

Grundsatzuntersuchungen zur Frage der
Schweißbeignung von Betonstählen unter-
schiedlicher Herstellungsart im Hinblick auf
ein Verbinden der unterschiedlichen Stahlsorten

T 1254

T 1254

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

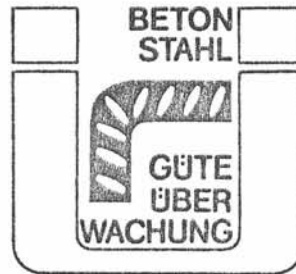
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

T 1254: Grundsatzuntersuchungen zur Frage der Schweißbeignung von Betonstählen unterschiedlicher Herstellungsart im Hinblick auf ein Verbinden der unterschiedlichen Stahlsorten

7.70



PRÜFSTELLE FÜR
BETONSTAHL
PROF. REHM

Fritz-Reuter-Straße 26
D- 8000 München 60
Telefon (089) 882491
Telex 05-22872

Bericht-Nr. 204/12/83

=====

Forschungsvorhaben: Grundsatzuntersuchungen zur Frage der
Schweißeignung von Betonstählen unter-
schiedlicher Herstellungsart im Hinblick
auf ein Verbinden der unterschiedlichen
Stahlsorten

Auftraggeber: INSTITUT FÜR BAUTECHNIK
Reichpietschufer 72-76
1000 Berlin 30



1. Vorgang

Das INSTITUT FÜR BAUTECHNIK hat die PRÜFSTELLE FÜR BETONSTAHL, München, beauftragt, eine Untersuchung über das Schweißen von Betonstählen unterschiedlicher Herstellungsart vorzunehmen.

Diese Untersuchung war wegen der Arbeiten an DIN 488 und DIN 4099 notwendig geworden. Der relativ enge finanzielle Rahmen des Versuchsprogramms erlaubt es nur, die für die Weiterbearbeitung in den beiden Normen notwendigen aktuellen Fragen zu klären.

Die forschende Stelle hat demgemäß beiden Normenausschüssen bereits mündlich über das Ergebnis berichtet. Damit war es möglich, die Arbeiten in diesen Gremien fortzusetzen. Gerade aus diesem Grund erscheint es angebracht, dem Institut für Bautechnik für die rasche Bereitstellung der Mittel zu danken. Es muß noch darauf hingewiesen werden, daß wegen der Vielzahl der noch ausstehenden Fragen ein weiteres Untersuchungsprogramm zu diesem Thema beantragt und auch genehmigt wurde.

Beide Forschungsvorhaben wurden als eine Einheit betrachtet, wodurch es möglich war, trotz des vorgegebenen finanziellen Rahmens eine relativ große Zahl von Versuchen durchzuführen.

2. Problematik

In der Neuausgabe der DIN 488 werden nur noch schweißgeeignete Stähle enthalten sein. Die Betonstähle sowohl der Sorte III S als auch der Sorte IV S werden aber nach drei unterschiedlichen Herstellungsarten produziert.

Als Herstellungsarten kommen in Frage:

- wärmebehandelte Stähle (z.B. TEMPCORE)
- kaltverformte Stähle (tordiert, gereckt)
- warmgewalzter Stahl (z.B. mikrolegiert)



Im Hinblick auf die Schweißbeugung der Stähle werden in DIN 488 für die Stähle aller Herstellungarten dieselben Kriterien zugrundegelegt. Dies war ein sehr zweckmäßiges Verhalten. Nur muß man beachten, daß die Stähle der drei Herstellungsarten unterschiedliche festigkeitssteigernde Verfahren verwenden, die sich wiederum unter der Einwirkung des Schweißens in unterschiedlicher Weise bemerkbar machen können.

Es wurde beispielsweise nachgewiesen, daß die Entfestigung in Abhängigkeit von der Temperatur sehr stark von den Herstellungsverfahren abhängt. Aus der zur Untersuchung des Warmbiegens durchgeführten Untersuchung (Z.: IV/1-5-161/77) sind als wesentliche Erkenntnisse zu betrachten. Der kaltverformte Stahl erleidet bereits bei ca. 550° C einen Festigkeitsverlust. Es folgt der TEMPCORE-Stahl, der etwa ab 630° eine signifikante Festigkeitseinbuße zeigt, aber auch der warmgewalzte Stahl verliert bei Temperaturen über 720° C seine statischen Festigkeitswerte.

Andererseits ist die Neigung zur Bildung von verformungsunwilligem Härtungsgefüge sicherlich bei mikrolegierten Stählen am größten, während bei den kaltverformten oder wärmebehandelten Stählen diese Gefahr weniger groß erscheint.

Es ist auch zu überlegen, daß die verschiedenen Stahlsorten (Festigkeitsklassen) einen Einfluß auf das Schweißen ausüben.

Hier kommt z.B. zum Tragen, daß bei der Stahlsorte IV der Anteil an der Gesamtfestigkeit, erzeugt durch die Kaltverformung, sehr bedeutsam wird und bei den mikrolegierten Stählen neben Kohlenstoffgehalt ein nicht unerheblicher Anteil an Mangan zulegiert werden muß, um die Festigkeiten zu erreichen.

Es war somit zu überprüfen, ob bei den Verfahren, die mit besonders großer Wärmeeinbringung arbeiten, eine Entfestigung auftritt während bei den Verbindungen, welche mit weniger Wärmeeinbringung erstellt werden können, es zur Sprödigkeit kommt.



3. Versuchsprogramm

Im Rahmen dieses vorgezogenen Untersuchungsprogramms wurden kaltverformte Stähle mit warmgewalzten, mikrolegierten und wärmebehandelten bei der Stahlsorte III S geschweißt. Bei der Stahlsorte IV S wurden nur wärmebehandelte Stähle mit warmgewalzten Stählen geschweißt, da kaltverformter Stahl der Sorte IV S nicht im Handel ist.

Einen Überblick über die Zahl der Versuche sowie deren Zuordnung zur Stahlsorte, zum Durchmesser und zur Herstellungsart geben die Tabellen 1 und 2. In diesen sind auch die Schweißverfahren und Verbindungsarten aufgeführt.

Es wurden ausschließlich Längsstöße hergestellt, welche die vorgenannten Einflußgrößen studieren lassen.

Es kamen drei Schweißverfahren (RA, E und MAG) zur Anwendung. Die Ausführung der Schweißarbeiten fand gemäß DIN 4099, Teil 1, statt bzw. dem Zulassungsbescheid für Schutzgasschweißen.

Mit der Herstellung der Proben waren geprüfte Schweißer befaßt.

Insgesamt wurden 144 Proben hergestellt, die im Zugversuch und Biegeversuch gemäß den Regelwerken für geschweißten Betonstahl geprüft wurden.

Zur Beurteilung der Güte der Verbindung wurde im wesentlichen der Festigkeitsabfall herangezogen, da die geschweißten Stäbe wegen des unterschiedlichen Ausgangsmaterials nicht dieselben Zugfestigkeiten der geschweißten Verbindung, jeweils auf die Festigkeit desjenigen Stabes bezogen, der die niedrigen Zugfestigkeiten im ungeschweißten Zustand hatte, aufwies. Bei der Prüfung im Zugversuch wurde ebenfalls darauf geachtet, wo der Bruch auftrat (Stoß, WEZ, freie Stablänge).



Soweit Schweißstellenbrüche bzw. Brüche in der WEZ auftraten, wurden zusätzlich die Bruchdehnungswerte ermittelt.

Diese Werte geben einen Anhaltspunkt inwieweit ein lokales Verformungsvermögen vor dem Bruch zu verzeichnen ist. Das Kriterium für den Biegeversuch wurde aus DIN 488, 1972, Teil 3, übernommen.

4. Versuchsmaterial

Beim Versuchsmaterial konnte bei den Stählen der Sorte III in den Herstellungsarten kaltverformt und wärmebehandelt bereits auf Material aus der laufenden Fertigung zurückgegriffen werden.

Bei mikrolegierten Stählen wurden Proben aus dem Zulassungsmaterial eines Werkes benutzt.

Bei der Sorte IV gilt das bei der Sorte III ausgeführte für beide Herstellungsarten.

Hierin liegt die Problematik dieser Untersuchung. Einige der Herstellungsverfahren werden nicht mit dem Qualitätsniveau produziert, das bei einer laufenden kontinuierlichen Fertigung unter einem erweiterten technologischen Wissen, aber auch unter wirtschaftlichen Zwängen erzeugt wird. Zum anderen ist mit den wenigen benutzten Schmelzen (insgesamt 10) natürlich bei weitem nicht die gesamte Produktionspalette erfaßt.

Wie die Analysen zeigen, sind hier sorten- und produkttypische Werte erfaßt, die sehr wohl als repräsentativ für die jeweiligen Betonstähle betrachtet werden können.

Die Einzelheiten zu den Festigkeitseigenschaften und Analysen des Vormaterials sind in Tabelle 3 festgehalten.



5. Versuchsergebnisse

Die Einzelergebnisse der Zug- und Biegeversuche sind in den Tabellen 4 bis 11 enthalten.

In den Tabellen sind alle wesentlichen Ergebnisse aufgeführt. Neben der Zahl der Brüche am Stoß und in der WEZ wurden auch kleinste Festigkeitsabminderungen ermittelt.

Beim Biegeversuch wurde "bedingungsgemäß" nur dann gegeben, wenn auch der kleinste Anriß fehlte.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wurde in Tabelle 12 vorgenommen.

Die wesentliche Erkenntnis ist, daß zwar eine beträchtliche Zahl von Brüchen in der Wäremeinflußzone aufgetreten ist (ca. 8 %) ein signifikanter Festigkeitsabfall jedoch nicht zu verzeichnen war. Die Lage der Brüche ist natürlich den Stählen entsprechend ihrer Herstellungsart und Ausgangsfestigkeit logisch zugeordnet. Dies gilt sowohl für die Brüche in der WEZ sowie außerhalb des Schweißbereiches.

Es zeigte sich ferner, daß sowohl bei der Herstellungsart RK als auch RTS mit einer bestimmten Neigung zu Brüchen in der WEZ beim Abbrennstumpfschweißen zu rechnen ist.

Lediglich ein Bruch von insgesamt 11 Proben ist beim Lichtbogenhandschweißen beim Überlappstoß aufgetreten.

Da der RU-Stahl durchweg die höheren Festigkeiten gegenüber der mit ihm gepaarten Stahlart aufweist, traten Brüche in dieser Stahlart nicht auf.

Was die Unterschreitung der Festigkeit angeht, so wurde in Bild 1 eine statistische Auswertung des Festigkeitabfalls vorgenommen.

Dabei wurde unterschieden zwischen sämtlichen Proben und den Proben, bei denen überhaupt ein massiver Abfall aufgetreten war.



Legt man alle Proben zugrunde, so ergibt sich eine 5 %-Fraktile des Festigkeitsabfalls von $\approx 1,8$ %.

Betrachtet man nur die insgesamt 49 Proben, bei denen $\Delta R_m < 0$ war, dann liegt die 5 %-Fraktile bei 4,2 %.

Der mittlere Festigkeitsabfall dieser 49 Proben beträgt ca. ≈ 1 %. Die max. Werte von $\approx 5,4$ und $\approx 5,3$ % liegen noch weit unter den zulässigen Werten von ≈ 10 %.

Die Bruchdehnungswerte bei WEZ-Brüchen unterschreiten in einigen Fällen den Mindestwert von 10 %. Dies ist verursacht durch die dehnungsbehinderte Schweißstelle selbst, ferner aber auch durch den Festigkeitsabfall, der bei flach verlaufender Spannungs-Dehnungslinie eine beträchtliche Einbuße an Dehnung bedeutet.

6. Zusammenfassung

Die Untersuchung brachte als wesentliches Ergebnis zutage, daß Betonstähle, hergestellt nach unterschiedlichen Fertigungsmethoden, innerhalb der jeweiligen Sorte (Festigkeitsklasse) mittels Längsstößen geschweißt werden können.

Die Festigkeitsabfälle bei den Stumpfstößen sind durch Entfestigung in der Wärmeeinflußzone bedingt; was wiederum einen Dehnungsabfall zur Folge hat. Dieser Festigkeitsabfall ist an die Herstellungsverfahren TEMPCORE und "kaltverformt" gebunden.

Während beim TEMPCORE-Stahl und beim TOR-Stahl, welche in großem Umfang hergestellt werden, Versuchsmaterial aus der laufenden Fertigung zur Verfügung stand, liegen die Verhältnisse bei mikrolegiertem Stahl etwas anders. Hier mußte auf Material aus Zulassungsprüfungen zurückgegriffen werden.



Wie sich das Produktionsniveau dieser Stahlart in Zukunft entwickeln wird, kann noch nicht vorhergesagt werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden ergänzt durch das parallel laufende Forschungsvorhaben des DAfStb Nr. V 232 "Ergänzende Prüfungen zum Schweißbeignungsnachweis von Betonstählen", wo in noch umfangreicherer Weise das Schweißen von Betonstählen unterschiedlicher Herstellungsart untersucht wird.

München, 1983-12-01

PRÜFSTELLE FÜR BETONSTAHL


Dr. Ing. Rußwurm

Tabelle 1

Forschungsvorhaben:

Schweißen von Betonstählen unterschiedlicher Herstellungsart

Übersicht zu Art und Zahl der Versuche

Stahlsorte	Herstellungsart der Stähle	Stabdurchmesser	Schweißverfahren		Zahl der Versuche	
			Verbindung		Zugvers.	Biegevers.
BSt 420 S (III S)	kaltverformt (TOR) ----- warmgewalzt (mikroleg.)	16/16	RA	SS	3	3
			E	LS	5	-
			E	ÜL	5	-
			MAG	LS	5	-
			MAG	ÜL	5	-
	28/28	RA	SS	3	3	
		E	LS	5	-	
		E	ÜL	5	-	
		MAG	LS	5	-	
		MAG	ÜL	5	-	
		E	DV	3	3	
	16/16	RA	SS	3	3	
		E	LS	5	-	
		E	ÜL	5	-	
		MAG	LS	5	-	
		MAG	ÜL	5	-	
28/28	RA	SS	3	3		
	E	LS	3	-		
	E	ÜL	3	-		
	E	DV	3	3		
	MAG	LS	3	-		
	MAG	ÜL	3	-		
28/28	MAG	DV	3	3		

RA: Abbrennstumpfschweißen

SS: Stumpfstoß

E: Lichtbogenhandschweißen

LS: Laschenstoß

MAG: Schutzgasschweißen

ÜL: Überlappstoß

DV: Stoß mit DV-Naht



Tabelle 2

Forschungsvorhaben:

Schweißen von Betonstählen unterschiedlicher Herstellungsart

Übersicht zu Art und Zahl der Versuche

Stahlsorte	Herstellungsart der Stähle	Stabdurchmesser	Schweißverfahren — Verbindung		Zahl der Versuche	
					Zugvers.	Biegevers.
BSt 500 S (IV S)	wärmebehandelt (TEMPCORE) ----- warmgewalzt (mikrolegiert)	16/16	RA	SS	3	3
			E	LS	5	-
			E	ÜL	5	-
			MAG	LS	5	-
			MAG	ÜL	5	-
			RA	SS	3	3
	28/28	E	LS	3	-	
		E	ÜL	5	-	
		E	DV	3	3	
		MAG	LS	3	-	
		MAG	ÜL	5	-	
		MAG	DV	3	3	

RA: Abbrennstumpfschweißen

SS: Stumpfstoß

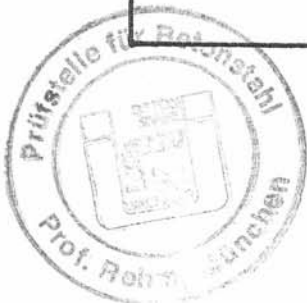
E: Lichtbogenhandschweißen

LS: Laschenstoß

MAG: Schutzgasschweißen

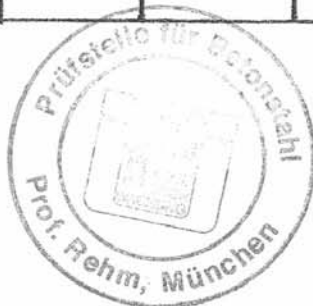
ÜL: Überlapptstoß

DV: Stoß mit DV-Naht



Festigkeitseigenschaften des Versuchsmaterials

Stahlsorte	Herstellungsart	Durchmesser mm	Streckgrenze N/mm ²	Zugfestigkeit N/mm ²	Bruchdehnung %	Chem. Zusammensetzung (Massen-%)					
						C	Si	Mn	P	S	N
III	kaltverformt	16	465	574	14,3	0,19	0,05	1,04	0,010	0,034	0,006
	Tempcore		480	582	20,9	0,18	0,33	0,78	0,023	0,031	
	warmgewalzt		442	581	22,8	0,19	0,43	1,09	0,020	0,020	
	kaltverformt	28	442	526	16,5	0,19	0,06	1,08	0,014	0,034	0,006
	Tempcore		444	539	22,4	0,18	0,27	0,90	0,018	0,022	
	warmgewalzt		482	652	20,2	0,18	0,16	0,92	0,017	0,024	
IV	Tempcore	16	520	617	20,0	0,20	0,30	0,90	0,031	0,040	
	warmgewalzt		535	679	21,5	0,21	0,32	1,42	0,033	0,028	
	Tempcore	28	545	748	18,4	0,19	0,22	0,93	0,030	0,033	
	warmgewalzt		550	642	19,3	0,20	0,38	1,29	0,019	0,025	



Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche	
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	%ualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g
16	III TOR	RA	3	-	-	TOR	0	-	TOR:	3	0
	III RUS	SS		-	-	TOR	0	-	574		
16	III TOR	E	5	-	-	TOR	0	-	RUS:	-	-
	III RUS	LS		-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
16	III TOR	MAG	5	-	-	TOR	0	-	-	-	
	III RUS	LS		-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
16	III TOR	E	5	-	-	TOR	0,5	-	-	-	
	III RUS	ÜL		-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
16	III TOR	MAG	5	-	-	TOR	0	-	-	-	
	III RUS	ÜL		-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			



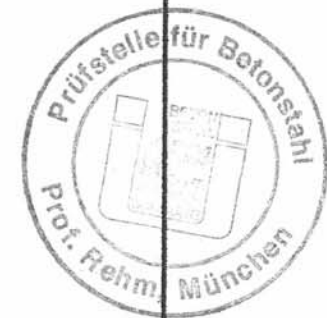
Forschungsvorhaben: Schweißen von Betonstählen unterschiedlicher Herstellungsart - Einzelergebnisse

Tabelle 5

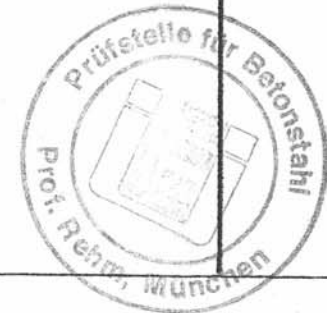
Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche	
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	Qualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g
28	III TOR	RA	3	1	-	TOR	0	7,5	526	3	-
	III RUS	SS		1	-	TOR	0	7,9	652		
				1	-	TOR	0	7,5			
28	III TOR	E	5	-	-	TOR	0	-	526	-	-
	III RUS	LS		-	-	TOR	0	-	652		
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
28	III TOR	MAG	5	-	-	TOR	0	-	526	-	-
	III RUS	LS		-	-	TOR	0	-	652		
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
28	III TOR	E	5	1	-	TOR	0	3,6	526	-	-
	III RUS	ÜL		-	-	TOR	0	-	604		
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
28	III TOR	MAG	5	-	-	TOR	0	-	526	-	-
	III RUS	ÜL		-	-	TOR	0	-	604		
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			
				-	-	TOR	0	-			



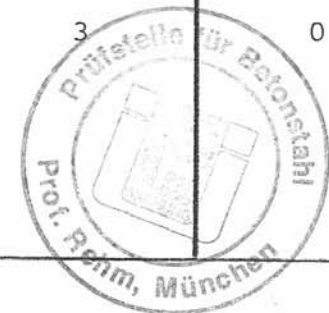
Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche	
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	%ualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g
28	III TOR	E	3	-	-	TOR	0	-	526	3	0
	III RUS	DV		-	-	TOR	0	-	631		
				-	-	TOR	0	-			
28	III TOR	MAG	3	-	-	TOR	0	-	526	3	0
	III RUS	DV		-	-	TOR	0	-	631		
				-	-	TOR	0	-			



Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche	
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	%ualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g
16	III TOR III RTS	RA SS	3	-	-	TOR	0	-	574	3	-
						TOR	0	-	582		
						TOR	0	-			
	III TOR III RTS	E LS	5	-	-	TOR	0,5	-	574		
						TOR	0	-	582		
					TOR	0	-				
					TOR	0	-				
					TOR	0	-				
16	III TOR III RTS	MAG LS	5	-	-	TOR	0	-	574		
						TOR	0	-	582		
						TOR	0,9	-			
						TOR	0	-			
						TOR	0	-			
16	III TOR III RTS	E ÜL	5	-	-	TOR	0	-	574		
						TOR	0	-	582		
						TOR	0	-			
						TOR	0	-			
						TOR	0	-			
16	III TOR III RTS	MAG ÜL	5	-	-	TOR	0	-	574		
						TOR	0	-	582		
						TOR	0	-			
						TOR	0	-			
						TOR	0	-			



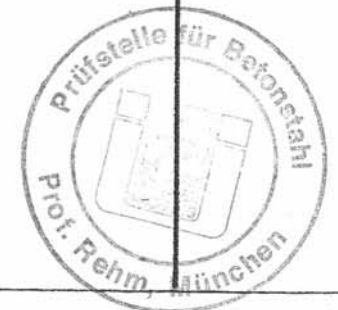
Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche		
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	%ualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g	
28	III TOR III RTS	RA SS	3	1	-	RTS	2,4	12,1	TOR: 550	3	-	
				1	-	RTS	5,4	10,4				
				1	-	RTS	4,5	10,7				
28	III TOR III RTS	E LS	3	-	-	RTS	0	-	550	-	-	
				-	-	RTS	0	-				
				-	-	RTS	0	-				
28	III TOR III RTS	MAG LS	3	-	-	RTS	0,7	-	539	-	-	
				-	-	RTS	0	-				
				-	-	RTS	0,7	-				
28	III TOR III RTS	E ÜL	3	-	-	RTS	0	-	RTS: 539	-	-	
				-	-	RTS	1,5	-				
				-	-	RTS	0	-				
28	III TOR III RTS	MAG ÜL	3	-	-	RTS	1,9	-	539	-	-	
				-	-	RTS	0,4	-				
				-	-	RTS	0,7	-				
28	III TOR III RTS	E DV	3	-	-	RTS	0,4	-	539	3	0	
				-	-	RTS	0,7	-				
				-	-	RTS	0,7	-				
28	III TOR III RTS	MAG DV	3	-	-	RTS	0,9	-	539	3	0	
				-	-	RTS	0,4	-				
				-	-	RTS	0,7	-				



Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche	
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	%ualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g
16	IV RUS IV RTS	RA SS	3	-	-	RTS	0	-	RUS: 679	3	0
				-	-	RTS	0	-			
				WEZ	-	RTS	0,5	16,3			
16	IV RUS IV RTS	E LS	5	-	-	RTS	0,5	-	RTS: 617	-	-
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0,5	-			
				-	-	RTS	0	-			
16	IV RUS IV RTS	MAG LS	5	-	-	RTS	0	-	RTS: 617	-	-
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0	-			
16	IV RUS IV RTS	E ÜL	5	-	-	RTS	0	-	RTS: 617	-	-
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0,5	-			
				-	-	RTS	0	-			
16	IV RUS IV RTS	MAG ÜL	5	-	-	RTS	0	-	RTS: 617	-	-
				-	-	RTS	0,5	-			
				-	-	RTS	0	-			
				-	-	RTS	0,5	-			
				-	-	RTS	0	-			



Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche	
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	%ualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g
28	IV RUS	RA	3	1	-	RTS	5,3	6,8	RUS:	3	0
	IV RTS	SS		1	-	RTS	1,2	7,1			
				1	-	RTS	0,3	7,1			
28	IV RUS	E	3	-	-	RTS	0,5	-	748	-	-
	IV RTS	LS		-	-	RTS	0,8	-			
				-	-	RTS	0,3	-			
28	IV RUS	MAG	3	-	-	RTS	1,6	-	RTS:	-	-
	IV RTS	LS		-	-	RTS	2,5	-			
				-	-	RTS	1,7	-			
28	IV RUS	E	5	-	-	RTS	0,8	-	642	-	-
	IV RTS	ÜL		-	-	RTS	0,3	-			
				-	-	RTS	0,5	-			
				-	-	RTS	0,8	-			
				-	-	RTS	0,3	-			
28	IV RUS	MAG	5	-	-	RTS	0,8	-	-	-	-
	IV RTS	ÜL		-	-	RTS	0,8	-			
				-	-	RTS	0,8	-			
				-	-	RTS	1,2	-			
				-	-	RTS	1,1	-			

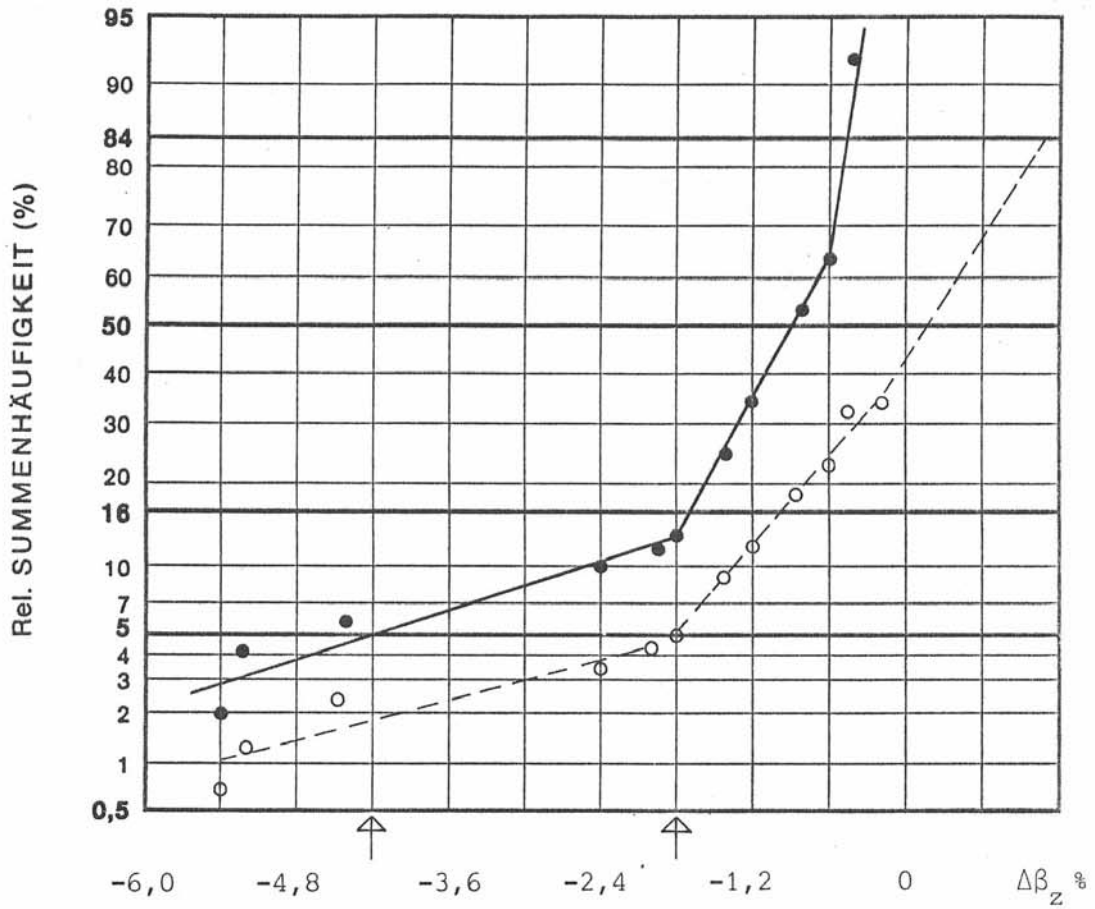


Durchmesser-komb.	Stahlsorten	Schweißverfahren Verbindung	Ergebnis der Zugversuche							Ergebnis der Biegeversuche	
			Gesamtzahl der Versuche	Zahl d. Brüche in WEZ	Zahl d. Brüche an der Schweißstelle	Lage der Brüche (Stahlsorte)	%ualer Festigkeitsabfall ΔR_m (%)	Bruchdehnung (nur bei Brüchen WEZ, SS)	Festigkeitswerte des Versuchsmat. R_m (N/mm ²)	Gesamtzahl der Versuche n	Zahl der gebrochenen Proben n _g
28	IV RUS	E	3	-	-	RTS	2,0	-	RUS:	3	0
	IV RTS	DV		-	-	RTS	1,2	-	748		
				-	-	RTS	1,6	-			
28	IV RUS	MAG	3	-	-	RTS	1,7	-		3	0
	IV RTS	DV		-	-	RTS	1,2	-	RTS:		
				-	-	RTS	1,6	-	642		



Zusammenfassung der Einzelergebnisse der Zugversuche										Biegeversuche
Stahlsorte Herstellungsart	Durchmesser	Gesamtzahl	Zahl der Brüche an der Schweißstelle	Zahl der Brüche in der WEZ	Lage der Brüche Herstellungsart	Zuordnung der WEZ-Brüche zur Schweißung	Zahl der Proben mit $\Delta R_m < \pm 0$	Größtwert von ΔR_m (%)	Kleinstwert bei A_{10} (%) bei WEZ-Brüchen	Prozentanteil nicht bedingungsgemäßer Proben
III S RK/RUS	16	23	0	0	alle: RK	-	1	-0,5	-	0
	28	25	0	3	alle: RK	RA / SS	0	-	7,5	0
III S RK/RTS	16	23	0	1	alle: RK	RA / SS	2	-0,9	-	0
	28	21	0	3	alle: RTS	RA / SS	15	-5,4	10,4	0
IV S RUS/RTS	16	23	0	0	alle: RTS	-	6	-0,5	16,3	0
	28	25	0	4	alle: RTS	1: E/ÜL 3: RA/SS	25	-5,3	6,8	0
Zusammenfassung	16/28	144	0	11	75: RK 69: RTS	10: RA/SS 1: E /ÜL	-	-	-	0





●—● Proben mit $\Delta R_m > 0$
 ○- - - ○ alle Proben

Bild 1: Statistische Auswertung

ΔR_m , Festigkeitsabfall bei Zugversuchen
an Schweißproben

