

Anhang B zu:

Ermüdungssicherheit von vollverschlossenen Seilen mit Korrosionsschäden

von

Michael Paschen

PSP – Prof. Sedlacek & Partner Planung
und Entwicklung im Bauwesen GmbH
Aachen

Friedhelm Dürrer
Olivier Gronau

DMT GmbH & Co. KG
Essen

Friedhelm Eric Rentmeister

BRIDON International GmbH
Gelsenkirchen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 146 – Anhang B

bast

Beurteilung der Ermüdungssicherheit von vollverschlossenen Spiralseilen mit Korrosionsschäden

FE 15.0444/2007/HRB

Anhang B

Bericht der DMT über die visuelle Prüfung von abgelegten VVS-Seilenden

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen

Verfasser: Olivier Gronau, DMT

Durchführung:

PROF. SEDLACEK & PARTNER
PLANUNG UND ENTWICKLUNG IM BAUWESEN GmbH



BRIDON
International GmbH

IEHK RHEINISCH-
WESTFÄLISCHE
TECHNISCHE
HOCHSCHULE
AACHEN **RWTH**

 **DMT**

Stand

10. September 2015

DMT GmbH & Co. KG · Dinnendahlstraße 9 · 44809 Bochum

Name Olivier Gronau
Telefon +49 234 3696-502
Telefax +49 234 3696-500
Unser Zeichen PL-Gr, Kj
E-Mail Olivier.Gronau@dmtd.de
Seite 1/28
Datum 24.04.2008

Bericht Nr. 043/2008/01

über die visuelle Prüfung von 5 abgelegten VVS-Seilenden

DMT GmbH & Co. KG

DMT-Prüflaboratorium für
Zerstörungsfreie und Zerstörende
Prüfung -Seilprüfstelle-

Dinnendahlstraße 9
44809 Bochum
Deutschland

dmtd@dmtd.de
www.dmttd.de

Auftraggeber: Landesbetrieb Straßenbau NRW
Niederlassung Krefeld
Hansastraße 2
D-47799 Krefeld

Prüfbeauftragte: Dipl. Ing. Olivier Gronau

Dieser Bericht umfasst 28 Seiten und darf ohne schriftliche Genehmigung des DMT-Prüflaboratoriums für Zerstörungsfreie und Zerstörende Prüfung -Seilprüfstelle- nur vollständig, nicht auszugsweise, weiterverbreitet werden.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die
DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH
akkreditiertes Prüflaboratorium

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde
aufgeführten Prüfverfahren



1 Allgemeine Angaben

1.1 Auftraggeber / Vorgang

Landesbetrieb Straßenbau NRW
Niederlassung Krefeld
Hansastraße 2
D-47799 Krefeld

Bestellung mit Ingenieurvertrag vom 12. Juli 2006, Vertrags-Nr. UA III 021/06

Aktenzeichen: 4700/30000.080/3.40.12.01 - Flehe

Bezug: Angebot Nr. SF-A2006-0065 der DMT vom 06.06.2006

1.2 Auftragsumfang

Visuelle Prüfung an 5 vorgelegten VVS-Seilenden, die aus den abgelegten Seilen der Rheinbrücke Düsseldorf-Flehe im Zuge der A 46 stammen. Dazu sind die einzelnen Drahtlagen der Seilenden nacheinander zu entnehmen und der innere Befund zu dokumentieren.

Die Ergebnisse werden in einem Prüfbericht nach DIN EN ISO 17025 zusammengestellt.

1.3 Prüfpersonal

Dipl.-Ing. Gronau (visuelle Seilprüfung)

Die Seilproben wurden durch die DMT-Mitarbeiter Klein, Lubos und Wiczorek in der Werkstatt der DMT-Seilprüfstelle, Bochum, geöffnet.

1.4 Frühere Inspektions- bzw. Prüfberichte über die Brückenseile durch DMT sind wie folgt datiert

1984 Gutachten vom 06.12.1985 der WBK-Seilprüfstelle

1986 Gutachten vom 02.10.1986 der WBK-Seilprüfstelle

1990 Gutachten Nr. 9157 vom 31.10.1990 des DMT-IFT

1996 Prüfbericht Nr. 2235 vom 29.11.1996 des DMT-IFT

2003 Inspektionsbericht Nr. 069/2003/01 vom 08.09.2003 der DMT

2004 Prüfbericht Nr. 098/2004/01 vom 01.10.2004

2 Angaben zum Vorgang

2.1 Allgemeine Angaben

Die Rheinbrücke Düsseldorf-Flehe wird von insgesamt 96 vollverschlossenen Seilen getragen. Die Anordnung der Seile im Bauwerk geht aus Tabelle 1, Seite 4, hervor.

Die Seilgruppen werden mit R -Rückhalteseile- (Vorlandseite) bzw. V -Vorbauseile- (Rheinseite) jeweils von außen zum Pylon hin zählend mit V 100 bis V 700 bzw. R 100 bis R700 bezeichnet. Innerhalb der einzelnen Seilgruppen werden die Seile zum Pylon hin mit 1 bis 3, bzw. 4 gezählt und entsprechend ihrer Anordnung in Bezug auf die Fließrichtung des Rheins mit u = unterstrom, o = oberstromseitig bzw. in den R/V 100-Gruppen auch mit m = Mitte benannt.

Die Seile wurden von Trefil Arbed (TA), Köln, und Thyssen Draht AG (TD), Gelsenkirchen, geliefert. Die Zuordnung der Seile zu den Herstellerwerken geht aus Tabelle 1, Seite 4, sowie aus Bild 1, Seite 5, hervor.

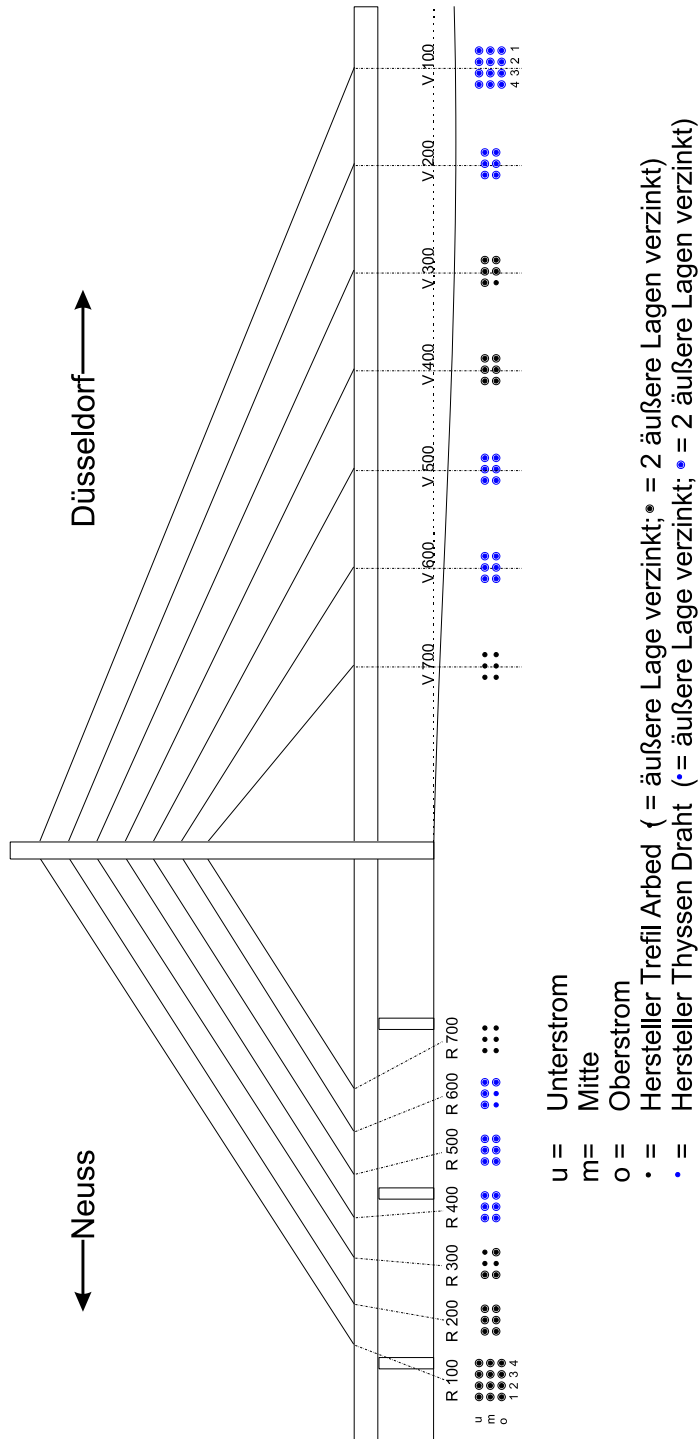
2.2 Angaben zur Probennahme

Aufgrund von Schäden an den Seilen wurden umfangreiche Sanierungsmaßnahmen vorgenommen, zu denen auch ein Austausch von Seilen gehörte. Von diesen abgelegten Seilen sollten 5 Seilenden von ca. 1 m Länge, mit stirnseitig verschweißten Drähten zur weiteren Untersuchung der DMT-Seilprüfstelle zur Verfügung gestellt werden. Entsprechend der Vorgabe durch den Auftraggeber sollten die Schadstellen im Drahtbruchbereich der Seile R100-4u und R100-2m entnommen werden, sowie 3 weitere Seilproben mit starkem Rost auf den Außendrähten sowie mit starkem Angriff der Verzinkung.

Tabelle 1: Anordnung, technische Daten und Umfang vergangener Prüfungen durch DMT

Bezeichnung der Seilgruppen	R100	R200	R300	R400	R500	R600	R700	V700	V600	V500	V400	V300	V200	V100
Anzahl der Seile	12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	12
Hersteller	TA	TA	TA	TD	TD	TD	TA	TA	TD	TD	TA	TA	TD	TD
Seil-Ø	111	111	111	105	97	93	101	111	93	97	111	111	97	105
Seilanordnung Nr. u m o	1234 0000 0000 0000	123 000 000 000	123 000 000 000	123 000 000 000	123 000 000 000	123 000 000 000	123 000 000 000	321 000 000 000	321 000 000 000	321 000 000 000	321 000 000 000	321 000 000 000	321 000 000 000	4321 0000 0000 0000
1984 alle Seile geprüft (hier Befund an Seilen)	0000 0000 0000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000 ¹	000 000 000	000 000 000	0000 0000 0000 ²
1986 reparierte Seile	0 00 00 0													
1986 geprüfte Seile	0 000 0											0		0 0 0
1990 alle Seile geprüft (hier Befund an Seilen)	0000 0000 0000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	0000 0000 0000
1996 geprüfte Seile	00 000 00 0	0 0 0	00 00 00	0 0 0	0 0 0	0 0 0	000 00 00	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0 00 0 0 0
2003 alle Seile geprüft (hier Befund an Seilen)	0000 0000 0000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	000 000 000	0000 0000 0000
2004 Nachprüfung + LMA-Messung								0 ³	0					000 00

¹ einige kleine spitze Ausschläge, oft auf allen 4 Spulen bei allen Seilen dieser Gruppe
² Vielzahl von sehr spitzen Ausschlägen, oft in allen 4 Spulen bei allen Seilen dieser Gruppe
³ mit Messung des metallischen Seilquerschnittsverlustes


Bild 1

Skizzenhafte Darstellung der Brückenseile sowie Angaben zum Hersteller und Seilausführung

Im Vorfeld wurde zwischen dem unterzeichnenden Prüfbeauftragten und dem Projektleiter der die Sanierungsmaßnahmen ausführenden Firma Dr. Roxlau, abgesprochen, daß die Seilprobenentnahme bei einer vor Ort-Begehung gemeinsam vorgenommen werden sollte. Hierzu fand jedoch keine weitere Terminierung statt. Die Seilproben wurden daher auch nicht direkt zur DMT-Seilprüfstelle versandt, sondern zum Seilhersteller für die neuen Seile (hier BRIDON International GmbH, Werk Gelsenkirchen).

Die Seilproben wurden dann im November 2007 zur Seilprüfstelle geliefert. Insgesamt wurden 7 Seilproben mit Längen zwischen ca. 3 m und ca. 10m (siehe Bild 2, Seite 11) geliefert. Diese Seilproben hatten weder Bezeichnungen noch andersartige Markierungen. Die Schadstellen der Seile R100-4u (im Weiteren als Probe 1 bezeichnet) und R100-2m (im Weiteren als Probe 2 bezeichnet) konnten aufgrund der fehlenden Drähte identifiziert werden.

Beim Öffnen der Probe 2 am 17.12.2007 wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt, welche Seilabschnitte für die weiteren Untersuchungen aus den angelieferten Proben entnommen werden sollten. Diese Probenpräparation wurde durch den für die Sanierungsmaßnahmen zuständigen Projektleiter beauftragt und am 19.03.2008 für die Seilproben 1, 3, 4 und 5 vorgenommen.

2.3 Angaben zu den Seilen

Nach Angabe des Lieferanten handelt es sich bei den Proben ausschließlich um Seilstücke der R100-Gruppe. Diese Seile wurden von Trefil Arbed, Werk Köln, gefertigt und haben einen Nenndurchmesser von 111 mm. Aus den Unterlagen zu den Seilen, die bereits bei den o. g. Vorgängerprüfungen zur Verfügung gestellt wurden, geht hervor, daß die beiden äußeren Z-Profillagen verzinkt sind. Die Probenbezeichnungen für die weiteren Untersuchungen wurden wie folgt gewählt:

- Seilprobe 1: Seilprobe aus R100-4u im Bereich der 6 Drahtbrüche (siehe Bild 3, Seite 11)
- Seilprobe 2: Seilprobe aus R100-2m im Bereich der 3 Drahtbrüche (siehe Bild 9, Seite 14)
- Seilprobe 3: keine Zuordnung möglich (siehe Bild 12, Seite 16)

- Seilprobe 4: keine Zuordnung möglich (siehe Bild 14, Seite 17)
- Seilprobe 5: keine Zuordnung möglich (siehe Bild 17, Seite 18)

2.3.1 Seilaufbau

Der Seilaufbau, d. h. Anzahl der Drahtlagen, Anzahl der Drähte je Lage sowie Drahtform und Schlagrichtung sind beim Öffnen der Seile wie folgt entnommen worden:

Drahtlage	Anzahl der Drähte	Drahtform	Schlagrichtung der Drahtlage	Schlaglänge [mm]
Kerndraht	1	rund	-	-
1. Drahtlage	6	rund	links	110
2. Drahtlage	12	rund	rechts	220
3. Drahtlage	18	rund	links	295
4. Drahtlage	24	rund	rechts	370
5. Drahtlage	26	Z-Profil	links	425
6. Drahtlage	34	Z-Profil	rechts	550
7. Drahtlage	41	Z-Profil	links	735
8. Drahtlage	47	Z-Profil	rechts	810
9. Drahtlage	54	Z-Profil	links	1030
10. Drahtlage (Außenlage)	57	Z-Profil	rechts	1140

3 Befunde der Prüfungen

Der innere Befund der untersuchten Seilproben unterscheidet sich nicht voneinander, weshalb im weiteren Verlauf nur bei zur Dokumentation erstellten Bildern eine Zuordnung zu den einzelnen Proben gemacht wird.

Der äußere Zustand der Seilproben unterscheidet sich hinsichtlich des Korrosionsangriffes bzw. des Angriffes auf die Verzinkung. Bei den gelieferten

Seilproben konnte keine genügende Haftung des Originalanstriches beobachtet werden. Hierfür wurden bereits mehrere Untersuchungsberichte erstellt.

3.1 Äußerer Befund

Wie aus Bild 3 und Bild 4 hervorgeht, ist die Verzinkung der Drähte von Seilprobe 1 teilweise bis mäßig angegriffen. Stellenweise wurde auch geringe Korrosion an den Einzeldrähten vorgefunden. Ein Draht mit mäßigem Angriff auf die Verzinkung ist in Bild 5, Seite 12, dargestellt. Der Angriff der Verzinkung beschränkt sich auf die Außenfläche. Punktuell wurden am Rand der Außenfläche auch Bereiche vorgefunden, auf denen die Verzinkung nicht mehr vorhanden war (siehe Bild 6, Seite 13). Ein weiterer Draht mit geringer Oberflächenkorrosion ist in Bild 7, Seite 13, dargestellt. Auch hier ist die Verzinkung stellenweise am Rand sowie auch an der Außenfläche verbraucht (siehe Bild 8, Seite 14).

Seilprobe 2 zeigte über weite Bereiche einen schwachen Angriff auf die Verzinkung. Neben einer starken Korrosion an den Bruchstellen wurde ein weiterer Bereich mit mäßiger Korrosion an einigen Außendrähten vorgefunden (siehe Bild 11, Seite 15).

Seilprobe 3 (Bild 12, Seite 16) zeigte über weite Bereiche auf den Außenflächen der Außendrahtlage einen mäßigen Angriff auf die Verzinkung. Innerhalb dieser Bereiche wurde punktuell bereits auch selektive Korrosion des Drahtwerkstoffes vorgefunden (siehe Bild 13, Seite 16).

Seilprobe 4 (Bild 14, Seite 17) zeigte über weite Bereiche eine starke Korrosion der Außendrähte. Die Einzeldrahtaufnahmen in Bild 15 und Bild 16, ab Seite 17, zeigen, daß die Korrosion bereits den Rand der Außenflächen erreicht hat. Im Randbereich ist die Verzinkung ebenfalls verbraucht. Ab dem Stegbereich konnte keine Schädigung bzw. ein Angriff auf die Verzinkung vorgefunden werden. Teilweise war im Stegbereich festhaftender Primer beim Reinigen der Drähte festgestellt worden.

Seilprobe 5 (Bild 17, Seite 18) zeigte über große Bereiche geringe bis mäßige Korrosion an den Außendrähten sowie vereinzelt einen geringen Angriff auf die Verzinkung.

3.2 Innerer Befund

Wie schon einleitend angeführt unterscheidet sich der innere Befund der 5 Seilproben nicht voneinander. Nach dem Öffnen der einzelnen Lagen wurde augenscheinlich trockenes Seilverfüllmittel in ausreichendem Maße vorgefunden. Beim Entfernen des Verfüllmittels konnte jedoch festgestellt werden, daß dieses noch eine genügende Schmierwirkung aufwies.

In Bild 18 bis Bild 22, ab Seite 19, ist die 9. Drahtlage nach dem Entfernen der Außendrahtlage dargestellt. Da die Z-Profildrähte dieser Drahtlage ebenfalls verzinkt waren, wurden auf den Auflageflächen die Abdrücke beider Nachbarlagen vorgefunden. Durch leichtes mechanisches Reinigen mit einer Drahtbürste ließen sich diese schwachen Abdrücke entfernen. Bild 22 zeigt eine Unregelmäßigkeit in der Verzinkung, wie sie auch an anderen Stellen vorgefunden wurden.

Die Befunde der Drahtlagen 1 bis 8 sind in Bild 23 bis Bild 36, ab Seite 21, für die 5 Seilproben exemplarisch dargestellt. Eine Aufnahme des Kerndrahtes ist in Bild 37, Seite 28, dargestellt. Während bei den Z-Profildrähten der 5. bis 8. Drahtlage keine Druckstellen beobachtet wurden, sind in den Runddrähten der 1. bis 4. Lage sehr schwache Druckstellen an den Kreuzungspunkten der Drähte zwischen den Lagen zu erkennen. Auf den Oberflächen der Kerndrähte wurden ebenfalls sehr schwache linienförmige Druckstellen, die von den Runddrähten der 1. Drahtlage hervorgerufen wurden, beobachtet. Weitere nennenswerte Befunde wie Verschleiß oder Korrosion wurden nicht festgestellt.

4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen, daß ausschließlich die Drähte der Außenlage durch Korrosion geschädigt sind, sofern der Seilverband geschlossen ist. Die Korrosion ist dabei nur auf der Außenfläche der Z-Profildrähte vorgefunden worden sowie an beiden Rändern dieser Fläche. Ab dem Steg der äußeren Z-Profildrähte konnte weder Korrosion noch ein Angriff auf die Verzinkung vorgefunden werden.

Im Seilinneren wurden weder Korrosion noch nennenswerter Verschleiß beobachtet. Das vorgefundene Seilverfüllmittel war in ausreichendem Maße vorhanden und zeigte sich noch schmierfähig.

Prüfbeauftragte:

(Dipl.-Ing. Gronau)



Bild 2 Seilproben im Anlieferungszustand



Bild 3 Seilprobe 1 vor dem Öffnen



Bild 4 Seilprobe 1: schwache bis geringe Korrosion an einigen Außendrähten sowie mäßiger Angriff auf die Verzinkung



Bild 5 Einzeldraht aus Seilprobe 1 mit mäßigem Angriff auf die Verzinkung



Bild 6 gereinigter Drahtabschnitt im Vergleich zu Bild 5; Verzinkung teilweise am Rand verbraucht



Bild 7 geringe Korrosion auf einem Außendraht von Seilprobe 1



Bild 8 gereinigter Drahtabschnitt aus Bild 7; teilweise ist die Verzinkung an der Oberfläche bzw. am Rand verbraucht



Bild 9 Seilprobe 2 vor dem Öffnen



Bild 10 **3 Drahtbrüche im Seil R100-2m (Seilprobe 2)**



Bild 11 **mäßige Korrosion von Außendrähten an Seilprobe 2**



Bild 12 Seilprobe 3 vor dem Öffnen



Bild 13 selektive (punktuell) Korrosion des Drahtwerkstoffes der Außenlage (Seilprobe 3)



Bild 14 **Seilprobe 4 vor dem Öffnen**



Bild 15 **starke Korrosion auf der Drahtaußenfläche sowie am Rand (Seilprobe 4)**



Bild 16 gereinigter Drahtabschnitt aus Bild 15; Verzinkung ist teilweise bis über den Rand der Außenfläche verbraucht



Bild 17 Seilprobe 5 vor dem Öffnen

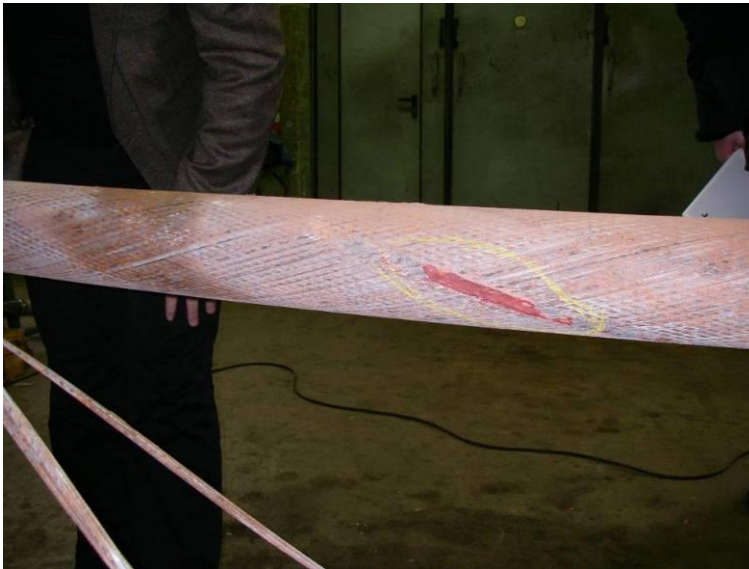


Bild 18 Blick auf die 9. Drahtlage von Seilprobe 2 mit dunkler Stelle am linken Bildrand



Bild 19 Blick auf 9. Drahtlage von Seilprobe 1



Bild 20 Z-Profildraht der 9. Drahtlage mit sehr schwachen Druckstellen in der Verzinkung



Bild 21 9. Drahtlage von Seilprobe 2 teilweise mit Drahtbürste gereinigt



Bild 22 **9. Drahtlage von Seilprobe 2 mit Unregelmäßigkeit in der Verzinkung**

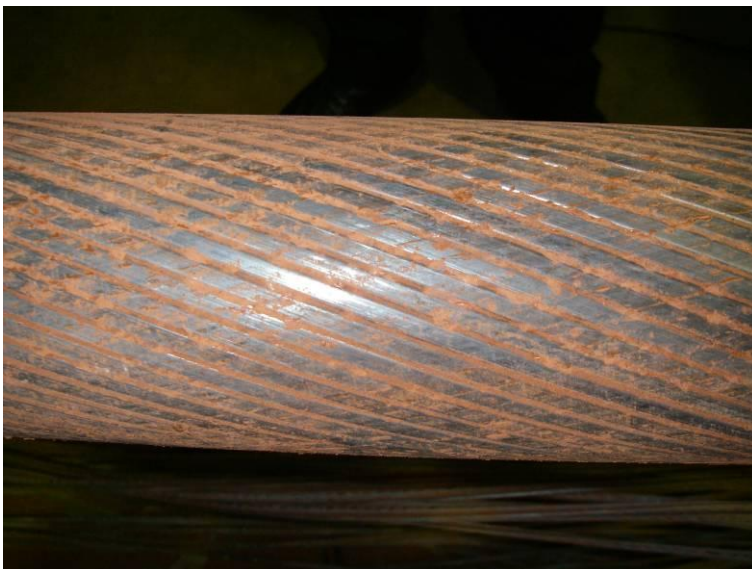


Bild 23 **8. Drahtlage von Seilprobe 2**



Bild 24 **7. Drahtlage von Seilprobe 1**



Bild 25 **7. Drahtlage von Seilprobe 3**



Bild 26 7. Drahtlage von Seilprobe 3 mit Drahtbürste gereinigt



Bild 27 6. Drahtlage von Seilprobe 1



Bild 28 **5. Drahtlage von Seilprobe 4**



Bild 29 **4. Drahtlage von Seilprobe 5**



Bild 30 Seilabschnitt aus Bild 29 mit Drahtbürste gereinigt



Bild 31 3. Drahtlage von Seilprobe 2



Bild 32 Seilabschnitt aus Bild 31 mit Drahtbürste gereinigt



Bild 33 2. Drahtlage von Seilprobe 2



Bild 34 Einzeldraht aus 2. Drahtlage von Seilprobe 5

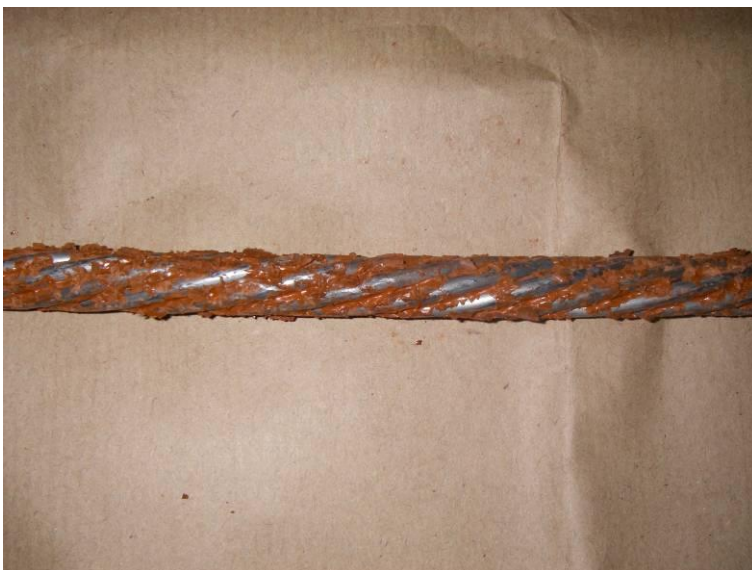


Bild 35 1. Drahtlage von Seilprobe 2



Bild 36 **Seilabschnitt aus Bild 35 mit Drahtbürste gereinigt**



Bild 37 **Kerndraht**

