Untersuchungen an einem geschweissten Trägerstoss

Autor(en): **Frei, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **74 (1956)**

Heft 20

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-62624

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

50 Jahre V. S. B.

Verband Schweizerischer Brückenbau- und Stahlhochbau-Unternehmungen

Längst ist der V. S. B. den schweizerischen und auch ausländischen Fachleuten ein Begriff geworden — den einen wegen seiner wirtschaftlichen Bedeutung, den andern wegen seiner von Mirko Roš gegründeten Technischen Kommission (TKVSB), die durch ihre wissenschaftliche Tätigkeit viel zur Entwicklung der Stahlbauweise beigetragen hat. Auf die Geschicke des Verbandes einzutreten, dürfen wir uns hier versagen unter Hinweis auf die von ihm selber publizierte reichhaltige Literatur. Um so lieber aber ergreifen wir die Gelegenheit, das Jubiläum zur Geltung zu bringen durch die Veröffentlichung zeitgenössischer Werke und Untersuchungen von Verbandsmitgliedern, die vom Stande des Stahlbaues in der Schweiz Zeugnis ablegen. Vergleichen wir dieses Heft mit den ähnlichen früheren (1943, Band 122, Nr. 5 und 1953, Nr. 23 und 25), so ist deutlich festzustellen, wie rasch sich die Technik des Stahlbaues entwickelt und wie einerseits neben das klassische Gebiet des Brückenbaues Stahlhochbau, Industriebau, Mastenbau, Stahlwasserbau mit immer wieder neuen Lösungen treten, wie aber auch anderseits altbekannte Aufgaben in neuen technischen Formen gelöst werden (Rohrbau, Deckenkonstruktionen, Faltschützen usw.). Unser Heft erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit — es wäre uns auch nicht einmal möglich, alle V. S. B.-Firmen zum Wort kommen zu lassen — aber es möchte als Zeichen der dankbaren Anerkennung gewertet werden für das, was die schweizerischen Stahlbauingenieure und ihre Werkstätten in zäher Arbeit leisten. So wünschen wir dem V. S. B., mit dem wir traditionell gute Beziehungen unterhalten, seinem Präsidenten Dr. C. F. Kollbrunner und seinem initiativen Geschäftsführer Dr. M. Baeschlin, das Jubiläum möge als Auftakt zu weiterm Wirken in Freude verlaufen!

Heute vor 50 Jahren hat der V. S. B. seine Tätigkeit aufgenommen. Ein einziger der Damaligen ist noch am Leben: Bernhard Ammann in Basel. Ihm gilt heute unser Gruss, und jenen, die vom Schauplatz ihrer Tätigkeit abberufen worden sind, unser ehrendes Gedenken. Nur einen von ihnen, Eduard Geilinger, möchten wir nennen. Einmal, weil er im V. S. B. führend war und in den Spalten unserer Zeitschrift besonders oft zur Feder gegriffen hat, sodann aber vor allem, weil er den Typus des zähen, gewissenhaften und aufgeschlossenen Ingenieurs verkörperte, der die Musik pflegte und sich neben allen fachlichen Leistungen auch als aktiver Politiker für das öffentliche Wohl einsetzte. Männern seines Schlages wird es der V. S. B. verdanken, wenn er auch im zweiten Halbjahrhundert blüht und gedeiht.

Zürich, den 1. Mai 1956. *W. Jegher*

Diesem Heft folgt am 16. Juni ein zweites Stahlbau-Heft, welches dem Industriebau, Brückenbau und Stahlwasserbau gewidmet ist.

Untersuchungen an einem geschweissten Trägerstoss

Von Dipl. Ing. **M. Frei,** Oberingenieur in Firma Wartmann & Cie. AG., Brugg

DK 624.014.25

Der geschweisste Stumpfstoss der Walzträger zeigt den Nachteil, dass, insbesondere wenn es sich um Montageschweissungen handelt, die Uebergangszone zwischen Steg und Flansch nicht in zufriedenstellender Weise durchgeschweisst werden kann. Einerseits bieten sich formbedingte Schwierigkeiten infolge der örtlichen Querschnittverstärkung und infolge der Behinderung der Elektrodenführung durch den Steg beim Schweissen des Flansches. Anderseits zeigt sich gerade an dieser Stelle oft eine Anhäufung von Verunreinigungen als Seigerungsreste, die, wenn auch bei einwandfreien Produkten nur in disperser Form vorkommend, auf die Schweissung von nachteiliger Wirkung sind.

Diese Gründe führten dazu, eine Stossausbildung zu suchen, die in erster Linie eine durchgehende Schweissung der Flansche unter Vermeidung von Schlackenresten und Fehlstellen in der Kernzone ermöglicht. Die Elektrode sollte normal ohne Behinderung durch den Steg geführt werden können. Diese Forderung führte zur Anordnung je eines Loches am Stegrand beim Uebergang zum Ober- bzw. zum Untergurt. Bei Baustellenstössen besteht die weitere Schwierigkeit ungünstiger Arbeitslagen der Schweissnaht, z. B. Ueberkopfschweissungen, die mit Rücksicht auf die Qualität zu vermeiden sind. Diese Umstände kann man umgehen, indem man in der Werkstätte auf den beim Einbau unten liegenden Flächen der Flansche Auftragsraupen legt, die anschliessend an die beendigte Montageschweissung plan abgearbeitet werden. Nachteilig bei der Ausführung der Stumpfstösse mit Loch ist die Unterbrechung des Spannungsflusses durch die Aussparung, besonders für Träger, die unter wechselnder Beanspruchung stehen. Anderseits weisen aber genietete Träger auch keine stetige Verbindung zwischen Steg und Flansch auf, so dass es möglich sein sollte, bei beschränkten Abmessungen des Loches doch eine befriedigende Festigkeit des Stosses zu erhalten.

Es ist vor allem wesentlich, die Ursprungsfestigkeit einer solchen Stossverbindung festzustellen und sie mit der Ursprungsfestigkeit des gelochten Stabes bzw. der Nietverbindung zu vergleichen, die den Wert von 18 kg/mm² aufweist. Zu diesem Zwecke wurde eine Reihe von Versuchen an einem grösseren Breitflanschträger vorgenommen, die interessante Ergebnisse für die Ausführung solcher Stösse zeigten.

Der Versuchsträger I ist in Bild 1 dargestellt. Er besteht aus einem DIE 55 in beruhigtem Thomasstahl. Die Stossnähte der Flansche sowie der im Zugbereich liegende Teil der Stegnaht wurden blecheben abgearbeitet. Da die Stösse ihren grössten Wert als Montagestösse hätten, wurde der Versuchsstoss entsprechend gestaltet und in jener Lage geschweisst, wie dies auf der Baustelle geschehen würde. Als Elektrode fand die Marke Supercito F 177 der Elektrodenfabrik Oerlikon Verwendung. Mit diesem Träger wurden die folgenden Versuche durchgeführt:

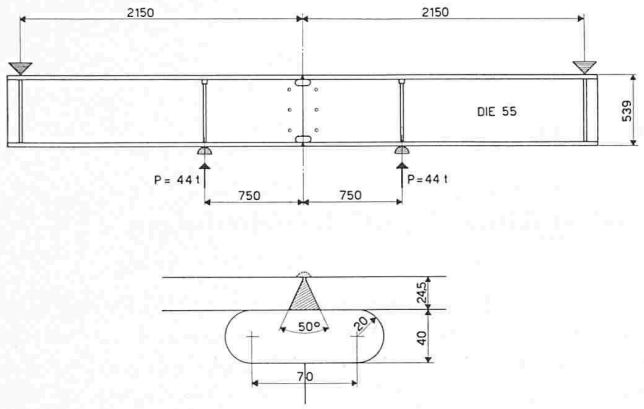


Bild 1. Versuchsträger I mit Detail 1:5

1. Biege-Ermüdungsversuche mit dem ganzen Träger im Pulsator.
2. Metallographische Untersuchung des Schweissmaterials im Zugflansch.
3. Bestimmung der Härte nach Vickers an einem aus dem gebrochenen Zugflansch herausgearbeiteten Probestab.
4. Zugermüdungsversuche mit aus dem Druckflansch herausgearbeiteten Probestäben.
5. Zugversuch mit dem aus der gebrochenen Naht entnommenen Schweissgut.
6. Pulsierversuch mit dem aus der gebrochenen Naht entnommenen Schweissgut.
7. Ultraschalluntersuchung an drei Probestäben, die aus dem geschweissten Druckgurt stammen und hernach für Pulsierversuche verwendet worden sind.

Der Träger wurde mit zwei Einzellasten zwischen 4 t und 44 t pulsiert (Bild 2). Er wies eine Ursprungsfestigkeit kleiner als 14,6 kg/mm² auf. Dieses niedrige Ergebnis wurde durch kleine Schlackeneinschlüsse verursacht, die zwischen den einzelnen Schweissraupen lagen (Bilder 3a und 3b). Die Härteproben nach Vickers haben normale Werte ergeben. Die Pulsierproben mit Stäben aus dem noch intakten Druckgurt ergaben Ursprungsfestigkeiten bezüglich 10^6 Lastwechsel von 22,0, 26,5 und 30,2 kg/mm². Bei den niedrigen Werten ging der Bruch von Poren im Schweissgut aus, beim hohen Wert trat der Bruch im vollen Material ein. Diese Proben zeigten, dass die Schweissnaht an und für sich als sehr gut zu bezeichnen ist.

Das der gebrochenen Naht entnommene Schweissgut wies eine Zugfestigkeit von 58,2 kg/mm², eine Streckgrenze von 52,4 kg/mm² und eine Dehnung von 25 % auf. Die Ursprungsfestigkeit bezüglich 10^6 Lastwechsel lag bei 45,9 kg/mm². Die Ultraschallprüfung der Probestäbe aus dem intakten

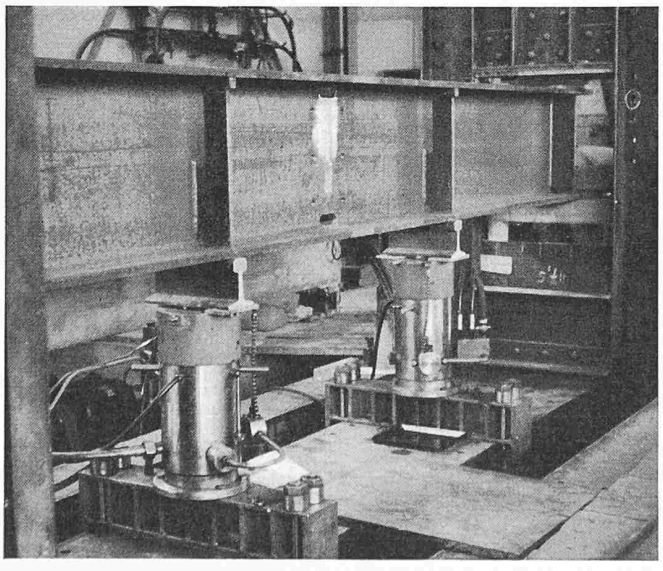


Bild 2. Versuchsträger I im Pulsator

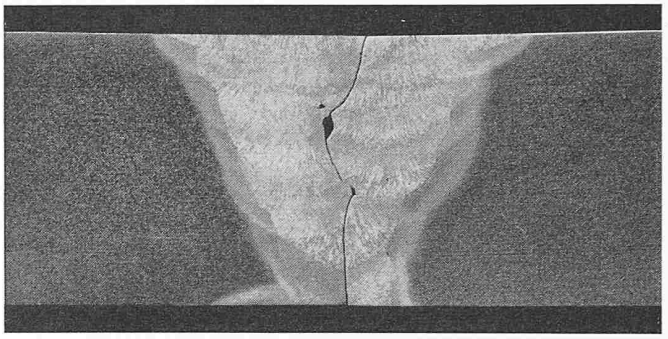


Bild 3a. Makroaufnahme der ungenügenden Naht, 1,5fache Naturgrösse

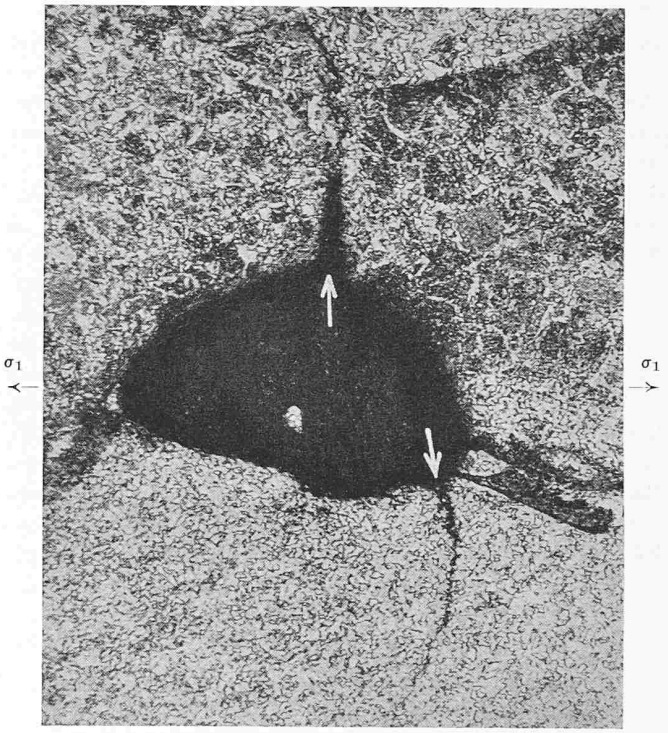


Bild 3b. Mikroaufnahme der ungenügenden Naht, 100fache Vergrösserung. Schlackeneinschluss zwischen zwei Schweissraupen mit Anrissen

Druckgurt gab ein negatives Resultat, d. h. es konnten weder Risse noch Hohlräume festgestellt werden. Hierbei ist aber zu beachten, dass die Abmessung der Prüfkörper für eine sichere Prüfung zu klein war. Auch die Röntgendurchstrahlung zeigte nur wenige äusserst kleine Fehlstellen.

Die metallographische Untersuchung hat das Vorhandensein grösserer und kleinerer Schlackeneinschlüsse nachgewiesen, die zum Teil in unmittelbarem Zusammenhang mit der Bruchstelle lagen. Diese Schlackenfetzen befanden sich zwischen den einzelnen Schweisslagen und zeigten Anrisse, die als Ermüdungsrisse zu bewerten sind.

Dieses insgesamt gesehen einerseits ungünstige, anderseits auch widerspruchsvolle Ergebnis führte dazu, die Untersuchungen mit einem zweiten Träger weiterzuführen.

Als erstes wurde der Zugermüdungsversuch mit einem Probestab, der aus der Mittelpartie des Flansches beim Uebergang zum Steg geschnitten war, wiederholt. Er ergab eine Ursprungsfestigkeit kleiner als 19 kg/mm². Grundmaterial beruhigter Thomasstahl. Elektroden Supercito *F* 177. Kleine Fehlstellen in der Naht.

Der Versuchsträger II (Bild 4) war in seinen Abmessungen wenig vom Träger I verschieden. Um über den Einfluss der Grösse des Loches einigermassen orientiert zu werden, wurden die Aussparungen am Obergurt und am Untergurt verschieden gross gemacht. Vorgängig des Ermüdungsversuches wurde ein statischer Biegeversuch mit Dehnungsmessungen und Spannungsbestimmungen durchgeführt. Die Belastung erfolgte stufenweise bis zu einem Grösstbetrag von

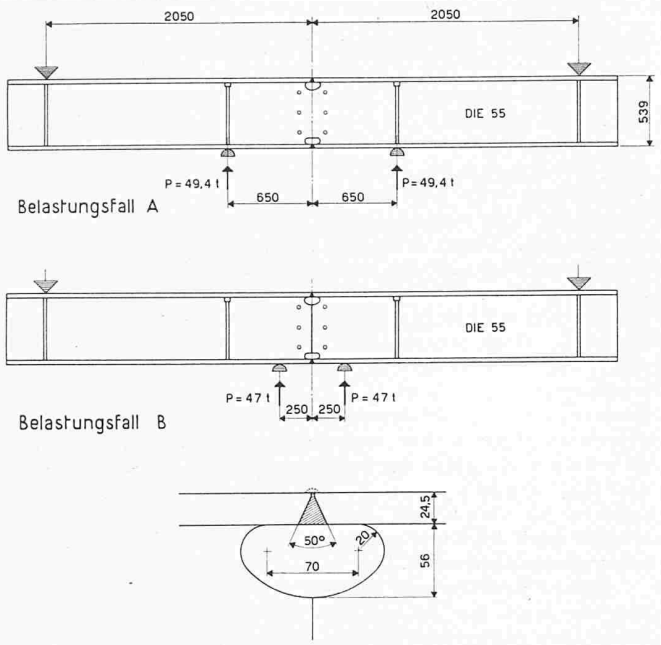


Bild 4. Versuchsträger II, mit Detail 1:5

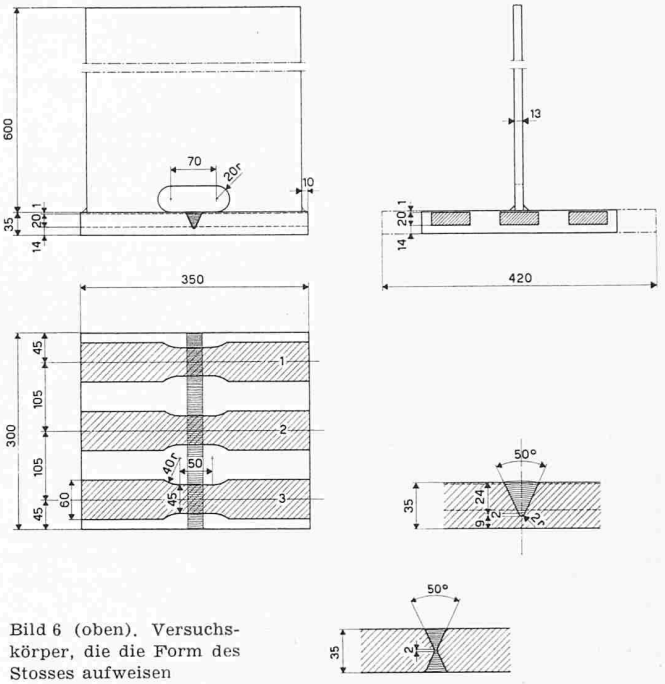


Bild 6 (oben). Versuchskörper, die die Form des Stosses aufweisen

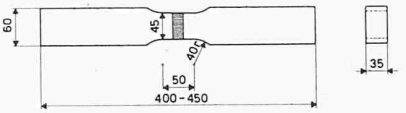


Bild 7 (rechts). Versuchskörper F, die mit absichtlich erzeugten Fehlstellen erstellt wurden

P = 44 t, wobei zwischen den einzelnen Stufen auf Null entlastet wurde. Die Ergebnisse sind in Bild 5 aufgetragen.

Es ist daraus vor allem ersichtlich, dass die Höhe der Aussparungen mit Vorteil so klein wie schweisstechnisch nur möglich gehalten werden sollte. Die Spannungsspitze am innern Rand überschreitet bei einer Oeffnungshöhe von 56 mm den dreifachen rechnerischen Wert, der sich für den vollen Querschnitt bestimmen lässt. Dagegen zeigt eine Aussparungshöhe von nur 40 mm Randspannungen, die nur um rd. 50 % gegenüber den rechnerischen des vollen Querschnittes erhöht sind. In Bild 5 sind auch noch die Restspannungen eingetragen, die bei völliger Entlastung verblieben sind. Offenbar handelt es sich hierbei um umgelagerte Walz- und Schweiss-Spannungen.

Der Pulsationsversuch am Träger hat bei einwandfreier Naht, geschweisst mit der Elektrode Univers *W*, eine Ursprungsfestigkeit von 19,8 kg/mm² ergeben. Dieses Resultat kann als gut bewertet werden, übersteigt es doch den entsprechenden Wert beim gelochten Stab um 10 %. Da dieses eine gute Resultat nicht restlos zu überzeugen vermochte und

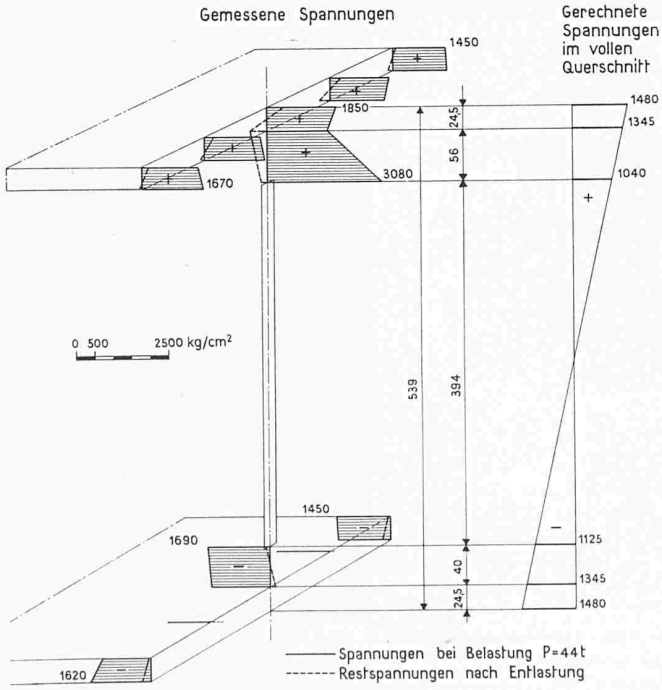


Bild 5. Spannungsverteilung im Stossquerschnitt aus statischer Belastung mit max. P = 44 t

da damit der Misserfolg bei Versuch I nicht erklärt werden konnte, wurde eine Reihe weiterer Kleinversuche durchgeführt. Man hat hiefür Versuchskörper geschweisst, welche die geometrische Form des Stosses mit der daraus folgenden Behinderung des Schweissens berücksichtigen. Als Material stand beruhigter Flachstahl in Siemens-Martinqualität zur Verfügung (Bild 6).

Bei den Reihen 1 und 2 wurde versucht, durch Hindern der Querschrumpfung die Rissanfälligkeit des ersten Laufes ungünstig zu beeinflussen, indem im 35 mm dicken Flansch eine Kehle von 26 mm gefräst und dann mit Schweissgut ausgefüllt wurde. Das überstehende Grundmaterial wurde anschliessend auf 20 mm abgearbeitet.

Die drei Versuchsreihen zeigten folgende Ergebnisse:

1. Proben geschweisst mit Elektroden Supercito *F* 177, planeben abgearbeitet. Ursprungsfestigkeiten:

S_1 : 25,7 kg/mm² S_2 : 26,0 kg/mm² S_3 : 27,6 kg/mm²

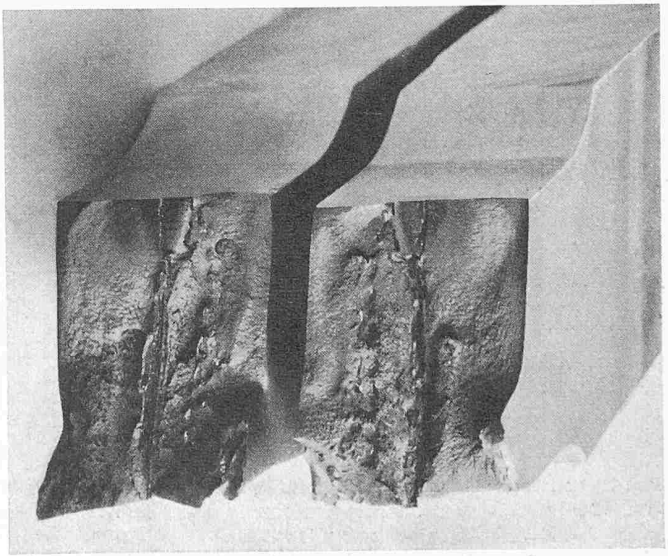


Bild 8. Bruchfläche des Versuches F

2. Proben geschweisst mit Elektroden Univers *W*, planeben abgearbeitet. Ursprungsfestigkeiten:

   U_1 : 28,4 kg/mm² U_2 : 28,2 kg/mm² U_3 : 29,1 kg/mm²

3. Proben aus Flachstahl geschnitten (Bild 7), mit Elektrode Supercito *F* 177 mit absichtlich erzeugten Fehlstellen (Bild 8), geschweisst, planeben abgearbeitet. Ursprungsfestigkeiten:

   F_1 : 23,0 kg/mm² F_2 : 23,4 kg/mm²

Aus diesen drei Serien geht hervor, dass die Festigkeit des Stosses nicht durch die Trägerform oder durch die Behinderung beim Schweissen durch die Stegöffnung (Blaswirkung usw.) beeinflusst wird. Dagegen setzen Schweissfehler, Einschlüsse und Poren die Ursprungsfestigkeit beträchtlich herab.

Da diese Untersuchungen mit Siemens-Martinstahl durchgeführt wurden, erachtete man es als zweckmässig, weitere Proben zu erstellen, die materialmässig dem in Frage stehenden Träger besser entsprechen. Es wurden daher vier Probestäbe der Uebergangszone Steg-Flansch des geschweissten DIE-55-Stosses entnommen. Grundmaterial beruhigter Thomasstahl. Elektroden Univers *W*. Oberflächen planeben abgearbeitet.

Ursprungsfestigkeiten:	Zustand der Naht:
σ_u = 20,3 kg/mm²	Pore
σ_u = 20,6 kg/mm²	kleine Fehlstellen
σ_u = 27,0 kg/mm²	einwandfrei
σ_u = 24,6 kg/mm²	Pore

Der Vergleich dieser Ergebnisse mit denjenigen der obigen Reihen zeigt deutlich den Einfluss des Grundmaterials. Selbst mit den bewusst eingebrachten Fehlstellen gibt der Siemens-Martinstahl bessere und gleichmässigere Resultate. Die Rissanfälligkeit der Wurzelnaht ist bei Verwendung der starkbasischen Elektrode Univers *W* kleiner. Aus allen Untersuchungen geht hervor, dass die Stumpfstösse bei Verwendung von Thomas-Material, auch wenn dieses beruhigt ist, mit starkbasischen Elektroden geschweisst werden müssen. Damit wird die sonst vorhandene Anfälligkeit für Einschlüsse und die Rissempfindlichkeit der Wurzelnaht heruntergesetzt.

Die vorstehend beschriebenen Versuche zeigen, dass das Anordnen einer Aussparung im Steg direkt oberhalb bzw. unterhalb der Flanschnaht deren einwandfreie Ausführung ermöglicht. Dabei muss dem gründlichen Entfernen der Schlackenreste jeder Schweisslage grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden, um eine genügende Ursprungsfestigkeit zu erhalten. Die Höhe der Aussparung sollte auf das äusserste gedrückt werden, damit die Spannungen am inneren Lochrand nicht übermässig anwachsen. Von den Stossnähten können dank der Aussparung im Steg durchgehende Röntgenbilder gemacht werden.

Solche geschweisste Stösse können bei sorgfältiger Ausführung nicht nur bei statisch beanspruchten Trägern, sondern auch unbedenklich für dynamisch beeinflusste Konstruktionen, wie Kranbahnen und Brücken, Verwendung finden. Für grössere zusammengesetzte Träger ist dabei die Verwendung von Siemens-Martinstahl zu empfehlen. Alle erwähnten Versuche sind von der EMPA durchgeführt worden.

Stahlmaste für Hochspannungsleitungen

DK 621.315.668.2

Von **Urs Hulliger,** Dipl. Bau-Ing., in Firma Schäppi AG., Zürich

1. Allgemeines

Stahlmaste als Elemente elektrischer Uebertragungsleitungen werden in den Werkstätten der schweizerischen Stahlbauindustrie erst seit etwa 40 Jahren hergestellt. Eingegliedert in die übrigen Aufgabenbereiche des Stahlbaues, kommt dem Mastbau die Rolle einer jüngeren Sparte zu, die sich jedoch nicht minder rasch entwickelte und heute einen ansehnlichen Formenreichtum aufweist.

Der Mastbau ist gekennzeichnet durch andauernde Uebergänge in den Belastungen. Diese ergeben sich: 1. Aus der Verwendung neuer Leitermaterialien, 2. Aus der Vergrösserung der Spannweiten der elektrischen Leiter, 3. Aus der fortschreitenden Erhöhung der Uebertragungsspannungen, angefangen von 15 kV bis zu 380 kV heute.

2. Entwurf und Ausführung von Masten

Dem Konstrukteur und Statiker sind beim Entwurf und für die Ausführung meist die folgenden Grundlagen gegeben: *a)* Das Leiterbild (s. Bild 1) schreibt die erforderlichen Abstände der Stahlkonstruktion von den unter Spannung stehen-

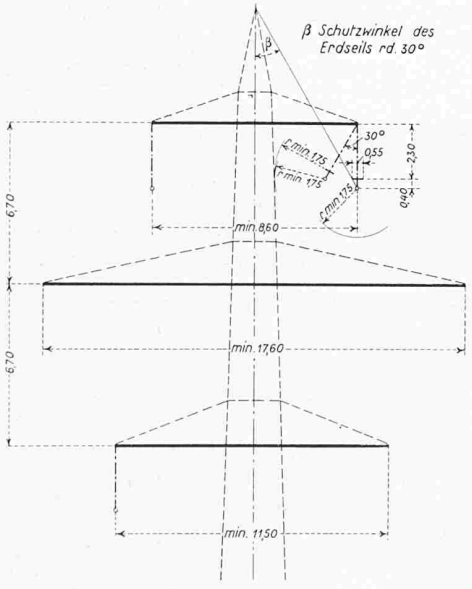


Bild 1. Leiterbild des Tragmastes einer 225-kV-Leitung

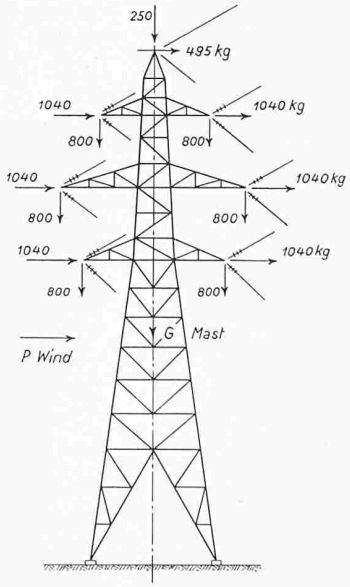


Bild 2. Belastungsschema für den Abspanneckmast einer 225-kV-Leitung. Leitungswinkel: 166°, Spannweite 450 m, Leiter 6×400 mm² Aldrey

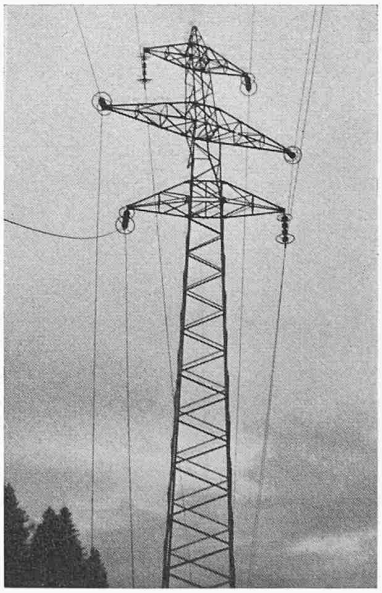


Bild 3. Defekter Stützmast der 150-kV-Leitung Ragaz-Grynau, EW Zürich. Trotz des Bruches von 2 Leitern — infolge Baumfällen — nur lokal begrenzte Schäden