

## Das Verhalten von Baustählen höherer Festigkeit nach dem Feuerverzinken bei dynamischer Beanspruchung

Bericht Nr. 66 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e.V.\*)

Prüfung der Biegewechselfestigkeit an ungeschweißten sowie der Zug-Druck-Wechselfestigkeit an geschweißten Proben aus St 52-3 und TTStE 51 im unverzinkten und verzinkten Zustand. Kerbschlagbiegeversuche an Proben aus St 52-3 im normalgeglühten, feuerverzinkten, kaltverformten sowie kaltverformten und feuerverzinkten Zustand. Deutung der Versuchsergebnisse.

## The behaviour of high-strength structural steels after hot-dip galvanizing at dynamic stress

Investigation of the bending fatigue strength of unwelded specimens and the tension-compression-fatigue strength of welded specimens of St 52-3 and TTStE 51 in ungalvanized and galvanized condition. Notched bar impact bend tests with specimens of St 52-3 in normalized, hot-dip galvanized, cold-formed and also cold-formed and hot-dip galvanized condition. Interpretation of the experimental results.

## Le comportement d'aciers de construction à résistance élevée après galvanisation par trempé lors d'une sollicitation dynamique

Etude de la résistance à la flexion alternée sur éprouvettes non soudées et de la résistance aux efforts alternés de traction et de compression sur éprouvettes soudées en acier St 52-3 et TTStE 51 en état non galvanisé et galvanisé. Essais de résilience sur éprouvettes en acier St 52-3 en état recuit, galvanisé par trempé, écroui ainsi qu'écroui et galvanisé par trempé. Interprétation des résultats expérimentaux.

Im Zusammenhang mit der Feuerverzinkung ergibt sich für das Festigkeitsverhalten von Baustählen einmal das Problem, daß kaltverformte Stähle unter der Einwirkung der Zinkbadtemperatur von 450 bis 460°C eine künstliche Alterung erfahren und dadurch möglicherweise verspröden. Zum anderen ist die Verformungsfähigkeit der Eisen-Zink-Legierungsschichten im Gegensatz zum gut dehnbaren Eisenuntergrund außerordentlich gering. Bereits bei geringen mechanischen Beanspruchungen kommt es hier zu Ribbildungen, die möglicherweise die Dauerfestigkeit des verzinkten Stahles herabsetzen<sup>1)</sup>. Je nach der Festigkeitsklasse des verwendeten Baustahles fällt der Aufbau der Eisen-Zink-Legierungsschichten völlig unterschiedlich aus. Bild 1 zeigt den Aufbau der Feuerverzinkungs-

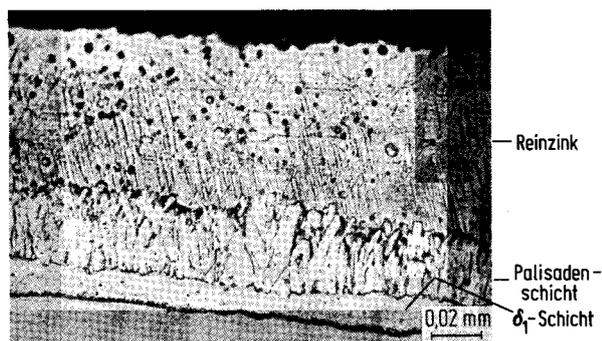


Bild 1. Feuerverzinkungsschicht auf St 37-2, Schichtdicke 100 µm (rd. 325:1, Orig. 650:1)

Figure 1. Hot-dip galvanizing layer on St 37-2, thickness 100 µm

schicht auf St 37-2. Etwa ein Drittel der Gesamtzinkschicht besteht aus Eisen-Zink-Legierungsschichten und zwei Drittel aus Reinzink mit einigen Hohlstellen, die durch die Viskosität des Reinzinks bedingt sind.

\*) Träger des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e.V.: Deutsche Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung und Oberflächenbehandlung e.V. (DFBO), Düsseldorf; Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf; Bundesverband Draht e.V., Düsseldorf; Verband Deutscher Feuerverzinkerien, Hagen; Preußag AG Metall, Goslar; Metallgesellschaft AG, Frankfurt.

Als Überzug auf dem Baustahl St 52-3 nach DIN 17 100, Ausgabe September 1966 – Allgemeine Baustähle, Gütevorschriften –, bietet die Feuerverzinkung ein völlig anderes Bild (Bild 2).

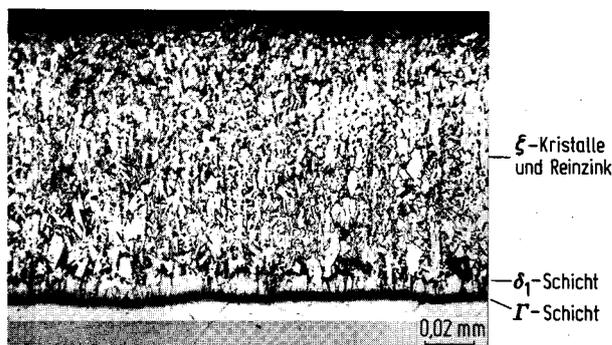


Bild 2. Feuerverzinkungsschicht auf St 52-3, Schichtdicke 100 µm (rd. 325:1, Orig. 650:1)

Figure 2. Hot-dip galvanizing layer on St 52-3, thickness 100 µm

Unter dem Einfluß des bei diesem Stahl erhöhten Siliciumgehaltes hat sich eine relativ dünne kompakte  $\delta_1$ -Schicht gebildet. Hieran anschließend erscheinen große, von Reinzink umgebene  $\zeta$ -Kristalle, die bis zur Oberfläche durchstoßen.

Beim verzinkten Feinkornstahl TTStE 51 nach Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 089 – Schweißbare Feinkornbaustähle, Gütevorschriften – erscheint die anliegende  $\delta_1$ -Schicht noch dünner. Auch die Struktur der Palisadenschicht erscheint hier etwas anders. Der weitaus größte Teil der Schicht besteht jedoch aus großen  $\zeta$ -Kristallen, die auch hier bis zur Oberfläche durchstoßen und ihr ein stumpfgraues Aussehen verleihen (Bild 3).

Nachdem bereits ausreichend geklärt ist, daß unter ruhender Last keine Beeinträchtigung der Festigkeitseigenschaften gegeben ist<sup>2)</sup>, sollte der Einfluß der Feuerverzinkung auf das Festigkeitsverhalten von Baustählen höherer Festigkeit unter dynamischer Beanspruchung untersucht werden.

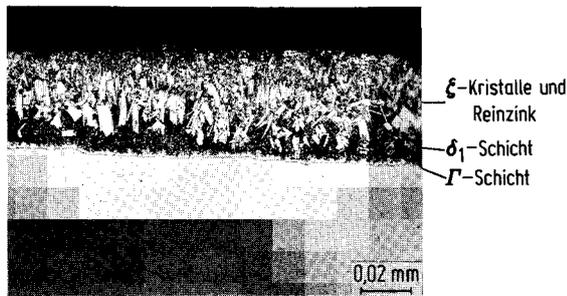


Bild 3. Feuerverzinkungsschicht auf TTStE 51, Schichtdicke 100  $\mu\text{m}$  (rd. 325:1, Orig. 650:1)  
 Figure 3. Hot-dip galvanizing layer on TTStE 51, thickness 100  $\mu\text{m}$

### Versuchswerkstoffe

Für die Untersuchungen standen die Stähle St 52-3 und TTStE 51 zur Verfügung. Die chemische Zusammensetzung der in Form von Blechtafeln vorliegenden Stähle ist aus *Tafel 1* zu ersehen. Die mechanischen Eigenschaften gehen aus

Tafel 1. Chemische Zusammensetzung der Versuchswerkstoffe  
 Table 1. Chemical composition of the test materials

Werkstoff	Blechdicke mm	Chemische Zusammensetzung								
		% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Al	% N	% Ni	% V
St 52-3	12	0,20	0,45	1,48	0,020	0,016	0,033	0,006	—	—
St 52-3	6	0,19	0,39	1,29	0,019	0,014	0,033	0,006	—	—
TTStE 51	8	0,19	0,30	1,58	0,012	0,009	—	0,015	0,59	0,16

*Tafel 2* hervor. In *Tafel 2* sind auch die Schweißzusatzwerkstoffe aufgeführt, die zur Herstellung der Schweißproben verwendet wurden.

Zum Verzinken wurden die zuvor in 7%iger Salzsäure gebeizten Proben 2 min in ein Zinkbad mit 450°C Badtemperatur getaucht. Der Aluminiumgehalt des Bades war 0,02%. Die Zinkauflage erreichte eine Schichtdicke von 80 bis 100  $\mu\text{m}$  (580 bis 720  $\text{g}/\text{m}^2$ ).

Tafel 2. Mechanische Eigenschaften der untersuchten Stähle und der verwendeten Schweißzusatzwerkstoffe

Table 2. Mechanical properties of the investigated steels and used filler metals

Werkstoff	Mechanische Eigenschaften			
	Streckgrenze N/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung ( $L_0 = 5 a_0$ ) %	Kerbschlagzähigkeit (DVM-Probe) bei 20°C J
St 52-3	390	575	27	103
Schweißzusatzwerkstoff*) für die Versuche mit St 52-3	$\geq 460$	520 bis 600	$\geq 26$	96 bis 124
TTStE 51	524	752	21	—
Schweißzusatzwerkstoff*) für die Versuche mit TTStE 51	$\geq 600$	700 bis 750	$\geq 20$	—

\*) Nach Lieferbedingung.

### Durchführung der Biegeversuche mit ungeschweißten Proben und Deutung der Ergebnisse

Die für die Versuche benutzte Probenform ist in *Bild 4* wiedergegeben. Für den Stahl St 52-3 bei einer Blechdicke von 6,7 mm sind die Werte der Wechselbiegeversuche für Proben im Anlieferungszustand mit Walzhaut und für feuerverzinkte Proben in *Bild 5* wiedergegeben. Für eine Blechdicke von

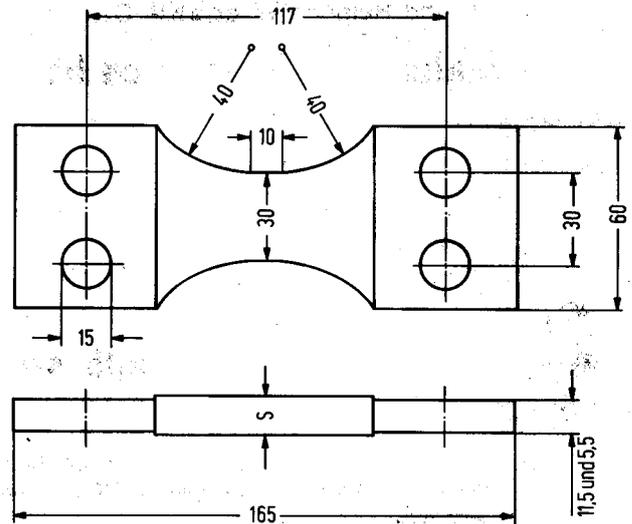


Bild 4. Probe für Biegeversuche  
 Figure 4. Alternating bending test specimen

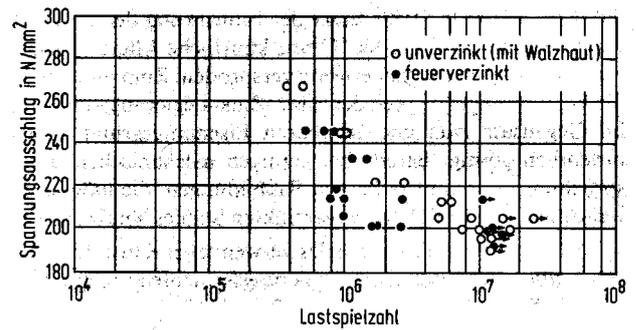


Bild 5. Wöhler-Schaubild von Biegeversuchen an Proben aus St 52-3 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinkung; Blechdicke 6,7 mm, Zinkschichtdicke 80  $\mu\text{m}$

Figure 5. Wöhler diagram of alternating bending tests with specimens of St 52-3 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing; sheet gage 6.7 mm, thickness of zinc layer 80  $\mu\text{m}$

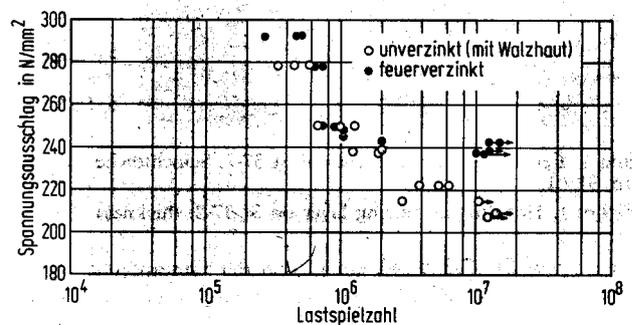


Bild 6. Wöhler-Schaubild von Biegeversuchen an Proben aus St 52-3 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinkung; Blechdicke 12 mm, Zinkschichtdicke 80  $\mu\text{m}$

Figure 6. Wöhler diagram of alternating bending tests with specimens of St 52-3 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing; sheet gage 12 mm, thickness of zinc layer 80  $\mu\text{m}$

12 mm finden sich die entsprechenden Versuchswerte für Proben im Anlieferungszustand und feuerverzinkte Proben in Bild 6. Während in Bild 5 nahezu gleiche Dauerfestigkeitswerte für beide Oberflächenzustände erhalten wurden, scheinen die Dauerfestigkeitswerte für feuerverzinkte Proben aus 12 mm dickem Blech im Vergleich zu den Proben im Anlieferungszustand höher zu liegen. Trägt man jedoch die sowohl an 6 mm als auch an 12 mm dickem Blech erhaltenen Werte insgesamt in ein Wöhler-Schaubild nach<sup>3)</sup> ein, so erkennt man, daß sämtliche erhaltenen Versuchswerte zu einer Grundgesamtheit gehören und daß zwischen den erhaltenen Dauerfestigkeitswerten kein statistisch begründeter, wesentlicher

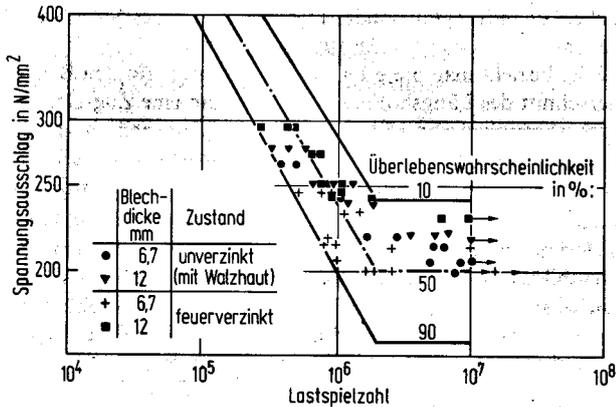


Bild 7. Wöhler-Schaubild von Biegeversuchen an Proben aus St 52-3 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinken mit Angaben zu Überlebenswahrscheinlichkeiten

Figure 7. Wöhler diagram of alternating bending tests with specimens of St 52-3 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing with indications on the probabilities of survival

Unterschied gegeben ist (Bild 7). Der Mittelwert der Biege-wechselfestigkeit für die vier Probenarten ist 200 N/mm<sup>2</sup> mit einer Vertrauensgrenze von  $\pm 7\%$  für eine 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit.

Die Bleche aus TTStE 51 wiesen eine verhältnismäßig rauhe und narbige Walzoberfläche auf. Die Versuchswerte für Proben aus 8 mm dickem Blech und aus 10 mm dickem Blech dieser Stahlsorte zeigen im Anlieferungszustand mit Walzhaut und im feuerverzinkten Zustand nahezu gleiche Dauerfestigkeitswerte. Alle diese Werte gehören zu einer gemeinsamen Grundgesamtheit, wengleich, durch die rauhe Walzober-

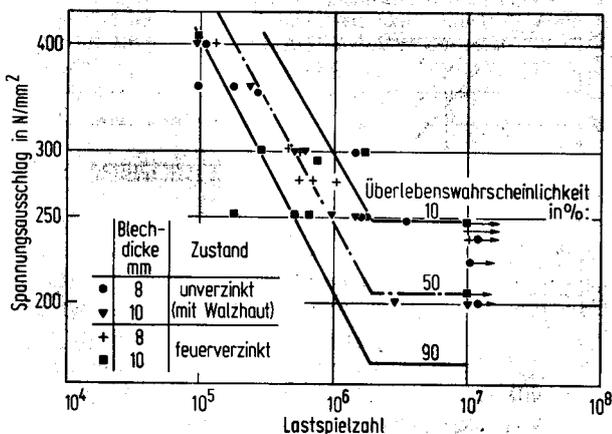


Bild 8. Wöhler-Schaubild von Biegeversuchen an Proben aus TTStE 51 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinkung mit Angaben zu Überlebenswahrscheinlichkeiten

Figure 8. Wöhler diagram of alternating bending tests with specimens of TTStE 51 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing with indications on the probabilities of survival

fläche bedingt, einige Werte außerhalb des Streubereiches liegen (Bild 8). Der Mittelwert des Streubereiches mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 50% ist hier 210 N/mm<sup>2</sup> mit einer Vertrauensgrenze von  $\pm 8\%$  für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 90%.

Aufgrund der gegenüber St 52-3 wesentlich höheren Zugfestigkeit des TTStE 51 wäre für diesen Stahl auch ein höherer Biege-wechselfestigkeitswert zu erwarten. Die narbige Blech-oberfläche und der mit der höheren Zugfestigkeit sich stärker auswirkende Kerbeinfluß ergaben jedoch nur einen unwesentlichen Anstieg der Biege-wechselfestigkeit von 200 auf 210 N/mm<sup>2</sup>.

Eine nachteilige Beeinflussung der Biege-wechselfestigkeit durch die Feuerverzinkung ist aus den Versuchsergebnissen nicht abzuleiten. Bilder 7 und 8 lassen erkennen, daß vielmehr sämtliche Versuchswerte einer Stahlsorte mit zwei verschiedenen Blechdicken und zwei Oberflächenbehandlungszuständen zu einer Grundgesamtheit gehören. Ein wesentlicher Unterschied der erhaltenen Dauerfestigkeitswerte ist statistisch nicht nachweisbar.

### Durchführung der Zug-Druck-Wechselversuche mit geschweißten Proben und Deutung der Ergebnisse

Als Kreuzstöße kamen zwei unterschiedliche Probenformen zur Anwendung, und zwar die Probenform K 2 mit durch-

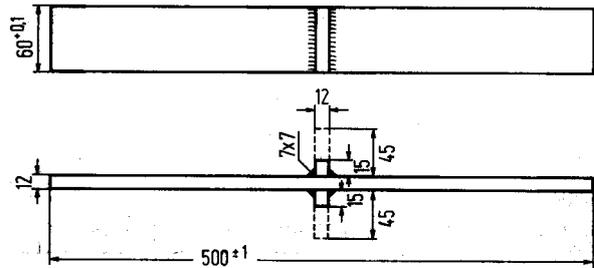


Bild 9. Kreuzstoß für Zug-Druck-Wechselversuche mit durchgehendem Längsholm

Figure 9. Cruciform joint for alternating stress tests with continuous longitudinal spar

gehendem Längsholm (Bild 9) und die Probenform K 4 mit durchgehendem Querholm (Bild 10). Die Proben wurden nach den Richtlinien des „Istituto Italiano della Saldatura“ hergestellt. Sie wurden aus zusammenhängenden geschweißten Blechplatten von rd. 550 mm  $\times$  520 mm Größe herausgesägt.

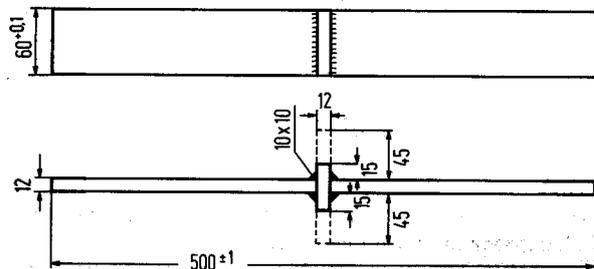


Bild 10. Kreuzstoß für Zug-Druck-Wechselversuche mit durchgehendem Querholm

Figure 10. Cruciform joint for alternating stress tests with continuous transverse spar

Dabei wurden Anfangs- und Endkrater in der Schweißnaht ausgeschieden. Die mechanischen Eigenschaften der Schweißzusatzwerkstoffe sind aus Tafel 2 zu ersehen. Die Schweißelektroden wurden 4 h bei 200°C getrocknet. Anstelle der für

das Schweißen von TTStE 51 vorgeschriebenen Vorwärmung wurde die Blechtafel durch Flammstrahlen entzündet und unmittelbar danach in der noch vorhandenen Wärme geschweißt. Die Proben wurden mit einem Schweißstrom von rd. 160 A unter Beachtung der vorgeschriebenen Schweißfolge geschweißt. Im Gegensatz zu den Empfehlungen des italienischen Schweißinstitutes wurden die Einbrandkerben nicht nachgearbeitet, lediglich die Kanten der ausgesägten Proben wurden mit Schmirgelleinen leicht gebrochen. Kreuzstöße mit einem Verzug oder einer Versetzung von mehr als 0,8 mm wurden ausgeschieden.

Nach DIN 15 018, Blatt 1 – Krane, Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung –, handelt es sich bei der Probe nach Bild 9 um den Kerbfall K 2 (mittelstarke Kerbe) und bei der Probe nach Bild 10 um den Kerbfall K 4 (besonders starke Kerbwirkung). Die Quersteife wurde zur Vermeidung von Krümmungen beidseitig angeordnet. Die Kehlnähte der Quersteife wurden in einem Durchgang geschweißt, während die Kehlnähte des Kreuzstoßes in zwei Lagen (erste Lage rd. 6 mm × 6 mm) hergestellt wurden.

Für den Stahl St 52-3 sind die Ergebnisse der Zug-Druck-Wechselversuche an Kreuzstößen der Form K 2 für Proben mit Walzhaut und für feuerverzinkte Proben bei einer Blechdicke von 12 mm in Bild 11 wiedergegeben. Die einzelnen

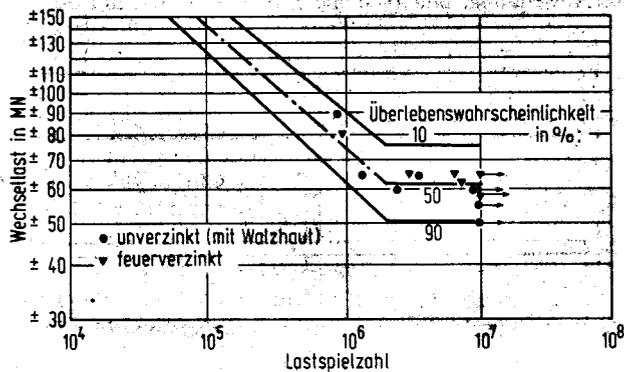


Bild 11. Wöhler-Schaubild von Zug-Druck-Wechselversuchen an Kreuzstößen mit durchgehendem Längsholm aus St 52-3 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinkung mit Angaben zu Überlebenswahrscheinlichkeiten; Blechdicke 12 mm

Figure 11. Wöhler diagram of alternating stress tests on cruciform joints with continuous longitudinal spar of St 52-3 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing with indications on the probabilities of survival; sheet gage 12 mm

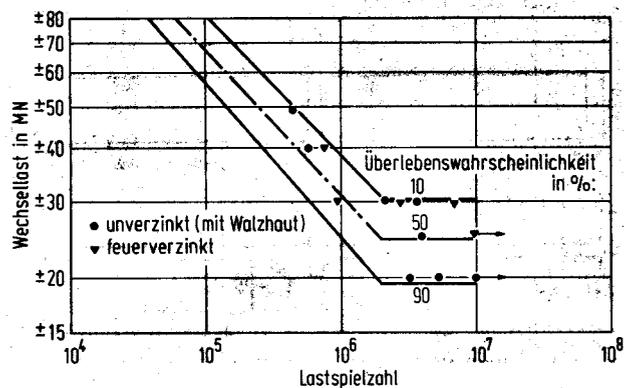


Bild 12. Wöhler-Schaubild von Zug-Druck-Wechselversuchen an Kreuzstößen mit durchgehendem Querholm aus St 52-3 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinkung mit Angaben zu Überlebenswahrscheinlichkeiten; Blechdicke 12 mm

Figure 12. Wöhler diagram of alternating stress tests on cruciform joints with continuous transverse spar of St 52-3 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing with indications on probabilities of survival; sheet gage 12 mm

Versuchswerte liegen sehr gut innerhalb des Streubereiches im Wöhler-Schaubild.

Der Mittelwert des Streubereiches mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 50 % ergibt eine Dauerlast von 62 MN mit 90%-Vertrauensgrenzen von  $\pm 10\%$ . Bezieht man diese Dauerlast auf den Blechquerschnitt des Längsholmes, so erhält man eine Zug-Druck-Wechselfestigkeit von  $87 \text{ N/mm}^2$ .

Auch bei der Probenform K 4 liegen die Versuchswerte für diese Stahlsorte bei 12 mm Blechdicke sowohl bei den Proben mit Walzhaut als auch bei den Proben mit feuerverzinkter Oberfläche innerhalb des Streubandes im Wöhler-Schaubild (Bild 12). Es besteht also kein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Dauerfestigkeitswerten der beiden Oberflächenbehandlungszustände. Der Mittelwert des Streubereiches mit 50 % Überlebenswahrscheinlichkeit beträgt  $25 \text{ MN} \pm 8\%$ . Bezieht man diese Dauerlast wiederum auf den Blechquerschnitt des Längsholmes, so erhält man eine Zug-Druck-Wechselfestigkeit von  $35 \text{ N/mm}^2$ .

Die Zug-Druck-Wechselversuche an Kreuzstößen der Probenformen K 2 und K 4 aus TTStE 51 im feuerverzinkten Zustand und an Proben mit Walzhaut ließen sich in ihren Ergebnissen wiederum in den gemeinsamen Streubereich des Wöhler-Schaubildes einzeichnen (Bilder 13 und 14). Auch hier ist kein gesicherter Unterschied zwischen dem Ergebnis an Proben mit Walzhaut und an Proben mit feuerverzinkter Oberfläche ge-

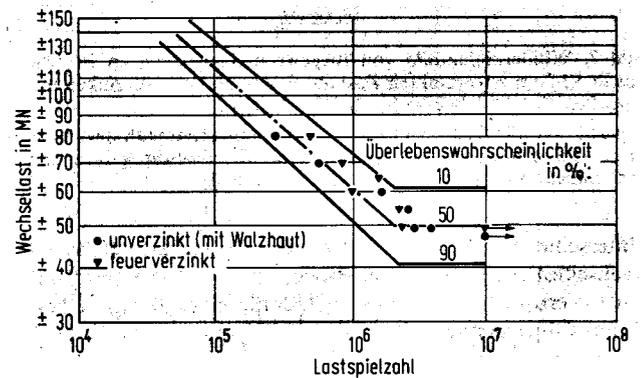


Bild 13. Wöhler-Schaubild von Zug-Druck-Wechselversuchen an Kreuzstößen mit durchgehendem Längsholm aus TTStE 51 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinkung mit Angaben zu Überlebenswahrscheinlichkeiten; Blechdicke 10 mm

Figure 13. Wöhler diagram of alternating stress tests on cruciform joints with continuous longitudinal spar of TTStE 51 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing with indications on probabilities of survival; sheet gage 10 mm

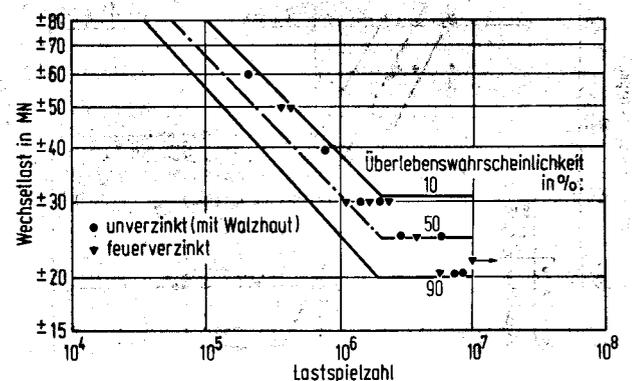


Bild 14. Wöhler-Schaubild von Zug-Druck-Wechselversuchen an Kreuzstößen mit durchgehendem Querholm aus TTStE 51 im unverzinkten Zustand und nach Feuerverzinkung mit Angaben zu Überlebenswahrscheinlichkeiten; Blechdicke 10 mm

Figure 14. Wöhler diagram of alternating stress tests with cruciform joints with continuous transverse spar of TTStE 51 in ungalvanized condition and after hot-dip galvanizing with indications on probabilities of survival; sheet gage 10 mm

ben. Als Mittelwert des Streubereiches mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 50 % ergab sich für die Probe K 2 ein Wert von  $50 \text{ MN} \pm 8 \%$  und für die Probe K 4 ein Wert von  $25 \text{ MN} \pm 8 \%$ . Bezieht man diese Werte wiederum auf den Blechquerschnitt des Längsholmes, so erhält man eine Zug-Druck-Wechselspannungsfestigkeit von  $83 \text{ N/mm}^2$  für K 2 und  $42 \text{ N/mm}^2$  für K 4.

Trotz der gegenüber St 52-3 höheren Zugfestigkeit für TTStE 51 ergeben die Versuche mit geschweißten Querstreifen und Kreuzstößen aus diesem Stahl keine höheren Werte der Dauerfestigkeit.

Durch die Feuerverzinkung wird das Dauerfestigkeitsverhalten bei den Stählen nicht nachteilig beeinflusst.

#### Durchführung von Kerbschlagbiegeversuchen an Proben aus St 52-3 und Deutung der Versuchsergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden die Übergangstemperaturen für die Kerbschlagzähigkeit an DVM-Proben für die Zustände normalgeglüht, feuerverzinkt ( $450^\circ\text{C}$ , 30 s Tauchdauer), 10 % gestaucht sowie 10 % gestaucht mit anschließender Feuerverzinkung ( $450^\circ\text{C}$ , 30 s Tauchdauer) ermittelt. Sämtliche Proben waren in Walzrichtung entnommen.

Für diese Zustände ergaben sich in der angegebenen Reihenfolge die Übergangstemperaturen bei  $-60$ ,  $-45$ ,  $-11$  und  $-28^\circ\text{C}$ , und zwar gemessen als Mittelwert zwischen der Hoch- und der Tieflage der jeweiligen Kerbschlagzähigkeit-Temperatur-Kurve. Die entsprechenden Kurven, bei denen jeder Versuchswert den Mittelwert aus drei Einzelwerten darstellt, finden sich in Bild 15.

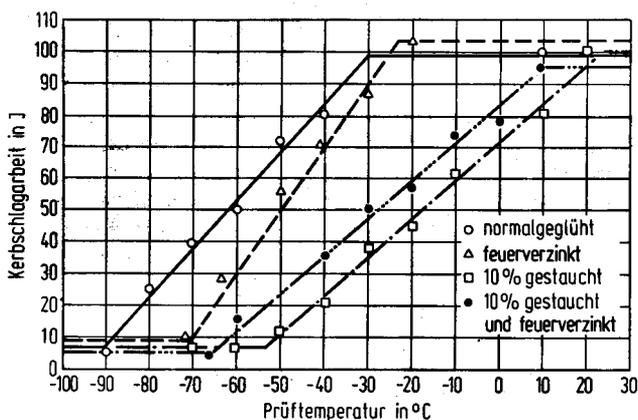


Bild 15. Kerbschlagzähigkeit-Temperatur-Kurven an DVM-Proben aus St 52-3 im normalgeglühten, verzinkten, um 10 % gestauchten sowie um 10 % gestauchten und verzinkten Zustand

Figure 15. Notch toughness-temperature curves of DVM specimens of St 52-3 in normalized, galvanized, 10 % upset and also 10 % upset and galvanized condition

Man erkennt aus den Versuchsergebnissen, daß bei unverformten Proben die Lage des Steilabfalls durch die Feuerverzinkung um  $15^\circ\text{C}$  zu höheren Temperaturen verschoben wird. Im Falle der um 10 % kaltverformten Proben liegt die Übergangstemperatur der verzinkten Proben  $17^\circ\text{C}$  niedriger als bei den nichtverzinkten Proben. Hieraus kann geschlossen werden, daß bei bereits verfestigtem Grundwerkstoff das Verzinken (Badtemperatur) und die Zinkschicht einen günstigen Einfluß auf die Übergangstemperatur der Kerbschlagzähigkeit ausüben.

\* \* \*

Diese Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen

und des Gemeinschaftsausschusses Verzinken durchgeführt, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei.

#### Zusammenfassung

An glatten Flachstäben wurden Biege-wechselspannungsfestigkeitswerte und an geschweißten Kreuzstößen mit durchgehendem und durch den Quersteg unterbrochenem Längsholm wurden Zug-Druck-Wechselspannungsfestigkeitswerte im Anlieferungszustand und mit feuerverzinkter Oberfläche ermittelt. Untersucht wurden der allgemeine Baustahl St 52-3 in Blechdicken von 12 und 6 mm und der Feinkornbaustahl TTStE 51 in Blechdicken von 10 und 8 mm.

Obwohl sich die ermittelten Dauerfestigkeitswerte im verzinkten und im unverzinkten Zustand etwas unterschieden, ließ sich im Wöhler-Schaubild zeigen, daß sämtliche Ergebnisse in einem gemeinsamen Streubereich liegen, ein wesentlicher Unterschied also nicht statistisch gesichert erscheint. Die Feuerverzinkung zeigt somit bei den untersuchten Werkstoffen keinen nachteiligen Einfluß auf das Festigkeitsverhalten bei schwingender Beanspruchung.

Obwohl die statischen Festigkeitswerte für TTStE 51 im Vergleich zu St 52-3 wesentlich höher liegen, ergeben sich für die Dauerfestigkeit an geschweißten Kreuzstößen aus TTStE 51 nahezu die gleichen Werte wie bei den Proben aus St 52-3.

Kerbschlagbiegeversuche an feuerverzinkten und unverzinkten DVM-Proben aus St 52-3 ließen erkennen, daß bei nicht-kaltverformten Proben die Übergangstemperatur durch die Feuerverzinkung um  $15^\circ\text{C}$  zu höheren Temperaturen verschoben wird. Nach 10 % iger Kaltverformung liegt die Übergangstemperatur der verzinkten Proben um  $17^\circ\text{C}$  niedriger als bei nichtverzinkten Proben.

#### Summary

Bending fatigue strength data on plain flat bars and tension-compression-fatigue-strength data on welded cruciform joints with continuous and by the crossbar discontinued longitudinal spar have been determined in as-supplied condition and with hot-dip galvanized surface. The investigations were made on ordinary structural steel St 52-3 in gages of 12 and 6 mm and fine-grained structural steel TTStE 51 in gages of 10 and 8 mm.

Although the determined fatigue strength data in galvanized and ungalvanized condition differed slightly, it could be shown in the Wöhler diagram that all results are within a common scatter range so that a marked difference is statistically not proved. Hot-dip galvanizing exhibits for the materials investigated no adverse effect on the strength characteristics at alternating stress.

Although the statistical strength values for TTStE 51 are considerably higher than for St 52-3, nearly the same fatigue strength data are obtained for welded cruciform joints of TTStE 51 as for specimens of St 52-3.

Notched bar impact bend tests on hot-dip galvanized and ungalvanized DVM specimens of St 52-3 revealed that with uncoldformed specimens the transition temperature is shifted due to hot-dip galvanizing by  $15^\circ\text{C}$  towards higher temperatures. After 10 % coldforming, the transition temperature of the galvanized specimens is by  $17^\circ\text{C}$  lower than for ungalvanized specimens.

#### Schrifttum

- 1) Wiegand, H., u. F. Nieth: Metalloberfläche 20 (1966) S. 393/99.
- 2) Wiegand, H., u. F. Nieth: Stahl u. Eisen 84 (1964) S. 82/88.
- 3) Haibach, E.: Die Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen aus der Sicht einer örtlichen Beanspruchungsmessung. Darmstadt 1968. (Laboratorium für Betriebsfestigkeit Darmstadt. Bericht Nr. FB-77.)