

Prüfung der Schweissnähte

Autor(en): **Berthold, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2699>

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.

III c 3

Prüfung der Schweißnähte.

Contrôle des soudures.

Testing of Welds.

R. Berthold,

Leiter der Röntgenstelle beim Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem.

Zwei Erscheinungen kennzeichnen die Weiterentwicklung der Prüfung von Schweißnähten seit dem 1. Internationalen Kongreß der IVBH.:

Die Anwendung von Dauerfestigkeitsversuchen und die Einführung der zerstörungsfreien Prüfverfahren, insbesondere der Röntgendurchstrahlung. Beide Erscheinungen stehen miteinander in ursächlichem Zusammenhang.

A. Die Dauerfestigkeitsversuche.

Während für die statischen Prüfungen (Zugversuch, Faltversuch, Kerbschlagversuch) heute in vielen Ländern, u. a. in Deutschland, Richtlinien und Normen bestehen, die sich mit der Frage der Form und Abmessungen der Prüfstäbe und der Versuchseinrichtungen befassen, fehlen diese Festlegungen noch weitgehend für Dauerfestigkeitsversuche. In Deutschland besteht nur die DIN 4001, in der einerseits die Begriffbestimmungen für die Dauerfestigkeitsprüfung genormt sind, andererseits als Schwingfestigkeit für Stahl diejenige Grenzspannung festgelegt ist, bei der der Prüfstab eben noch 2 Millionen Lastperioden aushält.

Darüber hinaus bestehen noch die Vorschriften der Deutschen Reichsbahngesellschaft für geschweißte vollwandige Brücken, in denen für Stahl 37 und Stahl 52 bestimmte Schwingfestigkeitswerte für Prüfstäbe bestimmter Abmessungen und Formen in bearbeitetem und unbearbeitetem Zustand, sowie für Quer- und Längsnähte vorgeschrieben sind. Beispielsweise werden für unbearbeitete Quernähte aus Stahl 37 bzw. 52 Schwingfestigkeitswerte von 15 bzw. 16 kg/mm², für bearbeitete Nähte Schwingfestigkeitswerte von 18 bzw. 19 kg/mm² vorgeschrieben. Ob diese Reichsbahnvorschriften zur allgemeinen DIN-Vorschrift werden, steht noch dahin.

Alle weiteren Prüfvorschriften über Dauerbeanspruchung sind noch in Bearbeitung.

Bei der Durchführung der Dauerfestigkeitsversuche hat sich gezeigt, daß aus den an Probeschweißungen bei statischer Beanspruchung gewonnenen Festigkeitswerten keine Rückschlüsse auf die Dauerfestigkeit dieser Proben, geschweige denn der Bauwerke gezogen werden können. So sagt *Thum* in den noch unveröffentlichten „Richtlinien für die konstruktive Durchbildung geschweißter Maschinenteile“, daß hohe Zerreißfestigkeit, Dehnung und Kerbzähigkeit keine

Gewähr für hohe Dauerhaltbarkeit bieten, weil im Falle der Dauerschwingbelastung der Werkstoff anders als im Falle gleichbleibender Belastung beansprucht wird. An anderer Stelle weist *Bierett* [1]¹ darauf hin, daß die Kerbverhältnisse viel wesentlicher für die Dauerfestigkeit der Schweißverbindung sind als die Güteeigenschaften des Schweißgutes.

Es ergab sich also übereinstimmend, daß im Falle der Dauerschwingbeanspruchung immer dort ein Bruch ansetzen wird, wo die größte Kraftliniendichte vorhanden ist. Das heißt, daß die für statische Beanspruchungen nicht so sehr wichtigen Einflüsse von Schlackenzeilen, Wurzelfehlern, Bindefehlern, Einbrandkerben, Wulstübergängen, Poren usw. neben der Formgebung der Nahtverbindungen nunmehr die ausschlaggebende Rolle für die Dauerhaltbarkeit einer Schweißverbindung spielen.

Mit dieser Erkenntnis entstand aber das dringende Bedürfnis nach einer Prüfung, die den Zustand der Schweißnaht am fertigen Bauwerk ermitteln läßt, wie sie ausschließlich auf zerstörungsfreiem Wege ermöglicht wird.

In der Röntgendurchstrahlung, die seit etwa 1923 auch für die technischen Anwendungsgebiete entwickelt wurde, konnte der Schweißtechnik ein grundsätzlich geeignetes zerstörungsfreies Verfahren zur Verfügung gestellt werden.

B. Die Röntgenprüfung von Schweißnähten.

1. Allgemeine Grundlagen.

Die allgemeine Grundlagen der Röntgendurchstrahlung sind im Schrifttum mehrfach beschrieben worden [2] und werden daher als bekannt vorausgesetzt.

2. Die Leuchtschirm-Prüfung.

Der neuzeitliche Leuchtschirm besteht aus einer Zinksulfid-Schicht, die je nach der Intensität der auffallenden Röntgenstrahlen mehr oder weniger hell aufleuchtet. Der dadurch gegebenen Untersuchungsmöglichkeit mit dem Leuchtschirm sind frühzeitige Grenzen gesetzt [3], weil die erreichbaren Leuchthelligkeiten und die Bildschärfe nicht ausreichen, um kleine Helligkeitsunterschiede erkennen zu lassen. So müssen beispielsweise Poren bei 10 mm Stahldicke mindestens 0,6 mm Durchmesser haben, um eben noch erkennbar zu sein. Vollends unsicher ist der Nachweis feiner Risse oder Bindefehler, so daß die Leuchtschirm-Prüfung nur geeignet ist, um beim Anlernen von Schweißern die ausgeführten Arbeiten rasch zu überprüfen und grobe Fehler sofort nach Herstellen der Schweiße sichtbar zu machen.

3. Röntgenaufnahmen auf Röntgenfilm mit und ohne Verstärkerschirm.

Die besten Untersuchungsmöglichkeiten bietet der doppelt begossene Röntgenfilm mit und ohne Verstärkerschirm. Verstärkerschirme bestehen aus Kalzium-Wolframat-Schichten, die beiderseits an den Röntgenfilm angepreßt werden und unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen schwach aufleuchten.

Die Anwendung der Verstärkerfolien erlaubt, die Belichtungszeiten sehr wesentlich zu verkürzen; doch tritt gleichzeitig eine Verschlechterung der Bildschärfe ein, die bei kleinen Werkstoffdicken die Bildgüte merklich herabsetzt. Unter-

¹ s. Schrifttumverzeichnis.

suchungen über den Einfluß von Verstärkerschirmen [4] auf die Fehlererkennbarkeit haben zu der Ermittlung zweckmäßiger Betriebsdaten geführt, die in Fig. 1 wiedergegeben sind. Es ergibt sich daraus, daß man zum Erzielen höchster Fehlererkennbarkeit bis höchstens 10 mm Stahldicke ohne Schirm, von hier bis etwa 35 mm Dicke mit scharf zeichnenden Schirmen geringer Verstärkerwirkung, darüber hinaus mit unscharf zeichnenden Schirmen hoher Verstärkerwirkung arbeiten soll.

Die in Fig. 1 angegebene Fehlererkennbarkeit, gemessen an Drähten, die röhrennah auf das Stahlblech aufgelegt und mitphotographiert wurden, erreicht man nicht beim Nachweis von Ribbildungen. Hier tritt als Folge des räumlich ausgedehnten Brennflecks der Röntgenröhre eine Überstrahlung der Fehlstelle ein,

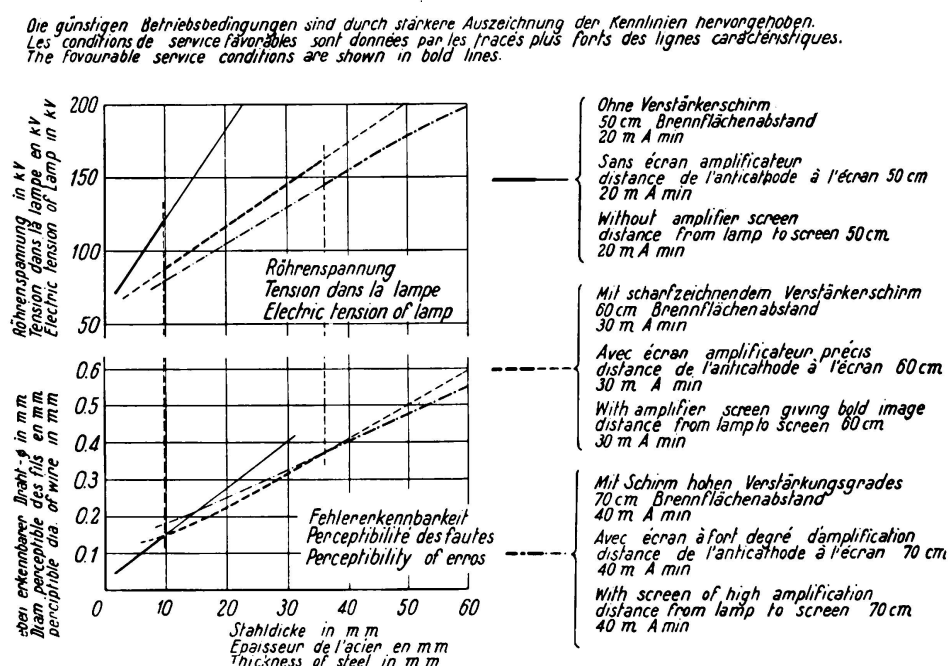


Fig. 1.

Zweckmäßige Betriebsdaten für die Röntgendurchstrahlung von Stahl.

die zum Auftreten von Halbschattengebieten und damit zu einer Verringerung der Schwärzungscontrasten auf dem Film führt. Dadurch wird dem Nachweis feiner Ribbildungen eine Grenze gesetzt; insbesondere aber wird ihr Nachweis in Frage gestellt, wenn die Röntgenstrahlen den Rib nicht in Richtung seiner Tiefenausdehnung durchdringen. Tafel 1 zeigt den Einfluß des Winkels zwischen Röntgenstrahlen und Ribrichtung auf die eben erkennbare Ribbreite:

Tafel 1.

Kleinste röntgenographisch nachweisbare Ribbreite in Abhängigkeit vom Winkel zwischen Rib- und Strahlenrichtung (40 mm Stahl; 6 mm Ribhöhe).

Winkel - °	5	8	10	15	20	30	60	90
Ribbreite mm . .	0,03	0,06	0,09	0,13	0,16	0,21	0,32	0,40


Eine gewisse Schwierigkeit bietet auch die Untersuchung von Kehlnähten, wegen der in der Durchstrahlungsrichtung wechselnden Wanddicke; diese Schwierigkeit wird dadurch behoben, daß man der Kehlnaht einen Zinnkeil anlegt, dessen wechselnde Dicke der des zu durchstrahlenden Querschnitts entgegenwirkt [5].

4. Normung.

Zu dem Zeitpunkt, da die Röntgenprüfung nicht mehr die Angelegenheit wissenschaftlicher Institute, sondern der Werkstätten wurde, war es notwendig, *Richtlinien für die Schweißnahtprüfung mit Röntgenstrahlen* herauszugeben (DIN 1914, aufgestellt vom Deutschen Verband für Materialprüfungen der Technik und vom Fachausschuß für Schweißtechnik im VDI.). Ihr Zweck ist, einheitlich beurteilbare Durchstrahlungsbilder gleichmäßiger Güte bei allen röntgenographisch arbeitenden Stellen zu erzielen, um dadurch die Grundlage für ein geordnetes Abnahmewesen zu schaffen. Darum ist u. a. vorgeschrieben, daß ein Prüfkörper, bestehend aus Drähten verschiedenen Durchmessers, auf die Schweißnaht aufgelegt und mitbelichtet wird. In Abhängigkeit von der Blechdicke wird die Erkennbarkeit bestimmter Drahtdurchmesser verlangt. Tafel 2 gibt eine Zusammenstellung der in Deutschland gebräuchlichen Prüfkörper; Fig. 2 zeigt das Röntgenbild eines solchen Prüfkörpers.

Tafel 2.

Die Drahtstege nach DIN 1914 zur Überwachung der Bildgüte von Röntgen-Aufnahmen.
(Die einzelnen Drahtstege aus je sieben Drähten sind zwischen Gummi gepreßt.)

Werkstoff des Prüfkörpers	Dicke des Prüfkörpers in mm	Werkstoff und Bezeichnung des Drahtsteiges	Durchmesser der Drähte in mm	Kennzeichnung der Stege: Bleikugeln unter den Drähten 	Farbe der Gummihülle
Leichtmetalle	0 bis 50	Al I	0,1/0,2/0,3 .. 0,7	• •	} grau
	50 „ 100	Al II	0,8/1,0/1,2 .. 2,0	• ••	
	100 „ 150	Al III	1,5/2,0/2,5 .. 4,5	• •••	
Eisenlegierungen	0 bis 50	Fe I	0,1/0,2/0,3 .. 0,7	•• •	} schwarz
	50 „ 100	Fe II	0,8/1,0/1,2 .. 2,0	•• ••	
	100 „ 150	Fe III	1,5/2,0/2,5 .. 4,5	•• •••	
Kupferlegierungen	0 bis 50	Cu I	0,1/0,2/0,3 .. 0,7	••• •	} rot
	50 „ 100	Cu II	0,8/1,0/1,2 .. 2,0	••• ••	
	100 „ 150	Cu III	1,5/2,0/2,5 .. 4,5	••• •••	

Von der Übernahme der im amerikanischen Boyler-Code vorgeschriebenen Testkörper, bestehend aus einer Stahlplatte mit verschiedenen tiefen Nuten oder einer Filtertreppe mit Bohrungen, die neben die Schweißraupe gelegt werden, wurde Abstand genommen, weil sie nicht die Beurteilung der Fehlererkennbarkeit im Gebiet der Schweißraupe selbst zulassen.

Die deutschen Richtlinien geben noch eine Reihe von Anleitungen über Strahlenrichtung, Aufnahmeanordnung und Hilfsmittel bei der Prüfung verschiedener Schweißnahtprofile.

Im Anschluß an die Bearbeitung dieser Richtlinien wurden vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik zusammen mit der Deutschen Röntengesellschaft *neue Abmessungen für Röntgenfilme* genormt. Da die bisher allein üblichen Maße, ausgehend von den Bedürfnissen der ärztlichen Untersuchung, für Schweißnahtprüfungen ungeeignet sind, mußte sich jeder Anwender zunächst selbst geeignete Größen zurechtschneiden. Jetzt sind auf Grund der Vereinbarungen zwischen den Anwendern des Verfahrens und den Herstellern von Filmen, Verstärkerfolien und Kassetten die Filmgrößen 6 cm × 24 cm, 6 cm × 48 cm, 6 cm × 72 cm und 10 cm × 24 cm, 10 cm × 48 cm, 10 cm × 72 cm im Handel erhältlich.

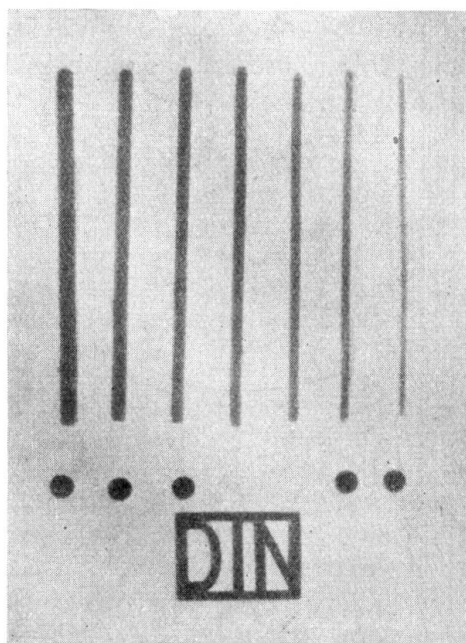


Fig. 2.
Röntgenbild (Positiv-Abzug)
des Drahtsteiges Cu II.

Vorschriften über die Ausführung der Röntgenanlagen unter dem Gesichtspunkt des Hochspannungsstrahlenschutzes wurden schon in den Jahren 1929 und 1930 in Deutschland aufgestellt (Din Rönt. 5 und 6) [6].

5. Technische Hilfsmittel.

Die Anwendung des Röntgenverfahrens an großen Brücken- oder Hallenträgern im Herstellerwerk, noch mehr aber seine Anwendung auf den Baustellen selbst, beeinflusste maßgeblich die Art und Gestaltung der technischen Hilfsmittel.

Kennzeichnend für neuzeitliche werkstattgerechte Röntgeneinrichtungen sind:

- a) Sicherheit gegen das Berühren hochspannungsführender Teile,
- b) Strahlenschutz,
- c) Beweglichkeit des Röntgenröhrenbehälters und
- d) Tragbarkeit der Einzelteile.

Die Erfüllung dieser Forderungen wurde schließlich in weitgehender Übereinstimmung verschiedener Herstellerwerke durch folgende Maßnahmen gelöst:

- a) Alle hochspannungsführenden Teile sind von geerdeten, metallischen Leitern umgeben.
- b) Zur Verwendung gelangen ausschließlich sogenannte „Strahlenschutzröhren“, bei denen nur ein verhältnismäßig eng begrenztes Strahlenbündel, das sogenannte „Nutzstrahlenbündel“, austreten kann (vgl. Fig. 3). Alle übrigen, vom Brennfleck allseitig ausgehenden Strahlen werden durch dickwandige Metallteile abgeschirmt.
- c) Zwischen den Hochspannungserzeugern und der Röntgenröhre befinden sich bewegliche Hochspannungskabel von etwa 10 m Länge, so daß die Röhre weitgehend unabhängig vom Apparat bewegt und in Stellung gebracht werden kann.
- d) Um die Anlagen tragbar zu machen, wurde schon im Jahre 1932 der Hochspannungserzeuger in zwei symmetrische Hälften aufgeteilt, so daß jeder Einzelteil einer 200 kW-Anlage das Gewicht von 90 kg nicht überschreitet. Zur weiteren Gewichtsverringern sind gelegentlich die notwendigen Kondensatoren der Anlage im Hochspannungskabel selbst untergebracht, (Siemens & Halske-AG.).

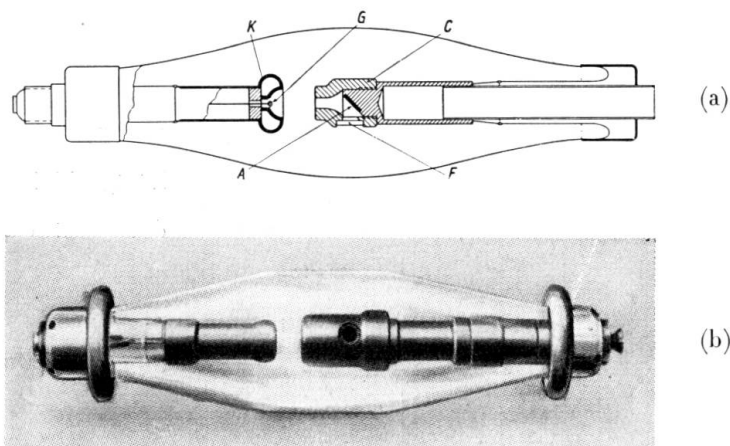


Fig. 3.

Schnittzeichnung (a) und Ansicht (b) einer Strahlentröhre für 200 kW Betriebsspannung unter Öl.

- | | |
|--|--------------------|
| A) Anodenplatte aus Wolfram. | G) Glühdraht |
| F) Strahlenaustrittsfenster aus Beryllium. | K) Kathodenbecher. |
| C) Kupfer-Wolframklotz | |

Die beschriebenen Maßnahmen führten in Deutschland zum Bau von Röntgenanlagen, deren Brauchbarkeit in den Werkstätten und auf den Baustellen durch nunmehr dreijährige Erfahrung erwiesen ist.²

Im besonderen wurde noch der Röntgenröhrenbau durch die Bedürfnisse der Praxis beeinflusst. Man baute verhältnismäßig kurze Röntgenröhren für 200 und 250 kW zum Betrieb unter Öl, um Isolationslänge und damit Gewicht zu sparen

² Hersteller technischer Röntgeneinrichtungen in Deutschland:

C. H. F. Müller-AG., Hamburg,
Koch & Sterzel-AG., Dresden,
R. Seifert & Co., Hamburg,
Siemens & Halske-AG., Berlin.

(siehe Fig. 3). Da aber auch diese Röntgenröhren noch nicht immer eine wirtschaftliche Untersuchung ermöglichten (insbesondere im Fall von Rundschweißungen an Rohren oder Behältern), so wurde neuerdings eine Hohlkathoden-Röhre entwickelt (Siemens & Halske AG.), bei der die Elektronen durch einen engen Kanal, zusammengehalten durch eine Sammelspule, bis zur kegelförmig ausgebildeten Anode gelangen. Dort werden sie im Innern des Rohres abgebremst; die dabei entstehenden Röntgenstrahlen treten durch die Rohrwandung hindurch allseitig aus. Damit hat man weitere bequeme Untersuchungsmöglichkeiten für die Schweißnahtprüfung (siehe Fig. 4).

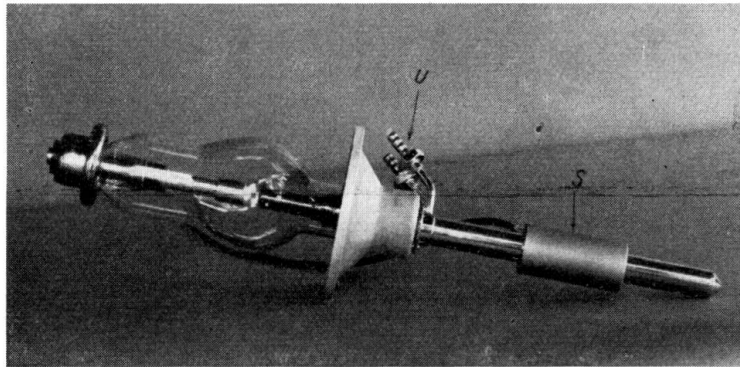
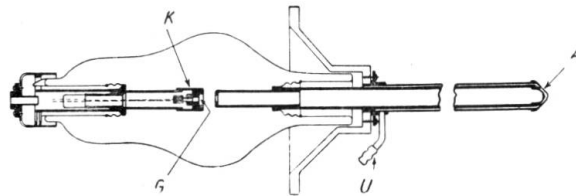


Fig. 4.

Schnittzeichnung und Ansicht einer Hohlkathodenröhre für Werkstoff-Prüfung.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------|
| A) Anode aus platinisiertem Kupfer. | S) Sammelspule. |
| G) Glühdraht. | U) Umlaufkühlung. |
| K) Kathodentopf. | |

Die Anwendung des Röntgenverfahrens auf Baustellen erforderte auch neue Filmkassetten und Halterungen. Nach einem Vorschlag der „Röntgenstelle“ werden heute evakuierbare Gummikassetten in der Schweißnahtprüfung benutzt; sie bestehen aus Gummischläuchen, die nach dem Einbringen der Verstärkerfolien und Filme abgeklemmt und mit einer Luftpumpe evakuiert werden. Der äußere Luftdruck preßt die Verstärkerfolien überall gleichmäßig gegen den Film; die Kassette bleibt dabei nach jeder Richtung biegsam.

Das Befestigen dieser leichten Kassetten am Aufnahmeort geschieht mit Hilfe von Permanentmagneten aus einer Eisen-Aluminium-Legierung.

6. Lesen und Beurteilen von Röntgenfilmen.

Erfahrungsgemäß bietet das Lesen von Röntgenfilmen größere Schwierigkeiten als ihre Herstellung.

Die Mannigfaltigkeit der Einflüsse von Art und Führung der Elektroden, von den Blechabschrägungen und der Strahlenrichtung auf das Röntgenbild lassen seine Deutung oft nur durch Vergleich vieler Aufnahmen von ein- und demselben Bauwerk, — gelegentlich unter Zuhilfenahme von Schliffbildern, — zu. Einige kennzeichnende Beispiele aus den von der „Röntgenstelle“ durchgeführten praktischen Untersuchungen an Hoch- und Brückenbauten zeigen die Fig. 5, 6, 7 und 8. Eine Zusammenstellung kennzeichnender Fehler an V-, X- und Kehlnähten findet sich in der Zeitschrift „Der Stahlbau“ [7].

Die größten Schwierigkeiten jedoch bereitet die Beurteilung der röntgenographisch aufgefundenen Fehler hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Festigkeitseigenschaften der Schweißverbindungen. Untersuchungen über diesen Zusammenhang wurden an verschiedenen Stellen vorgenommen [8, 9]. — Aus den

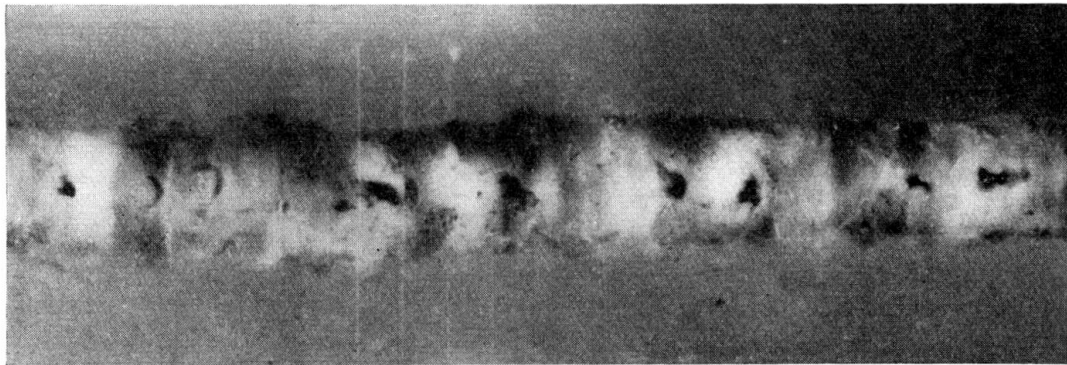


Fig. 5.

Elektrisch geschweißte X-Naht (Senkrechtschweißung) mit groben Schlacken.

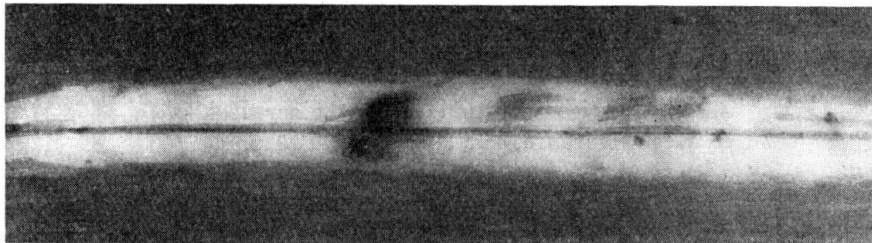


Fig. 6.

Elektrisch geschweißte X-Naht (Stegblech) in einem geschweißten Stahlüberbau mit nicht-durchgeschweißter Wurzel.

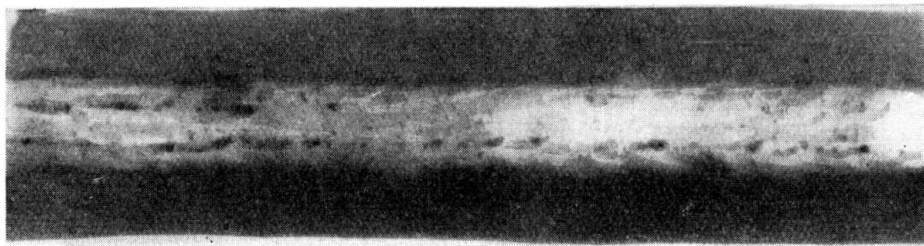


Fig. 7.

Elektrisch geschweißte X-Naht (Stegblech) in einem geschweißten Stahlüberbau mit Schlackenzellen.

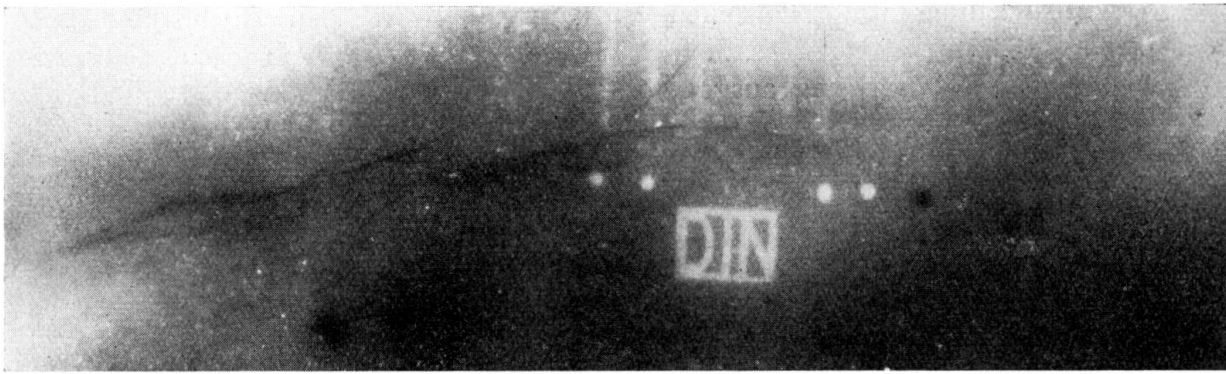


Fig. 8.

Elektrisch geschweißte Kehlnaht (Gurtplattenstoß) mit Riß als Folge von Wärmespannungen.

in der „Röntgenstelle“ vorgenommenen Untersuchungen zeigt Fig. 9 einige kennzeichnende Beispiele. Aus diesen und allen anderen bisher gemachten Untersuchungen kommt man zu folgendem Ergebnis:

Bindefehler, Risse, Schlackenzeilen und grobe Wurzelfehler vermindern die Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen in beträchtlichem Maße. Dagegen haben kleine und mittelgroße, regellos verteilte Poren keinen, oder nur geringen Einfluß auf die Dauerfestigkeit, wenn nicht die Poren perlschnurartig aneinandergereiht sind.



Fig. 9.

Verschiedenartige Schweißverbindungen im Röntgenbild und ihre Dauerfestigkeit.

7. Anwendungsbereich der Röntgenprüfung.

Die Röntgenprüfung an Schweißnähten wird gemäß einer Reichsbahnvorschrift vom 27. Januar 1936 an allen Stumpfstoßen erster Ordnung, sowie neuerdings an einem Teil der Halsnähte von Profilträgern und einem Teil der Kehlnähte an Queraussteifungen verlangt. Das gilt sowohl für Straßen- wie für Eisenbahnbrücken. Zur Zeit werden als Folge dieser Vorschrift täglich etwa 300 m Schweißnahtlänge in Deutschland röntgenographisch aufgenommen.

Im Falle der Hochbauten besteht keine Vorschrift hinsichtlich der Röntgenprüfung. Meist handelt es sich dabei ja um rein statische Beanspruchungen. Trotzdem werden heute schon wichtige Fabrikbauwerke (geschweißte Hallenträger, Unterbauten für Druckbehälter und dergleichen) in den Schweißnähten geröntget.

Die Beurteilung von Fehlstellen ist naturgemäß bei den Hochbauten mit statischer Belastung eine wesentlich mildere als bei Eisenbahnbrücken, die einer Schwingungsbeanspruchung ausgesetzt sind.

8. Organisation der Röntgenprüfung in Deutschland.

Die im Abschnitt 6 beschriebenen Versuche über den Zusammenhang zwischen Röntgenbefund und den Festigkeitseigenschaften einer Naht reichen bei weitem nicht aus, um einen Generalschlüssel für die unendlich verschiedenartigen Fälle zu liefern, die zur Beurteilung kommen; denn diese Verschiedenheit erstreckt sich nicht nur auf Lage, Ort, Größe und Form der Fehler, sowie auf Art des Werkstoffes und der Elektrode, sondern auch auf Art, Größe und Richtung der Beanspruchung. Fehler solcher Verschiedenheiten künstlich zu erzeugen, um daran systematisch Vergleiche anzustellen, ist praktisch unmöglich. Darum kann es vorläufig keine Anweisung zur Beurteilung von Röntgenaufnahmen geben, deren starres Befolgen Fehlerurteile ausschließt.

Hier beginnt die Schwierigkeit, aber auch der Reiz der zerstörungsfreien Verfahren, die nur mittelbare Auskünfte über die Auswirkung der mit ihrer Hilfe festgestellten Fehler geben können: Sie bedürfen zu ihrer letzten Beherrschung einer auf Erfahrung gegründeten Intuition, — ähnlich der medizinischen Diagnostik, — worüber weder Lehrbücher noch Bildersammlungen hinwegtäuschen können. Dies mag dem rechnungsgewohnten Ingenieur unsympathisch sein, der sich nur ungern daran erinnert, daß seine exakten Rechnungen auf *Annahmen* über Werkstoffeigenschaften, Spannungsverteilungen und Spannungsgrößen beruhen, die auch nicht besser begründet sind.

Um bei dieser Sachlage das Röntgenverfahren der Allgemeinheit ohne Gefährdung der technischen Entwicklung nutzbar zu machen, ist man in Deutschland einen neuen Weg gegangen: Auf Veranlassung des Herrn Generalinspektors für das deutsche Straßenwesen und der Reichsbahn-Hauptverwaltung gehen zur Zeit fast alle Röntgenaufnahmen an geschweißten Stahlüberbauten nach ihrer vorläufigen Beurteilung durch den zuständigen Abnahmebeamten an die „Röntgenstelle“. Dort unterliegt die Beurteilung des Abnahmebeamten einer Nachkontrolle, deren Ergebnis an ihn zurückgeht. Die Stellungnahme der „Röntgenstelle“ bezieht sich dabei sowohl auf die Güte der Aufnahmen und ihre Beurteilung durch den Abnahmebeamten, als auch im Bedarfsfalle auf die Ursache von Schweißfehlern und die Möglichkeit ihrer Abhilfe. Damit wird zunächst eine einheitliche Beurteilung aller Schweißnähte an Stahlüberbauten in Deutschland und eine Erziehung der Abnahmebeamten zu einer mit der „Röntgenstelle“ gleichartigen Beurteilung erreicht; ferner werden Fehler rasch ausgeschieden, wenn sie schon einmal in irgendeinem anderen Werk aufgetreten und überwunden waren. Endlich hat sich die ständige Überwachung der Schweißer erzieherisch ausgewirkt.

Natürlich dürfen die Arbeiten in den Werkstätten und auf den Baustellen keine langen Aufschübe erleiden. Deshalb können in eindeutigen Fällen die Abnahmebeamten oder die Beauftragten der „Röntgenstelle“ Entscheidungen über Zulassen oder Ausbessern von Schweißungen an Ort und Stelle gemeinsam treffen; nur in zweifelhaften Fällen muß die Entscheidung der „Röntgenstelle“ eingeholt werden, die ihrerseits einen Statiker des Staatlichen Materialprüfungsamtes, Berlin-Dahlem, heranzieht.

Zur Bewältigung dieser Aufgabe ist die „Röntgenstelle“ mit mehreren, an verschiedenen Orten des Reiches stationierten, fahrbaren Röntgenlaboratorien ausgerüstet. — Die Erfahrungen all dieser Stellen schaffen einen umfassenden Erfahrungsgrundstock für die Beurteilung von Röntgenfilmen.

Fig. 10 zeigt eine der fahrbaren Röntgenstationen und ihre Anwendung auf der Baustelle.

Die mit dieser Organisation erzielten Erfolge können u. a. daran ermessen werden, daß es binnen drei Monaten gelang, die ursprünglichen Beanstandungen an Schweißverbindungen von Stahlüberbauten um mehr als eine Größenordnung herabzudrücken.



Fig. 10.

Röntgenprüfung eines geschweißten Stahlüberbaues.

C. Magnetprüfung von Schweißverbindungen.

Die Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung, die auf der Störung magnetischer Felder durch Fehlstellen und auf ihrem Nachweis durch Schwingspulen oder durch Magnetpulver beruhen, sind heute noch nicht genügend verbreitet und erprobt, um sie kritisch behandeln zu können. Es besteht die Aussicht, daß das „magnetische Abtastverfahren“ (IG-Schweißnahtprüfer der AEG.) für autogen geschweißte Verbindungen bis höchstens 20 mm Dicke brauchbar wird. Ebenso wird das Magnetpulver-Verfahren für dünnwandige Autogenschweißungen, wie sie aber mehr im Flugzeugbau als im Brücken- und Hochbau vorkommen, sich einführen. Ob das Magnetpulver-Verfahren darüber hinaus im Brücken- und Hochbau noch Bedeutung gewinnen wird, wird sich in Kürze entscheiden.

Schriftumsverzeichnis:

- (1) G. Bierett: Z. „Maschinenbau“, 13. H. 15/16, August 1934, S. 87.
- (2) R. Berthold: Grundlagen der technischen Röntgendurchstrahlung. Leipz. 1930.
- (3) R. Berthold, N. Riehl u. O. Vaupel: Z. „Metallkunde“, 1935, S. 63.
- (4) R. Berthold, M. Zacharow: Z. „Metallkunde“, 1936, S. 40.
- (5) R. Berthold: „Archiv Eisenhüttenw.“ 8 (1934/35), S. 21.
- (6) — — — — : Normblätter DIN Rönt. 5 und 6, Beuth-Verlag G.m.b.H., Berlin SW 19.
- (7) R. Berthold: „Der Stahlbau“, Heft 4, 1936.
- (8) W. Tofaute: „Archiv Eisenhüttenw.“ 8 (1934/35), Heft 7, S. 303.
- (9) K. Wallmann: „Archiv Eisenhüttenw.“ 8 (1934/35), Heft 6, S. 243.

Zusammenfassung.

Die weitgehende Einführung von Dauerfestigkeitsversuchen in die technisch-mechanischen Prüfverfahren von Schweißungen ließ die starke Auswirkung von Kerben und damit von Schweißfehlern erkennen, die sich bei rein statischer Beanspruchung nur wenig bemerkbar machen. Zur Sicherstellung der Güte geschweißter Bauwerke war daher die Heranziehung zerstörungsfreier Prüfverfahren notwendig geworden, um solche Fehler aufzudecken. Hierfür erwies sich das Röntgenverfahren bisher am geeignetsten, weil es physikalisch und technisch soweit bekannt und ausgebildet ist, daß es in fast allen Fällen sichere Befunde bei durchaus tragbaren Unkosten ermöglicht. Die technische Durchbildung der Apparate und Hilfsmittel gestattet heute die Anwendung des Röntgenverfahrens in den Werkstätten und auf allen Baustellen; die Durchführung der Röntgenprüfung ist in Deutschland durch Richtlinien geregelt, die eine einheitliche Bildgüte bei allen Anwendern sichern und dadurch die Grundlage für eine einwandfreie Beurteilung der Röntgenbilder schaffen.

Eine allen zerstörungsfreien Prüfverfahren gemeinsame Schwierigkeit ist die Beurteilung der Auswirkung von aufgefundenen Fehlstellen, d. h. die Entscheidung, ob eine nicht einwandfreie Naht noch zulässig ist oder nicht. Um hierüber einigermaßen richtig urteilen zu können, bedarf es eines Erfahrungsumfanges, wie er nur bei zentraler Bearbeitung solcher Aufnahmen gesammelt werden kann. In Deutschland liegt deshalb die Beurteilung eines großen Teils aller Röntgenfilme von Schweißnähten in den Händen der „Röntgenstelle“, Berlin-Dahlem.