



Dieser Bericht ist elektronisch abgefasst und verteilt worden. Rechtliche Gültigkeit besitzt ausschließlich das Original des Berichtes auf Papier.

Prüfbericht

P 4871

Prüfauftrag:

**Bestimmung mechanischer und
elektrostatischer Eigenschaften
des Beschichtungssystems**

ROMPOX 1107

Auftraggeber:

**Romex AG
Weidesheimer Straße 17
53881 Euskirchen**

Bearbeiter:

**J. Magner
Dipl.-Ing. O. Ehrental**

Datum des Prüfberichtes:

14.08.2007

Dieser Prüfbericht umfasst:

**14 Seiten, 1 Anhang
1 Anlage**

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1	VORGANG	3
2	PROBENEINGANG	3
3	PRÜFUNGEN.....	4
3.1	Elektrostatische Eigenschaften	4
3.1.1	Widerstand gegen Erde	6
3.1.2	Personenerdung	7
3.1.2.1	Gesamtwiderstand des Systems	7
3.1.2.2	Maximal am Körper generiertes Potential	8
3.2	Mechanische Eigenschaften.....	9
3.2.1	Biegezugspannung und Druckspannung.....	9
3.2.2	Elastizitätsmodul	11
3.2.3	Abriebfestigkeit	12
4	ZUSAMMENFASSUNG	13

Anlage

1 VORGANG

Das Polymer Institut wurde von der Romex AG, Euskirchen, mit der Prüfung mechanischer und elektrostatischer Eigenschaften des Beschichtungssystems

ROMPOX 1107

beauftragt.

Umfang der Prüfungen

- Widerstand gegen Erde und Personenerdung gemäß Normenreihe DIN EN 61340
- Biegezug- und Druckfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 196 - 1
- Elastizitätsmodul in Anlehnung an DIN 1048 – 5
- Abriebfestigkeit gemäß DIN EN ISO 5470-1

2 PROBENEINGANG

Im Polymer Institut wurden folgende Proben per Post angeliefert:

Tabelle 1: Probeneingang

Pos.-Nr.	Beschreibung ¹⁾	Abmessung [cm]	Farbe	Datum der Anlieferung
1	Faserzementplatte mit Beschichtungssystem ROMPOX 1107	100 x 50 x 0,6	creme-weiß	30.01.2007
2 - 8	Prismen aus ROMPOX 1107 ESD-Beschichtung	16 x 4 x 4		
9 - 18	Stahlplatten mit Verlaufbeschichtung ROMPOX 1107 ESD-Beschichtung	10 x 10 x 0,4	grau	31.05.2007

¹⁾ gemäß Angaben des Auftraggebers

Anmerkung

Der auf die Faserzementplatte applizierte Systemaufbau *ROMPOX 1107* ist in der folgenden Tabelle beschrieben.

Tabelle 2: Systemaufbau gemäß Angaben des Auftraggebers

Aufbau	Stoffe	Verbrauchsmenge [g/m ²]
Grundierung	ROMPOX 1505 EP- Grundierung	300
Leitband	ROMPOX 1106 ESD-Kupferband	k. A.
Leitlack	ROMPOX 1104 ESD-Leitlack	200
Verlaufbeschichtung	ROMPOX 1107 ESD-Beschichtung	2400

k. A. = keine Angabe

Weitere Angaben zur Probenherstellung liegen dem Polymer Institut nicht vor.

3 PRÜFUNGEN

Die Lagerung der Probekörper und die Durchführung der Prüfungen erfolgten soweit nicht anders angegeben im Normalklima DIN 50014-23/50-2. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist dem Anhang 1 zu entnehmen.

3.1 Elektrostatische Eigenschaften

Die Prüfungen der elektrostatischen Eigenschaften erfolgte an der gemäß Kapitel 2 des vorliegenden Prüfberichtes beschichteten Faserzementplatte.

Die Prüfverfahren und Anforderungen sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Prüfverfahren und Anforderungen

Kap. ¹⁾	Technische Anforderung	Prozessumsetzung	Prüfverfahren	Messwert	Anforderungen
3.1.1	ESD Schutzzone	Bodenbelag	DIN EN 61340-4-1	R _g	< 1x 10 ⁹ Ω (< 1000 M Ω)
3.1.2	Personenerdung	System Boden-Schuhwerk	DIN EN 61340-4-5	A: Gesamtwiderstand des Systems B: maximal am Körper generiertes Potential	< 3,5 x 10 ⁷ Ω (< 35 M Ω) oder < 100 V

¹⁾ im vorliegenden Prüfbericht

Anmerkung:

Die Norm DIN EN 61340-5-1 formuliert in der aktuell gültigen Ausgabe 08.2001 keine Anforderungen für die Prüfung der Personenerdung. Es wird daher der ‚Entwurf DIN ICE 61340-5-1, Elektrostatik –Teil 5-1: Schutz von elektronischen Bauelementen gegen elektrostatische Phänomene- Allgemeine Anforderungen, Ausgabe 05.2004‘ berücksichtigt, der dem aktuellen Beratungsstand zur DIN EN Normierung dieser Eigenschaft entspricht.

Klassifizierung Schuhwerk

Das für die Prüfung der Personenerdung verwendete Schuhwerk wurde im Vorfeld hinsichtlich seiner Klassifizierung nach ,DIN EN 61340-4-3 „Elektrostatik Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen –Schuhwerk“: 2002 geprüft.

Es wurden 3 handelsübliche Schuhe mit dem Vermerk „ESD“ aus dem Bestand des Polymer Instituts mit der Nummerierung I - III eingesetzt.

Die Prüfparameter hinsichtlich der Klassifizierung des Schuhwerks sind im folgenden genannt. Die damit verbundenen Anforderungen sind unter Berücksichtigung der Klimaklassen nachfolgend angegeben.

- Messgerät: Metriso 2000 / M541C
 Messspannung: 100 V (DC)
 Leitelektrode: handelsübliche Alufolie auf Innenseite der Sohle angebracht und mit Stahlkugeln gefüllter Socke belastet, Masse 12,5 kg
 Gegenelektrode: Stahlplatte 300 x 300 mm²
 Prüfzelle: Klimaschrank der Fa. Weiss, feuchte- und temperaturgeregelt
 Klimabedingungen:

Klima-klasse	Vor-behandlung	Kondi-tionierung	Prüf-bedingungen
1	96 ⁺¹⁰ ₀ h 40 ± 3 °C < 15 % r. F.	96 ⁺¹⁰ ₀ h 23 ± 2°C 12 % ± 3 r. F	23 ± 2°C 12 % ± 3 r. F
2	-	96 ⁺¹⁰ ₀ h 23 ± 2°C 25 % ± 3 r. F	23 ± 2°C 25 % ± 3 r. F
3	-	48 ⁺⁵ ₀ h 23 ± 2°C 50 % ± 5 r. F	23 ± 2°C 50 % ± 5 r. F

Anforderung: < 1 x 10⁵ Ω (elektrostatisch leitfähig)
 1 x 10⁵ - 1 x 10⁵ Ω (elektrostatisch ableitfähig)

Ergebnis

Alle Schuhwerke I - III sind bei allen Klimaklassen 1, 2 und 3 als elektrostatisch ableitfähig zu klassifizieren.

3.1.1 Widerstand gegen Erde

Der *Widerstand gegen Erde* R_g wurde mit einer Messeinrichtung gemäß DIN EN 61340 4-1 „Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen - Elektrischer Widerstand von Bodenbelägen und verlegten Fußböden“: 2004 mit folgenden Parametern durchgeführt.

Messgerät: Metriso 2000 / M541C

Messspannung: 10 V und 100 V (DC).

Elektrode: ASTM F 150/98, Ø 63,5 mm, Masse von 2,27 kg

Gegenelektrode: Kupferleitband

Die folgende Tabelle 4 gibt die Messergebnisse wieder.

Tabelle 4: Ergebnisse Widerstand gegen Erde R_g

Messspannung [V]	Einzelwerte R_g [M Ω]	Mittelwert R_g [M Ω]
10	< 0,1	< 0,1
100	0,7 ; 0,5 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,2	0,4

3.1.2 Personenerdung

Die Personenerdung wird an dem System bestehend aus Testperson, Handelektrode, Schuhwerk und Beschichtungssystem geprüft.

3.1.2.1 Gesamtwiderstand des Systems

Der Gesamtwiderstand des Systems wurde mit einer Messeinrichtung gemäß DIN EN 61340 4-5 „Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen- Verfahren zur Charakterisierung der elektrostatischen Schutzwirkung von Schuhwerk und Boden in Kombination mit einer Person“: 2005 mit folgenden Parametern durchgeführt.

Messgerät: Metriso 2000 / M541C
Messspannung: 100 V (DC)
Stahlelektrode: Ø 20 mm, Länge 10 cm, jeweils in der Hand gehalten
Gegenelektrode: Kupferleitband
Ablesung: ca. 10 min. nach Anziehen der Schuhe
Schuhwerk: gem. Kapitel 3.1 des vorliegenden Prüfberichts Typ I - III

Die folgende Tabelle 5 gibt die Messergebnisse wieder.

Tabelle 5: Ergebnisse Gesamtwiderstand des Systems

Schuhwerk	Einzelwerte R_g ¹⁾ [MΩ]	Mittelwert R_g ¹⁾ [MΩ]
I	0,8 ; 0,8 ; 0,8 ; 0,7 ; 0,7	0,7
II	2,8 ; 3,0 ; 2,5 ; 2,6 ; 2,8	2,7
III	7,8 ; 7,8 ; 7,5 ; 8,9 ; 8,0	8,0

¹⁾ auf 2 wertanzeigende Ziffern gerundet

3.1.2.2 Maximal am Körper generiertes Potential

Die Prüfung des *maximal am Körper generierten Potentials* wurde mittels Begehtest nach DIN EN 61340-4-5 „Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungs-Verfahren zur Charakterisierung der elektrostatischen Schutzwirkung von Schuhwerk und Boden in Kombination mit einer Person“: 2005 mit folgenden Parametern durchgeführt.

Messgerät: Voltmeter NOCX 5305
Stahlelektrode: Ø 20 mm, Länge 10 cm, in der Hand der Testperson gehalten
Genelektrode: Kupferleitband
Schuhwerk: gem. Kapitel 3 des vorliegenden Prüfberichts Typ I - III
Auswertung: Datenspeicherung und Auswertung erfolgte über die Software Pico Scope, der Firma Pico Technology Ltd.

Eine Testperson, die mit einer Handelektrode ausgestattet ist und o. g. Schuhwerk trägt, begeht die Beschichtung mit einer Geschwindigkeit von ca. 2 Schritten pro Sekunde vor- und rückwärts.

Die Schuhe sind dabei ca. 50 bis 80 mm anzuheben, außerdem soll ein Schleifen und Drehen der Schuhe über der Beschichtung ausgeschlossen sein. Ein Schuh muss währenddessen immer parallelen Kontakt zur überprüfenden Beschichtung haben.

Die aufgezeichneten Spannungen während des Versuches sind in Anlage 1, Bilder 1 - 3, bzw. als maximale Werte in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: *Ergebnisse maximal am Körper generiertes Potential*

Schuhwerk	max. Spannung bis ca. [V]
I	≤ 10
II	≤ 10
III	≤ 10

3.2 Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften wurden an dem Stoff *ROMPOX 1107 ESD-Beschichtung* geprüft.

3.2.1 Biegezugspannung und Druckspannung

Die Prüfungen erfolgten an drei Prismen gemäß Kapitel 2 des vorliegenden Prüfberichtes.

Rohdichte

Die Rohdichte wurde gemäß DIN 1048-5 bestimmt. Die Prismen wurden auf 0,01 g genau gewogen und das Volumen der Prismen wurde mittels Schieblehre ermittelt.

Das Ergebnis ist der Tabelle 7 auf Seite 11 zu entnehmen

Biegezugspannung bei einer Randfaserdehnung von 3,5 %

Die Bestimmung der Biegezugspannung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 196-1 mit einer 600 kN Prüfmaschine der Firma Schenk an drei Prismen.

Die Probekörper wurden so in eine Biegezugprüfeinrichtung eingelegt, dass die Längsachse senkrecht zu den Auflagern der Prüfeinrichtung ausgerichtet war. Die Probekörper wurden mit einer konstanten Laststeigerung von 50 N/s mittig bis zu einer definierten Dehnung der Randfaser von 3,5 % belastet.

Die Berechnung der Biegezugspannung β_{BZ} eines prismatischen Probekörpers erfolgt aus der Kraft F gemäß folgender Gleichung (1):

Biegezugspannung β_{BZ} :

$$\beta_{BZ} = \frac{1,5 \cdot F \cdot l}{b^3} \text{ in [N/mm}^2\text{]}$$

Gleichung 1

Hierin bedeuten:

β_{BZ} = Biegezugspannung in [N/mm²]

F = Kraft in [N]

l = Abstand zwischen den Auflagern der Prüfeinrichtung in [mm]
 $l = 100$ [mm]

b = Seitenlänge des Prismenquerschnittes in [mm]; $b = 40$ [mm]

Das Ergebnis ist der Tabelle 7 auf Seite 11 zu entnehmen.

Druckspannung bei einer Stauchung von 10 %

Die Bestimmung der Druckfestigkeit erfolgte in Anlehnung an DIN EN 196-1 mit einer 600 kN Prüfmaschine der Firma Schenk an den mittels Sägeschnitt halbierten Prismen aus der Bestimmung der Biegezugspannung.

Die Prismenhälften wurden so in die Druckprüfeinrichtung eingelegt, dass eine Fläche von 40 mm x 40 mm mit der Druckbelastung geprüft wurde. Die Probekörper wurden mit einer konstanten Laststeigerung von 2400 N/s bis zu einer Stauchung des Probekörpers von 10 % belastet.

Die Berechnung der Druckspannung β_D einer Prismenhälfte erfolgt aus der Kraft F gemäß folgender Gleichung (2):

Druckspannung β_D :

$$\beta_D = \frac{F}{A} \text{ in [N/mm}^2\text{]}$$

Gleichung 2

Hierin bedeuten:

β_D = Druckspannung in [N/mm²]

F = Kraft in [N]

A = quadratische Belastungsfläche der Prüfeinrichtung in [mm²];

A = 1600 [mm²]

Ergebnis

An o. g. Prismen wurde die Bestimmung der Biegezug- und Druckspannung durchgeführt. Dabei wiesen die Probekörper deutliche Verformungen ohne Versagen durch einen Sprödbbruch auf. Aufgrund dieses zähelastischen Materialverhaltens wurden die Biegezug- und Druckspannungen nicht bei Bruch, sondern bei einer definierten Randfaserdehnung bzw. Probekörperstauchung ermittelt.

Die Ergebnisse sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Ergebnisse von ROMPOX 1107 ESD-Beschichtung

Rohdichte		Biegezugspannung bei einer Randfaserdehnung von 3,5 % [N/mm ²]		Druckspannung bei einer Stauchung von 10 % [N/mm ²]	
[g/cm ³]					
Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert
1,39	1,39	1,7	2,2	17,3	17,8
1,35		2,7		19,7	21,3
1,42		2,3		22,3	-
					19,7

Erläuterung:

Der Kennwert der Biegezugspannung wird durch einen 3-Punkt-Biegeversuch ermittelt. Im Probekörper werden Zug-, Druck- und Schubspannungen erzeugt. Die Wahl des Verhältnisses von Stützweite zur Dicke des Probekörpers beeinflusst den Schubspannungsanteil, der vernachlässigbar klein gehalten wird. Für symmetrische, isotrope Probekörper und kleine Verformungen gilt, dass Zug- und Druckspannungen gleich groß sind. Der größte Wert der Verformung liegt in den Randfasern. Die Randfaserdehnung ist die relative Längenänderung der Randfaser bezogen auf ihre Ausgangslänge.

Für die Randfaserdehnung wurde ein Wert von 3,5 % gewählt, weil die Formeln zur Berechnung der Biegespannung nur im linear elastischen Bereich gültig sind. Nur in diesem Bereich sind die Spannungen von der neutralen Faser bis zur Randfaser linear über den Querschnitt des Probekörpers verteilt.

Die Biegungen im plastischen Bereich hingegen zeigen näherungsweise parabelförmige Verteilung der Biegespannung über den Querschnitt. Dadurch wird die aus dem Biegeversuch errechnete Randfaserdehnung zu groß angegeben, wobei der Fehler um so größer wird, je höher der Anteil der plastischen Verformung ist. Im einzelnen wurden folgende Kenngrößen bestimmt:

Biegezugversuch:

3,5 % Biegezugspannung ist die Spannung bei einer Randfaserdehnung von 3,5 %, das entspricht einer Dehnung von 1,4 mm.

Druckversuch:

10 % Druckspannung ist die Spannung bei einer Stauchung des Probekörpers von 10 %, das entspricht einer Stauchung von 4 mm.

3.2.2 Elastizitätsmodul

Eine Prüfung des statischen oder des dynamischen Elastizitätsmoduls war aufgrund des zähelastischen Verhaltens des Stoffes *ROMPOX 1107 ESD-Beschichtung* nicht möglich.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse des Kapitels 3.2.1 wird der Elastizitätsmodul anhand der unteren Grenze des Messverfahrens angegeben:

$$E \leq 500 \frac{N}{mm^2}$$

3.2.3 Abriebfestigkeit

Die Prüfung der Abriebfestigkeit erfolgte an den gemäß Kapitel 2 des vorliegenden Prüfberichtes beschichteten Stahlplatten.

Der Abriebwiderstand wurde mit dem Reibradverfahren gemäß DIN EN ISO 5470-1 mit folgenden Prüfparametern bestimmt:

Prüfgerät: Taber Abraser nach ASTM D 4060
 Reibrolle: a) H 22
 b) CS 10
 Auflagegewicht: 1000 g

Die Gesamtumdrehungszahl betrug jeweils 1000 bei einer Frequenz $f = 1$ Hz. Die Bestimmung der Abriebmenge erfolgte nach 500 und 1000 Umdrehungen durch Wägung der Platten mit einer Genauigkeit von 0,1 mg.

Die Reibrollen wurden nach jeweils 500 Umdrehungen gereinigt.

Ergebnis

Der Abriebverlust des o.g. Beschichtungsaufbaus nach 500 bzw. 1.000 Umdrehungen beträgt:

Tabelle 8: Abriebverlust mit Reibrolle H 22

Nr.	Abriebverlust [mg] ¹⁾			
	nach 500 U		nach 1000 U	
	Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert ¹⁾
1	780	670	1340	1320
2	500		1130	
3	720		1500	

¹⁾ Werte auf 10 mg gerundet

Tabelle 9: Abriebverlust mit Reibrolle CS 10

Nr.	Abriebverlust [mg]			
	nach 500 U		nach 1000 U	
	Einzelwerte	Mittelwert	Einzelwerte	Mittelwert
1	38,6	45,8	79,2	86,1
2	47,4		91,8	
3	51,4		87,2	

4 ZUSAMMENFASSUNG

Das Polymer Institut ist von der Romex AG, Euskirchen, mit der Prüfung der mechanischen und elektrostatischen Eigenschaften des Beschichtungssystems

ROMPOX 1107

beauftragt worden.

Im Anhang befindet sich eine Zusammenfassung der Ergebnisse. Die Ergebnisse im Einzelnen sind dem voranstehenden Kapitel zu entnehmen.

In der Anlage sind die aufgezeichneten Spannungen während der Prüfung des ‚maximal am Körper generierten Potentials‘ dargestellt.

Flörsheim-Wicker, 14.08.2007

Der Prüfstellenleiter



J. Magner



Der Sachbearbeiter



Dipl.-Ing. (FH) O. Ehrenthal

Anhang

Zusammenfassung der Ergebnisse

Kap. ¹⁾	Prüfung	Ergebnis	Anforderung	Anf. erfüllt?
3.1 Prüfungen am Systemaufbau				
3.1.1	Widerstand gegen Erde Rg	10 V: < 0,1 MΩ 100 V: 0,4 MΩ	prEN IEC 61340-5-1 < 100 MΩ	ja
3.1.2	Personenerdung A: Gesamtwiderstand des Systems B: maximal am Körper generiertes Potential	Schuh I: 0,7 MΩ Schuh II: 2,7 MΩ Schuh III: 8,0 MΩ Schuh I-III: ≤ 10 V	DIN EN 61340-4-5 < 35 MΩ oder < 100 V	ja
3.2 Prüfungen an dem Stoff ROMPOX 1107 ESD-Beschichtung				
3.2.1	Rohdichte	1,39 g/cm ³	-	-
	Biegezugspannung bei 3,5 % Randfaserdehnung	2,2 N/mm ²	-	-
	Druckspannung bei 10 % Stauchung	19,7 N/mm ²	-	-
3.2.2	Elastizitätsmodul	≤ 500 N/mm ² ¹⁾	-	-
3.2.3	Abriebfestigkeit Reibrolle H22	1320 mg	DIN EN 1504-2 ≤ 3000 mg	ja
	Reibrolle CS10	86,1 mg	- ²⁾ ≤ 100 mg	ja

¹⁾ auf Grundlage der Ergebnisse des Kap. 3.2.1 und der unteren Grenze des Messverfahrens abgeschätzt

²⁾ Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teil 2, Ausgabe August 1990