadium weist nach den Mitteilungen des Geological Survey (in seinem Mineral Resources 1906) folgende Durchschnittsanalysen auf:

	I	II
Vanadium	27.47	25.65
Kohle	1.78	0.75
Kieselsäure	0.44	0.44
Schwefel	Spuren	0.044
Phosphor	0.067	0.067

Die Werke von Girod endlich, die 1907 u. a. auch 5 bis 10 t Ferrovanadium und als Spezialität hochprozentige Legierungen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt liefern, stellen Ferrovanadium von folgenden Durchschnittsanalysen her:

	I	II
Va	52.80	34.10
Fe	45.84	64.22
C	1.04	1.42
Si	0.09	0.12
Al	—	—
S	0.025	0.03
P	0.02	0.009

In Moissans elektrischem Ofen lassen sich Legierungen von Cu, Fe, Al und V herstellen, aber nicht von Vanadium und Silber. Al-V-Legierungen unterscheiden sich dabei von dem gewöhnlichen Aluminium durch ihre Klangfarbe, so daß sie sich wohl als Stimmgabeln, kleine Glocken usw. dürften verwerten lassen.

Nach Gin lassen sich des weiteren überhaupt sämtliche Legierungen des Vanadiums und der Metalle sehr leicht auf die Weise darstellen, daß man in seinem Ofen zur Darstellung des metallischen Vanadins die Stahlkathoden durch Kathoden aus den Metallen ersetzt, die man mit Vanadium legieren will.

Auch in der Aluminiumbronze, die ja speziell für Automobilzwecke in manchen Beziehungen Verwendung gefunden hat, aber dann später ihrer geringen Festigkeit

wegen nur beschränkte Anwendung finden konnte, vermag eine Beigabe von 1% V sehr gute Wirkungen zu erzielen. So ergab eine Aluminiumbronze mit 8% Al und 1% V 71 kg Bruchfestigkeit und 12.5% Dehnung.

V. Vanadium und seine Wirkung in Stahl.

Schon Sefström erkannte, daß das Vanadium dem weichen Eisen eine außerordentliche Zähigkeit verleihen müsse. Spätere Forscher fanden dann, daß dabei gleichzeitig unter Umständen die Härte des Stahles durch Vanadium-Zusatz erhöht werden könnte, und damit stand man dann gewissermaßen vor einem Rätsel, dessen Lösung auch dann noch nicht leichter wurde, als man weiter sah, daß nicht mit der Zunahme des Vanadiumgehaltes die guten Eigenschaften zunahmen, sondern im Gegenteil stark in ihren Wirkungen wechselten.

In der Tat bewirkt nämlich das Vanadium im Stahl nicht nur eine Härtung, sondern gleichzeitig auch ein Anwachsen der Elastizitätsgrenze. Überhaupt kann man im allgemeinen sagen, daß durch einen Zusatz von Vanadium nicht nur die Festigkeit des Stahles eine ganz erhebliche Steigerung erfährt, sondern daß auch andere wichtige mechanische Eigenschaften des Stahles dadurch höher potenziert werden. So wächst die Zähigkeit und der Widerstand gegen Stoß und Schlag bei verhältnismäßig geringen Zusätzen von Vanadium ganz erheblich. Werden solche Vanadium enthaltende Stähle dann gehärtet, so steigt ihre Zerreißfestigkeit und Elastizitätsgrenze ganz erheblich, wobei ferner noch zu bemerken bleibt, daß bei solchen Stählen auch die Umwandlungsprodukte niedriger liegen, so daß man dadurch auch mit niedrigeren Härtetemperaturen rechnen kann.

Daß die Dehnbarkeit des Eisens durch einen geringen Vanadiumgehalt erhöht werde, vermutete man nach Sefströms Entdeckung übrigens schon sehr bald. Denn an sich galt das vanadinhaltige Taberger Schmiedeeisen als die weichste, also dehnbarste schwedische Eisenart, was schon auf obige Eigenschaft des Vanadiums schließen ließ. Bestätigt wurde diese Ansicht dann aber noch durch den weiteren Umstand, daß auch manche Schlacken der Hochöfen von Staffordshire, deren Eisen auch als sehr dehnbar galt, Vanadinsäure enthielten, wie spätere genauere Analysen ergaben. Die Proben, die HéLouis, um diese Sache aufzuklären, anstellte, sollten dann auch die Richtigkeit dieses Schlusses erweisen.

Zu diesem Zwecke stellte HéLouis³⁾ zunächst durch Reduktion der Vanadinsäure mit Aluminiumpulver Aluminiumvanadin und mit Hilfe des letzteren auch Legierungen des Vanadiums mit Ferroaluminium, Ferrocyanid und Ferrocyan dar, die er dann dem im basischen Ofen erzeugten Stahl von 48 kg Bruchfestigkeit und 16.9% Dehnung, der ohne irgend welchen Zusatz im Graphittiegel behufs Aufnahme von Kohlenstoff umgeschmolzen wurde, zusetzte. Dieser basische Stahl, der nach der Aufnahme des Kohlenstoffes seine Festigkeit

³⁾ Muspratt, Technische Chemie, 8. Band, Braunschweig Friedr. Vieweg u. Sohn S. 1713.

(96 kg) verdoppelt hatte, aber nur 2% Dehnung besaß, wurde dann in einem Tiegel wieder flüssig gemacht und erhielt nunmehr einen Vanadiumzusatz in Form einer der obigen Legierungen. Hierauf wurde dieser Stahl auf drei verschiedene Arten behandelt.

1. wurde das Rohmaterial mit 1% V im Graphittiegel umgeschmolzen, worauf eine geschmiedete, unausgeglühte Probe des Produktes eine Festigkeit von 109 kg bei 7·53% Dehnung ergab.

2. wurde ein Teil desselben Rohmaterials in einem mit Magnesiafutter ausgekleideten Tiegel mit 0·5% V geschmolzen, und an dem erhaltenen Produkt zwar eine geringere Festigkeit wie ad 1, nämlich nur 66 kg, dagegen eine bedeutend höhere Dehnung von 16% festgestellt.

3. ergab solcher Rohstahl mit 1% V 97 kg Festigkeit und 14% Dehnung und ausgeglüht 71 kg Festigkeit und 20% Dehnung.

Dieses letztere Metall, das sich als ziemlich weich erwies, wurde aber durch späteres Härten außergewöhnlich hart.

Auch bei weißem Eisen mit 38 bis 39 kg Festigkeit und 19% Dehnung wurde durch 0·5% V-Zusatz in ungeglühtem Zustande die Festigkeit auf 61·25 kg bei 12% Dehnung und im geglühten Zustande auf 53 kg Dehnung erhöht.

Smith fand, daß ein Zusatz von 0·53 V zu einer Eisensorte folgende Veränderung hervorrief.

Mechanische Prüfung	Mit Vanadin	Ohne Vanadin
Zugfestigkeit kg/mm ²	72·42	62·50
Elastizitätsgrenze kg/mm ²	50·75	35·70
Dehnbarkeit %	6·25	8—
Querschnittsverringering %	5·90	7·80

Des ferneren zeigten sich folgende Unterschiede zwischen weichem Stahl und Schmiedeeisen ohne und mit V-Zusatz.

Nach dem Ausglühen	Zugfestigkeit in Tonnen	Dehnbarkeit in Prozenten
Weicher Stahl	30	17
Desgleichen mit 1% Vanadin	61	14
Letzterer ausgeglüht	45	20

Das Schmiedeeisen aber wurde folgendermaßen beeinflusst.

Beeinflussung des Schmiedeeisens	Zugfestigkeit in Tonnen	Dehnbarkeit in Prozenten
Schmiedeeisen	24·5	19
Desgleichen mit 0·5% V gehärtet	39—	12
Letzteres ausgeglüht	33·7	32

Sehr bald fand dann auch das Vanadium in Form von Ferrovanadin als Zusatzmittel weitere Verwendung, zumal als man erst im Maschinenbau erkannt hatte, wie sehr es auf die Art der Beanspruchung des Materials, ob ruhend, schwellend oder stoßend ankam. Da lernte man dann sehr bald die wohltätigen Wirkungen des Vanadiums kennen, denn durch dasselbe wurde nicht nur die Zug- und Torsionsfestigkeit des dabei zähl bleibenden Stahles erhöht, sondern man war auch durch eine geeignete Härtungs- und Wärmebehandlung solcher Vanadinstahle in der Lage, sie in ihren mechanischen Eigenschaften noch ganz erheblich zu verbessern.

Man verwandte für diese Zwecke Zusätze von 0·2 bis 0·3% V und erreichte damit speziell bei wechselnder Materialbeanspruchung ganz vorzügliche Resultate, wie J. R. Smith⁴⁾, ein Fachmann auf dem Vanadiumgebiete in seiner Arbeit „Über das gegenwärtige Vorkommen und den Gebrauch des Vanadins“ mitteilt.

Versuchsergebnisse	Zum Vergleich				
	Kohlenstoff- achsenstahl	Nickelachsen- stahl	Vanadinachsen- stahl	Vanadinkurbel- wellenstahl	Vanadinmaschinen- drahtstahl
Elastizitätsgrenze Pfund Quadratzoll	41.330	42.270	63.570	110.100	224.000
Bruchgrenze Pfund Quadratzoll	65.840	87.360	96.080	128.800	232.750
Verhältnis	0·62	0·56	0·66	0·87	0·96
Querschnitts-Kontraktion in Prozenten	61	58	61	58	39
Dehnung in Prozenten 2 Zoll	42	34	33	20	11
Tordierung	2·6	3·2	4·2	2·5	1·8
Hin- und Herbiegung	10	12	18	10	6
Pendelstöße (Fuß-Pfund)	12	14	16·5	12	6
Wechselseitige Stöße, Anzahl der Schläge	960	800	2.700	1.850	800
Kerbschlagproben, Anzahl der Schläge	25	35	69	76	—
Schwellende Torsionsbeanspruchungen, Anzahl der Drehungen	6.200	10.000	67.500	—	—

Außerordentlich wichtig bleibt es aber stets, bei der Analysierung solcher Vanadiumstähle gleichzeitig die für Eisen und Stahl so gefährlichen Elemente, wie Stickstoff und Sauerstoff zu berücksichtigen, denn der Vanadiumzusatz vermag selbst noch die letzten Sauerstoffspuren zu entfernen. Das Vanadium geht bei hohen Temperaturen sowohl in Stickstoff als auch mit in Sauerstoff Verbindungen ein, wodurch die Schmelzen selbst von diesen schädlichen

Elementen befreit werden. An sich ist ja gerade aber das völlige Fehlen von Stickstoff im Tiegelstahl der Hauptgrund für dessen vorzügliche Qualität gegenüber dem Martin- und vor allen Dingen auch gegenüber dem Bessemer-

⁴⁾ Centralblatt für Eisenhüttenwesen, 3. Heft 4 1908. — Elektrochemical und Metallurgical Industry, Vol. IV, Nr. 12, Dezember 1907.

stahl, dessen Gehalt an Stickstoff ja noch höher ist als wie im Martinstahl.

Man hat nun aber festgestellt, daß ein Fertigprodukt mit 0.1% Vanadin als völlig stickstofffrei angesehen werden darf.

So liegt nach „Langley auch der Hauptgrund, daß sich das schwedische Eisen weit besser als amerikanisches von gleicher Reinheit zu Werkzeugstählen eignet, speziell darin, daß im schwedischen Eisen jede Spur von Stickstoff fehlt, während das amerikanische Eisen stets etwas davon enthält. Diese günstige Erscheinung wird aber beim schwedischen Eisen einzig und allein durch den Vanadinhalt hervorgerufen, von dem eben winzige Portionen genügen, um diese Resultate zu erzielen.

Interessant sind auch die Mitteilungen, die E. F. Lake⁵⁾ über Vanadiumstähle macht.

Als Beweis, wie durch die Härtung bei solchen Stählen die Zerreiβfestigkeit sowie die Elastizitätsgrenze steigt, führt er unter anderem folgende Beispiele an:

Zusammensetzung des in Frage kommenden Stahlmaterials.			
V	0.268%	Mn	0.42%
Ni	2.54%	P	0.022%
C	0.156%	S	0.028%

Der Stahl	im ausgeglühten Zustande	bei halber Rotglut abgeschreckt
Zerreiβfestigkeit	60 kg/mm ²	153 kg/mm ²
Elastizitätsgrenze	49 "	136 "
Dehnung	34%	10.1%

Die Länge der Probestäbe betrug 50.8 mm, ihr Durchmesser 15 mm. Außerordentlich hoch war aber der Widerstand dieses gehärteten Materials, sowohl gegen Schlag als auch bei der Kaltbiegeprobe.

Nach der Verwendung teilt Lake die Vanadiumstähle in drei Klassen ein:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Reine Vanadinstähle | } Mit Zusätzen von 0.15 bis 0.25% Vanadium. |
| 2. Vanadinnickelstähle | |
| 3. Vanadinchromstähle | |

Was die mechanischen Eigenschaften solcher Stähle anlangt, so gibt Lake dafür folgende Daten an:

	Festigkeit kg/mm ²	Elastizitätsgrenze kg/mm ²	Dehnung (auf 50.8 mm) %
Weicher, phosphorfreier Stahl	42	24	17
Derselbe, im Tiegel eingeschmolzen	43.5	32	23
" mit 0.5% V, im geschmied. Zustand	88	52	11
" mit 1% V, im geschmiedeten Zustand	96.5	78	7.3
" mit 1% V, ausgeglüht	71.5	57	18
Vanadin-Nickelstahl mit 0.2 bis 0.4% V und 2 bis 6 Ni	55—61	43—50	30—35
Dieselben gehärtet	140—155	130—137	10—8

⁵⁾ American Machinist 18. 5. 07. Nr. 18 S. 632.

Gegenüber den sonst für diese Zwecke gerade verwendeten Chrom-Nickelstählen haben sie dann den Vorzug, sich leichter härten und bearbeiten zu lassen, ohne daß sie in den praktischen Resultaten nennenswert zurückständen.

Vanadin-Chromstähle enthalten gewöhnlich:

	I	II
C	0.20%	oder 0.40%
Cr	1. —%	" 1. —%
V	0.20%	" 0.20%

Die Vanadin-Nickelstähle, deren Homogenität und Schmiedbarkeit durch den Vanadinzusatz erhöht wird, und in denen man auch nur wenige Lunken findet, werden überall da am besten als Konstruktionsmaterial verwendet, wo es sich um hohe Beanspruchung handelt, also z. B. für Achsen, Kolben- und Pleuelstangen.

Die Verwendung dieser Stähle zu Eisenbahnachsen, Kugellagern, Zahnrädern, Schiffs- und Kurbelwellen aber wird durch den V-Zusatz insofern erleichtert, als dadurch die spröde Naturhärte des Chromstahls etwas gemildert wird, wodurch sich dann auch derartige Stähle viel leichter bearbeiten lassen. Die Dehnbarkeit, die das Material durch den Einfluß des V gleichfalls erhält, ist aber so groß, daß man durch öfteres Biegen eines Knüppels und Ausschmieden desselben Automobil-Kurbelwellen im Gesenk herstellen kann. Man spart dabei an Material und erhält in allen Teilen der Welle eine gleichmäßigere Faserstruktur als beim gewöhnlichen Herstellungsverfahren durch Flachschmieden und Ausstoßen.

Wieviel übrigens dabei an Material gespart werden kann, davon gibt Lake ein gutes Beispiel. Während nämlich eine, nach dem gewöhnlichen Verfahren sechsfach gekreuzte Welle bei 32 kg Fertiggewicht ein Schmiedegewicht von 160 kg voraussetzt, erfordert die gleiche Welle, wenn sie aus dem Knüppel gebogen wird, nur ein Schmiedegewicht von zirka 80 kg, also gerade nur halb so viel Material.

Auch Rey-Maréchal's Auslassungen über die Vanadiumstähle finden hier Berücksichtigung.

Veranlaßt durch einen Artikel, den M. Louis Révillon in der gleichen französischen Zeitschrift über „Les aciers spéciaux au Salon de l'Automobile“ hatte erscheinen lassen, äußert sich Rey-Maréchal ausführlich über die Resultate, die er mit einer einfachen Eisenkohlenstoff-Vanadiumlegierung sowie auch mit quarternären oder noch komplizierteren Legierungen erhalten hat.

Er sagt dabei, man habe bis in die jüngste Zeit hinein stets eine gewisse Neigung gehabt, das Vanadium in Stählen, die schon Chrom, Nickel usw. oder auch beides enthielten, zu verwenden. Der Grund lag darin, daß man von der Eisenkohlenstoff-Vanadiumlegierung recht wenig befriedigt war, da sie nicht die erhofften Resultate ergab. Dies war aber auch nach Rey-Maréchal's Ansicht nicht gut möglich, und lag vielmehr nur daran, daß die zur Herstellung von solchen Legierungen verwendete Ferro-Vanadium nicht von absoluter Reinheit war, was aber unumgänglich erforderlich sein soll. Wenn aber

andererseits die Versuchs- und Prüfungsergebnisse, die Prof. Arnold von der Sheffielder Universität angestellt hat, um die Verbesserungen, die das Vanadium sowohl in der einfachen Eisenkohlenstofflegierung als auch ternären Legierung zu leisten vermag, kennen zu lernen, berücksichtigt, vermag man sich doch nicht recht der obigen Ansicht ohne weiteres anzuschließen. Denn zu

diesen Versuchen bleibt zu bemerken, daß das zur Herstellung der Vanadiumversuchsstähle verwendete Ferrovanadin auch nur von minderwertiger Eisenqualität war. Indessen zeigen trotzdem diese von Prof. Arnold angestellten Versuche, die in der folgenden Tabelle niedergelegt sind, doch wie auch so noch das Vanadium seinen veredelten Einfluß ausgeübt hat.

Behandlung	Zusammensetzung des Stahles					Ergebnisse der mechanischen Versuche			
	C	Si	Mn	S	P	Elastizitätsgrenze <i>kg pro cm²</i>	Zerreiße- festigkeit <i>kg pro cm²</i>	Dehnung %	Kontraktion %
I. Flußstahl von ausgewählter Qualität									
1. Unbehandelt	0.22	0.083	0.24	0.02	0.015	40.38	48.12	33.5	60.1
2. Bei 800° C ausgeglüht und an der Luft abgekühlt	0.22	0.083	0.24	0.02	0.015	36.34	44.45	37.5	64.5
II. Derselbe Stahl mit 0.27% V									
1. Unbehandelt	0.20	0.092	0.48	0.02	0.015	58.62	73.80	22	51.5
2. Bei 800° C ausgeglüht und an der Luft abgekühlt	0.20	0.092	0.48	0.02	0.015	44.27	56.90	29.5	59.5
III. Derselbe Stahl ohne V aber mit 3.35% Ni									
1. Unbehandelt	0.25	0.084	0.46	0.02	0.015	51.18	66.25	26.5	52.8
2. Bei 800° C ausgeglüht und an der Luft abgekühlt	0.25	0.084	0.46	0.02	0.015	49.68	64.52	28.5	56.9
IV. Derselbe Stahl mit 0.28% V und 3.38% Ni									
1. Unbehandelt	0.24	0.091	0.48	0.02	0.015	78.95	107.80	17	36.3
2. Bei 800° C ausgeglüht und an der Luft abgekühlt	0.24	0.091	0.48	0.02	0.015	72.72	85.40	22	51

Auch die zahlreichen, im Laufe der letzten Jahre unternommenen weiteren Studien und Versuche würden dann in ihren Resultaten an demselben Fehler leiden,

daß nämlich das benutzte Ferrovanadium minderwertiger Qualität war. Um so interessanter muß daher die folgende Tabelle sein:

Behandlung	Zusammensetzung des Stahles							Ergebnisse der mechanischen Versuche			
	C	P	Mn	Si	S	Al	V	Elastizitätsgrenze <i>kg mm²</i>	Zerreiße- festigkeit <i>kg mm²</i>	Dehnung %	Kontraktion %
Gewöhnlicher Stahl	0.34	0.013	1.30	0.120	0.024	—	—	26.69	48.67	32	47
Der gleiche Stahl mit 0.5% V	0.30	0.012	1.26	0.170	0.026	0.32	0.45	—	—	—	—
Unbehandelt, geschmiedet	0.30	0.012	1.26	0.170	0.026	0.32	0.45	51.86	106.83	3.5	1
In Kalk ausgeglüht	0.30	0.012	1.26	0.170	0.026	0.32	0.45	46.26	70.02	32.5	55
Ausgeglüht und an der Luft erkaltet	0.30	0.012	1.26	0.170	0.026	0.32	0.45	73.33	112.14	4	4
In Wasser abgeschreckt	0.30	0.012	1.26	0.170	0.026	0.32	0.45	84.10	113.06	1.5	0
In Wasser abgeschreckt und an- gelassen	0.30	0.012	1.26	0.170	0.026	0.32	0.45	80.60	92.51	26	54

Denn aus ihr geht hervor, daß man allein durch Zusatz von Vanadium zum Stahl sowie durch eine angemessene thermische Behandlung die verschiedensten, in der Industrie gebrauchten Stahlnuancen herstellen kann, so daß unter diesen Verhältnissen die Verwendung komplexer Legierungen unnütz erscheint.

Die Resultate dieser vorstehenden Tabelle wurden von dem Direktor der „Carnegie Factory in Homestead“ M. J. S. Unger in Pittsburg (U. S. A.) gewonnen und zusammengestellt.

Was dann den weiteren Verlust an Vanadium nach seiner Legierung mit Stahl anlangt, so äußert sich dazu M. Révillon, wie folgt: Bei einem Preise von *Frs.* 15 pro Kilogramm Ferrovanadium von 25% würde sich der Preis eines Kilogramms reinen Vanadiums auf *Frs.* 60 stellen. Da man aber des Verlustes wegen, um 0.2% V zu erhalten, 0.4 bis 0.5% V hinzufügen muß, so ergibt dies für einen Stahl, der schon zwischen *Frs.* 170 bis 160 pro 100 *kg* kostet, einen Preisaufschlag von *Frs.* 25 bis 30 pro 100 *kg*.

(Fortsetzung folgt.)

Das Vanadium und seine Bedeutung für die Eisen- und Stahlindustrie.

Mitgeteilt von Ingenieur A. Hänig in Dessau.

(Fortsetzung von S. 234.)

Mit dieser Argumentation hat Révillon sehr recht, denn er bezog sie auf Stähle, denen man minderwertiges Ferrovanadium zugesetzt hatte und das außerdem auch noch einen hohen Prozentsatz von Unreinigkeit enthielt.

Betrachten wir aber die zweite Analyse, die aus den Versuchen von M. J. S. Unger her stammt, so können wir daraus ersehen, daß von 0·5% V, das dem Stahl einverleibt wurde, zirka 0·45% V tatsächlich von diesem aufgenommen worden sind. Dies allerdings vielleicht nur aus dem Grunde, weil das benutzte Ferrovanadium tadellos rein war.

Rey Maréchal fügt hier in sein Exposé dann ein paar Zitate anderer berühmter Forscher ein, und zwar aus dem Werk von M. F. W. Harbord, wo es auf S. 636 folgendermaßen heißt: Die Untersuchungen, die in den zwei letzten Jahren angestellt worden sind, nämlich ob das Vanadium nicht zu einem annehmbaren Preise zu erhalten sei, haben bewiesen, daß es wahrscheinlich das mächtigste Element für Legierungen mit Stahl ist, das bisher entdeckt wurde.

0·1 oder 0·2% V läßt die Elastizitätsgrenze sowie die Dehnung von weichem oder minderwertigem kohlenstoffhaltigem Stahl um 50% und in einigen Fällen auch noch höher steigen. Ferner heißt es bei demselben Verfasser auf S. 639:

„Ferrovanadium sollte nur so rein als möglich gebraucht werden; die landesübliche Legierung enthält sehr oft erhebliche Quantitäten von Kohle, Aluminium, Silicium, Kupfer usw., oder gar von Elementen, die, als sie rein zufällig in dem betreffenden Stahl vorkommen sollten, leicht den Einfluß des V auf Stahl teilweise illusorisch oder wirkungslos machen können.“

Zu diesen Sätzen Rey Maréchals bemerkt dann der französische Metallurg Léon Guillet folgendes:

1. Wir glauben kaum, daß eine im Eisenhüttenbetrieb verwendete Ferrovanadiumlegierung reiner sein muß, als die übrigen Eisenmetallelegierungen. Dagegen sind wir der Ansicht — und die von uns angestellten Versuche beweisen dies — daß die Vanadiumstähle außerordentlich empfindlich gegenüber thermischer wie mechanischer Behandlung sind.

Dafür ist auch der von Rey Maréchal selbst zitierte Stahl Beweis genug, der, unbehandelt, eine Zerreißbarkeit von 106·5 und Dehnung von 3·5% und nach dem Ausglühen in Kalk (leider wird die Temperatur nicht angegeben) eine Festigkeit von 70 und eine Dehnung von 32·5% ergab.

Man muß also die Gründe für etwaige Unzulänglichkeiten zunächst nur in der thermischen Behandlung suchen.

Allerdings darf man, um Verluste zu vermeiden, kein hochkohlenstoffhaltiges Ferrovanadium benutzen, denn

dieses enthält ein Vanadium-Carbid, das sich nicht im Bade löst. Diese Bedingung wird aber wohl heute von den meisten im Handel vorkommenden Ferrovanadiumlegierungen erfüllt.

Was überhaupt den Verlust an V anlangt, so hängt derselbe besonders von dem Moment, zu dem das Ferrovanadium in das Bad eingeführt wird, und andererseits auch von dem Oxydationsgrad des Bades ab, in dem das V eine reduzierende Rolle spielen kann.

2. Nach den zahlreichen Versuchen, die über die Frage veröffentlicht sind, ob es möglich sei, vorzügliche Stähle durch einfache Zugabe von Vanadium zu erhalten, wird niemand das Interesse leugnen, das gerade die Stähle, die nur Vanadium enthalten, einflößen.

Dieser Körper spielt nämlich eine doppelte und in jeder Beziehung wertvolle Rolle. Denn einmal wirkt er als vorzügliches antikristallisierendes Agens und andererseits vermehrt er auch beträchtlich die abschreckende Kraft der Eisenkohlenstofflegierung.

Endlich bleibt aber dabei auch noch zu erwähnen, daß das Vanadium die Schneidekraft der Werkzeuge erhöht, wodurch man auch ganz hervorragende Resultate für chirurgische Instrumente erhalten hat.

Indessen macht doch auch andererseits die große Empfindlichkeit der Vanadiumstähle gegenüber der thermischen Behandlung ihre Verwendung ziemlich kompliziert.

Das letztere ist aber nicht mehr der Fall, wenn man zu den ternären und quarternären Stählen übergeht, besonders zu den Nickelvanadium-, Chromvanadium- und Nickelchromvanadium-Stählen.

Endlich darf man aber auch nicht vergessen, daß der Zerreißversuch die Eigenschaften einer Legierung und infolgedessen auch ihre industriellen Verwendungen nicht genügend charakterisiert.

Von verschiedenen Seiten hat man daher auch die große Widerstandsfähigkeit gewisser Vanadiumstähle gegenüber alternierenden Beanspruchungen in Betracht gezogen. Allein es will doch den Anschein haben, als ob die Hüttenleute sich lieber nicht so viel um die Reinheit des Ferrovanadiums kümmern sollten, als vielmehr um die thermische Behandlung der erhaltenen Stähle und darum, daß die Verwendung der reinen Vanadiumstähle, so interessant sie in gewissen Fällen sein kann, doch in der Praxis beschränkter ist, als die der komplexen Vanadiumstähle. Man darf dabei ferner nicht vergessen — und dies ist der springende Punkt — daß das Vanadium nur in homöopathischen Dosen benützt wird.

Zu gleichem Schlusse, nämlich, daß der Schwerpunkt für die Verwendung des Vanadiums in der Herstellung von Quarternärstählen liege, kommt dann auch

J. Kent Smith in seinen Untersuchungen über den Einfluß des Vanadiums auf die Eigenschaften des Stahles.⁶⁾

Derselbe stellte auch fest, daß durch Anwesenheit des Vanadiums im kohlenstoffhaltigen Stahl die Ausscheidung von Carbiden verzögert wird. Ausführlich widmet er sich dann der Frage, durch welche mechanische Probe man bei Vanadiumstählen am besten die Güte des Materials bestimmen könnte.

Er verwirft dabei die Zerreißfestigkeit und Gesamtdehnung als Charakteristik für die Güte eines Konstruktionsstahls, denn ein derartiges Material würde überhaupt nicht über seine Elastizitätsgrenze hinaus beansprucht.

Er befürwortet dagegen die sogenannte Lanklysche Biegeprobe, bei der der Probestab abwechselnd nach verschiedenen Richtungen hin um 45° aus der vertikalen Richtung gebogen wird, wobei die Anzahl der Biegungen sowie die für jede Biegung erforderliche Kraft besonders berücksichtigt wird.

VI. Handelsübliche Einteilung der Vanadiumstähle.

In der Entwicklung der Verwendung des Vanadiums in Stahl und Eisen sind bisher die Vereinigten Staaten an der Spitze marschiert und so kann es nicht weiter wundernehmen, daß auch die erste handelsübliche Einteilung der Vanadiumstähle von dort ausgegangen ist.⁷⁾

So stellt die größte derartige amerikanische Gesellschaft, die American Vanadium-Company, fünf verschiedene Vanadiumstahlarten dar, wie aus der nachstehenden Tabelle hervorgeht:

	Nr. I %	Nr. II %	Nr. III %	Nr. IV %	Nr. V %
Kohlenstoff	0.25/0.30	0.20	0.20	0.45/55	0.12/0.15
Vanadium	0.16/0.18	0.12	0.16	0.18	0.12
Mangan	0.40/0.50	0.30/0.40	0.40	0.80/1.00	0.20
Chrom	1	0.50	0.80	1.25	0.30

Was den Gehalt dieser fünf Sorten Vanadiumstähle an P und S aber anlangt, so bleibt dazu zu bemerken, daß sämtliche Sorten möglichst frei von diesen beiden schädlichen Bestandteilen sind. So beträgt der Gehalt an S im Durchschnitt nur zirka 0.035%. Auch der Phosphorgehalt schwankt nur zwischen 0.02 bis 0.03%. Hierbei sind bei einem Phosphorgehalt von 0.02% nur 0.10 bis 0.15% Si vorhanden, während bei 0.03% P der Si-Gehalt in den drei ersten Sorten nicht über 0.05 bis 0.86 hinauskommt und nur in der vierten Sorte den Wert von 0.10% erreicht.

Mit der Qualität I wurden verschiedene Versuche speziell in Wärmebehandlung angestellt. Die Stähle wurden nämlich:

1. ausgeglüht bei 800°C ein bis zwei Stunden lang und dann an der Luft bzw. in Asche abgekühlt.

⁶⁾ Journal of the Society of chemical Industry 1906. Bd. 25. S. 295. Metallurgie 1906, Heft 21. Referat.

⁷⁾ „The Engineer“ 29. XI. 1907. S. 36. „Stahl & Eisen“ 27. Jahrgang Nr. 52 1891. „Metallurgie“ Heft 5 1907 S. 167.

2. bei 800°C in Öl abgeschreckt, alsdann 1½ bis 2 Stunden ausgeglüht und

3. bei 950°C in Öl abgeschreckt, dann 15 bis 30 Minuten in einem Bleibade bei 360°C angelassen und schließlich an der Luft abgekühlt.

Als Öl wurde im Fall 2 Fischöl, bzw. Schweineschmalz, im Fall 3 nur aus Schweineschmalz herausgepreßtes Öl (sogenanntes lard oil) benutzt. Je nach der Art der Behandlung eignet sich dann diese Stahlart für ganz verschiedene technische Verwendungsarten.

Behandelt nach 1 ist sie z. B. für leichtere Achsen, Zugstangen, Treibachsen und Kolbenstangen das geeignete Material. Wird der Stahl aber nach der Methode 2 angelassen, so erhält man aus ihm ein vorzügliches Konstruktionsmaterial für Transmissionsteile, Zahnräder, Kurbelwellen und Kurbelzapfen.

Die Qualitäten „Vanadiumstähle Nr. II und III“ wurden speziell für Achsen, Schubstangen und solche Teile, die auf Torsion beansprucht werden, empfohlen. Sie erfordern beide keine vorherige besondere Wärmebehandlung.

Dagegen wird eine Wärmebehandlung wieder für „Qualität IV“ erforderlich, und zwar unterscheidet die Gesellschaft dabei 2 Arten von Behandlungsweisen. Bei der ersteren, durch die dieser Stahl für Eisenbahnräder, Kurbelzapfen und Geschützrohre geeignet gemacht werden soll, wird der Stahl zunächst auf 800°C erhitzt, und zwar 1 volle Stunde lang, alsdann langsam bis auf 600°C abgekühlt, wobei genau beobachtet werden muß, daß das Material nicht zu rasch abkühlt, wodurch es dann zu hart werden würde.

Um diesen Stahl aber dann für die Verwendung zu Federn für Lokomotiven, Automobile und Wagen geeignet zu machen, wird er nach einer anderen Behandlungsweise vorbereitet, d. h. man härtet ihn in Öl von 900°C und löscht ihn im Bleibad ab bei 450°C, um ihn schließlich dann an der Luft abzukühlen.

Für Maschinenteile endlich eignet sich dann, besonders nach erfolgtem Einsatzhärten, die Qualität Nr. V.

Die folgende kleine Tabelle gibt einen Überblick über einige Versuchsergebnisse, die mit gewöhnlichem Kohlenstoffstahl, Ni-Stahl und V-Stahl, wie sie speziell für Automobilzwecke Verwendung finden, erzielt wurden, und gestattet gleichzeitig auch einen Vergleich mit den analogen Resultaten, die mit dem oben erwähnten Vanadiumstahl I nach erfolgter thermischer Behandlung erhalten wurde.

	Achsenstahl	Nickelachsenstahl	Vanadiumstahl Nr. I nach der Behandlung		
			1	2	3
Flußgrenze kg/mm ²	29.1	34.5	44.5	77.1	156.4
Maximal-Festigkeit kg/mm ²	46.1	61.2	63.1	89.5	162.9
Kontraktion in %	61	58	61	58	39
Dehnung a. 50.8mm in %	42	34	33	20	11

Zu bemerken bleibt ferner, daß sich derartige vanadiumhaltige Stähle gut schweißen und vor allem auch gut ausschmieden lassen, ohne Risse zu erhalten. Auch wurden in den Vereinigten Staaten bereits aus solchem Vanadiumstahl Gußrahmen für Lokomotiven in Gewichten von 2000 bis 2500 kg hergestellt, wobei sich der Stahl gut vergießen ließ.

VII. Vanadium im Gußeisen.

Über die Verwendbarkeit des V für Gußeisen hat neuerdings der Generalsekretär der American Foundrymen's Association, Dr. Richard Moldenke, Waterbury N. J. ausgedehnte hochinteressante Versuche angestellt, die in den Transaktionen American Foundrymen's Association unter dem Titel „Vanadium in Cast Iron“ 1908 erschienen sind.

Moldenke ging bei seinen Versuchen von den Erfahrungen aus, die man bisher über die Wirkungen des Vanadiums gesammelt hatte. Diese waren bekanntlich folgende:

Die Elastizitätsgrenze wird durch den Zusatz von Vanadium erhöht, ohne daß dies einen schädlichen Einfluß auf die Biegsamkeit und Dehnbarkeit ausübt, d. h. ein äußerst fester harter Stahl behält noch immer eine gewisse Weichheit. Mit diesen sehr schätzenswerten Eigenschaften ist dann aber noch eine andere bemerkenswerte verbunden, die darin besteht, daß solcher Stahl eine außerordentliche Widerstandskraft gegen starke und fortgesetzte Erschütterungen und Stöße besitzt, also nicht ermüdet und daher ein geradezu ideales Material für Eisenbahnen und rollendes Material darstellt.

Es war daher ganz natürlich, daß auch die Gießerei auf dieses neue Material aufmerksam wurde. Um nun aber über die Einwirkung von Vanadium auf Gußeisen nähere Aufschlüsse zu erhalten, stellte Moldenke eine Reihe von Versuchen an und benützte dazu Bruchstücken von Eisenbahnradern aus weißem Eisen und gutes Maschinenroheisen von Graueisenqualität, sowie ein hochkohlenstoffhaltiges Ferrovanadium, weil dieses bei niedrigerer Temperatur schmilzt und für den Gießereifachmann sich billiger stellt. Diese Legierung wurde in verschiedenen Verhältnissen in der mit dem geschmolzenen Metall gefüllten Gießpfanne beigegeben, und zwar zuerst in Form von Stücken, und als dies bei den geringen Quantitäten Eisen, die bei den Versuchen in Frage kamen, keine charakteristischen Resultate zu geben schien, wurde die Legierung in Pulverform zugeschüttet.

Da Vanadium außer als Härte und Festigkeit erhöhendes Element auch noch als Desoxydationsmittel wirkt, so könnte eventuell die Zunahme an Festigkeit der dadurch bewirkten Reinheit des Eisens allein zugeschrieben werden. Um dies festzustellen, wurde noch eine weitere Versuchsreihe angeschlossen, bei der in die Gießpfanne zuerst ein Ferromangan mit 80%, und zwar in solchen Mengen, daß sie genügten, dem Metall einen Mangangehalt von 0.5% zuzuführen, zugegeben wurde und dann erst das Ferrovanadium.

Um aber auch einige Aufklärungen über die desoxydierende Wirkung des Vanadiums zu erhalten, wurden ebenfalls Versuche mit verbranntem Metall angestellt, deren Resultate in der folgenden Tafel angegeben sind.

Die Probestäbe für diese Versuchsreihen waren von regulärer Form, wie sie von der American Society for destiny Materials vorgeschrieben sind; sie hatten nämlich $1\frac{1}{4}$ engl. (31 mm) Durchmesser und waren in trockene Formen gegossen.

Der zur Schmelzung benutzte Kupolofen war nur klein, speziell für diese Probezwecke hergestellt und besaß 22" engl. (550 mm) lichte Breite. Seine Formen befanden sich ganz nahe am Boden (nur 3" engl. darüber), da immer nur wenig Eisen gebraucht wurde.

Die Versuchsstäbe wurden nach dem Erkalten nur abgebürstet und dann quer auf einer 5000 \mathcal{E} (2250 kg) Riehle-Maschine durchgebrochen. Die Analysen wurden zumeist von Stäben gemacht, bei deren Herstellung die gepulverte Legierung benutzt wurde. Diese Stäbe ergaben zufriedenstellendere Resultate.

Die benutzte V-Legierung bestand aus:

$$V = 14.67$$

$$C = 6.36$$

$$Si = 0.18$$

Der verhältnismäßig sehr geringe Gehalt dieser Legierung von V macht sie speziell für Gießereizwecke sehr brauchbar; andererseits ist auch der Siliciumgehalt der Legierung zu gering, als daß er die Analysenzahlen beeinflussen könnte.

Die nachstehende Tabelle ergibt dann einen Überblick über diese interessanten Versuche. Diese waren eigentlich mit der Absicht angestellt worden, annähernd 0.05, 0.01 und 0.15 V in den Metallpfannen zu erhalten, wie aber aus den Analysen ersichtlich, blieb nach dem Guß mehr als zwei- bis dreimal soviel in den Stäben zurück, woran jedenfalls der Umstand Schuld tragen mag, daß ein genaues Abwägen der Legierung bei der Kürze der verfügbaren Zeit kaum möglich war, sollte andererseits das Metall nicht inzwischen abkühlen.

Dazu kommt, daß bei diesen kleinen Quantitäten, wie sie bei diesen Versuchen doch nur in Frage kommen konnten, auch die Möglichkeit einer unregelmäßigen Verteilung sehr groß war.

Eine Gießerei mit 5 oder 10 tons-Pfannen würde natürlich dafür eine bessere Gelegenheit geboten haben. Auch bleibt ferner zu berücksichtigen, daß man nicht wissen kann, wie viel oder wie wenig Vanadium oxydiert ist. Die besten Resultate mit beiden Zusätzen, Mn und V, lassen sehr wenig von diesem letzteren zurückbleiben.

Doch erscheinen trotz alledem diese hier erhaltenen Resultate ernsthaft genug, um die Aufmerksamkeit der Gießereifachleute auf sich zu lenken. Denn diese ziffermäßigen Tatsachen sprechen für sich selbst und die Durchschnittswerte jeder einzelnen Serie ergeben eine bemerkenswerte Wertsteigerung. Und schließlich bieten ja wohl auch Daten, wie die, daß die Bruchlast eines

Behandlungsnummer	Material	Behandlung	Nummer der Proben	Analysen					Bruchfestigkeit in kg	Dehnung in mm
				Si	S	P	Mn	V		
1	Verbranntes graues Eisen; verbrannte Roststäbe usw.	Ohne V-Zusatz	1—5	2.13	0.094	0.638	0.35	—	585	2.25
2	dtto.	Mit 0.05% V-Zusatz (Stücke)	6—8	2.03	0.095	—	0.37	—	890	2.50
3	Verbranntes weißes Eisen	Ohne V-Zusatz	9—11	0.41	0.146	0.423	0.43	—	650	1.25
4	dtto.	0.50% Mn und 0.05% V-Zusatz (Stücke)	12—23	—	—	—	0.65	—	860	1.38
5	Genauer Maschinenguß, geschmolzenes Roheisen, ohne Bruch Eisen	Ohne V-Zusatz	24—28	2.72	0.065	0.668	0.54	—	890	2.63
6	dtto.	0.05% V-Zusatz (Stücke)	29—33	—	—	—	—	—	930	2.63
7	dtto.	0.10% V-Zusatz (Stücke)	34—52	—	—	—	—	—	940	2.88
8	dtto.	0.15% V-Zusatz (Stücke)	53—56	—	—	—	—	—	1230	3.25
9	dtto.	0.50% Mn, ohne V-Zusatz	57—59	—	—	—	—	—	885	2.50
10	dtto.	0.05% V-Zusatz (gemahlen)	60—64	—	—	—	0.54	0.33	890	2.50
11	dtto.	0.50% Mn und 0.05% V-Zusatz (gemahlen)	65—68	—	—	—	0.66	0.25	960	2.50
12	dtto.	0.10% V-Zusatz (gemahlen)	69—73	—	—	—	0.59	0.36	1070	2.25
13	dtto.	0.50% Mn und 0.10% V-Zusatz (gemahlen)	74—76	—	—	—	0.59	0.28	1040	3.00
14	dtto.	0.15% V-Zusatz (gemahlen)	77—81	—	—	—	0.56	0.27	1060	2.50
15	Wieder eingeschmolzene Wagenräder, weiß, ohne Roheisen	Ohne V-Zusatz	82—86	0.60	0.112	0.399	0.38	—	668	1.28
16	dtto.	0.05% V-Zusatz (Stücke)	87—91	—	—	—	—	—	980	1.25
17	dtto.	0.10% V-Zusatz (Stücke)	92—98	—	—	—	—	—	920	1.25
18	dtto.	0.15% V-Zusatz (Stücke)	99—106	—	—	—	—	—	1020	1.50
19	dtto.	0.50% Mn und kein V-Zusatz	107—110	—	—	—	—	—	1250	1.75
20	dtto.	0.05% V-Zusatz (gemahlen)	111—116	0.45	0.096	0.423	0.40	0.36	1360	1.50
21	dtto.	0.50% Mn und 0.05% V-Zusatz (gemahlen)	117—122	0.66	0.110	0.591	0.15	0.25	1330	2.25
22	dtto.	0.10% V-Zusatz (gemahlen)	123—125	0.45	0.111	0.414	0.50	0.31	1260	1.38
23	dtto.	0.50% Mn und 0.10% V-Zusatz (gemahlen)	126—129	0.53	0.084	0.430	0.74	0.27	1360	2.25
24	dtto.	0.15% V-Zusatz (gemahlen)	130—135	0.42	0.112	0.417	0.40	0.45	1330	1.75
25	dtto.	0.50% Mn und 0.15% V-Zusatz (gemahlen)	136—141	0.50	0.081	0.374	0.54	0.22	1760	2.38

Versuchsstabes durch Vanadiumzusatz von 2000 bis 2500 engl. Pfd. = 900 bis 1125 kg für graues und von 1500 bis 3000 engl. Pfd. = 675 bis 1755 kg für

weißes Roheisen steigt, Veranlassung genug, in Zukunft auch dem Einfluß des Vanadiums auf Gußeisen mehr Beachtung zu schenken. (Schluß folgt.)

Marktbericht.

Der österreichische Eisenmarkt im April 1914.

Ein allgemeines Unbehagen hält die Interessenten des Weltmarktes in einer nervösen Spannung und Aufregung. Natürlich steht es in Österreich-Ungarn nicht besser als anderswo. Um ein klares Bild über den gegenwärtigen Stand der Dinge zu erhalten, muß man den Statistiker sprechen lassen; er wird, unterstützt durch Ziffern, den Nachweis erbringen, daß es hinsichtlich des Eisenabsatzes schlechter geworden und daß also die vergleichenden Beweise da sind, welche die Stichtätigkeit der Klagen über unsere Konjunktur bekräftigen. Vorerst fühle ich mich, gleichsam als beteiligter Beobachter verpflichtet, zu wiederholen, was und wie man klagt, und wie gerade jetzt der richtige Zeitpunkt da ist, diese ungünstige Periode im Geschäfte zu begreifen. Der Statistiker erklärt, es geht uns ebenso, wie es uns im Vorjahre ergangen, man dürfte aber die Vorjahrsziffern erreichen. In Zahlen wird sich also das Bild folgendermaßen präzisieren. Im April 1913 wurden in Stab- und Fassoneisen rund 364.000 q, in Trägern 134.000 q, in Grobblechen 40.000 q und in Schienen 83.000 q abgesetzt. Vergleicht man diese Ziffern mit jenen im April 1912, so ergibt sich ein Ausfall, der mit überzeugender Bestimmtheit den trostlosen gegenwärtigen Stand der Branche kennzeichnet. In Stab- und Fassoneisen ist man um 52.000 q, in Träger um 44.000 q und in Grobblechen um 19.000 q zurückgegangen, nur Schienen machten

eine kleine Aufwärtsbewegung um 15.000 q. Man könnte also beispielsweise erklären, daß sich in der ersten Woche des Monats April eine relative Besserung im Eisenabsatz eingestellt, wie besonders bemerkt wurde, im Verhältnisse zum Jahre 1913. An sich ist der Geschäftsgang nach wie vor höchst unbefriedigend; die Eisenhändler haben noch Ware genug und es findet sich kaum einer, der sich auf einen eventuellen späteren Bedarf einrichten möchte. Die Händler wissen es ganz genau, daß man bei der gegenwärtigen schwachen Beschäftigung der Werke jede größere Bestellung innerhalb der kürzesten Zeit geliefert erhalten kann. Und aus dieser Ursache denkt man nur an das Notwendigste. Man war im Vormonate schon bester Hoffnung, daß eine bemerkenswerte Belebung in der Bautätigkeit eintreten und sich damit auch das Bauträgergeschäft heben werde. Bis jetzt ist aber dieser Voraussetzung die Tat noch nicht gefolgt. Nur einige wenige sind als Produzenten einigermaßen bevorzugt, u. z. einige Werke im Süden der Monarchie, da auch der Eisenabsatz in Tirol besser geworden ist, als er im Vorjahre gewesen. Daß der Beschäftigungsgrad der Fabriken sehr gering ist, das ergibt sich statistisch schon aus den eingeschränkten Roheisenbezügen der Maschinenfabriken. Für den Bau von Handelsschiffen sind kürzlich Bestellungen erfolgt, jedoch zu Preisen, welche keineswegs zufriedenstellend genannt werden dürfen. In den beiden letzten Aprilwochen hat das

kohlengebiet in Verbindung zu bringen. Der erste Schritt in der Entwicklungsgeschichte der südrussischen Eisenindustrie war hiemit also geschehen. Die Katharinenbahn gehört heute zu den bestrentierenden Bahulinien Rußlands, die mehr als 10 Millionen Tonnen jährlichen Gütertransport zu bewältigen hat.

Die einzigen Hochofenwerke, welche im Anfang der Achtzigerjahre sich in Südrußland befanden, waren das Werk der Neurussischen Gesellschaft von Hughes, mit zwei Hochöfen und unter Zuhilfenahme nicht unbeträchtlicher Unterstützungen seitens der russischen Regierung arbeitend; ferner das Hüttenwerk von Pastuchow in Sulin im Lande der Donischen Kasaken, welches

einen Hochofen mittels Anthrazits betrieb. Von diesen beiden war das englische Hugheswerk das erste, welches im Kriwoi Roggebiete einige Erzkonzessionen kaufte, andere dazu pachtete und das Erz zu verhütten begann. In den Jahren 1886 und 1887 gründeten sich in Südrußland zwei neue Gesellschaften ebenfalls auf Grund erworbener Konzessionen von Kriwoi Rog-Erzfeldern, nämlich die Gesellschaft Briansk zu Ekathérinoslaw und die Dniéprovienne Société zu Kamenskoje am Ufer des Dniepr. Seit dieser Zeit sind fast jedes Jahr in Südrußland neue Hüttenwerke entstanden, deren gesamte Roheisenproduktion heute um 2 Millionen Tonnen jährlich beträgt.

(Fortsetzung folgt.)

Das Vanadium und seine Bedeutung für die Eisen- und Stahlindustrie.

Mitgeteilt von Ingenieur A. Hänig in Dessau.

(Schluß von S. 246.)

VIII. Die metallographische Untersuchung des Vanadiumstahles.

Zum Schluß der Darstellung dessen, was uns heute über das Vanadium und seinen Einfluß auf Stahl und Eisen bekannt geworden ist, sei dann auch der metallographischen Forschungen gedacht. L. Guillet, der speziell auch diese Stähle erforscht hat, unterscheidet nach der Struktur:

Klasse	Gefüge	Stähle mit 0·200% C	Stähle mit 0·300% C
1	Reinperlitische Stähle . .	0 bis 0·7% V	0 bis 0·5% V
2	Stähle mit Perlit und einer Spezialkonstituente	0·7 bis 3% V	0·5 bis 7% V
3	Stähle mit der Spezialkonstituente	V > 3%	V > 7%

Guillet betont dabei, daß die Vanadiumstähle durchaus heterogen sind, was natürlich für die Industrie und Technik von hoher Wichtigkeit ist. Speziell für die Automobilindustrie ist aber selbstverständlich ein derartig heterogenes Konstruktionsmaterial von höchster Bedeutung.

Im allgemeinen wachsen ferner mit zunehmendem Vanadiumgehalt die Elastizitätsgrenzen und Bruchfestigkeiten, während Dehnung und Striktion nur verhältnismäßig langsam dabei abnehmen.

Auch die neuesten Untersuchungen Guillets über die Quarternärstähle enthalten interessante Mitteilungen über die Nickel-Vanadiumstähle.⁶⁾ Denn auch bei diesen komplexen Stählen tritt die besondere Eigenschaft des Vanadiums hervor, daß es bereits in kleinen Mengen die Zugfestigkeit der abgeschreckten perlitischen Stähle außerordentlich erhöht, wobei die andere angenehme Eigenschaft des Vanadiums gleichfalls hervortritt, nämlich gleichzeitig die Dehnung nicht zu ändern, so daß derartige Stähle trotz ihrer erhöhten Festigkeit nicht brüchig werden.

⁶⁾ Stahl und Eisen. 27. Jahrgang, Nr. 30, S. 1111.

Über „den Einfluß des Vanadiums auf Eisen und Stahl“ hat dann auch Dipl.-Ing. Paul Pütz, Solingen,⁹⁾ ausführlich berichtet. Vor allem interessieren in der Arbeit die durch eigene Versuche gewonnenen Resultate. P. Pütz hatte nämlich Gelegenheit, im Gas-Regenerativtiegelofen des Siegen-Solinger Gußstahl-Aktienvereins fünfzig verschiedene Stahlsorten mit steigendem Vanadium- und steigendem Kohlenstoffgehalt darzustellen.

Hiebei wurde der Kohlenstoffgehalt der einzelnen Serien zu 0·1, 0·6, 0·75, 1·1, 1·5, 1·8 und 2% gewählt.

Der Vanadiumgehalt der Stähle steigt bis zu 1·64%. Es seien hier nur einige Prüfungsergebnisse aus den zahlreichen Versuchen dieser hochinteressanten Arbeit angeführt.

Bedeutend stärker erwies sich der Einfluß des Vanadiums auf Nickel- und Wolframstähle als auf Kohlenstoffstähle. Tabelle I stellt die Resultate von Zerreißversuchen mit Kohlenstoffstählen, die sehr hoch gekohlt und ausgeglüht waren, dar, während die Tabelle II die entsprechenden Resultate von Nickel- und Wolframstählen mit und ohne Vanadiumzusatz wiedergibt, die in vier Stunden von zirka 900° C bis auf kaum sichtbare Rotglut erkaltet waren. Diese letzteren nahmen, wie aus der Tabelle hervorgeht, erheblich an Festigkeit zu, ohne daß sich dementsprechend die Dehnung verringert hätte.

Speziell war der Wolframstahl mit Vanadiumzusatz noch nach dem Ausglühen so hart, daß selbst die besten naturharten Stähle nur ganz geringe Späne von ihm abdrehen konnten.

Des ferneren wurde festgestellt, daß die Festigkeit von Eisen und Stahl mit einem Vanadiumzusatz von 0·5 bis 0·8% ohne Rücksicht auf den Kohlenstoffgehalt in gut ausgeglühtem Zustande sich um 5 bis 8 kg pro Quadratmillimeter erhöhte, während gleichzeitig auch Dehnung und Kontraktion zunahmen.

⁹⁾ Metallurgie, 1906. Heft 18, 21.

Tabelle I.

Zerreißversuche mit hochgekohten Kohlenstoffstählen mit und ohne Vanadiumzusatz.

Probe	Festigkeit kg/mm ²	Elastizitäts- grenze pro mm ² in kg	Dehnung in %	Kontraktion in %	Scheinbare Festigkeit kg/mm ²	V in %	C in %
29	67.0	32.8	8.0	7.8	—	0.00	1.65
30	71.8	35.0	6.0	6.7	—	0.39	1.57
31	71.5	35.2	6.9	9.4	—	0.64	1.53
32	73.0	35.4	5.3	8.8	—	0.97	1.55
33	62.4	32.9	4.3	2.6	—	0.00	1.85
34	64.8	32.9	7.8	8.9	—	0.40	1.83
35	66.8	39.0	4.8	7.8	—	0.62	1.87
36	70.5	40.5	4.0	5.0	—	0.74	1.86
39	68.7	44.0	6.0	6.5	—	0.55	1.93
40	69.5	42.0	6.0	8.5	—	0.37	1.94

Tabelle II.

Zerreißversuche mit Nickel- und Wolframsthlen mit und ohne Vanadiumzusatz.

Probe	Festigkeit kg/mm ²	Elastizitäts- grenze pro mm ² in kg	Dehnung in %	Kontraktion in %	Scheinbare Festigkeit kg/mm ²	V in %	C in %	Ni in %	Mn in %
41	65.2	43.8	18.66	51.0	103	0.00	0.335	6.93	—
42	80.5	59.3	15.45	45.0	108	0.64	0.41	6.88	—
43	71.0	41.0	8.60	15.1	—	0.00	1.43	—	4.12
44	101.2	55.1	4.50	7.1	—	0.74	1.41	—	4.03

Es wurden dann noch weitere Versuche mit solchen Proben angestellt, um zu sehen, wie sich dieselben bei thermischen Behandlungen verhielten.

Man erhitzte daher solche Proben bis auf 1000° C, was ungefähr 30 Minuten unter Luftabschluß im Tiegel geschah, und kühlte sie an der Luft ab, wonach die an

der Luft während des Abkühlens gebildete Oxydschicht leicht entfernt wurde. Bei der geringen Dauer der Erhitzung dürfte auch die durch Oxydation verursachte Entkhlung unbedenklich und für Zwecke der Praxis ohne Folgen sein. Die Tabelle III gibt über die Resultate Auskunft.

Tabelle III.

Probe	Festigkeit kg/mm ²	Elastizitätsgrenze pro mm ² in kg	Dehnung in %	Kontraktion in %	Scheinbare Festigkeit kg/mm ²
11	85.2	59.4	10.0	34.7	114
18	96.7	62.1	6.6	22.3	125
25	110.0	62.9	5.0	11.2	124
45	94.4	48.7	3.8	2.5	—
46	103.9	67.9	4.8	2.6	—
47	105.2	67.9	4.7	5.4	—
48	108.2	70.3	4.8	5.3	—
Nickelstahl					
41	70.3	50.3	19.5	32.0	95
42	106.4	59.7	9.5	16.5	128
Wolframstahl					
43	96.8	72.5	5.3	5.7	—
44	144.3	108.0	1.9	2.0	—

Aus obiger Tabelle wird aber auch gleichzeitig ersichtlich, daß sich der Einfluß des Vanadiums bei Stählen, die von hoher Temperatur aus an der Luft erkaltet sind, mehr bemerkbar macht. Denn derartige Stähle sind bereits bei 0.5% V um zirka 15 kg fester als die reinen Kohlenstoffstähle, wobei Dehnung und Kontraktion wachsen. Noch höher geht die Festigkeit in solchen Fällen bei den Nickelvanadium- und Wolframvanadiumsthlen, wo sie um zirka 36 bis 38 kg pro mm²

höher wird als bei derartigen Stählen ohne Vanadiumzusatz, wenn auch die Dehnung dabei etwas fällt.

Um weiterhin endlich darzulegen, ob Vanadiumstahl bei 850° C als Anfangstemperatur ausgeglüht werden könnte, wurden vier Proben 30 Minuten lang auf 1050° C erhitzt und dann an der Luft erkalten lassen, um sie spröde zu machen. Diese Stähle wurden dann auf 850° C in einer Muffel wieder erhitzt, worauf man

sie in derselben Muffel bis auf 530° C erkalten ließ, was zirka 2¹/₂ Stunden dauerte. Dann begannen die Zerreißproben, deren Resultate, wie Tabelle IV erkennen läßt, ohne weiteres bekunden, daß ein Ausglühen des

Vanadiumstahles bei 850° C nicht nur möglich, sondern auch vorteilhaft ist, falls eben nur die Abkühlung von 850 auf 550° C vor sich geht (3 bis 3¹/₂ Stunden), um eine Abnahme der Dehnung zu vermeiden.

Tabelle IV.

Probe	Festigkeit kg/mm ²	Elastizitätsgrenze pro mm ² in kg	Dehnung in %	Kontraktion in %	Scheinbare Festigkeit kg/mm ²
45	65·4	37·5	9·3	13·0	83·4
46	67·7	35·5	11·4	22·1	94·0
47	67·2	34·8	12·2	33·6	—
48	68·4	35·8	8·1	21·6	—

P. Pütz kommt dann aus den verschiedenen Zerreißproben zu folgenden Resultaten:

1. Für Erhalt von vergleichbaren Resultaten muß man Vanadiumstähle ausglühen.

2. Bei Vanadiumstählen bis zu 0·2% C ist dazu eine Anfangstemperatur von 1000° C und eine Glühdauer von zirka 4 Stunden erforderlich, um bis auf 550° C zu erkalten.

3. Bei Vanadiumstählen über 0·0% V und bis 1·0% C dagegen eine Anfangstemperatur von 850° C und eine Glühdauer von 3¹/₂ bis 4 Stunden, um bis auf 550° C zu erkalten.

4. Nach dem Schmieden nicht ausgeglühte Vanadiumstähle besitzen hohe Festigkeit und geringe Dehnung. Sie sind spröde.

5. Durch zu langes Ausglühen verglühete Vanadiumstähle lassen sich durch Erwärmen auf 1000° C 30 Minuten lang und Abkühlen bis auf 550° C zirka 3 bis 4 Stunden fast völlig wieder erholen.

6. Vanadiumzusatz von 0·7% erhöht die Zugfestigkeit von Kohlenstoffstählen ohne Rücksicht auf deren Kohlenstoffgehalt um 5 bis 8 kg. Die Dehnung erhöht sich dabei gleichfalls um 2 bis 3%.

Ganz erheblich aber wachsen mit dem zunehmenden Vanadiumgehalte die Kontraktion und die scheinbar von ihr abhängige Festigkeit. Denn es ist festgestellt, daß bei

1·00% C und 0·7% V die Kontraktion von 14·5% auf 43·3% wächst
 0·70% C " 0·7% V " " " 20·0% " 40·0% "
 0·55% C " 0·7% V " " " 30·0% " 42·7% "
 0·15% C " 0·7% V " " " 65·0% " 84·7% "

Schlüsse aus obigem:

1. Die Zusätze von Vanadium haben einen entscheidenden Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften von Gußeisen.

2. Dieser Einfluß ist hauptsächlich bei Anwesenheit von Kohle, die in kombiniertem Zustande darin enthalten ist.

3. Die ausharrenden Carbide, physikalisch, weichen nicht materiell von dem normalen Carbid ab, das sich im Gußeisen findet.

4. Infolge der aktuellen Gegenwart von mehr Vanadium im Carbide wird das Carbid mehr beständig gemacht.

Wie aus alldem aber ersichtlich, ist der Einfluß des Vanadiums auf Eisen und Stahl, so lange es richtig dabei verwendet wird, ganz überraschend günstig, wobei besonders bemerkenswert bleibt, daß dieser günstige Einfluß mit ziemlich minimalen Dosen, z. B. 0·5% bis 0·7% V, erreicht wird. Gewiß hat der bisherige hohe Preis (für 1 kg 50 Mark) mit dazu beigetragen, selbst diese kleinen Zusätze zu kostspielig zu finden, denn bei diesem obigen Preis würde bei nur 0·7% Vanadiumzusatz bereits das Kilogramm Stahl um 0·35 Mark teurer, was ebensoviele bedeuten würde wie die Zufügung von 6·5% Chrom oder 10% Nickel, bezw. 6% Wolfram. Ferner mag aber auch die Unkenntnis der Eigenschaften und Wirkungen des Vanadiums das Seinige mit dazu beigetragen haben, zunächst mit Mißtrauen dieses neu in das Eisenhüttenwesen und die Metallurgie eindringende Element zu betrachten, zumal die außerordentlichen Lobpreisungen und überschwenglichen Verheißungen, die von Amerika aus über dieses Metall ausgesprengt worden waren, oft in der Praxis gar nicht bestätigt gefunden wurden. Heute wissen wir jedoch infolge sorgfältiger analytischer Untersuchungen, Metallprüfungen und vor allem mit Hilfe der Metallmikroskopie so ziemlich über dieses neue Element Bescheid, wenn uns vielleicht auch noch manche Überraschungen darüber für die Zukunft bevorstehen werden.

Aber sicher haben wir heute das eine begriffen, daß das Vanadium bei richtiger Dosierung und richtiger Wärmebehandlung entschieden außerordentlich wohlthätige Eigenschaften dem Stahl und Eisen zuerteilt, Eigenschaften, die den Vanadiumstahl befähigen, sehr hohe Spannung, Drucke, Stöße und Schläge auszuhalten, ohne zu deformieren oder seine innere Struktur zu ändern.

Damit wird aber dieser Stoff sowohl im Gußeisen als auch im Stahl und vor allem für eine derartige Industrie, wie es die Automobilindustrie ist, äußerst wichtig bleiben, da er ein Konstruktionsmaterial liefert, wie man es kaum sich idealer vorstellen kann.