

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73/74 (1919)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Ueber die Erzeugung von Elektrostahl für Stahlformguss im basisch zugestellten Héroultofen , bei Verwendung von festem Einsatz  
**Autor:** Schudel, Berthold  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-35590>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

INHALT: Ueber die Erzeugung von Elektrostahl für Stahlformguss im basisch zugestellten Héroultofen, bei Verwendung von festem Einsatz. — Die Ausnützung der Jagne zwischen Charmey und Broc. — Der Bau der Bagdadbahn im Lichte der Kriegswirtschaft. — Bürgerliche Wohnräume. — Miscellanea: Elektrische Lokomotiven der Gotthardlinie. Schweiz. Kulturingenieurkonferenz. Schweiz. Bundesbahnen. Die Stiftung

zur Förderung der Schweiz. Volkswirtschaft. Elektrizitätswerke in Japan. — Nur ein Fass Carbolineum (als Feuilleton). — Nekrologie: H. du Bois. — Korrespondenz. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Maschineningenieur-Gruppe Zürich; Stellenvermittlung.

Band 73.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 10.

## Ueber die Erzeugung von Elektrostahl für Stahlformguss im basisch zugestellten Héroultofen, bei Verwendung von festem Einsatz.

Von Dr. Berthold Schudel, Ing.-Chemiker, Schaffhausen.

(Fortsetzung von Seite 96.)

Das vorgehend beschriebene Verfahren ermöglicht es, infolge seiner raffinierenden Wirkung, nicht nur Roheisen, sondern auch Eisenabfälle aller Art auf Stahl zu verarbeiten, und zwar auch solche Materialien, die erhebliche Mengen von Phosphor und Schwefel aufweisen, stark rostig sind, oder sonstige unerwünschte Verunreinigungen enthalten, die sich durch Oxydation entweder in gasförmigem Zustande entfernen lassen, oder, durch Ueberführen als Oxide bzw. Sulfide in die Schlacke, unschädlich zu machen sind. Von besonderer Wichtigkeit ist dieses Raffinationsverfahren zur Gewinnung von Legierungsstählen (Werkzeugstählen, Konstruktionsstählen, Spezialstählen) verschiedenster Zusammensetzung, für deren Erzeugung eine möglichst gründliche Reinigung des Schmelzgutes von unerwünschten Begleitbestandteilen des Eisens, insbesondere von Phosphor und Schwefel erforderlich ist. Dass man mit Hilfe dieses Verfahrens auch Stahlformguss herstellt, wurde bereits erwähnt.

Steht ein Einsatzmaterial zur Verfügung, bei dem man seiner Herkunft nach schon einen höhern Grad von Reinheit und Gleichmässigkeit seiner Qualität voraussetzen darf (z. B. möglichst rostfreie Abfälle von Flusseisen oder Flussstahl), so lässt sich zur Herstellung von Elektrostahlformguss auch ein vereinfachtes, abgekürztes Verfahren, ohne Frischprozess einschlagen, das billiger und rascher arbeitet, als der vorhin beschriebene Raffinationsprozess, und mit dessen Hilfe sich alle erforderlichen Qualitäten von Stahlformguss gleichfalls herstellen lassen.

Ein solches *abgekürztes Verfahren* ist das folgende: Geeignet gewählter, möglichst rostfreier Einsatz wird unter einer Kalkschlacke, der man als Flussmittel wie gewöhnlich etwas Quarzsand und Flusspat beifügt, ohne Zusatz von irgend welchen Oxydationsmitteln, also ohne zu frischen, eingeschmolzen. Ist das geschehen und sind Bad und Schlacke gut dünnflüssig, so gibt man, um durch rostiges Einsatzmaterial, also unbeabsichtigt ins Metallbad gelangten Sauerstoff zu entfernen, und um das Schmelzgut überhaupt vor Oxydation zu schützen, etwas Ferro-Silizium zu, überzeugt sich durch eine Schöpf-, und wenn nötig auch durch eine Bruchprobe von der Wirkung dieses Zusatzes, worauf alsbald die Schlacke vollständig abgezogen und das blanke Bad mit der erforderlichen Menge Koks pulver gekohlt wird. Nachher legt man einige Schaufeln Kalk auf, um eine ganz dünne Schlackendecke zu erreichen und setzt hierauf eine vorher bestimmte Menge Ferro-Mangan und Ferro-Silizium zu. Ist dann durch eine oder mehrere Schöpfproben, event. auch durch eine Bruch- oder Biegeprobe festgestellt, dass der Stahl die richtige Beschaffenheit hat und giessbereit ist, so kippt man ihn in die Giesspfanne, die, wie üblich, einen kleinen Aluminiumzusatz enthält.

Im Gegensatz zum Raffinationsverfahren nützt dieses abgekürzte Verfahren die ursprüngliche Beschaffenheit des Einsatzes voll und ganz aus, indem die im Schrott bereits vorhandenen Mengen Kohlenstoff, Silizium und Mangan während des Schmelzprozesses quantitativ erhalten bleiben und dann im Verlauf der Charge durch entsprechende Zusätze auf die im Endprodukt gewünschte Höhe ergänzt werden. Es fällt auch durchaus nicht schwer, im Handel einen Schrott zu beschaffen, der so geringe Mengen an Schwefel und Phosphor enthält, dass diese die Qualität des Stahlformgusses nachweislich überhaupt nicht beeinflussen.

Der Einsatz kann seiner Zusammensetzung nach so gewählt werden, dass er zur Hälfte oder darüber aus Giesereiabfällen (Angüssen, Trichtern usw.) eigener Herkunft besteht, deren Qualität also bekannt ist. Oelige oder seifige Späne sind selbstverständlich nicht verwendbar. Den Rest des Einsatzes bildet ein guter, zweckmässig gewählter, möglichst rostfreier und gleichmässiger käuflicher Schrott, jedoch kein Roheisen. Folgendes Beispiel veranschaulicht die Zusammensetzung und den Gang einer derartigen Charge.

Einsatz 1000 kg	{	Elektrostahlabfälle	500 kg
		Käufl. Schrott (weich)	500 "
		gebrannter Kalk	28 kg
I. Schlacke	{	Quarzsand	1 "
		Flusspat	7 "
		Ferro-Silizium (76 %ig)	3 "
Kohlung mit 3 kg		Petrolkoks.	
II. Kalkschlackendecke		möglichst dünn.	
Fertigmachen	{	Ferro-Mangan (81 %ig)	1 kg
		Ferro-Silizium	4 "
		Aluminium in die Giesspfanne	1 "
Stromverbrauch		661 kWh.	
Chargendauer		2,77 Stunden.	
		0,24 % C-Gehalt des fertigen Stahls.	

Es ist einleuchtend, dass von der richtigen, sachkundigen Durchführung der beiden Verfahren ihre Verwendbarkeit und die Erreichung der gewünschten Endresultate in hohem Masse abhängig sind.

Schon das Einschmelzen des Einsatzes muss mit der nötigen Umsicht vorgenommen werden. Ob man mit dem Chargieren des Ofens rascher oder langsamer vorzugehen hat, hängt unter anderem, ganz abgesehen von der Ofenleistung überhaupt, sehr viel auch davon ab, ob der Einsatz aus grobstückigem Material oder aus solchem geringerer Grösse besteht, ob derselbe schwerer oder leichter schmelzbar ist, ob der Ofen gut oder weniger gut vorgewärmt war, ob im Ofen bereits ein Sumpf von geschmolzenem Metall vorhanden ist oder nicht. Es ist unvorteilhaft, allzu grobstückigen Schrott zu verarbeiten, weil dieser weniger rasch einschmilzt und grosse Stücke, auch wenn sie schon ganz im Metallbad untertauchen, an der Herdsohle sich gerne anlegen und dann schwer wegzubringen sind, ohne dass der Herd beschädigt wird. Andererseits ist es ebensowenig vorteilhaft, gleich zu Beginn der Charge sehr dünnes, leichtes Material, z. B. Drehspäne, in grossen Mengen einzuschmelzen, weil ein solcher Einsatz unter der Einwirkung des Lichtbogens leicht verbrennt, somit Anlass gibt zu starker Oxydbildung und hohem Abbrand. Hat sich im Ofen bereits ein Sumpf gebildet, was bei richtigem Vorgehen bald eintreten wird, so kann das Nachchargieren mit fortschreitender Zunahme und Erhitzung des Metallbades rascher erfolgen. Grössere Schrottstücke können dann vorteilhaft an den seitlich ansteigenden Herdflächen etwas vorgewärmt werden, bevor man sie ins Bad stösst.

Gleichzeitig mit den ersten Schrotteinlagen wird auch schon ein Teil der Zusätze für Schlackenbildung chargiert, zuerst gebrannter Kalk in kleinen Stücken und später dann noch ein Zuschlag von Quarzsand und Flusspat. Werden die Flussmittel ebenfalls gleich zu Beginn der Charge in den Ofen eingeführt, also noch bevor irgend eine Schlackendecke vorhanden ist, so läuft man Gefahr, dass der basische Herd stark angegriffen wird. Arbeitet man nach dem Raffinationsverfahren, so erfolgt ein erster Zusatz des Frischmittels, sobald genügend Schlacke sich gebildet hat. Zum Frischen dient entweder Erz (Roteisenerz  $Fe_2O_3$ ) oder Hammerschlag. Roteisenstein wird auch in sehr reinen Qualitäten bergmännisch gewonnen und ist dann, schon seines

höhern Sauerstoffgehaltes und seiner gleichmässigen Beschaffenheit wegen, ein weit kräftigeres Oxydationsmittel als der Hammerschlag.

Die Kohlunng mit Petrolkoks oder gemahlene Elektrodenabfällen auf blankem Metallbad geht leicht vor sich und beansprucht zu ihrer Durchführung nur wenige Minuten. Wird hierzu jedoch Karburit verwendet, so ist weit mehr Zeit erforderlich, bis sich das Kohlunngsmittel gelöst hat, und oft gelingt es nur schwer, dasselbe vollständig zur Auflösung zu bringen.

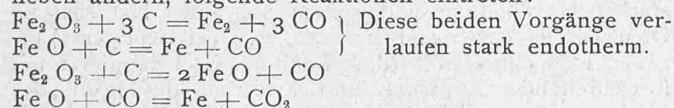
Die richtige Ausführung einer Elektrostahlcharge, die in jeder Hinsicht möglichst vollständige Ausnützung der metallurgischen Leistung eines Elektro-Ofens und, davon abhängig, die Herstellung eines guten Erzeugnisses, verlangen, neben viel Kleinarbeit, vor allem eine gute Beobachtungsgabe. Es ist deshalb ganz verkehrt, mit derartigen Aufgaben Leute zu betrauen, denen die erforderliche Eignung hierfür abgeht.

Mit Benützung der rein thermischen Wirkung der elektr. Energie — eine elektrolytische findet, wie schon bemerkt wurde, hier nicht statt — spielen sich, nach Zusatz gewisser Agenzien, im Elektrostahlhofen eine ganze Anzahl chemisch-metallurgischer Vorgänge ab. Diese entziehen sich, infolge der ausserordentlich hohen Ofentemperatur, grossenteils unserer direkten Beobachtung, stellen aber höchst wahrscheinlich meist viel verwickeltere Umsetzungen dar, als wir dies bei bloss oberflächlicher Betrachtung annehmen möchten.

Während der *Einschmelz- und Frischperiode* werden beim Raffinations-Verfahren alle jene Stoffe des Einsatzes herausgefrischt, die sich durch Oxydation überhaupt entfernen lassen. Es sind dies vor allem die als Nebenbestandteile des Eisens im gewöhnlichen Schrott nie fehlenden Elemente Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel, von denen die ersten vier sich praktisch vollständig heraus oxydieren lassen, letztgenannter aber nur zum kleinsten Teil, und zwar als Schwefeldioxyd, durch Frischen aus dem Metallbad beseitigt werden kann. Nicht herausfrischen lassen sich z. B. die in technischen Eisensorten, wenn auch gewöhnlich nur in ganz geringen Mengen ebenfalls vorkommenden Elemente Arsen, Kupfer, Nickel, Chrom und Wolfram.

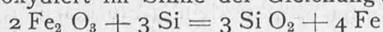
Der für die beiden vorgenannten Elektrostahlverfahren zumeist verwendete käufliche Schrott enthält den Kohlenstoff an Eisen gebunden als Karbidkohle ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Diese wird durch das Frischmittel grossenteils zu Kohlenoxyd und in geringerer Masse auch zu Kohlensäure oxydiert. Die beiden Gase lösen sich zum Teil im Metallbad, entsprechend dem Henry-Dalton'schen Absorptionsgesetz, wonach gasförmige Körper, sofern sie keine Verbindungen mit dem Lösungsmittel eingehen, proportional ihrem Druck von ihm absorbiert werden. Die Löslichkeit nimmt mit sinkender Temperatur des Metallbades ab.

Beim Herausfrischen des Kohlenstoffs mit Erz können, neben andern, folgende Reaktionen eintreten:



Durch hohe Frischtemperatur wird die rasche Verbrennung des Kohlenstoffs sehr gefördert.

Das in jedem Schrott vermutlich in Form von Siliziden ( $\text{FeSi}$ ,  $\text{Fe}_2\text{Si}$ ) enthaltene Silizium wird beim Frischen zu Kieselsäure oxydiert im Sinne der Gleichung:



Hierbei hängt der Verlauf der Reaktion ebenfalls wieder von der Temperatur, aber auch vom Kohlenstoffgehalt des Metallbades ab. Ist die Temperatur des letztern eine niedrige, so wird das Silizium vor dem Kohlenstoff verbrannt, ist sie dagegen eine hohe, so tritt gleichzeitig, oder zum Teil auch schon früher, eine Oxydation des vorhandenen Kohlenstoffs ein. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, dass die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff mit steigender Temperatur rascher zunimmt, als zwischen Silizium und Sauerstoff. Andererseits

wirkt bei hoher Temperatur der Kohlenstoff des Metallbades auf in der Schlacke vorhandene Kieselsäure so lange reduzierend, bis ein grosser Teil davon herausoxydiert ist. Die während des Frischprozesses entstandene Kieselsäure steigt im Bad auf und wird dann von der Kalkschlacke gebunden.

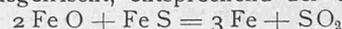
Das Mangan im Schmelzgut verlässt beim Frischen das Metallbad als Manganoxydul ( $\text{MnO}$ ) und geht ebenfalls in die Schlacke.

Eine wichtige Aufgabe des Frischverfahrens ist die Entfernung des im Einsatz vorhandenen Phosphors. Dieser findet sich im Eisen in Form von Phosphiden ( $\text{Fe}_3\text{P}$  oder auch  $\text{Mn}_3\text{P}_2$ ). Ein Phosphorgehalt, der über eine gewisse obere Grenze hinausgeht, die sich, je nach den an das Erzeugnis gestellten Anforderungen und seiner Herstellungsart verschiebt, macht den Stahl kaltbrüchig. Das Gefüge wird grobkristallinisch und es zeigen sich Saigerungserscheinungen als Folge der leichten Schmelzbarkeit von im Stahl vorhandenen Phosphiden. Dadurch werden die Festigkeitseigenschaften des Stahls herabgesetzt.

Der Phosphor wird aus dem Metallbad herausgefrischt als Phosphorsäure. Diese bindet sich an die basische Schlacke, indem Kalziumphosphate verschiedener Zusammensetzung entstehen. Die Oxydation des Phosphors ist hierbei nicht bloss von der Menge und Art des angewendeten Frischmittels abhängig, sondern in hohem Masse auch von der Temperatur und vom Kohlenstoffgehalt des Schmelzgutes. Bei niedriger Temperatur wird zuerst der Phosphor und nachher der Kohlenstoff oxydiert; ist diese dagegen hoch, so vollzieht sich der Vorgang umgekehrt. Wenn wenig Kohlenstoff im Metallbad vorhanden ist, so verläuft die Entphosphorung, auch bei sehr hoher Temperatur, günstig.

Der Phosphorgehalt des Eisens lässt sich durch Frischen im Elektrostahlhofen leicht unter  $0,01\%$  herabdrücken. Eine derartig weitgehende Entphosphorung ist jedoch für die Herstellung von Stahlformguss ganz unnötig, da die Qualität solchen Gusses, auch wenn der Phosphorgehalt bis  $0,08\%$  ansteigt, durchaus keinen Schaden erleidet.

Der Schwefel kommt im Eisen an dieses gebunden als Ferrosulfid ( $\text{FeS}$ ) oder als Mangansulfür ( $\text{MnS}$ ) vor. Die eigentliche Entschwefelung der Charge geht jedoch nicht während der Frischperiode vor sich, sondern gelangt, wie nachher gezeigt werden soll, erst im späteren Verlauf des Verfahrens zur Ausführung. Immerhin wird ein, wenn auch nur sehr geringer Teil des Schwefels, vermutlich durch die oxydative Wirkung des im Metallbad vorhandenen Eisenoxyduls herausgefrischt, entsprechend der Gleichung:



Die schwellige Säure entweicht als Gas aus dem Ofen.

Durch das Frischmittel werden nicht nur die vorgenannten Begleitstoffe des Eisens oxydiert, sondern es findet auch eine teilweise Oxydation des Eisens selbst statt, derart, dass während der Einschmelz- und Frischperiode, ausser andern Eisen-Sauerstoffverbindungen, hauptsächlich Eisenoxydul entsteht, das sich im Metallbad bis zu ungefähr  $1\%$  auflöst. Die übrigen Oxyde des Eisens gehen grossenteils entweder direkt in die Schlacke, oder geben mit etwa gleichzeitig vorhandener Kieselsäure eine Eisen-Silikat-Schlacke, die sich abscheidet.

Das beim Einschmelzen und Frischen verbrennende und in die Schlacke übergeführte Eisen bildet den hauptsächlichsten Teil des Abbrandes. Dieser beträgt für das Raffinationsverfahren 5 bis  $6\%$ , für das abgekürzte dagegen nur 3 bis  $4\%$  vom Gewicht des Einsatzes.

Nach Beendigung der Einschmelz- und Frischperiode enthält also das Eisenbad als Verunreinigungen nur mehr den grössten Teil des ursprünglich vorhandenen Schwefels und ausserdem hauptsächlich Eisen-Sauerstoffverbindungen, vor allem Eisenoxydul, ferner etwas Kohlenoxyd und vielleicht auch wenig Kohlendioxyd in gelöstem Zustand. Gase, wie Stickstoff und Wasserstoff, die in solchem flüssigen Stahl gelöst sich finden, der nach andern, nicht elektrischen Verfahren gewonnen wurde, kommen hier nicht in Betracht.

(Schluss folgt.)