

1. Einleitung

Für die Hausinstallationen werden bereits seit vielen Jahren nichtrostende Stähle eingesetzt. Das Trinkwasser-Leitungsrohr besteht heute entweder aus einem austenitischen Stahl der Sorte 1.4401 oder aus einem ferritischen Stahl der Sorte 1.4521. Beide Werkstoffe haben sich hervorragend bewährt. Für Heizungssysteme wurde die Eignung des ferritischen Werkstoffs 1.4520 im Rahmen einer Feldstudie in Kooperation mit dem **IWW Zentrum Wasser** in Mülheim an der Ruhr untersucht. Im Gegensatz zu den Trinkwasser-Installationen bestehen Heizungssysteme aus einem geschlossenen Wasserkreislauf. Dieser wirkt weniger korrosiv, da der für eine Korrosionsreaktion erforderliche Sauerstoffgehalt im Wasser mit der Zeit verbraucht wird. Ziel der Untersuchungen sollte es sein, die Eignung des Werkstoffs 1.4520 für Heizungssysteme nachzuweisen.

2. Werkstoff 1.4520

Der Werkstoff 1.4520 wurde bereits vor mehr als 25 Jahren entwickelt und wird seitdem vor allem in der Hausgeräteindustrie erfolgreich eingesetzt. Zu den typischen Anwendungsgebieten gehören zum Beispiel Waschmaschinentrommeln oder Teleskoprohre für Staubsauger. Der Werkstoff 1.4520 weist nach der zugehörigen Norm DIN EN 10088-2 einen Mindestgehalt an Chrom von 16,0% auf (Bild1). Bedingt durch eine Stabilisierung mit dem Legierungselement Titan, ist er auch im geschweißten Zustand beständig gegen interkristalline Korrosion. Die Maximalwerte für die Elemente Kohlenstoff und Stickstoff sind nach Norm auf niedrige Gehalte begrenzt. Dadurch verfügt der Werkstoff 1.4520 auch über ein vergleichsweise gutes Umformvermögen.

Chemische Zusammensetzung in Gewichts-%

	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Ti
1.4520	max. 0,025	max. 0,50	max. 0,50	max. 0,045	max. 0,015	16,00 18,00	max. 0,015	0,30 0,60

Bild 1: Chemische Zusammensetzung des Werkstoffes 1.4520 gem. DIN EN 10088-2

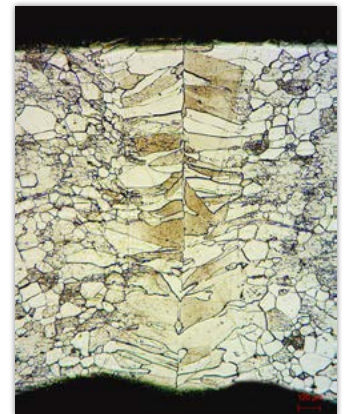


Bild 2: geglühte Laserschweißnaht im Querschnitt

3. Rohrherstellung

Für die Erprobung am IWW Zentrum Wasser hat die Esta Rohr GmbH längsnahtgeschweißte Rohre mit Durchmessern von 15 bis 54 mm nach DIN EN 10312, Reihe 2 und von 76,1 bis 108 mm nach DIN EN 10312, Reihe 1 und zusätzlicher Werkvorschrift gefertigt. Ausgehend vom Spaltband erfolgte zunächst die Rohreinformung und anschließend das Verschweißen mittels Laserstrahl ohne Zusatz. Das typische Erscheinungsbild einer Laserschweißnaht ist in Bild 2 dargestellt. Kennzeichnend ist eine sehr schmale Ausbildung der Aufschmelzzone und ebenso eine nur sehr geringe Wärmeeinflusszone. Nach dem Schweißen erfolgte noch eine zusätzliche Wärmebehandlung in Linie unter Wasserstoff als Schutzgas. Im Herstellungsprozess wurde auch die Innenseite des Rohrs mit Schutzgas geflutet, um den Sauerstoff zu entfernen und damit die Bildung von Anlauffarben auf der Rohrinneenseite sicher zu vermeiden. Nach dem Schweißen erfolgte eine umfangreiche Prüfung der Rohre mit Hilfe der zerstörungsfreien Prüfmethode. Hierzu zählt die genormte Prüfung der Schweißnaht und ebenso des Rohrumfangs mit Hilfe der Wirbelstromprüfung. Weiterhin erfolgte eine Prüfung auf Querrisse im Nahtbereich mittels der Fernfeld-Wirbelstromtechnik. Bedingt durch die Wärmebehandlung nach dem Schweißen, verfügen die Rohre über sehr gute umformtechnische Eigenschaften. Dabei wird die Kaltverfestigung während der Rohreinformung wieder vollständig beseitigt. Die Rohre verfügen nach der Wärmebehandlung über eine, gegenüber der Produktnorm, angehobene Mindestbruchdehnung A5 von $\geq 28\%$ und sind damit für die nachfolgende Weiterverarbeitung, zum Beispiel durch Rohrbiegen, sehr gut geeignet.

4. Erprobung

Das IWW Zentrum Wasser in Mülheim an der Ruhr ist ein An-Institut der Universität Duisburg-Essen und beschäftigt sich unter anderem mit Fragen der Korrosionsbeständigkeit von Werkstoffen in wasserführenden Anlagen. Für die Untersuchungen wurde ein Prüfstand für Installationsrohre entwickelt, der umfangreich mit der erforderlichen Messtechnik und Sensorik ausgestattet war (Bild 3). In diesen Prüfstand wurden die Rohre der Esta Rohr GmbH eingebaut und unter realitätsnahen Bedingungen für einen Zeitraum von etwa zwei Jahren erprobt. Die Prüfbedingungen wurden hinsichtlich der Haupteinflussgrößen Chloridgehalt, Sulfatgehalt, Temperatur und Sauerstoffzufuhr so gewählt, dass sie jeweils den kritischsten realen Beanspruchungen entsprachen. **Dies bedeutet im Einzelnen:**



Bild 3: Prüfstand IWW mit Rohrleitungen und Messtechnik

- **Aufstockung der Chlorid- und der Sulfatkonzentration auf jeweils ca. 250 mg/l entsprechend dem für beide Parameter maximal zulässigen Gehalt gemäß Trinkwasserverordnung**
- **maximale Wassertemperatur von 60°C**
- **Verbindung mit Anbauteilen aus Kunststoff, die eine gewisse Sauerstoffdiffusion zulassen**

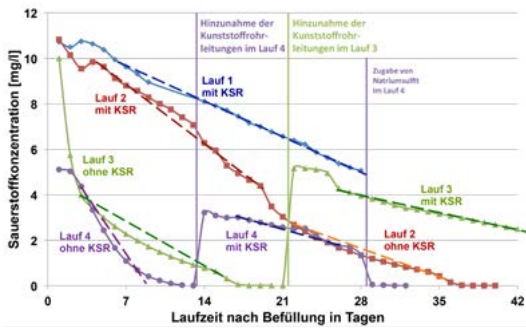


Bild 5: Sauerstoffkonzentration an der Messstelle vor der Kunststoffrohrleitung Lauf 1–4



Bild 6: Teile des geprüften Systems nach Versuchsende

Der Prüfaufbau wurde hinsichtlich der Verhältnisse der Rohrmaterialien und der Größe der medienberührten Innenoberflächen an einem realen Objekt ausgerichtet und entsprechend maßstabsgetreu verkleinert. Die Zusammensetzung des verwendeten Füllwassers ist in Bild 4 dargestellt. Während des Versuchs wurden die wesentlichen Kennwerte gemessen. Hierzu zählen der Sauerstoffgehalt in der Leitung, der Druck, die Temperatur, die Strömungsgeschwindigkeit und das Redoxpotential. Für die korrosive Beanspruchung der Leitungsrohre ist vor allem der Sauerstoffgehalt des Wassers maßgeblich. Messungen in einem geschlossenen Kreislauf ohne Kontakt mit Kunststoffrohren zeigen, dass der Sauerstoffgehalt nach etwa 10 Tagen ausgehend von etwa 10 mg/l bis auf nahezu Null abgesunken ist (Bild 5). Im ungünstigeren Fall einer Verbindung mit einem Kunststoffrohr, welches eine gewisse Nachdiffusion des Sauerstoffs zulässt, erfolgt der Abbau des Sauerstoffs im Wasser entsprechend länger. In diesem Fall ist der Sauerstoffgehalt erst nach rund 40 Tagen auf einen Wert von Null abgesunken. Aus dem Verlauf der Sauerstoffkonzentration in Abhängigkeit von der Versuchsdauer kann ein mittlerer Verbrauch des Sauerstoffs durch eine Korrosionsreaktion mit dem Leitungsrohr aus dem Werkstoff 1.4520 errechnet werden. Daraus ergibt sich unter den gewählten Versuchsbedingungen eine Abtragsrate durch flächige Korrosion von lediglich 1 µm in 50 Jahren. Die Rohre aus dem Werkstoff 1.4520 wurden nach unterschiedlichen Zeiten aus dem Versuchsstand entnommen und danach optisch begutachtet. Es zeigte sich jeweils eine gelbliche Verfärbung durch die Reaktion des Sauerstoffs im Wasser mit der inneren Oberfläche des Edelstahlrohrs (Bild 6). Darüber hinaus erfolgten elektrochemische Messungen zur Indikation eines möglichen Angriffs durch Loch- oder Spaltkorrosion. Die sehr umfangreichen Messungen an Rohren mit unterschiedlichen Verweilzeiten im Prüfstand bis zu maximal 559 Tagen ergaben jedoch keinerlei Anzeichen für einen Korrosionsangriff. Dabei wurden sowohl Messstellen im Grundwerkstoff, als auch in der Laserschweißnaht berücksichtigt. Die geglühte Laserschweißnaht zeigte sich in der statistischen Auswertung hinsichtlich ihrer korrosionschemischen Eigenschaften dem Grundwerkstoff ebenbürtig.

5. Schlussfolgerungen

Im Rahmen der Studie konnte die grundsätzliche Eignung des Werkstoffs 1.4520 für Heizungsinstallationen nachgewiesen werden. Dies ist im Wesentlichen bedingt durch das geschlossene System bei Heizungsinstallationen, welches zu einem schnellen Verbrauch des im Wasser gelösten Sauerstoffs führt. Damit wird eine flächige Korrosionsreaktion schon nach kurzer Zeit unterbunden. Der aus dem Sauerstoffverbrauch errechnete Flächenabtrag ist so gering, dass die Funktion bei einer angenommenen Lebensdauer von 50 Jahren sichergestellt wird. Darüber hinaus erbrachte die Erprobung auf dem Prüfstand des IWW, auch unter vergleichsweise kritischen Versuchsbedingungen gegenüber der betrieblichen Praxis, eine sehr gute Beständigkeit gegen Loch- und Spaltkorrosion bei einer Erprobungsdauer von etwa zwei Jahren. Unter den üblichen Installationsbedingungen für Heizungssysteme kann die Korrosionsbeständigkeit der geglühten laserschweißten Rohre aus dem ferritischen nichtrostenden Stahl 1.4520 deshalb als erwiesen angesehen werden. Die gefundenen Ergebnisse lassen sich im Übrigen auch auf sonstige geschlossene Wasserkreisläufe übertragen, bei denen sich bestimmungsgemäß Sauerstofffreiheit in der Betriebszeit einstellt und die Wasserzusammensetzung die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung und der VDI 2035 einhält. **Autor: Dr.-Ing. Georg Uhlig, Cronicon GmbH**

Parameter	Einheit	Mülheimer Trinkwasser	Mülheimer Trinkwasser nach Aufstockung					Richtwerte nach VDI 2035	Grenzwerte der Trinkwasserverordnung
			Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5		
elektr. Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	415	1813	1865	1880	1903	1880	100 - 1500	2790
pH-Wert bei Messtemperatur	-	8,02	8,12	7,93	7,97	8,00	8,20	6.5 - 8.5*	6.5 - 9.5
Sauerstoff	mg/l	9,2	9,2	10,0					
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	2,0	2,0	4,0	4,6	5,1	5,2		
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	<0,010		
freie Kohlensäure	mg/l	1,3	1,3	1,8	2,2	2,2	<1		
Calcium	mg/l	37,8	37,8	35,7	52,2	57,0	50,9		
Magnesium	mg/l	6,6	6,6	6,1	8,3	9,4	8,0		
Natrium	mg/l	34,9	335,0	340,0	357,0	353,0	337,0		200
Kalium	mg/l	3,9	3,9	6,0	6,2	6,6	7,0		
Chlorid	mg/l	36,8	242	246	253	237	247		250
Nitrat	mg/l	12,6	12,6	28,8	57,9	40,6	23,3		50
Sulfat	mg/l	35,9	243	246	251	240	252		250
Phosphat, gesamt	mg/l	0,27	0,27	0,24	0,28	0,29	0,31		
Phosphor (ges.) als P	mg/l	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10		
Chrom	mg/l	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,002		0,05
Kupfer	mg/l	0,012	0,012	0,03	0,015	0,035	0,03		2
Nickel	mg/l	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,005		0,02
Blei	mg/l	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	<0,002		0,01
Aluminium, gesamt	mg/l	< 0,010	< 0,010	0,011	< 0,010	< 0,010	0,014		0,2
Eisen, gesamt	mg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,129		0,2
Mangan, gesamt	mg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<0,010		0,05
Zink	mg/l	< 0,010	< 0,010	0,016	< 0,010	< 0,010	0,026		
TOC	mg/l	0,48	0,48	0,73	1,4	1,3	0,77		

Bild 4: Zusammensetzung der Füllwässer

*) pH-Werte für den Fall, dass in der Heizungsanlage auch Bauteile aus Aluminium enthalten sind.