

# **Einfluss der Schweisstechnologie auf die Qualität bzw. Zuverlässigkeit im vorgesehenen Nutzungszeitraum einer geschweissten Konstruktion**

Autor(en): **Neumann, Alexis**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen**

Band (Jahr): **21 (1975)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-18785>

## **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.

**Einfluss der Schweißtechnologie auf die Qualität bzw. Zuverlässigkeit im vorgesehenen Nutzungszeitraum einer geschweißten Konstruktion**

Impact of Welding's Technology on Quality and Safety of Welded Constructions during the Planned Service Life

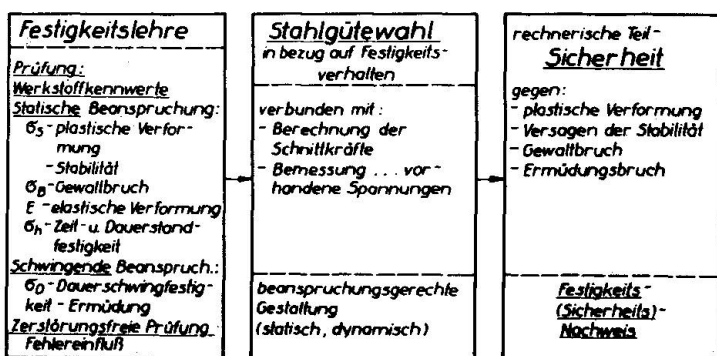
Influence de la technologie de soudage sur la qualité et la sécurité d'une construction soudée pendant la durée de service prévue

Alexis NEUMANN  
 Prof. Dr.-Ing. habil.  
 Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt  
 Karl-Marx-Stadt, DDR

**1. Übersicht von Zusammenhängen der Schweißfertigung und der rechnerischen Sicherheitsnachweise**

In der Konstruktionspraxis des Stahlbaues bildet das Fundament für die gesamte Dimensionierung der einzelnen Querschnitte der Bauteile und der dazugehörigen Verbindungen bekanntlich die Festigkeitslehre.

Ausgehend von den jeweils bekannten Werkstoff-Kennwerten der ausgewählten Stähle, wie Streckgrenze ( $\sigma_s$ ), Bruchfestigkeit ( $\sigma_B$ ), E-Modul, Zeit- und Dauerfestigkeit<sup>s</sup> ( $\sigma_z$ ) sowie auch Ermüdungsfestigkeit ( $\sigma_D$ ), werden bekanntlich rechnerische Sicherheitsnachweise geführt.



Solche Sicherheitsnachweise ermöglichen in letzter Zeit auch die Bestimmung der Lebensdauer bzw. die Abschätzung der Zuverlässigkeit in einem vorgesehenen Nutzungszeitraum.

Im Bild 1 ist dies schematisch und sehr vereinfacht dargestellt.

Bild 1 Schema der "Festigkeits-(Sicherheitsnachweise"

Diese Vorgehensweise, so sehr sie auch zur Perfektion geführt wurde, reicht zur rechnerischen Ermittlung einer Gesamt-Sicherheit gegen Versagen einer geschweißten Konstruktion aus Stählen nicht aus.

Die Schweißfertigung ist verbunden mit einer Einbringung von örtlicher Wärme in die einzelnen Bauteile der Stahlbauten, gleichgültig, ob diese Herstellung in der Werkstatt oder auf Außen-Montage erfolgt. Diesem Aspekt der Fertigung wird noch zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Die örtliche Wärme des Vorganges beim Schweißen, aber auch beim autogenen Brennschneiden, führt bekanntlich zu bleibenden Verformungen und zu Eigenspannungen. Über die Einflüsse, besonders der Schweiß-Eigenspannungen auf das Ermüdungsverhalten von geschweißten Stahlkonstruktionen, ist viel berichtet worden. /1/, /2/. Den Einfluß der Schweiß-Verformungen und Eigenspannungen auf das Versagen der Stabilität behandelt auf diesem Symposium Hänsch /3/.

Die nachstehenden Ausführungen sollen einen Beitrag über den Einfluß dieser obengenannten Schweiß-Eigenspannungen auf das Spröbruch-Verhalten von geschweißten Stahlkonstruktionen leisten. Es wird die Frage aufgeworfen, ob es ausreicht, einen, wenn auch umfassenden, Festigkeits-(Sicherheits)-Nachweis zu führen und gegen zu große plastische Verformungen, gegen Versagen der Stabilität, gegen statischen Gewaltbruch oder gegen den Ermüdungsbruch mit allen dazugehörigen Einflüssen der Fertigung und ihrer Fehler abzusichern? In Anbetracht des großen Einflusses einer Stahlgüte auf die Schweiß-Eignung und Schweiß-Sicherheit und verknüpft damit auf das Spröbruchverhalten bei einer gegebenen Schweißkonstruktion, wird ein weiterer möglichst rechnerischer Teil-Sicherheits-Nachweis gegen Spröbruch vorgeschlagen.

Hier könnten die technologischen Einflüsse der Schweißfertigung exakter als bisher erfaßt und berücksichtigt werden.

Vielleicht wäre auch eine bessere Möglichkeit einer statistisch gesicherten Ermittlung der Zuverlässigkeit der geschweißten Konstruktion in Zukunft damit gegeben.

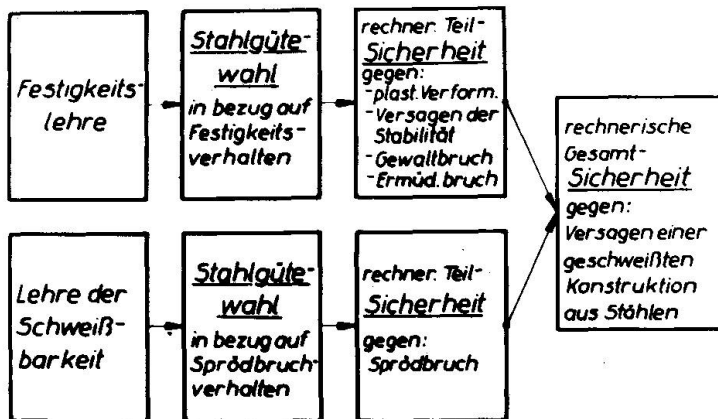


Bild 2 Rechnerische Gesamtsicherheit gegen Versagen einer geschweißten Konstruktion aus Stählen

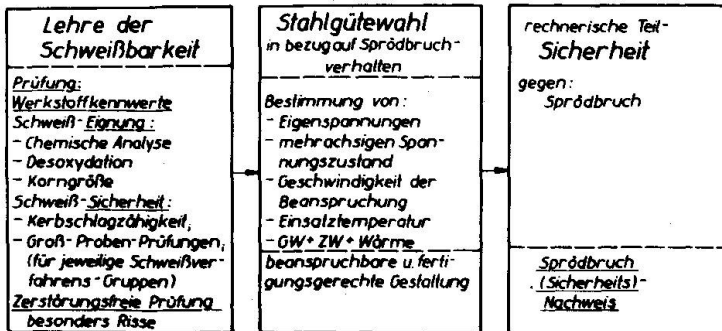


Bild 3 Schema des Spröbruch-(Sicherheits)-Nachweises

In Bild 3 ist wiederum schematisch und sehr vereinfacht der Vorschlag des rechnerischen Spröbruch-(Sicherheits)-Nachweises dargestellt. Leicht ist zu erkennen, daß werkstoffliche und schweißtechnologische Einflußgrößen maßgebend sind. Hierbei sind besonders die Fragen der Schweißbarkeit und dazugehörig die Abstimmung von

Grundwerkstoff (Stahl) mit den Schweißzusatzwerkstoffen, sowie der Wärmeverteilung aus dem Schweißverfahren zu beachten. Außerdem haben die Größe und Verteilung der Schweiß-Eigenstressungen einen ausschlaggebenden Einfluß auf das Sprödbruchverhalten. Von großer Bedeutung sind auch alle Schweißfehler, besonders Risse, deren Fortpflanzung zum spröden Bruch im vorgesehenen Nutzungszeitraum führen können, wie dies mit Hilfe der Bruchmechanik auch sinnvoll berechnet werden kann.

Erst die exakte Bestimmung beider Teil-Sicherheiten nach Bild 2 würde die Möglichkeit geben, eine rechnerische Gesamtsicherheit gegen Versagen einer geschweißten Konstruktion aus Stählen zu ermitteln, die die maßgeblichsten Einflüsse der Konstruktion und Technologie beinhaltet.

## 2. Schweißbarkeit; Schweiß-Eignung; Schweiß-Sicherheit

Es ist zweckmäßig, vor der Erörterung des Sprödbruchverhaltens von Stählen und Schweißverbindungen die Schweißbarkeit von Stählen zu behandeln.

### Schweißbarkeit:

Die Erörterung über die Voraussetzungen zum Sprödbruch führen bei Schweißkonstruktionen zu den Auslegungen des Begriffes "Schweißbarkeit" als Summe von einerseits werkstofflichen, andererseits konstruktiven und fertigungstechnischen Kriterien.

Der klassische Begriff der Schweißbarkeit, der oft in der internationalen Literatur anzutreffen ist und sehr global definiert wurde, lautet: "Schweißbarkeit ist die Eigenschaft eines Stahls, sich bei bestimmten werkstofflichen Voraussetzungen und zweckentsprechenden Arbeitsanforderungen (bei einem bestimmten Schweißverfahren) mit sich selbst oder mit anderen Stählen so verbinden zu lassen, daß die Verbindung mechanisch, physikalisch und chemisch sowie den betrieblichen Anforderungen genügt".

Aus dieser Definition ist klar zu ersehen, daß die Schweißbarkeit eines Stahls direkt mit einem Schweißverfahren bzw. mit einer Schweißverfahrensgruppe verbunden ist. So unterscheidet man heute schon eine unterschiedliche Schweißbarkeit bei Schmelzschweißverfahren und bei Preßschweißverfahren. Maßgeblich ist die jeweilige Wärmekonzentration und die gesamte Wärmeverteilung bei einem Schweißverfahren.

Die jeweilige Schweißtechnologie, d.h. die gewählte Fertigung mit allen dazugehörigen Einzelheiten wie Arbeitswerte des Schweißverfahrens, Schweißfolge, Schweißpositionen usw. hat auf die Schweißbarkeit einen maßgeblichen Einfluß.

In Anlehnung an bisherige Begriffe wird die Schweißbarkeit in Schweiß-Eignung und Schweiß-Sicherheit gegliedert.

### Schweiß-Eignung:

Die Schweiß-Eignung ist die werkstoffliche Voraussetzung der Schweißbarkeit, allein von seiten des Grundwerkstoffs. Die Einflußfaktoren sind im Bild 4 schematisch zusammengestellt.

Bild 4

Schweißbarkeit (in bezug auf eine Schweißverfahrensgruppe)

## Schweiß-Eignung

Voraussetzung zum Schweißen (mit einem Schweißverfahren; temperaturabhängig) allein vom Grundwerkstoff

verantwortlich: Stahl-Entwickler - Hersteller

Einflußfaktoren:

- Stahlerstellungstechnologie
- Erschmelzungsart
- Desoxydationsgrad
- Walzvorgang (Kaltverformung)
- Chemische Zusammensetzung
- Einfluß von Legierungen
- Einfluß von Verunreinigungen (Seigerungen)
- Innere und äußere Werkstofffehler
- Anlieferungszustand

## Schweiß-Sicherheit

konstruktive Schweißsicherheit      fertigungsgerechte Schweißsicherheit

verantwortlich:  
Stahlverbraucher  
Schweißkonstrukteur

(Anwender: Schweißtechnologe)

Einflußfaktoren: (Kriterien für Spröbruch)

- mehrachsigem Spannungszustand
  - äußere Beanspruchung
  - Spannungsspitzen (Kerben; Eigenspannungen)
  - Eigenspannungen (Wärme; Schweißfolge)
- Geschwindigkeit der Beanspruchung
  - Schlag
- Einsatztemperatur
  - Kälte (Übergangstemperatur: zäh u. spröd)
- Grundwerkstoff-Zusatzwerkstoff-Wärme
  - Zeittemperaturumwandlungsverhalten für Schweißverbindungen
  - Korngröße, Einschlüsse
  - Grundwerkstoff - Zusatzwerkstoff ... chemische Abstimmung
- vorhandene Fehler (Risse)

Prüfung vom Grundwerkstoff

(Verantwortlicher: Werkstoffprüfer)

- chemische Analyse
- Korngröße
- Einschlüsse
- Desoxydation
- Härteneigung

Prüfung von GW-Wärmeeinflüsse Schweißnaht

- Zerstörende Prüfung
  - Kerbschlagzähigkeit ... Temperatur (Alterung)
  - Warmriss-Kaltriss-Neigung-Prüfung
  - Robertson, ESSO---Test und ähnliche
  - Großschlagversuche
  - Bruchzähigkeit
- zerstörungsfreie Prüfung (Röntgen - Ultraschall)
  - Einfluß von Fehlern auf Spröbruch (auch Ermüdung und Festigkeit)

Eindeutige Herstellung- und Lieferbedingungen sowie eindeutige Prüfverfahren sorgen bei einem bestimmten Stahl für eine gleichbleibende Schweißbeignung. Der Stahlhersteller gewährleistet diese Schweißbeignung durch die Erfüllung der Prüfbedingungen. Dem Stahlverbraucher werden vom Stahlhersteller eine Reihe von Stählen mit verschiedener Wertigkeit in der Schweißbeignung zur Verfügung gestellt.

### Schweißsicherheit:

Die Schweißsicherheit einer Konstruktion kann nur im Einklang mit der Schweißbeignung des Stahles betrachtet werden. Die reine Schweißbeignung einer Stahlsorte bietet keine vollkommene Sicherheit der Konstruktion; sie ist jedoch Vorbedingung für die Schweißsicherheit.

Der gleiche Stahl mit einer bestimmten Schweißbeignung kann für die Verwendung in einer Schweißkonstruktion in Abhängigkeit von der Konstruktionsart, vom Einsatz, von der Betriebstemperatur usw. geeignet oder bei einer anderen nicht geeignet sein. Die volle Schweißsicherheit einer Konstruktion wird außer von der Schweißbeignung des Werkstoffs auch von Faktoren gewährleistet, deren Einfluß allein durch den Konstrukteur und den Schweißfachingenieur bestimmt wird. Konstruktion und Ausführung haben einen entscheidenden Anteil daran, ob eine Stahlkonstruktion schweißsicher und (übertragen auf den Stahl) ob der Stahl für diese Konstruktion "schweißbar" ist.

Man unterscheidet zwei Begriffe der Schweißsicherheit:

1. die konstruktiv bedingte Schweißsicherheit und
2. die fertigungsbedingte Schweißsicherheit.

Der Konstrukteur und der Schweißingenieur bestimmen im Entwurf und unter Berücksichtigung der Fertigung und des betriebsmäßigen Einsatzes den erforderlichen Stahl.

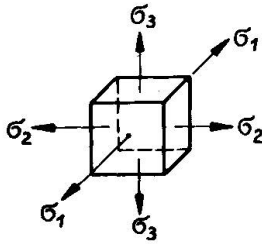
Diese kurze Auslegung des Begriffs "Schweißbarkeit" zeigt, daß es notwendig ist, dem Konstrukteur in der Frage der Werkstoffauswahl für Schweißkonstruktionen bei den vorhandenen Stählen möglichst einheitliche und besonders in bezug auf die konstruktive Schweißsicherheit zuverlässige Richtlinien und Berechnungsmethoden zu geben.

Diese obigen Ausführungen zeigen auch, daß das Spröbruchverhalten eines Stahls in einer Schweißkonstruktion sehr eng mit der Schweißbarkeit verknüpft ist. Die Einflußfaktoren auf die Schweißbarkeit sind bei gleichen konkreten Fällen auf das Spröbruchverhalten übertragbar.

### 3. Einfluß der Schweiß-Eigenstressungen auf das Spröbruchverhalten

Die bekannten Kriterien für einen Spröbruch, d.h. ein Versagen einer Stahlkonstruktion durch einen verformungslosen Trennbruch sind in Bild 4 zusammengestellt. Der mehrachsige Spannungszustand hat dabei eine ausschlaggebende Rolle. Hier wirken gemeinsam die Spannungen aus äußerer Belastung mit ihren im Bauteil gegebenen Verteilungen z.B. Spannungsspitzen an Kerben, sowie die Eigenstressungen (Makrospannungen) z.B. aus dem Walzvorgang bzw. ganz besonders die Schweiß-Eigenstressungen.

Die Mehrachsichtigkeit kann für jeden Punkt einer Stahlkonstruktion einschließlich der Schweißnähte, nach Bild 5 durch eine Mehrachsichtigkeitszahl (z.B. - nach Schnadt /4/) dargestellt werden:



$$\pi = \sqrt{1 + \eta_2^2 + \eta_3^2 - \eta_2 \cdot \eta_3 - \eta_2 - \eta_3}$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \quad \eta_3 = \frac{\sigma_3}{\sigma_1}$$

- Beispiele für  $\pi$ :
- $\pi = -2$  ;  $(-\sigma_1) = (-\sigma_2) = (-\sigma_3)$  dreiachsiger Druck
  - $\pi = 1$  ;  $\sigma_1, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$  einachsiger Zug
  - $\pi = 0,67$  ;  $\alpha_K = 2,4$  DVM-Kerbschlagprobe
  - $\pi = 0$  ;  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$  dreiachsiger Zug

Bekannt ist, daß bei einer gegebenen Konstruktion (mit gegebener Belastungsgröße, Betriebstemperatur, Stahlart, Schweißnaht usw.) die Verformungsreserve bei zunehmender Mehrachsichtigkeit abnimmt. Es können kritische Mehrachsichtigkeitszahlen bei Versagen durch Sprödbruch ermittelt werden, wie dies Bild 6 zeigt.

Bild 5 Mehrachsichtigkeitszahl

nen kritische Mehrachsichtigkeitszahlen bei Versagen durch Sprödbruch ermittelt werden, wie dies Bild 6 zeigt.

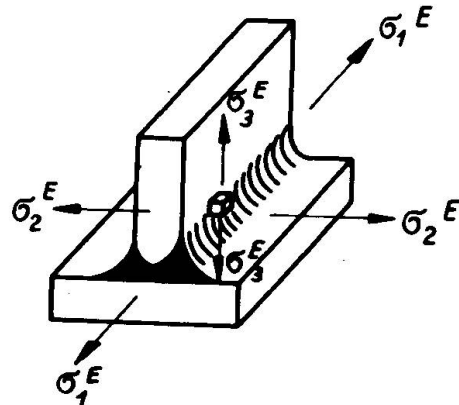
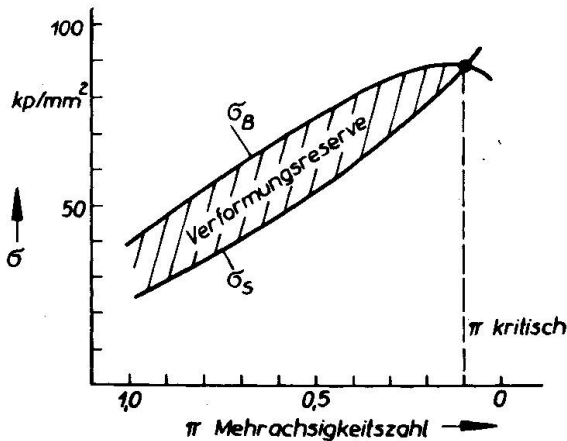


Bild 7 Beispiel für die Verteilung von Schweiß-Eigenstressungen an einer K-Naht

Bild 6 Einfluß der Mehrachsichtigkeit des Spannungszustandes auf die Bruchfestigkeit ( $\sigma_B$ ) und Streckgrenze ( $\sigma_S$ ) am Beispiel St 38 b-2 bei +20°C

Über die Verteilung und Größe von Schweiß-Eigenstressungen, sowie über die Möglichkeit der mathematischen Erfassung in Abhängigkeit der Gestalt der Konstruktion des Schweißverfahrens und der technologischen Arbeitswerte ist ausführlich berichtet worden. /2/, /5/, /6/. In Bild 7 ist schematisch an einem Beispiel und zwar an einem Punkt einer K-Naht diese Verteilung der Schweiß-Eigenstressungen dargestellt.

Richtwerte für maximale Schweiß-Eigenstressungen bei einem Lichtbogen-Handsweißverfahren, bei einer günstigen Schweißtechnologie, sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Andere Schweißverfahren und Technologien führen zu gänzlich abweichenden Werten.

Tabelle 1: Richtwerte für maximale Schweiß-Eigenstressungen (Zug) für das Lichtbogen-Handsweißen

Nahtarten	Schweiß-Eigenstressungen		
	$\sigma_1^E$	$\sigma_2^E$	$\sigma_3^E$
<u>Stumpf- und K-Nähte</u> (s-Blechdicke)			
s=10 bis 30 mm	(0,5 bis 1,0) $\sigma_s$ > $\sigma_s$ > $\sigma_s$	0,5 · $\sigma_s$	≈ 0
s=30 bis 60 mm		0,8 · $\sigma_s$	0,3 · $\sigma_s$
s=60 bis 200 mm		$\sigma_s$	0,5 · $\sigma_s$
<u>Kehlnähte</u> (a-Nahthöhe)			
a= 3 bis 10 mm	(0,5 bis 1,0) $\sigma_s$ $\sigma_s$ $\sigma_s$	(0,3 bis 0,5) · $\sigma_s$	≈ 0
a= 10 bis 30 mm		0,5 · $\sigma_s$	≈ 0
a= 30 bis 60 mm		0,7 · $\sigma_s$	0,2 · $\sigma_s$

Betrachtet man nunmehr den gesamten mehrachsigen Spannungszustand einer geschweißten Konstruktion aus Lastspannungen ( $\sigma^L$ ) und aus Schweiß-Eigenstressungen ( $\sigma^E$ ) so ergeben sich oft ungünstige Mehrachsigekeitszahlen, wo eine genauere Untersuchung dieses Einflusses erforderlich ist.

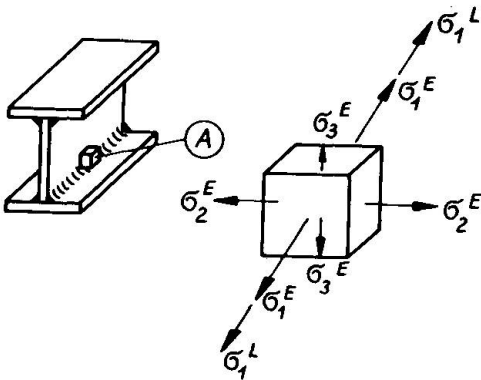


Bild 8 Beispiel für mehrachsigen Spannungszustand in einem Punkt der Schweißkonstruktion (Träger) aus Lastspannungen ( $\sigma^L$ ) und Eigenstressungen ( $\sigma^E$ )

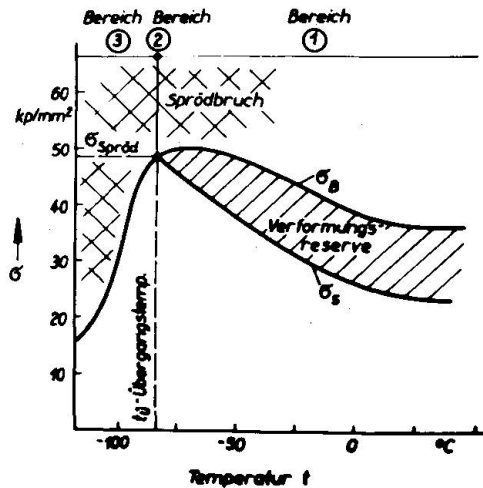


Bild 9 Einfluß der Temperatur auf die Bruchfestigkeit ( $\sigma_B$ ) und Streckgrenze ( $\sigma_s$ ) eines Stahls St 38 b-2

In Bild 8 ist an einem sehr einfachen Beispiel eines geschweißten Trägers dieses Zusammenwirken der Spannungen veranschaulicht.



Es gilt in einem Sprödbruch-Sicherheitsnachweis festzustellen, ob eine ausreichende Teil-Sicherheit gegen Sprödbruch bei den gegebenen konstruktiven und technologischen Bedingungen und besonders bei möglichen tieferen Temperaturen unter Berücksichtigung der Last- und Eigenspannungen gegeben ist.

#### 4. Vorschläge für rechnerische Bestimmungen von Teil-Sicherheiten gegen Sprödbruch

Zur rechnerischen Bestimmung der Teil-Sicherheit einer geschweißten Konstruktion sind Vorschläge unterbreitet worden, die die obengenannten Einflußfaktoren berücksichtigen /7/, /8/.

Dabei ist die jeweilige niedrigste Betriebstemperatur der Konstruktion von großer Bedeutung für die Ermittlung der ausreichenden Teil-Sicherheit.

In Bild 9 ist der Einfluß der Temperatur auf die Bruchfestigkeit ( $\sigma_B$ ) und die Streckgrenze ( $\sigma_S$ ) eines Stahls St 38 b-3 und des dazugehörigen Schmelz-Schweißguts dargestellt.

Sicher vor einem Sprödbruch ist eine Schweißkonstruktion, wenn nachstehende Bedingungen erfüllt sind:

- a) Der Stahl weist eine Betriebs-(Tief)-Temperatur-Eignung auf und erfüllt das Kriterium:

$$t_{\text{ü}} < t_{\text{B}}$$

wobei  $t_{\text{B}}$  - Betriebstemperatur

$t_{\text{ü}}$  - Übergangstemperatur (Versprödungstemperatur)

Im Stahlhoch- und Stahlbrückenbau wird man in Zukunft Temperaturen von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $-50^{\circ}\text{C}$ , vielleicht sogar ein wenig tiefer, in Betracht ziehen müssen.

Der Einfluß der Mehrachsigkeit des Spannungszustandes, einschließlich der Schweiß-Eigenspannungen, auf die Übergangstemperatur, wie er in Bild 10 zu ersehen ist, wird dabei ausschlaggebend sein. Spannungsspitzen, Kerben aller Art erhöhen den Kerbfaktor ( $\alpha_K$ ) und führen damit zu ungünstigeren Mehrachsigeitszahlen ( $\pi$ ). Somit erhöhen, d.h. verschlechtern Schweißverbindungen die Übergangstemperatur (Versprödungstemperatur). Natürlich ist dieser Einfluß des Spannungszustandes auf die Übergangstemperatur abhängig von der Sprödbrüchanfälligkeit d.h. auch der Schweißreignung eines Stahls.

Die Teilsicherheit für die Betriebs-(Tief)-Temperatur-Eignung in Abhängigkeit des mehrachsigen Spannungszustandes einschließlich der Schweiß-Eigenspannungen kann somit nachgewiesen werden (nach Bild 11) durch:

$$S_{\pi \text{ vorh}} = \frac{\pi \text{ vorh}}{\pi \text{ zul}} \geq S_{\pi \text{ erf}}$$

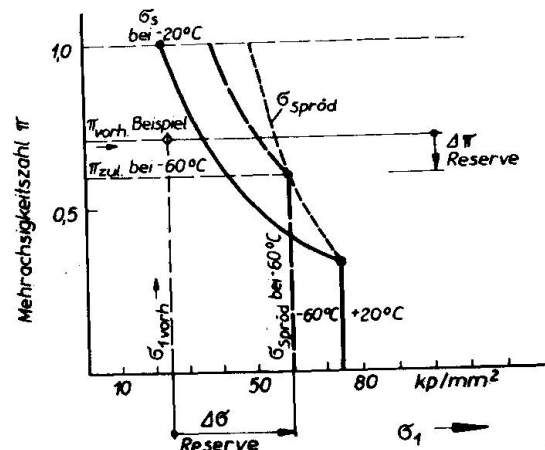
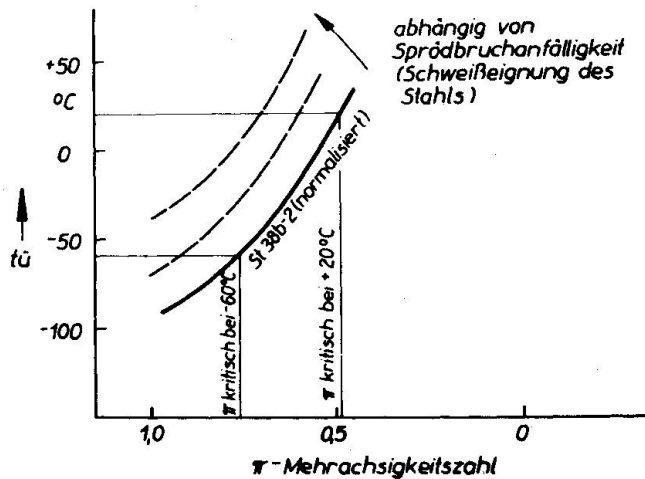


Bild 10 Einfluß der Mehrachsigsiganzahl des Spannungs-Zustandes auf die Übergangs-Temperatur von Stählen

Bild 11 Beispiel eines Sprödbuch-Diagrammes für St 38 b-2 Grundwerkstoff und Nahtzone

- b) der Stahl weist eine Betriebstemperatur-Sicherheit auf und es wird die diesbezügliche Teil-Sicherheit nachgewiesen:

$$S_{\sigma_{\text{vorh}}} = \frac{\sigma_{\text{spröd}}}{\sigma_{\text{max}}} > S_{\sigma_{\text{vorh}} \text{ erf}}$$

wobei  $\sigma_{\text{spröd}}$  - Sprödbuchfestigkeit  
 $\sigma_{\text{max}}$  - maximale vorhandene Spannung ( $\sigma_1$ )

Dieser Nachweis kann als Teil-Sicherheits-Nachweis für die Betriebs-(Tief)-Temperatur-Sicherheit gelten.

Aus den obengenannten Fällen a) und b) zeigen sich somit in Bild 9 drei Bereiche des (Tief)-Temperatur-Einflusses:

Bereich 1: Plastische Verformung möglich; keine Sprödbuchgefahr; Anwendung der bisherigen "Festigkeits-(Sicherheits)-Nachweise";

$$(S_{\pi_{\text{vorh}}} > 1);$$

Bereich 2: (Punkt); Sprödbuchgrenze der garantierten Betriebstemperatur-Eignung erreicht;

$$(S_{\pi_{\text{vorh}}} = 1);$$

Bereich 3: Totalversprödung; Betriebstemperatur-Eignung nicht mehr vorhanden;

$$(S_{\pi_{\text{vorh}}} < 1);$$

hohe Betriebssicherheit erforderlich.

Dabei ist ein Auftreten eines Sprödbuches nach Bild 9 in 2 Fällen möglich:

= beim Erreichen des Bereiches (Punktes) 2 der Sprödbuchgrenze durch  $\sigma_{\text{max}}$  ( $\sigma_1$ )

oder = beim Unterschreiten der dem Punkt 2 zugeordneten Temperatur ( $t_{\ddot{u}}$ )

In Bild 11 ist für einen Stahl und dazugehörige Nahtzone ein Sprödbruch-Diagramm dargestellt, aus dem die graphischen Lösungen der Teil-Sicherheits-Nachweise zu ersehen sind. Ein günstiges Beispiel ist in dieses Sprödbruch-Diagramm eingezeichnet und zeigt an einem konkreten Beispiel mögliche Verhältnisse.

Derartige Sprödbruch-Diagramme für Grundwerkstoffe und dazugehörige Schweißnahtzonen in Abhängigkeit von jeweiligen Schweiß-Verfahren liegen für mehrere Stahllarten des Hoch- und Brückenbaues, besonders auch für hochfeste Stähle mit geringer Schweiß-eignung, vor.

Über die Größen der erforderlichen Sicherheiten in den vorgeschlagenen rechnerischen Nachweisen wird beraten. Entsprechende Richtlinien werden vorbereitet.

Solche Nachweise werden helfen in der Wahl der Konstruktion und besonders der Schweiß-Technologie Festlegungen zu treffen, die eine höhere Gesamt-Sicherheit gegen Versagen einer geschweißten Konstruktion aufweisen.

#### Literaturverzeichnis:

- /1/ Gurney T.R.: "Fatigue of welded structures", Combridge University Press 1968
- /2/ Neumann A.: "Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure" Teil I, VEB Verlag Technik Berlin, 2. Auflage 1961
- /3/ Hänsch: "Über den Einfluß der Schweißverformungen und Eigenspannungen auf die Stabilität"; Vortrag auf IVBH-Symposium Dresden 1975
- /4/ Schnadt H.M.: "Neue Prüfmethode von Stählen und Schweißwerkstoffen für große Schweißkonstruktionen; 1 Teil; Zug (Schweiz) 1957
- /5/ Machnenko V.J.: "Einige Besonderheiten der Spannungs-Kinetik beim Kehlnahtschweißen; Automati. Svarka, Kiew 25 (1972) 3; S. 34-38
- /6/ Nikolajew, Kurkin, Vinokurov : "Berechnung, Projektierung und Herstellung von Schweißkonstruktionen" Moskau 1971
- /7/ Sohn, M.: "Untersuchungen über Einflußfaktoren des Sprödbruches von Schweißverbindungen", Dissertation an der TH Karl-Marx-Stadt 1968
- /8/ Fehr, H.-P.: "Beitrag zum ökonomischen Stahleinsatz im Tieftemperaturbereich bei schmelzgeschweißten Konstruktionen durch Verfahren zur Bestimmung des Sprödbruchverhaltens"; Dissertation an der TH Karl-Marx-Stadt 1971.

## ZUSAMMENFASSUNG

Bisherige rechnerische Festigkeits-(Sicherheits)-Nachweise berücksichtigen ein Absichern gegen zu grosse plastische Verformungen, gegen Versagen der Stabilität, gegen statischen Gewaltbruch oder gegen den Ermüdungsbruch. Auf die Möglichkeit eines Sprödbruches einer geschweissten Konstruktion wirken konstruktive und technologische Einflüsse, besonders auch die Schweisseigenspannungen. Im Beitrag werden diese Zusammenhänge der Schweissfertigung und der rechnerischen Sicherheitsnachweise aufgezeigt. Es werden Vorschläge für rechnerische Bestimmungen von Teilsicherheiten gegen Sprödbruch unterbreitet, um die Gesamtsicherheit gegen Versagen zu erhöhen.

## SUMMARY

In a common design of steel structures, safety control will be made in relation with appearance of important plastic deformations, collapse due to instability, static load, fatigue. Brittle rupture in welded structures depend on construction and technology, in particular on residual stresses. Relations between welding and safety control are given. Proposals are made for calculation of partial safety in relation with brittle rupture, so as to increase the total collapse's safety.

## RESUME

Dans le calcul usuel des constructions métalliques, on vérifie la sécurité relative à l'apparition de déformations plastiques importantes, la sécurité à la ruine par instabilité ou rupture statique, enfin la sécurité à la fatigue. Les ruptures fragiles dans les ouvrages soudés dépendent de facteurs constructifs et technologiques, en particulier des contraintes résiduelles. L'auteur montre ces rapports entre le soudage et les vérifications de sécurité. Il montre comment déterminer par le calcul les sécurités partielles relatives aux ruptures fragiles, de façon à augmenter la sécurité à la ruine globale.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide