



## BAW-Brief Nr. 3 - November 2006

587 - B

Spannungsrissskorrosion von Spannstählen

### 1 Einführung

Das Thema Spannungsrissskorrosion von Spannstählen und sich daraus ergebende Gefährdungen werden seit nunmehr über 15 Jahren, nachdem 1990 ein entsprechender Schadensfall bekannt wurde, mit unterschiedlicher Intensität verfolgt. Eingeleitete Forschungsvorhaben und insbesondere neuere Schadensfälle führten in diesem Zeitraum zu einer Ausweitung der zu untersuchenden Spannstähle. Der jüngste Erlass EW 23/52.12.01-3 BAW 05 vom 13. Juni 2005 schafft eine Klarstellung, verweist allerdings bei Vorliegen von vergütetem Spannstahl der „neueren Generation“ auf eine Rücksprache mit der BAW. Daher soll im Folgenden eine zusammenfassende Darstellung nach heutigem Kenntnisstand erfolgen.

Unter Spannungsrissskorrosion (SpRK) versteht man die Rissbildung und Rissausbreitung unter bestimmten Korrosionsmedien bei gleichzeitig statischer Zugbeanspruchung. Bei hochfesten Stählen ist die SpRK in der Regel wasserstoffinduziert – auch Wasserstoffversprödung genannt, was ein entsprechendes Angebot an absorptionsfähigem atomarem Wasserstoff voraussetzt, der an der Stahloberfläche z. B. als Korrosionswasserstoff entstehen kann. Dabei reichen im Zeitraum vor dem Verpressen harmlose Feuchtigkeitsniederschläge auf der Stahloberfläche aus, z. B. Kondenswasser, um durch eine geringfügige Korrosionsreaktion den für die Rissausbreitung erforderlichen dissoziierten Wasserstoff zu bilden. Wie Untersuchungen [1] aufzeigen, ist eine weitere Rissausbreitung der Anrisse auch im vollständig verpresstem Hüllrohr noch nach Jahren und Jahrzehnten möglich. Im Jahr 1978 wurden die Prüf- und Überwachungsvorschriften für die Herstellung von Spannstählen grundlegend geändert, sodass danach Schadensfälle infolge SpRK-Empfindlichkeit praktisch ausgeschlossen werden können.

### 2 Betroffene Spannstähle

Schadensfälle sind nur mit **vergütetem Spannstahl St 145/160** bekannt geworden, sodass sich weiterge-

hende Untersuchungen zur Gefährdung von Spannbetonbauwerken zur Zeit auf diese Spannstahlsorte beschränken. Herstellerwerke waren vor allem die Fa. Felten & Guillaume, Köln, mit Neptunstahl in rechteckiger und runder Querschnittsform sowie die Hüttenwerke Rheinhausen (HWR) mit Sigmastahl in ovaler und runder Ausführung. Kalt gezogene oder warm gewalzte Spannstahlsorten werden nicht betrachtet, gleiches gilt für vergütete Spannstähle der Stahlgüten St 125/140 und St 135/150. Glaubte man anhand der ersten Schadensfälle zunächst, dass nur der Neptunstahl betroffen wäre, so sind nach zwischenzeitlichen Erkenntnissen auch die Sigmastähle zu betrachten.

Des Weiteren sind Unterscheidungen in den Herstellungsjahren vorzunehmen und zwar zwischen vergüteten Spannstählen „alten Typs“, die bis etwa 1965 gewalzt wurden, und Spannstähle der „neueren Generation“ mit Produktionszeitraum von 1965 bis 1978. Die von 1978 bis heute hergestellten Spannstähle werden auf Grund der scharfen Zulassungsbedingungen (DIBt-Test) als unbedenklich gegenüber SpRK eingestuft. Bei den vergüteten Spannstählen St 145/160 der „neueren Generation“ sind nur solche mit ovalem Querschnitt (Sigma oval) zu betrachten, da Spannstähle gleicher Sorte mit rundem Querschnitt nachweislich unempfindlicher gegenüber SpRK sind [2].

Zusammengefasst sind Bauwerke näher zu untersuchen, die mit folgenden Spannstählen ausgeführt wurden:

1. Spannstähle „alten Typs“, Produktion bis etwa **1965, vergüteter Spannstahl St 145/160**, Querschnittsform: **rund, oval und rechteckig**, häufig mit Sigma- und Neptunstahl bezeichnet. Nicht zu betrachten: St 125/140 vergütet, St 135/150 vergütet und kalt gezogene oder warm gewalzte Stähle.
2. Spannstähle der „neueren Generation“, Produktion ab **1965 bis 1978**: nur **vergütete** Spannstähle **St 145/160 mit ovalem** Querschnitt (Sigma oval). Nicht zu betrachten: runde Stähle St 145/160 vergütet und natürlich auch nicht kalt gezogene oder warm gewalzte Stähle.
3. Ein Sonderfall im Bereich der ehemaligen DDR: ölschussvergüteter Spannstahl **St 140/160** der Fa. **Hennigsdorfer Stahl**, der bis 1982 produziert wurde.

### 3 Identifikation der Spannstähle

Zunächst wird es darum gehen, diejenigen Bauwerke zu identifizieren, die mit den betroffenen Spannstählen ausgestattet sind. Dies sollte mit großer Sorgfalt und Verantwortung geschehen. Informationsquellen sind vornehmlich die Spannmitgliedpläne und das Brückenbuch, aber auch die Statik und soweit vorhanden Lieferscheine und Spannstahllisten. In vielen Fällen werden Angaben zum eigentlichen Spannstahl fehlen und es wird lediglich das Spannverfahren erwähnt, wie z. B. Leoba, Holzmann-Spannverfahren usw. Hier ist es dann unter Umständen möglich, über damals gültige Zulassungsbescheide der Spannverfahren Auskunft über die verwendeten Stähle zu bekommen. Die BAW verfügt über einige Zulassungsbescheide aus den 1960er und 1970er Jahre und hat diese ausgewertet. Es steht nun eine Tabelle zur Verfügung, in welcher eine Zuordnung von Spannverfahren und Spannstahl vorgenommen wurde und die evtl. zur Identifikation des Spannstahls behilflich sein kann. Diese Tabelle „SpRK-Spannverfahren.pdf“ kann bei Bedarf an gleicher Stelle wie dieser BAW-Brief heruntergeladen werden. Zu beachten ist, dass es Spannverfahren gibt, die sowohl vergüteten als auch kalt gezogenen Spannstahl vorsehen.

### 4 Untersuchungen

Grundsätzlich haben die „Empfehlungen“ [3] aus 1993 auch heute noch Gültigkeit. Danach ist in der Regel zunächst das rechnerische Ankündigungsverhalten bei sukzessivem Spannmitgliedausfall zu untersuchen. Die dahinter stehende Idee ist, zu überprüfen, ob ein Spannstahlverlust sich durch Rissbildung so rechtzeitig ankündigt, dass in diesem Stadium unter voller Verkehrslast eine Restsicherheit  $\gamma > 1,0$  vorliegt („Riss vor Kollaps“). Weil dabei die Zugfestigkeit des Betons eine entscheidende Rolle spielt, sind gemäß dem zugehörigen Einföhrungserlass BW 21/52.12.01/92 BAW 93 vom 27. Oktober 1993 Bohrkerne (z. B. 4 Bohrkerne  $\varnothing$  100 mm, mindestens 15 cm tief) zur Ermittlung der Spaltzugfestigkeit am Bauwerk zu entnehmen. In vielen Fällen weisen alte Brückenbetone sehr hohe Zugfestigkeiten (von  $> 4$  N/mm<sup>2</sup>) auf, was sich ungünstig auf das Ankündigungsverhalten auswirkt.

Die tatsächlich hohe Zugfestigkeit führt in vielen Fällen dazu, dass kein rechnerisches Ankündigungsverhalten über die gesamte Bauwerkslänge nachzuweisen ist. Insbesondere im Bereich von Endauflagern und im Bereich von Momentennullpunkten bei Durchlaufträgern kann in manchen Fällen selbst ein Totalausfall von Spangliedern nicht zum Erreichen der Betonzugfestigkeit unter häufigen Lasten führen. Da ein sehr hoher Ausfallgrad von Spanndrähten an einer Querschnittsstelle eher unwahrscheinlich ist, wird zur Überprüfung der Robustheit des Tragwerkes parallel noch folgende Berechnung empfohlen: Ermittlung der globalen Sicherheit (nach alter Norm) bei einem fik-

tiven Ausfall von z. B. 25 bis 30 % der Spanglieder (angenommener Ausfallgrad ist abhängig von Anzahl der Spanglieder und des Gesamtzustandes) in allen Bemessungsschnitten, in der Regel 1/10tel Schnitte, des Tragwerkes. Liegt dabei die Bruch sicherheit noch bei voller Verkehrslast über 1,10, wünschenswert wäre ein Wert von 1,25, so kann von einem relativ robusten Bauwerk ausgegangen werden. In Bereichen von Momentenmaxima (Feld, bei Durchlaufträgern auch über Stützen) wird man mit diesem Szenario im Allgemeinen keine zufrieden stellende Sicherheit erreichen. Hier liegt aber dann häufig ein Ankündigungsverhalten durch Biegerissbildung vor, wodurch die Robustheit auch nachgewiesen ist.

Wenn nach den „Empfehlungen“ [3] kein Ankündigungsverhalten über ganze Tragwerkslänge nachzuweisen ist, was häufig der Fall sein dürfte, so sind Materialuntersuchungen am Spannstahl durch eine Materialprüfanstalt vorzunehmen. Die Überprüfungen beziehen sich vor allem auf mögliche Anrisse auf der Stahloberfläche und auf Überfestigkeiten. Ein DIBt-Test zur Überprüfung der Empfindlichkeit gegenüber SpRK, den heute zugelassene Spannstähle bestehen müssen, ist bei den alten Spannstählen nicht zielführend und daher nicht anzuwenden.

Zum Abschluss der Untersuchungen ist eine ingenieurmäßige Gesamtbeurteilung vorzunehmen, die neben den Prüfergebnissen den Zustand, die Konstruktion und die Verkehrsbelastung des Bauwerkes und gegebenenfalls weitere Erkenntnisse berücksichtigt.

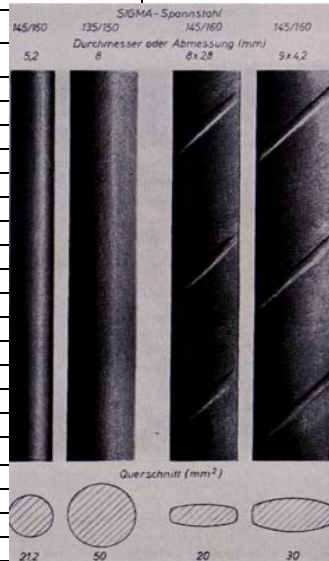
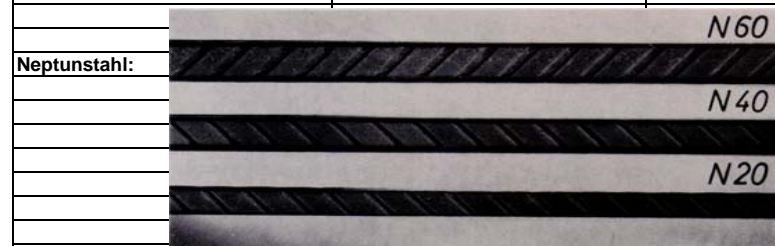
### 5 Literatur

- [1] Isecke, B.; Menzel, K.; Mietz, J.; Nürnberger, U.: Gefährdung älterer Spannbetonbauwerke durch Spannungsrißkorrosion. In: Beton- und Stahlbetonbau 90 (1995), Heft 5, S. 120 – 123.
- [2] Bertram, D.; Hartz, U.; Isecke, B et al: Gefährdung älterer Spannbetonbauwerke durch Spannungsrißkorrosion an vergütetem Spannstahl in nachträglichem Verbund. In: Beton- und Stahlbetonbau 97, 2002, Heft 5, S.236 – 238.
- [3] Der Bundesminister für Verkehr: Empfehlungen zur Überprüfung und Beurteilung von Brückenbauwerken, die mit vergütetem Spannstahl St 145/160 Neptun N40 bis 1965 erstellt wurden. Stand Juli 1993. (Als Anlage zum Erlass BW 21/52.12.01/92 BAW 93 vom 27.10.1993)

Dipl.-Ing. Rainer Ehmann  
Abteilung Bautechnik  
Referat Massivbau  
Telefon: 0721 9726-3760  
Fax: 0721 9726-2150  
e-mail: rainer.ehmann@baw.de

**Spannverfahren mit vergüteten Spannstählen**

Als gefährdet angesehen wird zur Zeit nur die Stahlgüte **St 145/160**  
 St 145/160 (alt) = St 1420/1570 (neu)



**Abmessungen Sigma oval St 145/160**

Bezeichnung	Oval 20	Oval 30	Oval 35	Oval 40
Nennabmessung mm				
Querschnitt mm²	20	30	35	40

**SpRK - gefährdete Spannstähle sind fett gedruckt!**

Spannverfahren	Zulassungsbescheid	vom	Geltungsdauer	Spannstahl	Bezeichnung, Spannkraft	Bemerkung
<b>Leoba S20 - K66</b>	V 6225 Dr. Leonhardt/IX	30.11.1962	31.12.1967	<b>8 Ø 6 mm, St 145/160 vergütet</b>	Bündel S 20, zul P = 19,9 t	in Ø 6 mm, St 150/170, zul P = 19,9 t => kaltgezogen => keine SpRK
Seibert - Stinnes	Baden- Württemberg		verlängert bis 31.12.1969	<i>8 Ø 7 mm, St 135/150 vergütet</i> <i>8 Ø 8 mm, St 135/150 vergütet</i> <b>16 Ø 6 mm, St 145/160 vergütet</b> <i>16 Ø 7 mm, St 135/150 vergütet</i> <i>16 Ø 8 mm, St 135/150 vergütet</i>	Bündel S 25, zul P = 25,4 t Bündel S 33, zul P = 33,2 t Bündel S 40, zul P = 39,8 t Bündel S 50, zul P = 50,8 t Bündel S 66 oder K 66, zul P = 66,4 t	in Ø 7 mm, St 140/160, zul P = 25,4 t => kaltgezogen => keine SpRK in Ø 8 mm, St 140/160, zul P = 33,2 t => kaltgezogen => keine SpRK in Ø 6 mm, St 150/170, zul P = 39,8 t => kaltgezogen => keine SpRK in Ø 7 mm, St 140/160, zul P = 50,8 t => kaltgezogen => keine SpRK in Ø 8 mm, St 140/160 => kaltgezogen => keine SpRK
<b>Leoba S-K</b>	I/11-1.13.1-37	30.04.1975	30.04.1980	<i>Ø 6, 7, 8 mm St 145/160 vergütet</i>	S 20 aus 8 Ø 6 mm, zul P = 19,9 Mp S 25 aus 8 Ø 7 mm, zul P = 27,1 Mp S 33v aus 8 Ø 8 mm, zul P = 35,4 Mp S 40 aus 16 Ø 6 mm, zul P = 39,8 Mp S 50 aus 16 Ø 7 mm, zul P = 54,2 Mp S 66v aus 16 Ø 8 mm, zul P = 70,8 Mp K 66 aus 16 Ø 8 mm, zul P = 70,8 Mp	Spannstahl "neuerer Generation" ab 1965 bis 1978, da runde Drähte => kein SpRK auch aus kalt gezogenem Spannstahl St 140/160 und St 150/170 möglich
<b>Leoba AK 9 bis AK 108</b>	V 6225 Dr. Leonhardt/VII	28.12.1964	31.12.1967	<i>1 Ø 12,2 mm, St 125/140 vergütet</i> <i>4 Ø 12,2 mm, St 125/140 vergütet</i> <i>12 Ø 12,2 mm, St 125/140 vergütet</i>	AK 9, zul P = 9,0 t AK 36, zul P = 36,0 t AK 108, zul P = 108,0 t	S 66: zul P = 66,4 t; K66: zul P = 70,6 t in 1 Ø 12 mm, St 140/160 kaltgezogen, AK 10, zul P = 10,0 t => keine SpRK in 4 Ø 12 mm, St 140/160 kaltgezogen, AK 40, zul P = 40,0 t => keine SpRK als kalt gezogene Variante nicht vorhanden
<b>Leoba AK</b>	I/11-1.13.1-16,3	28.11.1978	29.11.1974	<i>Ø 12,2 mm St 1429/1570 (St 145/160) vergütet</i>	AK 41: 4 Ø 12,2 mm, zul P = 404 KN AK 124: 124 Ø 12,2 mm, zu P = 1212 KN	vor diesem Änderungsbescheid auch kaltgezogen St 1375/1570 (St 140/160) möglich. Spannstahl "neuerer Generation" => keine SpRK
<b>Polensky &amp; Zöllner</b>	II A 4 - 2.420 Nr. 1389/60	27. Mai 60	31.12.1965	<b>Einzeldrähte SIGMA St 145/160, vergütet</b>		
	NRW		verlängert bis 24.06.1968	<b>oval 20, oval 30 und oval 40 gerippt</b>		
				<b>6 Einzeldrähte oval 20</b>	Spannglied A10, zul P = 10,6 t	
				<b>13 Einzeldrähte oval 20</b>	Spannglied A 20, zul P = 22,9 t	
				<b>16 Einzeldrähte oval 30</b>	Spannglied A 40, zul P = 42,2 t	
				<b>12 Einzeldrähte oval 40</b>	Spannglied A 40, zul P = 42,2 t	
				<b>32 Einzeldrähte oval 30</b>	Spannglied A 80, zul P = 84,5 t	
				<b>24 Einzeldrähte oval 40</b>	Spannglied A 40, zul P = 42,2 t	
				<b>44 Einzeldrähte oval 30</b>	Spannglied A 100, zul P = 116,2 t	
				<b>33 Einzeldrähte oval 40</b>	Spannglied A 100, zul P = 116,2 t	
<b>Holzmann (SH)</b>	Vb - 64a 16/27 - 1/58	12.12.1958	31.12.1960	<b>Einzeldrähte Sigma St 145/160 vergütet</b>		
	Hessen			<b>oval 30 mit Rippen</b>		
				<b>16 Drähte oval 30, gerippt</b>	S 16, zul P = 42,2 t	
				<b>24 Drähte oval 30, gerippt</b>	S 24, zul P = 63,3 t	
				<b>40 Drähte oval 30, gerippt</b>	S 40, zul P = 105,5 t	

Spannverfahren	Zulassungsbescheid	vom	Geltungsdauer	Spannstahl	Bezeichnung, Spannkraft	Bemerkung
<b>Holzmann</b>	V b -64 b 08/27 - 11/61	15.05.1961	31.12.1966	vergütete Spannstähle St 145/160		
"HG-Spannbewehrung"	Hessen			Sigma oval 40 mit Rippen oder Neptun N 40 rechteckig mit Rippen		SIGMA OVAL 40, 11 mm x 4,5 mm Hüütenwerk Rheinhausen NEPTUN N40 9,5 mm x 4,2 mm Felten & Guilleaume A <sub>z</sub> = 40 mm <sup>2</sup> jeweils
				6 Spannstähle	HG 21/6 zul P = 21,1 t	
				7 Spannstähle	HG 25/7 zul P = 24,6 t	
				8 Spannstähle	HG 28/8 zul P = 28,2 t	
				9 Spannstähle	HG 32/9 zul P = 31,7 t	
				10 Spannstähle	HG 35/10 zul P = 35,2 t	
				20 Spannstähle	HG 70/20 zul P = 70,4 t	
				21 Spannstähle	HG 74/21 zul P = 73,9 t	
				22 Spannstähle	HG 78/22 zul P = 77,4 t	
				23 Spannstähle	HG 81/23 zul P = 81,0 t	
				24 Spannstähle	HG 85/24 zul P = 84,5 t	
<b>Holzmann KA</b>	V b 64 b 08/27 - 10/61	20.07.1961	31.12.1966	vergütete Spannstähle St 145/160		
	Hessen		verlängert bis 31.12.1967	Sigma oval 40 mit Rippen oder Neptun N 40 rechteckig mit Rippen		Sigmastahl der "neueren Generation" Da ovaler Querschnitt => SpRK Querschnittsfläche 40 mm <sup>2</sup>
	2. Zulassung	10.12.1968	31.12.1973	2 Spannstähle	KA 7/2 zul P = 7,0 t	
	V A2-64b 08/27			4 Spannstähle	KA 14/4 zul P = 14,1 t	
	mit gleichen Spannstählen und Bezeichnungen			6 Spannstähle	KA 21/6 zul P = 21,1 t	
	Hessen			8 Spannstähle	KA 28/8 zul P = 28,2 t	
				10 Spannstähle	KA 35/10 zul P = 35,2 t	
				12 Spannstähle	KA 42/12 zul P = 42,2 t	
				16 Spannstähle	KA 56/16 zul P = 56,3 t	
				20 Spannstähle	KA 70/20 zul P = 70,4 t	
				24 Spannstähle	KA 85/24 zul P = 84,5 t	
				28 Spannstähle	KA 99/28 zul P = 98,6 t	
				32 Spannstähle	KA 113/32 zul P = 112,6 t	
				36 Spannstähle	KA 127/36 zul P = 126,7 t	
				40 Spannstähle	KA 141/40 zul P = 140,8 t	
<b>Holzmann KA und Interspan</b>	3. Zulassung	16.04.1974	31.12.178	vergütete Spannstähle SIGMA St 145/160, Oval 40 mit Rippen		
	V A 2 - 64 b 08 / 27 - 10 / 7			wie oben, gleiche Anzahl	gleiche Bezeichnung und Spannkraft wie oben	
	Hessen			zusätzlich jedoch:		
				14 Spannstähle	KA 49/14(2) zul P = 49,3 Mp	
				44 Spannstähle	KA 155/44 zul P = 154,9 Mp	
<b>Grün &amp; Bilfinger Typ 60</b>	V 6225 Grün & Bilfinger - VI	15.11.1966	31.12.1971	6 Ø 12,2 mm St 125/140 vergütet	zul P = 54 Mp	auch 6 Ø 12 mm St 140/160 gezogen mit zul P = 60 Mp möglich => keine SpRK
	Baden-Württemberg					
<b>Held &amp; Francke</b>	IV B 5 - 9151/1 - 32	11.06.1963	31.12.1968	7 vergütete Spannstähle St 135/150 Ø 8 mm	zul P = 28,9 t	auch kaltgezogen St 150/170 und
	Bayern			7 vergütete Spannstähle St 135/150 Ø 9 mm	zul P = 36,8 t	kaltgezogen St 140/160 möglich => keine SpRK
<b>Züblin</b>	V 6225 Züblin A.G./I	15.08.1959	30.09.1961	vergüteter Spannstahl St 145/160		
	Baden-Württemberg			Neptun N 40 rechteckig mit Rippen		
				8 N 40	28 A und 28 E, zul P = 28,2 t	
				16 N 40	56 A und 56 E, zul P = 56,3 t	
	V 6225 Züblin A.G./II	29.04.1963	31.03.1968	vergüteter Spannstahl St 145/160		
	Baden-Württemberg			Neptun N 40 rechteckig mit Rippen		
				24 N 40	Typ 84: zul P = 84,5 t	
				36 N 40	Typ 126: zul P = 126,7 t	
	V 6225 Fa. Züblin AG - III	30.06.1966	30.09.1970	vergüteter Spannstahl St 125/140,		
	Baden-Württemberg			Neptun (N 120) rechteckig mit Rippen		
				2 Stäbe N 120	Typ 18,5: zul P = 18,5 Mp	
				4 Stäbe N120	Typ 37: zul P = 37,0 Mp	
				6 Stäbe N120	Typ 55,5: zul P = 55,5 Mp	
				12 Stäbe N120	Typ 111: zul P = 111,0 Mp	

Spannverfahren	Zulassungsbescheid	vom	Geltungsdauer	Spannstahl	Bezeichnung, Spannkraft	Bemerkung
<b>Vorspann-Technik</b>	II B 2 - 2.420 Zul.102	28.12.1967	31.12.1972	vergütete Spannstähle Ø 12,2 mm St 125/140		
	Nordrhein- Westfalen			3 Ø 12,2 mm	VT 27: zul P = 27,0 Mp	
				12 Ø 12,2 mm	VT 108: zul P = 108,0 Mp	
	II B 2 - 2.420 Zul. 440	15.05.1968	31.05.1973	vergütete Spannstähle Ø 12,2 mm St 125/140		
	Nordrhein- Westfalen			4 Ø 12,2 mm	VT 36: zul P = 36,0 Mp	
	II/11-1.13.1-28	18.09.1974	31.12.1978	vergütete Spannstähle St 145/160		
	Institut für Bautechnik			3 Ø 12,2 mm St 145/160	VT 31, zul P = 30,9 Mp	
				4 Ø 12,2 mm St 145/160	VT 41, zul P = 41,2 Mp	
				12 Ø 12,2 mm St 145/160	VT 124, zul P = 123,5 Mp	
<b>Vorspann-Technik-Freyssinet</b>	II B 2 - 2.420 Zul.306	14.02.1966	31.01.1971	12 Ø 5,2 mm vergütete Sp.-st. St 145/160		unter gleicher Zula auch
	Nordrhein- Westfalen			12 Ø 8 mm vergütete Sp.-st. St 135/150	zul P = 49,8 Mp	kalgezogene Stähle Ø 5 mm und Ø 8 mm St 140/160 und St 150/170
<b>Monierbau</b>	Werbebuch Frühjahr 1952			<b>Sigmastahl St 145/165 oval 20 gerippt</b>		
				<b>Bündel mit 3 x 4 = 12 oval 20</b>	zul P = 25 t	
				<b>Bündel mit 4 x 6 = 24 oval 20</b>	zul P = 50 t	
				<b>Bündel mit 6 x 8 = 48 oval 20</b>	zul P = 100 t	
<b>Hochtief</b>	II A 4 - 2.420 Nr. 2551/59	18.10.1959	31.12.1961	vergütete Spannstähle St 135/150		
	II B 2 - 2.420 Nr. 1036/62	09.04.1962	30.04.1967	6; 8; 9;; 10; 12 Einzelstähle Ø 8mm	zul P = 24,9; 33,2; 37,3; 41,4; 49,8 t	unter gleicher Zula auch kaltgezogen St 140/160, Ø 8mm: 6; 8; 9; 10; 12 Einzelstähle
	Nordrhein- Westfalen	und Verlängerungen				zul P = 26,5; 35,4; 39,8; 44,2; 53,0 t
<b>Hochtief</b>	II B 2 - 2.420 Zul. 127	18.07.1963	15.07.1968	vergütete Spannstähle		
	Nordrhein- Westfalen			3 Ø 8 mm, St 135/150	zul P = 12,4 Mp	unter gleicher Zula auch kaltgezogen in 3 Ø 8 mm, St 140/160: zul P = 13,2 Mp
<b>Hochtief</b>	II B 2 - 2.420 Zul. 352	29.02.1968	31.12.1972	vergütete Spannstähle		
	Nordrhein- Westfalen			3 Ø 8 mm, St 135/150	Hochtief I: zul P = 12,4 Mp	unter gleicher Zula auch kaltgezogen in 3 Ø 8 mm, St 140/160: zul P = 13,2 Mp
					Hochtief II: zul P = 24,9; 33,2; 37,3; 41,4; 49,8 Mp	unter gleicher Zula auch kaltgezogen in 6; 8; 9; 10; 12 Ø 8 mm, St 140/160:
<b>Hochtief</b>	II/12-1.13.1-1456	15.03.1972	31.12.1976	Spannstahl St 140/160 bzw. St 145/160		zul P = 26,5; 35,4; 39,8; 44,2; 53,0 Mp
	Institut für Bautechnik, Berlin			3 Ø 8 mm	Hochtief I: zul P = 13,2 Mp	Sigmastahl "neuerer Generation".
				6; 8; 9; 10; 12 Ø 8 mm	Hochtief II: zul P = 26,5; 35,4; 39,8; 44,2; 53,0 Mp	Wegen runder Querschnittsform zur Zeit nicht untersuchen.
				6; 8; 9; 10; 12 Ø 12,2 mm	Hochtief III: zul P = 61,7; 82,3; 92,6; 102,9; 123,4 Mp	

<b>Spannverfahren mit nicht vergütetem Spannstahl (=&gt; keine SpRK):</b>						
<b>Spannverfahren</b>	<b>Zulassungsbescheid</b>	<b>vom</b>	<b>Geltungsdauer</b>	<b>Spannstahl</b>	<b>Bezeichnung, Spannkraft</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Grün &amp; Bilfinger</b> <b>Typ 60</b>	V 6225 Grün & Bilfinger - VI Badeb Württemberg	15.11.1966	31.12.1971	St 140/160 6 Ø 12,2 mm gezogen	zul P = 60 Mp	in Version St 125/140 6 Ø 12,2 mm vergütet (gleiche Zulassung)
<b>Grün &amp; Bilfinger</b> <b>GB 120</b>	V 6225 Grün & Bilfinger - VI Baden-Württemberg	18.01.1968	31.12.1972	St 140/160 12 Ø 12 mm gezogen St 125/140 12Ø 12,2 mm gezogen	zul P = 120 Mp zul P = 108 Mp	
<b>Held &amp; Francke</b>	IV B 5 - 9151/1 - 32 Bayern	11.06.1963	31.12.1968	7 kaltgezog. Sp.-st. Ø 7 mm St 150/170 7 kaltgezog. Sp.-st. Ø 8 mm St 140/160 7 kaltgezog. Sp.-st. Ø 9 mm St 140/160 7 kaltgezog. Sp.-st. Ø 10 mm St 140/160	zul P = 25,2 t zul P = 31,0 t zul P = 39,2 t zul P = 48,4 t	in 7 Ø 8 mm St 135/150 vergütet und 7 Ø 9 mm St 135/150 vergütet möglich (gleiche Zula)
<b>BBRV Suspa</b>	IV B 5 a - 9151/1 - 35 Bayern	05.08.1966	31.08.1971	kaltgezog. Sp.-st. St 150/170 Ø6 mm 12 Ø 6 mm 22 Ø 6 mm 32 Ø 6 mm 44 Ø 6 mm	zul P = 31,7 Mp zul P = 58,2 Mp zul P = 84,6 Mp zul P = 116,3 Mp	
<b>Heilmann &amp; Littmann</b>	IV B 8 - 9151/1 - 17 Bayern	26.05.1967	31.05.1972	kaltgez. Sp.-st. St 150/170 12 Ø 6,0 mm 12 Ø 7,5 mm	Typ HL 32, zul P = 31,7 Mp Typ HL 50, zul P = 49,5 Mp	
	IV B 8 - 9151/1 - 28 Bayern	18.12.1968	31.12.1973	kaltgez. Sp.-st. St 150/170 20 Ø 7,5 mm 30 Ø 7,5 mm	Typ HL 83, zul P = 82,6 Mp Typ HL 125, zul P = 123,9 Mp	
<b>Vorspann-Technik- Freyssinet</b>	II B 2 - 2.420 Zul.306 Nordrhein- Westfalen	14.02.1966	31.01.1971	12 Ø 5 mm kaltgez. Sp.-St. St 140/160 12 Ø 5 mm kaltgez. Sp.-St. St 150/170 12 Ø 8 mm kaltgez. Sp.-St. St 140/160	zul P = 20,7 Mp zul P = 22,0 Mp zul P = 53,1 Mp	unter gleicher Zula auch vergütete Spannstähle St 145/160 und St 135/150