

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	27/28 (1896)
Heft:	19
Artikel:	Metamorphosen der basischen Schienenstahlbereitung und des Prüfungsverfahrens der Stahlschienen
Autor:	Tetmajer, L.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-82407

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

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

INHALT: Metamorphosen der basischen Schienenstahlbereitung und des Prüfungsverfahrens der Stahlschienen. — Die Kornhausbrücke in Bern. IV. (Schluss.) — Zum 84. Geburtstag von Prof. Gladbach. — Literatur: Wasserverhältnisse der Schweiz. — Miscellanea: Bahnhofumbau in Zürich. Brennstoffverbrauch von Dampf- und Dowson-Gasmaschinen. Elektr. Verwertung des Stadtmülls von Budapest. Die künstliche Trockenlegung von frischem Mauerwerk. Einführung des elektr. Betriebs auf der oberschlesischen

Dampfstrassenbahn. Die Verhältnisse der Londoner Abwasser-Kanalisation. Pferdebahnen in Berlin. Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik. Die Eröffnung der Strecke Tscheljabinsk-Ob. der westsibirischen Eisenbahn. Elektr. Anlage beim Eiseren Thor. — Nekrologie: † J. H. Greathead. † Eduard Marti. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Polytechniker: Stellenvermittlung.

Metamorphosen der basischen Schienenstahlbereitung und des Prüfungsverfahrens der Stahlschienen.

Von Prof. L. Tetmajer in Zürich.

I.

Am Schlusse des basischen Herd- oder Birnenprozesses ist das Produkt bekanntlich ein angemessen phosphorreines, kohlenstoff-, mangan- und schwefelarmes, siliciumfreies Eisenbad, welches durchsetzt ist mit gelöstem Eisenoxydul, Manganoxydul, sowie mit gelösten oder mechanisch absorbierten Gasen. Als solche treten im Eisen der Hauptsache nach der Wasserstoff und das Kohlenoxyd auf. Ueber die Zustandsform, in welcher diese Gase im flüssigen Eisen erscheinen, gehen die Anschauungen wohl nur bezüglich des Wasserstoffs auseinander. Während einzelne Fachmänner von einer Lösung des Wasserstoffs sprechen, sind andere zur Annahme geneigt, der Wasserstoff sei mechanisch absorbiert. Für die letzte Annahme sprechen insbesondere die Müller'schen Versuche, welcher bekanntlich durch Anbohren verschiedener Stahlarten unter Wasser, Gase gewann, die der Hauptsache nach aus Wasserstoff bestanden. Dann lehrt die Erfahrung und bestätigen neuerdings Prof. Dr. Weddigs Versuche, dass ein (in den Coquillen) kochendes Eisenbad Wasserstoff verliert, und dass der Wasserstoffgehalt der abgehenden Gase wächst, wenn eine erhöhte Kohlenoxydentwicklung hinzutritt. Obschon dieser Gegenstand noch nicht abschliessend studiert ist, ist es wahrscheinlich, dass die Gase des Eisenbades dasselbe fein verteilt durchsetzen und von diesem so lange festgehalten werden, als das Eisen sich in seiner flüssigen Aggregatorm zu erhalten vermag. Beim Uebergange des Eisenbades in festen Zustand, werden die Gase ausgeschieden und in den Gussblöcken Porenhohlräume füllen.

Das Kochen eines Eisenbades ist stets Folgewirkung einer Gasabsonderung. Entwickelt nämlich ein Eisenbad so reichliche Gasmengen, dass dasselbe die Gase zu absorbieren nicht vermag, so tritt unter den bekannten Erscheinungen des Perlens, Brodelns, Aufwallens, oft begleitet von Funkenwurf, die Gasausstossung statt. Erstarrt das Metall während dem Prozesse der Gasentwicklung, so bleibt das Produkt notwendigerweise porös und zwar wird dasselbe je nach Temperatur des Metallbades, Grösse und Stärke der Coquillen bald randblasig, bald kernblasig mit ausgesprochenem Porenkranze, ausfallen.

Als Gasbildner tritt der Kohlenstoff auf, welcher auf das im Metallbade gelöste Eisenoxydul unter Bildung von Kohlenoxydgas reduzierend wirkt:



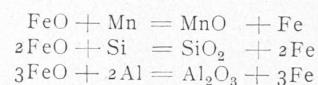
Nach Prof. Ledebur's dankenswerten Mitteilungen wirkt auch das Manganoxydul dem Eisenoxydul ähnlich, doch in schwächerem Grade:



Je grösser die Kohlenoxydgasentwicklung, desto grösser der Verlust an Wasserstoff, welcher bei der herrschenden Temperatur nicht oxydiert. Weil flüssiges Eisen bestimmter Temperatur auch nur bestimmte Gasmengen absorbiert, so kann — namentlich bei der Darbystahlbereitung — der durch die Kohlenoxydgasentwicklung mitgerissene Wasserstoff des Eisenbades durch Kohlenoxydgas ersetzt werden; der Guss bleibt porös und es erscheint der Poreninhalt mit einem Gemenge aus Wasserstoff und Kohlenoxyd gefüllt.

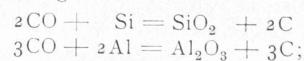
Ist die Charge hinreichend entphosphort, so wird das sogenannte Schlussverfahren eingeleitet, durch welches:

a. die Zerstörung der Koblenoxydbildner angestrebt wird; es handelt sich hier in erster Linie um die Zersetzung des gelösten Eisenoxyduls, das neben der Rolle eines wirksamen Kohlenoxydbildners im erstarrenden Metall, auch Rotbruch des Eisens veranlasst. Gegenwärtig verwendet man hiezu das Mn, Si und das Al; sie wirken ähnlich, doch verschieden energisch und unterscheiden sich nicht unweesentlich durch die Beschaffenheit ihrer Oxydations-Produkte. Die Reaktionen sind durch folgende Formelgruppen dargestellt:



Im ersten Falle entsteht das Manganoxydul, welches wie oben erwähnt, als ein Kohlenoxydgasbildner untergeordneter Art gilt und nach Prof. Ledebur auch weniger starken Rotbruch erzeugt, als das zuvor anwesende FeO. Im zweiten Falle entsteht Kieselsäure, welche vorhandene Oxyde des Bades zu binden und mit diesen eine Eisenmanganschlacke zu bilden vermag. Das Silicium ist somit nicht nur Zerstörer der Kohlenoxydgasbildner, sondern gleichzeitig ein das Eisenbad läuternder Stoff. Durch Zusatz von Aluminium wird Thonerde erzeugt, die, bei der herrschenden Temperatur unzerstetlich, abgeschieden wird.

b. Das Schlussverfahren soll eine möglichst weitgehende Abscheidung oder Zersetzung der absorbierten Gase bewerkstelligen, mit andern Worten es soll das Metallbad entgasen. In der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass der Wasserstoff des Metallbades sich bloss durch eine andere Gasart teilweise, vielleicht auch gänzlich austreiben lässt. Das absorbierte Kohlenoxydgas kann durch Stoffe, deren Affinität zum Sauerstoff bei der herrschenden Temperatur grösser ist als jene des Kohlenstoffs, zersetzt werden. Als solche Stoffe wären wieder das Si und das Al zu nennen. Die Reaktionen wären folgende:



die Kieselsäure kann zur Schlackenbildung dienen; Thonerde wird ausgeschieden, während die frei werdende Kohle ins Eisen geht. Endlich bezweckt das Schlussverfahren

c. die Rückkohlung des Eisenbades auf den gewünschten Kohlungsgrad des fertigen Produktes.

Bis vor kurzem wurde die Reduktion der Oxyde, Entgasung und die Rückkohlung in einer Operation bewerkstelligt. Bei weichen Sätzen wird zu diesem Zwecke auch gegenwärtig ziemlich allgemein Ferromangan mit 70—80% Mangangehalt verwendet; härtere Sätze (z. B. Schienenstahl) erhalten Spiegeleisen mit 10—20% Mangangehalt. Oertlich kommt auch das Ferrosilicium mit 8—12% Siliciumgehalt zur Anwendung.

In der Periode der Ausbildung des Darby-Rückkohlungsverfahrens durch Spannagel am Phönix in Ruhrort und Meyer in Düdingen, sowie in der Zeit der Einführung des Reinaluminiums ist örtlich eine Trennung der Operationen im Schlussverfahren eingetreten, indem bei weichen Flüss-eisen, z. B. für geschwezte Rohre, die Reduktion des Eisenoxyduls und Rückkohlung des Bades mittelst Ferromangan im Herde oder in der Birne, die Entgasung mittelst Reinaluminium beim Abgusse des Satzes in den Coquillen bewerkstelligt wurde. Bei harten Chargen, so bei Schienenstahl, wurde nach Meyer und Spannagel das Metallbad in der Birne mittelst Ferromangan desoxydiert, beim Abgusse in die Pfanne zurückgekohlt. Beiläufig zur selben Zeit haben basisch arbeitende Martinwerke, später folgten Thomaswerke, ein Verfahren ausgebildet, welches im wesentlichen auf eine Desoxydation bei gleichzeitig partieller Rückkohlung des Metallbades mittelst Ferromangan oder Spiegeleisen

im Herde oder in der Birne und Entgasung bei vollständiger Rückkohlung mittelst Ferrosilicium in der Pfanne zurückzuführen ist.

Obschon die Erfahrung bestätigt, dass der Zusatz von Ferromangan und Spiegeleisen im Herde und der Birne dem Eisen den Rotbruch nimmt, das Ferrosilicium in der Pfanne und das Aluminium in den Coquillen wesentlich zur Dichtung, zur Zerstörung der Gaseinschlüsse beiträgt, kann von einer scharfen Trennung der Desoxydation und Entgasungsperioden im Schlussverfahren nicht gesprochen werden. Wir bringen dies zum Ausdrucke, um Missverständnissen zu steuern, die die folgenden Erörterungen ergeben könnten, und indem wir von einer Periode der Desoxydation und einer solchen der Entgasung sprechen, soll dadurch lediglich der hauptsächlichste Zweck der Operation gekennzeichnet sein.

Die Art des Einbringens der unterschiedlichen Zuschläge im Schlussverfahren wechselt; sie ist oft verschieden beim Herd-, verschieden beim Birnenprozess und wechselt mit den Temperaturverhältnissen der Chargen. In Stückform, kalt oder vorgewärmt, wird das Ferromangan, in Stückform, hin und wieder auch flüssig, das Spiegeleisen eingebracht. Kalt und in Form kleiner Stücke gelangt das Reinaluminium zur Verwendung. Das Ferrosilicium wird gegenwärtig wohl allgemein flüssig während oder nach dem Abgusse des Satzes in die Pfanne eingebracht. Zur Rückkohlung verwendet Meyer mit Kalkmilch als Bindemittel angemachte, gepresste und getrocknete Anthrazitbriquets von bestimmtem Gewicht; sie werden in die Pfanne geworfen und auf dieselben das desoxidierte Eisenbad gegossen. *Spannagel* leert aus einem Trichter während dem Abgusse der Charge die vorgewogene Menge Coaksmehl in die Pfanne.

In der schweiz. Materialprüfungsanstalt an basischem, mit Spiegeleisen behandelten Birnen-Schienenstahl ausgeführte Analysen ergaben einen C-Gehalt von 0,20 — 0,46%; Mn-Gehalt von 0,35 — 1,00%*);

Si, P und S vorwiegend unter 0,1%.

Das Grobgefüge der Schienen dieser Erzeugungsart zeigt häufig Porenkränze, Gussblasen, Saigerungsprodukte aller Art. Die Zerreissproben, ausgeführt an Probestäben aus der Kopfmitte, wechseln in ihrem Verhalten; sie brechen häufig mit geringfügiger Dehnung und mangelhafter Ausbildung der Kontraktion. Im Betriebe verhalten sich solche Schienen ganz befriedigend; sie laufen sich zunächst glatt ab; später werden die Laufflächen mehr oder weniger narbig, sie erscheinen oft arg bedeckt mit dunkelgefärbten, rundlichen, ausnahmsweise lineargestreckten, kleinen Vertiefungen, die blossgelegte Saigerungsflecken, verwalzte Gussporen, Schlackeneinschlüsse bedeuten und häufig eine fühlbare Diskontinuität des metallischen Gefüges ergeben. Von der Anordnung, Häufigkeit, Form und Lage der Gussporen, der Saigerungsprodukte und Schlackeneinschlüsse ist es abhängig, ob die Schienen zu Längsspaltungen und Quetschungen neigen; Querbrüche sind selten und die Abnutzungsverhältnisse wechseln und entsprechen der Härte und der zufälligen Gefügebeschaffenheit der Lauffläche.

Versuche aus allerneuester Zeit ergaben ferner, dass der mit Spiegeleisen desoxidierte und zurückgekohlte Thomasstahl Gussblöcke liefern kann, deren Strukturverhältnisse in den verschiedenen Höhenlagen sehr verschiedenartig beschaffen sind. In einer grösseren Versuchsreihe erschienen demnach auch die Abschnitte der Walzstäbe vom untern Blockende durchwegs fehlerfrei, homogen; aus der Blockmitte, mit deutlich ausgeprägtem Porenkranz versehen, während die Abschnitte vom obern Blockende, obschon die Blöcke geköpft waren, neben Gussporen auch jene charakteristischen Saigerungsflecken zeigten.

Stahlschienen aus dem *Darby*-Rückkohlungsverfahren im Geleise zu verfolgen, hatten wir keine Gelegenheit. Das Grobgefüge der Gussblöcke, die Grösse, Form und Lage

der Porenkränze, das Auftreten zerstreut angeordneter Gussporen und der Saigerungsprodukte in den Aetzproben lassen vermuten, dass bei gleicher chemischer Zusammensetzung des Metalls das Verhalten desselben in den Proben wie im Betriebe ähnlich demjenigen ausfallen wird, das durch Desoxydation und Rückkohlung mittelst Spiegeleisen oder Ferromangan (bei nicht zu weit heruntergearbeitetem Martinstahl) gewonnen wird. Bei tadellosen Schlagproben, wird Dehnung und Kontraktion der Zerreissproben aus der Schienenkopfmitte wechseln; oft fallen diese ungenügend aus, was erklärt, dass ein nach *Darby's* Verfahren arbeitendes Werk sich kürzlich wieder gezwungen sah, das bis anhin eingehaltene Schlussverfahren abzuändern.

Produkte aus dem kombinierten Ferromangan-Ferrosilicium-Verfahren hatten wir mehrfach Gelegenheit zu verfolgen. Der Kohlenstoffgehalt liegt meist unter 0,30%; der Mangangehalt erreicht nicht selten 1,00%; der Siliciumgehalt schwankt und bewegt sich vorwiegend zwischen 0,20 und 0,30%. Phosphor und Schwefel liegen der Hauptsache nach unter 0,10%.

Die Untersuchung des Grobgefüges der Schienen dieser Erzeugungsart ergab meist nicht befriedigende Resultate. Einzelne Schienenabschnitte waren vollkommen homogen; die grössere Mehrzahl fast homogen und blasenrein. Abschnitte einzelner Chargen waren wohl blasenrein, zeigten jedoch die charakteristischen Gussausscheidungen, jene Saigerungsflecken, dunkle Nester oder die wiederholt beobachtete wolkige Gefügebeschaffenheit. In einzelnen Fällen fliessen die Saigerungsflecken zusammen, bilden auf der Profilfläche dunkelgefärbte Komplexe, welche sich aus der Kopfmitte, den Steg durchziehend, bis zum Schienenfusse erstrecken. Dass das Stahlmaterial dieser Beschaffenheit die Zerreissproben immer noch nachteilig beeinflussen kann, wenn die Probe aus der Schienenkopfmitte solche Stellen trifft, liegt auf der Hand; ebenso selbstredend ist aber auch, dass diese Gefügebeschaffenheit weder die Schlagprobe noch das Verhalten der Schiene im Betriebe (bezüglich Querbrüchigkeit, Tendenz zu Spaltungen und Abblätterungen) nachteilig zu beeinflussen vermag. Schienen mit der beschriebenen Gefügebeschaffenheit werden sich glatt abfahren, eine der Härte des Materials entsprechende Abnutzung zeigen, die bei gleicher Härte und unter sonst gleichen Umständen kleiner als bei solchen Schienen ausfallen muss, deren Laufflächen pockennarbig werden, weil bei diesen die Radbandagen der Fahrzeuge und Lokomotiven stets nur Teilstücke der Laufflächen berühren. Das kombinierte Mangan-Silicium-Schlussverfahren erfordert grosse Aufmerksamkeit in der Führung der Charge, fleissiges Kühlen mit Schrot und möglichst kaltes Giessen. Versuche mit diesem Verfahren auf einem mir befreundeten Werke haben überhaupt zu keinem brauchbaren Resultate geführt, indem die Gussblöcke meist stark randblasig ausfielen und beim Verwalzen massenhaften Ausschuss lieferten; ich vermute, dass hier zu heiss gearbeitet wurde. Auf verschiedenen Werken gebrochene Gussblöcke von Schienenstahl, die nach *Darby's* Rückkohlungsverfahren gewonnen waren, haben, wie ich bereits oben und insbesondere in meiner Schrift „*Ueber das Verhalten der Thomasstahl-Schienen im Betriebe*“ dargethan, im grossen und ganzen ähnliche Strukturverhältnisse an den Tag gefördert, wie sie aus dem Ferromangan und Spiegeleisen-Verfahren her bekannt sind. Auch hat sich im allgemeinen die Erwartung, es würde die vehemente Gasentwicklung, die die *Darby*-Rückkohlung begleitet, zu einer vermehrten Gasabsorption führen, nicht bestätigt, obschon ich gelegentlich einer Untersuchung von mit Coakspulver zurückgekohlten, vom Lager entnommenen Gussblöcken ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit des obern Blockendes (ebenflächig; steigend; saugend) darunter solche fand, deren Querschnittsflächen mit Gussporen vollständig durchsetzt waren. Aetzproben an Schienenabschnitten bestätigten diesen Befund und veranlassten das Werk, zu wirksamen Reduktionsmitteln der Oxyde zu greifen.

Zweifellos ist die Menge der absorbierten Kohlenoxydgase in erster Linie von der Temperatur des Metallbades

*) Ausnahmsweise mehr; vgl. III. Heft der offiz. Mitteilungen S. 220.

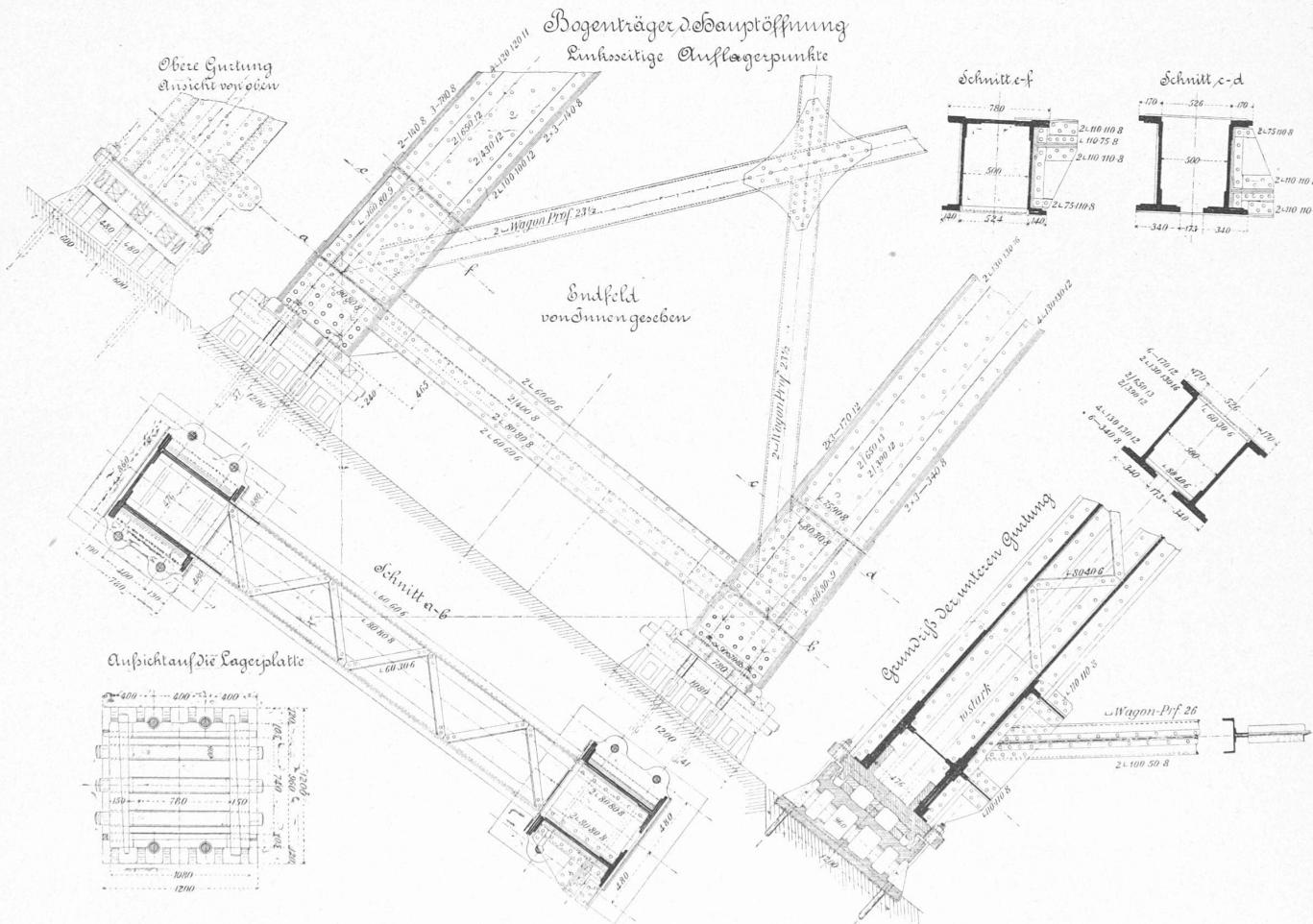
abhängig. Bei gleicher Temperatur wird die absolute Menge dieser Gase von der Menge des flüssigen Metalls abhängen und sie wird desto kleiner sein müssen, je kleiner letztere ist. Der Gedanke liegt somit nahe, möglichst kalt zu arbeiten, ferner die Desoxydation, Rückkohlung und Entgasung getrennt und derart vorzunehmen, dass die Gasabsorption bei der Rückkohlung ein Minimum wird und während des Entgasungsprozesses eine möglichst kräftige Durchmischung des Metallbades eintritt. Schon vor etwa zwei Jahren wurde einem Werke vorgeschlagen, versuchsweise in der Birne zu desoxydieren, in einer Pfanne zurückzukohlen und während dem Ausgusse des zurückgekohlten Metallbades in einer zweiten Pfanne dasselbe zu entgasen. Später wurde das Verfahren folgendermassen modifiziert:

2. das Stahlbad von dessen Sauerstoffgehalt wirksam zu befreien;
3. die absorbierten Kohlenoxydsgase in der Pfanne zu zerstören;
4. eine kräftige Durchmischung, also Homogenisierung des Metallbades zu erreichen.

Nach einer kürzlich erfolgten Mitteilung des Herrn Direktor *Spannagel* ist das vorbeschriebene Verfahren bereits am Stahlwerke Phönix mit der Modifikation durchgeführt worden, dass nicht ein Bruchteil, sondern die ganze Charge zur Rückkohlung nach *Darby-Spannagel* gelangt, die Dichtung des Metalls aber nachträglich mittelst flüssigen Ferrosiliciums ohne weiteren Mischprozess vorgenommen wird. Der gewonnene Stahl steht ruhig in den Coquillen und liefert gesunde, in der Regel völlig dichte Gussblöcke.^{*)} Aetzproben verschiedener Rillenschienen, die neuester Zeit

Kornhausbrücke in Bern.

Entwurf von Th. Bell & Cie., A. & H. v. Bonstetten, P. Simons in Verbindung mit der Gutehoffnungshütte.



Gezeichnet von A. & H. v. Bonstetten in Bern.

Masstab 1:50.

Auszug von Meisenbach, Riffarth & Cie. in München.

Nach entsprechender Entphosphorung des Metallbades wird dasselbe mit vorgewärmtem Ferromangan behandelt, die Schlacke abgelassen bzw. abgesteift und etwa ein Drittel der Charge nach *Darby* zurückgekohlt. Das Produkt wird ein harter Stahl sein, der der Temperatur und Menge des Metallbades entsprechende Mengen absorbiert Kohlenoxyd-gase enthalten wird. Nach vollständiger Beruhigung des Metallbades wäre der Rest des Satzes gleichzeitig mit dem flüssigen Entgasungsmittel (Ferrosilicium, Ferroaluminium) in die Pfanne zu leeren und das fertige Produkt schliesslich zu vergießen.*)

Auf diesem Wege scheint es möglich:

1. Stahlmaterial von beliebiger Kohlenstoffhärte zu erzeugen;

*) Die Gefahr der Reduktion des P ist hiebei nicht grösser als bei jedem andern Verfahren, denn einmal wird die P-haltige Schlacke ablassen, dann aber bedeutet das Verfahren keine wesentliche Verzögerung der Dauer des Prozesses.

in der schweiz. Materialprüfungsanstalt ausgeführt wurden, bestätigen die Mitteilung des Hrn. Direktor *Spannagel*, indem die uns von seiten einiger Interessenten eingelieferten Muster sich fehlerfrei, blasenrein und, was besonders bemerkenswert erscheint, auch völlig frei von Gussausscheidungen, Flecken, Nestern und sonstigen Saigerungsprodukten erwiesen haben.

Führte das am Phönix eingebürgerte Verfahren zu dichten Blöcken, so müsste der vorgeschlagene Weg dies in noch vollkommenerem Masse thun; dies um so mehr, als bei diesem Verfahren geringere Gasmengen zu zerstören bleiben, eine an sich weitergehende Durchmischung des Metallbades gepaart erscheint mit einer viel weitergehenden Erfüllung der Bedingungen der chemischen Reaktion des Entgasungsmittels.

(Fortsetzung folgt.)

*) An einer beliebig gewählten, im Beisein dñs Berichterstatters, den 26. Oktober 1896 geblasenen Charge kontrolliert.