



PRÜFBERICHT PA 0094

Gelsenkirchen, den 22. Februar 2000

Auftraggeber:	Ingenieurbüro Schwarz und Partner Schleifbrückenstr. 11 73430 Aalen
Prüfauftrag Nr:	PA 0094
Datum des Auftrages:	05.11.1999
Bezeichnung des Auftraggebers:	VARIO-DOM 2000

Dieser Bericht besteht aus 14 Seiten

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Der Prüfbericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung des Institutes für Kanalisationstechnik vervielfältigt werden.

Dr. rer. nat. S. Cremer
(Leiterin Meß- und Prüftechnik)

Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt
(Sachbearbeiter)

Probenkörper

Eingang am	Probenbezeichnung		Probennahme durch	Beschreibung der Probenkörper
	IKT (Prüfstelle)	Auftraggeber		
-	-	-	vom AN gestellt	2 Ausgleichs- und Lastübertragungsrings aus Elastomer, System Mücher nach DIN 4034-1/2 für Schachtabdeckungen
05.11.99	H 534 - 1		-	Stahlring, verzinkt Ø 760 mm, als Schalung
05.11.99	H 534 – 2 bis H 534 – 9		-	Verstellzylinder mit Sechskantschraube und Kontermutter; im weiteren als Höhenverstellung bezeichnet
25.11.99	H 542 – 1 und H 542 – 2		-	2 Auflagerringe als Halbschalen ausgeführt (4 Teile, Bezeichnung H 542 – I bis H 542 – IV)

Durchgeführte Prüfungen

Die durchgeführten Prüfungen sind dem Bericht zu entnehmen.

Ergebnis

Die Ergebnisse der Prüfungen sind dem Bericht zu entnehmen.

Bemerkung:

Die Lastübertragungsrings aus Elastomer, System Mücher, nach DIN 4034-1/2 für Schachtabdeckungen, wurden in Absprache mit dem Auftraggeber vom Auftragnehmer gestellt und sind nicht Gegenstand der Prüfung.

1 Aufgabenstellung

Einen wesentlichen Teil bei der Reparatur von Schächten nehmen die Regulierung und der Austausch von Schachtabdeckungen ein, da heute gegenüber früher bedeutend höhere Anforderungen an die Ebenheit der Fahrbahn gestellt werden und diese Anlagen gerade in Folge des starken Straßenverkehrs erhöhten Belastungen unterliegen.

Die Höhenregulierung der Schachtabdeckung wird üblicherweise mit Betonausgleichsringen und Mörtel ausgeführt.

Die hier geprüfte höhenverstellbare Konstruktion verzichtet bewußt auf den Einsatz von zementgebundenen Werkstoffen für die vertikale Lastübertragung. Diese erfolgt über Stahl- bzw. Gußbauteile, sowie über elastomere Zwischenlagen.

Ziel der Prüfungen ist der Nachweis, ob die neuartige Konstruktion den normativen Anforderungen für Schachtabdeckungen entspricht und unter den Belastungen des aktuellen Straßenverkehrs dauerhaft ohne Beeinträchtigung der Standsicherheit eingesetzt werden kann. Die Prüfungen berücksichtigen die vertikale Belastung durch den Straßenverkehr.

Horizontallasten infolge von Brems- bzw. Beschleunigungsvorgängen werden konstruktiv, durch die Einbindung des Schachtrahmens in den Straßenoberbau abgetragen und sind nicht Prüfungsgegenstand.

2 Versuchsaufbau

Die geprüfte Konstruktion setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Bauteil 12: elastomerer Lastübertragungsring
- Bauteil 10: Auflagerring verzinkt
- Bauteil 16: Sechskantschraube M 20 x 150 DIN 933 - V4A
- Bauteil 17: Sechskantmutter M 20 DIN 934 - V4A
- Bauteil 9: Gewindeeinsatz - V4A
- Bauteil 8: Verstellzylinder verzinkt
- Bauteil 7: Auflagerring verzinkt
- Bauteil 11: Führungszylinder

Die Bauteile sind Abbildung 1 zu entnehmen.

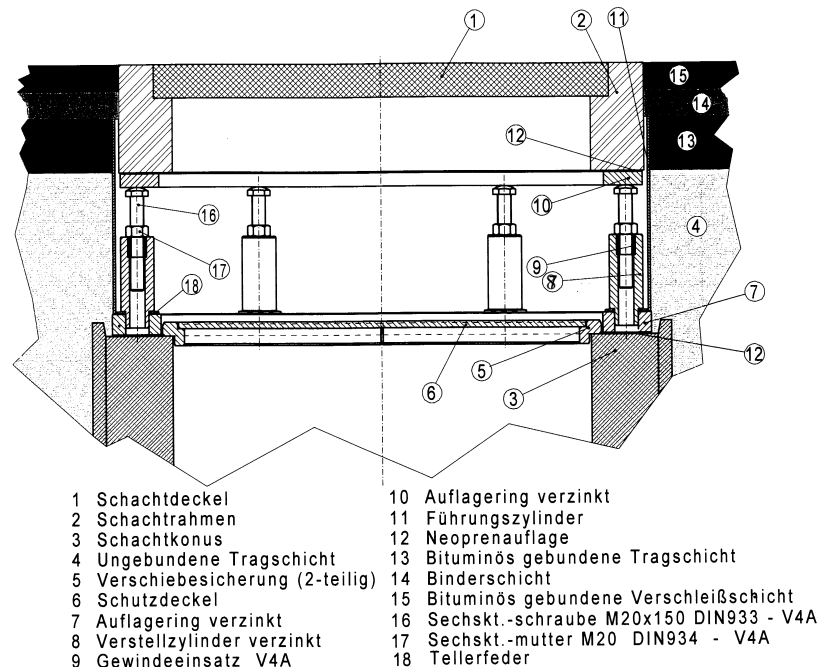


Abbildung 1: VARIO-DOM 2000, Schemazeichnung

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde folgender Versuchsaufbau geprüft.

Abweichend von Abbildung 1 wurde auf das Bauteil 18, Tellerfedern unter dem Bauteil 8, Verstellzylinder verzinkt, verzichtet. Die Neoprenauflage, Bauteil 12 unter dem unteren und über dem oberen Auflagerring, wurde durch einen Elastomerring Typ A, System Mücher nach DIN 4034-1/2, mit einer Höhe von 0,5 cm realisiert. Das Bauteil 10 wurde aus Guß ausgeführt und unverzinkt eingebaut, es besteht aus zwei Halbschalen.

Die Bauteile 16, 17, 9 und 8 bilden den funktionellen Teil des Systems und werden im folgenden als Höhenverstellung bezeichnet.

Die vertikale Lastabtragung erfolgt über den Schachtrahmen auf die obere elastomere Zwischenlage, von dort über den oberen Auflagerring auf die Sechskantschrauben und die Verstellzylinder und weiter über den unteren Auflagerring und die untere elastomere Zwischenlage in den Schachtkonus. Der Führungszylinder wird durch vertikale Kräfte nicht belastet.

Die Einbindung in den Bodenkörper, die im Straßenkörper durch bituminöse Schichten (Trag-, Binder- und Verschleißschicht) verwirklicht wird, erfolgte im Versuchsstand durch eine Ummantelung mit Beton. Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 2 als Schnitt durch den Versuchsstand dargestellt.

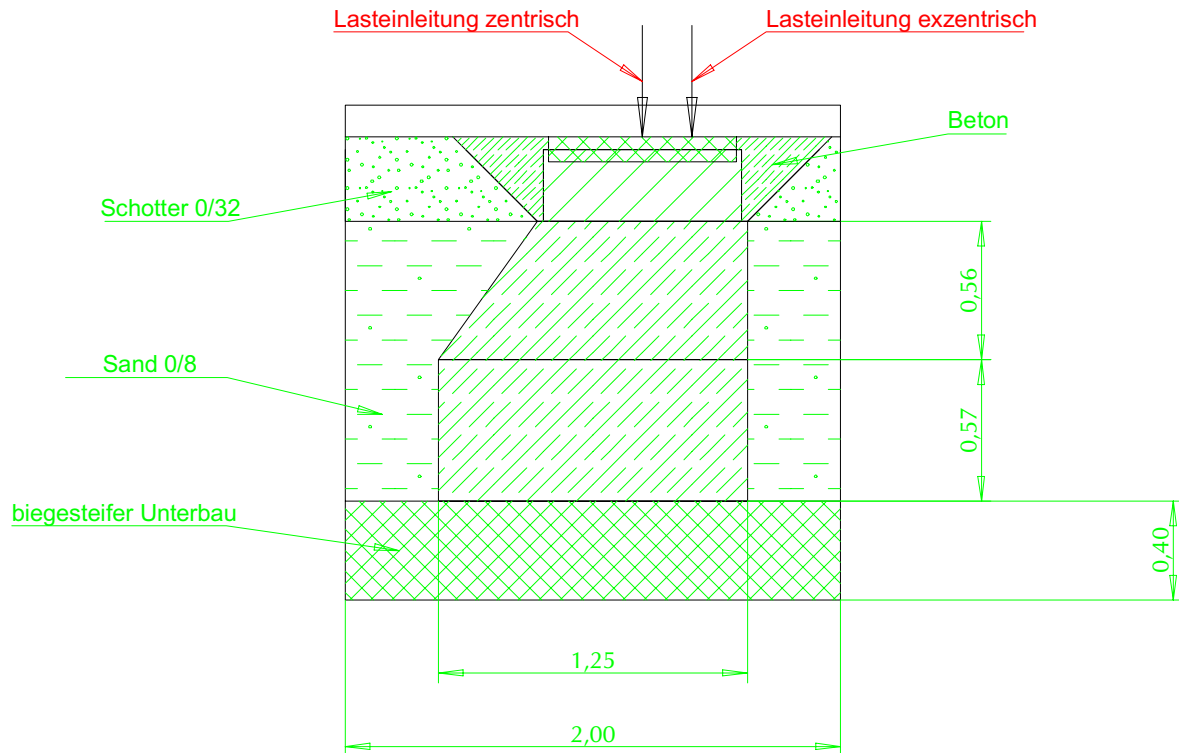


Abbildung 2: Versuchseinbau, Schnittzeichnung

Lasteinleitung zentrisch

Lasteinleitung exzentrisch $e = 0,2 \text{ m}$

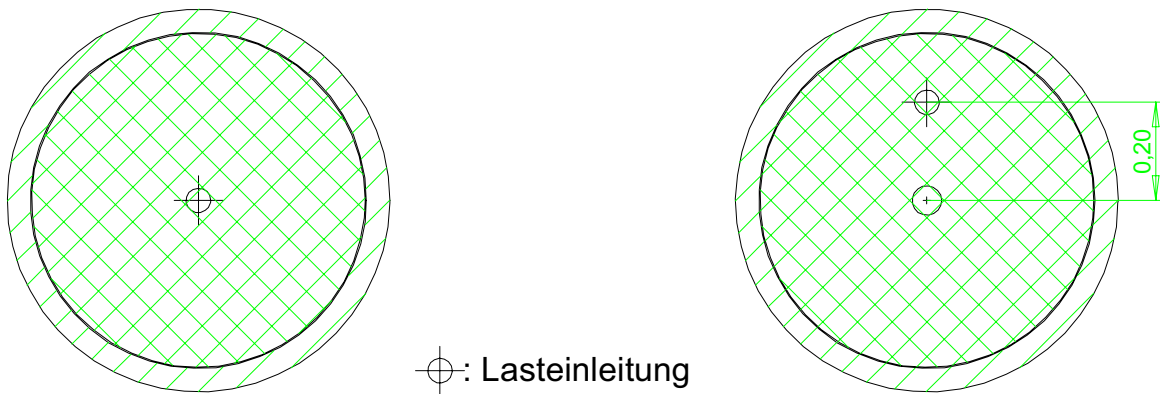


Abbildung 3: Lastangriff auf den Kanaldeckel

Die einzelnen Einbauschnitte sind in Abbildung 4 zu erkennen.



Abbildung 4: Einbau in den Versuchsstand

3 Prüfungen

Schachtabdeckungen werden in-situ durch vertikale und horizontale Kräfte belastet. Vertikallasten resultieren aus der Überfahrt von PKW bzw. LKW. Horizontale Lasten entstehen bei Brems- und Beschleunigungsvorgängen, oder bei Kurvenfahrten. Wie aus [1] zu entnehmen, ist die seitliche Bettung der Schachtabdeckung in der Fahrbahn der maßgebende Parameter für den horizontalen Lastabtrag. Sie wird in der Praxis z.B. durch Asphaltbeton, Gußasphalt oder Umpflasterungen realisiert. Da nicht die unterschiedlichen seitlichen Bettungsmöglichkeiten Bestandteil der Prüfungen sind beschränken sich die Untersuchungen auf vertikale Lasten, die über den VARIO-DOM 2000, wie in Abschnitt 2 beschrieben, abgetragen werden.

Die in-situ auftretende Vertikallasten lassen sich in zwei Arten einteilen. Zum einen sind dies statisch aufgebrachte Lasten in Form von auf der Schachtabdeckungen parkenden Fahrzeugen, zum anderen dynamische Lasten während der Überfahrt von PKW bzw. LKW.

Zur Berücksichtigung dieser beiden Situationen lassen sich folgende Normen heranziehen:

- DIN EN 124: Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen [2]
- DIN 1072: Straßen und Wegbrücken, Lastannahmen [3]

Die Untersuchung der statischen Tragfähigkeit des VARIO-DOMs 2000 wird in Anlehnung an DIN EN 124 [2] durchgeführt. Diese Norm gilt für Aufsätze und Abdeckungen mit einer lichten Weite bis 1000 mm zum Einbau in Flächen, die für Fußgänger und/oder Fahrzeugverkehr bestimmt sind. Schachtabdeckungen werden in dieser Norm für unterschiedliche Bettungen in Klassen eingeteilt. So hat eine Schachtabdeckung der Klasse D 400 eine Tragfähigkeit von mindestens 400 kN. Die Prüfungen zur Klassifizierung der Schachtabdeckungen sind der Norm zu entnehmen. Die Lasten werden statisch aufgebracht. Da die Last von der Schachtabdeckung, bestehend aus Schachtdeckel und Schachtrahmen auf den VARIO-DOM 2000 abgetragen wird, sind die sich ergebenden Prüflasten aus DIN EN 124 [2] maßgebend für die Tragfähigkeit des VARIO-DOMs 2000.

DIN 1072 [2] kann für die Verkehrsbelastung der Schachtabdeckung durch den fließenden Verkehr herangezogen werden. Der dort aufgeführte LKW mit 30 t Gesamtgewicht, in der Norm SLW 30 bezeichnet kann als Standard-LKW im Straßenverkehr angesehen werden. Da die Gesamtlast eines LKWs auf mehrere Räder verteilt wird sind zugehörige Radlasten anzu-

setzen, die natürlich dynamisch auf die Schachtabdeckungen und folgerichtig auf den VARIO-DOM 2000 einwirken.

Für die Prüfung des VARIO-DOMs 2000 wurden zwei Belastungsarten gewählt:

- statische, zentrische Belastung in Anlehnung an DIN EN 124 [2] zur Prüfung der Tragfähigkeit und
- dynamische, exzentrische Belastung mit Radlasten nach DIN 1072 [3] zur Prüfung der Dauerfestigkeit

Die Lastangriffspunkte sind Abbildung 2 und Abbildung 3 zu entnehmen.

Schlanke Bauteile, wie die Höhenverstellung des VARIO-DOMs 2000 können auf drei Arten versagen:

1. die Materialfestigkeit wird erreicht und der Stahl beginnt zu fließen,
2. die Schraubverbindung versagt und
3. das Gesamtbauteil, in diesem Fall die Höhenverstellung weicht der Last aus und knickt.

Dies wird als Stabilitätsversagen bezeichnet.

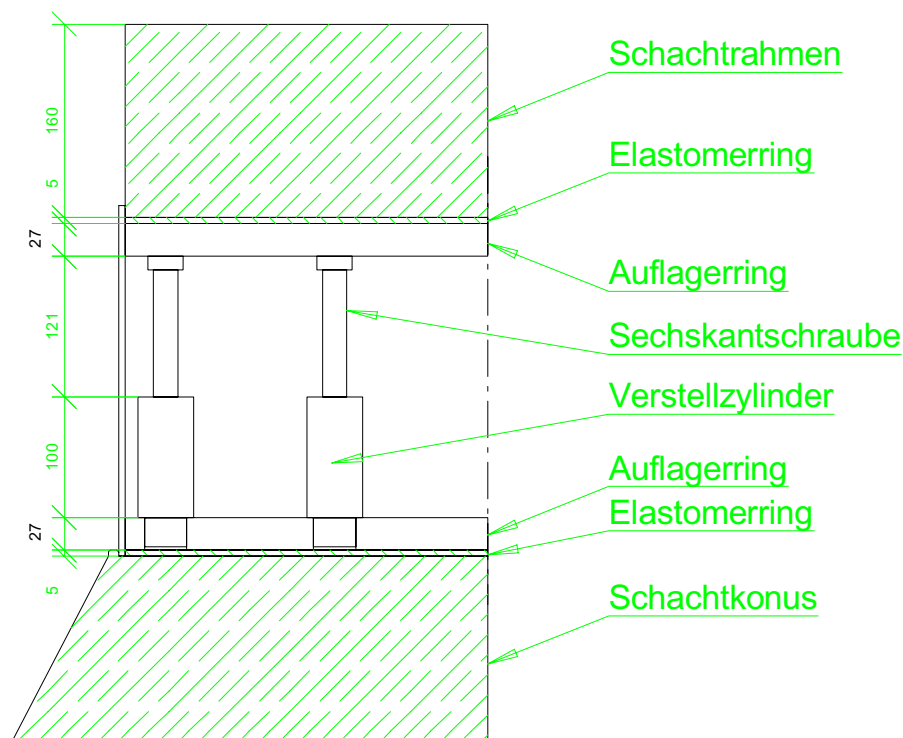


Abbildung 5: VARIO-DOM 2000 im Versuchsaufbau

Unter Berücksichtigung dieser drei Versagensmechanismen wurde der Versuchsaufbau so gewählt, dass die Konstruktion für die maximale Versagenswahrscheinlichkeit geprüft werden konnte. Das ist der Fall, wenn die Maximalhöhe der Konstruktion eingestellt wird.

Die maximale Höhe ist Abbildung 5 zu entnehmen. Sie wurde vom Auftraggeber so festgelegt, dass der Schachtrahmen 0,5 cm in den Führungszylinder einbindet. Die Konstruktion, ohne Berücksichtigung des Führungszylinders hat für diesen Fall eine Höhe von 28,5 cm, womit die Einschraubtiefe der Sechskantschraube in den Verstellzylinder 45 mm beträgt.

3.1 Belastung nach DIN EN 124: Nachweis der Tragfähigkeit des VARIO-DOMs 2000

Der Nachweis der Tragfähigkeit des VARIO-DOMs 2000 erfolgt in Anlehnung an DIN EN 124. Als Vorgabe durch den Auftraggeber soll der VARIO-DOM 2000 unter Schachtabdeckungen, die im Straßenkörper liegen und den Verkehrsbelastungen durch den Straßenverkehr ausgesetzt sind, eingebaut werden. Die hierfür eingesetzten Schachtabdeckungen müssen mindestens der Klasse D 400 genügen. Nach DIN EN 124 [2] Abschnitt 8.1, Tabelle 6 ergibt sich eine Prüflast von 400 kN. Prüfkraft und zugehörige Klassen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Prüfkraft nach DIN EN 124 [2]:

Klasse	Prüfkraft [kN]
A 15	15
B 125	125
C 250	250
D 400	400
E 600	600
F 900	900

Tabelle 1: Auszug aus DIN EN 124, Abschnitt 8.1, Tabelle 6

Daraus ergeben sich folgende Parameter für die Prüfung der Tragfähigkeit:

Prüfkraft:	400 kN	(Abschnitt 8.1, Tabelle 6)
Belastungsgeschwindigkeit:	5 kN/s	(Abschnitt 8.3.1)
Dauer:	nach der Lastaufbringung ist diese mindestens 30 s und höchstens 32 s aufrechtzuerhalten	

Die Prüfkraft wurde viermal statisch aufgebracht.

3.2 Dynamische Belastung mit 2,5 Millionen Lastwechseln: Nachweis der Dauerfestigkeit unter Verkehrslast

In der DIN 1072 „Straßen und Wegbrücken – Lastannahmen“ werden für einen LKW mit 300 kN (30 t) Gesamtgewicht Radlasten von 50 kN genannt. Versuchstechnisch wurde die Radlast durch eine Amplitude ΔF von 50 kN mit einer Unterlast von 5 kN und einer Oberlast von 55 kN eingestellt.

Eine zeitliche Veränderung der Vertikalspannung im VARIO-DOM 2000 wurde über eine dynamische Belastung in Form einer Sinusschwingung mit 2,5 Millionen Lastwechseln realisiert. Die Frequenz ergibt sich aus dem Achsabstand von Schwerlastwagen, der nach DIN 1072 mit 1,5 m angegeben wird und einer Fahrgeschwindigkeit von ca. 50 km/h. Rechnerisch ergibt daraus eine Frequenz von ca. 9 Hz. Aus versuchstechnischen Gründen wurde die Frequenz auf 8 Hz verringert, was einer Überfahrgeschwindigkeit von 43,2 km/h entspricht.

Der Lasteinleitungspunkt in die Schachtkonstruktion wurde so gewählt, dass im Bereich der Druckübertragung, also zwischen Schachtrahmen und VARIO-DOM 2000 die größtmögliche Spannung entsteht.

Dieser Lastangriffspunkt läßt sich durch folgende Überlegungen festlegen:

Die Konstruktion aus Schachtrahmen und einem System zum Ausgleich des Höhenunterschieds zwischen Rahmen und Schachtkonus ist allgemein als nicht zugkraftschlüssig anzusehen. Das bedeutet, dass für eine Spannungsermittlung in der Fuge zwischen Schachtrahmen und Höhenausgleichskonstruktion keine Zugspannungen zum Ansatz gebracht werden können und stattdessen mit einer klaffenden Fuge zu rechnen ist.

Zusätzlich ist die Last bei der Überfahrt durch einen LKW keine Punktlast, sondern eine Flächenlast. Die Radaufstandsfläche nach DIN 1072 hat die Maße 0,2 x 0,4 m..

Unter Berücksichtigung dieser beiden Parameter ergibt sich ein Spannungsmaximum unter dem Schachtrahmen bei einer Lasteinleitung im Abstand $e = 0,2$ m vom Deckelmittelpunkt [1].

3.3 Prüfkriterien

Zur Beurteilung der Standsicherheit und Dauerhaftigkeit der Konstruktion wurden folgende Kriterien überprüft:

- optische Überprüfung des VARIO-DOM 2000 sowie der Einbindung der Gesamtkonstruktion in den umgebenden Betonkörper durch Inaugenscheinnahme
- Rissuntersuchungen nach ISO 3452 [4] in Verbindung mit DIN 54152 Teil 2 [5], Farbeindringprüfung an den belasteten Bauteilen 12, 10, 16, 17, 9, 8 und 7 aus Abbildung 1.

Zusammenfassend wurden folgende Prüfungen durchgeführt:

	Last		Prüfung
1	statische Last von:	400 kN	<ul style="list-style-type: none"> • Inaugenscheinnahme des Gesamtsystems (VARIO-DOM 2000 u. Einbindung in den Bodenkörper) im eingebauten Zustand
	Lasteinleitung, Exzentrizität e:	0,0 m	
	Belastungsgeschwindigkeit:	5 kN/s	
	Dauer der Lasteinwirkung:	30 ⁺² s	
	Wiederholung:	4-mal	
2	dynamische Belast. mit ΔF von:	50 kN	<ul style="list-style-type: none"> • Inaugenscheinnahme des Gesamtsystems • Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]
	Unterlast:	5 kN	
	Oberlast:	55 kN	
	Lasteinleitung:, Exzentrizität e:	0,20 m	
	Lastwechsel:	2,5 Mio.	
	Frequenz:	8 Hz	

4 Ergebnisse

	Bauteil (WEB.- Nr.)	Bauteil- beschreibung	Prüfung	Ergebnis
1	H534 – 1	Führungszylinder	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	Einbindung in den Beton- körper		• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H534 – 2	Höhenverstellung	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H534 – 4	Höhenverstellung	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H534 – 5	Höhenverstellung	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H534 – 6	Höhenverstellung	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H534 – 7	Höhenverstellung	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H534 – 8	Höhenverstellung	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H542 –I	Auflagerring	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H542 –II	Auflagerring	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H542 –III	Auflagerring	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
	H542 –IV	Auflagerring	• Inaugenscheinnahme	• ohne Befund
2	H534 – 2	Höhenverstellung	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
	H534 – 4	Höhenverstellung	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
	H534 – 5	Höhenverstellung	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
	H534 – 6	Höhenverstellung	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei

H534 – 7	Höhenverstellung	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
H534 – 8	Höhenverstellung	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
H542 –I	Auflagerring	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
H542 –II	Auflagerring	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
H542 –III	Auflagerring	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei
H542 –IV	Auflagerring	1. Inaugenscheinnahme 2. Rissuntersuchungen nach [4] bzw. [5]	1. leichte Gebrauchsspuren am Schraubenkopf 2. Rissfrei

Die bei der Inaugenscheinnahme festgestellten leichten Gebrauchsspuren am Schraubenkopf sind in Abbildung 6 dargestellt.

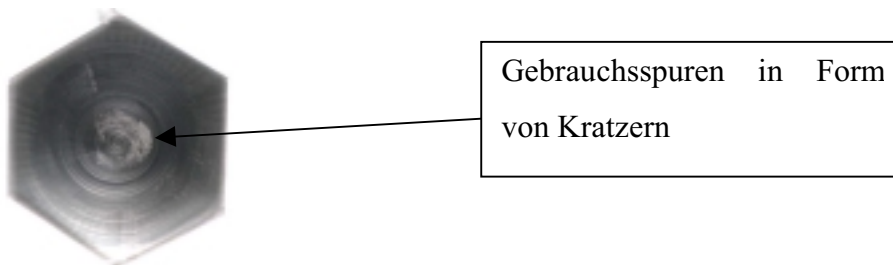


Abbildung 6: Gebrauchsspuren am Schraubenkopf (Bauteil 16)

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der VARIO-DOM 2000 ist eine neuartige, in der Höhe und Neigung verstellbare Konstruktion zur Regulierung des Höhenunterschiedes zwischen Schachtkonus und Schachtabdeckung. Dabei wird bewußt auf den Einsatz zementgebundener Werkstoffe verzichtet.

Die durchgeführten Prüfungen dienten dem Nachweis der Tragfähigkeit und Dauerfestigkeit der Konstruktion unter Vertikallasten.

Der Nachweis der Tragfähigkeit erfolgte in Anlehnung an DIN EN 124 [2] mit einer Vertikallast von 400 kN. Dies entspricht der Prüflast für eine Schachtabdeckung der Schachtabdeckungsklasse D 400.

Der Nachweis der Dauerfestigkeit der Konstruktion erfolgte in Anlehnung an DIN 1072 [3] mit einer vertikalen Last von 50 kN. Dies entspricht der Radlast eines Bemessungslastkraftwagens mit 300 kN Gesamtgewicht (SLW 30), mit 3 Achsen und 6 Rädern. Die Last wurde mit einer Frequenz von 8 Hz bei 2.5 Millionen Lastspielen exzentrisch aufgebracht. Bei drei Achsen pro LKW entspricht dies der Überfahrt von ca. 833.000 LKW.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind im folgenden zusammengefaßt:

- Es konnten keine standsicherheitsgefährdenden Schäden an den Bauteilen festgestellt werden. Sowohl die Einbindung in den Betonkörper, als auch die Einzelbauteile hielten den aufgetragenen Belastungen stand. Die sechs eingesetzten Höhenverstellungen saßen auch nach den Belastungen kraftschlüssig zwischen dem oberen und unteren Auflagering.
- An keinem Bauteil konnten Risse infolge der statischen bzw. dynamischen Belastung festgestellt werden. Bei der Inaugenscheinnahme der Einzelbauteile konnten nur Gebrauchsspuren in Form von Kratzern an den Schraubenköpfen der Höhenverstellung festgestellt werden (Abbildung 6).

Der VARIO-DOM 2000 hat die Prüfungen zum Nachweis der Tragfähigkeit und Dauerfestigkeit unter den gewählten Versuchsbedingungen bestanden.

-
- [1] Falk, C.; Liebscher, M.: Abschlußbericht Forschungsvorhaben - Sanierung schadhafter Schachtabdeckungen. Institut für Kanalisationstechnik (IKT), November 1995, unveröffentlicht
- [2] DIN EN 124: Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen; Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung (08.94)
- [3] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen (12.85)
- [4] ISO 3452: Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung; allgemeine Grundlagen (10.84)
- [5] DIN 54152-2: Zerstörungsfreie Prüfung; Teil 2: Eindringverfahren, Prüfung von Prüfmitteln (07.89)