

ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN STAHLBAUVEREINES



**Stahlbau**  
*Rundschau*

3. Jahrgang  
Heft 2 / 1957

## Inhalt

Ein neues Stahlherstellungsverfahren (o. Prof. Dr. mont. Walzel) . . . . .	Seite 3
Erste Anwendung von LD-Stahl für Stahlbauten in der Schweiz (Prof. Dipl.-Ing. Cosandey) . . . . .	Seite 7
Die Straßenbrücke von Helsinki nach Kulosaari, Finnland (Prof. Dipl.-Ing. Kivisalo) . . . . .	Seite 14
Baustähle aus dem LD-Tiegel für den Stahlbau (Priv.-Doz. Dr.-Ing. Hauttmann) . . . . .	Seite 23
Vollbahnschienen aus LD-Stahl (Dr. mont. Laizner) . . . . .	Seite 29
Industriebauwerke aus LD-Stahl (Dipl.-Ing. Höbenreich) . . . . .	Seite 32
Kurzauszüge (englisch) . . . . .	Seite 37
Kurzauszüge (französisch) . . . . .	Seite 39

## Contents

A new method for producing steel (o. Prof. Dr. mont. Walzel) . . . . .	Page 3
First use of LD-steel for steel buildings in Switzerland (Prof. Dipl.-Ing. Cosandey) . . . . .	Page 7
The highway-bridge from Helsinki to Kulosaari, Finland (Prof. Dipl.-Ing. Kivisalo) . . . . .	Page 14
Structural steel from the LD-crucible for fabricated steel construction (Priv.-Dozent Dr.-Ing. Hauttmann) . . . . .	Page 23
Normal gauge rails of LD-steel (Dr. mont. Laizner) . . . . .	Page 29
Industrial buildings made of LD-steel (Dipl.-Ing. Höbenreich) . . . . .	Page 32
Extracts (English) . . . . .	Page 37
Extracts (French) . . . . .	Page 39

## Sommaire

Un nouveau procédé pour la production d'acier (o. Prof. Dr. mont. Walzel) . . . . .	Page 3
Le pont-route de Helsinki à Kulosaari, Finlande (Prof. Dipl.-Ing. Kivisalo) . . . . .	Page 14
Aciers de construction résultant du procédé au creuset LD destinés pour les constructions métalliques (Priv.-Dozent Dr.-Ing. Hauttmann) . . . . .	Page 23
Rails pour les grands chemins de fer, fabriqués de l'acier LD (Dr. mont. Laizner) . . . . .	Page 29
Constructions industrielles en acier affiné par oxygène pur (Dipl.-Ing. Höbenreich) . . . . .	Page 32
Resumés (Angl.) . . . . .	Page 37
Resumés (Franc.) . . . . .	Page 39

# Stahlbau

## Kundschau

Zeitschrift des Österreichischen Stahlbauvereines

3. Jahrgang

Heft 2 - 1957

### Vorwort

*Die weltweite Anwendung des in Österreich entwickelten Verfahrens für das Frischen von Roheisen mit reinem Sauerstoff (LD-Verfahren) zur Massenerzeugung von Qualitätsstählen — eine umwälzende Neuerung auf metallurgischem Gebiete — wirft Fragen auf, mit denen sich nicht nur der Stahlerzeuger, sondern auch der Stahlverbraucher zu befassen hat.*

*Der Österreichische Stahlbauverein widmet das vorliegende Heft ausschließlich dem LD-Stahl — Linz-Donawitz — (von der Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft intern auch SK-Stahl genannt) und will damit Erfahrungen, die mit dem neuen Stahl gemacht wurden, einem größeren Kreis von Fachleuten mitteilen. Während in den bisher erschienenen Veröffentlichungen die Fachleute der Hüttenwerke die Durchführung des Verfahrens und die technologischen Eigenschaften der erzeugten Stähle eingehend beschrieben, sollen in diesem Heft auch Stahlverarbeiter zu Worte kommen und über Stahlbauten aus LD-Stahl berichten.*

*Seit den Jahren 1952/53, in denen von österreichischen Stahlwerken — der Hütte Linz der Vereinigten Österreichischen Eisen- und Stahlwerke A. G. und der Hütte Donawitz der Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft — erstmalig in Großanlagen LD-Stahl erblasen wurde, sind über 2 500 000 t dieses Stahles erzeugt und in alle Welt geliefert worden. Ein beachtlicher Teil hiervon wurde in Stahlkonstruktionen verbaut.*

*Bei der Bedeutung, die der neue Stahl weit über Österreichs Grenzen hinaus durch den Bau von LD-Stahlwerken in Kanada, USA, Deutschland, Frankreich, Indien und Japan und die geplanten Anlagen in vielen anderen Ländern gewonnen hat, wird unsere Zeitschrift dem LD-Stahl auch fernerhin seine besondere Aufmerksamkeit schenken und über die bei der Anwendung gewonnenen Erfahrungen berichten. Wir wollen mit diesen Veröffentlichungen eine Lücke im Schrifttum unseres Fachgebietes schließen.*

*Das vorliegende Heft wird im Hinblick auf das große Interesse, das ihm vom In- und Ausland entgegengebracht wird, in deutscher und englischer Sprache erscheinen.*

Der Vorstand  
des Österreichischen Stahlbauvereines



LD-vessel in operation

LD-Tiegel in Betrieb

Creuset LD-pendant l'opération

# Ein neues Stahlherstellungsverfahren.

Von o. Prof. Dr. mont. Richard Walzel, Leoben

Die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts gilt mit Recht als das Zeitalter des Werdens der Flußstahlherstellung im großen. Das Bessemerverfahren, das Siemens-Martinverfahren und das Thomasverfahren sind in diesen Jahrzehnten erfunden worden und es ist nicht übertrieben zu sagen, daß diese Erfindungen das Gesicht der Welt entscheidend verändert haben. Sie haben die unerläßliche Voraussetzung für den Aufstieg des Maschinenbaues, des Eisenbahnwesens, des Schiffbaues, des Brückenbaues und sonstigen Stahlbaues gegeben; ihre Metallurgie ist zu großer mengenmäßiger und auch qualitativer Leistungsfähigkeit gebracht worden und hat dadurch nach allen Seiten in hohem Maß befruchtend gewirkt. Flußstahlzeitalter und Industrie- und Verkehrszeitalter sind untrennbar verwobene Begriffe geworden.

Wie man aber immer wieder und auf allen Gebieten der Geschichte der Wissenschaften und Technik beobachten kann, folgen auf Zeiten der schöpferischen Leistungen und stürmischen Impulse Jahrzehnte einer verhältnismäßigen Ruhe, in denen das Errungene zwar ausgebaut und verfeinert wird, in denen also die erzeugten Mengen weiter wachsen und die Eigenschaften im gegebenen Rahmen weiter verbessert werden, in denen aber nichts grundsätzlich Neues geschaffen wird. Dieser Rhythmus zeigt sich auch klar in der Großstahlherstellung. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts finden wir nämlich zwar eine ausgezeichnete Weiterentwicklung der Werkstoffkunde aller Stähle, dank den metallographischen Methoden, der Aufschließung des Atomgitters und den daraus geschöpften fruchtbareren Theorien und praktischen Arbeitsregeln für die Wärmebehandlung der Stähle usw., so daß nicht nur die Edelstähle im engeren Sinn, sondern im Gefolge auch die Großbaustähle immer „edler“ und qualitativ leistungsfähiger geworden sind. Aber die Metallurgie der Großstahlerzeugung, also das Herstellungsverfahren für diese Stähle, ist im Prinzip in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts unverändert geblieben. Beigetragen zu diesem Stillstehen hat sicherlich sehr die Tatsache, daß die Rohstoffgrundlage, das heißt die Versorgung mit Roheisen und Stahlschrott, in diesem Zeitabschnitt noch keine entscheidende Verschiebung gegenüber den Verhältnissen des ausgehenden 19. Jahrhunderts erfahren hat. Es soll auch nicht übersehen werden, daß die Steigerung der Qualitätsansprüche an die Großstahlerzeugung als treibende Kraft nicht von heute auf morgen sprunghaft eingetreten ist, sondern in der ersten Hälfte des

20. Jahrhunderts schrittweise vorangetrieben wurde, allerdings so, daß sie gegen die Jahrhundertmitte keinesfalls mehr überhört werden konnte. Es war nicht zuletzt der Stahlbau und die mit ihm eng verbundene Schweißtechnik, die gebieterisch ihre Güteansprüche an die Großbaustähle stellten.

Die Erreichung dieses Standes in den Güteansprüchen fiel nun zusammen mit einer Wende in der Rohstoffversorgung, und beide zusammen stellten den Eisenhüttenmann vor eine ganz neue Aufgabe. Das klassische Thomasverfahren, für das auch jetzt von der Rohstoffseite her keine wesentliche Schwierigkeit besteht, kann bestimmten neuzeitlichen Güteansprüchen an den Stahl nicht mehr genügen. Das Siemens-Martinverfahren hingegen würde zwar in diesem Belang voll entsprechen, aber für seine Ausweitung fehlen heute die unumgänglich notwendigen Mengen an Stahlschrott; es wäre schon allein aus diesem Grund nicht möglich, einen Teil der heutigen Thomasstahlerzeugung auf Siemens-Martin umzulegen, geschweige denn die erwünschte und notwendige Erhöhung der gesamten Rohstahlerzeugung in Form von Siemens-Martin Stahl durchzuführen. Stahlschrott ist in aller Welt zur Mangelware geworden und die Verhältnisse zur Zeit der Erfindung des Siemens-Martinverfahrens, in der die Aufgabe der Verwertung eines angehäuften Schrottüberschusses vorlag, sind längst überholt; auch das vorübergehend reichlichere Altschrottaufkommen unmittelbar nach dem zweiten Weltkrieg gehört der Vergangenheit an. Das Siemens-Martinverfahren ist aber, wenn es wirtschaftlich arbeiten soll, an einen verhältnismäßig hochliegenden Schrottanteil zwischen 50 und 80% des Einsatzes gebunden. Abgesehen von dieser entscheidenden Rohstoffschwierigkeit weist das Siemens-Martinverfahren, neben seinen anerkannten Vorzügen, auch noch andere ernste Mängel, besonders auf der wirtschaftlichen Seite, auf. Diese liegen in den hohen Investitionskosten je Tonne Erzeugungskapazität und in der verhältnismäßig geringen mengenmäßigen Leistungsfähigkeit des Verfahrens. Wenn man die letztere, wie es geschieht, durch Verwendung immer größerer Ofeneinheiten auszugleichen versucht, muß man einen immer ungünstigeren Rhythmus im Erzeugungsgang und schwerere, umfangreichere und teurere Einrichtungen für den Transport und die Speicherung des erzeugten Stahles in Kauf nehmen; das Siemens-Martinverfahren ist in diesen Belangen dem Bessemer- und Thomasverfahren zweifellos unterlegen.

Es haben daher schon während des zweiten Weltkrieges und verstärkt nach dessen Ende die Bemühungen der Metallurgen eingesetzt, das rohstoffmäßig und wirtschaftlich günstig liegende, aber den Güteforderungen eben nicht entsprechende Thomasverfahren soweit zu verbessern, daß es wenigstens auf einem beträchtlichen Teil der Anwendungsgebiete des Stahls das Siemens-Martinverfahren ersetzen kann. Es ging in erster Linie um eine Herabdrückung des durch die Eigenart jedes Windfrischverfahrens bedingten hohen Stickstoffgehaltes des Stahls, der bekanntlich durch seine, die sogenannte Alterung fördernde, versprödennde Wirkung den Stahl für eine Reihe wichtiger Verwendungsgebiete von vorneherein ausschließt. In den klassischen Ländern der Windfrischstahlerzeugung, also in Deutschland, Belgien, Luxemburg und Frankreich, aber auch in England, wurden bedeutende Erniedrigungen des Stickstoffgehaltes durch Verbesserungen im Blaseverfahren erzielt, wobei u. a. die Anreicherung des Gebläsewindes mit Sauerstoff, auch kombiniert mit dem Einblasen von Wasserdampf usw., eine maßgebliche Rolle spielt. An der grundsätzlichen Einrichtung des Bessemer- und Thomasverfahrens, nämlich an dem durch einen Düsenboden blasenden Konverter, wurde aber nichts geändert. Man kann daher mit Recht wohl von erfolgreichen Verbesserungen des Windfrischverfahrens, nicht aber von einem grundsätzlich neuen metallurgischen Verfahren sprechen, und es lassen sich gewisse, mit dem Bodenblasen verbundene Beschränkungen auf diese Weise nicht überwinden. Immerhin treten die „verbesserten Windfrischstähle“ tatsächlich heute in vielen Fällen und in zunehmendem Maße mit Berechtigung an die Stelle von Siemens-Martinstählen. Auf den Gebieten höchster Anforderungen im Kessel-, Schiff-, Brücken- und Maschinenbau, sowie der anspruchsvollen Kaltformgebung bleiben aber die Beschränkungen freilich weiter wirksam.

Der Stahlbaufachmann mag vielleicht zunächst den Eindruck haben, daß dies Fragen sind, die nur den Hüttenmann zu interessieren brauchen, dessen Sorge ja die Rohstoffbeschaffung usw. ist. Tatsächlich gehen diese Probleme aber auch jeden Stahlverbraucher — darunter nicht zuletzt den Stahlbaufachmann — sehr wesentlich an, denn es wurde schon angedeutet, daß die mengenmäßige Leistungsfähigkeit und die Qualität der Stahlerzeugung davon abhängen, und, wie man notwendigerweise ergänzen muß, auch der Preis. Es wird daher diesen Verbraucherkreis interessieren müssen, daß die Zeit nach dem zweiten Weltkrieg, also die Mitte des 20. Jahrhunderts, auch ein grundsätzlich ganz neues Verfahren zur Flußstahlerstellung im großen gebracht hat, das wirklich ohne Vorbehalt die erzeugungstechnischen

und wirtschaftlichen Vorzüge des Windfrischverfahrens mit den qualitativen Vorzügen des Siemens-Martinverfahrens vereinigt. Wie alle umwälzenden Neuerungen beruht es auf einem an sich einfachen und klaren Gedanken: Statt wie im Bessemer- und Thomasverfahren das Frischmittel durch einen Düsenboden von unten durch das Roheisenbad zu blasen, wird es auf die Badoberfläche von oben aufgeblasen. Damit fallen mit einem Schlag mehrere Schwierigkeiten weg. Man braucht nicht mehr auf die Haltbarkeit eines Düsenbodens Rücksicht zu nehmen und kann daher unbehindert einen technisch reinen, ungemischten Sauerstoff als Frischmittel verwenden. Damit fällt die Einbringung von Stickstoff praktisch völlig weg und das Problem des Stickstoffgehaltes des Stahls löst sich von selbst. Die Bindung an bestimmte Roheisenzusammensetzungen, insbesondere mit Mindestgehalten an Phosphor wie für den Thomasprozeß, fällt weg; das sonst für das Siemens-Martinverfahren verwendete Stahlroheisen eignet sich besonders gut für das neue Verfahren. Der Prozeß kann in sorgfältiger Anpassung an den Frischfortschritt geführt werden, und es ist im Gegensatz zum üblichen Windfrischen durch Bodendüsen ohneweiters möglich, die Zufuhr an Frischmitteln beliebig zu dosieren oder vorübergehend auch ganz abzustellen. Die Frischreaktion ist daher wesentlich besser zu beherrschen als im bodenblasenden Konverter; sie ähnelt weitgehend jener im Siemens-Martinofen insofern, als eine an der Auftreffstelle des Sauerstoffstrahles gebildete Zone einer eisenoxydulreichen Schlacke ihren Sauerstoff durch Schlackenreaktion an das Roheisenbad weitergibt. Es kann daher nicht verwundern, daß der so erzeugte Stahl in seinen Güteeigenschaften dem Siemens-Martin Stahl gleichkommt.

Die wegbereitenden Gedanken und grundlegenden Versuche für das neue Stahlherstellungsverfahren sind in erster Linie Professor Dr.-Ing. Dr. mont. h. c. Robert Durrer in Gerlafingen zu danken; sein Name soll daher allein für mehrere andere, die verdienstvoll mit dem Verfahren verbunden sind, genannt werden. Die Entwicklung zur Betriebsreife als einwandfrei arbeitendes Großverfahren bleibt ein Ruhmesblatt der Vereinigten Österreichischen Eisen- und Stahlwerke A. G., Hütte Linz, und der Oesterreichisch Alpine Montangesellschaft, Hütte Donawitz, und des Ingenieurstabes beider Unternehmungen. Nach etwa dreijährigen Versuchen mit immer größeren Tiegeleinheiten kamen beide Werke zum Bau von Großanlagen mit 30 Tonnen fassenden Frischgefäßen. Die Großanlage in der Hütte Linz konnte in einem Erweiterungsbau des dortigen Siemens-Martin Stahlwerkes im November 1952 und die in der Hütte Donawitz in einem besonderen Neubau im Mai 1953 in Betrieb gehen.

Die beiden Entwicklungswerke haben nunmehr die gemeinsame Kurzbezeichnung „LD“ für das neue Verfahren und den neuen Stahl gewählt, und es soll der Einfachheit halber dieses Zeichen auch in den nachstehenden Darlegungen verwendet werden.

In kippbaren Tiegeln wird durch eine lotrecht gegen die Badoberfläche gerichtete, wassergekühlte Lanze technisch reiner Sauerstoff (mit mindestens 98,5%, vorzugsweise aber über 99% Sauerstoffgehalt) mit regelbarem Druck aufgeblasen. Der Einsatz besteht aus flüssigem Stahlroheisen mit einem ausschließlich aus Neuschrott bestehenden Schrottzusatz von 12 bis 22%, je nach der Roheisenbeschaffenheit, und aus den nötigen schlackenbildenden Zusätzen. Der Sauerstoffverbrauch entspricht praktisch der für die Oxydation der Begleitelemente des Roheisens und eines mäßigen Anteils an Eisen selbst theoretisch notwendigen Menge. Es fehlt hier der Platz, auf weitere metallurgische Einzelheiten des Verfahrens einzugehen; es erübrigt sich dies auch dadurch, daß über diese Fragen bereits mehrfach auf Tagungen und im Schrifttum berichtet worden ist, insbesondere durch die an der Entwicklung maßgeblich beteiligten Ingenieure der beiden Werke. Auch liegen werkseigene zusammenfassende Veröffentlichungen vor. Es soll daher genügen, wenn hier auf einige herausgegriffene Tagungsberichte und Veröffentlichungen hingewiesen wird, und zwar bevorzugt auf solche, die selbst wiederum ausführliche weitere Schriftumsnachweise enthalten. Es seien in diesem Sinn genannt die Vortragstagung des Technisch-wissenschaftlichen Vereins „Eisenhütte Österreich“ in Leoben am 3. Dezember 1951 unter dem Leitwort „Stahlfrischen mit reinem Sauerstoff“<sup>1)</sup>; weiters die Berichte über die letzten Fortschritte, die im Rahmen der Hauptversammlung 1956 der „Eisenhütte Österreich“ am 1. Juni 1956 in Leoben von Ingenieuren beider Werke erstattet wurden<sup>2)</sup>. Auch die im März 1953 von der BOT Brasserie Oxygentechnik A. G. in Zürich herausgegebene Schrift „Oxygenstahl“<sup>3)</sup> sei wegen ihrer eingehenden Schriftumsnachweise genannt, und schließlich aus dem gleichen Grund die Abhandlung des Verfassers „Neuzeitliche Wege der Stahlherstellung für den Stahlbau“<sup>4)</sup> auf der Österreichischen Stahlbautagung 1955 in Salzburg. — Das Verfahren ist durch etwa 70 Grundpatente und -anmeldungen, auf deren

Priorität ein großer Stock von Weltpatenten beruht, geschützt.

Die metallurgische Eigenart des Verfahrens und insbesondere den Fortschritt gegenüber dem Siemens-Martinverfahren beleuchtet in einigen wichtigen Belangen Bild 1. Es zeigt, daß der Roheiseneinsatz des LD-Verfahrens im Durchschnitt etwa das Dreifache, der Schrottbedarf hingegen durchschnittlich weniger als ein Viertel von jenem des Siemens-Martinverfahrens beträgt; hiebei ist aber natürlich die im Siemens-Martinverfahren immerhin mögliche große Spanne für den Einsatz zu berücksichtigen. Die stündliche Stahlerzeugung je Tiegeleinheit beträgt, freilich in starker Abhängigkeit von der Ofengröße eines Siemens-Martinofens, durchschnittlich etwa das Vierfache. Es sei nochmals hervorgehoben, daß diese zunächst für den Hüttenmann interessanten Verhältniszahlen ganz unvermeidlich auch für den Stahlverbraucher mittelbar höchst wichtig sind. Unmittelbar bedeutungsvoll für ihn sind aber die Werkstoffeigenschaften des LD-Stahls, und über diese darf auf Grund der Erfahrung, die nunmehr schon mit etwa 2 $\frac{1}{2}$  Millionen Tonnen österreichischen LD-Stahls vorliegen, mit Berechtigung das schon Gesagte wiederholt werden: Der LD-Stahl hat die bewährte Qualitätshöhe des österreichischen Siemens-Martinstahls voll gewahrt und hat sie in einigen, gerade auch für den Stahlbaufachmann wichtigen Belangen sogar übertreffen können. Dies letztere gilt zunächst für das Kaltverformungsvermögen des Stahls; bei gleicher Zerreißfestigkeit liegt nämlich durchschnittlich die Bruchdehnung des LD-Stahls höher als die des Siemens-Martinstahls, so daß sich ein um mehrere Prozente höheres Güteprodukt aus Zerreißfestigkeit und Dehnung ergibt. Die Kerbschlagzähigkeit des LD-Stahls, besonders auch bei tiefen Temperaturen, liegt bemerkenswert günstig. Sein Stickstoffgehalt entspricht jenem von hochwertigem Siemens-Martin Stahl; dementsprechend erweist sich die Alterungsneigung des LD-Stahls als erfreulich gering. Sein Phosphorgehalt liegt ebenso niedrig wie jener von sehr gutem Siemens-Martin Stahl, und als eine besonders beachtenswerte Tatsache ist der niedrige Schwefelgehalt des LD-Stahls zu nennen. Die Durchschnittsschwefelgehalte aus einer großen Reihe von weichen LD-Stahlschmelzen wurden mit 0,023%, bei kleiner Streuung, ermittelt; diese deutlich unter den Gehalten von Siemens-Martin Stahl liegenden Werte, die sich aus der Reinheit des Einsatzes, dem Fehlen des Generatorgasschwefels und der entschwefelnden Wirkung des LD-Prozesses selbst zwanglos erklären, machen den Stahl besonders für Schmelzschweißung bevorzugt geeignet.

Wenn im Jahre 1955 in Österreich schon mehr als 37% der gesamten 1,82 Millionen

<sup>1)</sup> Stahl und Eisen 72 (1952), Heft 17, S. 989/1024, mit den Beiträgen von O. Cuscoleca, H. Hauttmann, W. Kühnelt, K. Rösner und H. Trenkler.

<sup>2)</sup> Berichte von H. v. Laizner, R. Rinesch, K. Rösner und F. Wegscheider, deren Veröffentlichung demnächst erfolgen wird.

<sup>3)</sup> H. Malzacher und R. Walzel, Seite 5 bis 10.

<sup>4)</sup> R. Walzel, Sonderheft 1955 der „Stahlbau-Rundschau“, Zeitschrift des Österreichischen Stahlbauvereines, Seite 129/137.

Tonnen betragenden Rohstahlerzeugung auf den LD-Stahl entfielen, und dieser Anteil im Jahre 1956 und weiterhin noch wesentlich steigen wird, so ist wohl überzeugend dargestellt, daß die in so überraschend kurzer Zeit vorangetriebene Entwicklung auf gesunden Grundlagen fußen muß. Sie hat dementsprechend auch bereits das Vertrauen des Auslandes gewonnen; Anlagen nach dem österreichischen Vorbild sind bereits in Betrieb gegangen, oder befinden sich im Bau, oder

sind in festen Auftrag gegeben worden in: Kanada, U. S. A., Deutschland, Frankreich, Indien und Japan; weitere Aufträge stehen in Unterhandlung. Eine weltweite Entwicklung ist damit in Gang gekommen.

Die nachfolgenden Berichte dieses Sonderheftes beschreiben eine Auslese von Stahlbauten und verwandten Anwendungsgebieten des LD-Stahls und unterstützen durch die mitgeteilten Einzelerfahrungen das Urteil über die Güte und Eignung des neuen Stahls.

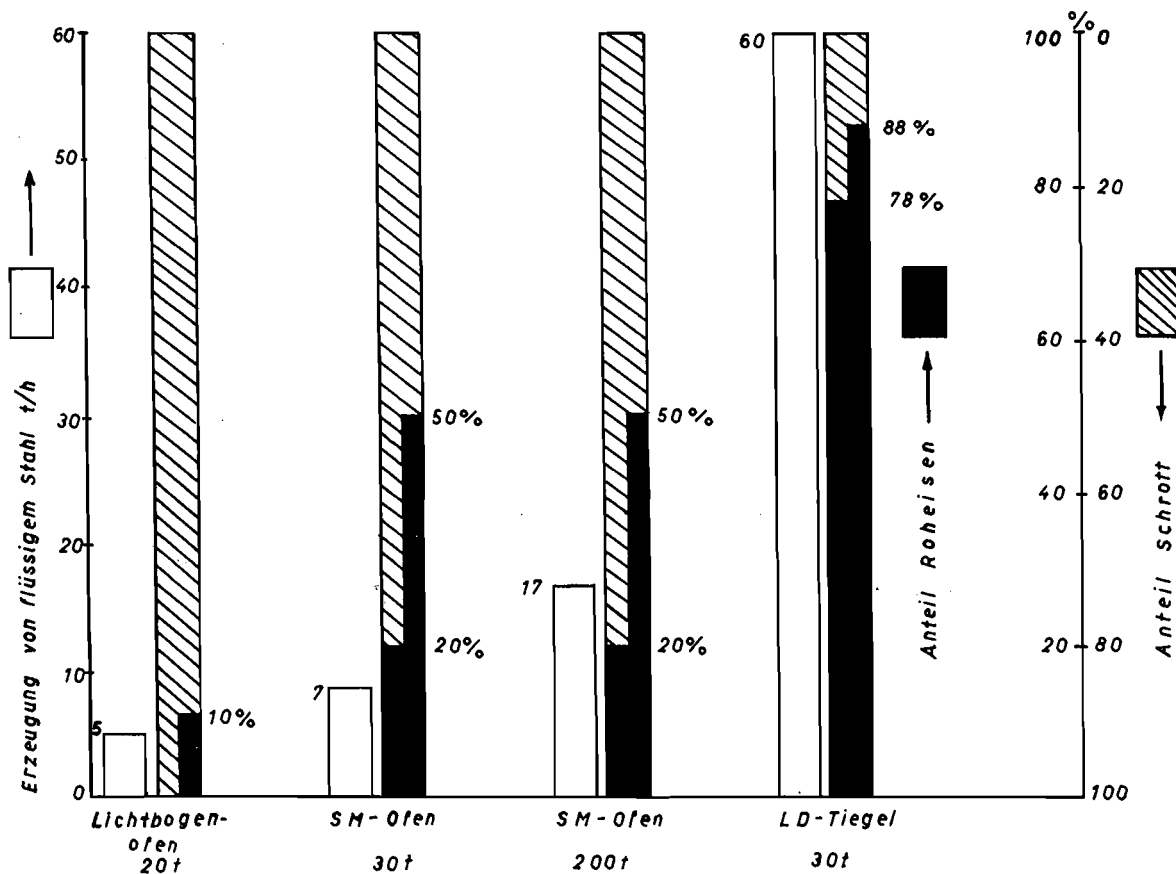


Bild 1: Metallischer Einsatz und Stundenleistung der Stahlherstellungsverfahren

Fig. 1: Metallic charge and capacity per hour of steel making processes

Fig. 1: Charge métallique et rendement horaire des procédés de fabrication de l'acier



## Le premier emploi d'acier „LD” en charpente métallique en Suisse

Par Maurice C o s a n d e y, Professor EPUL., Ingénieur dipl., Lausanne

Le constructeur suisse de ponts et charpentes se trouve dans une situation particulière caractérisée par le fait qu'il usine un matériel importé avec une main d'oeuvre de très bonne qualification. Pour obtenir des constructions permettant de soutenir la concurrence avec celles utilisant d'autres techniques, et ceci du point de vue coût (qui est souvent l'unique élément d'appréciation conduisant à la décision), il est nécessaire, soit d'utiliser des matériaux de haute qualité, soit de rechercher l'économie par l'étude statique poussée ou le choix soigné des détails constructifs, soit les deux ensemble. Cette manière de faire, salubre en soi, se heurte souvent à des difficultés telles que délais de livraison des aciers très longs, temps disponible pour l'étude très court, prix des aciers de qualité élevé etc. Certes, il existe un nombre de problèmes où les contingences précédentes ne jouent en principe aucun rôle. Ce sont ceux pour lesquels seul l'acier est capable de procurer l'avantage désiré et d'atteindre le but visé. Bien que plus à l'aise le constructeur ne devra cependant dans ce cas négliger ni le coût ni la qualité.

Il faut donc saluer, avec d'autant plus de plaisir qu'elle était désirée, l'initiative des aciéries autrichiennes de fabriquer un acier élaboré par un procédé rapide mais ayant les propriétés du plus lent. Je veux parler de l'acier élaboré au convertisseur spécial à l'oxygène pur. Cet acier est actuellement trop connu en Autriche pour qu'il vaille la peine d'en parler ici. Notre but est simplement de décrire dans ses grandes lignes le premier ouvrage de charpente construit en Suisse avec cet acier. Il s'agit d'une poutre Vierendeel supportant une façade de bâtiment et une dalle couverture d'une salle de cinéma, et franchissant le vide de la salle à l'extrémité côté écran. (Maître de l'oeuvre Ebauches S. A. Neuchâtel.) La figure 1. explique le principe de la construction; le système Vierendeel a été choisi pour permettre d'utiliser la hauteur d'un étage nécessaire à la résistance, sans pour autant aveugler les fenêtres indispensables à l'exploitation des ateliers. La poutre

## Erste Anwendung von LD-Stahl für Stahlbauten in der Schweiz

Von Prof. Dipl.-Ing. Maurice C o s a n d e y, Lausanne

Die schweizerischen Stahlbauanstalten befinden sich in einer besonderen Lage, weil die Löhne ihrer hochqualifizierten Arbeiterschaft verhältnismässig hoch sind und weil sie die Baustähle einführen müssen. Um den Konkurrenzpreisen anderer Bautechniken (die häufig das einzige entscheidende Element darstellen) wirksam entgegenzutreten zu können, ist es notwendig, die Wirtschaftlichkeit der Erzeugnisse durch sorgfältigste Wahl der Baustoffe und konstruktiven Details zu steigern. Diese Zwangslage, der manches Gesunde innewohnt, bringt die schweizerischen Stahlbauanstalten einerseits wegen der hohen Preise und langen Lieferfristen für Qualitätsstähle, andererseits wegen der oft zu kurzen zur Entwicklung der Konstruktion zur Verfügung stehenden Zeit, manche Schwierigkeiten. Immerhin können Gelegenheiten auftreten, wo diesen Schwierigkeiten keine übermäßige Rolle mehr zukommt. Diese ergeben sich dann, wenn der Stahl das einzige, den gestellten Anforderungen genügende Material ist. Aber auch bei einem solchen Objekt wird der Konstrukteur nie die Qualitäts- und die Preisfrage vernachlässigen können.

Die Initiative der österreichischen Stahlwerke, ein neues Verfahren für die Herstellung von Stahl zu entwickeln, der neue Möglichkeiten in seiner Verwendung bringt, ist sehr zu begrüßen. Eine derartige Entwicklung war seit langem erwünscht. Ich meine hier den LD-Stahl, der in Tiegeln mit reinem Sauerstoff gefrischt wird. Der LD-Stahl ist in Österreich schon so bekannt, daß es sich erübrigt, an dieser Stelle Näheres darüber auszuführen. Zweck der vorliegenden Veröffentlichung ist es, über das erste Bauwerk, das in der Schweiz aus LD-Stahl hergestellt wurde, zu berichten. Es handelt sich um einen Vierendeel-Träger, der die Fassade eines Bauwerkes trägt und die Plattendecke eines Lichtspieltheaters, welche den freien Innenraum am Ende der Bildflächenwand überspannt. (Baufirma Ebauches S. A., Neuchâtel).

Bild 1 erklärt das Grundsätzliche der Konstruktion. Die Vierendeelbauart wurde gewählt, um die Etagenhöhe bei der Gestaltung des Trägers auszunutzen zu können, ohne die Funktion der in der Fassade vorgesehenen Fenster zu stören. Der Träger ist einer Belastung aus-

Bild 1: Grundriß und Schnitt des Gebäudes

Fig. 1: Plan et coupe du bâtiment

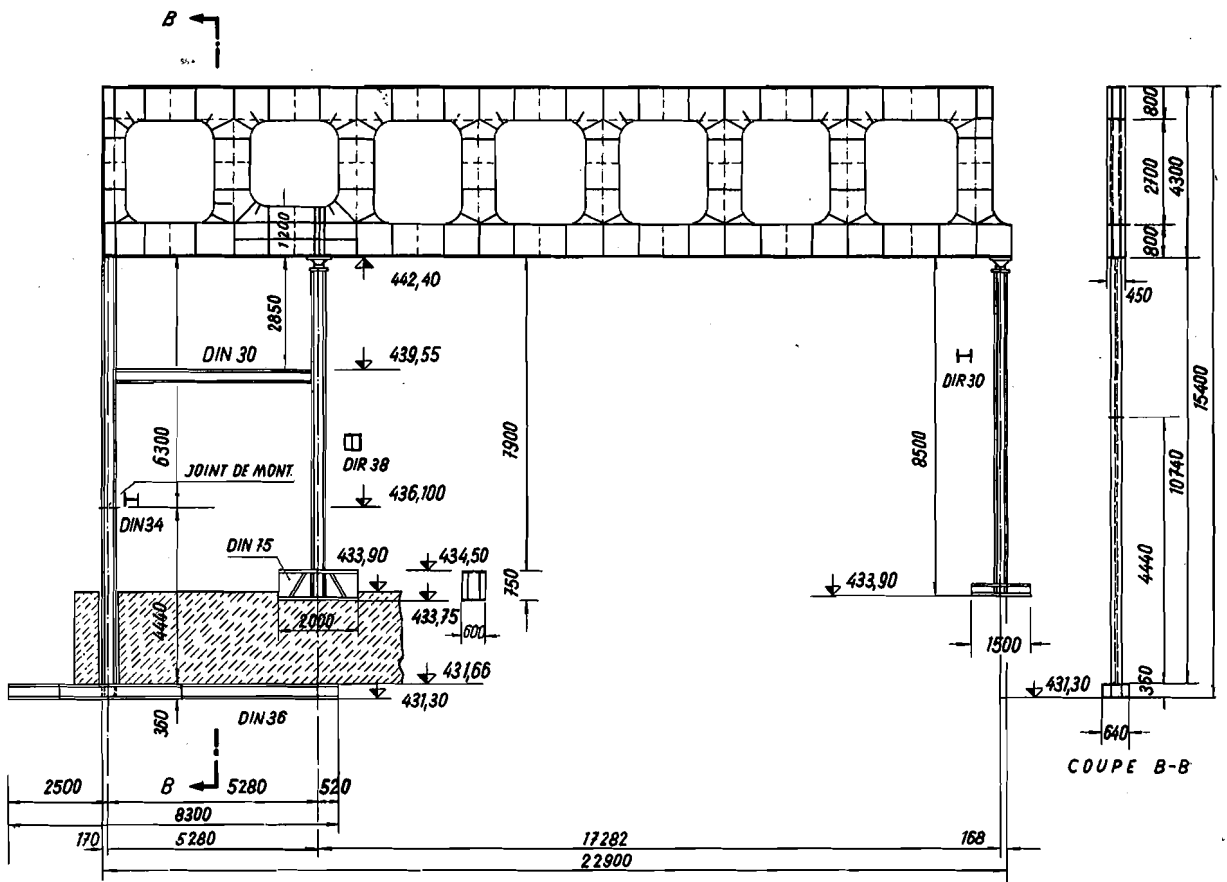
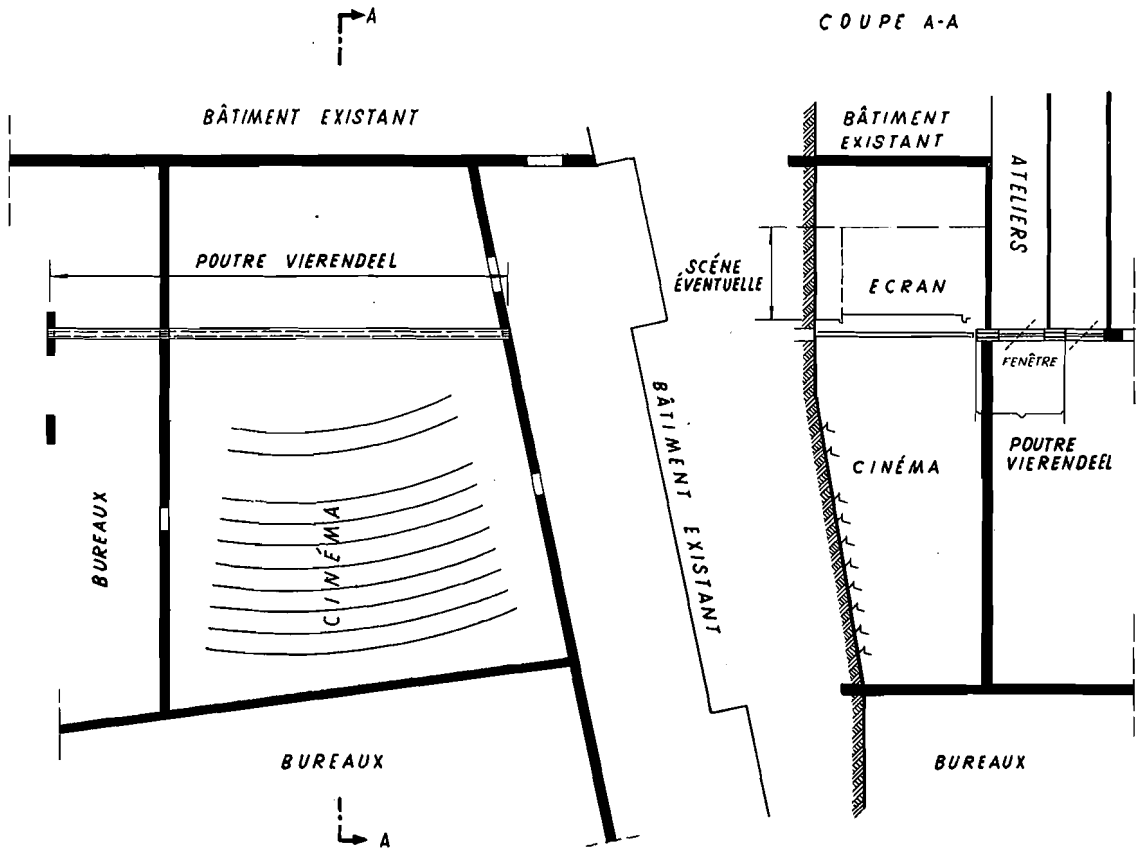


Bild 2: Querschnitt mit Vierendeelträger

Fig. 2: Disposition générale de la poutre

Fig. 2: Section with Vierendeel truss

supporte une charge variant de 31,1 t/m' aux extrémités à 59,1 t/m' au milieu. Cette variation provient de l'effet de la dalle-couverture qui est à doubles nervures diagonales. Il s'agit donc ici d'un ouvrage exceptionnel pour lequel certaines mesures particulières s'imposaient. Bien que l'effet de fatigue n'existât pas, nous avons considéré cet objet comme appartenant à la classe des ouvrages les plus délicats en raison de la forme et des épaisseurs des tôles et large-plats pouvant atteindre 40 mm. Il était en conséquence indispensable de choisir un acier de bonne soudabilité résistant au vieillissement (cintrage à froid des semelles). L'acier LD (VOEST Linz) remplit ces conditions.

Grâce à l'amabilité de Monsieur le Dr. Hauttmann il a été possible de concilier le problème des délais de livraison avec les exigences de la fabrication en atelier.

L'acier LD, calmé et résistant au vieillissement a donné les résultats suivants:

Epaisseur mm	$\sigma_e$ kg/mm <sup>2</sup>	$\beta_z$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	$\kappa$ mkg/cm <sup>2</sup>	Essai Kommerell degrés.
10	26,8	42,7	37,5	16,6	—
15	26,3	41,6	42,0	10,8	—
20	28,2	41,4	41,4	17,9	—
25	26,8	39,4	36,3	19,1	—
30	26,2	39,1	31,9	14,7	—
40	27,5-27,8	40,7-41,3	34,4-36,2	16,7-19,9	>150

$\sigma_e$  = limite apparente d'élasticité

$\beta_z$  = limite de rupture

$\delta$  = allongement mesuré sur 5 d

$\kappa$  = résilience DVM sur éprouvettes vieilles par 10% d'écroûissage en compression et 30 min. à 250° C

La figure 2 montre la disposition générale de la poutre qui est sur 3 appuis. Pour reprendre la réaction négative de l'appui de gauche, nous avons réalisé un ancrage sous un bloc de fondation adéquat.

La poutre a 4,3 m de haut, 22,9 m de long sur 3 appuis distants de 5,28 m et 17,282 m. La largeur des membrures est de 45 cm et leur hauteur de 80 cm. L'épaisseur des semelles varie de 20 à 40 mm. Les sections sont à double et même à triple âme dans la zone de l'appui central (voir fig. 5).

Le calcul de la poutre n'a pas présenté de difficultés particulières dignes d'être relevées

gesetzt, die von 31,1 t/m an den Enden auf 59,1 t/m in der Mitte steigt. Dieser Anstieg der Belastung wird durch die Plattendecke hervorgerufen, die aus doppelten Diagonalrippen besteht. Es handelt sich also hier um einen außergewöhnlichen Bauteil, für den sich einige spezielle Maßnahmen aufdrängten. Obwohl eine Ermüdungsbeanspruchung kaum anzunehmen war, wurde dieses Objekt wegen seiner Form, der Abmessung der Bleche (insbesondere Dicke), die bis zu 40 mm reicht, zu jenen Bauwerken gerechnet, die hohe Ansprüche an den Stahl stellen. Angesichts der für Vierendeel-Träger geltenden Verhältnisse — es sei in diesem Zusammenhang an die Schadenfälle bei den Brücken über den Albert-Kanal in Belgien 1938 erinnert — war es notwendig, einen Stahl mit bester Schweißeignung auszuwählen, der im höchsten Maße trennbruch sicher, alterungsbeständig, unempfindlich gegen mehrachsige Spannungszustände und Kaltverformungen ist. LD-Stahl entspricht diesen Anforderungen. Dank dem wohlwollenden Entgegenkommen von Herrn Dr. Hauttmann (VOEST, Linz) wurde es möglich, das Problem der Liefertermine mit den Erfordernissen der Werkstattfabrikation in Einklang zu bringen.

Es wurde ein trennbruch sicherer, alterungsbeständiger LD-Stahl mit den Festigkeitseigenschaften des St 37 T geliefert, der bei der Prüfung nachstehende Ergebnisse des Zug-, Alterungskerb Schlag- und Aufschweißbiegeversuches ergab:

Stärke mm	$\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$d_5$ %	$\alpha_K$ mkg/cm <sup>2</sup>	Abv Grad
10	26,8	42,7	37,5	16,6	—
15	26,3	41,6	42,0	10,8	—
20	28,2	41,4	41,4	17,9	—
25	26,8	39,4	36,3	19,1	—
30	26,2	39,1	31,9	14,7	—
40	27,5-27,8	40,7-41,3	34,4-36,2	16,7-19,9	> 150

$\sigma_s$  = Streckgrenze

$\sigma_B$  = Zugfestigkeit

$d_5$  = Dehnung

$\alpha_K$  = Kerbschlagprobe DVM 10% verformt, 30 Minuten bei 250° C angelassen

Abv = Aufschweißbiegeversuch, Biegewinkel

Bild 2 zeigt die Anordnung des Trägers, der auf 3 Stützen aufliegt. Um den negativen Auflagerdruck der linken Stütze aufzunehmen, wurde die Verankerung mit dem erforderlichen Fundamentblock verbunden. Der Träger hat eine Höhe von 4,3 m, eine Länge von 22,9 m und ruht auf 3 Stützen, die 5,28 m und 17,282 m

ici. En raison du peu de temps disponible, le problème a été simplifié en ce sens qu'il a été admis l'identité des deux membrures et que l'influence de la variation d'inertie des montants a été négligée. Il était en effet plus important d'obtenir rapidement les éléments nécessaires à la commande des aciers plutôt que d'obtenir une charpente un peu plus légère par l'étude poussée. C'est une caractéristique de notre époque, dans le domaine de la construction métallique, de n'être consulté par les architectes que très tardivement ce qui empêche souvent d'effectuer ce que j'ai indiqué en tête de cet exposé: l'utilisation des théories et méthodes de calcul les plus évoluées.

La poutre a été construite en 4 parties en raison des conditions particulières existant sur le chantier. Le gabarit d'espace libre d'accès à l'emplacement de montage interdisait la construction de la poutre en une seule pièce. Nous avons ainsi réalisé un joint longitudinal dans l'axe et un joint transversal au milieu de la poutre. Cette disposition s'est également révélée judicieuse pour l'atelier et le transport. La poutre complète pèse en effet 32 tonnes et il a été plus facile d'organiser rationnellement le travail avec 4 éléments de 7—9 tonnes qu'avec une seule pièce.

Toutes les soudures bout à bout ont été effectuées avec des électrodes basiques Ductilend 48 (Arcos) de 3,25 et 4 mm. Pour les soudures à coeur de fers croisés on a utilisé les électrodes Ductilend 48 pour les passes de fond et intermédiaires, et les électrodes Superferrend Arcos pour la passe de couverture.

Au cours des travaux de soudure, certaines parties ont été bridées pour diminuer les déformations. Celles qui n'ont pu être éliminées par ce moyen l'ont été par chaudes de retrait. Il a été possible d'obtenir ainsi une poutre pratiquement plane et dont les différentes parties ont pu être ajustées sans difficultés. Les figures 3 et 4 montrent la présentation avant usinage des chanfreins de soudure de deux pièces formant la moitié de la poutre.

L'atelier a prévu au moment du débitage des pièces une surlongueur, de manière à compenser le retrait dû aux soudures. Sur une longueur de 11 850 mm, nous avons prévu 36 mm de plus-value. Les opérations s'effectuaient dans l'ordre suivant:

voneinander entfernt sind. Die Breite der Vierendeel-Gurte ist 450 mm und ihre Höhe 800 mm. Die Stärke der Lamellen reicht von 20 bis 40 mm. Der Querschnitt (siehe Bild 5) ist zweiwandig ausgebildet und im Bereich der Mittelstütze war die Anordnung eines 3. Stegbleches erforderlich.

Da die Berechnung des Trägers keine besonderen Schwierigkeiten bietet, braucht hier nicht näher darauf eingegangen zu werden. Wegen der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit wurde das Problem dahingehend vereinfacht, daß für beide Gurten gleiche Querschnitte angenommen wurden und die Veränderung des Trägheitsmomentes an den Pfosten vernachlässigt wurde. Es war wichtiger, die Unterlagen für die Bestellung des Stahles schnell zu erhalten als durch eine verfeinerte Berechnung zu einer etwas leichteren Konstruktion zu kommen. Man kann auf dem Gebiete der Stahlbauten als eine Charakteristik unseres Zeitalters bezeichnen, daß die Architekten meistens viel zu spät ihre Forderungen bekanntgeben, was natürlich oft die Maßnahmen zu jenen Gesichtspunkten erschwert, von denen ich am Anfang meiner Ausführungen gesprochen habe.

Aus montage-technischen Gründen wurde der Träger in 4 Teilen gefertigt. Der Zugang zur Bauteile schloß die Herstellung in einem einzigen Stück aus. Wir haben daher eine längsseitige Verbindung in der Achse und eine Querverbindung in der Mitte des Trägers vorgesehen. Diese Teilung hat sich sowohl für die Werkstätte als auch für den Transport günstig erwiesen. Der gesamte Träger wiegt 32 t und es war leichter, die Arbeit mit Elementen zu je 7 bis 9 t rationell durchzuführen als mit einem einzigen Stück.

Die Schweißung der Stöße wurde mit basischen Elektroden Ductilend 48 (Arcos) von 3,25 und 4 mm Durchmesser durchgeführt. Bei den X-Nähten wurden die inneren Lagen mit der Elektrode Ductilend 48 geschweißt, für die Decklagen wurde die Elektrode Superferrend Arcos verwendet.

Um Deformationen zu vermeiden, wurden im Laufe der Schweißarbeiten gewisse Teile mittels Kloben festgehalten und, wo diese Möglichkeit ausgeschlossen war, sind Verformungen durch Erhitzen mit dem Schweißbrenner wieder annulliert worden.

Auf diese Weise wurde ein praktisch ebener Träger erhalten, dessen Einzelteile ohne Schwierigkeiten bearbeitet werden konnten. Die Bilder 3 und 4 zeigen zwei Teile bei der Gegenüberstellung im Werk zwecks Zusammenpassen der Montage-Schweißkanten.

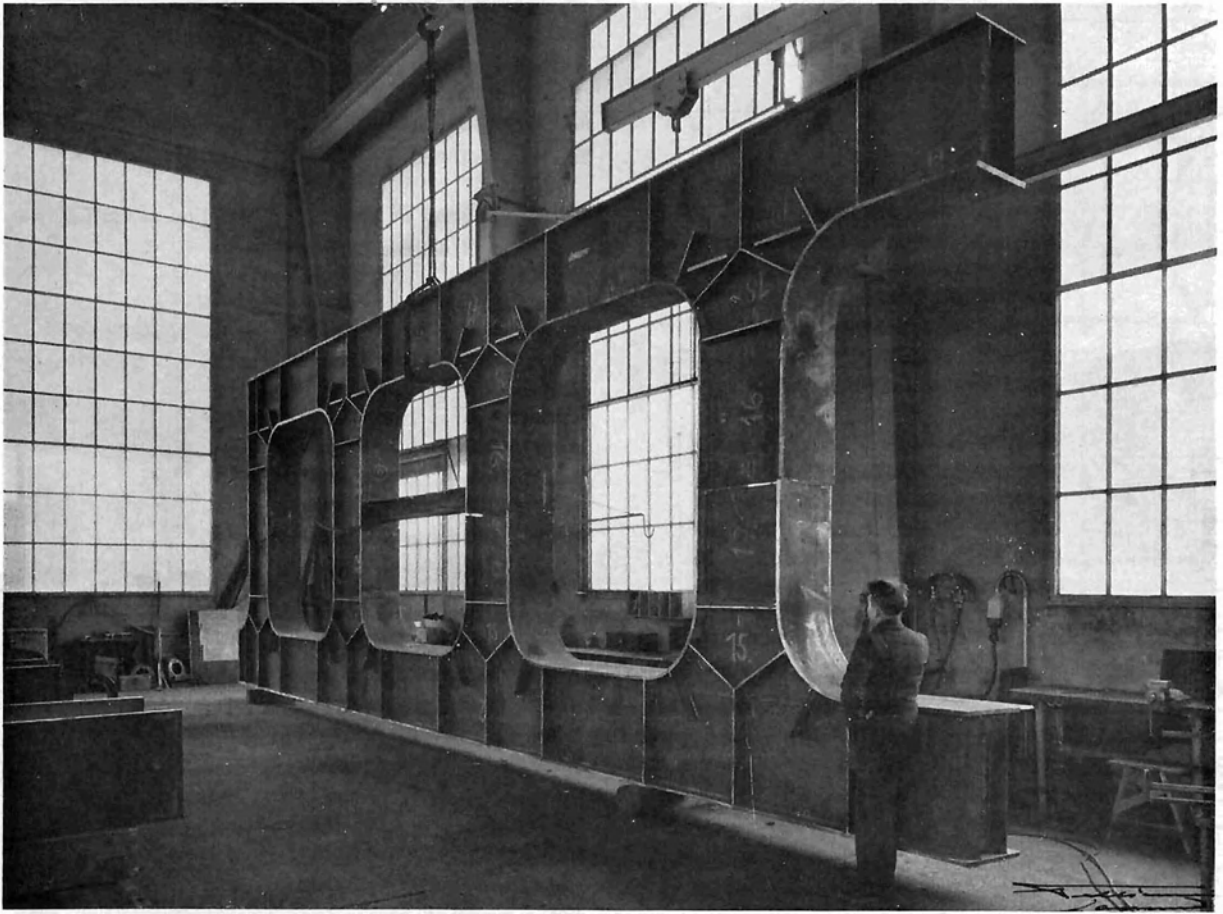
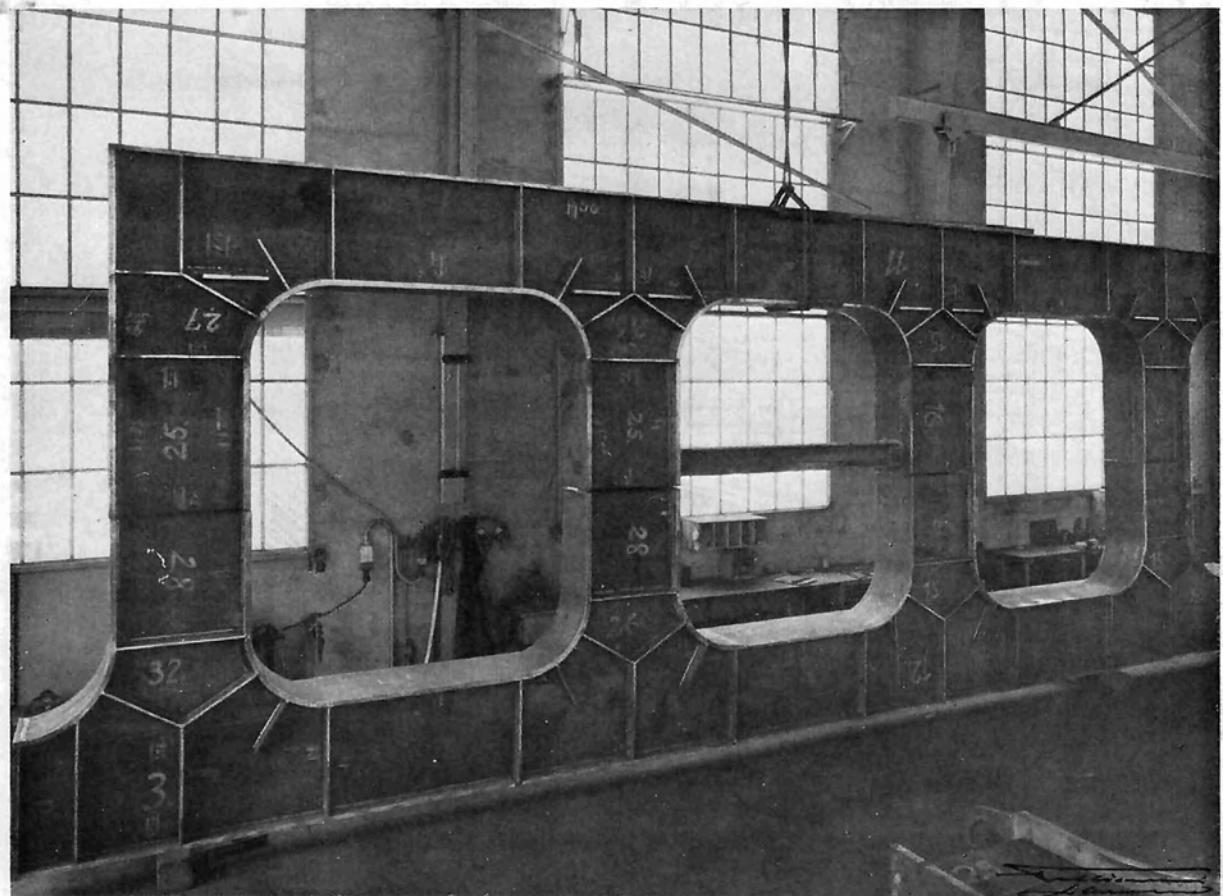
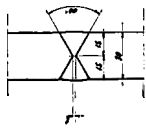
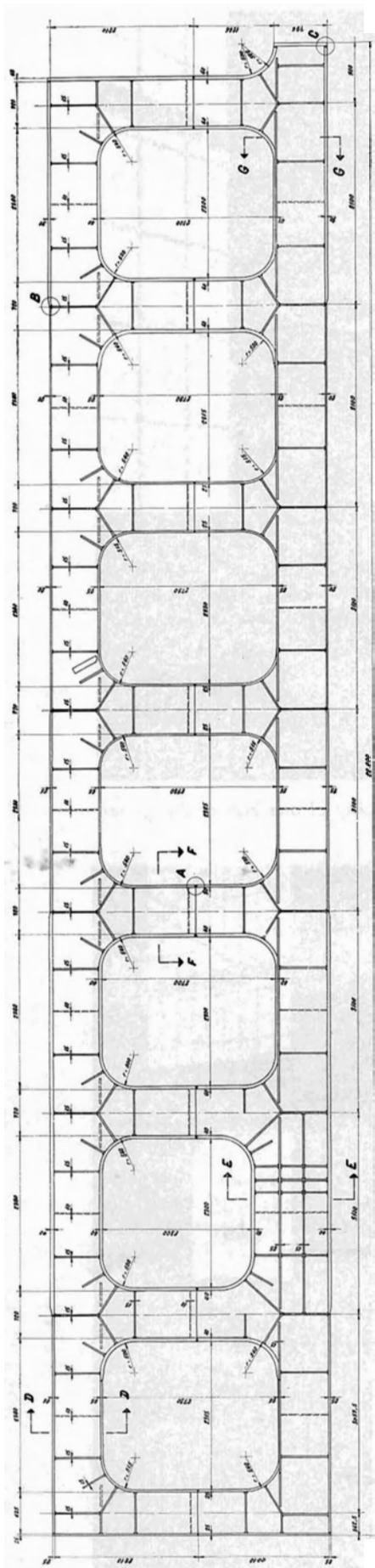


Bild 3 u. 4: Probemontage einer Trägerhälfte

Fig. 3 and 4: Trial assembly of one half of the girder

Fig. 3 et 4: Présentation d'une moitié de la poutre

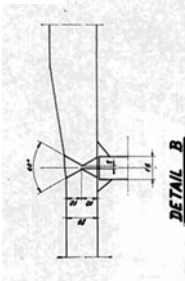




**DETAIL A**

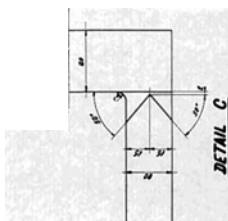
Fig. 5: Plan de la poutre. Section des membrures. Forme des joints de soudure

Bild 5: Aufriß des Trägers. Querschnitt der Gurten-Schweißnahtformen

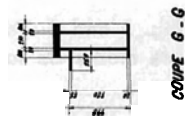


**DETAIL B**

Fig. 5: Elevation of girder. Cross section of the flanges. Condition of welding joints



**DETAIL C**



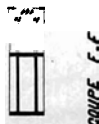
**COUPE G-G**



Fig. 6: Vue générale du chantier

Bild 6: Gesamtansicht der Baustelle

Fig. 6: Total view of site area



**COUPE F-F**



**COUPE D-D**

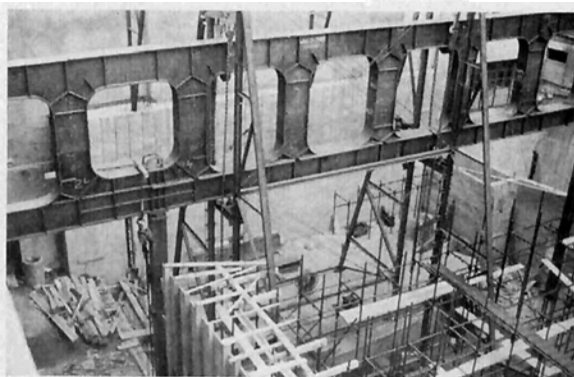
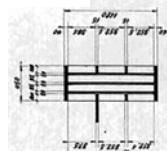


Fig. 7: Poutre a sa position définitive

Bild 7: Träger in seiner endgültigen Lage

Fig. 7: Girders in final position



**COUPE E-E**

1. Soudure et planage des âmes.
2. Soudure des raidissements.
3. Soudure des semelles.

Les retraits longitudinaux d'ensemble des pièces ont été:

- consécutifs à l'opération No 1: 16 mm.
- consécutifs à l'opération No 2: 8 mm.
- consécutifs à l'opération No 3: 10 mm.

soit au total 34 mm, c'est-à-dire 2 mm de moins que supputé.

A aucun moment de la fabrication nous n'avons eu une difficulté importante due à la soudure. Malgré des efforts intérieurs importants dûs au retrait, nous n'avons jamais eu le plus petit doute quant au comportement du matériel. L'acier LD nous a véritablement donné une très grande confiance et notre souhait est de l'utiliser le plus souvent possible.

Comme nous l'avons dit plus haut, l'accès au chantier était difficile. Il ne nous était pas possible de faire intervenir un engin de montage volumineux. Nous avons alors construit un échafaudage métallique supportant 4 palans de 10 t, ce qui nous a permis d'assembler et de souder la poutre sur des chevalets à 1,5 m du sol (fig. 6). Ce travail terminé, la poutre a été levée à son niveau convenable tel que le montre la figure 7.

Avant montage, et en raison de difficultés imprévues dans l'établissement des fondations du bâtiment, les pièces ont dû être entreposées un certain temps. A leur reprise, nous avons constaté qu'elles avaient subi une certaine déformation due à la relaxation des contraintes internes. Les pièces ajustées à l'atelier ont présenté de petites différences que nous avons annulées à l'assemblage. Il en est cependant résulté un nouvel état d'équilibre qui s'est manifesté par un léger gauchissement de la poutre de l'ordre de 20 mm qui a été maintenu n'ayant aucune conséquence quelconque.

Pour terminer, nous devons remercier ici les architectes Messieurs Pizzera, Wavre et Carbonnier et surtout l'ingénieur chargé de l'ensemble des travaux, Monsieur le Dr. G.-J. Vingerhoets, pour leur clairvoyance et pour l'occasion qu'il nous ont donnée d'apporter une nouvelle preuve du dynamisme et de l'esprit créateur de l'aciérie et du constructeur métallique.

Die Werkstätte hat beim Zuschneiden der Stücke eine Überlänge vorgesehen, um das durch das Schweißen bedingte Schrumpfen auszugleichen. Auf eine Länge von 11.850 mm wurden 36 mm für die Schrumpfung vorgesehen. Die verschiedenen Vorgänge wurden wie folgt durchgeführt:

- 1) Schweißen und Richten der Stegbleche
- 2) Schweißen der Versteifungen
- 3) Schweißen der Lamellen.

Die Längsschrumpfungen des ganzen Stückes waren:

- infolge des Vorganges Nr. 1 : 16 mm
- infolge des Vorganges Nr. 2 : 8 mm
- infolge des Vorganges Nr. 3 : 10 mm

das sind insgesamt 34 mm, d. h. 2 mm weniger als veranschlagt.

Wir haben in keinem der Fabrikationsgänge irgendwelche nennenswerte Schwierigkeiten gehabt. Trotz beträchtlichen Schrumpfspannungen hegten wir nie die geringsten Zweifel betreffend des guten Verhaltens des Materials. Unser Wunsch ist es, den LD-Stahl so oft als möglich zu verwenden.

Wie schon oben erwähnt, war der Zugang zur Baustelle schwierig. Es war nicht möglich, umfangreichere Montagegeräte einzusetzen. Wir haben daher ein Gerüst mit 4 Flaschenzügen zu 10 Tonnen errichtet, das uns die Montage und Schweißung des Trägers auf Gestellen 1,5 m über Flur ermöglichte (Bild 6). Sobald diese Arbeit beendet war, wurde der Träger in die entsprechende Höhe gehoben, wie dies im Bild 7 gezeigt ist.

Infolge von unvorhergesehenen Schwierigkeiten bei der Fundamentierung des Bauwerkes mußten die Trägerteile vor der Montage für eine bestimmte Zeit auf Lager gelegt werden. Als sie vom Lager geholt wurden, bemerkten wir, daß die Trägerteile sich durch die Wirkung der Eigenspannungen deformiert hatten. Dabei ist natürlich auch ein Abbau der Eigenspannungen eingetreten. Die in der Werkstätte zurechtgerichteten Teile haben geringfügige Unterschiede aufgewiesen, die bei der Montage behoben wurden.

Zum Schluß möchte ich hier den Architekten Herren Pizzera, Wavre und Carbonnier, sowie vor allem dem mit der gesamten Arbeit betrauten Herrn Dr. G.-J. Vingerhoets für ihren Scharfblick und für die Gelegenheit, einen neuen Beweis von der Dynamik und dem schöpferischen Geist der Stahlwerke und der Stahlkonstruktoren liefern zu können, danken.

# Die Straßenbrücke von Helsinki nach Kulosaari (Finnland)

Von Prof. Dipl.-Ing. Bruno Kivisalo, Helsinki

## 1. Allgemeines

Von den derzeit in Finnland im Bau befindlichen Brücken ist wohl die bedeutendste die Straßenbrücke nach Kulosaari, die in Helsinki, der Hauptstadt des Landes, kurz vor ihrer Fertigstellung steht. Da auch eine österreichische Firma, die Vereinigte Österreichische Eisen- und Stahlwerke A. G., einen ansehnlichen Anteil an diesem Bauwerk gehabt hat, wird der nachfolgende Bericht über die Einzelheiten der Konstruktion und der verwendeten Stähle für die Leser dieser Zeitschrift von Interesse sein.

Die Brücke nach Kulosaari wird nach ihrer Vollendung einen Teil der Hauptfahrstraße zwischen dem Zentrum der Stadt Helsinki und ihren östlichen Gebieten (nahe dem Villenvorort Kulosaari) bilden. Auf dieser Straße wird sich auch der größte Teil des Fernver-

kehrs von der Stadt nach Osten abwickeln. Die Brücke überspannt eine etwa 200 m breite Meerenge an dem südlichen Ende des Meerbusens von Vanhakaupunki und einen etwa 160 m breiten Teil des künftigen Hafengebietes von Söörnäinen mit seinen Straßen und Gleisen. Die Gesamtlänge der Brücke zwischen den äußersten Lagern ist 356,5 m (Bild 1).

Die Gesamtbreite der Brücke beträgt 32 m und umfaßt außer den beiderseitigen 2,25 m breiten Gehwegen und 2,25 m breiten Radfahrstreifen, den beiden 7,43 m breiten Fahrbahnen das 8,15 m breite zweispurige Gleise für eine Schnellstraßenbahn.

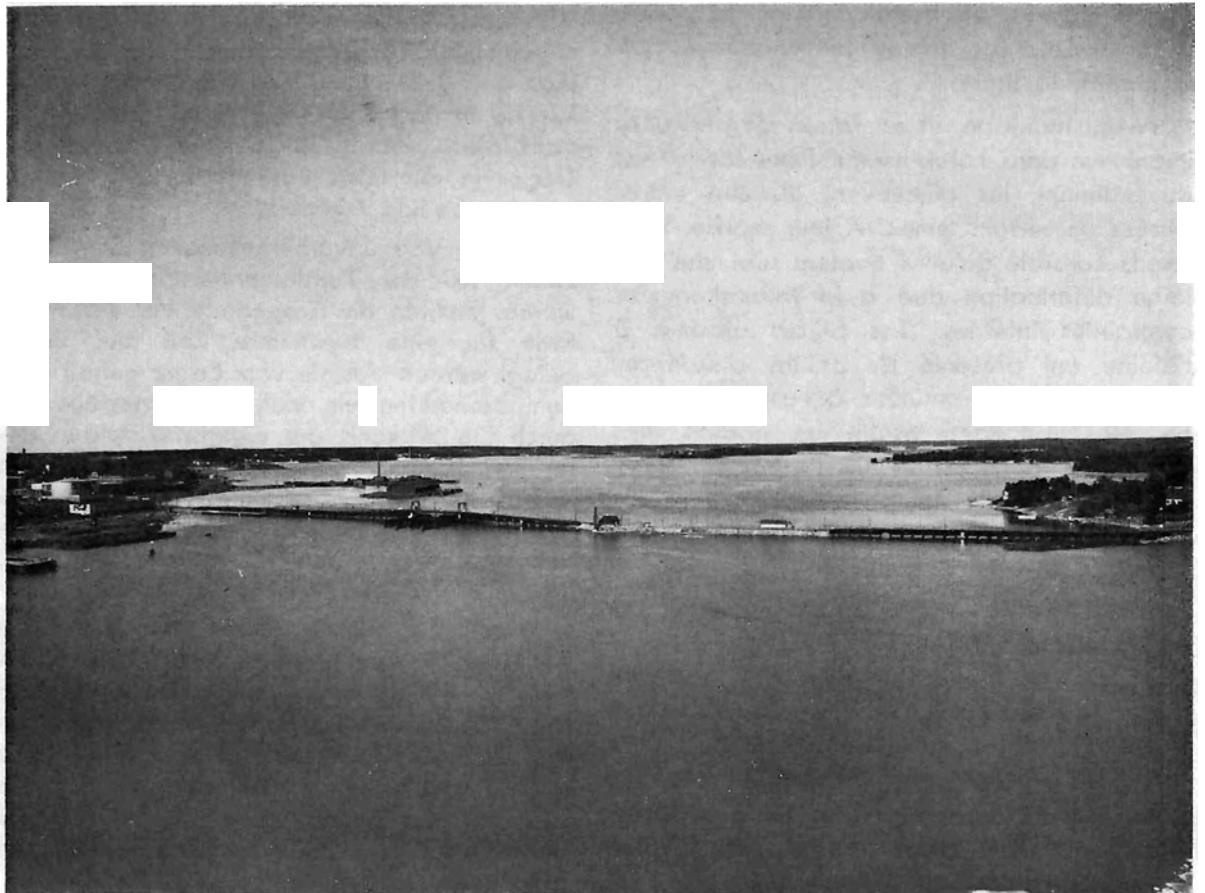
## 2. Annahmen für die Verkehrslast

In den statischen Berechnungen der Brücke wurde die Verkehrslast folgenderart berücksichtigt:

Bild 1: Meerenge zwischen Helsinki und Kulosaari mit alter Holzbrücke

Fig. 1: Strait of Helsinki—Kulosaari with old wooden bridge

Fig. 1: Le détroit entre Helsinki et Kulosaari faisant voir ancien pont en bois





#### a) Straßenbahn:

Auf beiden Gleisen höchstens sechs 4-achsige Schnellstraßenbahnwagen (jeder mit einem Gesamtgewicht von 44 t) in der ungünstigsten Laststellung aufgestellt, wobei der Wagenzug an beliebiger Stelle unterbrochen werden konnte.

#### b) Fahrbahnen:

Die Belastung der Fahrbahnen wurde von einem oder mehreren Fahrzeugzügen gebildet, von denen jeder einen 3,0 m breiten Fahrbahnabschnitt belastete. Die Fahrzeugkolonne wurde mit einer Ersatzlast in Rechnung gestellt, die in jedem Abschnitt aus einer Achslast von 14 t und dazu aus einer gleichmäßig verteilten Last bestand. Die Achslast verteilte sich in der Querrichtung in 2 gleiche Radlasten, deren gegenseitige Entfernung 1,8 m war. Die Größe der gleichmäßig verteilten Last wurde aus der Belastungslänge so bestimmt, daß sie bei  $l = 10$  m den Wert  $p = 2,4$  t/lm und bei einer Belastungslänge  $l = 30$  m den Wert  $p = 1,2$  t/lm annahm. Die Zwischenwerte  $l = 10 - 30$  m wurden aus der Formel  $p = 3,0 - 0,06 l$  erhalten, in welcher  $l$  die Belastungslänge in Metern, oder, wenn es sich um eine in mehrere Teile geteilte Belastung handelt, die Summe der belasteten und zwischen diesen befindlichen unbelasteten Längen ist. Es wurde angenommen, daß sich das Radgewicht in Längsrichtung der Fahrbahn auf eine Breite von 0,1 m und in der Querrichtung auf eine Breite von 0,6 m verteilt. Die gleichmäßig verteilte Last wurde in der Querrichtung der Fahrbahn in 2 gleichartige 0,6 m breite Teilbelastungen aufgeteilt, wobei ihre gegenseitige Entfernung dem Radabstand der Achslast entsprach. Wenn ein gegebener Konstruktionsteil gleichzeitig von mehr als 2 Fahrzeugzügen belastet war, wurde die Last der zusätzlichen Züge auf die Hälfte reduziert.

Für die Belastung der Geh- und Radfahrwege wurde eine gleichmäßig verteilte Last von  $400 \text{ kg/m}^2$  in die Rechnung eingesetzt.

#### c) Stoßziffer:

Die dynamische Stoßzahl wurde für die Achslast mit  $\varphi = 1,4$  und für die Straßenbahnlast mit  $l = \frac{800}{20 + l} \%$  angenommen, wobei  $l$  die Belastungslänge in Metern ist.

### 3. Auswahl der Brückenkonstruktion

Bei der Auswahl der Brückenkonstruktion mußten außer den oben berichteten Umständen vor allem die von den Behörden gestell-

ten Forderungen hinsichtlich der Abmessungen der Durchfahrtsöffnungen und der notwendigen Eintiefungsbaggerungen berücksichtigt werden. Die schwierigen Grundbauverhältnisse veranlaßten, nach einer möglichst leichten Konstruktionsform zu streben. Da die Umgebung der Brücke, die von einem schönen Meerbusen mit langgezogenem Strand gebildet wird, bei einer architektonisch vorteilhaften Anpassung eine Monumentalkonstruktion (z. B. bedingt durch große Stützweiten) ausschloß, fiel die Wahl zwangsläufig auf das zur Ausführung gelangte Trägerrostsystem. Bei der nicht unerheblichen finanziellen Belastung, die die Verwirklichung des Bauvorhabens von Kulosaari für die Stadt Helsinki bedeutete, haben auch ökonomische Überlegungen am meisten für die Auswahl des obigen Systems aus vielen Baulösungen gesprochen.

Die Brücke wird aus zwei aufeinanderfolgenden fünffeldrigen Systemen von durchlaufenden stählernen Balken gebildet. Die Stützweiten betragen für das Tragwerk I, das in erster Linie über dem Wasser liegt,  $35 + 40 + 42 + 40 + 35$  m und für das Tragwerk II, welches das Straßen- und Gleisgebiet auf der Seite der Stadt überspannt,  $30 + 34 + 35 + 34 + 30$  m. Diese Aufteilung der Stützweiten zeigte sich als sehr vorteilhaft in Hinsicht auf den Stahlverbrauch und sie befriedigt überdies die Ansprüche, die von dem jetzigen wie auch dem künftigen Verkehr unter der Brücke gestellt werden, vollkommen. Die Nivellette der Fahrbahn der Brücke ist so gewählt worden, daß die vom Straßen- und Eisenbahnverkehr geforderten Durchfahrts Höhen ausreichend sind und dem Schiffsverkehr eine lichte Höhe von 8,0 m zur Verfügung steht. Das Längsgefälle der Brücke ist  $1 : 70$ .

### 4. Der Unterbau der Brücke

Die beiden Widerlager der Brücke sind auf Felsen gegründet. In dem Widerlagerbau an der Stadtseite ist das Abspannwerk verlegt worden, dessen Bodenfläche  $6 \times 25$  m und dessen Höhe 6,0 m beträgt. Der Deckenbau besteht aus einem Stahlbetongewölbe. Das Widerlager an der Kulosaariseite ist auf eine Grundplatte aus Beton gegründet und aus massivem Sparbeton hergestellt worden. Die sichtbaren Flächen der Widerlager sind mit grauem Granit verkleidet.

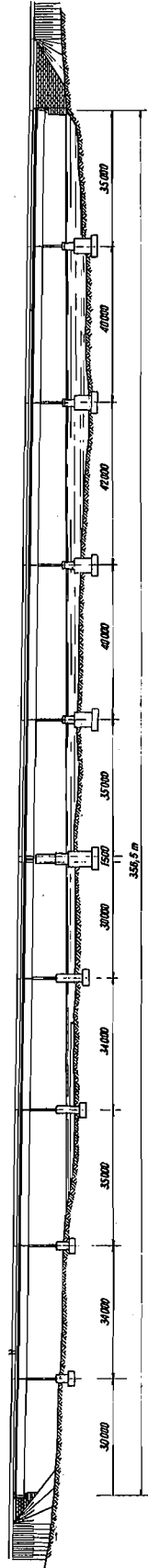
Von den 9 Zwischenpfeilern der Brücke ruhen 8 auf hölzernen Reibungspfählen, deren größte Länge 23 m, bei mindestens Pfahlzopfdurchmesser von 15 cm, beträgt. Die Pfähle bestehen aus einem Stück und wurden durch Ton- und Sandschichten in den Sandboden geschlagen. Die unter Wasser liegenden Teile des Tragwerkes I sind auf eine Weise gebaut worden, die bei

**Ansicht**

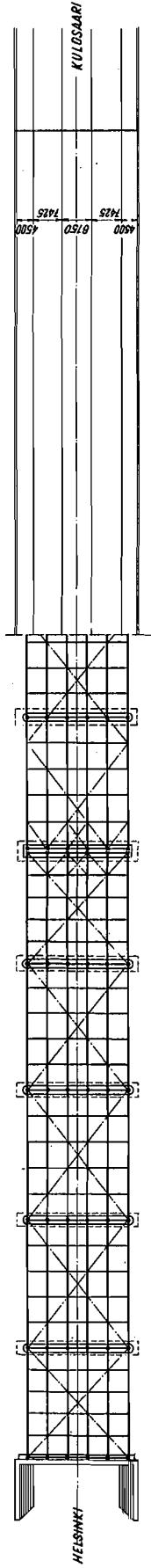
— Gefälle 1:20 —

Tragwerk II

Tragwerk I



**Grundriß**



**Querschnitt**

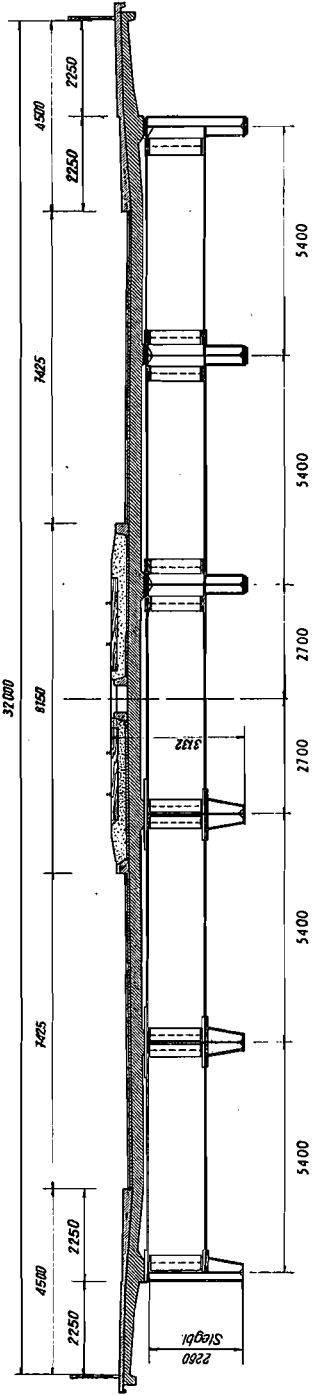


Bild 2: Kulosaari-Brücke in Helsinki  
 Fig. 2: Kulosaari bridge in Helsinki  
 Fig. 2: Le pont Kulosaari à Helsinki

unseren Verhältnissen in Finnland sehr ökonomisch ist und schon oft im Brücken- und Hafenbau angewendet wurde: Auf dem Ufer oder auf dem Eis werden aus Zimmerhölzern bodenlose, mit Zwischenwänden und stählernen Zugstangen versteifte Kästen gebaut, die auf ihren Platz geflößt und versenkt die Betonschalung des Pfeilers bilden (Bild 3). Die Betonierung wird dann gewöhnlich mit Hilfe des Contractorverfahrens ausgeführt. Trotz der ansehnlichen Größe der Holzkästen für die Brückenpfeiler (Länge 33 m, Breite 6,8 m und Höhe 9,3 m) machte das Bauen, Behandeln und Betonieren keine Schwierigkeiten. Die Kästen für die Pfeiler des das Wasser überspannenden Tragwerkes wurden auf eine Tiefe von  $-8,00$  m versenkt. Die Oberteile dieser Pfeiler erhielten eine Steinverkleidung aus grauem Granit im Bereich von  $-1,70$  bis  $+1,90$  m und wurden bis auf die Lagerflächen, für die Stahlbeton verwendet wurde, aus massivem Sparbeton hergestellt. Von den Pfeilern des Tragwerkes II ist der nächst dem Widerlager gelegene mit Hilfe von Holzspundwänden auf Felsen gegründet worden, während die folgenden zwei sich über einer gegossenen Betongrundplatte, die auf hölzernen Reibungspfählen ruht, erheben. Der vierte von den Pfeilern dieses Tragwerkes ist ähnlich den Pfeilern des Tragwerkes I auf die oben beschriebene Art mit Holzkästen auf hölzernen Pfählen gebaut worden.

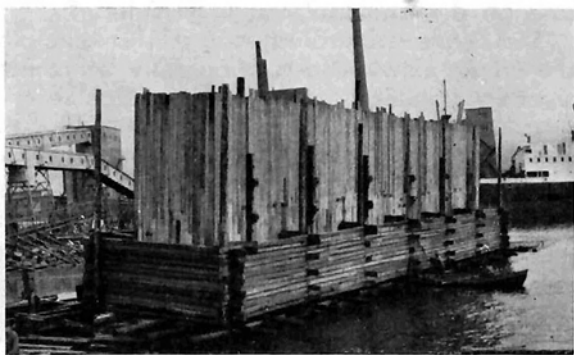


Bild 3: Holzkästen zum Betonieren der Pfeiler  
 Fig. 3: Wooden boxes for concreting of piers  
 Fig. 3: Caissons en bois à bétonner les piliers

Der oberste Teil des Pfeilers 5 (zwischen den Höhen  $+2,20$  und  $+8,00$  m), das ist jener Pfeiler, auf dem die Tragwerke I und II gemeinsam aufliegen, ist aus 3 nebeneinander stehenden Pfeilern aus Stahlbeton erstellt worden. Alle übrigen Pfeiler tragen oberhalb der Höhe  $+2$  bzw. bei Tragwerk I und  $+3,10$  m bei Tragwerk II stählerne Pendelstützen, deren Bau später eingehender beschrieben wird.



Bild 4: Fertigung der Hauptträger  
 Fig. 4: Fabrication of main girders  
 Fig. 4: Fabrication des poutres principales

## 5. Oberbau der Brücke

### a) Hauptträger:

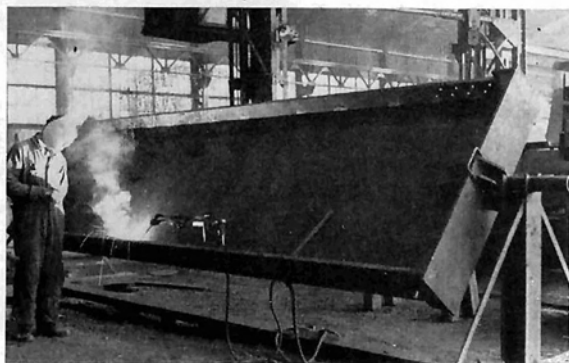
Wie schon früher erwähnt wurde, bilden den Oberbau der Brücke zwei aufeinanderfolgende Systeme von durchlaufenden Balken mit je 5 Stützweiten. Die beweglichen Lager sind an die Anschlußstelle der Systeme auf dem mittleren, aus Stahlbeton gebauten Pfeiler 5 gelegt, während sich die festen Lager auf den Widerlagern befinden. Die 4 Zwischenstützen der beiden Systeme sind als Pendelpfeiler ausgeführt, so daß die Windkräfte, die auf die Brücke wirken, nur auf die Widerlager und den Trennpfeiler abgeleitet werden. Die Hauptträger sind miteinander durch Querträger verbunden, die mit ihnen ein Trägerrostsystem bilden. Die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton ruht unmittelbar auf den Haupt- und Querträgern auf.

Das Hauptträgersystem der Brücke wird von 6 nebeneinander liegenden durchlaufenden Vollwandträgern gebildet, deren gegenseitige Entfernung  $5,40$  m ist. Die Vollwandträger

Bild 5: Halbautomatische Schweißung der Querträger-Kehlnähte

Fig. 5: Semi-automatic welding of fillet seams of cross girders

Fig. 5: Soudure semi-automatique des lignes de soudure cannelée des travées



sind vollkommen geschweißt, lediglich die Montagestöße sind genietet. Die Gurtplatten sind an die Stegbleche mit K-Nähten angeschlossen.

Das von den Hauptträgern und Querverbänden gebildete Trägerrostsystem ist mit Hilfe der Methode Leonhardts berechnet worden (F. Leonhardt: „Die vereinfachte Trägerrostberechnung“), gewisse vergleichende Kontrollberechnungen wurden jedoch auch nach dem Buch „Die genaue Berechnung von Trägerrosten“ von E. Melan und R. Schindler durchgeführt. Die gegenseitige Entfernung der Haupt- und Querträger sowie das gegenseitige Verhältnis der Trägheitsmomente der erwähnten Bauteile ist so gewählt worden, daß die Max.- und Min.-Momentenkurven aller 6 Hauptträger annähernd identisch sind. Damit hat man alle nebeneinander liegenden Hauptträger gleich bemessen und die Werkstattarbeit erheblich vereinfachen können.

Die Stegbleche sind gegen Beulung mit vertikalen und in der Mitte der Spannweiten wie auch an den Stützen mit zusätzlichen horizontalen Aussteifungen versehen worden. Da man bei den Randträgern, um des guten Aussehens willen, die sichtbaren Außenflächen möglichst ungestört und glatt erhalten wollte, wurden dort die Aussteifungen, abgesehen von den vertikalen Aussteifungen an den Stützen, nur an die Innenseite der Stegbleche verlegt. Die Ermittlung der Sicherheit der Stegbleche gegen Ausbeulen und die Bemessung der Aussteifung erfolgte nach österreichischen Normen (ONORM B 4300), die zum Zeitpunkt der Berechnung wahrscheinlich die modernsten und vollständigsten Normen hinsichtlich der Beulberechnung von Blechträgern waren.

#### b) Querträger:

Die Querträger, deren gegenseitige Entfernungen auf Grund der verschiedenen Haupt-

trägerspannweiten zwischen 6,00 und 7,00 m variieren, sind durchlaufende Fünffeldbalken auf elastischen Stützen. Sie sind als vollwandige Blechträger ausgebildet und zwischen den Hauptträgern so verlegt worden, daß ihre oberen Gurtplatten in derselben Ebene mit den Obergurtplatten der Hauptträger sind und somit leicht mit diesen verbunden werden können. Die Untergurte der 1,40 m hohen Querträger werden durch die Hauptträgerstegbleche durchgeführt, wobei die Stofflamellen so ausgebildet sind, daß sie gleichzeitig als Knotenbleche des Windverbandes dienen. Wie die Hauptträger sind auch die Querträger vollkommen geschweißt und nur die Baustellenverbindungen genietet, da man eine Schweißung an der Baustelle möglichst vermeiden wollte (Bild 5).

Wenn auch die Querträger über den Stützen weniger beansprucht sind, da für sie die Aufgabe der Lastverteilung entfällt, wurden sie dennoch aus konstruktiven Gründen gleich den anderen bemessen.

#### c) Windverbände:

Das Windverbandfachwerk bildet, da die Zwischenstützen als Pendelpfeiler ausgeführt sind, einen Zweistützträger, dessen Länge im Tragwerk I 192 m und im Tragwerk II 163 m beträgt. Es ist in der Ebene der Querträgeruntergurte verlegt worden und so verhältnismäßig nahe der neutralen Achse der Hauptträger. Dadurch wurden auch zusätzliche Beanspruchungen beinahe völlig vermieden. Die geschweißten T-Profile der Windverbandstäbe sind an die Knotenbleche angenietet.

Das Windverbandfachwerk ist für alle auf die Brücke einwirkenden Windkräfte berechnet worden, obgleich die einheitliche Stahlbetonfahrbahnplatte ohne Zweifel einen großen Teil davon aufnimmt und so ansehnlich die Seitensteifheit der Brücke vermehrt.

Bild 6: Pendelstützen-Paar, provisorisch abgespannt während der Montage

Fig. 6: Pair of rocker pier gayed provisionally during erection

Fig. 6: Paire de supports articulés préalablement fixée pendant le montage

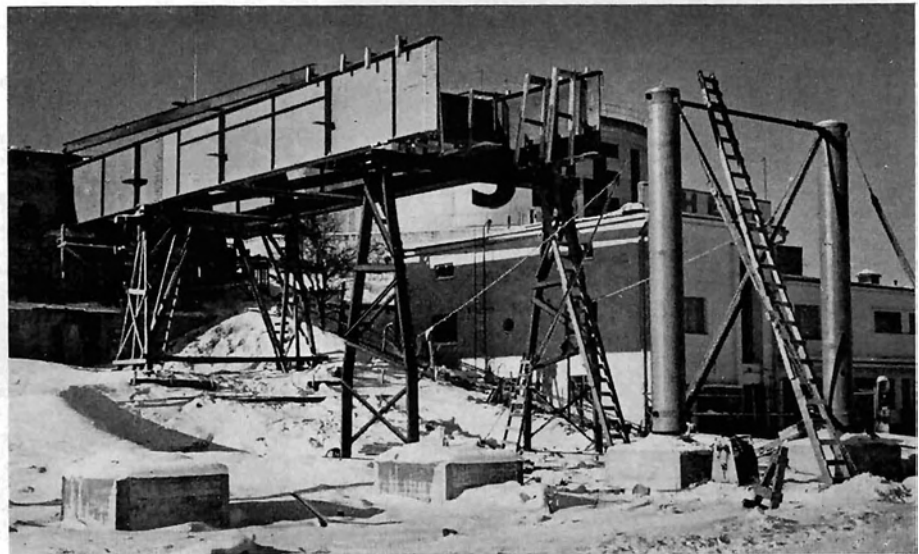


Bild 7: Hauptträger-Paar nach der Verladung auf Prahmen am Werkstätten-Kai

Fig. 7: Pair of main girders after being loaded on scow at the works quay

Fig. 7: Paire de poutres principales après leur chargement sur des pontons dans le quai des ateliers



#### d) Pendelstützen:

Als Zwischenstützen der beiden Tragwerke sind stählerne röhrenartige Pendelstützen vorgesehen, deren Höhe von 4,12 m bis zu 7,30 m schwankt und die an ihren beiden Enden Stahlfußgelenke tragen. Die Stützenrohre sind aus Blechen eingerollt und haben einen längslaufenden Schweißstoß. Die Ausführung der Zwischenstützen in Form von Pendelstützen erbrachte folgende Vorteile:

1. Die Pfeiler und deren Fundamente werden nicht von den auf die Fahrbahnkonstruktion einwirkenden horizontalen Kräften beansprucht.
2. Die durch die Temperaturschwankungen verursachten Formänderungen des Oberbaues, sowohl in der Längs- wie auch in der Querrichtung der Brücke, sind nicht behindert.
3. Das von den Pfählen zu tragende Gewicht der darüber liegenden Pfeilerkonstruktion wurde wesentlich vermindert.
4. Der lichte Raum unterhalb der Brücke wurde durch die Auflösung in Pendelstützen vergrößert, ein Umstand, dem vor allem für den im Kaigebiet stattfindenden Verkehr besondere Bedeutung zukommt.
5. Die schlanken Stahlpendelstützen wirken ästhetisch vorteilhafter als massive Pfeiler, die besonders bei der großen Breite der Brücke und der großen Anzahl von Öffnungen ohne Zweifel das Aussehen der Brücke ungünstig beeinflusst hätten.

Um die Stützen vor Beschädigungen, vor allem im Bereich der Kaianlagen, zu schützen, wurden sie mit Beton ausgegossen. Vorher wurden die Innenwände zweimal mit Bleimennige gestrichen und anschließend an die Betonfüllung die Ober- und Unterenden der

Rohre mit den Gelenkplatten luftdicht verschweißt; damit ist eine Korrosion der Stützeninnenwand ausgeschlossen.

#### e) Lager und Gelenke:

Wie schon früher erwähnt worden ist, wurden die festen Lager der Tragwerke I und II auf den beiden Widerlagern angeordnet. Die Rollenlager trägt der Trennpfeiler 5. Da der gegenseitige Abstand der Randträger 27 m beträgt, sind im Randträger sowohl die festen wie auch die beweglichen Lager auch in der Querrichtung zur Brückenlängsachse beweglich gemacht worden, so daß sie durch Temperaturschwankungen verursachte Formänderungen normal zur Brückenlängsachse ohne weiteres zulassen. Durch die Lagerung auf Pendelstützen ist auch in den Zwischenfeldern eine ähnliche Formänderung zwangsfrei möglich.

### 6. Material

Die Hauptträger sind aus hochwertigem LD-Stahl geschweißt, für den als zulässige Spannungen folgende Werte der Bemessung zugrundegelegt wurden:

Zug, Druck und Biegung  $1.850 \text{ kg/cm}^2$  (in besonderen Ausnahmefällen  $2.300 \text{ kg/cm}^2$ ).

Scherspannung  $1.480 \text{ kg/cm}^2$  (in Ausnahmefällen  $1.840 \text{ kg/cm}^2$ ).

Für die Berechnung und Konstruktion der Hauptträger wurden ferner schwedische Normen vom Jahre 1949 für geschweißte Stahlbauten („Byggsvetsnormer“) berücksichtigt.

Wegen der in Finnland herrschenden außerordentlichen klimatischen Verhältnisse und besonders unter Berücksichtigung der niedrigen Temperaturen in unserem Land in der Winterzeit mußte man eine besondere Aufmerksamkeit der Qualität des zu verschweißenden

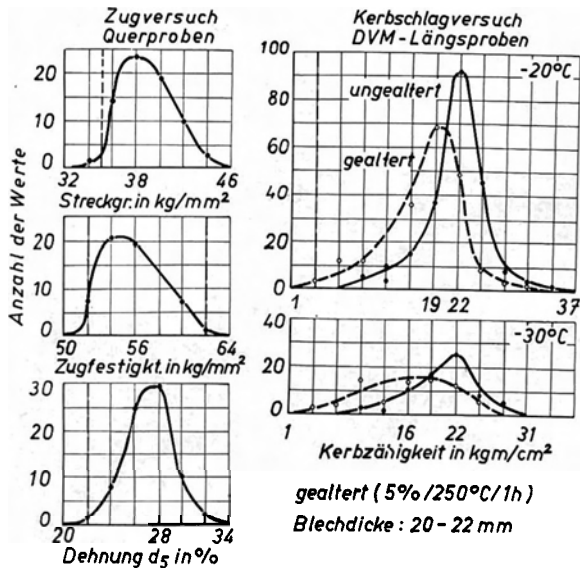


Bild 8: Ergebnisse der Abnahmeprüfung, Darstellung in Häufigkeitskurven

Fig. 8: Results of inspection test, frequency diagrams

Fig. 8: Résultats du contrôle de réception, reproduction par courbes de fréquence

Stahles schenken. Nach einer sorgfältigen Prüfung kam man schließlich bei der Auswahl des für die Hauptträger der Kulosaaribrücke zu verwendenden Stahles zu dem von der österreichischen Firma VOEST im LD-Verfahren hergestellten hochwertigen, trennbruchsicheren Alfort-Baustahl, der besonders unter Berücksichtigung einer guten Verwendbarkeit für geschweißte Bauwerke entwickelt worden ist. An die Qualität des Stahles, der normal gegläht geliefert wurde, waren unter anderem folgende Forderungen gestellt:

#### Mechanische Eigenschaften:

Zugfestigkeit 52—62 kg/mm<sup>2</sup>.  
 Streckgrenze mindestens 36 kg/mm<sup>2</sup>.  
 Bruchdehnung mindestens 22% für eine Meßlänge von 5d.

Beim faltversuch 180° Biegewinkel, wenn der Dorndurchmesser bei einer Materialdicke  $a$  gleich  $3a$  ist.

#### Chemische Zusammensetzung:

C max. 0,20% Toleranzen: + Toleranz wird nicht gestattet.  
 Si " 0,45% + 0,04%  
 Mn " 1,30% + 0,05%  
 P " 0,03% + 0,003%  
 S " 0,03% + 0,003%

Der Kerbschlagversuch (DVM-Probe) war für jede Schmelze bei — 20° C vorgeschrieben und informativ auch bei — 30° C vorzunehmen.

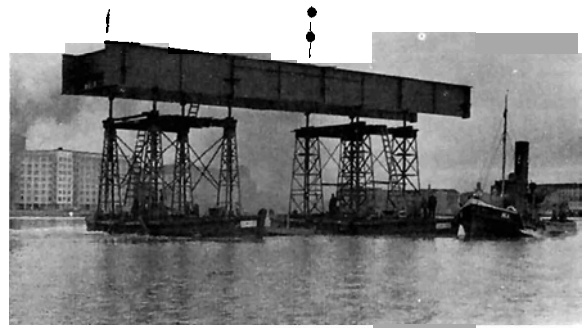


Bild 9: Transport eines Hauptträger-Paares

Fig. 9: Transportation of main girders

Fig. 9: Transport d'une paire de poutres principales

Bei der Prüftemperatur — 20° C wurde gefordert:

Kerbzähigkeit ungealtert mindestens 7 kgm/cm<sup>2</sup>  
 " gealtert " 4 "

Die Alterung wurde auf folgende Weise durchgeführt: 5% Quetschen, Anlassen bei einer Temperatur von 250° C während einer Stunde und danach Luftabkühlung. Insofern eine oder zwei einzelne Proben von einer Reihe von drei Probestücken nicht die fraglichen Mindestforderungen erfüllten, mußte der Versuch mit doppelter Probenzahl wiederholt werden, wobei dann alle Probestücke die Mindestforderung zu erfüllen hatten. Es sei hier vermerkt, daß die von einem Beauftragten des Hafenbauamtes Helsinki geprüften Bleche den obigen Vorschriften voll entsprachen. Die Ergebnisse der Abnahmeprüfungen sind aus den Häufigkeitsschaubildern, Bild 8, zu ersehen.

Zum Schweißen der Hauptträger wurde für die Wurzellen die Elektrode OK-48 P, für die Füll- und Decklagen die Elektrode OK-55 P verwendet.

Bild 10: Hauptträger-Paar an der Einbaustelle

Fig. 10: Main girders at place of erection

Fig. 10: Paire de poutres principales au chantier

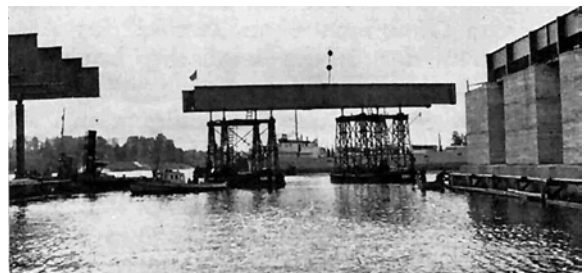


Bild 11: Montage von Tragwerk II

Fig. 11: Erection of superstructure II

Fig. 11: Montage de la charpente II



Auch den für die Querträger, Windverbände, Pendelstützen und Geländer erforderlichen Stahl hat die erwähnte österreichische Firma VOEST geliefert. Hiefür wurde schweißbarer St 37 T, gemäß der österreichischen Norm, ONORM M 3115, verwendet, der zum Teil aus dem SM-Ofen, zum Teil aus dem LD-Tiegel stammte. Die Lager und Gelenke sind aus Stahlguß, Stg. 52.81.

Hauptträger (aus Alfort-Stahl, im LD-Verfahren hergestellt)	1 191 400 kg
Querträger	403 800 "
Windverbände	96 900 "
Pendelpfeiler	50 830 "
Geländer	28 800 "
Stahlteile der Fahrbahnkonstruktion und Bewegungsfugen	14 860 "
Befestigungsdübel der Lager	2 840 "
Lager und Gelenke (Stahlguß Stg. 52)	102 780 "

#### 7. Der Stahlverbrauch der Brücke:

Das errechnete Gesamtgewicht der Stahlteile für die Brücke beträgt 1 892 210 kg und verteilt sich auf die verschiedenen Brückenteile wie folgt:

#### 8. Montage der Stahlteile auf der Baustelle:

Sowohl die Herstellung der Tragwerke wie auch deren Montage auf der Baustelle war



Bild 12: Stahltragwerk kurz vor Beendigung der Montage

Fig. 12: Superstructure shortly before completion of erection

Fig. 12: Charpente en acier peu de temps avant achèvement du montage

der finnischen Firma „Wärtsilä Yhtymä Oy“ übertragen worden, deren Werkstätte in Helsinki, nur etwa 1,5 km von der Kulosaaribrücke entfernt, am Meeresufer gelegen ist. Es war daher naheliegend, die Stahlteile der über die Meerenge führenden Brücke (Tragwerk I) mit Prahmen aus dem Hafen der Werkstätte zur Einbaustelle zu bringen. Hiefür wurden paarweise 2 nebeneinanderliegende Hauptträgerbalken in passenden Stöhlängen auf die am Kai der Werkstatt gebauten Gerüste gelegt und mit Querträgern und Windverbandsstäben verbunden. Hernach wurde das Trägerpaar mit Hilfe von Kranen und Montagewagen auf 2 Prahmen transportiert, zu seinem Einbauplatz geschleppt und an die bereits früher montierten Teile angeschlossen (Bilder 7, 9, 10). Die Montage begann von den Widerlagern auf der Kulosaarseite. Die stählernen Pendelstützen wurden ebenfalls schon am Kai der Werkstätte an den Hauptträgern befestigt, so daß sie gleichzeitig mit den Hauptträgerpaaren montiert werden konnten. Die benachbarten Pendelstützen erhielten vorübergehend stählerne Kreuzverbände, um die nötige Seitensteifigkeit während der Montagearbeit zu erzielen. Die restlichen Querträger und Windverbandsstäbe zwischen den Hauptträgerpaaren wurden an Ort und Stelle eingebaut. Die Stahlteile des über das Ufergebiet leitenden Tragwerkes II wurden mit Lastkraftwagen von der Werkstatt zur Baustelle befördert. Die Hauptträger dieses Tragwerkes wurden mit Hilfe stählerner sich auf Schienen bewegenden Portalkränen auf ihren Platz gehoben, und zwar in so langen Teilen, daß sie ohne zusätzliche Gerüstbauten direkt auf die Pendelstützen gesetzt werden konnten (Bild 11). Die Montage des Tragwerkes II begann vom stadtsseitigen Widerlager, wobei Querträger und Windverband entsprechend dem Fortschritt der Hauptträgermontage eingebaut wurden. Auch in diesem Teil der Brücke wurden die Pendelstützen zur Erhöhung der Seitensteifigkeit des Tragwerkes mit provisorischen Kreuzverbänden versehen.

Nachdem die Überhöhung der Hauptträger, die Höhen der Lager und die Stellungen der Pendelstützen geprüft worden waren, wurden die Montagestöße, Querträger und Windverbandsanschlüsse genietet.

Die Montage der Stahlkonstruktion wurde erst kürzlich beendet (Bild 11).

#### 9. Die Fahrbahn der Brücke

Die Fahrbahn der Brücke besteht aus einer 21 cm dicken, in Längs- und Querrichtung durchlaufenden kreuzweise bewehrten Stahlbetonplatte, für deren Bewehrung Bürstentafel der Brücke bildet somit eine 32,40 m breite einheitliche Platte aus Stahlbeton, deren Länge im Tragwerk I 192 m und im Tragwerk II 163 m beträgt. Um die Schwindspannungen auf ein Minimum herabzusetzen, wird die Platte in Teilen mit bestimmten Pausen betoniert, wobei man auch der Nachbehandlung des Betons besondere Aufmerksamkeit schenken wird. Die Isolierung besteht aus einer Dichtungsschicht und 4 cm dicken Schutzbetonschicht, die Verschleißdecke im Bereich der Fahrbahn aus 6 cm und auf den Gehwegen aus 4,5 cm Asphalt. Der Straßenbahnstreifen wird von einer 35 cm dicken Kleinschlagschicht bedeckt, in die die Schwellen versenkt werden. Die Rohre für Wasser und Gas sowie die Kabel werden unter der Fahrbahn der Brücke zwischen den Hauptträgern verlegt.

Die Kulosaaribrücke soll nun in Kürze dem Verkehr übergeben werden. Helsinki hat mit großem Interesse die Entstehung des Bauwerkes verfolgt, das endlich die schon recht auffällige alte Holzbrücke ersetzen wird. Es sollte, wie schon eingangs erwähnt, die Aufgabe dieses Berichtes sein, die Aufmerksamkeit der Leser dieser Zeitschrift auf dieses mächtige Ingenieur-Bauwerk im Norden zu lenken, an dessen Verwirklichung auch Österreich über die Österreichischen Eisen- und Stahlwerke beteiligt war.



# Baustähle aus dem LD-Tiegel für den Stahlbau

Von Privat-Dozent Dr.-Ing. Hubert Hautmann, Linz-Donau

Über die praktische Anwendung von LD-Stählen für Bauten, an die hohe Anforderungen gestellt werden, haben im vorliegenden Heft der Zeitschrift „Stahlbau-Rundschau“ unter anderem M. Cosandey und B. Kivisalo berichtet. Es handelt sich um den ersten Vierendeelträger, der nach der Katastrophe 1938 (Brücken über den Albert-Kanal-Belgien) geschweißt wurde, und um eine geschweißte St 52-Brücke in Finnland, die nördlichste in Europa, für die 1 200 t LD-Stahl (St 52 mit erhöhter Streckgrenze und gewährleistetester Kältekerbzähigkeit, „Alfort“) verbaut wurden.

Etwa 100 000 t Grobbleche aus LD-Stahl sind seit Inbetriebnahme des ersten LD-Stahlwerkes — im November 1952 in Linz — für hoch beanspruchte, zum Großteil geschweißte Konstruktionen mit bestem Erfolg verwendet worden. Die Nennzugfestigkeit dieser Stähle reicht bis an 58 kg/mm<sup>2</sup>. Für das Jahr 1957 stehen an besonders erwähnenswerten Bauten zwei geschweißte Druckrohrleitungen aus Aldur-Stahl mit einer Nennzugfestigkeit von 47 und 58 kg/mm<sup>2</sup> bevor, ferner die Kiellegung geschweißter Seeschiffe und die Inbetriebnahme geschweißter Kesseltrommeln für 60 atü — alles Anwendungen, bei denen der Stahl höchsten Anforderungen gewachsen sein muß.

Auf Grund der hervorragenden Bewährung des LD-Stahles hat der Österreichische Normenausschuß im Dezember 1955 beschlossen, das LD-Verfahren dem Elektro- und SM-Verfahren gleichzusetzen und dem Hersteller

die Wahl des Verfahrens zu überlassen. Dieser Beschluß gilt für sämtliche Bau- und Maschinenbaustähle, Kesselbaustähle, Einsatz- und Vergütungsstähle und für Stahlformguß.

In den Liefervorschriften für geschweißte Wasserbauwerke und geschweißte Eisenbahnbrücken wurde schon zuvor der LD-Stahl dem SM- und Elektrostahl gleichgestellt. Es handelte sich um Baustähle, deren Nennzugfestigkeit bis 52 kg/mm<sup>2</sup> reicht.

Auch im Ausland wird LD-Stahl bei höchsten Anforderungen in gleicher Weise wie SM-Stahl verwendet. Die VOEST exportiert jährlich 60 000 t LD-Tiefziehstähle, vorwiegend für schwierig zu fertigende Karosserieteile. 350 indische Lokomotiven wurden mit Rahmen aus 100 und 125 mm dicken LD-Stahlblechen ausgerüstet. Der Schweizer Überwachungsverein hat den Bau von Dampfkesseln aus LD-Stahl frei-

Bild 1: Schematische Darstellung des LD-Verfahrens

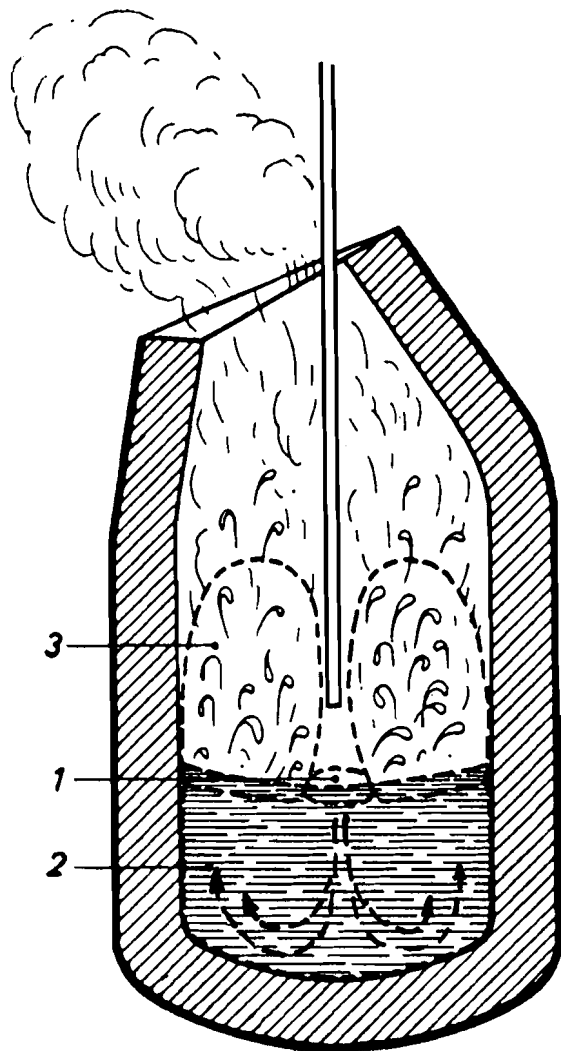
Im Bereich 1 wird die Badoberfläche vom Sauerstoffstrahl getroffen, die bei hoher Temperatur verlaufenden Frischreaktionen sind mit der Aufnahme überschüssigen Sauerstoffs verbunden. Durch die Umlaufbewegung gelangt der überflüssige Anteil der Schmelze in die Zone 2, wo er mit den oxydierbaren Bestandteilen des Roh Eisens reagiert. Es tritt eine Selbstdesoxydation ein. In Zone 3 tritt das Metall in enge Berührung mit der Schlacke. Dort spielen sich die Schlackenreaktionen und die Reinigung des Stahles von den Frisch- und Desoxydationsprodukten ab. Gegen Ende des Frischprozesses hören die Impulse für die Umlaufbewegung von selbst auf und damit wird ein hoher Sauerstoffgehalt im fertiggefrischten Stahl vermieden.

Fig. 1: Diagram of the LD-Process

The surface of the bath within zone 1 is hit by the oxygen jet; refining reactions at high temperature take place with the absorption of surplus oxygen. By the circulating motion, the refined portion of the heat reaches zone 2 and then reacts with the oxydable parts of the pig iron. Self-deoxydation takes place. Towards the end of the refining process the impulses for the circulating motions stop by themselves and thus a high oxygen content in the completely refined steel is avoided.

Fig. 1: Représentation schématique du procédé LD

Dans la section 1, la surface du bain est frappée par l'oxygène, les réactions d'affinage ayant lieu à une température très élevée entraînent l'absorption de l'oxygène excédent. Par l'action de circulation, la partie de la fusion suraffinée atteint la Zone 2 où elle réagit avec les parties oxydables du bain. Une désoxydation de soi-même a lieu vers la fin de l'affinage; les impulsions pour la circulation s'arrêtent automatiquement, ce qui évite une haute teneur en oxygène dans l'acier finalement affiné.



gegeben. Die Klassifikationsgesellschaften für Seeschiffe haben LD-Stahl zugelassen, der Germanische Lloyd für sämtliche Stahlgüten, Det Norske Veritas wird in Kürze die Zulassung auf die höchste Schiffbaustahlgüte „WW“ ausdehnen. Diese Klassifikationsgesellschaft und American Bureau of Shipping stellen die Wahl des Herstellungsverfahrens dem Stahlerzeuger frei. In Bälde werden auch die anderen Gesellschaften noch bestehende Einschränkungen fallen lassen.

LD-Stähle sind keine Windfrischstähle, sie müssen wegen der Eigenart des metallurgischen Verfahrens (Brennfleck-Frischen) als besondere Stahlart angesprochen werden. Das ergibt sich auch aus ihren technologischen Eigenschaften und ihren Anwendungsgebieten, die sie dem SM- und Elektro Stahl ebenbürtig machen.

Das Stahlkomitee der ECE in Genf führt — dem Rechnung tragend — in seinen Statistiken die LD-Stähle seit Jänner 1955 gesondert von den anderen Stahlarten.

LD-Stähle werden aus den gleichen Rohstoffen erschmolzen wie SM-Stähle bester Qualität. Die Eigenart des Verfahrens zwingt zu einem Mischungsverhältnis von Stahlroheisen und Schrott, wie es für das Roheisen-Schrottverfahren gebräuchlich ist, das bekanntlich den besten SM-Stahl liefert. Der Einsatz besteht aus 80% Roheisen und 20% Schrott, der zum Schutz des Gefäßbodens grobstückig sein muß. Leichter Handelsschrott, der in der Regel stark verunreinigt ist, kann beim LD-Verfahren nicht verwendet werden. Die Qualität des Stahles ist daher schon in den Rohstoffen bestens fundiert.

Zum Frischen des Roheisens wird Sauerstoff höchster Reinheit auf die Schmelze aufgeblasen (Bild 1). Für Nichtmetallurgen ist es kaum faßbar — für den Metallurgen in höchstem Maße überraschend —, daß Roheisen mit reinem Sauerstoff gefrischt, ein sauerstoffreines Endprodukt ergibt.

Die Voraussetzungen hierfür sind beim LD-Verfahren dadurch gegeben, daß nur ein sehr kleiner Teil der Badoberfläche (etwa 3%) dem Frischmittel direkt ausgesetzt ist (Brennfleck-Frischen). Zum Unterschied von anderen Verfahren, bei denen der Frischsauerstoff auf große Flächen wirkt, wie z. B. im Siemens-Martin-Ofen und im bodenblasenden Konverter, erfolgt beim LD-Verfahren abseits der Reaktionsstelle eine Desoxydation, d. h. eine Aufzehrung des an der Reaktionsstelle überschüssig aufgenommenen Sauerstoffes durch die Begleitelemente des Roheisens während des Frischvorganges.

Fertiggefrischte SM- oder Windfrischstähle haben in der Regel einen so hohen Sauerstoffgehalt, daß Zugaben von Desoxydationsmitteln, z. B. Ferromangan, notwendig sind.

Beim LD-Verfahren hingegen enthält der fertiggefrischte Stahl ohne Zugabe von Desoxydationsmitteln weniger Sauerstoff als die vorgenannten Stähle nach der Desoxydation. Der LD-Stahl ist daher auch reiner an nichtmetallischen Einschlüssen (Desoxydationsprodukten) als SM- oder Windfrischstähle.

LD-Stahl ist sehr arm an Stickstoff. Er kann mit Stickstoffgehalten bis an 0,002% hergestellt werden, wenn Sauerstoff mit einer Reinheit von über 99% verwendet wird. Niedrige Stickstoffgehalte verringern entscheidend den Einfluß auf die Festigkeitszunahme nach Kaltverformung. Dies geht aus Zahlentafel 1 hervor, in der die Zugfestigkeit von verschieden stark gezogenen Rundstäben aus Windfrisch-, SM- und LD-Stahl verzeichnet ist. Während bei gleicher Ausgangsfestigkeit der Windfrischstahl mit 0,012% Stickstoff nach 40% Querschnittsabnahme eine Zugfestigkeit von 78,8 kg/mm<sup>2</sup> aufweist, steigt die Zugfestigkeit des vergleichbaren LD-Stahles nur auf 58,2 kg/mm<sup>2</sup> und ist damit noch um annähernd 3 kg/mm<sup>2</sup> niedriger als die des untersuchten SM-Stahles.

Phosphor und Schwefel können beim LD-Stahl durch die reaktionfähige Schlacke und die Vorgänge, die sich im Wirkungsfeld des Sauerstoffstrahles abspielen, in ähnlich niedrigen Grenzen gehalten werden wie beim Elektro Stahl.

LD-Stahl ist praktisch frei von unerwünschten Begleitelementen wie Blei, Zink, Zinn, Chrom u. dgl. Diese Elemente verdampfen oder verschlacken zum überwiegenden Teil bei der hohen, über 2500°C betragenden Temperatur im Reaktionsfeld.

Niedrige Sauerstoff-, Stickstoff-, Phosphor- und Schwefelgehalte begründen die Vorrangstellung des LD-Stahles vor Stählen anderer Erschmelzungsart.

LD-Stahl bewährt sich bestens bei Kaltformgebungsarbeiten. Kaltwalzwerke fast aller großen europäischen Industrieländer beziehen heute laufend Breitband aus

### Zahlentafel 1

**Einfluß des Verformungsgrades beim Kaltziehen auf verschieden hergestellte Stähle.**

Zugfestigkeit von Rundstäben, an 15 mm Durchmesser gezogen.

Querschnitts- abnahme beim Ziehen %	Zugfestigkeit in kg/mm <sup>2</sup> .		
	Windfrisch-Stahl 0,012% N <sub>2</sub>	SM-Stahl 0,007% N <sub>2</sub>	LD-Stahl 0,005% N <sub>2</sub>
0	38,6	38,2	38,1
10	57,5	49,0	48,5
25	73,2	56,7	53,4
40	78,8	61,0	58,2

LD-Stahl. Rund 2 Millionen Tonnen LD-Stahl wurden bisher gewalzt, darunter ein hoher Anteil Tiefziehstähle höchster Güte für schwer zu fertigende Karosserieteile.

Bei den **Großbaustählen** steht neben den mechanischen Eigenschaften die Eignung zum Schweißen und die Sprödbrechtsicherheit im Vordergrund. Metallurgisch gesehen, sind die Anforderungen an Tiefziehstähle sehr verwandt mit jenen an Großbaustähle. Ein Stahlherstellungsverfahren, das gute Tiefziehstähle liefert, erlaubt auch die Herstellung vorzüglicher Großbaustähle.

Der Grad der **Sprödbrechtsicherheit**, der mit Stählen verschiedener Erschmelzungsart erreicht werden kann, läßt sich aus der sogenannten kritischen Dicke ermessen. Die Werkstoffdicke beeinflusst nämlich die Spannungszustände, die sich an einer Schweißnaht oder an sonstigen Störstellen, wie örtlichen Kaltverformungen, ergeben und eine wesentliche Einflußgröße für das Entstehen eines Sprödbrechens darstellen. Je empfindlicher eine Stahlart gegen Sprödbrech ist, desto geringer ist die Querschnittsdicke (kritische Dicke), die



Bild 3: Biegeversuch mit einem halben Rohrschuß, Durchmesser 1200 mm, zusammengeschweißt aus einem LD-Baustahlblech Aldur 47 von 40 mm Dicke (52 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit) und einem sprödbrechempfindlichen SM-Stahlblech St 60. Der beim Biegeversuch eingetretene plötzliche Bruch wurde hart an der Schweißnaht vom LD-Stahlblech abgefangen.

Fig. 3: Bend test with half circular formed (diameter 1200 mm) steel plate, 40 mm in thickness, LD-steel Aldur 47, resistant to brittle fracture (52 kg/mm<sup>2</sup> tensile strength) welded together with open-hearth steel plate, St 60, sensitive to brittle fracture. The cleavage fracture has been stopped by the LD-steel plate at the welded joint.

Fig. 3: Essai de pliage avec un demi jet de 1200 mm Ø en acier de construction LD Aldur 47 de 40 mm épaisseur (52 kg/mm<sup>2</sup> résistance de traction) et en acier SM St 60 sensible à la rupture fragile, joints par soudure. La rupture produite subitement par l'essai de pliage étant arrêtée par la tôle en acier LD tout près de la soudure.

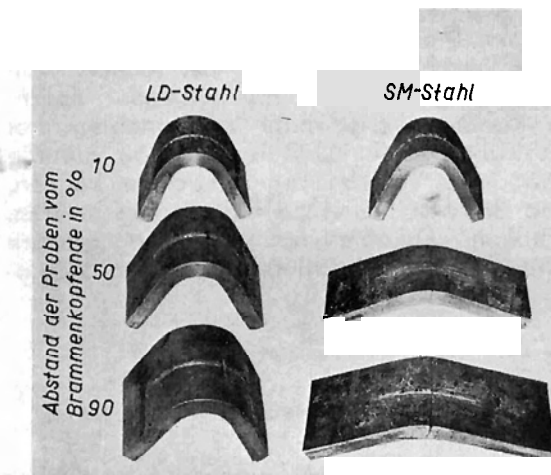


Bild 2: Unberuhigter SM-Stahl St 37, Grobblech in überkritischer Dicke (40 mm) Walzzustand. Zum Vergleich unberuhigter LD-Stahl St 37, Grobblech 40 mm, Walzzustand. Aufschweißbiegeproben aus Kopf, Mitte und Fuß einer Vorbramme entnommen.

Fig. 2: Rimmed SM-steel St 37. Plates in over critical thickness (40 mm), as rolled. For comparison rimmed LD-steel St 37, plate 40 mm thick, as rolled. Weld bead bend test specimens taken from the head, middle and foot of a slab.

Fig. 2: Acier Siemens-Martin St. 37, non calmé, grosse tôle d'une épaisseur surcritique de 40 mm, état de laminage. En comparaison acier LD St. 37 non calmé grosse tôle de 40 mm, état de laminage. Eprouvettes avec soudure pour l'essai de pliage, provenant de la partie supérieure, du centre et du pied d'une brame primitive

nicht überschritten werden darf, wenn die Sprödbrechgefahr berücksichtigt werden muß.

Die **kritische Dicke** von St 37 aus unberuhigtem SM-Stahl im Walzzustand ist bei 30 mm anzusetzen. Dies geht u. a. auch aus dem ehemaligen Normblatt DIN 1612 hervor. Unberuhigter St 37 aus LD-Stahl kann dagegen ungeglüht bis zu Dicken von 80 mm sprödbrech-sicher hergestellt werden. Das kennzeichnende Verhalten von 40 mm dickem Grobblech im Walzzustand aus LD- und SM-Stahl St 37 ist in Bild 2 an Hand von Aufschweißbiegeproben dargestellt. Unberuhigte LD-Baustähle sind bei sonst gleichen Festigkeitseigenschaften in der Sprödbrechtsicherheit den SM-Stählen und erst recht den Windfrischstählen überlegen.

Die Sprödbruchsicherheit eines aluminiumhaltigen, beruhigten LD-Baustahles kann sehr anschaulich durch einen Versuch gezeigt werden, der vor kurzem in Gegenwart eines Vertreters von Det Norske Veritas ausgeführt wurde. Dazu wurde 40 mm dickes Grobblech in Güte „LD-Aldur 47“ ausgewählt. In der Qualität kann das Grobblech aber auch als hochwertiges Schiffblech an der oberen Festigkeitsgrenze der Stahlgüte „WW“ nach Det Norske Veritas, „XNT“ nach British Lloyd, „ESS“ nach Bureau Veritas, „S 3“ nach Germanisch Lloyd oder „C“ nach American Bureau of Shipping angesprochen werden. Der Zugversuch ergab 31,1 kg/mm<sup>2</sup> Streckgrenze, 52,0 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit und 28,5% Dehnung (d<sub>0</sub>). Die Kerbzähigkeit der ungealterten Charpy-V-Probe bei — 10° C betrug 7,8 kgm/cm<sup>2</sup> (45 ft-lbs). Aus dem LD-Grobblech wurde ein Stück 2000×90×40 mm geschnitten und auf der Biegemaschine kalt zu einer Rohschufhälfte von 1200 mm Durchmesser eingewalzt. An den kaltgerollten Halbschuf wurde ein auf 1200 mm Durchmesser warm gerolltes Blech aus sprödbruchempfindlichem SM-Stahl (2000×600×40 mm, 60 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit) angeschweißt.

Das 1500 mm lange halbzyklindrische Prüfstück wurde unter einer großen Presse senkrecht zur Achse, also in Richtung der Schweißnaht, zusammengebogen. Nach einer Verformung, die der Verminderung des Durchmessers auf  $\frac{2}{3}$  entsprach, trat mit lautem Knall der erwartete spröde Bruch im St 60-Teil ein. Dieser Bruch wurde vom LD-Stahl hart an der Schweißnaht abgefangen. Beim Weiterbiegen vergrößerte sich der Anriß im Aldur-Blech nur wenig (Bild 3).

Der Biegeversuch wurde wiederholt, indem man die gekrümmten Hälften des Prüfstückes auf der Presse eben drückte. Auch hierbei wurde der plötzlich auftretende Sprödbruch des St 60 in nächster Nähe der Schweißnaht vom LD-Aldur 47 abgefangen. Trennbruch-sicherer LD-Baustahl ähnlich dem St 44 T (ÖNORM M 3115) oder dem Kesselbaustahl KT 44 (ÖNORM 3121) erfüllt selbst in Dicken von 100 mm die Anforderungen des Aufschweißbiegeversuches weit über die Normvorschrift für ein 50 mm dickes Blech hinaus. Wie Zahlentafel 2 zeigt, ist das Ergebnis des Aufschweißbiegeversuches unbeeinflusst von der Abkühlgeschwindigkeit nach dem Normalglühen, die ihrerseits aber starken Einfluß auf die Kerbzähigkeit nimmt, insbesondere nach Alterung.

LD-Stahl, wie in Zahlentafel 2 wiedergegeben, wurde in Dicken von 100 und 125 mm für 700 schwere Lokomotivrahmen geliefert. Die Anforderungen an Lokomotivrahmen sind nicht nur im Gebrauch hoch, sondern bereits bei der Verarbeitung kritisch. Der facherkartige Rahmen wird auf Schneideautomaten mit dem Sauerstoffbrenner aus dem Walzstück herausgeschnitten. Die Schnitte gehen durch alle Querschnittsteile und haben rund die 3,5-fache Länge des gelieferten Bleches. Die hoch erhitzten Schneidflächen kühlen rasch ab und sind der Gefahr von Härterissen ausgesetzt. Es ist daher üblich, die Rahmen vorgewärmt zu schneiden. Bei den Rahmen aus LD-Stahl hat man auf die unbequeme Vorwärmung verzichten können, ohne dadurch Härterisse heraufzubeschwören. Enthalten Lokomotivrahmenbleche größere nichtmetallische Einschlüsse, so treten Stör-

Zahlentafel 2

Aluminiumhaltiger beruhigter LD-Stahl. Einfluß der Abkühlgeschwindigkeit aus Normalglühtemperatur auf Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften. Grobblech, Dicke 100 mm.

Chemische Zusammensetzung: C 0,16%, Si 0,29%, Mn 0,82%, P 0,017%, S 0,019%, Al 0,065%										
Abkühlung nach Glühung 30° C über A <sub>c3</sub>	Festigkeitseigenschaften				Kerzbähigkeit <sup>1</sup>				Trennbruchempfindlichkeit	
	Obere Streckgrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Einschnürung	ungealtert		gealtert <sup>2</sup>			
					DVM +20° C	Charpy <sup>3</sup> +20° C	DVM +20° C	Charpy <sup>3</sup> +20° C	Aufschweißbiegeversuch ÖNORM M 3052 ° Biegewinkel Bruchaussehen	
	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	%	%	kgm/cm <sup>2</sup>	kgm/cm <sup>2</sup>	kgm/cm <sup>2</sup>	kgm/cm <sup>2</sup>		
Ofen 1,5° C/min.	23,5	44,2	35,5	65	15,8	13,6	1,8	2,2	> 130	o.B. <sup>4</sup>
Preßluft 35° C/min.	25,7	46,9	33,4	66	18,0	17,0	16,5	6,3	> 130	o.B.
Wasser 400° C/min.	24,3	47,2	35,3	72	> 23	> 20	> 20	> 20	> 130	o.B.
Anlassen 600° C/2h										

<sup>1</sup> Längsproben, Kerb senkrecht zur Oberfläche

<sup>2</sup> 10% gestaut, 250°C/1 h

<sup>3</sup> V-Kerb, 2 mm tief, r = 0,25 mm

<sup>4</sup> ohne Bruch

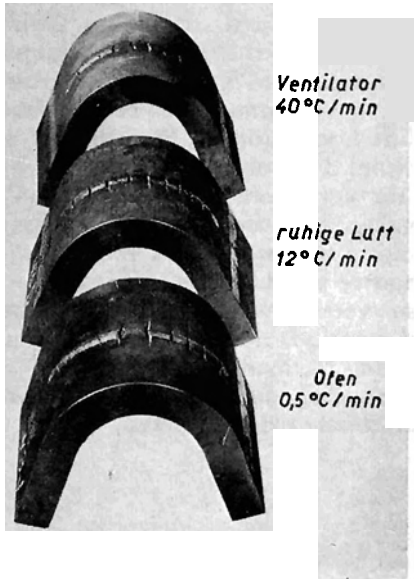


Bild 4: Aluminiumberuhigter LD-Baustahl, Grobblech 42 mm dick, 60 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit. Geprüfte Aufschweißbiegeproben, Kerbzähigkeit siehe Bild 5.

Fig. 4: Aluminium killed LD-steel, plate thickness 42 mm, 60 kg/mm<sup>2</sup> strength. Specimens of weld bead bend tests, notch toughness vide picture 5.

Fig. 4: Acier de construction LD, calmé à l'aluminium, grosse tôle de 42 mm d'une résistance de 60 kg/mm<sup>2</sup>. Eprauvettes avec soudure pour l'essai de pliage, état après l'essai résilience au choc sur éprouvette entaillée voir Fig. 5.

gen an der Schnittfläche auf, die in der Regel zu Ausschuf führen. Der Reinheit des LD-Stahles ist es zuzuschreiben, daß bei den 6000 t Rahmenblechen die Fehlerrate weit unter der Hälfte der bei SM-Stahl üblichen Ausschufziffer lag.

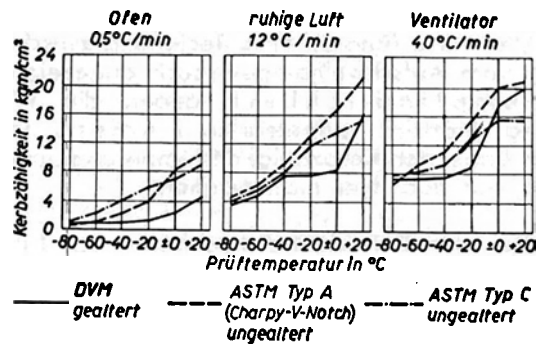


Bild 5: Aluminiumberuhigter LD-Baustahl, Grobblech 42 mm dick, 60 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit. Einfluß der Abkühlgeschwindigkeit aus Normalglühtemperatur und der Prüftemperatur auf die Kerbzähigkeit der gealterten DVM-Probe, der Charpy-V-Kerb- und ASTM-Typ C-Probe (UF-Probe).

Fig. 5: Aluminium killed LD-structural steel, plate 42 mm thick, 60 kg/mm<sup>2</sup> strength. Influence of cooling rate from normalizing temperature and testing temperature for notch toughness of the aged DVM-specimen, the Charpy V-notch and ASTM-specimen type C (UF-specimen).

Fig. 5: Acier de construction LD, calmé à l'aluminium, grosse tôle de 42 mm, d'une résistance de 60 kg/mm<sup>2</sup>. Influence de la vitesse de refroidissement résultant de la température normale à recuire et la température d'essai sur la résilience de l'éprouvette DVM et sur les éprouvettes Charpy-V et ASTM-type C (essai UF).

Auch die schweißbaren Baustähle höchster Festigkeit (58 kg/mm<sup>2</sup> Mindestzugfestigkeit) sind, nach dem LD-Verfahren hergestellt, weitestgehend sprödebruchsicher, wie in Bild 4 mit Aufschweißbiegeproben von 42 mm dicken Grobblechen gezeigt ist. Die Bleche wurden aus Normalglühtemperatur verschieden schnell abgekühlt und ergaben beim Kerbschlagversuch, an DVM-, Charpy-V- und ASTM-C-Proben durchgeführt, sehr unterschiedliche,

### Zahlentafel 3

#### Rohrdruckversuche mit hochwertlgen trennbruchsicheren Baustählen, Elektrostahl Aldur 55 und LD-Stahl Aldur 58.

Gußanalyse, Ergebnisse des Zug-, Kerbschlag- und Aufschweißbiegeversuches. Abmessungen des aus zwei Schüssen geschweißten Prüfrohrs: Innendurchmesser 1093 mm, Rohrlänge 3000 mm, Wanddicke 20 mm.

Stahlart	Gußanalyse						Zugversuch <sup>1</sup>				Kerbschlagversuch <sup>2,3</sup>		Aufschweißbiegeversuch	Schweißung		Ergebnisse des Druckversuches			
	C	Si	Mn	P	S	Al	$\sigma_{So}$	$\sigma_B$	$d_s$	$d_s$	Prüftemperatur		$\varnothing$ Norm M 3052	Elektrode und Glühtemperatur		Max. Wasserdruck otü	Umfangsdehnung		
	%	%	%	%	%	%					$\pm 0^\circ C$	$+20^\circ C$		$^\circ$ Biegewinkel, Bruchaussehen	Längsnaht		Rundnaht	400 mm links der Rundnaht	Rundnaht
Aldur 55	0,18	0,40	1,23	0,016	0,028	0,078	39,1	56,5	26,7	48	8,0	9,2	150 VB <sup>4</sup>	FOX EV 63 600° C	FOX SPE unbehandelt	202	10,6	9,5	11,2
LD-Aldur 58	0,18	0,26	1,60	0,055	0,019	0,020	41,4	59,1	26,9	49	5,8	5,9	150 OB <sup>5</sup>	FOX 132 600° C	FOX 132 unbehandelt	205	10,9	10,0	12,4

<sup>1</sup> Querproben vom Kopfende des Bleches  
<sup>2</sup> Längsproben vom Kopfende des Bleches

<sup>3</sup> DVM-Probe 10% gestaut, 1 Stunde bei 250° C angelassen  
<sup>4</sup> Verformungsbruch

<sup>5</sup> Ohne Bruch

von der Abkühlgeschwindigkeit stark beeinflusste Werte (Bild 5). Eine Beziehung zwischen der vom Aufschweißbieveversuch angezeigten Unempfindlichkeit gegen die Wirkung plötzlich auftretender Anrisse und der Lage der Kerbzähigkeitstemperaturkurven läßt sich auch hier nicht ersehen.

Bei der Entwicklung hochfester Baustähle für geschweißte Druckrohrleitungen — der Aldurstähle — haben Rohrdruckversuche, weil sie in nächster Beziehung zu den Verhältnissen in der Praxis stehen, beste Dienste geleistet. In die Reihe der bei der VOEST ausgeführten Versuche wurde auch LD-Stahl miteinbezogen und es hat sich gezeigt, daß ein geschweißtes Rohr aus LD-Aldur 58 ( $40 \text{ kg/mm}^2$  Mindeststreckgrenze,  $58 \text{ kg/mm}^2$

Mindestzugfestigkeit) mit der vor Eintritt des Bruches erreichten Umfangsdehnung noch höher liegt als ein aus dem Elektro-Ofen stammender, etwas weicherer Aldurstahl 55. Dabei sind die am Rohr aus Elektrostahl gemessenen Verformungen schon überdurchschnittlich hoch. Nähere Einzelheiten sind der Zahlentafel 3 zu entnehmen.

Mit der vorliegenden Auswahl von Versuchsergebnissen zur Beschreibung der Eigenart der LD-Großbaustähle soll das Bild, das sich die Verbraucher von LD-Stählen bis heute machen konnten, vertieft werden. Es soll aber auch gezeigt werden, daß der Beschluß des österreichischen Normenausschusses und anderer Organisationen, die LD-Stähle den SM- bzw. Elektrostählen gleichzusetzen, wohl begründet ist.

### Zusammenfassung

Das wichtigste metallurgische Merkmal des neuentwickelten LD-Verfahrens, Stahleisen durch Aufblasen von reinem Sauerstoff zu Stahl zu frischn, ist die Automatik, mit welcher der Eintritt des Sauerstoffs in die Schmelze so geregelt wird, daß ohne die bei anderen Verfahren notwendige Desoxydation ein sauerstoffarmer Stahl gewonnen werden kann. LD-Stähle sind stickstoffarm, niedrig im Phosphor- und Schwefelgehalt und weitgehend frei von unerwünschten Begleitelementen. Diese Merkmale sichern beste technologische Eignung für die Warm- und Kaltformgebung und für das Schweißen.

Die metallurgischen Verhältnisse des LD-Verfahrens unterscheiden sich in qualitätsbestimmenden Merkmalen von den anderen gebräuchlichen Schmelzverfahren. Die LD-Stähle können daher keiner der von früher bekannten Stahlgruppen zugeordnet werden. In den österreichischen Normen ist der LD-Stahl für sämtliche Bau-, Maschinenbau-, Kessel-, Einsatz- und Vergütungsstähle und für Stahlformguß den SM- und Elektrostählen gleichgestellt, ebenso wie in vielen anderen in- und ausländischen Vorschriften für hochwertige Baustähle.

Derzeit werden in der Welt jährlich 3 Millionen Tonnen LD-Stahl hergestellt. In 2 Jahren werden es 10 Millionen Tonnen sein.

### Schrifttum:

1. Suess, Th. E.: Stahlherstellung nach dem Sauerstoff-Aufblaseverfahren. VOEST-Jahrbuch 1950/51, S. 21/24.
2. Hauttmann, H.: Eigenschaften der im basischen Konverter durch Aufblasen von reinem Sauerstoff gefrischten Stähle. VOEST-Mitteilungen (1951), 38 S. Auszugsweise in Stahl und Eisen 72 (1952), S. 1011/18.
3. Trenkler, H.: Arbeitsweise und Metallurgie des Stahlfrischens mit reinem Sauerstoff nach dem Aufblaseverfahren. Stahl und Eisen 72 (1952), S. 992/97.
4. Trenkler, H.: Stahlfrischen mit reinem Sauerstoff nach dem Aufblaseverfahren (LD-Verfahren). Journées Internationales de Sidérurgie, Liège 7, 8, 9. Mai 1953, hrsg. von Revue Universelle des Mines, Liège, August 1953, 16 S.
5. Hauttmann, H.: Properties of Steels Produced by the LD-Process. VOEST-Mitteilungen, August 1953, 17 S.
6. Hauttmann, H.: Die Eigenschaften der LD-Stähle. „Ein Jahr LD-Stahl“ (1954), S. 17/35.
7. Hauttmann, H.: Caractéristiques des Aciers »LD«. Bulletin Technique du Bureau Veritas, Mai 1954, 19 S.
8. Trenkler, H.: Die metallurgischen Grundlagen des Stahlfrischens mit reinem Sauerstoff nach dem Aufblaseverfahren. „Ein Jahr LD-Stahl“ (1954), S. 11/15.
9. Rinesch, R. F. und F. Klepp: Betriebsergebnisse eines Jahres. „Ein Jahr LD-Stahl“ (1954), S. 48/53.
10. Hauttmann, H.: Die Eigenschaften der unberuhigten und beruhigten LD-Stähle. „Drei Jahre LD-Stahl, VOEST 1953—1956“ (1956), S. 29/53.
11. Trenkler, H.: Metallurgische Grundlagen und Wirtschaftlichkeit des Stahlfrischens mit reinem Sauerstoff nach dem Aufblaseverfahren. „Drei Jahre LD-Stahl, VOEST 1953—1956“ (1956), S. 10/16.
12. Rinesch, R. F.: Drei Jahre LD-Betrieb. „Drei Jahre LD-Stahl, VOEST 1953—1956“, S. 17/22.
13. McMullin, F. J.: Oxygen Steelmaking: How Canadian Plant Uses New Process. The Iron Age, März 1955, S. 75/78.
14. Patton, W. G.: U. S. Company Reports on Oxygen Steel Process. The Iron Age, März 1955, S. 79/80.
15. Trenkler, H. und H. Hauttmann: LD-Process of Steelmaking with Oxygen Jet. Metal Progress, Jänner 1956, No. 1, Vol. 69.

# Vollbahnschienen aus LD-Stahl<sup>\*)</sup>

## Ihre Eigenschaften als Ergebnis der Zulassungsprüfung sowie der laufenden Ausgangskontrolle und Abnahme

Von Dr. mont. Hans Laizner, Leoben-Donawitz

Die gleiche Bedeutung, die dem Träger als Konstruktionselement im Stahlbau zukommt, nimmt die Schiene im Eisenbahnwesen ein, denn sie ist im übertragenen Sinne ein „Träger“ für Tausende von Tonnen, die über sie rollen. So wie der Träger aus dem Hoch- und Brückenbau nicht wegzudenken ist, wäre auch der Eisenbahnbetrieb ohne Schienen unmöglich.

Die Bedeutung der Schiene kommt aber auch in den Mengen zum Ausdruck, die notwendig sind, um die Gleise laufend instandzuhalten. So ergibt sich bei einer Gleislänge von beispielsweise 1000 km und einer normalen durchschnittlichen Liegezeit der Schienen von ungefähr 25 Jahren in Hauptgleisen die Notwendigkeit, jährlich etwa 4000 t Schienen wegen der erfolgten betriebsbedingten Abnutzung auszuwechseln. Dieses Zahlenbeispiel zeigt, daß die Schienen als Walzwerkserzeugnis auch für die Hüttenwerke von großer Bedeutung sind, da sie einen ganz bedeutenden Anteil der Walzwerkserzeugung ausmachen.

Bald nach Inbetriebnahme des Donawitzer LD-Stahlwerkes der Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft wurde, nachdem durch Vorversuche großer Zahl die Eignung des neuen Verfahrens auch für die Erschmelzung von Schienenstählen nachgewiesen worden war, den Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) der Vorschlag gemacht, den LD-Stahl neben dem Siemens-Martin Stahl für die Schienenherstellung zuzulassen. Nach diesem Verfahren erfolgt der Frischprozeß durch Aufblasen technisch reinen Sauerstoffes auf die Badoberfläche in einem tiegelähnlichen Gefäß.

Nach den bis dahin gewonnenen Erfahrungen bestand kein Zweifel, daß das LD-Stahlverfahren infolge des erzielbaren hohen Reinheitsgrades des Stahles zumindest gleich gut wie das althergebrachte, qualitativ hochwertige Siemens-Martinverfahren für die Schienenherstellung geeignet ist. Trotzdem war es verständlich, daß sich die ÖBB vor einer solchen Entscheidung vergewissern mußten, ob die Eignung dieses neuen Stahles für Schienen gegeben ist, ob derart erzeugte Schienen in gleicher Weise, wie bisher die SM-Schienen den Lieferbedingungen und Betriebsanforderungen genügen und ob diese Schienen vor allem keine Minderung der Sicherheit des Fahrbetriebes bedeuten. Es wurde daher sei-

tens der ÖBB. ein ausführliches Versuchsprogramm ausgearbeitet, dessen befriedigende Erfüllung als Bedingung für die endgültige Zulassung gestellt wurde.

Sowohl von dieser Zulassungsprüfung, welche vor längerer Zeit in jeder Beziehung befriedigend abgeschlossen wurde, als auch von der Ausgangskontrolle und Abnahmeprüfung der laufenden Erzeugnisse liegt eine große Anzahl von Versuchsergebnissen vor. Es ist daher heute bereits möglich, die Eigenschaften der LD-Stahlschienen nach diesen Ergebnissen abgeschlossen zu beurteilen und diese mit den Eigenschaften der SM-Schienen zu vergleichen. Darauf sei kurz im folgenden eingegangen:

Wie bereits erwähnt, zeichnen sich die LD-Stahlschienen verfahrensbedingt durch einen besonders hohen Reinheitsgrad aus. Dieser zeigt sich durch niedrig liegende P- und S-Gehalte, welche sogar bestem Elektro-Stahl entsprechen würden. In Bild 1 sind die S-Gehalte als Monatsdurchschnitt der Donawitzer Erzeugung, von Oktober 1955 bis April 1956 ausgewertet, dargestellt.

Es handelt sich hierbei um Schienenstahl in Regelgüte mit etwa 75 — 80 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit und mit den üblichen Gehalten von etwa 0,55% C, 0,90% Mn und 0,15% Si. Als Folge der niedrigen Gehalte an P und S sind weitgehende Homogenität des Schienenstahles,

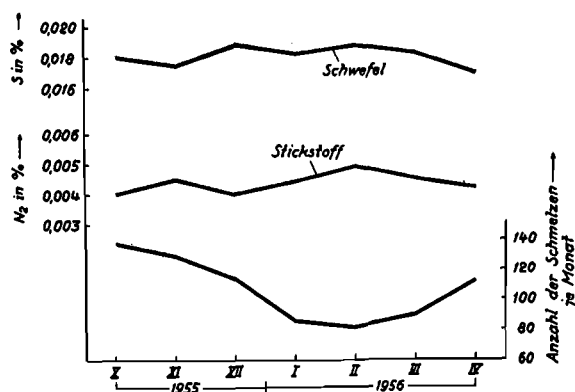


Bild 1: Monatsdurchschnitte der Schwefel- und Stickstoffgehalte von LD-Stahl-Schienenerschmelzen von Oktober 1955 bis April 1956

Fig. 1: Monthly average of S and N contents of LD rail steel heats, October 1955 to April 1956

Fig. 1: Moyenne par mois des teneurs de soufre et d'azote de fusions d'acier LD pour rails de l'octobre 1955 jusqu'à l'avril 1956.

<sup>\*)</sup> Auch als SK-Stahl bekannt

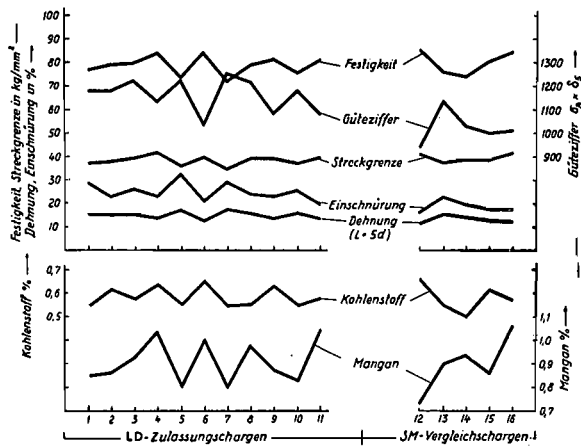


Bild 2: Ergebnisse der Zerreißversuche der Zulassungsprüfung durch die OBB.

Fig. 2: Results of tensile tests of admission examination by the Austrian Federal Railways

Fig. 2: Résultats des essais pour l'examen d'admission par les Chemin de Fer Fédéraux Autrichiens

gute Dichtheit des Schienengefges, geringe Seigerungen im Schienenquerschnitt und, nicht zuletzt, geringe Anteile an nichtmetallischen Einschlüssen hervorzuheben. Diese Eigenschaften erklären die hohe Zähigkeit, welche die LD-Stahlschienen auszeichnet, worauf noch später eingegangen wird.

In Bild 1 ist neben dem S-Gehalt auch noch der Stickstoffgehalt dargestellt. Dieser liegt niedriger als durchschnittlich bei SM-Stahl — letzterer enthält üblicherweise 0,006 bis 0,008% Stickstoff. Damit liegt er auch wesentlich tiefer als in Thomasstahl, der normalerweise Stickstoffgehalte zwischen 0,010% und 0,015% enthält.

Ein besonderes Merkmal der LD-Stahlschienen sind die im Zerreiversuch festgestellten hohen Dehnungswerte. Sie sind eindeutig höher als bei SM-Schienen gleicher Festigkeit. Damit ist auch die durch das Produkt Festigkeit mal Dehnung dargestellte Güteziffer, die einen augenfälligen Vergleich und eine gute Beurteilung der Zähigkeitseigenschaften von Schienen ermöglicht, bei LD-Stahlschienen höher als bei SM-Stahlschienen. Das Bild 2, in welchem das Ergebnis der Zerreißversuche von 11 LD-Zulassungsschmelzen sowie von 5 analysenvergleichbaren SM-Schmelzen dargestellt ist, lässt diesen Unterschied deutlich erkennen.

Auch bei etwas geänderter Stahlzusammensetzung, wie sie beispielsweise der Vorschrift der Schweizerischen Bundesbahnen entspricht, ergibt sich, wie Bild 3 zeigt, im Vergleich von 5 SM- und 5 LD-Schmelzen, das gleiche Bild.

Zur Beurteilung der Zähigkeitseigenschaften von Schienen bedient man sich nicht nur des Zerreiversuches, man führt darüber hinaus

den Schlagversuch mit ungekerbten Schienenabschnitten durch. Bei diesem Versuch, der in nahezu allen Schienenlieferbedingungen vorgeschrieben ist, wird, z. B. nach den Vorschriften der OBB., ein Schienenabschnitt von etwa 1 1/2 m Länge bei einer Auflagerentfernung von 1 m durch Schläge eines Bren von erst 5 mt und dann weiteren 3 mt so lange ausgesetzt, bis eine Durchbiegung von 90 mm ohne Bruch erreicht ist. Dieser Vorschrift genügen LD-Stahlschienen gleich gut wie SM-Schienen. Wiederholt durchgeführte Versuche, Proben von LD-Schienen über die genannte Durchbiegungsvorschrift hinausgehend weiterzuschlagen, ließen Durchbiegungen über 200 mm ohne Bruch erreichen. Es ist dies in gleicher Weise ein Nachweis der sehr guten Zähigkeitseigenschaften der LD-Stahlschienen. Bild 4 veranschaulicht, was eine Durchbiegung von beispielsweise 184 oder 206 mm bedeutet.

Für die Liegedauer einer Schiene im Gleis sind ihre Verschleißeigenschaften ausschlaggebend. Wenn auch letztlich nur das Betriebsverhalten selbst eine endgültige Aussage über das Verschleißverhalten der Schienen im Gleis erlaubt, so wurden doch besondere Prüfverfahren entwickelt, deren Versuchsergebnisse wiederholt eine gute Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Verhalten der Schienen in besonders stark verschleibeanspruchten Gleisbögen gezeigt haben. Nach einem solchen Verfahren, welches von R. Walzel und R. Werner entwickelt wurde und nach welchem aus dem

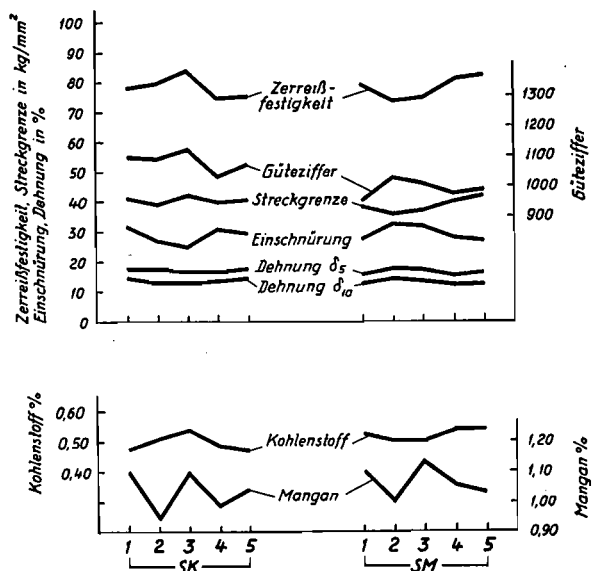


Bild 3: Vergleich von LD- und SM-Schienen nach den UIC-Vorschriften

Fig. 3: Comparison of LD- with Open Hearth rails according to UIC specifications

Fig. 3: Parallèle des rails LD et SM selon les règlements de UIC

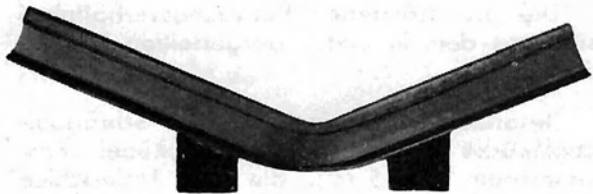




Bild 4: Schienenschlagversuch, Schlagarbeit: 20 mt, Pfeilhöhen: 184 und 206 mm

Fig. 4: Rail impact test, impact energy: 20 mt, deflection 184 and 206 mm

Fig. 4: Essai au choc de rails, travail de choc: 20 mt, flèche: 184 et 206 mm



Schienenkopf ausgearbeitete Probestäbe mit einem Flachquerschnitt von  $14 \times 5$  mm unter einer belasteten, gehärteten Scheibe hin und her bewegt werden, wobei der durch Verschleiß auftretende Gewichtsverlust, bezogen auf eine bestimmte Anzahl von Hieben als Maßzahl des werkstoffeigenen Verschleißverhaltens bestimmt wird, wurde auch das Verschleißverhalten der LD-Stahlschienen untersucht. In Bild 5 sind diese Versuchsergebnisse, welche von der Zulassungsprüfung stammen, dargestellt. In diese Darstellung sind auch die Ergebnisse von 5 analysenvergleichbaren SM-Schmelzen sowie von 3 Elektro-Manganstahlschmelzen, die eine Sondergüte mit besonderer Verschleißfestigkeit sind, eingetragen. Die Darstellung zeigt, daß das mit der beschriebenen Versuchsmethode festgestellte Verschleißverhalten der LD- und SM-Schienen praktisch das gleiche ist.

Von besonderer Bedeutung für die Verwendbarkeit der Schienen ist ihre Schweißbarkeit nach dem elektrischen Abbrennstumpfschweißverfahren sowie nach dem Thermitschweißverfahren (Goldschmidtverfahren). Die Eignung der Schienen für diese Schweißverfahren wurde derart untersucht, daß geschweißte Schienenabschnitte dem Pulsatorversuch unterworfen wurden und die Zeit-Biegeursprungsfestigkeit der Schweißverbindung, bezogen auf 1 000 000 Lastwechsel, bestimmt wurde. Bei dieser Versuchsart, die seinerzeit von der EMPA in Zürich entwickelt wurde, ist die Beanspruchung des Schienenquerschnittes zweifellos nicht die gleiche wie diejenige im Gleis unter dem Raddruck des darüberrollenden Zuges. Trotzdem wird diese Prüfart den praktischen Betriebsverhältnissen viel mehr gerecht als die in den Abnahmebedingungen für Schienen verankerten Prüfverfahren und erlaubt sie eine auf die

praktische Bewährung ausgerichtete, gute Beurteilung der Güte des Schweißstoffes. Bei diesen Versuchen wurden bei einer Zeit-Biegeursprungsfestigkeit von im Mittel etwa  $35 \text{ kg/mm}^2$  im ungeschweißten Zustand bei elektrisch abbrennstumpfgeschweißten Schienenabschnitten im Mittel  $33 \text{ kg/mm}^2$ , bei thermitschweißten Schienenabschnitten (Goldschmidtverfahren) im Mittel  $24,5 \text{ kg/mm}^2$  Ursprungsfestigkeit festgestellt. Diese Ergebnisse decken sich mit denjenigen, die bei SM-Schienen üblicherweise erreicht werden.

Wie der vorstehende, auszugsweise Bericht über die vielen, sowohl von der Zulassungsprüfung als auch von der laufenden Erzeugung vorliegenden Versuchsergebnisse zeigt, ist die LD-Stahlschiene der SM-Schiene mindestens ebenbürtig. In ihren Zähigkeitseigenschaften übertrifft sie die SM-Schiene. Da in gleicher Weise, wie bei SM-Schienen, die Schienenlieferbedingungen und Abnahmevorschriften ohne Schwierigkeiten zu erfüllen sind, ist verständlich, daß das neue Verfahren bereits seit längerer Zeit für die Erzeugung von Vollbahnschienen von den ÖBB. endgültig zugelassen wurde und daß, ebenfalls seit längerer Zeit, LD-Schienen auch an ausländische Bahnverwaltungen geliefert wurden. So wurden bis zum heutigen Tag vom Hüttenwerk Donawitz bereits über 20 000 t LD-Schienen, davon rund zwei Drittel an die ÖBB., der Rest an ausländische Bahnverwaltungen geliefert. Das sind, in Schienen- bzw. Gleislängen ausgedrückt, rund 4400 km Schienen bzw. 2200 km Gleis. Nach dem Bericht der Bahnverwaltungen, besonders der ÖBB., bewähren sich diese Schienen, die ausnahmslos in Hauptgleisen verlegt sind, klaglos unter den Betriebsbeanspruchungen. Es besteht daher auch kein Zweifel, daß diese Schienen in Kürze in den internationalen Schienenlieferbedingungen, den UIC-Bedingungen, ihrer Güte entsprechend neben den SM-Schienen verankert sein werden.\*)

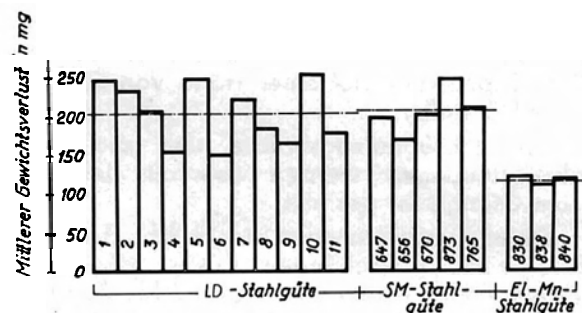


Bild 5: Ergebnisse der Verschleißversuche der Zulassungsprüfung durch die ÖBB

Fig. 5: Results of wear resistance tests for admission by the Austrian Federal Railways

Fig. 5: Résultats des essais d'usure de l'examen d'admission par les Chemin de Fer Fédéraux Autrichiens

\*) Diese Zulassung ist inzwischen erfolgt.

# Industriebauwerke aus LD-Stahl

Von Dipl.-Ing. Josef Höbenreich, Donawitz

## Der neue Hochofen im Hüttenwerk Donawitz

Im Hüttenwerk Donawitz der Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft wurde im Jänner 1956 ein neuer Hochofen mit einer Tagesleistung von zirka 850 t nach einer Bauzeit von einem Jahr in Betrieb genommen.

Das Gerüst der für die Produktionserhöhung des Hüttenwerkes wichtigen Hochofenanlage wurde aus dem im eigenen Werk erzeugten LD-Stahl gebaut. Man konnte sich dazu ohneweiters entschließen, weil der in den letzten Jahren von den Hütten Donawitz der ALPINE und Linz der VÖEST erzeugte und für die verschiedensten Zwecke gelieferte LD-Stahl von rund 2½ Mill. t allseits voll entsprochen hat.

Der Bau dieses neuen Hochofens von zirka 1000 m<sup>3</sup> Nutzinhalt war notwendig, um für einen alten in Zustellung befindlichen Ofen Ersatz zu schaffen und darüber hinaus eine erhöhte Rohstahlerzeugung zu erreichen.

Die neue Ofeneinheit wurde daher entsprechend größer ausgelegt als die alten Ofen, um neben höherer Erzeugung größere Wirtschaftlichkeit, vor allem durch geringeren Koksverbrauch, zu erzielen.

Im folgenden seien kurz die Anlagenteile beschrieben, die hauptsächlich von inländischen Stahlbaufirmen geliefert wurden.

Auf Grund gewonnener Erfahrungen ist dieser Hochofen im Gegensatz zu amerikanischen Ausführungen mit einem in der Hauptsache geschweißten 4-Säulen-Gerüst versehen worden, das den freistehenden Ofen umschließt. Dieses Stahlgerüst trägt die Ofenbühnen, die Treppen, die Gichtbühne mit dem Gichtverschluß und schließlich die Übergichtkonstruktion mit einem 25-t-Montagekran von 7 m Spannweite auf einer Höhe von 58,55 m über Hüttenflur.

Die Schrägaufzugsbrücke und die Gasabzugsleitungen werden ebenfalls teilweise vom Ofengerüst gestützt.

Diese Gerüstbauweise ermöglicht den Aufbau eines freistehenden Ofens mit seinen vielen Vorteilen, wie etwa die leichte Zugänglichkeit und weitgehende Bewegungsfreiheit bei Reparaturen. Außerdem ist man in der Lage, bei Neuzustellungen einen Ofen von beliebiger Größe in das Ofengerüst hineinzustellen und Änderungen vorzunehmen, ohne Rücksicht auf die oben auf dem Gerüst ruhenden Lasten der übrigen Ofenkonstruktion.

Der eigentliche Ofen mit einem lichten Gestelldurchmesser von 6800 mm ist selbsttragend

und besitzt zum Unterschied von den alten Ofen keinen Tragkranz für den Ofenschacht. Gestell, Rast und das untere Drittel des Ofenschachtes sind mit einem geschweißten Blechmantel aus LD-Stahl — unten 60 mm stark und bis oben auf 30 mm abgestuft — gepanzert. Der obere Schachtteil hingegen ist ungepanzert und mit Bandagen versehen.

Die grundsätzlichen Belastungsverhältnisse sind aus dem in Bild 1 dargestellten Schema zu ersehen.

Besonders zu erwähnen ist die Schrägaufzugsbrücke für die beiden Kippkübel (Fassungsraum je 7,5 m<sup>3</sup>), die zum Unterschied von der herkömmlichen Konstruktion aus geschweißten Vollwandträgern (2260 mm Höhe, 5000 mm Mittel-Entfernung) ausgebildet ist (Bild 2). Das Maschinenhaus zur Unterbringung der Aufzugswinde mit den zwei Gleichstrommotoren von je 300 PS sowie für die elektrisch betriebenen Gichtglocken und Sondenwinden besteht im wesentlichen aus vier geschweißten Vollwandrahmen, den Deckenträgerlagen und den beiden Rahmen für den Windenraum.

Angeschlossen ist der zweiteilige überdachte geschweißte Koksunker für zirka 150 t Nutzinhalt. Er dient gleichzeitig als Endauflagerung für die 152,2 m lange Koksbandbrücke (Bild 3).

Auch für den Großrohrleitungs- und Behälterbau wurden beachtliche Mengen LD-Stahl verwendet. So unter anderem für die 4 Gasabzugsleitungen auf der Gicht, die sich auf der gegenüberliegenden Seite des Schrägaufzuges zu einer einzigen Leitung von 2600 mm lichtigem Durchmesser, dem Fallrohr, vereinigen. Zwei Gasauslassventile auf den Standrohren erreichen eine Höhe von 68,500 m über Boden. Das Glockenventil am oberen Ende des Fallrohres dient als Absperrmöglichkeit für den Gasstrom. Das Gasabfallrohr ist unten an zwei Behältern von 7 m Durchmesser (Staubsammler) angeschlossen. Zwei nachgeschaltete Zyklonabscheider von 4,2 m Durchmesser haben die Aufgabe, feinere Staubteilchen abzuscheiden. Schließlich wurde noch ein Waschkühler von 4,5 m Durchmesser mit 21,5 m Höhe zur Nachreinigung und Kühlung des Gichtgases und etwa 310 m Rohrleitungen von 2,0 bis 3,0 m Durchmesser eingebaut.

Zwischen Abstichseite des Hochofens und Staubsammler liegt die Gießhalle mit 23,6 m

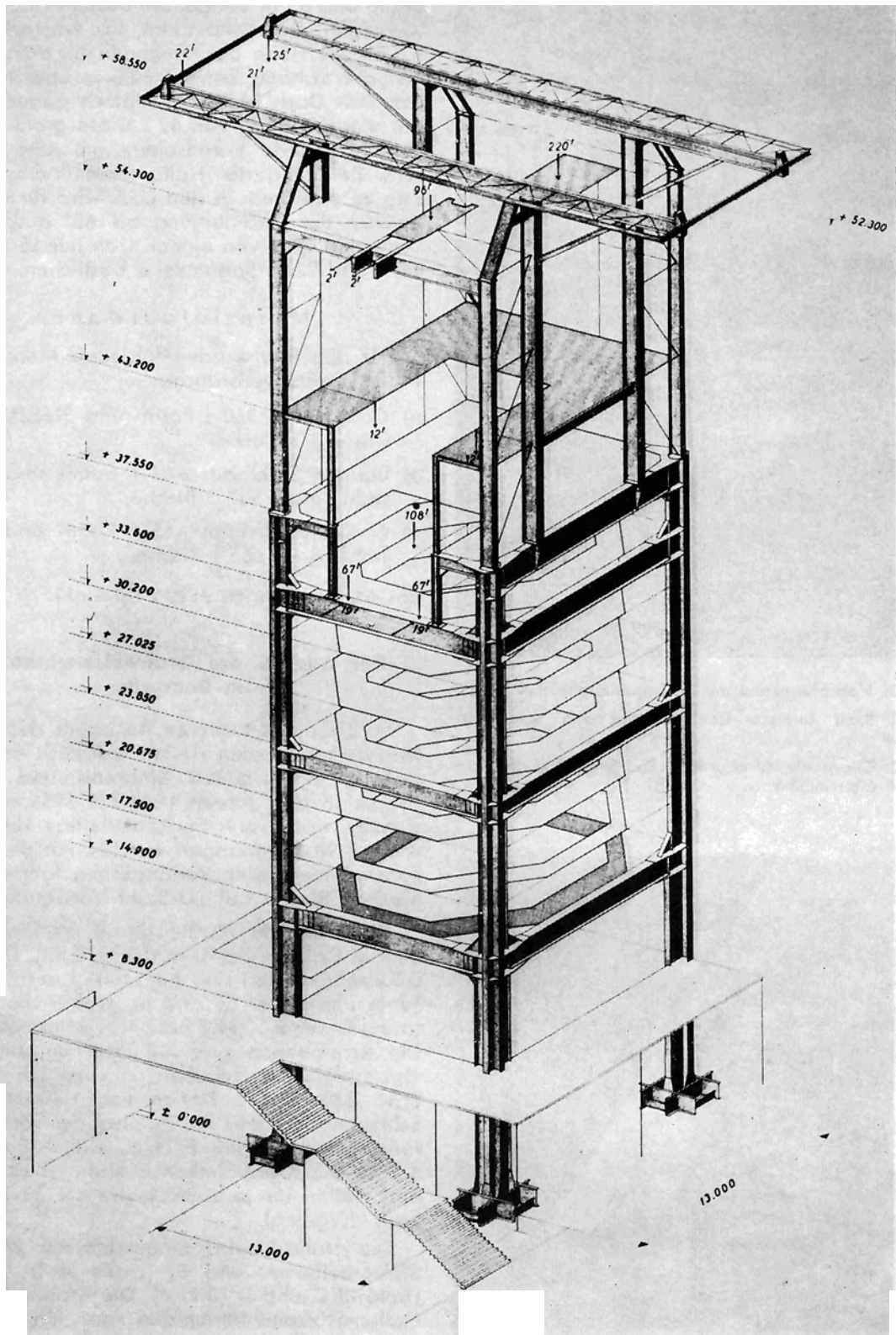


Bild 1: Gerüst für Hochofen I, Schema

Fig. 1: Steel scaffold for blast furnace I, schema

Fig. 1: Charpente du haut-fourneau I, schème

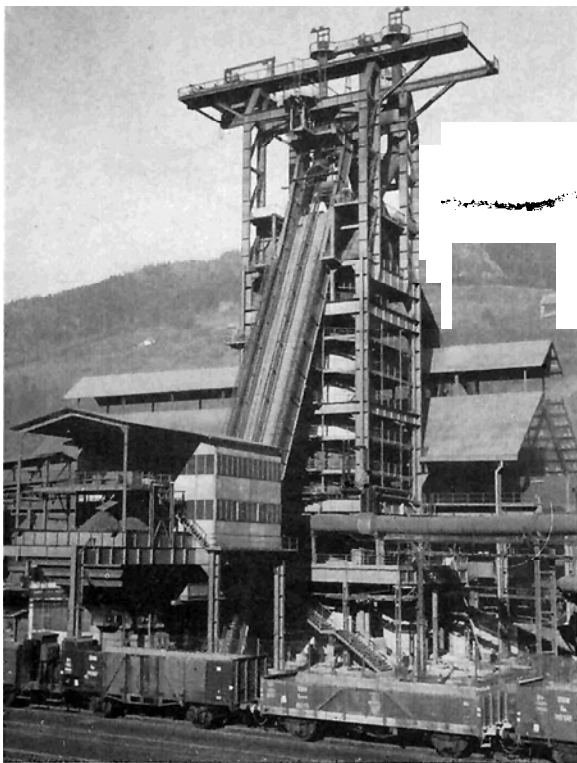
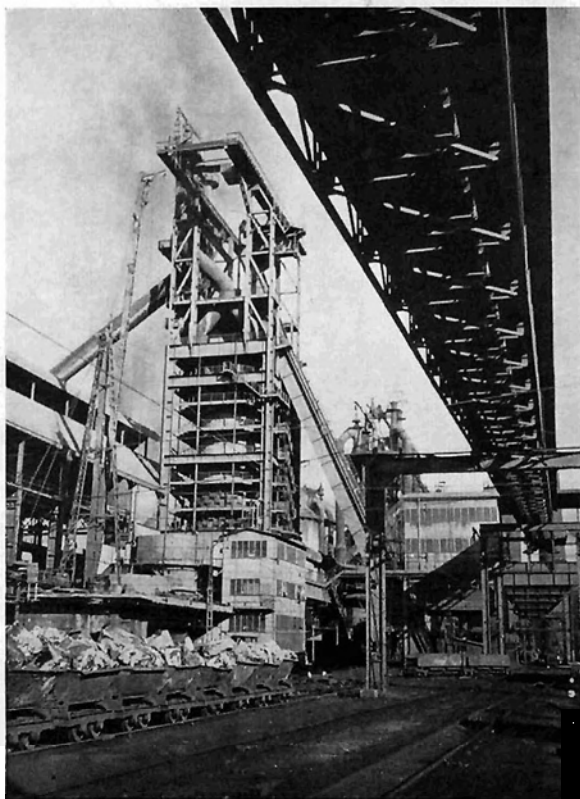


Bild 2: Hochofengerüst mit Schrägaufzugbrücke

Fig. 2: Blast furnace steel scaffold with scip hoist bridge

Fig. 2: Charpente du haut-fourneau avec pont d'ascenseur à plan incliné



Breite und 60 m Länge. Sie besteht aus 9 vollwandigen Rahmenbindern im Abstand von 7,5 m. Die Höhe der Gießhalle bis zum Dachfirst der Laterne beträgt 32,6 m über Hüttenflur. Das Dach ist mit Wellblech gedeckt und hat eine Neigung von 42°. Diese große Dachneigung wurde vorgesehen, um eine natürliche Belüftung der Halle ohne übermäßigen Zug zu erreichen. In den USA wird für gleiche Zwecke die Dachneigung bis 60° ausgeführt. Die Halle wird von einem Kran mit 15 t Tragkraft und 22 m Spannweite bestrichen.

#### Materialaufwand

Für den Bau wurden folgende Mengen an Walzmaterial verbraucht:

- Ofengerüst: 260 t Form- und Stabstahl sowie 413 t Bleche,
- übriger Stahlbau: 640 t Form- und Stabstahl sowie 527 t Bleche,
- Großrohrleitungen: 15 t Form- und Stabstahl sowie 665 t Bleche,

das sind zusammen 2520 t LD-Stahl.

#### Der Ausbau der Grobwalzwerkshallen in Donawitz

Im Zuge des weiteren Ausbaues des Grobwalzwerkes, dessen Hallen anlässlich der Aufstellung einer neuen Knüppel- und Profilstrecke in den Jahren 1949 bis 1955 errichtet wurden, mußte nun die dreischiffige Halle um weitere 90 m verlängert werden. Für die Stahlkonstruktion dieser Verlängerung fanden Profile und Bleche aus LD-Stahl Verwendung.

Die verbaute Fläche dieser Verlängerung umfaßt  $92,99 \text{ m} \times 90 \text{ m} = 8370 \text{ m}^2$ . Die Gebäudestützweiten sind bei Halle I und Halle II 33 m und Halle III 25,8 m, wobei die Kranspannweiten  $2 \times 31,2$  bzw.  $1 \times 24$  m betragen. Die Kranbahnen sind mit dem vorhandenen Gebäudeteil durchlaufend in einer Länge von etwa 380 m. Die Höhen von Hüttenflur bis Schienenoberkante im Bereich der Verlängerung vor der Halle I 11 m, Halle II und III 5,5 m. Die Kranbahnkonstruktion ist bei allen drei Hallen für je zwei Krane mit 20 t Tragkraft ausgelegt.

Die Halle I wird eingeschlossen von der Stützenreihe A und B, Halle II B und C, Halle III C und D (Bild 4). Die Kranbahn- und Hallen-Stützenentfernungen der Stützenreihe A und B (Halle I) und D (Halle III) wurden einheitlich mit 7,5 m gewählt. In der Reihe C

Bild 3: Hochofengerüst mit Koksbunker

Fig. 3: Blast furnace scaffold with coke bin

Fig. 3: Charpente du haut-fourneau avec soute de coke

wurden die Kranbahn-Säulenentfernungen in der Verlängerung mit 45,250 und 44,750 m aus betrieblichen Gründen angenommen. Wegen der großen Stützenweiten beträgt die Konstruktionshöhe der Kranbahnunterzüge 5214 mm. Bild 5 zeigt die Montage des Kranträgerträgers.

Für die Belichtung der Hallen sind große Fensterbänder vorgesehen, die übrigen Hallenwände wurden mit Wellblech verkleidet. Die Ausführung ist laut Bild 4 sehr einfach und genügt bei einer Walzwerkshalle, welche nicht dicht abgeschlossen werden muß. Eine eventuelle Gebäudeänderung ist im Vergleich zu einem Riegelbau mit niederen Kosten möglich, da die Wellbleche leicht abmontiert und wieder verwendet werden können.

Für die Dachkonstruktion (Bild 6) werden Fachwerksbinder mit einer Binderentfernung von 7,5 m verwendet. Die Höhe der Binderauflagen von Hüftenflur beträgt bei Halle I, Säulenreihe A 14,835 m, Säulenreihe B 9,335 m und Säulenreihe C und D 9,860 m (Halle II und III).

Die Firsthöhe der Binder in Halle I liegt in einer Höhe von 21,410 m über Hüftenflur, in der Halle II 15,910 m und in der Halle III 14,860 m.

Die drei Hallen sind in teilweise genietet und teilweise geschweißter Konstruktion ausgeführt worden. Geschweißt sind vor allem Stützen in der Reihe B und C und die Kranbahnträger.

Die Hallen sind mit verzinktem Wellblech, welches mittels Agraffen auf den Pfetten befestigt ist, eingedeckt.

### Materialaufwand

Für den oben beschriebenen Ausbau der dreischiffigen Halle wurden

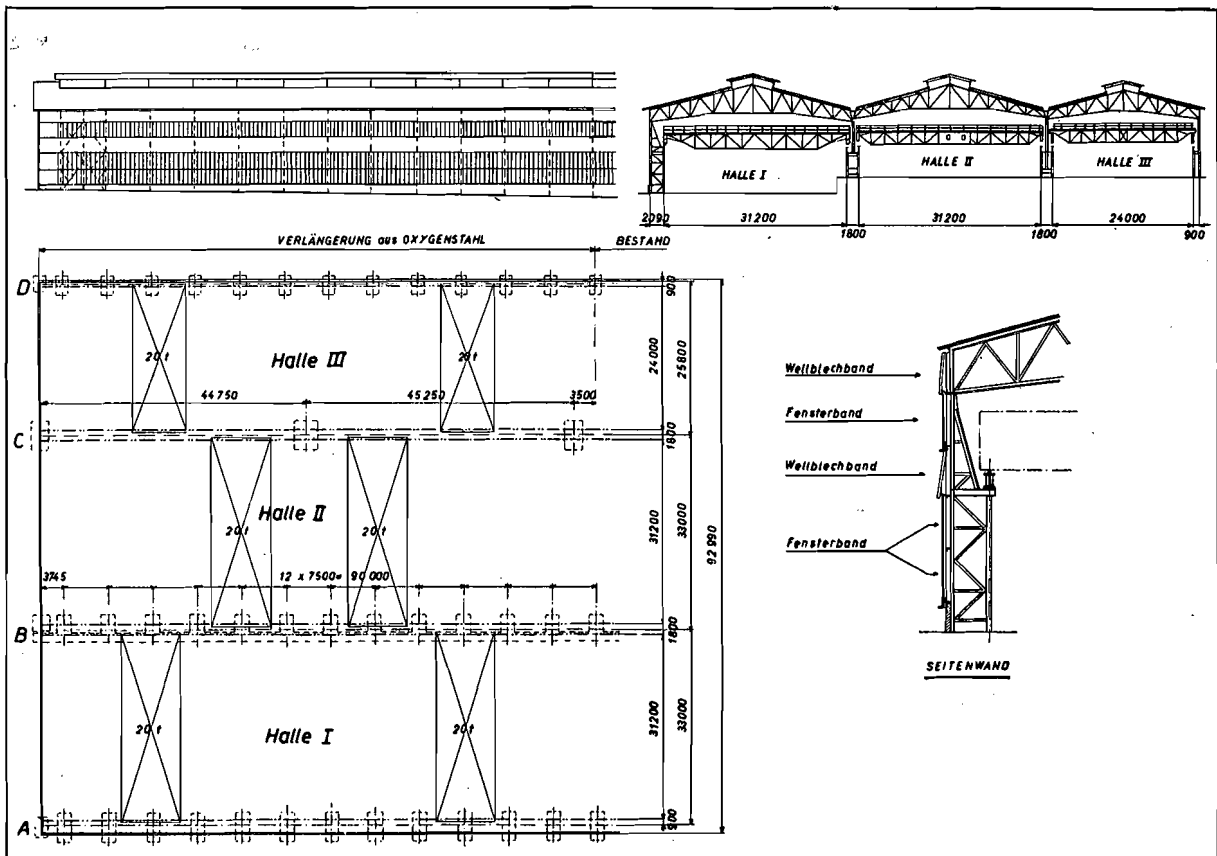
- rund 215 t Formstahl,
- " 360 t Stabstahl,
- " 465 t Bleche und
- " 30 t Kranbahnschienen,

also insgesamt zirka 1070 t LD-Stahl verwendet.

Bild 4: Verlängerungsbau der Walzwerkshallen des Hüttenwerkes Donawitz um 90 m

Fig. 4: 90-m-Extension of Rolling Mill Building of Works Donawitz

Fig. 4: Extension par 90 m des halls de laminage de Donawitz



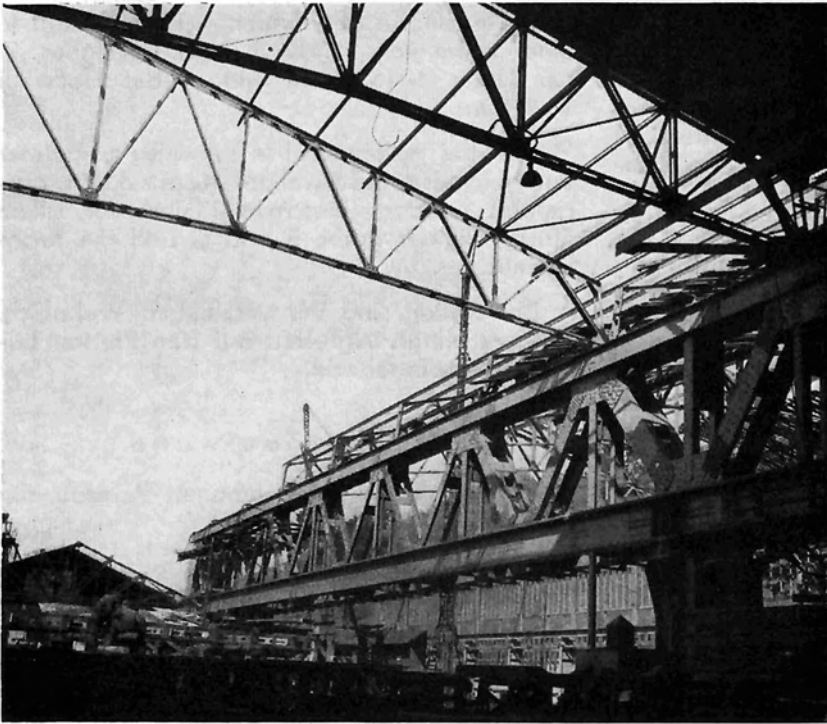


Bild 5: Montage des Kranträger

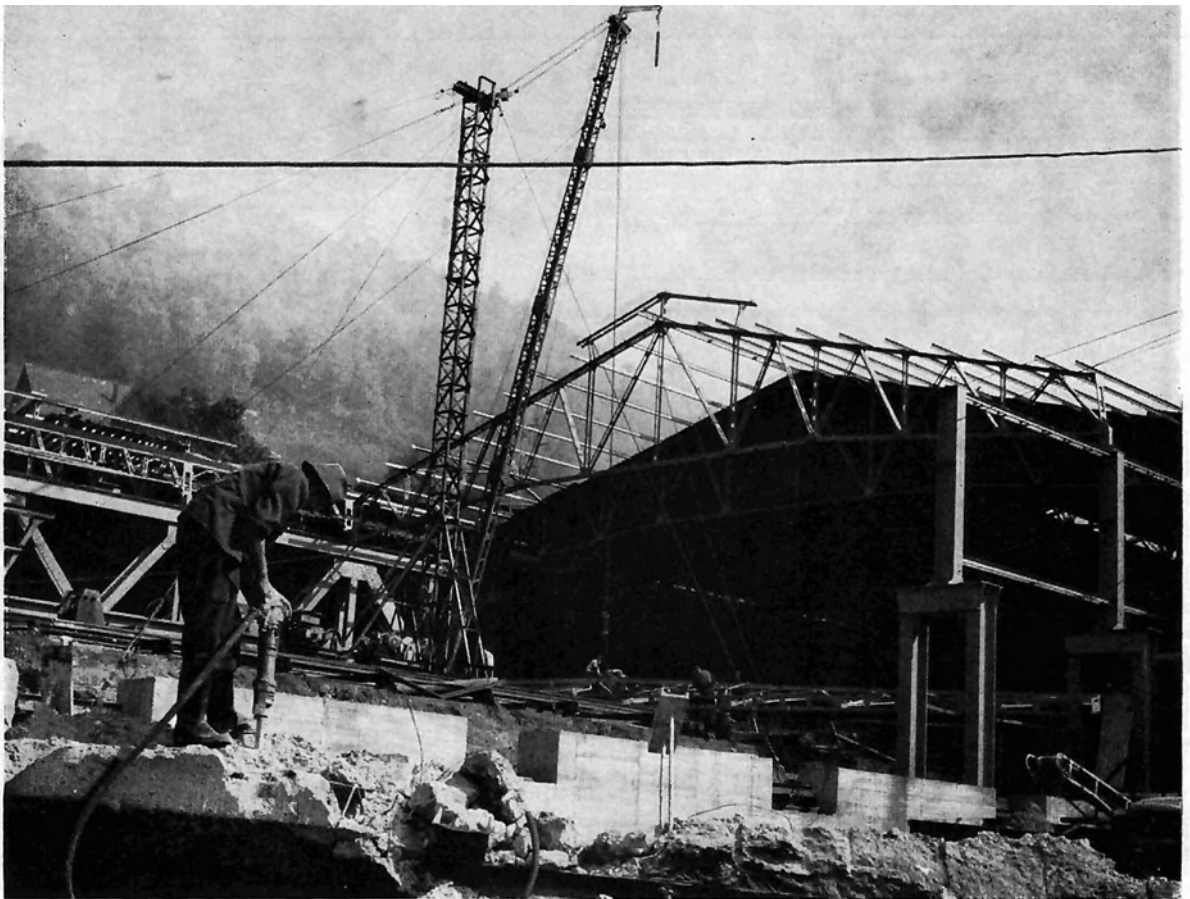
Fig. 5: Erection of the crane lattice girder

Fig. 5: Montage de la poutre en treillis de grue

Bild 6: Dachkonstruktion

Fig. 6: Roof construction

Fig. 6: Construction du toit



## Extracts

### A new method for producing steel

by o. Professor Dr. mont. W a l z e l, Leoben . . . . . Page 3

Reviewing the historic development of steel making processes it has always been the aim to prove not only the quantitative and economic capacity but to meet also the steadily increasing demand for quality by steel consumers, particularly by the constructional steelwork plants. Simultaneously with fulfilling these demands, a limitation is set to the classical methods, whereat the supply situation for raw material also plays an important part.

After years of tests carried out by the metallurgical plant of the Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft in Donawitz and the Vereinigte Oesterreichische Eisen- und Stahlwerke A. G. in Linz/D., a fundamentally new steel making process has been developed for large scale production, which best combines the operational and economic advantages of the "Thomas" process, with the qualitative advantages of the "Open Hearth" process, taking also into consideration the raw material situation. The new process is called the LD-process and is synonymous with the cities Linz and Donawitz.

It is based on the simple and distinct thought to use technically pure oxygen as only refining agent, which is blown onto the surface of the hot metal bath containing only 12 to 22% scrap. The possibility of entering nitrogen is thereby practically excluded, and provides — besides having a larger range in the choice of pig iron composition — one of the decisive quali-

tative advantages as against the classical "Thomas" process. Compared with the "Open Hearth" process the essential advantage not only lies in the considerably lower requirement of scrap, but also in the more favourable rhythm of production and in the quantitatively larger capacity, both of which are equal to those of the "Thomas" process.

The experience gained from about 2 500 000 tons production of Austrian LD-Steel are now available. Apart from the confirmation of the aforementioned advantages of this new process they also proved, that steel is produced equal in quality to the Open Hearth Steel. Moreover a superior quality was even proven in some instances by comparative tests, averaging a higher quality product by some percentage, i. e. tensile strength times elongation at fracture, and for lower sulphur content per average which is given by the natural presumptions and by the desulphurizing effect of the new process. The sulphur content amounts only to ca. 0,02370 and produces an LD-Steel particularly best suitable also for fusion welding. Also its notch toughness at lower temperature is to be noted.

The operational, economical and quality advantages have already won the confidence of foreign countries. LD-Steel Plants of the Austrian type have already been erected or being on order respectively, in Canada, USA, Germany, France, India and Japan.

### First use of "LD"-steel for steel buildings in Switzerland

by Prof. Dipl.-Ing. C o s a n d e y, Lausanne . . . . . Page 7

In order to meet competition of building material other than steel in bridge building and superstructural work, three factors are of importance:

- 1, the quality of steel
- 2, exact study of statics in order to obtain best results from this side
- 3, conscientious construction

Special progress in the steel making process has been made by a procedure developed in Austria, i. e. producing steel in special crucibles with pure oxygen. This steel is made in a rapid process and yet has the qualities of all steel smelted in processes so far used

particularly with regard to weldability and resistance to ageing. The article then describes the structure first built from oxygensteel (St 37 T LD) in Switzerland for which this steel has proved satisfactory in all respects both with regard to mechanical treatment and constructive application. The structure (Cinema) is provided with a frame type (Vierendeel) girder. The girder itself has a depth of 4,3 meter, a length of 22,9 meter on three stanchions, which are spaced with 5,28 and 17, 282 meter from each other. The width of the chord is 45 cm and its depth 80 cm, the thickness of the plates varies from 20 to 40 mm. The girder carries a load varying from 31,1 ton m<sup>2</sup> to 59,1 ton m<sup>2</sup>. All joints are welded with low hydrogen electrodes.

### The highway-bridge from Helsinki to Kulosaari, Finland

by Prof. Dipl.-Ing. K i v i s a l o, Helsinki . . . . . Page 14

The highway-bridge from Helsinki to Kulosaari described in the above report is the most important bridge being built in Finland. The bridge having a total length of 356,5 m and a width of 32 m crosses a channel and a part of the port. A type of girder grillage was designed to suit the local conditions, to overcome such difficulties as making the foundations and providing sufficient head room for ships. This design is both economical and suitable. Two systems of continuous girders with 5 spans each are supported by steel pillars, two abutments and a massive middle pier. All the supports have a pile foundation.

The main girders of the construction were made of "Alfort", a special steel produced in the VOEST works at Linz. This steel blown with pure oxygen accor-

ding to the LD-process is a high-duty aluminium bearing structural steel. In spite of the high tensile strength this Alfort steel is suitable for welding. VOEST also supplied open hearth steel St 37 T for all the other members of the bridge. The construction was fully welded, but the joints rivetted at site. A Finnish company having its workshops near the site received the contract for the construction and the erection of the bridge. The girders were completed in the workshops and conveyed to the site by water-transport and then erected piece by piece.

The report gives more details of design, calculation and erection of the bridge. This large construction in the north of Europe will be finished in the near future.

## Structural steel from the LD-crucible for fabricated steel construction

by Privat-Dozent Dr.-Ing. H a u t t m a n n, Linz/Donau . . . . . Page 23

Since November 1952, when the first LD-steelplant in Linz started the operation, about 100 000 tons of plates up to a minimum tensile strength of 58 kg/mm<sup>2</sup> have been applied most successfully to highly stressed welded steel constructions. Since December 1955 no difference is made in the Austrian Standards between LD-steels, electric furnace and open hearth steels for all grades of steels, for steel constructions, machinery parts, pressure vessels and boilers, as well as for carburizing and heat treatment steels and for steel castings. A correspondent regulation is also found in other Austrian specifications, e. g. for welded railway bridges. The classification societies have principally admitted LD-steel for shipbuilding and are going to extend the admission for all qualities.

LD-process and open hearth process need the same raw materials, but the percentage of the charged material is inverted. While in the open hearth commonly 20 per cent pig iron (Stahleisen) and 80 per cent scrap is charged, LD-vessel works with 80 per cent pig iron (Stahleisen) and 20 per cent scrap. The characteristic

feature of the LD-steel is the automatic which avoids a surplus of oxygen in the melt, so that no deoxidizers, as used in other processes, have to be added to the finished steel. LD-steels are low in oxygen, nitrogen, phosphorus and sulfur content and low in residuals. Most of the tramp elements evaporate due to the high reaction temperatures in the LD-vessel.

For steel constructions it is of special importance that LD-steels are highly insensitive to brittle fracture caused by local influences of welding. The paper gives a series of test results showing clearly the peculiarity of the LD-steels. The reported test results should complete the impression which the consumer of LD-steel has got up to now, and demonstrate that the decision of the Austrian Standard Committee concerning LD-steel is justified.

At the present time about 3 million metric tons a year of LD-steels are produced in the world, in Austria, Canada, and USA. Within two years the capacity of the LD steelplants of the world will be increased to 10 million metric tons a year.

## Normal gauge rails of LD-steel

by Dr. mont. L a i z n e r, Leoben-Donawitz . . . . . Page 29

The qualification of the new oxygen steel process for the production of rail steels having been proved in every respect by numerous and comprehensive investigations, the LD-steel has been approved by the Austrian Federal Railways after successful admittance tests.

On the strength of these test results it is possible to assess conclusively the properties of LD-steel rails, which are as follows

a) a very high degree of purity caused by this special production process. This is shown by low contents of P and S which would correspond even to best electric steel.

b) as a consequence of these low P and S contents, a good density, an insignificant amount of segregations in rail section and low content of nonmetallic substances. These properties explain the high toughness distinguishing the LD rail.

c) the elongation values are higher than those of the open hearth rails of equal tensile strength.

d) in numerous impact tests under most severe conditions far exceeding the existing regulations, bending deflections of more than 200 mm have been attained without fracture.

e) wear resistance tests showed values equal to open hearth rails.

f) fatigue tests on welded rail sections with 1 million reversals have proved distinctly weldability of LD-steel.

Owing to these properties which are equivalent and, as to toughness, even superior to openhearth steel, the Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft (OAMG) have produced from oxygen steel about 20 000 t of rails, one third of which has been exported.

Reference is made to graphs of the different values and chemical composition analyses.

## Industrial buildings made of LD-steel

by Dipl.-Ing. H ö b e n r e i c h, Donawitz . . . . . Page 32

The object of this paper is to describe two buildings made of LD-steel, which have been erected at the Donawitz Works of the Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft. These buildings are a new blast furnace and the expansion of the existing heavy rolling mill building.

The erection of a new blast furnace with a working capacity of 1000 m<sup>3</sup> has been influenced by the consideration that 2,5 million tons of LD-steel, produced during the last years by the Donawitz Works of Alpine and the Linz Works of VOEST, have been used for most diverse purposes and the steel always proved to be very satisfactory.

The main feature of the blast furnace are a welded 4-column steel structure surrounding a self supporting

furnace. Mounted on the steel structure are the working platforms, the stairs, the top platform and the furnace top structure incl. a 25 ton assembly crane with a 7 m span. The advantage of this design is first of all a longer space for doing repair work. Further, it is possible to replace the furnace by another one of any desired size. All together 2520 tons of LD-steel have been installed.

The existing 3-bay heavy rolling mill building has been extended by 90 m in length, the new part of the building covering an area of 8370 sq. m. Only plates and sections made of LD-steel have been used to this expansion. The total steel weight installed amounted to 1070 metric tons.



## R é s u m é

### Un nouveau procédé pour la production d'acier

par o. Prof. Dr. mont. W a l z e l, Leoben . . . . . Page 3

Un coup d'oeil rétrospectif donné au développement historique des procédés pour affiner l'acier montre la tendance de plus en plus efficace non seulement d'améliorer la capacité et l'économie, mais encore de satisfaire les demandes des consommateurs d'aciers relativement à la qualité qui augmentent continuellement, particulièrement dans la domaine des constructions métalliques. En vue des procédés devenus classiques et en considérant la situation, l'approvisionnement des matériaux bruts d'aujourd'hui l'accomplissement simultané de ces demandes est limité. A force des recherches de longue durée par la „Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft" Hütte Donawitz et par les „Vereinigten Oesterreichischen Eisen- und Stahlwerke" Hütte Linz, un procédé d'affinage d'acier fondé sur des principes nouveaux fut développé jusqu'à l'état d'exploitation, unissant les avantages d'exploitation et d'économie du procédé Thomas avec les qualités du procédé Siemens Martin en tenant compte pleinement de la situation d'approvisionnement des matières premières. Ce nouveau procédé s'appelle l'affinage à l'oxygène avec les marques de fabrication conformément aux usines de développement. Procédé SK pour Alpine, procédé LD pour Voest. Ce procédé est fondé sur l'idée simple et claire d'employer de l'oxygène pur comme unique moyen d'affinage en le soufflant sur la surface du bain de fonte auquel on n'ajoute que 12-22% de ferraille. De cette façon l'absorption d'azote est pratiquement impossible. Ce fait est déterminant pour le choix de composition du fer brut et donne un des avantages, dominants de qualité vis à vis du

procédé classique Thomas. L'avantage essentiel vis à vis du procédé Siemens Martin est fondé non seulement sur le besoin réduit de ferraille, mais encore sur un rythme plus favorable de la production et sur la grande capacité. Tous les deux avantages sont conformes à ceux du procédé Thomas.

Il ya déjà des expériences de la production autrichienne d'environ 2½ millions tonnes d'acier affiné à l'oxygène. Cette quantité a prouvé les avantages du procédé ci-dessus mentionné et en même temps il fut démontré que la qualité est tout à fait la même que celle provenant du procédé Siemens-Martin.

En quelques raisons, on pouvait, par des essais de comparaison démontrer la supériorité de la qualité de l'acier affiné à l'oxygène vis à vis de l'acier Siemens-Martin, qui se traduit par un produit de qualité avec quelques pourcents de plus (c'est à dire la résistance multipliée avec l'allongement de rupture) et une teneur moyenne en soufre plus faible, résultant des suppositions naturelles et de l'action dessoufrante du procédé nouveau. La teneur en soufre est d'environ 0,023%. Par cela l'acier affiné à l'oxygène est propre à la soudure de fusion. Aux températures basses il y a une favorable ténacité au choc sur éprouvette entaillée.

Les succès d'exploitation, d'économie et de qualité ont gagné déjà la confiance de l'étranger. On a déjà établi ou commandé des usines pour affiner l'acier à l'oxygène d'après le modèle autrichien au Canada, aux Etats Unis, en Allemagne, en France, aux Indes et au Japon.

### Le pont-route de Helsinki à Kulosaari (Finlande)

par Prof. Dipl.-Ing. K i v i s a l o, Helsinki . . . . . Page 14

Le rapport ci-devant décrit le pont le plus important, qui se trouve maintenant en construction en Finlande. Il s'agit du pont-route de Helsinki à Kulosaari. Le pont a une longueur totale de 356,5 m et surpasse un détroit d'environ 200 m et en même temps une partie du port d'une largeur de 160 m avec des routes et des voies. La largeur du pont est 32 m ayant 2 trottoirs, 2 routes cyclables, 2 chaussées et au milieu une bande pour un tramway à grandes vitesses à deux traces. Les conditions difficiles de fondation, les prescriptions concernant l'espace d'écoulement au dessous du pont pour la navigation et la circulation du port, ainsi que les considérations économiques étaient dominantes pour la choix d'un système de grillage des poutres. Chacun des appareils porteurs I et II, séparés par une pile massive du milieu passent sur 5 panneaux. La fondation des piles intermédiaires, construites comme piles articulées se fait exclusivement sur pilotis à friction.

Les poutres principales de l'appareil porteur en acier se faisaient d'un acier spécial avec la marque „Alfort". C'est un acier de construction à l'aluminium avec de hautes qualités qui résultent d'une réduction par le procédé à oxygène, développé par la VOEST. Malgré sa résistance très élevée, il est bien propre au soudage. Pour le reste de construction on employa de l'acier Siemens-Martin St 37 T, tout même provenant de la VOEST. Exepte les joints rivés au chantier, toute la construction fut totalement soudée. L'achèvement de l'appareil porteur s'appliqua à une firme finnoise, ayant son atelier tout près du chantier. C'est pourquoi les poutres achevés ont été transportées sur l'eau de l'atelier au chantier pour être mise à la place, pièce par pièce. Le rapport ci-devant donne encore plus de détails concernant le projet, la calculation et le montage du pont, qui figure une importante construction d'ingénieur du Nord, en état devant son achèvement.

### Aciers de construction résultant du procédé au creuset LD destinés pour les constructions métalliques

par Privat-Dozent Dr.-Ing. H a u t t m a n n, Linz/Donau . . . . . Page 23

En Novembre 1952 l'aciérie LD à Linz a commencé la production. Depuis ce temps environ 100 000 tonnes de tôles fortes jusqu'à une résistance à la traction minimum de 58 kg/mm<sup>2</sup> étaient appliquées avec grand

succès pour les constructions d'ouvrage métallique soudées qui sont très chargées. Depuis Decembre 1955 les normes autrichiennes ne font pas une distinction entre le procédé LD et les procédés électrique et

Siemens-Martin pour tous les aciers de construction, de construction de machine, de chaudière, de cimentation et revenu et pour l'acier moulé. Cette égalisation est aussi faite dans autres spécifications autrichiennes, par exemple pour des ponts soudés de chemin de fer. Les sociétés de classification ont permis principalement l'acier LD et ont étendu en partie la permission sur tous les qualités.

Pour la production des aciers LD les mêmes matières premières sont usées comme pour l'acier Siemens-Martin. La charge LD est composée de 80% de fonte brute (Stahleisen) et 20% de mitrailles, pendant que dans le four Siemens-Martin habituellement 80% de mitrailles et 20% de fonte brute sont chargés. L'essentiel du procédé LD est le réglage automatique qui permet d'éviter le surplus d'oxygène de sorte que les desoxydants qui sont ajoutés aux autres procédés ne soient pas nécessaires. L'acier LD est pauvre en

oxygène, azote, phosphore et soufre. Les éléments désavantageux qui sont déjà peu contenus dans la charge se vaporisent sous les hautes températures.

Il est particulièrement signifié pour l'ouvrage métallique que les aciers LD sont très insensibles à la rupture par fragilité causée par des influences locales d'un façonnage à froid ou une soudure. Dans cet article il y a une série des résultats des essais montrant la particularité des aciers LD. Ces résultats des essais doivent compléter l'impression que le consommateur de l'acier LD peut avoir jusqu'à présent et doivent montrer que l'égalisation aux aciers électrique et Siemens-Martin dans les normes autrichiennes est justifiée.

En ce moment environ 3 millions tonnes d'acier LD sont produits dans le monde, en Autriche, en Canada et USA. Dans deux ans la capacité des aciéries LD du monde sera de 10 millions tonnes par an.

## Rails pour les grands chemins de fer, fabriqués de l'acier LD

par Dr. mont. Laizner, Leoben-Donawitz

Page 29

Après de nombreuses et vastes recherches dans lesquelles fut prouvé que le nouveau procédé à oxygène est propre en tous rapports pour la fabrication de l'acier à rails, l'administration de chemin de fer d'Autriche s'est résolue après un examen affirmative d'admettre à côté de l'acier Siemens-Martin aussi l'acier LD à l'oxygène.

Par les résultats de ces recherches il est possible de juger finalement les propriétés des rails d'acier LD.

Il en suit:

- a) Un haut degré de pureté, conditionné par le procédé de fabrication, qui se traduit par les contenances faibles de P et S correspondantes à l'acier au four électrique.
- b) Par conséquence de ces contenances faibles de P et S il en suit un matériel bien homogène avec une grande concentration, avec peu de ségrégations dans la section transversale du rail et peu de parties non métalliques. Ces propriétés expliquent la grande ténacité dont les rails LD sont distingués.

c) Les valeurs d'allongement constatées chez les épreuves de traction sont plus hautes que celles-ci chez les rails Siemens-Martin avec la même résistance.

d) Chez les épreuves frappeuses on a obtenu des flèches plus de 200 mm en employant les conditions les plus sévères, surmontant les prescriptions données.

e) Les épreuves de résistance à l'usure ont donné les mêmes résultats comme chez les rails Siemens-Martin.

f) Les épreuves de pulsateur avec un changement de charge d'un million ont prouvé la soudabilité excellente de l'acier à rails LD. A cause de ces propriétés égales avec celles de l'acier Siemens-Martin et par la ténacité supérieure, le „Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft" a fabriqué jusqu'à présent 20 000 tonnes de rails d'acier LD. Un troisième de cette quantité fut exporté.

On attire l'attention sur les représentations graphiques de différentes valeurs et d'analyses de fusion.

## Constructions industrielles en acier affiné par oxygène pur

par Dipl.-Ing. Höbenreich, Donawitz

Page 32

L'article suivant décrit deux constructions industrielles, qui ont été établies en acier affiné par oxygène pur dans les Etablissements Donawitz de l'Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft. C'est précisément un nouvel haut fourneau et l'achèvement du hall des gros trains de laminoir, dont une partie existait déjà.

Le fait que les 2,5 millions tonnes d'acier affiné par oxygène pur, produit pendant les années passées dans les Etablissements Donawitz de l'Alpine (de la Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft) et Linz/Donau de la Vereinigte Oesterreichische Stahlwerke A. G., étaient employées à diverses fins et ont satisfait parfaitement sous tous les rapports, fut déterminant pour la construction du nouvel haut fourneau d'une capacité de 1000 m<sup>3</sup> à peu près.

La construction se compose d'un échafaudage en forme de quatre colonnes, avant tout soudé, qui enferme le fourneau isolé. Cet échafaudage en acier

porte les plates-formes, les montées, la plate-forme du gueulard et enfin le dessus du gueulard avec une grue de monage de 25 tonnes et d'une ouverture de 7 m. L'avantage de cette construction existe avant tout dans la vaste liberté, des mouvements chez l'exécution des réparations. En outre, le fourneau peut être facilement remplacé par un autre de n'importe quelles dimensions. En somme, on a consommé à bâtir 2520 tonnes d'acier affiné par oxygène pur.

Le hall des gros trains de laminoir en forme de trois nefs a été prolongé de 90 m par une plaine de 8370 m<sup>3</sup> entourée de bâtiments.

Pour ces constructions d'agrandissement on a principalement employé des profilés et des tôles en acier affiné par oxygène pur. Le poids total des matériaux consommés à bâtir s'élève à 1070 tonnes.

En ce qui concerne les détails de la construction de tous les deux fondations, voyez les copies dans l'article.

# ALPINE



ahl

aus dem Erz des steirischen Erzberges ist ein Begriff für Qualität und genießt Weltruf. Tradition und Erfahrung aus einer nahezu 2000jährigen Entwicklung des Eisenwesens um diese Erzlagerstätte begründen die hervorragende Güte der Walzware und anderer Stahl-Erzeugnisse der steirischen Werke der „Alpine“, des größten Bergbau- und Industriekonzerns Österreichs.

**ÖSTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT**  
GENERALDIREKTION WIEN I, FRIEDRICHSTRASSE 4



# WIENER BRÜCKENBAU- UND EISENKONSTRUKTIONEN A. G.

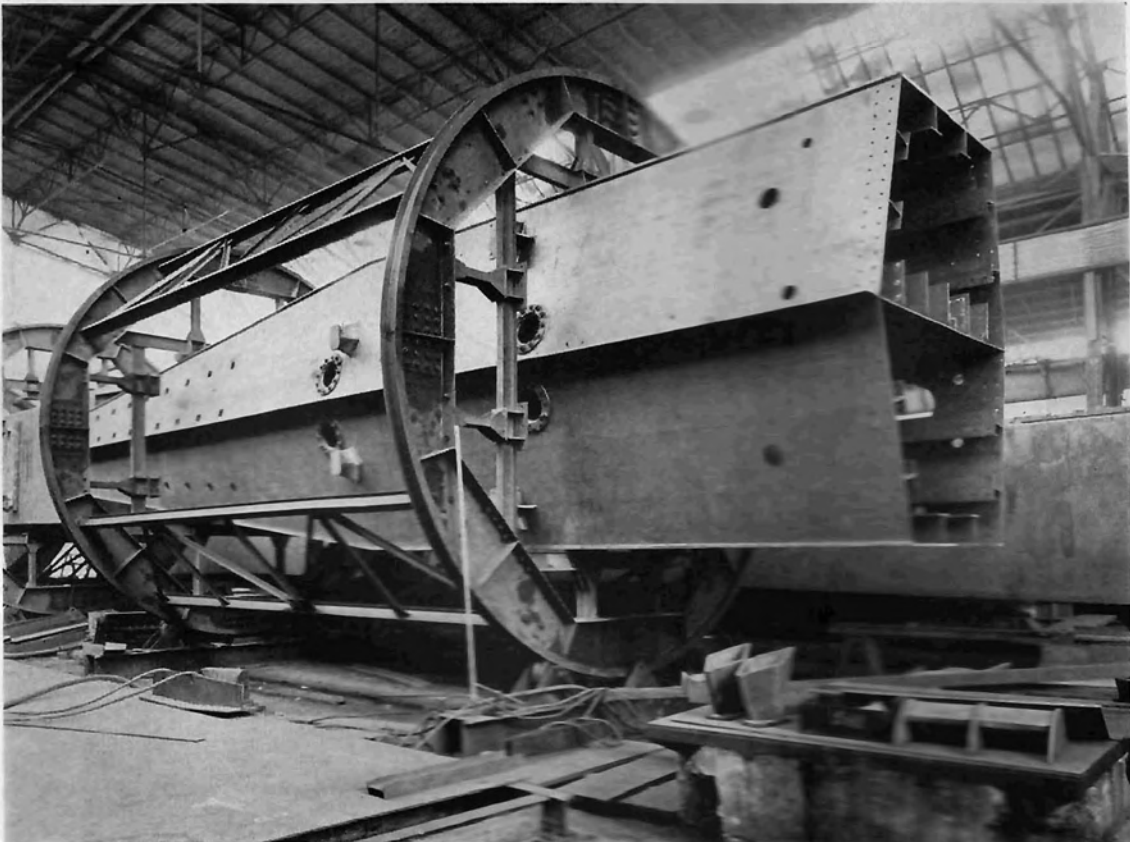
**Zentralbüro: Wien X, Hardtmuthgasse 131 - 135**

Telephon: U 32 575 Serie (64 36 86), Fernschreiber: 01-1785

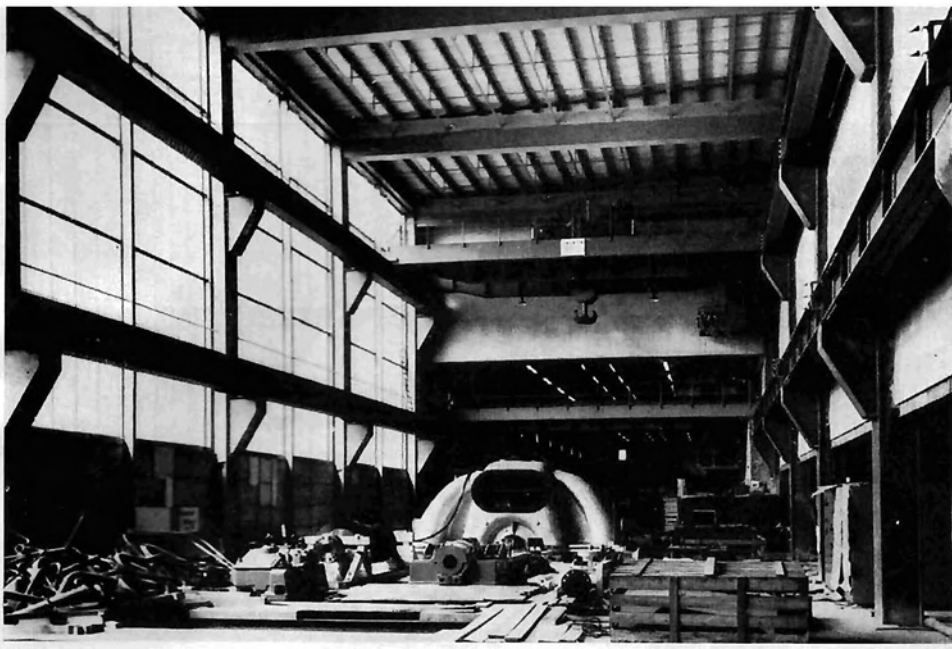
Telegramm-Adresse: Brückenbau Wien

Drei Werke in Wien

Erzeugungsprogramm: Stahlwasserbau, Brückenbau, Stahlhochbau, Behälter, Leitungsmaste, Rohrleitungen, Kranbau, Seilbahnen, Theaterbühneneinrichtungen, Dreiseitenkipper, Spezialfahrzeuge und zwar Müllwagen, Mineralöltankwagen, Zement-Transportwagen, Schlammabzugswagen

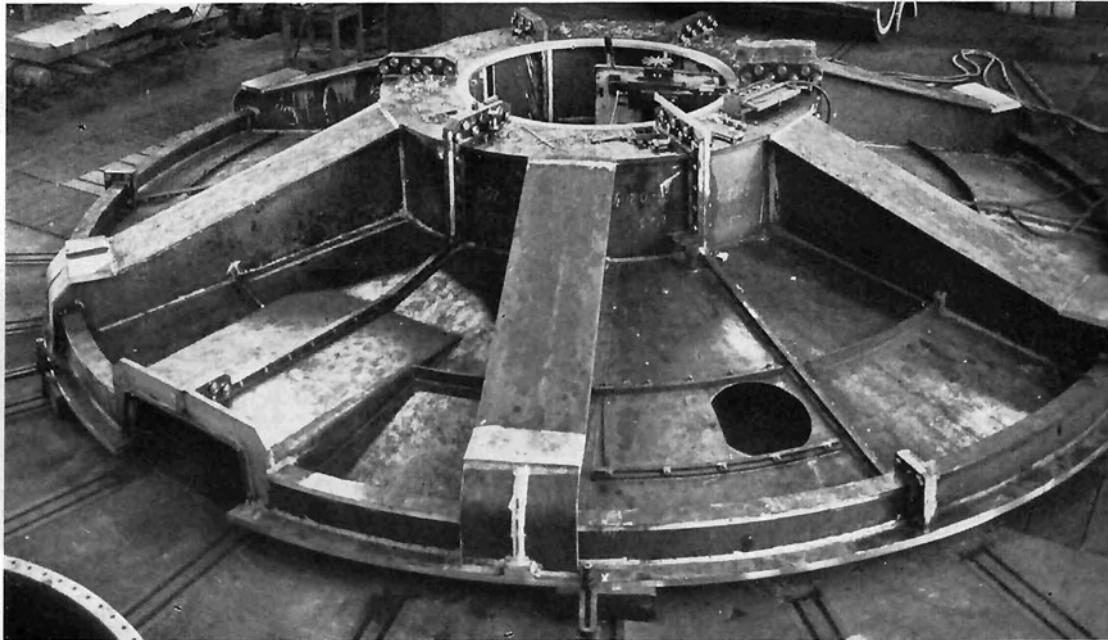


Teil eines Unterwasser-Dammbalkens für das Donaueisenwerk, Hochwasserbau, mit einer Vertiefung



Maschinenhaus des  
Dampfkraftwerkes Voits-  
berg mit 100 t-Kran

Generator-Trag-  
schirm, Schweißkon-  
struktion für Kraft-  
werk Ybbs-Persen-  
beug in Bearbeitung



Geschweißtes Tur-  
binengehäuse einer  
vierdüsigen Frei-  
strahltriebchine für das  
Kraftwerk Lünersee  
der Vorarlberger  
Illwerke A. G.



MASCHINENFABRIK  
**ANDRITZ**  
ACTIENGESELLSCHAFT  
*Graz-Andritz*  
GEGRÜNDET 1852



## CHROMOX

**der bewährte und doch moderne  
bleifreie Rostschutz-Anstrich**

Die ausgezeichnete Haltbarkeit ist der Grund, warum CHROMOX seit vielen Jahren von namhaften Betrieben im Stahlbau und in der Fahrzeugfertigung für Konservierungsarbeiten an Stahlkonstruktionen eingesetzt wird. Ein Attest des bekannten Herrn Prof. Dr. Salvatera (Technische Hochschule Wien) bestätigt wissenschaftlich die Gleichwertigkeit von CHROMOX gegenüber den klassischen Miniumanstrichen.

Bei der Verarbeitung von CHROMOX ergeben sich jedoch zusätzlich folgende Vorteile:

- **Unbedingte Rostschutzwirkung,**
- **Bleifrei, ungiftig, daher spritzfähig,**
- **Gefahrloses Schweißen,**
- **Hohe Ausgiebigkeit,**
- **Rasche Trocknung,**
- **Unbeschränkt lagerfähig,**
- **Keine Unterrostung an mechanisch verletzten Stellen.**

**REMBRANDTIN LACKFABRIK**  
**JULIUS SEIDLER**  
**WIEN XXI, DONAUFLDER STRASSE 99**  
 TEL: 37-21-64, 37-23-26  
 FERNSCHREIBER: 01-1403 „REMBRANDTIN“

### Hallen

#### **Konservierungsarbeiten**

Blasstahlwerk

Walzwerkshalle

Maschinenhalle

Brammenhalle

**der VÖEST**

Neue Werkshalle

Maschinenhalle

**der Waagner-Biró A. G.**

Adjustagehalle

Neue Scherenhalle

Maschinenhaus

Leitenschacht

Kohletrocknung

**der Oesterreichischen  
Alpine Montangesellschaft**

durch

**MATERIALSCHUTZ  
GESELLSCHAFT**

Zentrale: Wien I, Kärntner Ring 3

Tel. 52 43 54, Fernschreiber: 01-1185

**Graz**

**Linz**

**Madrid**

# W A A G N E R - B I R Ó

AKTIENGESELLSCHAFT

WIEN

GRAZ



Blasstahlanlage Konverter 1, 2 und 3 mit nachgeschalteten von uns gelieferten Abhitzekeßeln, bei der Vereinigten Österreichischen Eisen- und Stahlwerke Aktiengesellschaft.

**ZENTRALE: WIEN V, MARGARETENSTRASSE 70**



# BLEIMINIUM BLEIWEISS

Noch immer der beste und sicherste Schutzanstrich.  
Durch Jahrzehnte erprobt. Undurchlässig, dicht,  
hart, gut haftend, außerordentlich dauerhaft

**METALL UND FARBEN**  
AKTIENGESELLSCHAFT

WIEN I, KÄRNTNERSTRASSE 7  
TEL. R 22-5-90, TELEGRAMME: FARBMETALL WIEN  
FERNSCHREIBER Nr. 1719

BLEIBERGER BERGWERKS-UNION  
KLAGENFURT



## FEUERVERZINKUNGEN

**Brunner Verzinkerei Brüder Bablik**

WIEN XVIII., SCHOPENHAUERSTRASSE 36

Tel.: A 23 5 25

Fernschreiber: 1791

Tel.-Adresse: Zingagefer



## Anstricharbeiten

an den  
Blasstahlwerken  
in  
Donawitz und Linz

## O. M. MEISSL & CO.

Gesellschaft m. b. H.

Alle technischen Anstriche

WIEN III, Marxergasse 39

Telefon: M 131 90 (72 42 01)

FÜR STAHLBAU UND INDUSTRIE

Hochfeste  
Schrauben  
und Muttern

Güteklassen  
50 86 10K

**BREVILLIER-URBAN A.G.**

WIEN VI. LINKE WIENZEILE 18 TEL. B 24 5 70

# AGA - *Mittler des Fortschritts*

*auf allen  
Gebieten  
der  
Schweiß-  
technik....*

Vom Kleinschweißbrenner bis zur großen  
Universal-Brennschneidmaschine -

alle Geräte aus eigener österreichischer Produktion  
das Ergebnis mehr als 50jähriger Forschung

Sondergeräte und Maschinen für die Hütten- und Walzwerktechnik

Pulverbrennschneidgeräte

Schweiß- und Spritzgeräte für Kunststoffe

und sonstige Spezialgeräte und Maschinen zur autogenen  
Metallbearbeitung auch aus der Produktion der

**Knapsack-Griesheim A. G.,**

deren Generalvertretung für Österreich wir übernommen haben.

Vor Lösung autogen-technischer Probleme:

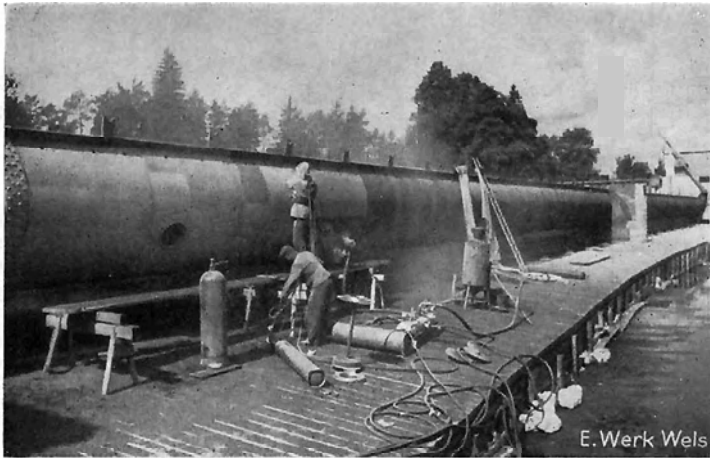
fragen Sie zuerst die

**AGA**

**AGA-WERKE AKTIENGESELLSCHAFT WIEN**

Wien IV, Prinz-Eugen-Straße 72

Telex 01/1180



**SPRITZVERZINKUNGEN**

**Metallisierwerk  
Salzburg**

**Salzburg, Karolingerstraße 7  
Tel. 5705**

## **Donau-Eisenhandel**

Zentrale:  
**Wien I, Canovagasse 5**  
Telephon U 42-2-77

Fernschreibnummer: 012312  
Lager: Franz-Josefs-Bahn

**Stab-, Form- und Fassoneisen  
Fein-, Grob- und Mittelbleche**



**Panzerfarbe**

wetter-, wasser- und temperaturbeständig bis 180°C

**Hochwertiger, neuartiger, farbiger**

**Rostschutzanstrich**

für Eisenkonstruktionen  
Druckrohrleitungen  
Gasbehälter  
Stahlwasserbauten

**R. Avenarius**

WIEN I, BURGRING 1, TEL. 34 63 95/96

**Agro, Wels**

*Soeben erschien die 6. wesentlich verbesserte Neuauflage!*

### **VOM LEHRLING ZUM MEISTER**

Vorbereitungsbuch zur Meisterprüfung — Wiederholungsbuch für Berufs- und Fachschulen

von **Dr. Friedrich Bohmann**

1957, 228 Seiten, broschiert S 45.—

Aus dem Inhalt: **Allgemeine Kenntnisse  
Gesetzeskunde**

**Zahlungsverkehr**

**Schriftverkehr**

**Kalkulation**

**Buchhaltung**

Zu beziehen durch:

**DIPL.-ING. RUDOLF BOHMANN INDUSTRIE- UND FACHVERLAG**

Wien I, Canovagasse 5 - U 47-5-74 Serie (65 86 85/86/87)

*Der getreue  
Wegbegleiter  
jedes  
Handwerksmeisters  
und  
Gewerbetreibenden*

*Das unentbehrliche  
Nachschlagebuch  
für wichtige  
Rechtsfragen*



# **ALPINE**

## **SAUERSTOFF-KONVERTERSTAHL**

(LD-STAHLE)

OESTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT  
WIEN I, FRIEDRICHSTRASSE 4