

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81/82 (1923)
Heft: 16

Artikel: Versuchsweise Erzeugung von umgekehrtem Hartguss
Autor: Dübi, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38991>

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: 19.02.2026

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

der oberen Leitwerke 1,0 m über dem höchsten Stauspiegel; Kronenhöhe der untern Leitwerke 1,0 m über dem höchsten schiffbaren Wasserstande.

4. Seitenkanäle und Vorhäfen. a) Für zweischiffigen Betrieb: Sohlenbreite 30,0 m, wobei unter Sohlenbreite die

bei Mittelwasser; Breite der Sohle 60,0 m, vom Ende des Schleusenleitwerkes sich allmählich verbreiternd; kleinster Krümmungshalbmesser $R = 500,0$ m. In Krümmungen ist die Sohle entsprechend den örtlichen Verhältnissen und den Schiffsabmessungen zu verbreitern. Bei einem dem Basler Pegel von 3,00 m gleichwertigen Wasserstande soll die maximale Wassergeschwindigkeit an keiner Stelle den Wert 3,0 m/sec übersteigen; diesem entspricht eine mittlere Geschwindigkeit von 2,5 m/sec desjenigen Stromprofiles, das die grösste Geschwindigkeit aufweist.

6. Liches Profil: a) Unter Brücken lichte Höhe 6,0 m und lichte Weite 40,0 m beim höchsten schiffbaren Wasserstande. Unter Bogenbrücken muss die lichte Höhe von 6,0 m auf mindestens 30,0 m Weite vorhanden sein. b) Unter Stark- und Schwachstromleitungen, sowie unter Fährseilen 15,0 m über dem höchsten schiffbaren Wasserstande.

Es ist die Zweckmässigkeit der Aufstellung definitiver Vorprojekte angezweifelt worden. Es ist aber offensichtlich, dass ein Wirtschaftsplan, in dem die Stufeneinteilung festgelegt wird, sowohl für die Schiffahrt wie für die Kraftnutzung von grossen Vorteile ist. Bestimmte Vorschläge erleichtern die für die Baureife erforderliche Abklärung, ohne dass der Anwendung der späteren Fortschritte der Technik bei der Detailausgestaltung der einzelnen Bauobjekte vorgegriffen wird. Gerade die bisher ausgeführten Anlagen am Rhein zeigen die Nützlichkeit und Notwendigkeit eines programmativen Vorgehens, indem z. B. bei Augst-Wyhlen, Laufenburg und Eglisau nachträgliche Stauerhöhungen gefordert wurden und zwischen Rheinfelden und Augst-Wyhlen ein unausgenütztes Gefälle den Abbruch der bestehenden Anlage von Rheinfelden und eine Verlegung notwendig macht. Bei besserer Einpassung des Kraftwerkes Eglisau in den Gesamtnutzungsplan hätte der Kanal von Ellikon zur Umgehung des toten Gefälles bei der Thurmündung vermieden werden können.

Der von den beiderseitigen Regierungen eingeschlagene Weg und die Früchte des Wettbewerbes dürften zu einer allseitig befriedigenden Lösung für den Ausbau der Gesamtstrecke Basel-Bodensee führen.

E. G.

Versuchsweise Erzeugung von umgekehrtem Hartguss.¹⁾

Von Dr. E. Dübi, Direktor der Giesserei Rondez.

Die Fortführung und die Erweiterung der in Aussicht gestellten Versuche lieferten neue Beiträge zur Aufklärung des Entstehens von umgekehrtem Hartguss; die hergeleiteten Ergebnisse sind u. a. auch dazu geeignet, dem Giesserei-Fachmann den Weg zu weisen, dem Auftreten dieser für die Praxis höchst unangenehmen Erscheinung wirksam entgegenzutreten.

Vorerst wurde der nach dem siebenten Niederschmelzen erhaltenen Guss (vergl. Band 81, Seite 250, 17. Mai 1923) ein achtes Mal — wieder als erster Satz — im Kupolofen aufgegeben, 75%iges FeSi zugesetzt, sodass der Guss nach dem Vergießen folgende Zusammensetzung aufwies: $C=3,04\%$, $Si=2,06\%$, $Mn=0,23\%$, $S=0,143\%$, $P=0,30\%$. In den Abbildungen 1 bis 3 sind zugehörige Erzeugnisse von umgekehrtem Hartguss wiedergegeben. Die in Abbil-

¹⁾ Ergänzung zu dem Aufsatz: „Der umgekehrte Hartguss und ähnliche Erscheinungen“ in S. B. Z. Band 81, S. 227 (12. Mai d. J.). Auf Wunsch der Redaktion sind diese Mitteilungen möglichst kurz gehalten. (Dieser Artikel ist Ende März eingegangen. Red.)

Zum Ausbau des Rheins von Basel bis zum Bodensee.



Abb. 1. Uebersichtskizze der Strecke Eglisau-Schaffhausen. — Maßstab 1:100 000.

Breite des Kanalquerschnittes in Tiefe des Bodens eines vollbeladenen 1200 t-Kahnes, also 2,20 m verstanden ist; Wassertiefe im Oberwasser 3,5 bis 4,0 m entsprechend der Oberdremptiefe; Wassertiefe im Unterwasser 2,5 m bzw. 3,0 m entsprechend der Unterdremptiefe; kleinster Krümmungshalbmesser $R = 400,0$ m; in Krümmungen ist die Sohle entsprechend den örtlichen Verhältnissen und den Schiffsabmessungen zu verbreitern. b) Für dreischiffigen Betrieb: Die Vorhäfen erhalten eine Sohlenbreite von 42,0 m.

5. Flussfahrrinne: Tiefe mindestens 2,5 m unter dem hydrostatischen und 3,0 m unter dem hydraulischen Stau

dung 3 dargestellten obern drei Bruchstücke stammen von einer offen gegossenen, 300 mm langen, 300 mm breiten und durchschnittlich 15 mm dicken Platte her. Dieses Gusstück erstarnte im *obern* Teil in der ganzen Ausdehnung bis nahe an den Rand hin grau, im übrigen, mit Ausnahme einiger kleiner Stellen auf der untern Seite, vollständig weiss.

Durch diese weiteren Versuchsergebnisse ist der Beweis wohl endgültig erbracht, dass durch Inzucht und Zugabe von hochprozentigem Fe Si umgekehrter Hartguss entstehen kann; gleichzeitig ist aber auch der Hinweis gegeben, welcher Gefahr sich der Giessereifachmann durch ungenügendes Auffrischen seines Gusseisens aussetzt.

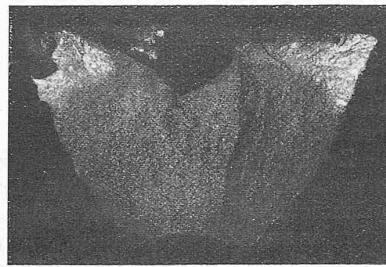


Abbildung 1.

falls andere, unbekannte Gründe, die mit der Inzucht im Zusammenhang stehen, vorhanden sind. Es wurde zu diesem Zweck darauf hingearbeitet, durch ein *einmaliges* Niederschmelzen im Kupolofen eine kritische Gusszusammensetzung zu erhalten, so wie sie bis jetzt durch Inzucht erreicht wurde. Die bekannte Tatsache, dass beim Niederschmelzen von Stahl und Flusseisen im Kupolofen eine Anreicherung von C und S eintritt, wurde dazu benutzt, in einem einmaligen Niederschmelzen ein Gusseisen von folgender Zusammensetzung zu erzeugen:

$C=2,66\%$, $Si=1,66\%$, $Mn=0,40\%$, $P=0,48\%$, $S=0,112\%$
Es wurde dies dadurch erreicht, dass ein Kupolofensatz mit 100 kg Luxemburger Roheisen, 300 kg Stahl- und Flusseisen und 6 kg 75%iges FeSi zusammengestellt wurde. Die Erwartung, auch auf diese Weise umgekehrten Hartguss zu erzeugen, blieb nicht aus; einige Gusstücke aus dieser Schmelze, die umgekehrten Hartguss aufweisen, sind in Abbildung 4 wiedergegeben.

Zu diesem Versuch sei ausdrücklich bemerkt, dass sowohl Stahl als Flusseisen vollständig unverrostet waren;

Bis anhin blieb bei diesen Versuchen eine wichtige Frage unlösbar; es muss noch festgestellt werden, ob die Entstehung von umgekehrtem Hartguss in erster Linie auf die durch das wiederholte Umschmelzen erreichte chemische Zusammensetzung zurückzuführen ist, oder ob allenfalls andere, unbekannte Gründe, die mit der Inzucht im Zusammenhang stehen, vorhanden sind. Es wurde zu diesem Zweck darauf hingearbeitet, durch ein *einmaliges* Niederschmelzen im Kupolofen eine kritische Gusszusammensetzung zu erhalten, so wie sie bis jetzt durch Inzucht erreicht wurde. Die bekannte Tatsache, dass beim Niederschmelzen von Stahl und Flusseisen im Kupolofen eine Anreicherung von C und S eintritt, wurde dazu benutzt, in einem einmaligen Niederschmelzen ein Gusseisen von folgender Zusammensetzung zu erzeugen:

$C=2,66\%$, $Si=1,66\%$, $Mn=0,40\%$, $P=0,48\%$, $S=0,112\%$
Es wurde dies dadurch erreicht, dass ein Kupolofensatz mit 100 kg Luxemburger Roheisen, 300 kg Stahl- und Flusseisen und 6 kg 75%iges FeSi zusammengestellt wurde. Die Erwartung, auch auf diese Weise umgekehrten Hartguss zu erzeugen, blieb nicht aus; einige Gusstücke aus dieser Schmelze, die umgekehrten Hartguss aufweisen, sind in Abbildung 4 wiedergegeben.

Zu diesem Versuch sei ausdrücklich bemerkt, dass sowohl Stahl als Flusseisen vollständig unverrostet waren;

diesem Fall in erster Linie die kritische Gusszusammensetzung angesehen werden.

Dieser letzte Versuch wurde ein zweites Mal wiederholt, nur wurden statt 6, 10 kg 75%iges FeSi zugesetzt. Der Guss, der von folgender Zusammensetzung war: $C=2,91\%$, $Si=2,43\%$, $Mn=0,35\%$, $P=0,51\%$, $S=0,114\%$ lieferte, wie aus Abbildung 5 ersichtlich ist, ausgeprägten umgekehrten Hartguss.

Damit dürfte der Beweis erbracht sein, dass es *gleichgültig ist, auf welche Art die kritische Zusammensetzung des Gusseisens erreicht wird, ausschlaggebend ist die Zusammensetzung an und für sich.*



Abbildung 2.

Durch viele Beobachtungen konnte festgestellt werden, dass auch die *Giesstemperatur* für das Entstehen von umgekehrtem Hartguss von grosser Bedeutung ist; kalt gegossenes Eisen neigt viel mehr zur Bildung von umgekehrtem Hartguss als heisses Eisen. Es besteht also auch eine *kritische Giesstemperatur*.

Zur weiteren Ueberprüfung der Versuchsergebnisse wurde auch die Schlacke der Schmelze, aus der die Probestücke Abb. 5 stammen, chemisch untersucht und gefunden:

$SiO_2=42,34\%$, $Al_2O_3=13,97\%$, $FeO=10,97\%$,
 $MnO=1,38\%$, $CaO=31,60\%$, $S=0,114\%$,

daraus ergibt sich ein Verhältnis

$p = \text{Basen} : \text{Säuren} = 0,78$,

also für Kupolofenschlacke nichts ungewöhnliches. Wesentlich erscheint aber der niedrige Gehalt an MnO , wodurch auch die starke Schwefelanreicherung im Guss erklärliech wird. Niedriger Mn -Gehalt wirkt daher schon in dieser Hinsicht ungünstig.

Trotzdem die Erzeugung von umgekehrtem Hartguss durch den Versuch unzweideutig gelungen ist, ist damit die restlose Aufklärung dieser Erscheinung noch nicht erbracht. Fest steht, dass die chemische Zusammensetzung und die Giesstemperatur von grundlegender Bedeutung sind. Unter-

Ueber die versuchsweise Erzeugung von umgekehrtem Hartguss.

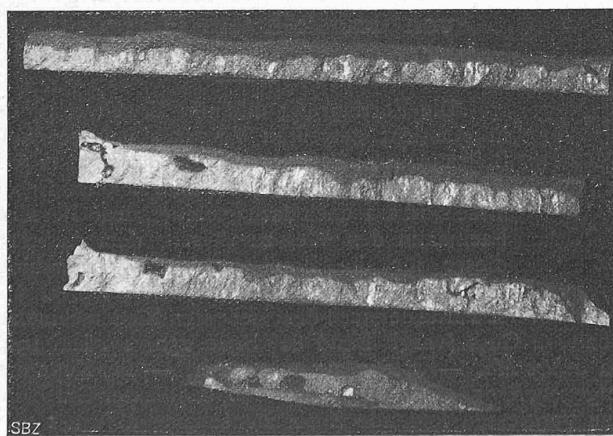


Abbildung 3.

gleichwohl muss, als Folge des Frischprozesses, mit einer bestimmten Menge von Sauerstoff, wahrscheinlich in Form von Eisenoxydul gerechnet werden. Als massgebend für das Entstehen von umgekehrtem Hartguss muss aber auch in

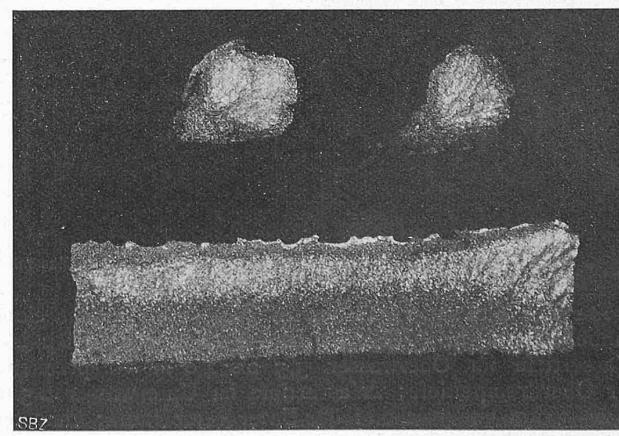


Abbildung 4.

suchungen des Bruchgefüges haben ferner ergeben, dass die Graphitbildung bei kritischer Gusszusammensetzung unter erschwerenden Umständen vor sich zu gehen scheint. Die Zerlegung des Zementits ist weniger vollkommen als

bei gewöhnlichem Grauguss; zudem kommt der Graphit mehr in Form von Knoten und Nestern vor.¹⁾ Dies gilt aber sowohl für den grauen Teil von Stücken, die umgekehrten Hartguss aufweisen, als auch für solche, die vollständig grau erstarren; die ungewöhnliche Graphitbildung ist also dem Grauguss von kritischer Zusammensetzung ganz allgemein eigen (s. Abbildung 6). Die Erschwerung der Zerlegung des Zementits beruht zum Teil schon auf dem hohen S-Gehalt; bei höheren Mn- und C-Gehalten würde aber bei den meisten vorliegenden Verhältnissen dennoch die Bildung von Graphit, wie die Praxis zur Genüge zeigt, immer noch ungestört vor sich gehen und vollkommener sein.

Die Erschwerung der Graphitbildung dürfte darauf zurückzuführen sein, dass in Ermangelung von genügend Mangan der überschüssige Schwefel als FeS auftritt. Es ist denkbar, dass das Schwefeleisen, das erst bei 985° zur Erstarrung gelangt, also bei Beginn der kritischen Temperatur der Graphitausscheidung, die etwa 30° bis 40° unter der Erstarrungstemperatur liegt, noch als Flüssigkeit vorliegt, die Kristallisationszentren umgeben wird und dadurch das Wachsen der Kristalle zu stören und die Kernzahl des Graphits zu vermindern vermag. Auf alle Fälle scheinen sich Schwefeleisen und Schwefelmangan sehr verschiedenartig zu verhalten; es sei diesbezüglich u. a. nur auf die Arbeit: Beitrag zur Kenntnis des Temperprozesses, von P. Oberhoffer und J. Welter²⁾ hingewiesen, die in verschiedener Hinsicht auch für die Untersuchungen über das Wesen des umgekehrten Hartgusses wertvoll erscheint, so besonders auch im Hinweis auf die scharfe Abgrenzung von Rand- und Kernzonen.

Solange die Erstarrungsvorgänge, die zur Bildung von umgekehrtem Hartguss führen, nicht in allen Einzelheiten aufgeklärt sind, muss jede angenommene Erklärung, die Aufschluss geben will, warum die Graphitbildung in den Randteilen leichter als im Kern vor sich geht, auch dem Einfluss der kritischen Giessstemperatur gerecht werden. Nachdem Mittel und Wege gefunden sind, umgekehrten Hartguss durch den Versuch darzustellen, dürfte es vielleicht auch gelegentlich einmal gelingen, die Abkühlungskurven für den grauen und den weissen Teil gleichzeitig aufzunehmen, wodurch die endgültige Aufklärung sehr gefördert würde. Auch dem Wärmeßfluss von Element zu Element

¹⁾ Auf das nesterförmige Auftreten temperkohleartigen Graphits in der Nähe der weissen Stellen hat erstmals Dr. H. Frey † hingewiesen (siehe «Schweizer. Techniker-Zeitung» vom 5. August 1920), ohne aber daraus für die Deutung des Entstehens von umgekehrtem Hartguss etwa Schlussfolgerungen zu ziehen, wie dies später Dr. Bardenheuer getan hat.

²⁾ «Stahl und Eisen» 1923, Nr. 4 und 9.

des Gusstückes und vom Gusstück zur Form müsste dabei Beachtung geschenkt werden.

Vorläufig sei versucht, der Erscheinung folgende Deutung zu geben: Kommt der Guss in kritischer Zusammensetzung mit niedriger Giessstemperatur in die Form, so werden die Randteile bald zur Erstarrung gelangen; am Wärmeßfluss nach der Form zu wird auch der ganze Kern noch stark beteiligt bleiben. Während der Graphitbildung, die unter Raumvermehrung vor sich geht und der nachfolgenden Schrumpfung der Randteile kann auf das noch flüssige Schwefeleisen ein Druck ausgeübt werden, der sich auch nach innen auf den anfänglich noch ganz flüssigen Kern

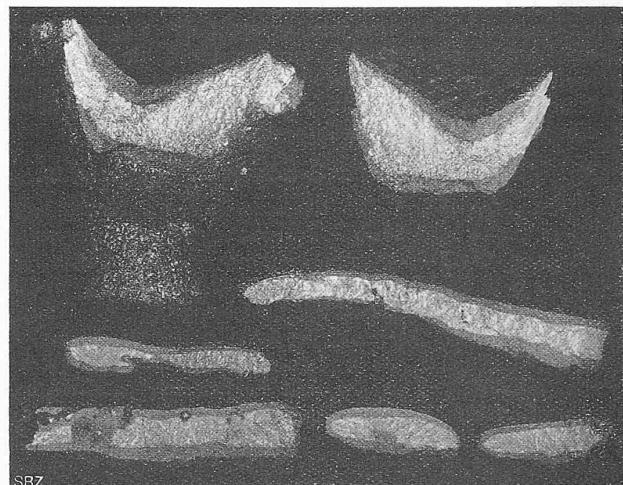


Abbildung 5.

überträgt, was nebenbei auch zu örtlichen Schwefelansammungen führen kann. (So fanden z. B. Dr. Frei und Bollinger, die bereits, wenn auch in anderer Hinsicht, auf die Bedeutung von FeS bei der Entstehung von umgekehrtem Hartguss hingewiesen haben, s. Schweiz. Techn.-Ztg. Nr. 30 und 31, Jahrgang 1920, starke örtliche Schwefelansammlungen besonders in der Uebergangszone.) Kurze Zeit nach der Erstarrung der Randzone wird infolge der niedrigen Giessstemperatur auch der Kern die Temperatur der Graphitbildung erreichen; trifft dies zu, bevor das Schwefeleisen in den äußeren Teilen erstarrt ist, so kann der Energieunterschied zwischen Zementit- und Graphitzustand durch die nunmehr unter höherem Druck stehende schützende Hülle des Schwefeleisens derartig verringert werden, dass das Vordringen der Graphitbildung im Kern gegenüber dem Randteil weiterhin erschwert wird, was alsdann im Verein mit dem noch anhaltenden merkbaren Wärmeßfluss zur Verhinderung der Graphitbildung führen kann.

Zum Schluss sei noch darauf hingewiesen, dass möglicherweise auch thermische Untersuchungen für das System Eisen-Schwefel-Sauerstoff, das nach Le Chatelier & Ziegler ein komplexes Eutektikum mit FeS-, FeO- und Fe-reichen Mischkristallen aufweist, zur Aufklärung des Wesens des umgekehrten Hartgusses beitragen könnte; sehr häufig tritt nämlich die graue Schicht nur oder doch zur Hauptsache dort auf, wo eine unmittelbare Berührung mit dem Sauerstoff der Luft möglich ist (s. z. B. Abbildung 3).

Die angegebenen Verfahren erscheinen geeignet, dem Wissenschaftler den Weg zu weisen, wie er sich zur vollständigen Erforschung dieser Erscheinung seinen Versuchsgegenstand verschaffen, dem Praktiker aber, wie er sich vor Ausschuss durch umgekehrten Hartguss bewahren kann.

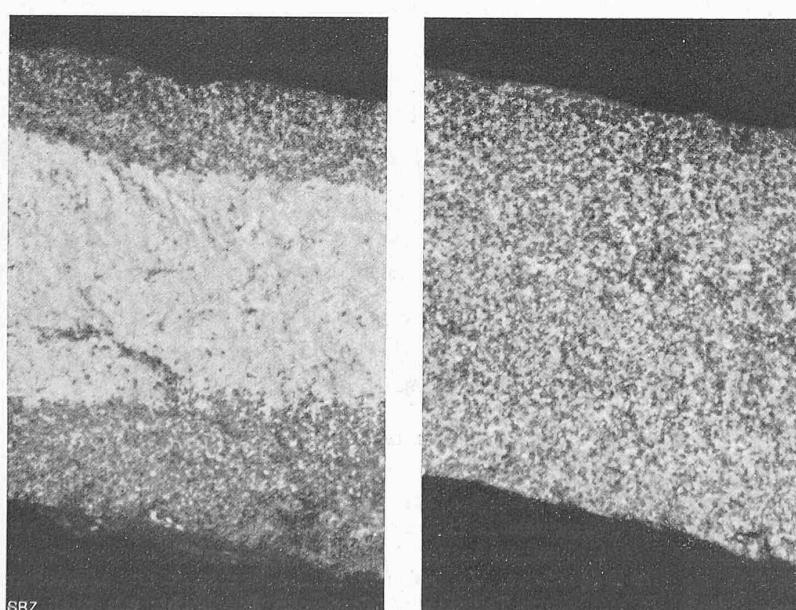


Abb. 6. Links umgekehrter Hartguss, rechts vollständig grau erstarres Stück, 6 mal vergrößert.