

15.10-PB31/2012

# PRÜFZERTIFIKAT

## Wirtschaftlichkeit von MaxCell-Mehrfachrohrsystemen 4016-3

Hiermit wird von der Zertifizierungsstelle unter Bezugnahme auf Prüfbericht Nr. 32/2012 bescheinigt, dass bei Kombination der nachstehend genannten Komponenten

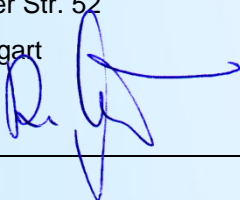
- MaxCell Mehrfachrohrsystem 4016-3 mit integriertem Kabel-Einzugseil  $\varnothing$  3,5 mm  
Hersteller: MaxCell Innerduct
- MaxCell Aramid-Endlosziehstrumpf Größe M5/18 und L11/36  
Hersteller: MaxCell Innerduct
- MaxCell-Kabelabdichtung MXCRTBVL  
Hersteller: Wolf Kabeltechnik GmbH, 70437 Stuttgart, Germany

eine wirtschaftliche und bedarfsgerechte Ausnutzung von Kabelkanalzügen im Bereich FTTH-Netzausbau nachgewiesen wird und zwar,

- Reduzierung des Reibungswiderstands um bis zu 75% im Vergleich zu abweichenden Kombinationen
- Ausnutzung von bis zu 55% der Fläche des Kabelkanals bei bedarfsgerechtem Ein- und Ausziehen unterschiedlicher Kabelbauarten
- kein Kabelmantelabrieb oder Beschädigung des MaxCell-Mehrfachrohrsystems 4016-3 bei Erst-oder Nachbelegung
- mögliche Kabelverlegung mit geringstem Maschinenaufwand
- Gas- und wasserdichtes Abdichten des Kabelkanals und der Kabel mit der wieder verwendbaren MaxCell-Kabelabdichtung MXCRTBVL und dadurch Vermeidung von Kabelschäden durch Wassereintritt oder Verlegeschieden in Folge verschlammter Kanäle

Mitgeltender Prüfbericht: PB 32/2012  
Datum der Zertifizierung: 24. April 2012  
Dieses Prüfzertifikat ist gültig bis 23. April 2014

Stuttgart, 24.04.2012  
Fibre Optics CT GmbH  
Zazenhäuser Str. 52  
70437 Stuttgart



L:\LAFO 15\15\_10\15\_10-PB31\_2012.docx

## Zusammenfassung der Prüfergebnisse

### MaxCell Mehrfachrohrsystem 4016-3

### Wirtschaftlichkeit

Überprüft wurde der Einsatz des MaxCell-Mehrfachrohrsystems unter dem Gesichtspunkt der wirtschaftlichen und bedarfsgerechten Ausnutzung von Kabelkanalzügen im Bereich FTTH-Netzausbau. Hierfür muss die mehrfache Nachbelegung und Rückbau eines bereits mit Kabeln belegten Kabelkanals einfach möglich sein. Laut Artikel „Glasfaser im Anschlußbereich von Telekommunikationsnetzen (FTTx)“ veröffentlicht im Dialog-Consult-Newsletter Nr. 1/2010 betragen die Tiefbaukosten 70-80% der Gesamtinvestition für den Trassenbau. Eine bestmögliche Ausnutzung der Kabelrohre ist daher von großer Wichtigkeit.

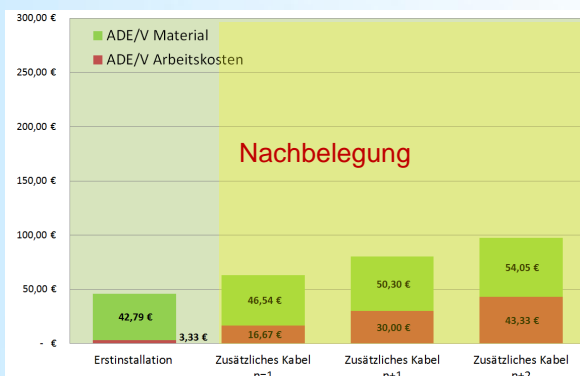
Versuchsaufbau und Ergebnis:

Nach vollständiger Kabelbelegung des ersten MaxCell-Mehrfachrohrsystems in einem s-förmig gebogenen Rohrbogen 50x1,8 mm wurde ein zweites MaxCell-Mehrfachrohrsystem 4016-3 eingezogen. In dieses zweite MaxCell-Mehrfachrohrsystem konnten weitere 3 Kabel (Ø je ~13,5 mm) mittels dem im MaxCell-Rohrsystem integrierten Einzugsseil unter Zuhilfenahme einer Ziehwinde mit 10 m/min eingezogen werden. **Die vorhandene Fläche im Kabelrohr wurde mit 6 Kabeln durch Einsatz des MaxCell-Mehrfachrohrsystems somit zu 55 % ausgenutzt.**

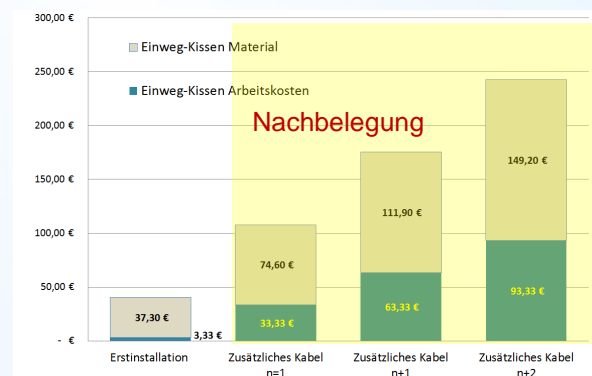
### Ergänzung der Wirtschaftlichkeit durch Einsatz von wieder verwendbarem Kabelabdichtsystem MXCRTBVL/ Wolf ADE/V

Beispiel: Kostenmodell Wolf Kabeltechnik GmbH „Vergleich der akkumulierten Materialkosten & Arbeitskosten von wieder verwendbaren Abdichtelementen mit Einweg-Abdichtkissen

Wieder verwendbares Kabelabdichtsystem  
MXCRTBVL/ Wolf ADE/V



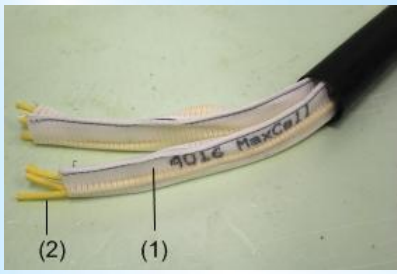
Einweg-Abdichtkissen



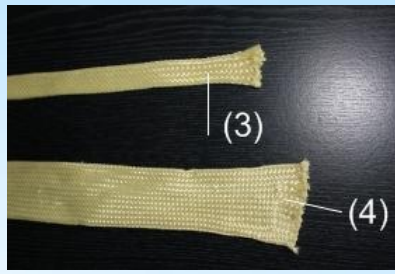
Das wieder verwendbare Kabelabdichtsystem MXCRTBVL/ Wolf ADE/V ist bei der Erstinstallation teurer als das Einweg-Abdichtkissen. Betrachtet man die Kosten bei 3 facher wieder Verwendung ergibt sich wie folgt: die akkumulierten Materialkosten des wieder verwendbaren Abdichtsystems betragen nur ~ 1/3 der Materialkosten des Einwegsystems. Die Arbeitskosten des wieder verwendbaren Abdichtsystems entsprechen ca. der Hälfte der Arbeitskosten des Einwegsystems (Detaillierte Unterlagen erhalten Sie auf Anfrage von Wolf Kabeltechnik GmbH).

L:\LAFO 15\15\_10\15\_10-PB31\_2012.docx

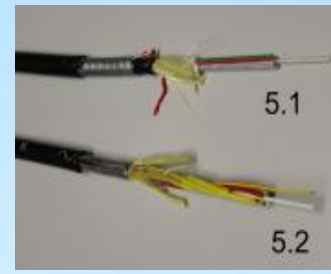
## Die verlegerelevanten Komponenten und Prüfaufbau



MaxCell 4016-3  
(1) hochflexibles Mehrfachrohrsystem mit Kabeleinzugseil (2)



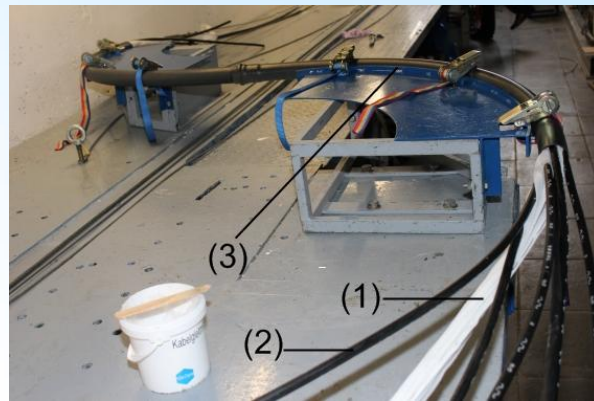
Aramid-Kabel-Ziehstrumpf  
Endlosziehstrumpf (ohne Zugschlaufe)  
(3) Größe M5/18 (4) Größe L 11/36



(5.1) A-DQ2Y(SR)2Y Ø 13,0 mm  
(5.2) A-DF(ZN)(L)2Y Ø 13,5 mm

Prüfaufbau in Anlehnung an DIN EN 60794-1-2 Verf. E18  
„Kabelbiegung unter Zug“

- (1) Mehrfachrohrsystem MaxCell 4016-3  
2 Stück im Rohrbogen
- (2) LWL-Kabel 1 bis 6 Stück nacheinander  
ins MaxCell-Rohrsystem eingezogen
- (3) Rohrbogen 50x1,8 mm



## Prüfergebnisse

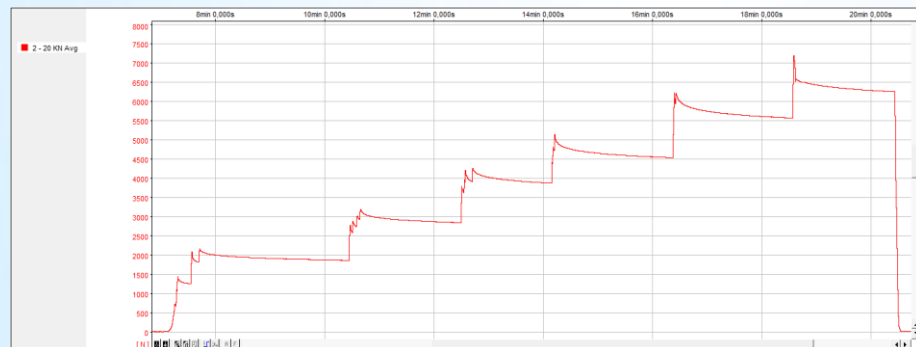
### MaxCell Einzugseil (integriert)

Die im MaxCell-Mehrfachrohrsystem 4016-3 integrierten Kabeleinzugseile aus Kunststoff sind für eine Zugkraft von max. 5500 N ausgelegt. Während des Versuchs konnten **nur vorteilhafte Eigenschaften** ermittelt werden. Der Arbeitsgang „Einschieben/ Einblasen von metallenen Kabeleinzugseilen“ entfällt. Durchgeschnittene Kabelschutzrohre entfallen.

Das Einziehen der Kabel kann wirtschaftlich mit geringem Maschinenaufwand erfolgen z. Bsp. mittels Pritschenspillwinde PSW 10-13.

Prüfdiagramm:  
Bruchfestigkeit  
des Einzugseils

Ermittelte  
Bruchfestigkeit  
ca. 7300 N



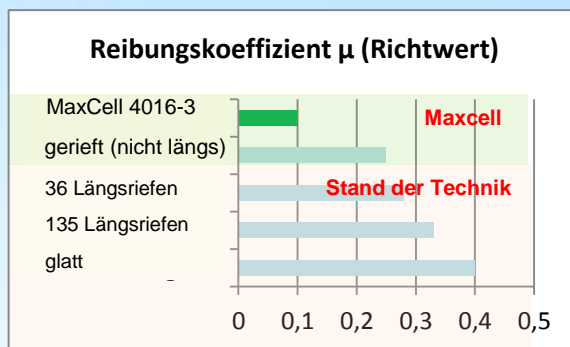
## Prüfergebnisse

### MaxCell Mehrfachrohrsystem 4016-3

**Reibungskoeffizient 0,1  $\mu$**

um 75% reduziert !

Der Reibungskoeffizient zwischen MaxCell-Mehrfachrohrsystem 4016-3 und Kabelmänteln aus LDPE betrug nur 0,1  $\mu$ . Im direkten Vergleich mit ungeschmierten Kabelrohren 50 x 4,6 mm (Stand der Technik) konnte der Reibungskoeffizient somit um bis zu 75% reduziert werden. Vergleichsversuche mit einer kontinuierlichen Kabelschmierung zeigten keine weitere Reduzierung des Reibwertes 0,1  $\mu$  im MaxCell-Mehrfachrohrsystem.



Der geringe Reibungswiderstand von 0,1  $\mu$  beim Einziehen in das MaxCell-Mehrfachrohrsystem 4016-3 reduziert die entstehenden Zugkräfte und erhöht die möglichen Verlegelängen.

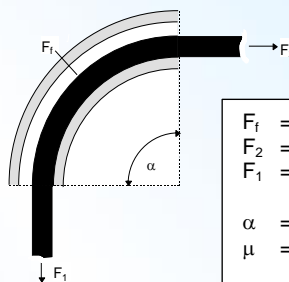
#### Theoretischer Hintergrund:

Vorhersagen über die Zugbeanspruchung von Kabeln

Bild A.1 Berechnung der Kabelzugkräfte nach DIN EN 60794-1/ Anhang A Abs. 2.3

Beispiel:

	Stand der Technik	MaxCell 4016-3
Reibungskoeffizient $\mu$	0,40	0,10
Kabelmasse bei F1 [kg/m]	15	15
bei F2 [kg/m]	28,05	17,55



$F_f$  = Reibungskraft  
 $F_2$  = Zugkraft am Kabelanfang [daN]  
 $F_1$  = Haltekraft nach Abzug der Reibungskraft [daN]  
 $\alpha$  = Kurvenwinkel  
 $\mu$  = Reibungskoeffizient  

$$F_2 = F_1 \cdot e^{\mu\alpha}$$

#### Die Zugkraft am Kabelanfang

Alle Kurven in der Kabeltrasse erhöhen die erforderliche Verlegezugkraft. Diese Erhöhung der Verlegezugkraft wird zum Resultat aus der vorangegangenen Berechnung addiert. Die Berechnung erfolgt gemäß dem nachstehenden Diagramm.

#### Zugkraft-Korrekturfaktor f bei Kurvenwinkel $\alpha$

	$\mu$	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Gleitreibung $\mu$	0,60	1,37	1,60	1,87	2,19	2,57	3,00	3,51	4,11	4,81	5,63	6,59	Stand der Technik
	0,55	1,33	1,54	1,78	2,05	2,37	2,74	3,16	3,65	4,22	4,87	5,63	
	0,50	1,30	1,48	1,69	1,92	2,19	2,50	2,85	3,25	3,70	4,22	4,81	
	0,45	1,27	1,42	1,60	1,80	2,03	2,28	2,57	2,89	3,25	3,65	4,11	
	0,40	1,23	1,37	1,52	1,69	1,87	2,08	2,31	2,57	2,85	3,16	3,51	
	0,35	1,20	1,32	1,44	1,58	1,73	1,90	2,08	2,28	2,50	2,74	3,00	
	0,30	1,17	1,27	1,37	1,48	1,60	1,73	1,87	2,03	2,19	2,37	2,57	MaxCell
	0,25	1,14	1,22	1,30	1,39	1,48	1,58	1,69	1,80	1,92	2,05	2,19	
	0,20	1,11	1,17	1,23	1,30	1,37	1,44	1,52	1,60	1,69	1,78	1,87	
	0,15	1,08	1,13	1,17	1,22	1,27	1,32	1,37	1,42	1,48	1,54	1,60	
	0,10	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20	1,23	1,27	1,30	1,33	1,37	
	0,05	1,03	1,04	1,05	1,07	1,08	1,10	1,11	1,13	1,14	1,15	1,17	
0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

L:\LAFO 15\15\_10-PB31\_2012\_S3-4.docx

**MaxCell Aramid-Ziehstrumpf****Keine Beschädigungen des Rohrsystems  
Zugkraft des Ziehstrumpfes**

Bei Verwendung des beigestellten MaxCell Aramid-Ziehstrumpfes kam es zu **keinerlei Beschädigungen des MaxCell-Mehrfachrohrsystems 4016-3 oder der LWL-Kabel**. [Anmerkung: die Versuche wurden ohne zusätzliche Umwicklung mit Isolierband durchgeführt]. Beim Vergleichsversuch mit unbeschädigtem metallenen Ziehstrumpf kam es zu keinerlei Beschädigungen des MaxCell-Mehrfachrohrsystems 4016-3 oder der LWL-Kabel.

Die vom Hersteller angegebenen **Zugkraftwerte wurden erfüllt**.

Typ	Zugkraft max Soll	Bruchkraft Ist
M5/18	5500 N	7300 N
L11/36	10000 N	12500 N

Fotos: Versuchsergebnisse

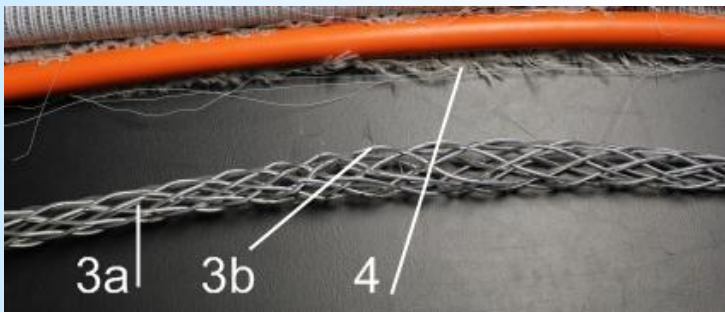
### 1. Verwendung der MaxCell-Komponenten



- 1 MaxCell Aramid-Ziehstrumpf
- 2 unbeschädigtes MaxCell Mehrfachrohr 4016-3 nach Kabelverlegung mit Aramid-Ziehstrumpf

### 2. Vergleichsversuch

Bei einem Vergleichsversuch mit einem beschädigten metallenen Ziehstrumpf wurde das MaxCell-Mehrfachrohrsystem beschädigt. Bei Verwendung von metallenen Ziehstrümpfen unbedingt diese auf Schäden kontrollieren.



- 3a Metall-Ziehstrumpf
- 3b gebrochene Stahldrähte
- 4 im 90° Umlenkbogen mit metallenen Ziehstrumpf beschädigtes MaxCell Mehrfachrohr 4016-3

**MaxCell Mehrfachrohrsystem 4016-3****Kein Kabelmantelabrieb**

Bei Simulation einer Kabelnachbelegung konnten nach Ausziehen des Kabels mit einer Zugbelastung von bis zu  $1,6 \times W$  (Kabelgewicht) und einem Reibwert von  $\sim 0,10 \mu$  im Vergleich zum Stand der Technik **kein Abrieb des LDPE-Kabelmantels ermittelt werden**. Folgen von Wassereintritt in Kabel und Verbindungsmuffen entfallen beim MaxCell-Mehrfachrohrsystem 4016-3.

FO 14.6

## Prüfbericht Nr.: PB 32/2012

### Einziehverhalten von Kabeln in MaxCell-Mehrfachrohrsysteme für Ortsnetzverkabelung und FTTH-Netzausbau

**Produkt:** MaxCell hochflexible Mehrfachrohrsysteme Typ 4016-3 zur wirtschaftlichen und bedarfsgerechten Ausnutzung von Kabelkanalzügen

**Prüfumfang:**

- Einzugverhalten von MaxCell-Mehrfachrohrsystemen in Kunststoffrohre und Einziehverhalten von Kabeln
- Einziehverhalten von Einziehhilfsmitteln und Kabeln in MaxCell-Mehrfachrohrsysteme und Ermittlung der Zugkraftänderung
- Ermittlung der Reibungskoeffizienten der verlegerelevanten Komponenten unter Zugbelastung
- Ermittlung der mechanischen Eigenschaftsänderung der äußeren und inneren Kabelaufbauelemente und des MaxCell-Mehrfachrohrsystems.

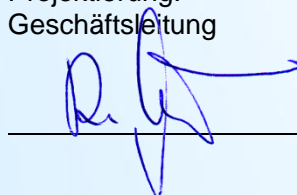
**Auftraggeber:** MaxCell Innerduct, Wadsworth Ohio, USA

**Prüfgrundlagen:** In Anlehnung an:  
DIN EN 60794-1-2/ Verfahren E18 (dynamische- s-förmige Prüfung)  
Kabelprüfung unter Zug  
DIN EN 60794-1-1/ Anhang A „Leitfaden für die Verlegung von LWL-Kabeln“  
- Fibre Optics CT Prüfgrundlage PG20-2 Prüf-Nr. 1346

Stuttgart, den 22.02.2012

Fibre Optics CT GmbH  
Zazenhäuser Str. 52  
70437 Stuttgart

Projektierung:  
Geschäftsleitung



Bearbeiter mechanische  
& dynamische Meßtechnik:



Prüfzertifikat  
15-01-PB226/2011  
Gültigkeit 30.11.2013

L:\LAFO 15\15\_10\15\_10-PB31\_2012.docx