



Prüfbericht **Kopie** Nr. 416579

Auftraggeber:

Promotec AG
W. Gerstenkorn
Sonnenweg 14
CH-4153 Reinach

Prüfauftrag: **Qualitätsprüfung einer Rohrrinnenbeschichtung gemäss der
Vorschrift W/TPW 158 des SVGW, Postfach 658, 8027 Zürich**

Prüfobjekt: **Modellrohrbaum mit Rohrrinnenbeschichtung**

Kundenreferenz: Herr W. Gerstenkorn

Ihr Auftrag vom: 8. November 2000

Beschichtung des
Rohrbaums: Ab 5. Dezember 2000

Ausführung der Prüfung: bis 13. Februar 2001

Anzahl Seiten: 14

Beilagen: keine

INHALT

- 1 Allgemeines
- 2 Technische Angaben
- 3 Prüfungen
- 4 Kommentar

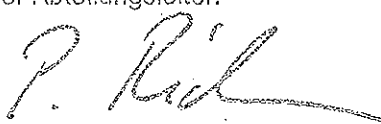
Dübendorf, 14. Februar 2001
Prüfleiter:

Abt. Korrosion/Oberflächenschutz
Der Abteilungsleiter:



STS-Nr. 067

Thomas Sidler


Dr. Peter Richner

1 Allgemeines

Die nachfolgenden Qualitätsprüfungen für Rohrrinnenbeschichtungen erfolgten gemäss der Vorschrift W/TPW 158, Ziffer 6.3 bis 6.8 und 6.10 des SVGW (Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches). In der Richtlinie sind die Prüfungen und die Mindestanforderungen beschrieben. Die Skizze des Prüfbaums für Hausinstallationen ist im Anhang 1 in der Richtlinie enthalten.

2 Technische Angaben

Reinigungsverfahren: Sandstrahlung mit Wasser und anschliessender Trockenstrahlung

Beschichtungsmaterial: - Lösemittelfreie Epoxidharzbeschichtung, glänzend
- Farbton: rot

Der Prüfbaum wurde gemäss der Ziffer 6.11 erstellt.

3 Prüfungen

3.1 Visuelle Beurteilung der sandgestrahlten Rohrrinnenflächen

Die visuelle Beurteilung der sandgestrahlten Rohrrinnenflächen erfolgte mit Hilfe eines Endoskops an verschiedenen Teilabschnitten des Rohrbaums.

Norm: ISO 8501-1, Reinheitsgrad der Sandstrahlung

Anforderung: mindestens Sa 2½

Gerät: Storz Endoscoption, Typ 81483

Ergebnis: Die Sandstrahlung an den Rohrrinnenseiten entspricht dem Reinheitsgrad Sa 2½.

3.2 Rauheit der sandgestrahlten Rohrrinnenflächen

Ein Rohrstück der Warmwasserleitung (Nr. 38 gemäss Anhang 4) wurde nach dem Sandstrahlen demontiert und in Längsrichtung aufgeschnitten. Der Reinheitsgrad der Sandstrahlung wurde gemäss der Norm ISO 8501-1 im Vergleich zu den Vorlagen beurteilt. An der entnommenen Probe wurde mit dem Messgerät "Perthometer M4P" die Rautiefe der Sandstrahlung gemessen.

Norm: ISO 3274 (4768), Ermittlung der Rauheitskenngrößen

Anforderung: R_z – Wert von mindestens 25 μm bzw. maximal 55 μm
(R_z – Wert = mittlere Rauhtiefe)

Gerät: Perthometer M4P 150 der Zeiss AG

Probe: Rohrstück Nr. 38

Taststrecke: 15 mm

Messstrecke: 12.5 mm

Grenzwellenlänge: 2.5 mm

Ergebnis:

Messung Nr.	R_a [μm]	R_z [μm]	R_{max} [μm]	erfüllt
1	5.5	33.8	39.0	ja
2	4.8	40.5	57.5	ja
3	5.9	34.3	39.1	ja
4	5.9	34.9	38.6	ja
5	5.5	35.2	43.5	ja
6	5.0	33.5	49.5	ja
7	4.9	34.4	44.9	ja
Mittelwert	5.4	35.2	44.6	ja

Bemerkung: Die Rauheit der sandgestrahlten Rohrrinnenfläche entspricht mit einem R_z -Mittelwert von 35.2 μm den Anforderungen von mindestens 25 μm bzw. maximal 55 μm .

Erklärung:

R_a : Die arithmetische Mittelwertabweichung der Absolutwerte des Rauheitsprofils von der Mittellinie.

R_z : Die mittlere Höhendifferenz zwischen den fünf höchsten Peaks und den fünf tiefsten Tälern im Messbereich.

R_{max} : Die maximale Rauhtiefe.

3.3 Visuelle Beurteilung der Beschichtung bei den Rohrrinnenflächen

Für die visuelle Beurteilung der beschichteten Rohrrinnenflächen wurden vom Prüfbaum ausgewählte Rohrstücke herausgesägt und in Längsrichtung aufgeschnitten. Auf dem Plan im Anhang sind die Stellen, an denen Rohrproben entnommen wurden, markiert. Getrennt wurden alle Proben mit einer Kennzeichnung versehen (siehe Tabelle)

Legende: W 1 – 8 = Warmwasserleitung

K 1 – 8 = Kaltwasserleitung

Z 1 – 3 = Zirkulation

Probe	Schnitt- position	Aussehen und Feststellungen
W 1	3 / 9 Uhr bzw. 6 / 12 Uhr	Die Beschichtung ist leicht wellig. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 8 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden. Scharfkantige Gewindeteile sind zum Teil gering mit dem Anstrichstoff überdeckt.
W 2	vorne	Die Beschichtung ist glatt. Im Gewindebereich sind Lufteinschlüsse vorhanden. Scharfkantige Gewindeteile sind zum Teil gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. Auf der Vorderseite dieser Steigleitung ist ein tropfenartiger Farbablauf vorhanden (Bild 1).
W 3	12 / 6 Uhr	Die Beschichtung ist leicht wellig. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 6 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes (Bild 2). In der Beschichtung ist an einer Stelle (Pos. 4 Uhr) ein Korn des Strahlmittels eingearbeitet.
W 4	vorne	Die Beschichtung ist glatt. An Rohren mit kleinen Dimensionen sind scharfkantige Gewindeteile gering mit dem Anstrichstoff überdeckt.
W 5	12 / 6 Uhr	Die Beschichtung ist leicht wellig. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 6 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt.
W 6	vorne	Die Beschichtung ist glatt. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt.
W 7	seitlich bzw. 6 / 12 Uhr	Die Beschichtung ist glatt. In der Beschichtung sind zwei Luften-schlüsse vorhanden. Im Übergangsbereich zwischen Rohr 37 und 38 zeigt sich ein geringes Abfließen der Beschichtung.
W 8	vorne bzw. 3 / 9 Uhr	Die Beschichtung ist glatt (Steigleitung) bzw. leicht wellig (horizontal verlaufende Leitung). In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 5 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt.
K 1	6 / 12Uhr	Die Beschichtung ist leicht wellig. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 7 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden (Bild 3). Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt.
K 2	seitlich bzw. 6 / 12 Uhr	Die Beschichtung ist glatt. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 7 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes (Bild 1). In der Beschichtung sind zwei Luften-schlüsse vorhanden.
K 3	3 / 9 Uhr	Die Beschichtung ist leicht wellig. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 3 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. In der Beschichtung ist ein Luften-schluss vorhanden.

K 4	3 / 9 Uhr	Die Beschichtung ist leicht wellig. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 7 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. Im Bereich des Gewindes ist vereinzelt Strahlmittel eingearbeitet.
K 5	vorne	Die Beschichtung ist glatt. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. In der Beschichtung sind vereinzelt Lufteinschlüsse vorhanden. Im Übergangsbereich zwischen Rohr 5 und 6 zeigt sich ein geringes Abflauen der Beschichtung.
K 6	3 / 9 Uhr bzw. vorne	Die Beschichtung ist leicht wellig. Der Rohraussenbogen ist teilweise gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt.
K 7	vorne	Die Beschichtung ist glatt. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden.
K 8	3 / 9 Uhr	Die Beschichtung ist leicht wellig. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 7 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden.
Z 1	3 / 9 Uhr	Die Beschichtung ist glatt. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden. In der Position 6 Uhr zeigen sich bis ca. 4 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes. Die Beschichtung weist zwei ca. 30 mm lange Risse auf, die höchstwahrscheinlich durch die Demontage des Rohrbaums entstanden. Eindrücke eines Werkzeugs, die an diesen Stellen auf der Aussenseite des Rohres vorhanden waren, bekräftigen diese Annahme.
Z 2	seitlich bzw. vorne	Die Beschichtung ist glatt und gleichmässig
Z 3	seitlich	Die Beschichtung ist leicht wellig. Der Rohraussenbogen ist teilweise gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. Scharfkantige Gewindeteile sind gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. In der Beschichtung sind Lufteinschlüsse vorhanden.

Bemerkung: Bei den Lufteinschlüssen handelt es sich um offene u/o geschlossene Blasen an der Oberfläche der Beschichtung bzw. in der Schicht.

3.4 Bestimmung der Haftfestigkeit

Norm: DIN EN 24624

Anforderung: keine Werte der Haftfestigkeit unter 4 N/mm²

Prüfmethode: Mit einem Kleber auf Epoxidharzbasis wurden geschliffene Prüfstem-
peln auf die Innenbeschichtung geklebt. Nach einer Trockenzeit von 24
Stunden wurde die Beschichtung entlang dem Umfang des Prüfstem-
pels bis zum Untergrund durchgetrennt. Anschliessend wurden die
Prüfstempel mit einem Haftprüfer senkrecht zur Beschichtung abge-
zogen.

Gerät: Haftungsprüfgerät SATTEC Nr. 3 mit einer Haftkraft von 5.00 kN

Folgende Abkürzungen wurden für den Ort der Trennstelle der Haftstempel gewählt:

B = Beschichtung
 St = Stempel
 S = Substrat

Ergebnisse: Angaben in N/mm²

Probe	Messung Nr.	Werte [N/mm ²]	Trennstelle	Mittelwert [N/mm ²]
W 1 Pos. 12 Uhr	1	11.9	St/B	8.3
	2	7.0	St/B	
	3	6.0	St/B	
W 1 Pos. 6 Uhr	1	15.6	B	11.9
	2	8.6	B	
	3	11.5	B	
K 1 Pos. 9 Uhr	1	5.3	80% St/B 20% B	7.5
	2	8.0	B	
	3	9.1	60% St/B 40% B	
K 1 Pos. 3 Uhr	1	7.7	St/B	8.3
	2	9.7	75% St/B 25% B	
	3	7.6	75% St/B 25% B	
Mittelwert über die ganze Rohrrinnenfläche				9.0

Bemerkung: Die Probe W 1 weist in der Position 6 Uhr bis zu 8 mm dicke Zusammenläufe des Anstrichstoffes auf. Diese Schichtstärke wirkt sich bei der geprüften Probe nicht negativ auf die Haftfestigkeit der Beschichtung aus.

(4,0
Verlängerung)

3.5 Bestimmung der Porenfreiheit

Norm: ASTM G 62 Methode A

Anforderung: Die Beschichtung muss völlig porenfrei sein.

Methode: Die Porenprüfung erfolgte mit einer Pinhole Schwammelektrode (Schwachstrom 9V).

Vorgehen: Die beschichtete Oberfläche der Rohrrinnenseiten wurde mit dem Porenprüfgerät abgetastet. Beim Kontakt der Schwammelektrode mit dem blanken Stahl (Poren), ertönt ein akustisches Signal. Die Beschichtung wurde nur bei den in Längsrichtung aufgeschnittenen, nicht unterbrochenen Rohrrinnenflächen und stichprobenartig an zwei Bögen auf Poren hin untersucht.

Proben: Für die Prüfung auf Porenfreiheit wurden folgende Proben ausgewählt und untersucht:

W 4	K 2
W 2	K 5
W 6	K 8

Ergebnis:

Bei den geprüften Rohrstücken wurden keine Poren gefunden.

3.6 Schrumpfung

Methode: Ein Rohrstück der Proben W 8 wurde in der Längsrichtung (Position 9 und 3 Uhr) aufgeschnitten und die Schichtdicke im Bereich der Positionen 6 Uhr gemessen. Anschliessend wurden die Rohrhälften während 5 Tagen in einem Trockenschrank bei 40°C künstlich gealtert.

Anforderung: Nach der künstlichen Alterung dürfen in der Beschichtung keine Risse und/oder Poren erkennbar sein.

3.6.1 Bestimmung der Schichtdicke:

Norm: ISO 2808, Methode Nr. 5 (Mikroskopmethode)

Gerät: Wild Photomakroskop M 400

3.6.2 Ergebnisse der Messungen an horizontalen Leitungen und der Steigleitung

Probe	Position der Messpunkte (1 bis 12 Uhr) (Schichtdickenmessungen in µm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W 3	--	--	--	--	--	5952	4450	558	554	492	504	585
W 3	373	408	355	396	2399	--	--	--	--	--	--	--
W8	--	--	309	378	4095	5344	4022	325	344	--	--	--
K 8	327	236	350	--	--	--	--	--	360	299	327	259
K 8	--	--	--	369	3200	4922	3690	424	--	--	--	--

Z 2 (Steigleitung)	1327, 1293, 1162, 1338, 1280, 1232, 1221 (rundum gemessen)
--------------------	--

3.6.3 Zusammenfassung der Messungen

Probe	Anzahl Messwerte	Minimum [μm]	Maximum [μm]	Mittelwert [μm]	Standardabweichung [μm]
W 3	12	355	5952	1419	1880
W8 (Pos. 9/6/3 Uhr)	7	309	5344	2117	2258
K 8	12	236	4922	1230	1676
Z 2	7	1162	1338	1265	63.0

Hinweis: Die Beschichtung weist in der Position 6 Uhr Zusammenläufe des Anstrichstoffes auf, wodurch die Angaben der Mittelwerte der Schichtdicken nicht aussagekräftig sind. Die Steigleitungen sind in der Regel gleichmässig beschichtet.

3.6.4 Prüfung auf Porenfreiheit

Bemerkung: In der Beschichtung gab es bereits vor der künstlichen Alterung Lufteinschlüsse die jedoch nicht bis zum Substrat reichten.

Die Prüfung auf Porenfreiheit wurde mit dem Porenprüfgerät Pinhole mit einer Schwammlektrode wie unter Punkt 3.5 durchgeführt.

Ergebnis: Nach der künstlichen Alterung im Trockenschrank zeigte die Beschichtung des Rohrstücks W 8 keine Risse und Poren.

3.7 Salzsprühnebelprüfung und Unterwanderung

Ausführung: Salzsprühnebelprüfung gemäss ISO 9227 SS

Unterwanderung DIN 53 167

Anforderung: maximale Unterwanderung pro Ritzseite: 1 mm

Prüfkammer: Liebisch S - 1000

Probenvorbehandlung: Die Beschichtung wurde, gemäss der Norm DIN 53 167 mit einem Ritzstichel nach Clemen, bis zum Substrat linienartig durchgeritzt.

Probennachbehandlung: Die Proben wurden mit deionisiertem Wasser gespült.

Versuchsdauer: 500 Stunden

Ergebnis:

Probe	Feststellungen
W 1, Pos. 11 und 13 Uhr	Die Beschichtung weist keine Unterwanderung auf (Bild 4).
W 3, Pos. 9 Uhr	Die Beschichtung weist keine Unterwanderung auf.
K 1, Pos. 11 und 13 Uhr	Die Beschichtung weist keine Unterwanderung auf.

3.6 Temperaturbeanspruchung

Methode: Vier Rohrhälften wurden in einem Dampfkochtopf während einer Stunde und einem Innendruck von 100 ± 10 kPa (1 bar) exponiert.

Anforderung: Gemäss Vorschrift, Punkt 6.10 dürfen in der Beschichtung keine Blasen erkennbar sein. Nach einer Ruhezeit von 24 Stunden im Klimaraum bei 23°C und 50 % r. L. erfolgt eine Prüfung der Haftung wie unter Punkt 3.4 beschrieben. Die Werte in N/mm^2 dürfen nach unten nicht mehr als 20 % abweichen.

Folgende Abkürzung wurden für den Ort der Trennstellen der Haftstempel gewählt:

B = Beschichtung
 St = Stempel
 S = Substrat

Ergebnis:

Probe	Messung Nr.	Werte $[\text{N/mm}^2]$	Trennstelle	Mittelwert $[\text{N/mm}^2]$	Mittelwert gem. 3.4 $[\text{N/mm}^2]$	Abweichung in %
W 1 Pos. 12 Uhr	1	6.5	60% St/B 40% B/S	6.7	8.3	-19.3%
	2	7.2	75% St/B 25% B/S			
	3	6.4	75% St/B 13% B 12% B/S			
W 1 Pos. 6 Uhr	1	12.7	60% B 40% St/B	9.4	11.9	-21.0%
	2	9.6	100% St/B			
	3	5.9	100% St/B			
K 1 Pos. 9 Uhr	1	6.0	100% St/B	5.7	7.5	-24.0%
	2	6.1	100% B/S			
	3	5.1	100% B/S			
K 1 Pos. 3 Uhr	1	4.4	100% B/S	5.2	8.3	-37.3%
	2	4.6	100% B/S			
	3	6.7	50% B/S 50% St/B			

Bemerkung: Die Proben W 1 Pos. 6 Uhr, K 1 Pos. 9 und 3 Uhr, zeigen nach der Temperaturbeanspruchung eine Abnahme der Haftfestigkeit von mehr als 20%. Die Haftungswerte der geprüften Proben liegen mit 5.2 N/mm^2 bis 9.4 N/mm^2 jedoch über dem geforderten Mindestwert von 4.0 N/mm^2 .

Kommentar

- Punkt 3.1: Visuelle Beurteilung der sandgestrahlten Rohrrinnenflächen**
Bei der visuellen Prüfung der gereinigten Rohrrinnenflächen mit dem Endoskop und die Beurteilung des aufgeschnittenen Rohrstücks (Nr. 38 gemäss Anhang7) zeigte, dass der Reinheitsgrad Sa 2 ½ erreicht wurde.
- Punkt 3.2: Rauheit der sandgestrahlten Rohrrinnenflächen**
Die Rauheit der sandgestrahlten Rohrrinnenfläche entsprach mit einem R_z Mittelwert von $35.2 \mu\text{m}$ den Anforderungen von mindestens $25 \mu\text{m}$ bzw. maximal $55 \mu\text{m}$.
- Punkt 3.3: Visuelle Beurteilung der Beschichtung bei den Rohrrinnenflächen**
Die beschichteten Rohrrinnenflächen zeigten eine glatte bzw. leicht wellige Oberfläche. An einigen Stellen zeigten sich in der Position 6 Uhr Zusammenläufe des Anstrichstoffes. In der Beschichtung waren teilweise Luftporen vorhanden. Scharfe Kanten, wie sie bei Gewinden und Rohrschnittenden angetroffen wurden, waren gering mit dem Anstrichstoff überdeckt. Solche Partien stellen eine potentielle Schwachstelle in einer Beschichtung dar.
- Punkt 3.4: Bestimmung der Haftfestigkeit**
Die vorgeschriebenen Werte der Haftfestigkeit von mindestens 4 N/mm^2 wurde bei allen Messungen, über die ganze Rohrrinnenfläche erreicht.
- Punkt 3.5: Bestimmung der Porenfreiheit**
Bei den geprüften Rohrstücken wurden keine Poren gefunden.
- Punkt 3.6: Schrumpfung**
Die Beschichtung des geprüften Rohrstücks W 8, zeigte nach der künstlichen Alterung keine Risse und Poren.
- Punkt 3.7: Salzsprühnebelprüfung**
Die geprüften Rohrstücke wiesen keine Unterwanderung auf.
- Punkt 3.8: Temperaturbeanspruchung**
Die Proben W 1 Pos. 6 Uhr, K 1 Pos. 9 und 3 Uhr, zeigten nach der Temperaturbeanspruchung eine Abnahme der Haftfestigkeit von mehr als 20%. Der Haftungsverlust lag zwischen 19.3% (Probe W 1 Pos. 12 Uhr) und 37.3% (Probe K 1 Pos. 3 Uhr). Die Haftungswerte der geprüften Proben lagen mit 5.2 N/mm^2 bis 9.4 N/mm^2 jedoch über dem Mindestwert von 4.0 N/mm^2 .

Hinweis:

Die untersuchten Proben werden noch sechs Monate aufbewahrt. Die restlichen Proben werden nach 2 Wochen entsorgt.

Prüfbaum Hausinstallation

