

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

Band: 6 (1960)

Artikel: Sprödbruchprüfung und Sprödbruchsicherheit geschweißter
Konstruktionen

Autor: Rühl, Karl

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-6962>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

II a 3

Sprödbruchprüfung und Sprödbruchsicherheit geschweißter Konstruktionen

*Tests for Brittle Fracture and Susceptibility to Brittle Fracture
of Welded Structures*

*Etude de la rupture par fragilité et de la sécurité corrélative dans les constructions
soudées*

KARL RÜHL

Prof. Dr.-Ing., Direktor bei der Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin-Dahlem

Zur Prüfung der Sprödbruchanfälligkeit von Baustählen für geschweißte Konstruktionen bieten sich heute zahlreiche Probenformen an. Die folgende Aufzählung (Tafel 1, entnommen aus [1]) zeigt, daß diese Proben in den verschiedensten Richtungen variieren.

Aus der Vielzahl dieser Proben können die verschiedensten Schlüsse gezogen werden, die mehr oder minder anerkannt oder bezweifelt werden können. Eines dürfte unbestritten sein: daß es dringend notwendig ist, die Probleme dieses Gebietes gedanklich zu ordnen, um damit aus der Vielfalt zur Einheit, zur einheitlichen Beurteilung, sei es der Probleme, der Stähle oder der Konstruktionen zu kommen. Eine gedankliche Ordnung dieser Art wird mit der Frage beginnen, was die verschiedenen Versuche uns geben können, zu dem Problem des gegenseitigen Zusammenhangs der Ergebnisse weiterschreiten, um mit der Untersuchung der Verfahren, die einen Schluß von der Probe auf das Bauteil erlauben, zu schließen. Denn letzter Sinn jeder Prüfung der Werkstoffe liegt darin, seine Bewährung bei der Verwendung zu sichern.

Die Antwort auf die erste Frage enthält bereits die tieferen Schwierigkeiten der Probleme der Versprödung. Die Proben liefern nicht nur Zähigkeitswerte verschiedenster Art, analog den Festigkeitskennwerten statischer oder dynamischer Festigkeitsversuche, sondern als wichtigeres Ergebnis Grenzen, bis zu denen diese Zähigkeitswerte gelten. Alle in Sprödbruchprüfungen gewonnenen Zähigkeitswerte gelten immer nur unter bestimmten Bedingungen des Spannungszustandes, der Temperatur oder der Beanspruchungsgeschwindigkeit.

Tafel 1. Charakteristische Eigenschaften verschiedener Sprödbruchproben

- | | | |
|-----------------------------------|--|--|
| 1. Kerbschlagbiegeprobe | 9. Probe nach Schnadt, statisch | 17. Probe nach Kahn (Navy-Tear-Test) |
| 2. Fallgewichtsprobe nach Pellini | 10. Probe der Penns.-State-Universität | 18. Probe nach Bagsar |
| 3. Probe nach Van der Veen | 11. Plattenbeulprobe nach Pellini | 19. Schlagzugprobe n. Newmark u. Bruckner |
| 4. Probe nach Kommerell | 12. Probe nach Kuntze | 20. Längsgeschweißte Proben |
| 5. Probe nach Kinzel | 13. Probe nach Tipper | 21. Probe nach Robertson |
| 6. Probe der Lehigh-Universität | 14. Probe nach Wells | 22. Probe nach Robertson |
| 7. T-Biegeprobe | 15. Geschlitzte Platten | 23. SOD-Probe |
| 8. Probe nach Dutilleu | 16. Kreuzzugprobe nach Soete | 24. Probe nach Kihara |
| | | 25. Einschweißprobe der Lehigh-Universität |

	Proben-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Art der Bean-spruchung	Zug												x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Biegung	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x															
	statisch		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	dynamisch	x	x									x	x							x	x	x	x	x	x	x	
Probe-körper	Stäbe, Träger	x	x	x	x	x		x		x	x				1)	1)		x	x	x			x				
	Platten											x				x											
	Sonstiges																			x	x	x					
Behand-lung	Geschweißt		(x) ³⁾	x		x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x								
	Ungeschweißt	x		x						x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Meßgröße	Verformung			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x				x	
	Arbeitsaufnahme	x														x	x										
	Bruchbildung		(x) ³⁾	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Temp. f. bestimmt. Verhalten	x																		x	x	x	x	x	x	x	x
Festigkeit															x			x		x		x	x	x	x	x	x
	Auftreten von Rissen												x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

¹⁾ Sehr breite Stäbe, also in Form von Platten, aber primär einaxial beansprucht.

²⁾ Kombinierte Zustände.

³⁾ Nur ausnahmsweise.

Sie fallen mehr oder minder plötzlich aus einer Hochlage auf einen Bruchteil des Wertes der Hochlage ab, wenn die Bedingungen sich ändern. Diese Tatsache ist zu kombinieren mit einer zweiten. Es scheint trivial, festzustellen, daß bei Sprödbrüchen stets die Verformungen gering waren. Es ist nicht trivial festzustellen, daß in der Regel nur Brüche mit verhältnismäßig geringen Verformungen oder Gewaltbrüche mit hohen Verformungen beobachtet werden, keine Zwischenwerte. Beim Bruch eines Öltanks z. B. zeigten die gemessenen Dickenverminderungen an den Rissen die in Fig. 1 gegebene Verteilung [2]. Bei Schiffsunfällen verteilten sich die an den Rißrändern gemessenen Quertraktionen nach Fig. 2 [1 (Seite 39), 3]. Bei Querdehnungen über 4% hört

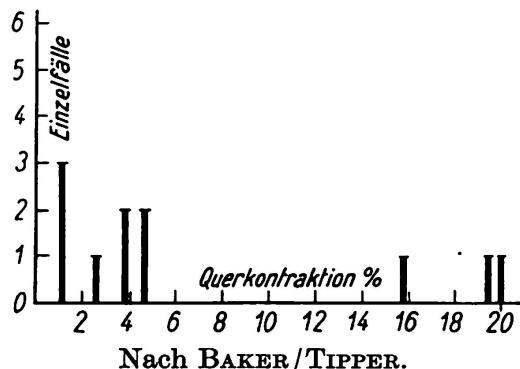


Fig. 1. Verteilung der Querkontraktionen beim Schadenfall eines Öltanks.

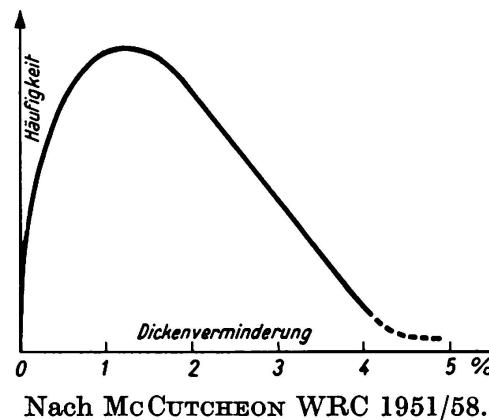


Fig. 2. Verteilung der Querkontraktionen bei Schiffsunfällen.

ten danach die Brüche auf. Gewaltbrüche mit hohen Verformungen sind aber eine — verhältnismäßig — geringe Gefahr. Die hohen vorhergehenden Verformungen zeigen sie an, gleichen Eigenspannungen aus und beschränken damit Gewaltbrüche auf die Fälle der Einwirkung hoher äußerer Lasten. Die Gefahr der Sprödbrüche liegt dagegen darin, daß sie ohne hohe äußere Lasten auftreten (Brüche unbelasteter Brücken, wie im Unfall Rüdersdorf, im Hafen liegender Tanker usw.). Die in Fig. 1 und 2 dargestellte Verteilung [1 (Seite 39)] bedeutet also: Es genügt eine Verformungsfähigkeit, die einen Bruchteil der in der Hochlage vorhandenen Verformungsfähigkeit ausmacht, hier etwa 20 bis 25%, um Sprödbrüche zu vermeiden. Also sind auch nicht die Werte in der Hochlage, sondern die Grenzen, bis zu denen hin diese Werte vorhanden sind, das wichtigste Ergebnis der Prüfungen.

Diese Grenzen können Grenzwerte des Spannungszustandes (abhängig z. B. von der Kerbschärfe), der Dehngeschwindigkeit oder der Temperatur sein. Grundsätzlich sind alle diese drei Größen von gleichem Rang. Sie sind aber nicht gleich faßbar. Weder der räumliche Spannungszustand beim Bruch noch die Dehngeschwindigkeit im Bruchbereich, also z. B. im Kerbgrund, können gemessen werden. Es bleibt daher als praktisch fast ausschließlich verwandte Grenze die kritische Temperatur, Übergangstemperatur oder Versprödungs-

temperatur. Es ist also logisch, die Übergangstemperatur als maßgebenden Prüfwert zu betrachten.

Leider ist die Übergangstemperatur, bei der die Zähigkeit von der Hochlage zur Tieflage abfällt, eine variable Größe, nicht in erster Linie, weil man sie verschieden definieren kann, als Temperatur etwa für 10, 15 oder 20 Fußfund Arbeitsaufnahme in der Charpy-Spitzkerbprobe, sondern weil sie von den Spannungsbedingungen abhängt. Wir können schreiben, für jeden Baustahl ist

$$T_u = f(R, v),$$

wenn R den Räumlichkeitsgrad der Spannungen, also das Verhältnis $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3$, v die Beanspruchungsgeschwindigkeit $\frac{\delta \epsilon}{\delta t}$ oder $\frac{\delta \sigma}{\delta t}$ bezeichnet. Die Übergangstemperatur ist also eine Funktion der Räumlichkeit des Spannungszustandes und der Beanspruchungsgeschwindigkeit. Ob außerdem noch weitere Größen eine Rolle spielen, etwa der Spannungsgradient $\frac{d\sigma}{dx}$, also die Steilheit etwa vorhandener Spannungsspitzen, ist z. Zt. noch offen. Jede Konstruktion und jede Probe hat also eine bestimmte, ihr eigene, aus den Spannungsbedingungen entspringende Sprödbruchwirksamkeit, und jeder Baustahl hat deshalb keine bestimmte, sondern eine Vielzahl von Übergangstemperaturen, je nach der Sprödbruchwirksamkeit des Bau- oder Probenkörpers. Daher liefern z. B. die Spitzkerbproben um 20° bis 30°C höhere Werte als die Rundkerbproben [1 (S. 77, 85)]. Die Unterschiede dieser verschiedenen Übergangstemperaturen eines und desselben Baustahls in verschiedenen Proben folgen zweifellos einem allgemeinen Gesetz. Leider kennen wir von diesem Gesetz nur Teilstücke. Grundsätzlich bekannt ist der Zusammenhang $T_u = f(v)$; er kann in der Form geschrieben werden [1 (S. 28), 4]

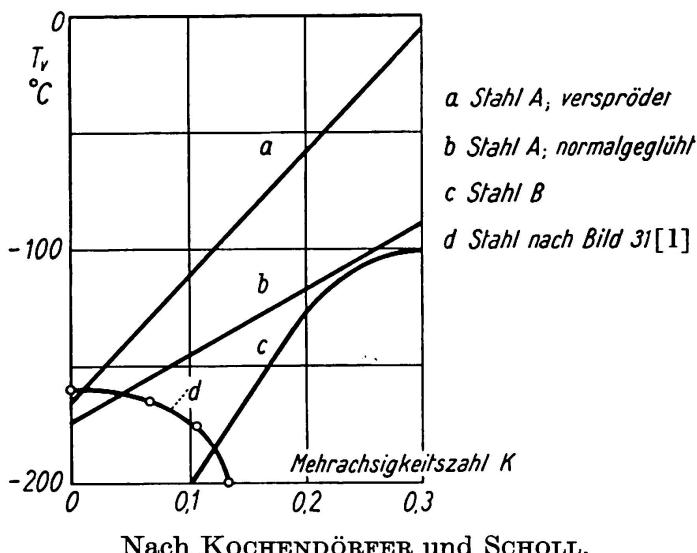
$$\ln v = C_1 - \frac{C_2}{T}.$$

T = absolute Temperatur in $^\circ\text{Kelvin}$.

Dieser theoretisch abgeleitete Zusammenhang ist durch eine Reihe von Versuchen bestätigt. Zahlenwerte für die Konstanten C_1 und C_2 sind bekannt. Noch nicht bekannt ist der Zusammenhang $T_u = f(R)$. KOCHENDÖRFER und SCHOLL [1 (Seite 30), 5] haben ihn für einen Teilbereich festgestellt und erhalten bei einzelnen Beispielen eine Abhängigkeit des Wertes T_u von dem Wert $K = 1 - \frac{\sigma_v}{\sigma_1}$, wobei σ_v die Vergleichsspannung nach der Gestaltänderungshypothese (oder auch Schubspannungshypothese) σ_1 die größte Hauptspannung ist, nach Fig. 3, Kurven a , b , c . Trägt man in dieses Diagramm Ergebnisse ein, die aus Plattenversuchen von GROSSMAN gewonnen werden können [1 (S. 31), 6], erhält man die davon abweichende Kurve d . Die Kurve d würde einen ähnlichen Charakter haben wie die anderen Kurven, wenn man als

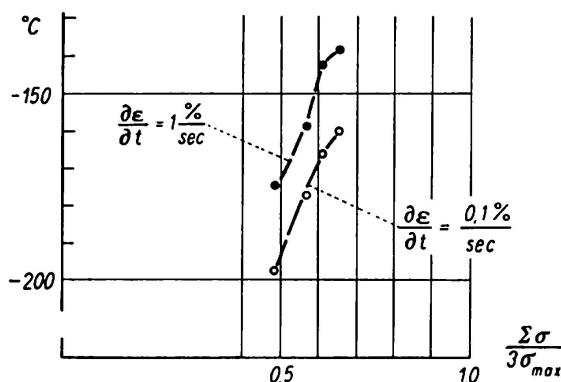
Maß für die Räumlichkeit nicht K , sondern $c = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3\sigma_{max}}$ benutzt (constraint factor), Fig. 4. Dieser Faktor ist jedoch auch nicht eindeutig. Er gibt z. B. für den zweiaxialen Zustand $\sigma_2 = \sigma_1$; $\sigma_3 = 0$ denselben Zahlenwert wie für den dreiaxialen Zustand $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,5\sigma_1$. Es ist aber keinesfalls bewiesen und durchaus zweifelhaft, daß die Sprödbruchwirksamkeit beider Zustände gleich ist.

Selbst wenn diese Abhängigkeit $T_u = f(R)$ bekannt wäre, wäre ihre Verwendungsmöglichkeit fraglich — denn wir wissen sehr wenig über die tat-



Nach KOCHENDÖRFER und SCHOLL.

Fig. 3. Übergangstemperatur in Abhängigkeit von der Mehrachsigkeit der Spannungen.



Nach Versuchen von GROSSMANN.

Fig. 4. Übergangstemperatur in Abhängigkeit vom Spannungszustand.

sächlichen räumlichen Spannungsspitzen in eigenspannungsbehafteten geschweißten Konstruktionen. Es besteht also bisher noch keine Möglichkeit, den Einfluß des Spannungszustandes auf die kritische Temperatur zahlenmäßig zu verfolgen, das Temperaturäquivalent für eine bestimmte Änderung des Spannungszustandes anzugeben.

Damit stehen wir vor der dritten Frage — der Beurteilung der Sprödbruchsicherheit von Bauten auf Grund der Sprödbruchprüfung der Baustähle. Da heute in verschiedenen Normen und Vorschlägen, z. B. der deutschen Norm DIN 17 100, der englischen Norm B.S. 2762, dem Vorschlag Bonhomme der Kommission IX des International Institute of Welding [7] Stähle mit gleicher Festigkeit aber verschiedener Sprödbruchanfälligkeit vorgesehen sind, steht der Konstrukteur vor der unvermeidbaren Aufgabe, aus diesen Stählen den für sein Bauwerk geeigneten, d. h. gerade ausreichend guten, auszuwählen. Er muß bestimmte Stähle Bauwerken bestimmter Sprödbruchgefährdung zuordnen. Zwei Größen liegen hierfür in jedem Fall fest, bzw. können bestimmt werden — die niedrigste Betriebstemperatur, bei der das Bauteil noch seine Funktionen erfüllen soll, und die Versprödungstemperatur, bei der der Baustoff in bestimmten Proben seine Zähigkeit einbüßt. Außerdem existiert, ob bekannt oder unbekannt, ein dritter Temperaturwert, die Versprödungstemperatur des Bauwerks, d. h. des Baustoffes unter den Bedingungen des Bauwerks. Daß es für etwa ähnliche Baukörper eine solche überraschend eng begrenzte Übergangstemperatur gibt, hat die Statistik der zahlreichen Schiffsunfälle bewiesen [1, Seite 19/20]. Selbstverständlich liegt keiner dieser Werte exakt fest. Alle Versuchswerte haben Streuungen, also auch die Übergangstemperatur. Die Sprödbruchsicherheit des Bauwerks ist gewährleistet, wenn die Versprödungstemperatur des Baustoffs im Bauwerk unterhalb der Betriebstemperatur liegt, also der spröde Bereich unterhalb der Betriebstemperatur endet. Es ist also nötig, die Betriebstemperatur des Bauwerks, die Versprödungstemperatur des Baustoffes im Bauwerk (also die Versprödungstemperatur des Bauwerks) und die Versprödungstemperatur des Baustoffes in den Proben miteinander zu vergleichen. Es gibt hierfür zwei Möglichkeiten.

Die erste besteht darin, eine Reihe von Proben mit steigender Kerbschärfe und damit steigender Übergangstemperatur vorzusehen, wie z. B. von H. SCHNADT vorgeschlagen. Will man den Stahl für eine bestimmte Konstruktion aussuchen, hat man aus dieser Reihe diejenige Probe herauszusuchen, die die gleiche Schärfe der sprödbruchwirksamen Bedingungen und damit die gleiche Versprödungstemperatur besitzt wie die Konstruktion. (Ob bzw. mit welcher Sicherheit dies im Einzelfall möglich ist, ist eine zweite Frage.) Prüft man diese Probe bei der Betriebstemperatur, der das Bauwerk äußerstens ausgesetzt ist (oder zur Sicherheit bei einer noch etwas niedrigeren Temperatur), und verhält sich die Probe zäh, kann man annehmen, daß auch im Bauwerk keine spröden Brüche zu erwarten sind. Bei diesem Verfahren ist also die Prüftemperatur gleich oder unterhalb der niedrigsten Betriebstemperatur des Bauwerks zu wählen.

Dieses Verfahren setzt voraus, daß die Temperaturgleichheit von Proben und Bauwerk für alle in Frage kommenden Stähle erhalten bleibt, andernfalls müßten je nach Stahlgüte verschiedene Proben für ein und dasselbe Bauwerk maßgebend sein. Die Temperaturverschiebung durch Wechsel der Stahlgüte

muß also für Probe und Bauwerk gleich, demnach von den Spannungsbedingungen, die ja in der Regel sehr verschieden sind, unabhängig sein. Schreibt man zur Verdeutlichung $T_{\dot{u}} = f(\sigma, W)$, wo σ die gesamten Spannungsbedingungen (R und v) und W die Werkstoffgüte bedeutet, so darf also $\frac{\delta T_{\dot{u}}}{\delta W}$ die Größen σ nicht enthalten, das heißt, es dürfen in der Funktion von $T_{\dot{u}}$ keine Glieder vorhanden sein, in denen σ und W gekoppelt sind, und dann ist umgekehrt auch $\frac{\delta T_{\dot{u}}}{\delta \sigma}$ unabhängig von W . Dies heißt einfach, daß eine Änderung der Spannungsbedingungen die Temperatur unabhängig von der Stahlgüte, also bei allen Stählen um den gleichen Wert verschiebt. Stellt man also zwischen einer bestimmten Konstruktion und einer bestimmten Probe bei einem beliebigen Stahl eine Temperaturdifferenz ΔT fest, die notwendigerweise durch den Unterschied der Spannungsbedingungen verursacht ist, so muß diese Verschiebung ΔT bei anderen Baustählen den gleichen Wert haben.

Damit ist ein zweites Verfahren möglich. Man wählt nicht aus einer Reihe von Proben mit verschiedener Kerbschärfe diejenige mit gleicher Übergangstemperatur wie das Bauwerk, sondern beschränkt sich auf eine einzige Probenform und bestimmt für irgendeinen Stahl die Differenz ΔT der Übergangstemperatur T_{P1} dieser Probe gegenüber derjenigen des Bauteils ($\Delta T = T_{\dot{u} Bau} - T_{P1}$). Dann kann man für einen andern Stahl mit T_{P2} allgemein für ein gleiches oder ähnliches Bauwerk setzen

$$T_{\dot{u} Bau} = T_{P2} + \Delta T,$$

in Worten: Versprödungstemperatur im Bauwerk = Versprödungstemperatur der Proben + ΔT .

Diese Versprödungstemperatur im Bauwerk muß dann, falls Sicherheit gegen Sprödbruch vorhanden sein soll, unter der Betriebstemperatur liegen. Man kann dann entweder für einen gewählten Baustahl die niedrigste zulässige Betriebstemperatur eines Bauwerks oder für eine gegebene Betriebstemperatur die höchste zulässige Probenübergangstemperatur angeben.

Beide Verfahren sind also wissenschaftlich gleich gut begründet — entweder beide richtig oder beide falsch. Darüber, wie weit tatsächlich die Differenz der Übergangstemperatur verschiedener Baukörper und Probeformen für Baustähle verschiedener Güte gleich ist, gibt es eine Reihe von Versuchen. Die Fig. 5 und 6 [aus 1, Seite 70] zeigen zwei Beispiele für Temperaturdifferenzen ΔT zwischen verschiedenen Baukörpern für verschiedene Stähle. Wären die ΔT -Werte für alle Stähle gleich, müßten die beiden Treppenlinien in jedem Bild parallel verlaufen. Das ist naturgemäß nicht der Fall; die Abweichungen davon sind jedoch so, daß die Annahme eines mittleren Wertes ΔT für alle Stähle als durch die Versuchsergebnisse hinreichend bestätigt angesehen werden kann.

Die praktische Anwendung hängt davon ab, ob man genügend Zahlenwerte ΔT für die verschiedenen Bauweisen bestimmen kann. Der Deutsche Ausschuß

für Stahlbau hat bei der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin eine Reihe geschweißter Träger mit verschiedenen Gurtplattendicken und -breiten bei verschiedenen Temperaturen prüfen lassen. Die bis zum Bruch erreichten Verformungen fielen bei Erniedrigung der Temperatur stark ab. Es gibt also einen kritischen Bereich, über dessen genaue Definition allerdings verschiedene Auffassungen möglich sind. Aus Fig. 7 kann z. B. geschlossen werden, daß bei

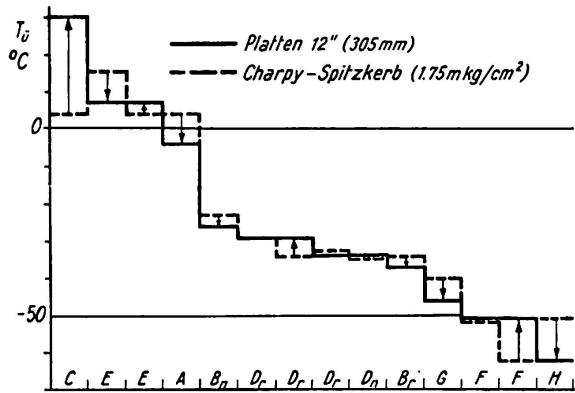


Fig. 5. Vergleich der Übergangstemperaturen von Platten und Charpy-Spitzkerbproben bei verschiedenen Stählen.

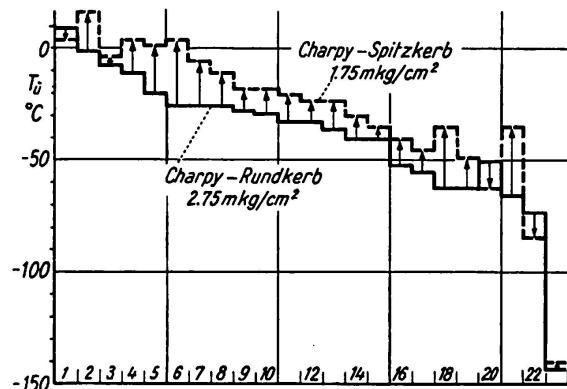


Fig. 6. Übergangstemperaturen von Charpy-Rundkerb- und -Spitzkerbproben bei verschiedenen Stählen.

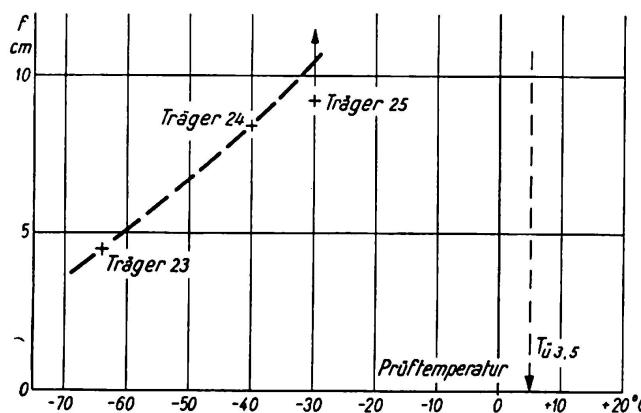


Fig. 7. Durchbiegung geschweißter Träger bis zum Bruch bei verschiedenen Temperaturen (Stegdicke 100 mm).

etwa -65° bis -70°C ein kritischer Temperaturbereich erreicht ist; die Übergangstemperatur der DVM-Proben lag bei $+5^\circ\text{C}$; bei diesem günstigen Träger mit schmalen und nicht sehr dicken Gurten war also $\Delta T = -65^\circ - (+5) = -70^\circ$. Die durchgeführten Versuche können nur als ein Anfang betrachtet werden. Aus ihnen und anderen Erfahrungen können heute nur folgende als Anhalt dienende Angaben über ΔT -Werte gemacht werden, alle gegenüber DVM-Rundkerb-Proben. Niedrige geschweißte Träger mit Gurtstärken von $200 \times 40\text{ mm}$

$$\Delta T = -30^\circ$$

(kritische Temperatur des Trägers unterhalb derjenigen der Probe, je größer der negative Wert, um so sicherer ist die Konstruktion); bei geringen Gurtstärken, 200×20 mm,

$$\Delta T = -45^\circ,$$

bei schmalen Gurten noch größere (negative) Werte; bei Behältern mit eingeschweißten Flicken, auf Grund eines Einzelfalls mit nicht sehr sicheren Unterlagen,

$$\Delta T = -10^\circ;$$

bei sehr ungünstigen Schiffsbauten mit mehrfachen Schweißnähten

$$\Delta T = \text{positiv},$$

im Grenzfall bis etwa $+20^\circ\text{C}$ [1, S. 86].

Will man nicht von Rundkerb-, sondern von Spitzkerbproben ausgehen, so ist zu beachten, daß deren Übergangstemperaturen (für mittlere Arbeitsaufnahme, etwa $2,6 \text{ mkg/cm}^2$) rund 20° bis 30°C höher liegen [1 (Seite 6), 8]. Den obigen ΔT -Werten sind dann noch -25°C hinzuzufügen, statt $\Delta T = -45^\circ$ würden sich $\Delta T = -70^\circ\text{C}$ usw. ergeben.

Für die praktische Berechnung notwendiger Gütwerte des Stahles kann man aus den vorstehenden Überlegungen noch ein einfaches Rechenverfahren ableiten, indem man aus der niedrigsten Betriebstemperatur und der Differenz ΔT die höchste zulässige Probentemperatur T_{uP} und dann deren Abstand von einer frei gewählten höheren, etwa bei $+50^\circ$ oder $+100^\circ\text{C}$ liegenden Bezugstemperatur errechnet. Dieser Abstand steigt mit der Gefährdung, z. B. Erniedrigung der Betriebstemperatur, stellt also eine Gefahrenwertung dar. Die Übergangstemperatur des zu verwendenden Stahles muß mindestens den gleichen Abstand von der Bezugstemperatur haben; dieser Abstand für den Stahl ist also eine Gütwertung; je besser der Stahl, um so niedriger ist seine Übergangstemperatur, um so größer sein Abstand von der gewählten höheren Temperatur. Für die Berechnung kann man statt der Abstände in $^\circ\text{C}$ natürlich auch eine ihnen proportionale Skala einführen. Dabei müssen natürlich sprödbruchwirksame Einflüsse, die eine bestimmte Verschiebung der Übergangstemperatur bewirken, mit der gleichen Maßzahl wie diese Verschiebung bewertet werden. Nach diesem System können z. B. die «Vorläufigen Empfehlungen» des Deutschen Ausschusses für Stahlbau gedeutet werden. Die in diesem System verwandten Zahlenwerte für die einzelnen sprödbruchwirksamen Faktoren (Lage und Beanspruchung der Schweißnähte, Wanddicke, Kaltverformung, Kälte) beruhen teilweise auf Versuchen, teilweise auf Schätzungen auf Grund von Erfahrungen mit ausgeführten Konstruktionen. Zum Beispiel geben eine Reihe verschiedener Versuche über die Erhöhung der Übergangstemperatur mit der Wanddicke einen Mittelwert von etwa 1° für 1 mm (bei starken Streuungen). Da man der Temperaturerniedrigung eine Gefahrenzahl von je 1 für 5°C zuerteilt hat, ist dementsprechend auch für je

5 mm Wanddickensteigerung eine Gefahrenwertung von 1 vorgeschrieben worden. Die Zahlenwerte für den Einfluß der Konstruktionsbedingungen sind geschätzt, möglicherweise etwas zu hoch.

Für die Prüfung und Ergänzung dieser Empfehlungen sind vor allem etwaige Erfahrungen über Schadensfälle wertvoll. Umgekehrte Erfahrungen — über gutes Verhalten von Baustählen in Bauwerken — sind natürlich ebenfalls wichtig, haben aber nur im Fall genauer Prüfung des Stahles im Einzelfall Gewicht, weil die Gütestreuung der Baustähle sehr groß ist. In sehr vielen Fällen liegen also Stähle vor, deren Güte nicht nur ein wenig, sondern sehr erheblich über der garantierten Mindestgüte liegt, ihre Bewährung sagt also nichts über das Verhalten eines an der Grenze liegenden Stahles aus. Außerdem ist es ja gerade das gefährliche Charakteristikum der verformungsarmen Brüche, daß sie ohne vorherige Anzeichen auftreten, man also nicht weiß, wie nahe am gefährdeten Bereich das Bauwerk sich befand, wenn kein Schaden aufgetreten ist.

Es ist klar, daß ein solches Verfahren zur systematischen Zuordnung verschieden sprödbruchanfälliger Stähle zu verschiedenen stark sprödbruchgefährdeten Bauwerken nur ein summarisches Abkürzungsverfahren ist. Andere Verfahren mit Benutzung etwa der Verformungen statt der Temperatur wären denkbar, haben aber bisher noch zu keinem Erfolg geführt.

Es erscheint jedoch sicher, daß nur eine Systematik der Beziehungen zwischen Sprödbruchprüfung und Sprödbruchverhalten von Bauteilen die notwendige Ordnung der Sprödbruchprüfung, d. h. eine Beurteilung des Aussagewertes der verschiedenen Proben herbeiführen kann.

Literatur

1. K. RÜHL, «Die Sprödbruchsicherheit von Stahlkonstruktionen». Werner-Verlag, Düsseldorf, 1959.
2. I. F. BAKER, C. F. TIPPER, "The Value of the Notch Tensile Test". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. 170 (1956) Nr. 1, S. 65/93.
3. E. M. McCUTCHEEN, Diskussionsbeitrag in Welding Research Council, Supplement zu Welding Journal (amerikanisch), 1951, Heft 8, S. 4121/14.
4. O. L. ISSNER, «Ermittlung der Sprödbruchneigung von Baustählen im Kerbzug- und Kerbschlagzugversuch». Archiv für Eisenhüttenwesen 24 (1953), H. 1/2, S. 27/42.
5. A. KOCHENDÖRFER, H. SCHOLL, «Die Sprödbruchneigung von Stählen in Abhängigkeit von Spannungszustand und Temperatur». Stahl und Eisen 77 (1957), Heft 15, S. 1006/13.
6. C. W. MCGREGOR, N. GROSSMANN, "Dimensional Effect in Fracture". Welding Research Council: 1952, Heft 1, S. 20/26.
7. Bericht des IIW/IIS – 22 – 59. Recommandations pour le choix et la classification des aciers pour constructions soudées.
8. Bericht des IIW/IIS, IX – 116 – 55, A. Audigé. Notch Toughness of hull quality ship steels evaluated by means of Keyhole and V-notch Charpy tests.

Zusammenfassung

Die Vielzahl der gebrauchten Sprödbruchproben erfordert eine systematische Ordnung der Sprödbruchprobleme. Auswertung der Unfallerfahrungen zeigt, daß die Sprödbruchgefahr bereits bei relativ geringer Verformungsfähigkeit verschwindet. Daher ist die Übergangstemperatur die kritische Größe. Sie ist für gleiche Stähle durch die verschiedenen Spannungsbedingungen in Bauteilen und Proben verschieden. Die hierfür maßgebenden Zusammenhänge sind nur teilweise bekannt. Für die Beurteilung der Sprödbruchsicherheit von Bauwerken bietet sich daher nur der Weg, diese Temperaturdifferenzen experimentell zu bestimmen. Versuche hierüber sind durchgeführt.

Summary

The multiplicity of the tests employed for brittle fracture necessitates a systematic classification of the problems of brittle fracture. Analysis of accidents that have occurred shows that the risk of brittle fracture is eliminated at relatively low ductility. Hence the transition point is the critical magnitude and it is different for the similar steels owing to the varying stress conditions in structural members and tests. The relationships governing such cases are only partly known. Consequently, the only means for estimating the susceptibility of structures to brittle fracture is to determine these temperature differences experimentally. Researches are being carried out on this problem.

Résumé

La multiplicité des types d'éprouvettes employées pour les essais de rupture par fragilité impose un classement systématique des divers problèmes correspondants. Une analyse des données expérimentales concernant les accidents de cette nature montre que les risques de rupture par fragilité disparaissent pour une aptitude relativement faible aux déformations. La température de transition constitue donc la grandeur critique. Pour des aciers identiques, elle diffère suivant les divers régimes de contrainte dans les éprouvettes et dans les éléments d'ouvrages. Les relations qui régissent ces phénomènes ne sont que partiellement connues. Pour l'appréciation de la sécurité à la rupture des ouvrages par fragilité, le seul moyen consiste donc à déterminer expérimentalement ces différences de température. Des essais sont en cours à ce sujet.

Leere Seite
Blank page
Page vide