

Chainflex® Serie	Beanspruchung	Verfahrenweg	Ölbeständigkeit
CF210.UL	4	1	2
CF270.UL.D	4	1	3
CF111.D	4	1	4
CF130.UL	4	2	1
CF140.UL	4	2	1
CF170.D	4	1	3
CF180	4	1	3
CFBUS.PVC	4	1	2
CFBUS.PUR	4	1	3
CF240	4	2	2
CF77.UL.D	5	3	3
CF78.UL	5	3	3
CF5	5	3	2
CF6	5	3	2
CF211	5	3	2
CF21.UL	5	3	2
CF30	5	3	2
CF31	5	3	2
CFLK	5	1	3
CF2	6	3	3
CF112	6	3	3
CF113/CF113.D	6	3	3
CFLG.2H	6	3	3
CF27.D	6	3	3
CF14.CAT5	6	3	4
CFCRANE	6	4	3
CF9.UL	6	4	4
CF10.UL	6	4	4
CF11/CF11.D	6	4	4
CF12	6	4	4
CF11.LC./LC.D	6	4	4
CFBUS	6	4	4
CFKOAX	6	4	4
CF34.UL.D	6	4	4
CF35.UL	6	4	4
CF300.UL.D	6	4	4
CFPE	6	4	4
CF310.UL	6	4	4
CFLG.LB	7	3	4
CF9	7	4	4
CF10	7	4	4
CF98	7	4	4
CF99	7	4	4
CFLG.G	7	4	4
CF37.D	7	4	4
CF38	7	4	4
CF330.D	7	4	4
CF340	7	4	4
CFFLAT	7	4	4

Ihr Weg durch den Chainflex®-Katalog

Chainflex® hält – oder Geld zurück! igus® getestet!	16
Steuerleitungen	50
Daten-/Bus-/Mess- Systemleitungen/Koax	100
Lichtwellenleitung (LWL)	154
Servoleitungen	166
Motorleitungen Pneumatikschläuche	182
Tordierbare Leitungen	216
Chainflex® für Video-/Vision-/Bustechnik	232
Chainflex® für Netzwerktechnik	258
Initiatoren CF.INI Sensor-/Aktor-Leitungen	276
ReadyCable® Konfektionierte Leitungen	291
Connectors	404
Chainfix Zugentlastungen	437
ReadyChain® Konfektionierte Energieketten-Systeme	449
Konstruieren mit igus® Tabellen, Hinweise	460

Chainflex® Typen



	Chainflex® Leitung	Mantel	Schirm	Biegeradius min., bewegt [Faktor x d]	Temperatur, bewegt von/bis [°C]	Biegeradius min., fest [Faktor x d]	Temperatur, fest von/bis [°C]	Preisindex
Steuerleitungen								
	CF130.UL	PVC		7,5-10	-5/ +70	5	-20/ +70	●●●
	CF140.UL	PVC		7,5-15	-5/ +70	5	-20/ +70	●●●
	CF5	PVC		6,8-7,5	-5/ +70	4	-20/ +70	●●●
	CF6	PVC		6,8-7,5	-5/ +70	4	-20/ +70	●●●
	CF77.UL.D	PUR		6,8-7,5	-35/ +80	4	-40/ +80	●●●
	CF78.UL	PUR		6,8-7,5	-35/ +80	4	-40/ +80	●●●
	CF170.D	PUR		7,5-10	-35/ +80	5	-40/ +80	●●●
	CF180	PUR		7,5-15	-35/ +80	5	-40/ +80	●●●
	CF2	PUR		5	-20/ +80	4	-40/ +80	●●●
	CF9	TPE		5	-35/ +100	3	-40/ +100	●●●
	CF10	TPE		5	-35/ +100	3	-40/ +100	●●●
	CF9.UL	TPE		5	-35/ +100	3	-40/ +100	●●●
	CF10.UL	TPE		5	-35/ +100	3	-40/ +100	●●●
	CF98	TPE		4	-35/ +90	3	-40/ +90	●●●
	CF99	TPE		4	-35/ +90	3	-40/ +90	●●●

Diesen Werten liegen konkrete Anwendungen oder Tests zu Grunde. Sie stellen nicht die Grenze des technisch Machbaren dar.

Gehen Sie online und nutzen Sie alle Vorteile von www.igus.de

Download eplan-Bibliothek für alle Leitungstypen

► www.igus.de/eplan-download

Chainflex® Typen

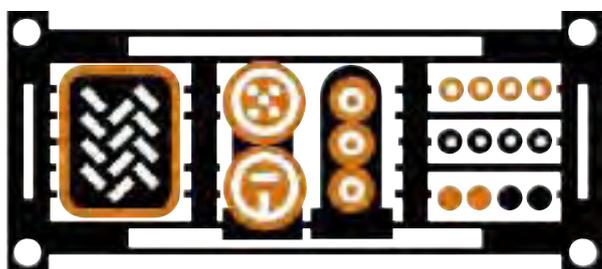


Zulassungen und Normen	flammwidrig	ölbeständig	halogenfrei	UV-beständig	torsionsfähig	v max. freitragend [m/s]	v max. gleitend [m/s]	a max. [m/s²]	Aderzahl	Querschnitt Ø [mm²]	Seite
CE RoHS UL US						3	2	20	2 - 25	0,25 - 6,0	52
CE RoHS UL US						3	2	20	3 - 36	0,25 - 2,5	56
CE RoHS UL US						10	5	80	2 - 42	0,25 - 2,5	60
CE RoHS UL US						10	5	80	3 - 25	0,25 - 2,5	64
CE RoHS UL US						10	5	80	2 - 30	0,50 - 4,0	68
CE RoHS UL US						10	5	80	3 - 24	0,50 - 4,0	70
CE RoHS						3	2	20	3 - 30	0,50 - 10,0	72
CE RoHS						3	2	20	3 - 18	0,75 - 2,5	74
CE RoHS UL US						10	5	80	3 - 48	0,14 - 1,5	76
CE RoHS						10	6	100	2 - 36	0,25 - 35,0	80
CE RoHS						10	6	100	2 - 25	0,14 - 4,0	84
CE RoHS UL US						10	6	100	2 - 36	0,25 - 6,0	88
CE RoHS UL US						10	6	100	2 - 25	0,25 - 4,0	92
CE RoHS						10	6	100	2 - 8	0,14 - 0,5	96
CE RoHS						10	6	100	2 - 8	0,14 - 0,34	98

Die im Katalog als "bioölbeständig" bezeichneten Chainflex®-Typen wurden nach VDMA 24568 mit Plantocut 8 S-MB von DEA getestet.

Inhaltsverzeichnis nach Artikel-Nummern ▶ Seite 492

Inhaltsverzeichnis nach Branchen ▶ Seite 484



Kette – Kabel – Garantie!

Fragen Sie auch nach einbaufertig konfektionierten ReadyChains® – rasch Cash-Flow und Gewinn erhöhen. Die igus®-Systemgarantie gilt auch für lose gelieferte Komponenten.

www.readychain.de

Chainflex® Typen



Chainflex® Leitung	Mantel	Schirm	Biegeradius min., bewegt [Faktor x d]	Temperatur, bewegt von/bis [°C]	Biegeradius min., fest [Faktor x d]	Temperatur, fest von/bis [°C]	Preisindex
Datenleitungen							
 CF240	PVC		10-12	-5/ +70	5	-20/ +70	●●●
 CF211	PVC		10	-5/ +70	5	-20/ +70	●●●
 CF112	PUR		10	-35/ +80	5	-40/ +80	●●●
 CF113	PUR		10	-35/ +80	5	-40/ +80	●●●
 CF11	TPE		10	-35/ +100	5	-40/ +100	●●●
 CF12	TPE		10	-35/ +100	5	-40/ +100	●●●
Busleitungen (mit Auswahltabelle nach Bustypen)							
 CFBUS.PVC	PVC		12,5	-5/ +70	7,5	-20/ +70	●●●
 CFBUS.PUR	PUR		12,5	-35/ +70	7,5	-40/ +70	●●●
 CF BUS	TPE		10-12,5	-35/ +70	5	-40/ +70	●●●
 CF11.LC	TPE		10	-35/ +70	5	-40/ +70	●●●
 CF11.LC.D	TPE		10	-35/ +70	5	-40/ +70	●●●
 CF14 CAT5	TPE		12,5	-35/ +70	7,5	-40/ +70	●●●
Mess-Systemleitungen							
 CF211	PVC		10	-5/ +70	5	-20/ +70	●●●
 CF113.D	PUR		10	-20/ +80	5	-40/ +80	●●●
 CF111.D	TPE		12	-35/ +100	6	-40/ +100	●●●
 CF11.D	TPE		10	-35/ +100	5	-40/ +100	●●●
Koaxleitungen							
 CF Koax 1	TPE		10	-35/ +100	7,5	-40/ +100	●●●
Lichtwellenleitungen							
 CFLK	PUR		12,5	-20/ +70	7,5	-25/ +70	●●●
 CFLG.2H	PUR		12,5	-20/ +60	7,5	-25/ +60	●●●
 CFLG.LB	TPE		5	-20/ +60	5	-25/ +70	●●●
 CFLG. G	TPE		15	-40/ +60	8,5	-40/ +60	●●●

Diesen Werten liegen konkrete Anwendungen oder Tests zu Grunde. Sie stellen nicht die Grenze des technisch Machbaren dar.

Chainflex® Typen



Zulassungen und Normen	flammwidrig	ölbeständig	halogenfrei	UV-beständig	torsionsfähig	v max. freitragend [m/s]	v max. gleitend [m/s]	a max. [m/s²]	Aderzahl	Querschnitt Ø [mm²]	Seite
100											
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						3	2	20	3 - 24	0,14 - 0,34	102
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						5	3	50	2 - 28	0,25 - 0,5	104
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						5	3	50	4 - 12	0,25 - 0,5	106
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						5	3	50	4 - 12	0,25 - 0,5	108
CE RoHS Halbes Kreuz						10	6	100	4 - 36	0,14 - 2,5	110
CE RoHS Halbes Kreuz						10	6	100	4 - 28	0,25 - 1,0	112
114											
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						2		30	2 - 4	0,25 - 0,5	118
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						2		30	2 - 4	0,25 - 0,5	120
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						10	6	100	2 - 10	0,08 - 1,5	122
CE RoHS Halbes Kreuz						10	6	100	2 - 9	0,25 - 1,0	126
CE RoHS Halbes Kreuz						10	6	100	2 - 6	0,25 - 1,5	128
CE RoHS Halbes Kreuz						10	6	100	4 - 10	0,25	130
132											
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						5	3	50	6 - 16	0,14 - 1,0	132
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						5	3	50	4 - 17	0,14 - 1,0	136
CE RoHS Halbes Kreuz UL US						2		30	6 - 16	0,14 - 0,5	142
CE RoHS Halbes Kreuz						10	6	100	4 - 17	0,14 - 1,0	146
152											
CE RoHS Halbes Kreuz						10	5	100	1 - 5		152
154											
CE RoHS						10	5	20	1	980/1000 µm	158
CE RoHS						10	6	20	2	50 + 62,5/125, 200/230 µm	160
CE RoHS						10	6	20	2	50 + 62,5/125	162
CE RoHS						10	6	20	6 - 12	50 + 62,5/125 µm	164

Die im Katalog als "bioölbeständig" bezeichneten Chainflex®-Typen wurden nach VDMA 24568 mit Plantocut 8 S-MB von DEA getestet.

Chainflex® Typen



	Chainflex® Leitung	Mantel	Schirm	Biegeradius min., bewegt [Faktor x d]	Temperatur, bewegt von/bis [°C]	Biegeradius min., fest [Faktor x d]	Temperatur, fest von/bis [°C]	Preisindex
Servoleitungen								
	CF210.UL	PVC		10	-5/ +70	5	-20/ +70	●●●
	CF21.UL	PVC		7,5	-5/ +70	4	-20/ +70	●●●
	CF270.UL.D	PUR		10	-20/ +80	5	-40/ +80	●●●
	CF27.D	PUR		7,5	-20/ +80	4	-40/ +80	●●●
Motorleitungen								
	CF30	PVC		7,5	-5/ +70	4	-20/ +70	●●●
	CF31	PVC		7,5	-5/ +70	4	-20/ +70	●●●
	CF34.UL.D	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF35.UL	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF37.D	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF38	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF300.UL.D	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CFPE	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF310.UL	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF330.D	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF340	TPE		7,5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF FLAT	TPE		5	-35/ +90	4	-40/ +90	●●●
	CF BRAID	TPE		7,5	-35/ +70	4	-40/ +70	●●●
	CF BRAID.C	TPE		7,5	-35/ +70	4	-40/ +70	●●●
	CF CRANE	igupren		10	-20/ +80	7,5	-30/ +80	●●●

Diesen Werten liegen konkrete Anwendungen oder Tests zu Grunde. Sie stellen nicht die Grenze des technisch Machbaren dar.

Chainflex® Typen



Zulassungen und Normen	flammwidrig	ölbeständig	halogenfrei	UV-beständig	torsionsfähig	v max. freitragend [m/s]	v max. gleitend [m/s]	a max. [m/s²]	Aderzahl	Querschnitt Ø [mm²]	Seite
166											
CE						10		80	4 - 8	0,75 - 35 / Paare 0,34 - 1,5	168
CE						10	5	80	6 - 8	0,75 - 35 / Paare 0,34 - 1,5	170
CE						10		50	4 - 8	0,75 - 35 / Paare 0,34 - 1,5	174
CE						10	5	80	4 - 8	0,75 - 35 / Paare 0,34 - 1,5	178
182											
CE						10	5	80	4 - 5	1,5 - 50	184
CE						10	5	80	4 - 5	1,5 - 70	186
CE						10	6	80	3 - 5	1,5 - 50	188
CE						10	6	80	3 - 4	0,5 - 50	190
CE						10	6	80	3 - 5	1,5 - 50	192
CE						10	6	80	3 - 4	0,5 - 50	194
CE						10	6	100	1	6 - 185	196
CE						10	6	100	1	1,5 - 35	198
CE						10	6	100	1	4 - 185	200
CE						10	6	100	1	6 - 185	202
CE						10	6	100	1	4 - 185	204
CE						10	6	100	1	2,5 - 4	206
CE						10	6	80	8	2,5	208
CE						10	6	80	8	2,5	208
CE						10	6	50	1	25 - 95	210

Die im Katalog als "bioölbeständig" bezeichneten Chainflex®-Typen wurden nach VDMA 24568 mit Plantocut 8 S-MB von DEA getestet.

Inhaltsverzeichnis nach Artikel-Nummern ► Seite 492

Inhaltsverzeichnis nach Branchen ► Seite 484

Chainflex® Typen



Chainflex® Leitung	Mantel	Schirm	Biegeradius min., bewegt [Faktor x d]	Temperatur, bewegt von/bis [°C]	Biegeradius min., fest [Faktor x d]	Temperatur, fest von/bis [°C]	Preisindex
Pneumatikschläuche							
	CF AIR	PU	10	-25/ +80	8	-40/ +85	●●●●
	CF Clean AIR	PE	10	-25/ +60	8	-30/ +65	●●●●
Tordierbare Leitungen							
	CF ROBOT9	PUR	10	-25/ +80	4	-40/ +80	●●●●
	CF ROBOT8	PUR	10	-20/ +70	7,5	-25/ +70	●●●●
	CF ROBOT4	PUR	10	-25/ +80	4	-40/ +80	●●●●
	CF ROBOT5	TPE	12,5	-20/ +60	7,5	-25/ +60	●●●●
	CF ROBOT6	PUR	10	-25/ +80	4	-40/ +80	●●●●
	CF ROBOT7	PUR	10	-25/ +80	4	-40/ +80	●●●●
	CF ROBOT	TPE	10	-35/ +100	4	-40/ +100	●●●●

Diesen Werten liegen konkrete Anwendungen oder Tests zu Grunde. Sie stellen nicht die Grenze des technisch Machbaren dar.

Chainflex® Typen



Zulassungen und Normen	flammwidrig	ölbeständig	halogenfrei	UV-beständig	torsionsfähig	v max. freitragend [m/s]	v max. gleitend [m/s]	a max. [m/s ²]	Aderzahl	Querschnitt Ø [mm ²]	Seite
						10	6	50			212
						10	6	50			214
											216
						10		10	2 - 18	0,5 - 2,5	220
						10		10	2 - 4	0,15 - 0,25	222
						10		10	2 - 18	0,5 - 2,5	224
						10		10	2	50 + 62,5/125 µm	226
						10		10	3 - 4	1,5 - 35	228
						10		10	3 - 4	1,5 - 35	228
						10		10	1	10 - 50	230

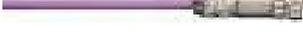
Die im Katalog als "bioölbeständig" bezeichneten Chainflex®-Typen wurden nach VDMA 24568 mit Plantocut 8 S-MB von DEA getestet.

Inhaltsverzeichnis nach Artikel-Nummern ► Seite 492

Inhaltsverzeichnis nach Branchen ► Seite 484

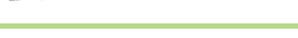
Chainflex® ReadyCable®



		Leitungstyp	Mantel	Seite
Video-/Vision-/Bustechnik (Referenzliste Kamerahersteller ▶ 254)				232
	FireWire	Konfektionierte Leitung	TPE	234
	USB	Konfektionierte Leitung	TPE	238
	GigE	Konfektionierte Leitung	TPE	242
	LWL	Konfektionierte Leitung	PUR	244
	LWL	Konfektionierte Leitung (Roboter)	TPE	248
	Koax	Konfektionierte Leitung	TPE	250
Netzwerk/Ethernet/LWL/Feldbus				258
	CFLG.6G	Gradienten-Glasfaser, konfektioniert	TPE	260
	CFLG.12G	Gradienten-Glasfaser, konfektioniert	TPE	262
	CAT5	Ethernetleitung, konfektioniert	TPE	264
	CAT5	Ethernetleitung, konfektioniert, L-/T-Winkel	TPE	266
	CAT6	Ethernet Spezialleitung	TPE	268
	Profibus	Feldbusleitung, konfektioniert	PVC/PUR/TPE	270
Initiatoren CF9 - CF.INI (Biegeradius min. 5 x d)				276
		Anschlussleitung/Verbindungsleitung	TPE	278
Initiatoren CF10 - CF.INI (Biegeradius min. 5 x d) 360° geschirmt				
		Anschlussleitung/Verbindungsleitung	TPE	284
Initiatoren CF98 - CF.INI (Biegeradius min. 4 x d)				
		Anschlussleitung/Verbindungsleitung	TPE	286

Chainflex® ReadyCable®



	Auswahl nach Systemen (Art.-Nr. und Werkstoffe)	Mantel	Seite
Antriebsleitungen			291
	B&R	PVC/PUR/TPE	294
	Baumüller	PVC/PUR/TPE	294
	Beckhoff	PVC/PUR/TPE	296
	Berger Lahr	PVC/PUR/TPE	296
	Control Techniques	PVC/PUR/TPE	297
	Danaher Motion	PVC/PUR/TPE	298
	ELAU	PVC/PUR/TPE	300
	Fagor	TPE	301
	Fanuc	PUR/TPE	301
	Heidenhain	PUR/TPE	301
	Lenze	PVC/PUR/TPE	302
	NUM	PVC/PUR/TPE	303
	Rexroth	PVC/PUR/TPE	303
	SEW	PVC/PUR/TPE	305
	Siemens	PVC/PUR/TPE	306
	Stöber	PVC/PUR/TPE	307

"Baumüller" ist eine eingetragene Marke der Baumüller Nürnberg GmbH, Nürnberg / "Beckhoff" ist eine eingetragene Marke des Herrn Hans Beckhoff, Verl / "Berger Lahr" ist eine eingetragene Marke der Schneider Electric Motion Deutschland GmbH & Co.KG, Lahr / "Danaher Motion" ist eine eingetragene Marke der Danaher Motion Technology LLC, Delaware / "ELAU" ist eine eingetragene Marke der Elektronik-Automations-AG, Markttheidenfeld / "Fanuc" ist eine eingetragene Marke der Fanuc Ltd., Tokyo/Yamanashi / "Heidenhain" ist eine eingetragene Marke der Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut / "Lenze" ist eine eingetragene Marke der Lenze GmbH & Co. KG, Extertal / "Rexroth" ist eine eingetragene Marke der Bosch Rexroth AG, Lohr/ "SEW" ist eine eingetragene Marke der SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, Bruchsal / "Siemens" ist eine eingetragene Marke der Siemens AG, München / "Stöber" ist eine eingetragene Marke der Stöber Antriebstechnik GmbH & Co. KG, Pforzheim

Connectors

404



Testbestellung – Testen Sie igus®!

405



SERIE A Signal-Steckverbinder

406



SERIE B Leistungs-Steckverbinder

410



SERIE B Leistungs-Steckverbinder

412



SERIE M17 Signal- und Leistungs-Steckverbinder

413



SERIE C Leistungs-Steckverbinder

416



SERIE D Leistungs-Steckverbinder

418



SERIE S Leistungs-Steckverbinder

420



Werkzeuge, Zubehör

422



SUB-D Signal-Steckverbinder

424



Verschraubungen

428

Zugentlastungen

437



Chainfix Bügelschellen Mit Innensechskant einstellbar

440



Chainfix Clips Aufsteckbare Zugentlastung

442



Chainfix Nugget Zugentlastung für Leitungen

443



Zugentlastungstrennsteg Trennsteg mit integrierten Zähnen

444



Kettenkämme Anschraubbar oder steckbar

445



Chainfix Kettenkämme Einsteckbar im C-Profil

446



igus® Blockschelle Zugentlastung für Schläuche

447

ReadyChain®

449



igus® ReadyChain® Konfektionierte E-KettenSysteme®

450



Konstruieren mit igus®

Leitungen und Schläuche – Allgemeine Regeln für Leitungen und Schläuche in E-Ketten®	462
Leitungen und Schläuche – Aufteilung in E-Ketten®	463
Leitungen und Schläuche – Weitere Hinweise zur Aufteilung von Leitungen	464
Elektrische Rundleitungen	465
Elektrische Rundleitungen – Hinweise zur Montage und Zugentlastung von elektrischen Rundleitungen	466
Pneumatikschläuche	467

Daten und Tabellen

Farbcode nach DIN 47100 / Kupferdraht-Dimensionen nach AWG-Nummern	468
Errechnung des Kupferzuschlages	469
Strombelastbarkeit von Leitungen	469
Elektrotechnische Daten	470
Chemikalienbeständigkeit	476

Informationen

Allgemeine Geschäftsbedingungen	478
Benutzerhinweis, Disclaimer, KTG, Produktabbildungen	478
Technische Hinweise	478
Zulassungen und Normen	479
Leitungen online konfigurieren und bestellen, igus® & eplan	480
Gut und günstig! Restbestände im Internet	481
Weitere igus®-Produkte – Katalogübersicht	482
igus® im Internet	483
Branchenübersicht	484
Inhaltsverzeichnis nach Artikel-Nummern	492

Kontakt zu igus®

Faxformular – Kundenspezifische Leitungen für E-KettenSysteme®	488
Faxformular – System-Projektierung	489
Faxformular – Projektierung von konfektionierten E-KettenSystemen®	490
Faxformular – Bestellung	491
Karte National	498
Karte International	500

Über den Chainflex®-Katalog – Fragen und Anregungen Umschlag hinten

Erklärung der im Katalog verwendeten Icons Umschlag hinten

Klassifizierung der Chainflex®-Leitungen Umschlag vorne

Der Katalog in der Anwendung: Chainflex®-Energieleitungen

Kurzbeschreibung

Produktbeschreibung und Kurzbeschreibung der gewählten Chainflex®-Leitung.

Produktabbildung

Aufbaubeschreibung der Chainflex®-Leitung sowie detaillierte Produktabbildung.

Technische Daten

Detaillierte Beschreibung der Chainflex®-Leitung, praktisch illustriert mit Icons. Alle Angaben zum Temperaturbereich, Geschwindigkeit und Spannung sowie eine Beschreibung des Leitungsaufbaus.

Leitungs-Klassen

Klassifizierung der Chainflex®-Leitungen nach Beanspruchung, Ölbeständigkeit und Verfahrenweg

Zulassungen/Normen

CF99
TPE
4 x d

IGUS® CHAINFLEX® CF99

TPE-Steuerleitung Chainflex® CF99

- für höchste Beanspruchung und besonders in Anwendungen bis zu 4 x d
- TPE-Außenmantel
- geschliffen
- ölbeständig, bioölbeständig
- PVC- und halogenfrei
- kältflexibel
- hydrolyse- und mikrobebeständig

	TfT bewegt	-35 °C bis +90 °C; Bogenradius min. 4 x d
	TfT fest	-40 °C bis +90 °C; Bogenradius min. 5 x d
	v max. betriebsstrategie	12 m/s; 6 m/s
	s max.	700 m/s
	Verfahren	Kurze, sehr schnelle Anwendungen bei hohen Rollen- und geringem Durchmesser, Class II
	UV-beständig	ja
	Nennspannung	300/300 V
	Prüfspannung	1500 V
	Öl	Ölbeständig (in Anlehnung an DIN EN 50271-1) bioölbeständig (in Anlehnung VDMA 21568 mit Punktwert 0,5-100 von 0-100) oder als Class 2 in Anlehnung an EN 50271-1
	Halogenfrei	ja
	Silikontrolle	frei von löslöslösungsgefährlichen Substanzen (in Anlehnung an PV 3.10.7 - Stand 1992)
	Leiter	Leiter aus hochfestem Spezialblech
	Mechanisch hochwertige PE-Mischung	
	Adhäsionsbelag	Adhäsion in einer Lage mit besonders kurzer Schmelzgeringheit
	Adhäsionszeichnung	Flexions nach DIN EN 100
	Innenmantel	Den Anforderungen in L-Halter; prozessierte TPE-Mischung
	Gesamtleiter	hochbelastbar, eigene Spezialchemie; Rückzug bei 70% (max. bei 90% appl.)
	Außenmantel	Den Anforderungen in L-Halter angepaste, schokunverträglich, besonders öl- und hochbleibende Mischung aus TPE-Flax, TPE-Silica (aus hochfesten PAU-5011) in Anlehnung an 2000/55/EG
	CE	
	Biofrei	(in Anlehnung an EN 12456 (Kunst) 2000/55/EG)

... keine Mindestbestellmenge
eplan download, Konfiguratoren, PDF-Kataloge, Lebensdauer ...

Preisindex

Der Preisindex gibt Ihnen eine Vergleichsmöglichkeiten mit ähnlichen Chainflex®-Leitungen im igus®-Programm.

Produktbezeichnung
Bezeichnung der gewählten Chainflex®-Leitung.

Class 7.4.4



Preisindex
06/15/10 Klasse 1, Außenmantelwerkstoff: Mikroschnitt, 001: CF99, 15: 07, gew. 0: 1,0, 1: 1
Erläuterung: 001-1

Typische Anwendungsbereiche

- für höchste Beanspruchung bei 4x4
- industriell verarbeitete CF-Bestandsgrößen, auch bei 2-Draht
- in und aus dem Bereich Anlagen, UV-beständig
- besondere R-Klass. zahlreiche Anwendungen bei Motor/Huber und Transport-Besätzen
- Bestandsgrößen: Außenmantel, Preisindex, mehrschichtiges Geflecht

Lieferprogramm Art.-Nr.	Aderzahl und Leiternennquerschnitt (mm²)	Außenmantel- stärke (mm)	Kapitel- zahl (Adern)	Gewicht (kg/km)	Preis
CF99.01.02	07 x 0,140	5,5	13,0	33,0	10,71
CF99.01.03 ¹⁾	15 x 0,140	8,0	18,0	57,0	12,24
CF99.01.04	11 x 0,140	5,0	7,0	43,0	14,15
CF99.01.07 ¹⁾	07 x 0,140	7,5	31,0	62,0	20,41
CF99.01.08	16 x 0,140	8,0	30,0	69,0	22,50
CF99.02.03 ¹⁾	07 x 0,250	5,5	26,0	110,0	18,34
CF99.02.04	11 x 0,250	6,0	30,0	140,0	19,19
CF99.02.07	07 x 0,250	5,0	40,0	150,0	24,06
CF99.02.08 ¹⁾	16 x 0,250	6,5	54,0	160,0	28,71
CF99.03.03 ¹⁾	07 x 0,340	6,0	47,0	174,0	19,31
CF99.03.04 ¹⁾	11 x 0,340	7,0	35,0	152,0	21,17
CF99.03.08 ¹⁾	16 x 0,340	8,0	50,0	185,0	26,27

1) Lieferfrist 4 Wochen
Hinweis: Die angegebenen Schrittlängen sind für die Montage und den Einsatz im industriellen Bereich. Die Schrittlängen sind in der Regel 0,5 m.

Bestellbeispiel: CF99.01.02 – in Ihrer Wunschlänge (0,5 m-Schritte)
CF99 Chainflex Serie .01 Code Nennquerschnitt .02 Aderzahl

Preisbeispiel für 18 m CF99.01.02: 18 x 10,71 € = 171,36 €

Lieferzeit 24h oder heute¹⁾

¹⁾ Die Lieferzeit beginnt die Zeit bis zum Versand der Ware



Automatisierte Steuersysteme für Prozessindustrien: gesunde Industriemaschinen, kleiner Bestandsfall, 300.000 Doppellager pro Monat.

950 Typen ab Lager keine Schnittkosten ...

... und bestellen online ► www.igus.de/de/CF99

Anwendungsbereiche
Beschreibt den Einsatzbereich der Leitungen.

Lieferprogramm
Liefertabelle mit Artikelnummer, Aderzahl und Leiternennquerschnitt, Kupferzahl und Gewicht.

Leitungsart
hier: Steuerleitung

Bestellbeispiel

Kapitelfarbe
Jeder Leitungstyp hat eine eigene Farbe zum schnelleren Finden im Katalog.

Zugentlastungen

i = Technische Informationen

Beispiel: Quicklink www.igus.de/de/CF99

Direkter Pfad zum Online Katalog dieses Produktes: Kostenlose CAD-Daten, Online-Konfiguratoren, Preise und mehr.

Chainflex® ...

Die Tricks und Kniffe der...

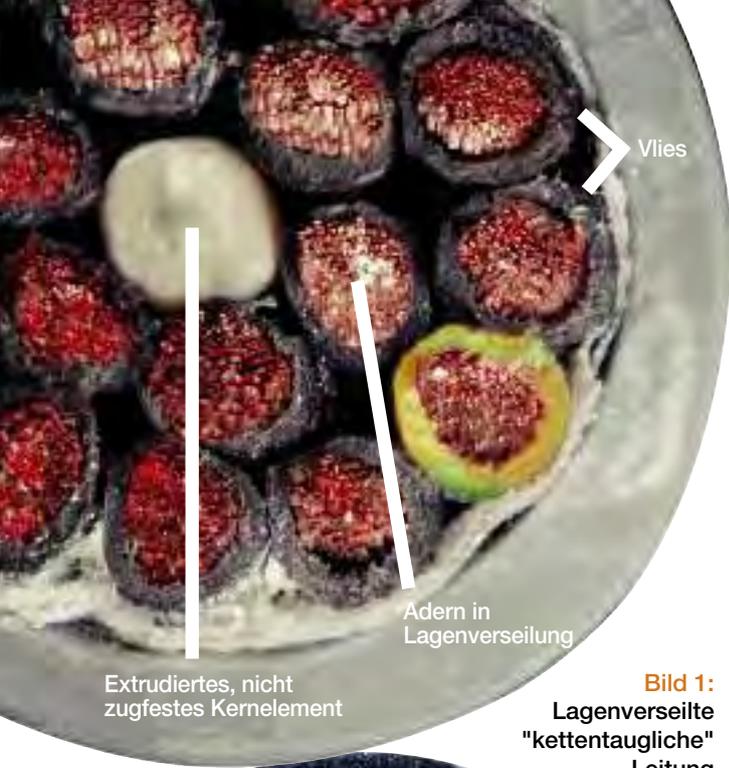


Bild 1:
Lagenverseilte
"kettentaugliche"
Leitung

Aus Sicht des Kunden muss ein Energieführungs-System einfach nur funktionieren. Das aber setzt die einwandfreie Funktion aller Komponenten voraus, auch der darin eingesetzten Leitungen. Genau hier traten in den frühen 80er Jahren Probleme auf. Bedingt durch ständig – oft sogar sprunghaft – steigende Belastungen infolge der Automation fielen immer häufiger geführte Leitungen aus, obwohl die Energieführung selbst einwandfrei funktionierte. Ausfälle durch "Korkenzieher" und Aderbrüche legten in Extremfällen die ganze Produktion lahm und verursachten hohe Kosten.

Um diesen unbefriedigenden Zustand im Sinne der Kunden zu lösen, ergriff igus® die Initiative. Als erstes Unternehmen entwickelte es komplette E-KettenSysteme®. Chainflex®-Leitungen und E-Ketten® werden als Lieferung aus einer Hand und – je nach Anwendung – mit einer Systemgarantie angeboten. Auf der Basis des seit 1989 gewachsenen Knowhows und sehr aufwendiger Versuchsreihen entstanden und entstehen die Konstruktionsprinzipien, die heute in Fabriken auf der ganzen Welt Maschinenstillstände verhindern helfen.

Wie lassen sich "Korkenzieher" verhindern?

Der Begriff "Korkenzieher" bezeichnet in diesem Falle kein nützliches Instrument für Weinliebhaber, sondern die dauerhafte Verformung einer geführten, bewegten Leitung infolge zu hoher Beanspruchung – was meist bereits kurz danach zum Aderbruch führt. Wie kommt es dazu? Wie lassen sich "Korkenzieher" verhindern? Eine entscheidende Rolle spielt hier – neben einer vernünftigen Auslegung des gesamten E-KettenSystems® – die Konstruktion der geführten Leitungen. Prinzipiell lässt sich zwischen bündel- und lagenverseilten Leitungen unterscheiden ►siehe Bild 4.

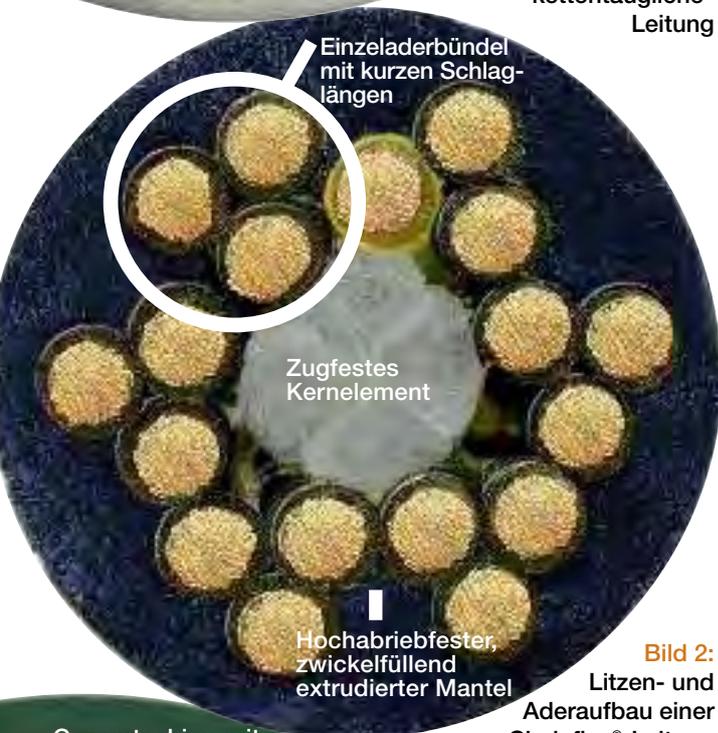


Bild 2:
Litzen- und
Aderaufbau einer
Chainflex®-Leitung

Eigenschaften der Lagenverseilung

Die Lagenverseilung ist wesentlich einfacher zu fertigen und wird daher auf dem Markt in sogenannten "kettentauglichen" Leitungen zu niedrigen Kosten angeboten. Was auf den ersten Blick verlockt, kann sich jedoch im Alltag schnell als teurer Fehler entpuppen, wenn ein "Korkenzieher" die damit betriebene Anlage lahm legt. Wie entstehen diese Probleme? Dazu ist ein Blick in den Leitungsaufbau hilfreich ►siehe Bild 1. Bei der Lagenverseilung werden die Leitungsadern in mehreren Schichten rund um ein Zentrum mehr oder weniger fest meist relativ lang verseilt und mit einem auf Schlauch extrudierten Mantel versehen. Bei geschirmten Leitungen kommt eine Umwicklung der Adern mit Vlies oder Folien dazu. Was geschieht nun mit einer derartig aufgebauten, beispielsweise 12-adrigen, Leitung im Betrieb?

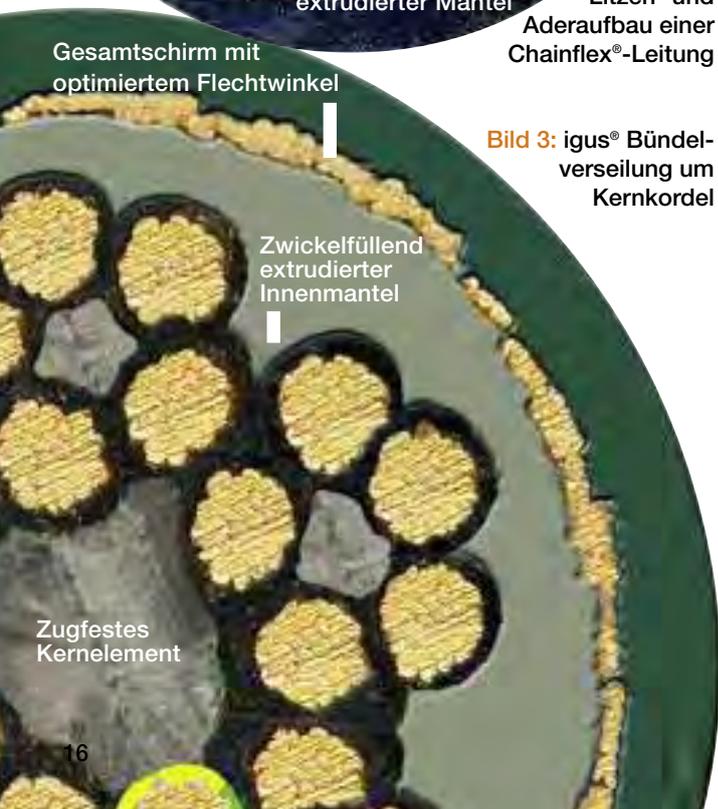


Bild 3: igus® Bündel-
verseilung um
Kernkordel

Der Biegevorgang staucht in der Bewegung die im Innenradius der Leitung liegende Ader und streckt die im Außenradius liegende Ader. Das geht zu Beginn meist gut, weil die Materialelastizität noch ausreicht. Doch schon bald sorgt die Materialermüdung für bleibende Verformungen und die Adern schaffen sich durch Auslenkung aus der vorgegebenen Bahn "eigene Stauch- und Streckzonen": Der Korkenzieher entsteht und der Aderbruch folgt meist schnell danach.

...hält – oder Geld zurück!

...Chainflex®-Konstruktion und warum wir uns das trauen können

Die Bündelverseilung – aufwendig und sicher und seit 1989 millionenfach bewährt

Die Bündelverseilung beseitigt diese Probleme durch ihr sehr aufwendiges, mehrfach verseiltes Innenleben. Hier werden zunächst die Litzen mit einer besonderen Schlaglänge verseilt und die daraus entstehenden Adern wieder zu Einzeladerbündeln verseilt. Bei großen Querschnitten geschieht dies um ein Zugentlastungselement. Der nächste Schritt ist eine erneute Verseilung dieser Aderbündel um einen zugfesten Kern, eine richtige Kernkordel ▶ **siehe Bild 2.**

Durch diese Mehrfach-Verseilung der Adern wechseln alle Adern im gleichen Abstand mehrfach den Innen- und Außenradius der gebogenen Leitung. Zug- und Stauchkräfte gleichen sich damit um die hochzugfeste Kernkordel aus, die dem Verseilgebilde die nötige innere Stabilität gibt. So bleibt auch bei höchster Biegebeanspruchung die Verseilung stabil ▶ **siehe Bild 3.**

Bild 4: Geschirmte "kettentaugliche" Steuerleitung nach nur 400.000 Doppelhüben bei einem Biegefaktor von 10xd



Was sind EMV-Probleme und Schirmdrahtbrüche?

Leitungs-Schirmungen haben prinzipiell zwei Aufgaben zu erfüllen:

- Schutz der Leitungssignale vor externen Störungen
- Abschirmung von Störungen vor der Weitergabe nach außen

Beide Aufgaben sind gleich wichtig, weil fehlerhafte Signale zu erheblichen Folgeschäden in der Anlage selbst wie auch an externen Anlagen führen können. Des Weiteren ist dieser Punkt besonders problematisch, weil eine fehlerhafte Abschirmung von außen gewöhnlich nicht zu erkennen und die Fehlersuche damit ausgesprochen schwierig ist. Wie können solche Probleme überhaupt entstehen?

Die Antwort liegt wieder im Innenleben der Leitung selbst: Ist die Abschirmung auf die Bewegung der Leitung ausgelegt? So einfach es ist, eine feste Leitung zu schirmen, so schwierig ist es, die Abschirmung dauerhaft in der Bewegung zu gewährleisten.

Beispielsweise wird bei sogenannten "kettentauglichen" Leitungen der Verseilverband von einer Zwischenschicht mit Folien oder Vliesen umwickelt. Diese soll die Trennung zwischen Adern und Schirmgeflecht gewährleisten. Was bei fester Verlegung funktioniert, genügt oft nicht in der Bewegung. Denn die Folien oder Vliese erzeugen keinen Verbund zwischen Verseilung, Schirm und Mantel und können sich unter Beanspruchung regelrecht auflösen. In der Folge reibt dann die metallische Schirmung auf der Isolierung der Adern – Kurzschlüsse sind vorprogrammiert.

Fehlerlexikon

Aderbruch

Ausfall der elektrischen Leitfähigkeit auf Grund von gebrochenen Kupferdrähten, hervorgerufen durch mechanische Überbelastung/Zugbelastung der einzelnen Adern bei Dauerbiegebeanspruchung. Ursachen sind meist falsche Litzen und/oder Verseilschlagrichtungen und -längen.

Isolationsschäden

Kurzschlüsse auf Grund der Beschädigung der Isolation über dem Leiter. Ursache kann die Materialermüdung bei Dauerbiegebeanspruchung oder Werkstoffabrieb innerhalb des Verseilgebildes sein. Einzeldrahtbrüche der Leiter oder des Schirmgeflechtes führen zum Durchstechen der Isolation.

Korkenzieher

Eine von außen erkennbare schraubenartige Verformung der Gesamtleitung, hervorgerufen durch die mechanische Überbelastung/Zugbelastung beim Biegevorgang. Ursachen sind meist ungünstige Konstruktionsaufbauten (Lagenverseilung, fehlender Kern, auf "Schlauch" extrudierte lockere Mäntel) und hohe Biegebeanspruchungen der Leitungen.

Mantelabrieb

Der Mantel wird bis auf die Verseilung oder den Gesamtschirm aufgerieben. Ursachen sind meist die falsche Werkstoffauswahl und/oder ungünstige Extrusionsprozesse, wodurch die Oberfläche so nachteilig ausgeführt wird, dass ein Abrieb unausweichlich ist.

Mantelquellung/Mantelbruch

Mantel wird weich und unförmig, bzw. bricht bis Verseilung/Schirm zu sehen ist. Ursache kann die falsche Werkstoffauswahl in Bezug auf die eingesetzten Öle oder andere chemische Werkstoffe sein.

Schirmungsverluste/EMV-Probleme

Elektromagnetische Störungen innerhalb oder außerhalb einer elektrischen Leitung. Ursache sind Schirmdrahtbrüche auf Grund von mechanischer Zugbelastung bei falschem Schirmgeflechtwinkel. Weitere Ursachen sind lockere Geflechte über Folien ohne Stützwirkungen bzw. sehr offene Bedeckungen.

Chainflex® ...

Die Tricks und Kniffe der...

Auch die Schirmfertigung selbst ist zeit- und kostenintensiv, was dazu geführt haben mag, offene Geflechschirme oder gar nur einfache Draht-Umwicklungen einzusetzen. Die Nachteile liegen auf der Hand: Offene Schirme haben bereits im unbewegten Zustand nur eine eingeschränkte Schirmwirkung – Bewegung und Dehnung reduzieren diesen Schutz noch weiter. Der Schirmtyp ist also ein wichtiger Punkt, der in manchen Katalogen nicht aufgeführt wird.

Diese Schwachpunkte eliminiert igus® bei seinen bis zu ca. 70% linear und ca. 90% optisch bedeckten Leitungen durch ein konstruktiv optimiertes Innenleben. So kommt bei fast allen geschirmten Chainflex®-Leitungen über dem Verseilgebilde ein zwickelfüllend extrudierter Innenmantel zum Einsatz. Dieser "zweite Mantel" erfüllt zwei Aufgaben:

Er hält das Verseilgebilde zusammen und führt die einzelnen Adern kanalartig.

Er dient als feste und runde Basis für einen sehr eng anliegenden Schirm.

Schirmdrahtbrüche – und wie man sie vermeidet

Auch bei der Fertigung des Schirms selbst kann man viel richtig – oder falsch – machen. Ein wichtiger Parameter ist hier der Flechtwinkel.

So ist bei sogenannten "kettentauglichen" Leitungen in der Regel mit einer Zugbelastung der Schirmdrähte im Außenradius der Leitung zu rechnen. Kommt dazu noch ein ungünstiger Flechtwinkel, steigt die Zugbelastung weiter an und Schirmdrahtbrüche können auftreten. Die Folgen reichen von reduzierter Schirmwirkung bis zu Kurzschlüssen, wenn spitze Drahtenden durch die Vliese oder Folien in die Adern stechen. Ein wichtiger Hinweis: Wenn sich der Schirm nach dem Abmanteln leicht nach hinten über den Mantel schieben lässt, ist der Schirm für bewegte Energieführungen meist schon ungeeignet! Dagegen geht igus® zielgerichtet vor:

Der in Langzeit-Versuchen ermittelte Schirmflechtwinkel neutralisiert sicher die Zugkräfte und ist damit optimal für E-Ketten® geeignet.

Durch den stabilen Innenmantel kann der Schirm nicht unkontrolliert wandern.

Der Schirm selbst übt einen Torsionsschutz auf das Verseilgebilde aus.

Mantelabrieb/Mantelbruch

Während Fehler im Innenleben äußerlich kaum zu entdecken sind, fallen Mantelprobleme sofort ins Auge. Der Mantel ist der erste Schutz für das komplizierte Innenleben. Daher sind gebrochene, abgeriebene und aufgequollene Mäntel ein ernster Qualitätsmangel. Um dies zu vermeiden, kann der igus®-Kunde mit 7 Mantelwerkstoffen seine E-Ketten®-Leitungen auf die jeweiligen Umgebungsverhältnisse abstimmen.

Mantelbruch bei (36x0,14²)
nach nur 900.000 Doppel-
hüben bei einem Biegefaktor
von 7,8 x d

...hält – oder Geld zurück!

...Chainflex®-Konstruktion und warum wir uns das trauen können

Zwickelfüllend extrudierter Mantel

Doch nicht nur das Material, sondern auch die Fertigung spielt hier eine wichtige Rolle. So werden bei sogenannten "kettentauglichen" Leitungen meist die Mäntel auf Schlauch extrudiert gefertigt, und geben so nicht den Halt für das Verseilgebilde, der bei ständigen Biegungen notwendig ist. Das Verseilgebilde kann sich auflösen.

So bietet igus® als erster Hersteller von E-KettenSystemen® den sogenannten "zwickelfüllend extrudierten" Mantel an.

Hier wird der Mantelwerkstoff zwischen die mit Talkum eingepuderte Aderverseilung gespritzt und stellt sicher, dass sich das Verseilgebilde nicht öffnet, sondern die Adern wie in einem Kanal geführt werden. Das besondere Merkmal bei dieser Fertigungsart ist, dass die Zwischenräume, die bei der Verseilung zwischen den

Adern entstehen, durch den hohen Extrusionsdruck vollständig mit Mantelwerkstoff ausgefüllt werden. Damit bildet der Mantelwerkstoff eine kanalartige Führung aus, und die Adern können eine definierte Längsbewegung realisieren. Der Mantel stellt dadurch zusätzlich eine Stützfunktion für die Verseilung dar.

Das Qualitätsbündel der igus® Chainflex®-Leitungen

- Zugentlastender Kern
- Bündelverseilung
- Zwickelfüllend extrudierter Innenmantel bei geschirmten Leitungen
- Geschlossenes Schirmgeflecht
- Optimierter Schirmgeflechtwinkel
- Zwickelfüllend extrudierter Mantel

7 Grundregeln für eine gute Leitung

1. Zugentlastender Kern

Je nach Aderzahl und Querschnitt bildet sich im Kern einer Leitung ein freier Raum. Dieser sollte möglichst mit einer echten Kernkordel gefüllt sein (und nicht wie häufig anzutreffen mit Füllern oder Blindadern aus Abfallmaterialien). Damit wird das darüberliegende Verseilgebilde sicher gestützt und verhindert das Abwandern der Verseilung in die Leitungsmittle.

2. Litzenaufbau

Bei der Litzenauswahl hat sich nicht die höchste Flexibilität als die beste Lösung erwiesen. Mit sehr dünnen Einzeldrähten lassen sich sehr flexible Leiter realisieren, jedoch neigen diese sehr stark zur Kinken- und Klankenbildung. In langen Versuchsreihen stellte sich eine abgestimmte Kombination aus Einzeldrahtdurchmesser, Schlaglänge- und -richtung als die biegefesteste Lösung heraus.

3. Aderisolation

Die Isolationswerkstoffe müssen so ausgeführt sein, dass sie innerhalb der Leitung nicht aneinanderkleben. Zudem hat die Isolation die Aufgabe, die verseilten Einzeldrähte des Leiters zu stützen. Zu diesem Zweck werden nur hochwertigste, mit hohem Druck extrudierte, PVC- oder TPE-Werkstoffe eingesetzt, die sich in millionenfachen Adernkilometer in E-Ketten®-Anwendungen bewährt haben.

4. Verseilung

Das Verseilgebilde muss mit einer optimierten kurzen Schlaglänge um einen stabilen, zugefesten Kern verseilt sein. Es

sollte dennoch, auf Grund der verwendeten Isolierwerkstoffe, innerhalb der Verseilung definiert beweglich sein. Ab 12 Adern sollte auf die Bündelverseilung zurück gegriffen werden.

5. Innenmantel

Anstatt preiswerter Vliese, Füller oder Beiläufe ist ein zwickelfüllend extrudierter Innenmantel einzusetzen. Durch diese Maßnahme wird das Verseilgebilde sicher in Längsrichtung geführt. Zudem kann sich das Verseilgebilde nicht auflösen oder auswandern.

6. Schirmung

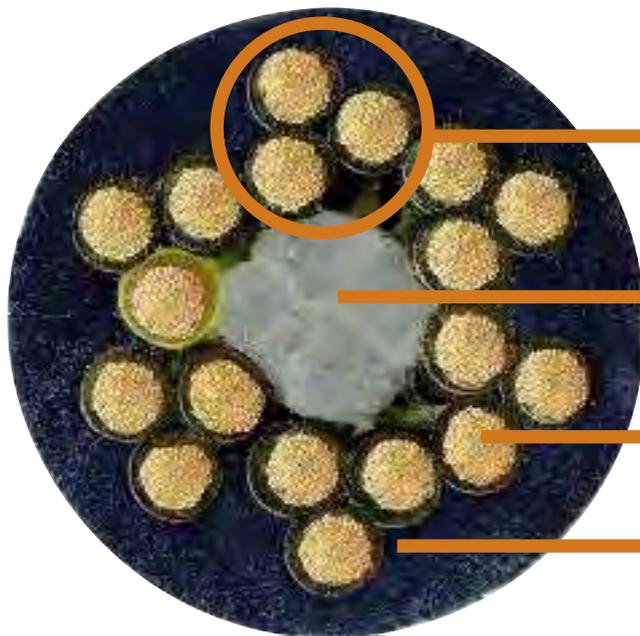
Der Gesamtschirm sollte stramm mit einem optimierten Schirmflechtwinkel über einen extrudierten Innenmantel gefertigt werden. Lockere offene Geflechte oder gar Umseilungen reduzieren den EMV-Schutz erheblich, und können durch Schirmdrahtbrüche besonders schnell ausfallen. Ein strammer Gesamtgeflechschirm übt zusätzlich einen Torsionsschutz auf das Verseilgebilde aus.

7. Außenmantel

Der von der Werkstoffseite her optimierte Außenmantel kann die verschiedensten Anforderungen erfüllen: Von UV-beständig bis kalteflexibel, ölbeständig bis kostenoptimiert. Aber eines sollten sie gemeinsam haben: Ein Mantelwerkstoff muss hochabriebfest sein, darf aber nicht kleben, muss flexibel sein, sollte aber auch stützen. In jedem Fall sollte der Mantel ebenfalls mit Druck (zwickelfüllend) extrudiert sein.

Schnittbilder durch die ig

Aufbau von igus® Steuer-, Daten-, Servo- und Motorleitungen



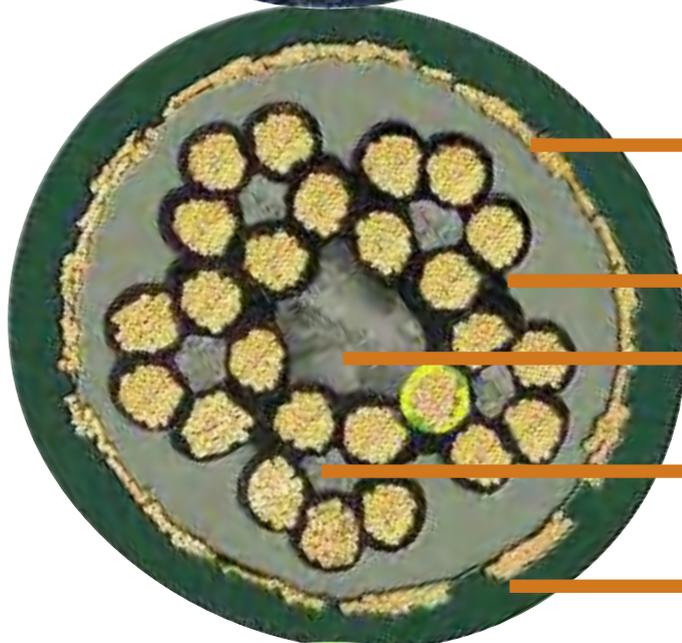
Chainflex®-Steuerleitung, ungeschirmt

Einzelbündel mit optimierter Schlaglänge und Schlagrichtung

Zugfestes Kernelement

Für E-Ketten® optimierter Einzeldrahtdurchmesser

Hochabriebfester, zwickelfüllend extrudierter Mantel



Chainflex®-Steuerleitung, geschirmt

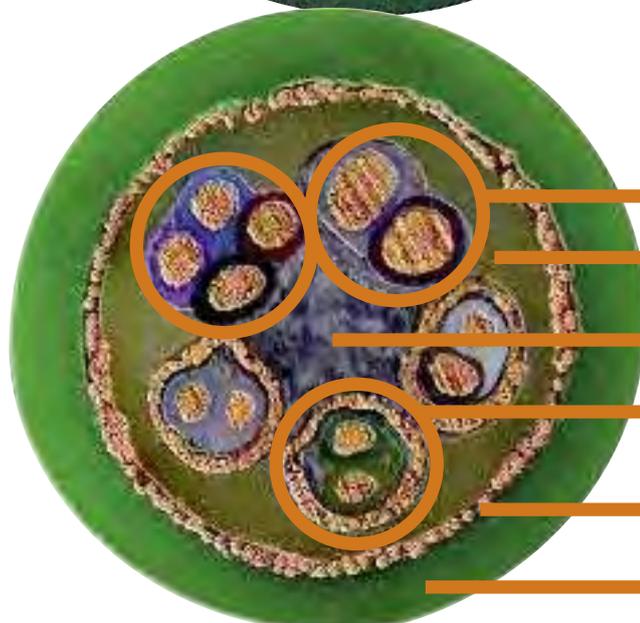
Gesamtschirm mit optimiertem Flechtwinkel (Bedeckung ca. 70% linear, ca. 90% optisch)

Zwickelfüllend extrudierter Innenmantel stützt Verseilung

Zugfestes Kernelement

Zugfestes Kernelement in Einzelbündel

Mit Druck extrudierter Mantel



Chainflex®-Daten-/ Geberleitung, geschirmt

Mit optimierter Schlaglänge und Schlagrichtung verseilte Elemente

Zwickelfüllend extrudierter Innenmantel stützt Verseilung

Zugfestes Kernelement

Paargeflechtschirm

Gesamtschirm mit optimiertem Flechtwinkel (Bedeckung ca. 70% linear, ca. 90% optisch)

Mit Druck extrudierter Mantel

us[®]-Leitungstypen

ab High Class im Detail

Chainflex[®]-LWL-Gradientenfaserleitung

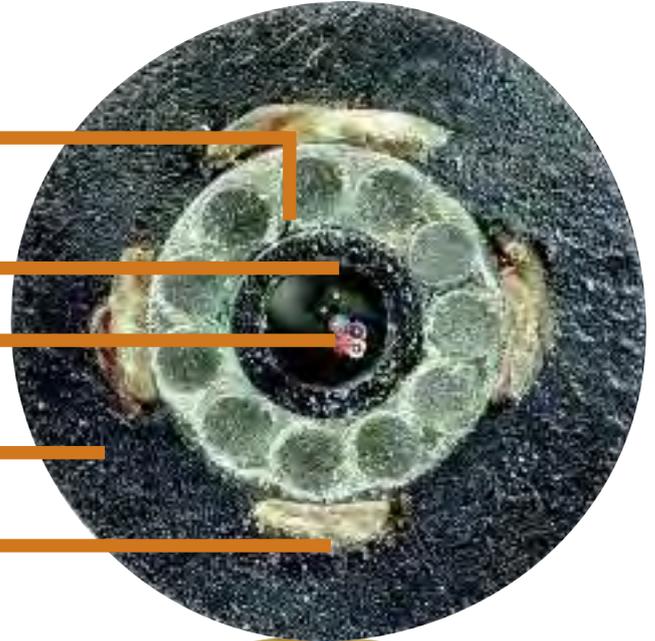
Stützgeflecht aus
glasgarnumseilten GFK-Stäben

Gelgefüllte
Faserumhüllung

LWL-Fasern

Hochabriebfester
TPE-Mantel

Integrierter Torsionsschutz



Chainflex[®]-Servoleitung, geschirmt

Gesamtschirm mit optimiertem Flechtwinkel
(Bedeckung ca. 70% linear, ca. 90% optisch)

Optimierter
Einzeldrahtdurchmesser

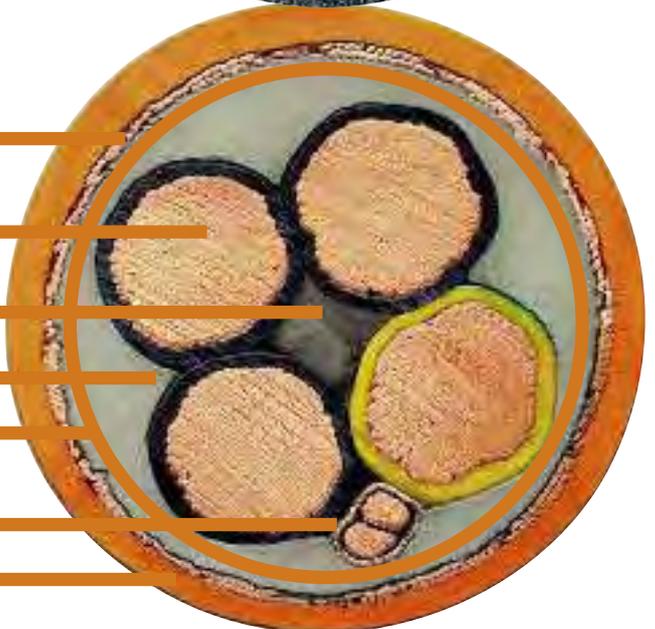
Zugfestes
Kernelement

Zwickelfüllend
extrudierter Innenmantel

Verseilung mit optimierter
Schlaglänge und Schlagrichtung

Paargeflechtschirm über
optimiert verseiltem Aderpaar

Hochabriebfester, mit Druck
extrudierter Mantel



Chainflex[®]-Motorleitung, geschirmt

Gesamtschirm mit optimiertem Flechtwinkel
(Bedeckung ca. 70% linear, ca. 90% optisch)

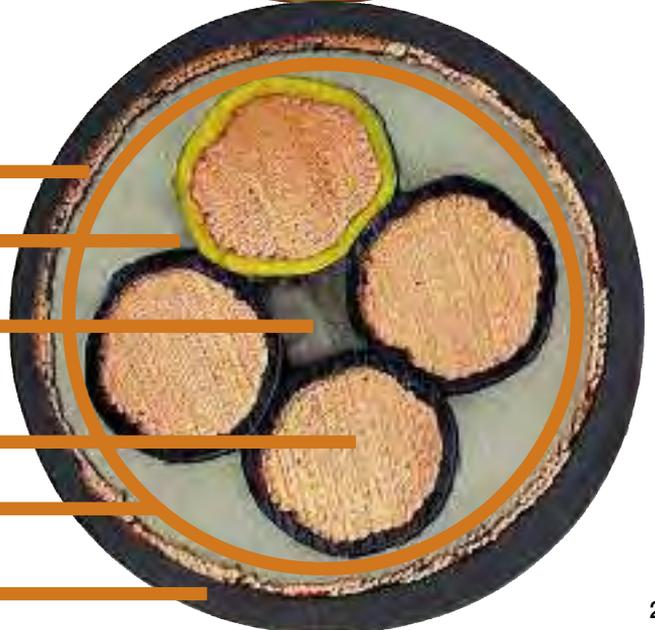
Zwickelfüllend
extrudierter Innenmantel

Zugfestes
Kernelement

Optimierter
Einzeldrahtdurchmesser

Verseilung mit optimierter
Schlaglänge und Schlagrichtung

Hochabriebfester, mit Druck
extrudierter Mantel



Chainflex[®] sind die speziellen Leitungen für E-KettenSysteme[®] – getestet, getestet, getestet und getestet.

Teilansicht igus[®] Versuchslabor – testen, testen, testen von Chainflex[®]-Leitungen



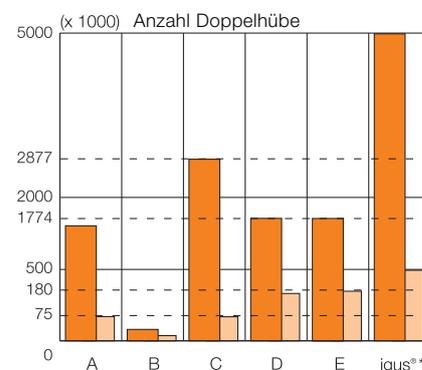
Ziel jeder Chainflex®-Leitung

Sensiblere Anwendungen mit hohen Taktzahlen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sowie anspruchsvollere Umgebungsbedingungen, erfordern besonders im Bereich der Energieführung erprobte und dauerhaft funktionssichere Systeme. EMV-Sicherheit und das Erfüllen von Normen und Richtlinien wie UL, CSA, VDE, Inter- und Profibus sind heute eine notwendige Forderung. Schließlich soll auch unter Kostengesichtspunkten Ihre Automation funktionieren, nonstop und weltweit.

Das ist die **igus®-Mission**.

Kein Widerspruch: Gute Leitungen kosten weniger.

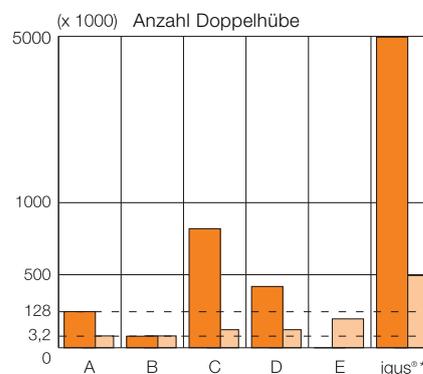
Schnelle Verfügbarkeit auf der ganzen Welt ist ein wesentliches Beschaffungskriterium. Vorteile unserer Leitungen: Erfolgreiche Tests, Präsenz in über 40 Ländern rund um den Globus, und die Lieferfähigkeit ab Lager. Das spart Zeit, Geld, Lagerkapazität und gilt für jeden unserer über 950 Leitungstypen, die Sie ohne Mindestmengenabnahme oder -zuschlag bestellen können. Welche Vorteile dazukommen, hängt von Ihren speziellen Einsatzbedingungen ab.



Test einer Chainflex® CF5 7 x 1 im "Kurzen" und "Langen" Verfahren im Vergleich mit anderen Leitungen. CF5 mit 4,3 x d Biege-radius.

■ "Kurzer Weg"
■ "Langer Weg"

* Leitungen in Ordnung, Versuch abgebrochen.



Test einer Chainflex® CF5 25 x 1 im "Kurzen" und "Langen" Verfahren im Vergleich mit anderen Leitungen. CF5 mit 4,3 x d Biege-radius.

■ "Kurzer Weg"
■ "Langer Weg"

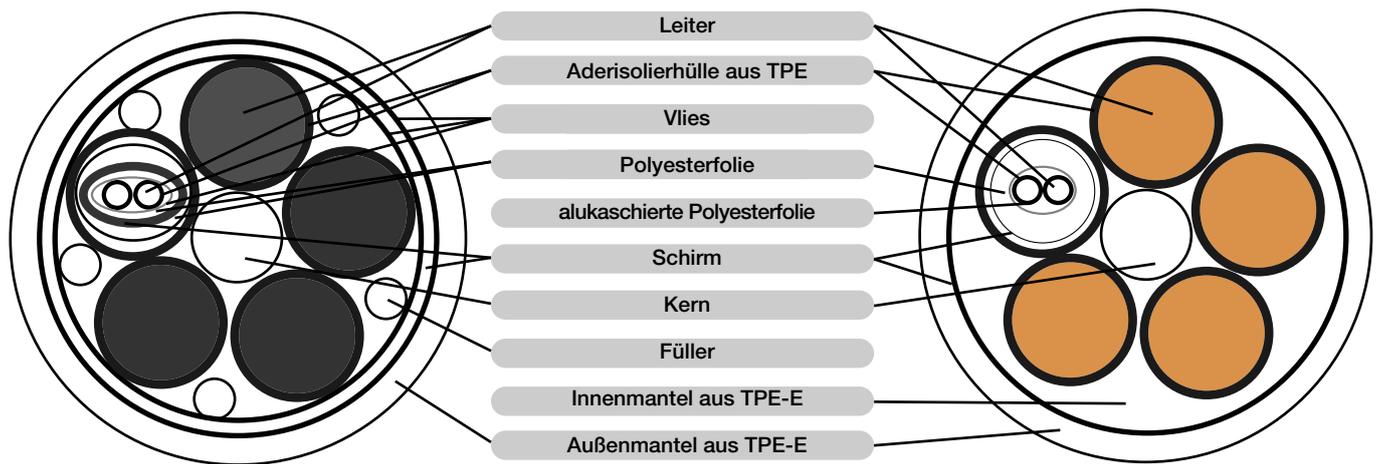
* Leitungen in Ordnung, Versuch abgebrochen.

igus® testet!

Als Hersteller von E-Ketten® und speziellen E-Ketten®-Leitungen nutzt igus® die Möglichkeit, E-Ketten® und Leitungen praxisnah zu prüfen. Im eigenen Technikum in Köln werden unter schwierigsten Einsatzbedingungen zahlreiche Testreihen parallel durchgeführt. Zur Zeit sind es über 35 Aufbauten, deren Versuchsergebnisse in Datenbanken zusammengefasst werden. Dieser umfangreiche und aktuelle Datenpool liefert präzise und verlässliche Angaben über die tatsächliche Lebensdauer und ist gleichzeitig Basis der Neuprodukt-Entwicklung im Unternehmen. Die Versuchsdaten für E-Ketten® und Leitungen, aber auch fertig konfektionierte Systeme, sind dabei so detailliert, dass igus® für seine E-KettenSysteme®, je nach Anwendung eine Funktionsgarantie verbrieft.



Beispiel 1: getestet, getestet, getestet! Servoleitungsaufbau



Muster B mit Vlies und Füller
Versuchsfertigung
4x10+(2x1,0) C

Untersucht werden soll der Nutzen des aufwendigeren Innenmantels bei geschirmten Servoleitungen zur preiswerteren Vliesbandierung mit Füllern.

Muster A mit Innenmantel
igus® Chainflex®
CF27.100.10.02.01.D



Bei flexiblen geschirmten Leitungen wird der Schirm meist vom Adernverband getrennt. Zum einem zur Erzielung eines runderen Verseilgebildes und zum Anderen wird durch die Trennung von Adern und Schirm die Reibung der Aderisolerhülle mit dem Schirmgeflecht verhindert. Dies kann mit einem Innenmantel oder einer Vliesbandierung, welche um den Adernverband aufgebracht wird, erreicht werden. Der Innenmantel ist aufwendiger und damit kostenintensiver herzustellen. Der Adernverband muss nach der Verseilung den Extruder durchlaufen, in dem der Innenmantel aufgetragen wird. Demgegenüber kann das Vliesband während des Verseilvorganges zwischen Verseilpunkt und Auftrömeleinrichtung aufgebracht werden und benötigt somit keinen eigenen Arbeitsvorgang.



Produktinfo
CF27.D
► Seite 178

Vergleich zwischen der igus®-Lösung mit zwickelfüllendem Innenmantel und Vlies-Version mit Füllern

Bei den Servoleitungen handelt es sich um hochflexible Motoranschlussleitungen mit Gesamtkupferschirm und integriertem, geschirmtem Steueraderpaar. Dieser Leitungstyp wurde gewählt, da hier die Problematik eines unrundern Verseilgebildes durch die unterschiedlichen Aderquerschnitte groß ist und somit die unterschiedlichen Biegeverhalten der verschiedenen gefertigten Leitungen hervorgerufen werden.

- **Muster A: CF27.100.10.02.01.D**
(4x10 mm² + (2x1,0 mm²)) der igus® GmbH
- **Muster B: Versuchsfertigung**
(4x10 mm² + (2x1,0 mm²))

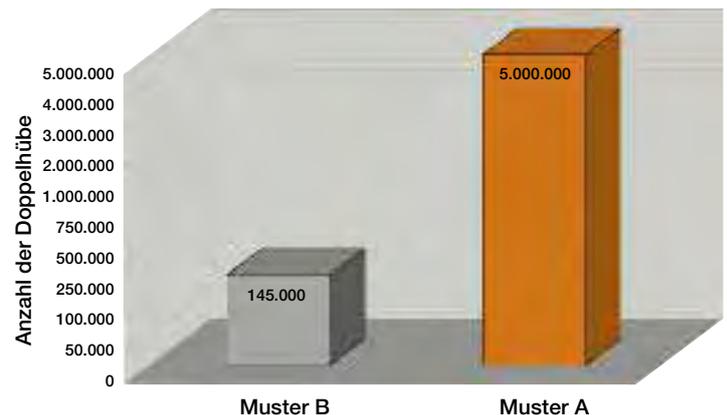
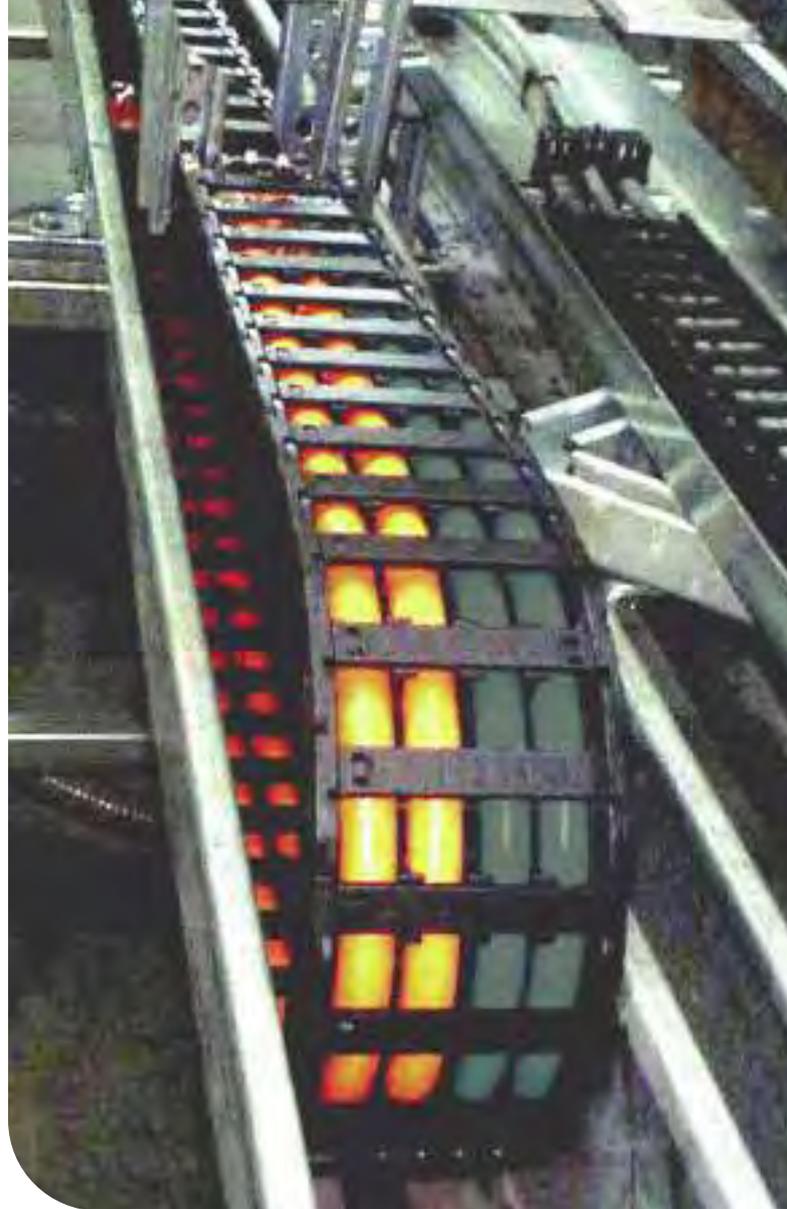
Beide Leitungen verfügen über die gleichen Nennquerschnitte und Isolierwerkstoffe. Leitung A ist mit einem Innenmantel und Leitung B mit einer Vliesbandierung und Füllern versehen.

Die Versuchsfertigung (Muster B) weist schon nach 145.000 Doppelhuben die Bildung eines Korkenziehers auf. Der sogenannte Korkenzieher bei einer Leitung ist eine wendelförmige Verformung, wie im folgenden Bild am Muster B zu sehen.

Während bei Leitung A der Innenmantel die Zwickelräume ausfüllt und somit ein rundes Verseilgebilde geschaffen wird, benötigt Leitung B Füller in den Zwickelräumen. Die Füller bestehen wie der Kern aus filbriertem Polyäthylen. Sie sind leicht zu komprimieren und können infolgedessen kaum Stützwirkungen übernehmen. Während der Innenmantel aus TPE und der Kern aus Tauwerk der Leitung A die Adern in einer definierten Lage hält, können sich die Adern der Leitung B unkontrolliert bewegen. Beim Biegevorgang hat sich eine Ader der Leitung B aus dem Verseilverband gelöst und ist im inneren Biegeradius zum Kern und am äußeren Biegeradius zum Mantel verschoben worden. Dadurch ergeben sich korkenzieherartige Verformungen, welche sich periodisch mit der Schlaglänge wiederholen.

Auswertung

Trotz des extrem niedrigen Biegefaktors von 4,76 lassen sich an Muster A (CF27.100.10.02.01.D) auch nach 5 Millionen Doppelhuben keine Verschleißerscheinungen erkennen, während Muster B mit Füllern und Vliesbandierung schon nach 145.000 Doppelhuben einen Korkenzieher erleidet. Somit rechtfertigt das Ergebnis den Mehraufwand der Leitung mit zwickelfüllendem Innenmantel.

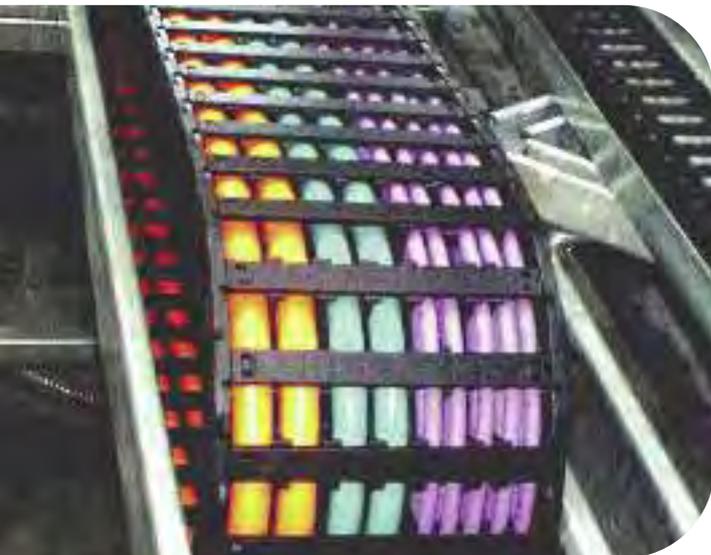


Muster A: CF27.100.10.02.01.D



Muster B: Versuchsfertigung

Beispiel 2: getestet, getestet, getestet! Datentechnische Eigenschaften CAT5



Änderung der elektrischen Übertragungseigenschaften einer CAT5-Leitung bei Beanspruchung mit dem Mindestbiegeradius

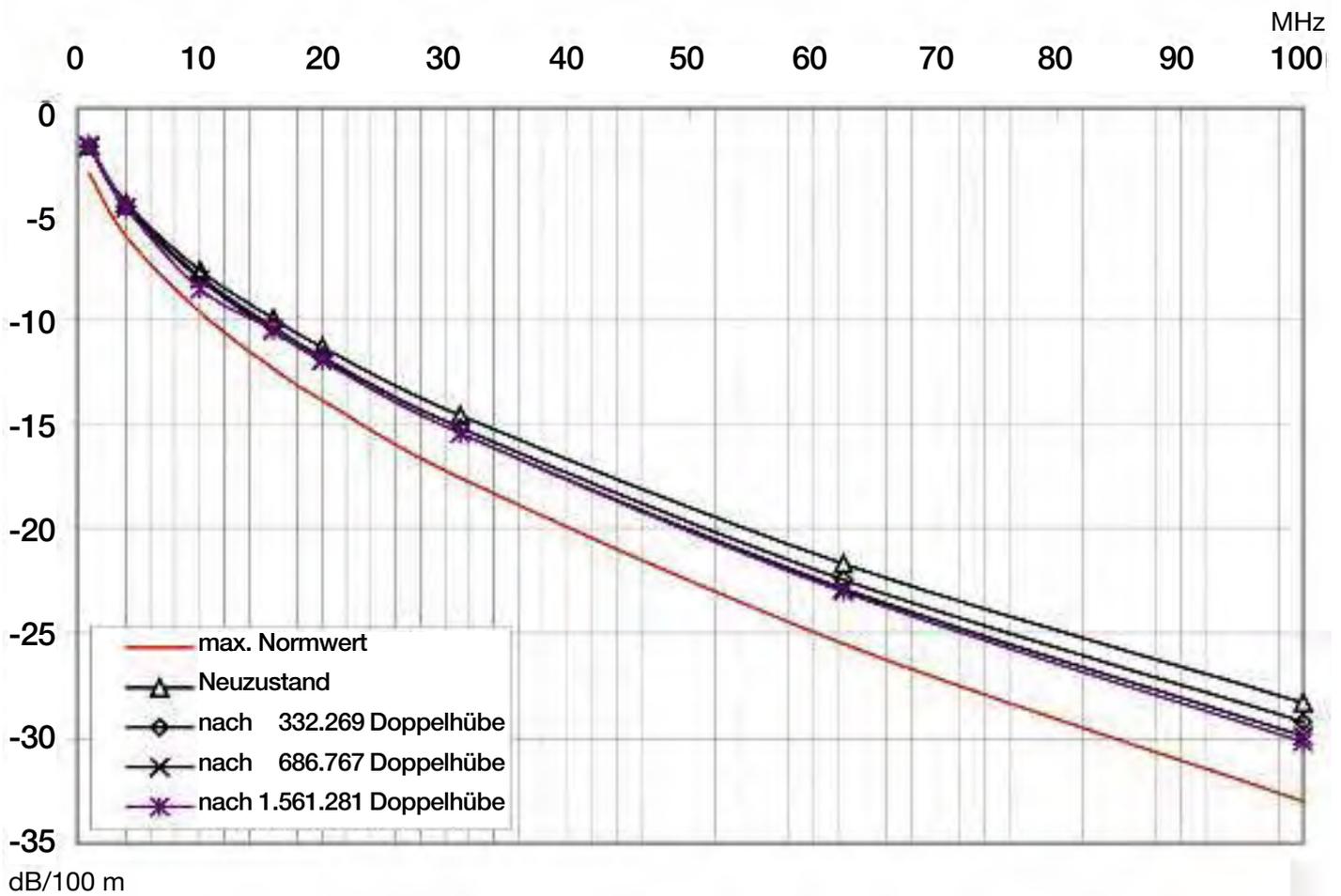
Hohe Übertragungsraten von bis zu 100 Mbit/s stellen hohe Anforderungen an den Leitungsaufbau und die Werkstoffe. Die Verwendung der Leitungen in E-Ketten® beansprucht die Werkstoffe zusätzlich und führt zu nachhaltigen Änderungen der elektrischen Eigenschaften. Als zu untersuchende Leitung wurde ein CF14.02.04.02.CAT5 für hohe Übertragungsraten gewählt. Die Leitung soll auch bei Beanspruchung mit dem Mindestbiegeradius die elektrischen Anforderungen der IEC 61156-6 erfüllen. Bei der CF14.02.04.02.CAT5 Leitung werden vier Adernpaare miteinander verseilt, welche jeweils einen Nennquerschnitt von 0,25 mm² haben. Der Leiter besteht aus blanken Kupferdrähten und wird von einer Isolierhülle aus geschäumten PE umgeben.

Untersucht wurden:

- Wellenwiderstand der Einzelpaare
- Einzelpaardämpfung
- Rückflussdämpfung der Einzelpaare
- Nah-Neben-Sprechen-Dämpfung der Einzelpaare gegeneinander

Untersucht werden soll, ob von der Leitung die Grenzwerte der IEC-Norm nach der Biegebeanspruchung eingehalten werden.





Dämpfung

Höchstwerte der Einzeldämpfung sind in der DIN IEC 61156-6 für jedes Adernpaar für den entsprechenden Nennwellenwiderstand in dB/100 m angegeben. Dabei werden die Leitungen in mehreren Kategorien nach der vorgesehenen Übertragungsfrequenz unterteilt. Vorgesehen sind bei der untersuchten Leitung Übertragungsfrequenzen bis zu 100 MHz, was der Kategorie 5e entspricht.

Versuchsergebnis

Die Dämpfung, als Maß für die Minderung der übertragenen elektrischen Energie eines Signals auf der Leitung, bleibt auch nach mehr als 1,5 Mio. Doppelhüben unter Beanspruchung des Mindestbiegeradiuses unter dem vorgeschriebenen Grenzwert.

Die charakteristischen elektrischen Übertragungsgrößen wie Wellenwiderstand, Rückflussdämpfung und Nah-Neben-Sprechen werden erfüllt, so dass trotz großer mechanischer Beanspruchungen die elektrischen Werte der IEC-Norm für eine Leitung der Kategorie 5 eingehalten werden.

Produktinfo CF14 CAT5

► Seite 130



Beispiel 3: getestet, getestet, getestet! “Millionen Doppelhübe” in der Energiekette

Profibusleitungen in dauerbe- wegtem industriellen Einsatz

Für den Anwender ist der Leitungs-Markt kaum noch zu überblicken. Der Wettbewerb der Leitungs-Anbieter steigt und die verschiedenen Hersteller übertreffen sich gegenseitig in ihren “Garantierte Lebensdauer”-Aussagen für Leitungen bei Anwendungen in Energieführungsketten. Da ist in Katalogen die Rede von zehn Millionen oder gar 50 Millionen Doppelhüben (DH) – es geht um die Lebensdauer von Leitungen in bewegten Anwendungen.

Bei genauerer Betrachtung der genannten Zahlen bleibt nicht selten die Frage offen, wie bzw. wie realitätsnah (Beispiele: Länge des Verfahrenswegs, Versuchsradien etc.) getestet wurde, um diese Hubzahlen garantieren zu können. Auch Angaben, dass Leitungen nach VDE 0472, Teil 603 Prüfmethode H, getestet werden, sind für die Ermittlung der Lebensdauer in Energiezuführungsketten nicht hilfreich, da der Rollenprüfstand keine Aussage liefern kann und auch die vorerwähnte VDE-Norm keine Prüfanleitung für Spezialleitungen in Energiezuführungsketten ist.



Bild 1: Gleitende Anwendung als Basis des Versuchsaufbau

Lebensdauer-Unterschiede

Anfang 2002 wurde im igus®-eigenen Versuchslabor daher eine Grundsatzuntersuchung zum Thema “Lebensdauer von Profibusleitungen in realen Anwendungen” in Auftrag gegeben. Ziel war es, eventuelle Lebensdauerunterschiede zwischen der Chainflex®-Leitung CFBUS.001 von igus® und einer Profibusleitung eines Marktführers zu untersuchen. Die dafür notwendigen Versuchsparameter wurden anhand der Katalogdaten des Wettbewerbers gewählt:

Katalogangaben	Prüfling “A” zweiadrig Profibusleitung	Prüfling “B” igus® Chainflex® CFBUS.001
Querschnitt	(2 x AWG24)C	(2 x 0.25 mm ²)C
Garantierte Lebenserwartung	Min. 4.0 Mio. Zyklen	Im Versuch zu ermitteln
Biegeradius	> = 60 mm	85 mm
Durchmesser	8,0 mm	8,5 mm
Katalogdaten	Stand 2002	Stand 2002

Tab. 2: Versuchparameter laut Katalogdaten des Wettbewerbers

Ein für diese Leitung sinnvoller Versuchsaufbau ist in jedem Fall eine gleitende Anwendung, da vor allem bei längeren Verfahrenswegen und längeren Übertragungsstrecken Profibussysteme hier wegen ihrer Datensicherheit Anwendung finden.

Um zerstörungsfrei prüfen zu können und dadurch in kurzer Zeit eine große Anzahl von Biegezyklen zu erreichen, wurde eigens eine reale Profibus-Übertragungsstrecke aufgebaut. Am Festpunkt der Versuchskette befindet sich in einem PC eine Profibus-Master-Steckkarte. Über die zu untersuchenden Leitungen wird eine Verbindung zu einem Profibus-Slave aufgebaut, der sich am Mitnehmer befindet. So lässt sich mit einem Diagnoseprogramm die Übertragungsrate definieren. Möglicherweise fehlerhaft übertragene Datenpakete können angezeigt werden. Eingestellt wurde die höchstmögliche Übertragungsrate von 12 Mbit/s.

Die Anfang 2002 gestartete Grundsatzuntersuchung, die bis heute noch fortgeführt wird, führte bereits nach vergleichsweise geringer Hubzahl von nur 420.000 DH zu einem Totalausfall des Prüflings “A”, der nach Katalogangaben mindestens 4,0 Mio Zyklen sicher funktionieren sollte. Somit erreicht die tatsächliche Lebensdauer nur ca. 10 % des angegebenen Katalogwertes.

Dagegen befindet sich der Prüfling “B”, die CFBUS.001, immer noch weiter im Test ohne fehlerhafte Datenübertragungen. Inzwischen sind über 14,0 Mio. Doppelhübe erreicht.

Konstruktion und Werkstoffe

Gründe für den erheblichen Lebensdauerunterschied sind im Wesentlichen die unterschiedlichen Konstruktionsparameter zwischen Prüfling "A" und Prüfling "B" (CFBUS.001), sowie die unterschiedlichen Werkstoffe, die bei der Konstruktion der Leitungen Verwendung gefunden haben.

Bei allen Prüflingen besteht die Aderisolation des Busses aus einem geschäumten Werkstoff. Dessen vorteilhafte elektrische Eigenschaften stellen sicher, dass die von der Norm gegebenen Übertragungseigenschaften erreicht werden. Einen Nachteil dieses Werkstoffes bildet jedoch seine ungünstige mechanische Biegegewebsefestigkeit. Die Kräfte, welche bei der Biegung auf das Buspaar wirken, sollen vom Elementmantel aufgenommen werden, um die mechanische Beanspruchung der Aderisolation zu entlasten.

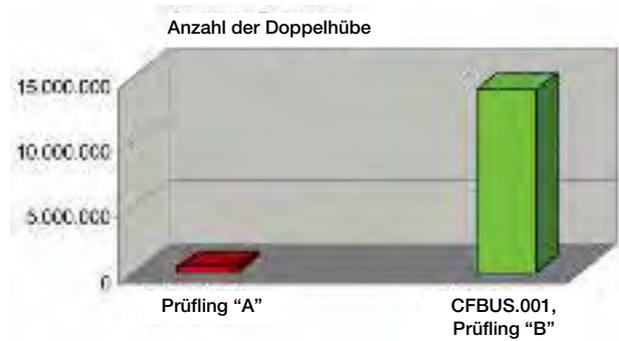
Hochelastischer Elementmantel

Der Prüfling "B" (igus®) wurde deshalb mit einem mechanisch hochwertigen, extrudierten TPE-Innen- bzw. Elementmantel zwickelfüllend versehen, um das Buspaar vor mechanischen Einwirkungen während des Biegevorgangs zu schützen. Der Elementmantel muss hochelastisch sein. Ein mechanisch minderwertiger Elementmantel aus preiswerten Füllstoffen dient – ebenso wie Füller oder Bandierungen, die bei vielen anderen Konstruktionsprinzipien häufig Anwendung finden – nur dazu das Buspaar rund zu formen. Er vermag aber nicht dieses vor der hohen mechanischen Belastung in der Kette zu schützen. Auftretende Zug- und Stauchungskräfte wirken innerhalb der Leitung schließlich besonders an solchen Stellen auf die Adern, wo der Elementmantel gebrochen ist.

Versuchsparameter

Verfahrweg:	S = 5,0 m
Geschwindigkeit ca.:	V = 3,5 m/s
Beschleunigung ca.:	a = 7,5 m/s ²
Radius ca.:	55 mm

Der Aufbau des Prüflinge "B" (CFBUS.001) ist zum einen durch einen mechanisch hochwertigen, zwickelfüllenden TPE-Elementmantel gekennzeichnet. Er entlastet mechanisch das Buspaar, fixiert die Adern in einer definierten Position und rundet ab.



Weiterhin sorgen die extrem kurzen Schlaglängen der Adern und die speziellen Leiter dafür, dass keine hohen Zug- oder Stauchbeanspruchungen auf einer großen Aderlänge wirken. So lassen sich relativ geringe Biegeradien mit hohen Zyklenzahlen verwirklichen.

Neu: UL- und CSA-Zulassung

Chainflex® CFBUS-Leitungen sind jetzt auch mit UL- und CSA-Zulassung sowie DESINA-konform für alle gängigen Feldbusssysteme lieferbar. Der hochabriebfeste, flammwidrige TPE-Außenmantel wird mit hohem Druck auf den mit einem abgestimmten Flechtwinkel gefertigten Geflechtgesamtschirm extrudiert, um die Leitung zusätzlich zu stabilisieren.

Die Buselemente, die mit einer besonders kurzen Schlaglänge verseilt sind, werden durch einen zwickelfüllend extrudierten TPE-Innenmantel geschützt, und erfüllen durch die Auswahl abgestimmter Isolierwerkstoffe und Fertigungsverfahren die geforderten Busparameter.

Wie alle Chainflex®-Leitungen ist auch die neue CFBUS-Serie jetzt ab Lager ohne Schnittkosten oder Mindermengenzuschläge für alle gängigen Feldbusse lieferbar.

Produktinfo CF BUS

► Seite 122



Bild 3: Ein mechanisch minderwertiger Elementmantel kann das Buspaar nicht vor der hohen mechanischen Belastung in der Energiekette schützen.

Beispiel 4: getestet, getestet, getestet! CF98 mit $< 4xd$!

Für Anwender von sehr kleinen Energieführungsketten und den damit verbundenen meist sehr engen Biegeradien, hat sich in der Vergangenheit die Frage nach der geeigneten Leitung bei oft sehr hohen Hubzahlen gestellt.

Kupfer gerät bei Biegeradien von unter $5xd$ schnell an seine physikalischen Grenzen, wodurch die Suche nach geeigneten Ersatzleiterwerkstoffen, oder grundsätzlich anderen Leiteraufbauten, notwendig wurde.

Testreihen mit verschiedenen Leiteraufbauten und Werkstoffen sollten Klarheit darüber liefern, wie Leitungen gefertigt werden müssen, die auch bei unter $4xd$ Biegeradius sicher mehrere Millionen Biegungen in E-Ketten® standhalten können.

Versuchsaufbau: Horizontaler kurzer Verfahrensweg

Versuchsparameter

Verfahrensweg:	$S = 0,8 \text{ m}$
Geschwindigkeit ca.:	$V = 1,5 \text{ m/s}$
Beschleunigung ca.:	$a = 0,5 \text{ m/s}^2$
Radius ca.:	18 mm



Produktinfo CF98
► Seite 96

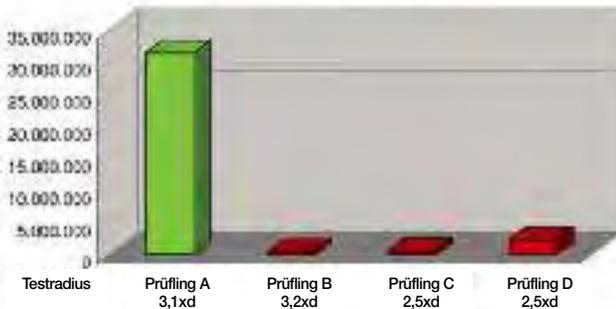
Versuch 1: Untersuchung von vier verschiedenen Leitungskonstruktionen

Untersucht wurden vier verschiedene Leitungskonstruktionen:
 Prüfling A – Leiter mit spezieller Leiterlegung,
 Prüfling B – Leiter wie Prüfling A, jedoch in Kupfer,
 Prüfling C – Leiter in Geflechttaufbau,
 Prüfling D – Leiter in Seilkonstruktion.

Diese Langzeituntersuchung, die über 2 Jahre durchgeführt wurde, brachte folgende Ergebnisse:

	Anzahl der Doppelhübe	Querschnitt d [mm]	Testradius
Prüfling A	47.434.277	7x0,20	5,8 3,1xd = 18
Prüfling B	450.000	7x0,20	5,6 3,2xd = 18
Prüfling C	638.000	7x0,25	7,3 2,5xd = 18
Prüfling D	2.350.000	7x0,25	7,3 2,5xd = 18

Anzahl der Doppelhübe



Versuch 2:

Untersucht wurden zwei verschiedene Leitungskonstruktionen, wobei gegenüber Versuch 1 andere Aderzahlen und Querschnitte gewählt wurden:

Prüfling A – Leiter mit spezieller Leiterlegung

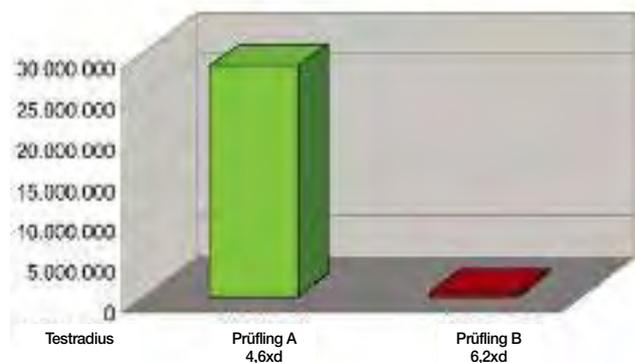
Prüfling B – Leiter in Kupfer

Hierbei wurde Prüfling B bis auf den Leiterwerkstoff absolut identisch zu Prüfling A gefertigt. Der Versuch ergab, dass bei Prüfling A selbst nach 28 Mio. Doppelhüben kein Einzeldrahtbruch feststellbar war. Prüfling B hingegen erreicht nur ca. 1,4 Mio. Doppelhübe bis eine völlige Zerstörung des Leiters festgestellt wurde.

Wie dieser Versuch hierbei auch zeigt, übertrifft das Legierungskonzept die Lebensdauer des Kupferleiters um das 19fache und das gerade in dem besonders mechanisch kritischen Bereich der sehr kleinen Querschnitte!

	Anzahl der Doppelhübe	Querschnitt d [mm]	Testradius
Prüfling A	28.267.000	2x0,14	3,9 4,6xd = 18
Prüfling B	1.450.000	2x0,14	2,9 6,2xd = 18

Anzahl der Doppelhübe



Leitfähigkeit von Legierungen

Die hervorragenden mechanischen Eigenschaften der Legierung gehen jedoch einher mit einer reduzierten Leitfähigkeit gegenüber Kupfer, die mit leicht erhöhten Querschnitten ausgeglichen wird. Somit entsprechen die im Katalog aufgeführten Querschnitte den elektrisch definierten Querschnitten, die über den Leitwert definiert sind. Der Leiterdurchmesser des legierten Leiters steigt gegenüber dem Leiterdurchmesser einer Kupferleiters leicht an.

Aus diesem Kompromiss ergeben sich zwar ca. 10% größere Außendurchmesser für die CF98-Serie gegenüber einer vergleichbaren CF9-Type, jedoch sprechen die zu erwartenden Lebensdauerdifferenzen der CF98 gegenüber der CF9 für sich, und steigen im Vergleich zu anderen sogenannten kettentauglichen Leitungen um ein Vielfaches an.

Weitere Merkmale der Chainflex® CF98 sind, wie bei der CF9-Serie der hochabriebfeste, zwickelfüllend extrudierte TPE-Außenmantel, die Öl- und UV-Beständigkeit sowie die PVC- und Halogenfreiheit.

Besonders in Einsatzbereichen, die nur über geringen Bau- raum verfügen, aber eine hohe Zahl an Hüben verlangen, bietet die igus®-Leitung eine erhöhte Betriebssicherheit. Einsatzbereiche sind in der Halbleiter- und Bestückungs- industrie, der Automationsbranche sowie im Automotiv- und Bankenbereich gegeben. Neue Einsatzmöglichkeiten ergeben sich dabei in Automatiktüren für Fahrzeuge und Bahnen sowie in automatischen Food-Selbstbedienungs- automaten und der Verpackungsindustrie.

Beispiel 5: getestet!

Dispersion und Dämpfung

Kunststoff-Lichtwellenleiter in Energieführungsketten



Auf Grund der ausgezeichneten Störsicherheit gegenüber elektromagnetischen Feldern und weitere Vorteile wie die Möglichkeit der Reduzierung von Abmessungen und Gewicht sind Kunststoff-Lichtwellenleiter für die Datenübertragung im industriellen Bereich eingeführt worden. Die Anwendung als flexible Verbindungsleitung insbesondere in Energieführungsketten stellt hohe Anforderungen an die Kunststoff-Lichtwellenleiter.

Die wichtigsten Eigenschaftswerte eines Lichtwellenleiters sind Dispersion und Dämpfung. Die Dispersion bedeutet eine Streuung der Signallaufzeit in dem Lichtwellenleiter. Sie wird im Kunststofflichtwellenleiter im wesentlichen hervorgerufen durch die Modendispersion und entsteht durch unterschiedliche Laufzeiten einzelner Lichtwellen. Die Dispersion bestimmt wichtige Übertragungseigenschaften, wie Bandbreite, Grenzfrequenz oder maximale Bitrate. Bei keiner der durchgeführten Untersuchungen konnten signifikante Änderungen der Dispersion festgestellt werden.

Der industrielle Einsatz von igus® Chainflex®-Leitungen mit Kunststofflichtwellenleiter, z. B. in Energieführungsketten, ist also bzgl. Änderungen der Dispersion unproblematisch. Der zweite wichtige Eigenschaftswert, die Dämpfung, bestimmt die maximal mögliche Länge einer Übertragungsstrecke. Die Dämpfung einer Kunststofffaser hängt auch, wie die der Glasfaser, stark von der Wellenlänge des eingesetzten Lichtes ab. Alle Untersuchungen wurden daher mit einer Wellenlänge von 660 nm durchgeführt.

Abhängig von der Leistung des Senders und der Empfindlichkeit des Empfängers steht dem Anwender ein bestimmtes "Dämpfungsbudget" für die gesamte Übertragungsstrecke einschließlich aller Verbindungs- und Übergangsbereiche zur Verfügung. Dieses Dämpfungsbudget (typischer Wert ca. 20 dB) darf nicht überschritten werden, wenn eine sichere Datenübertragung gewährleistet sein soll.

Daher ist es von großem Interesse des Anwenders, in wie weit aus einer gewissen Anwendung heraus Dämpfungserhöhungen zu erwarten sind und ggf. bei der Aufstellung des Dämpfungsbudgets zu berücksichtigen sind.

Neben der Dauerbiegebeanspruchung, die für den Betrieb in einer Energieführung typisch ist, sind weitere mechanische Belastungen zu berücksichtigen, die bei der Installation oder im Betrieb auftreten können. So können schon beim Einziehen der Leitung in eine Energieführung relativ hohe Zugkräfte auftreten. Das Befestigen der Leitungen an den Enden der Energieführungskette mittels Kabelschellen führt zu dauerhaften Querdrücken.

Die Prüfung des Verhaltens bei Querdruckbelastung erfolgt in Anlehnung an DIN VDE 0472 Teil 223. Da die Kabelschellen nur in einem Bereich von wenigen Zentimetern ihren Druck ausüben, sind die Dämpfungserhöhungen relativ gering. Die Dämpfung bei Zugbelastung hängt naturgemäß stark vom Aufbau der Leitung ab. So werden Leitungen mit integrierten Kupferadern oder Zugentlastungselementen erst bei sehr viel größeren Zugkräften eine spürbare Dämpfungserhöhung aufweisen, als reine Lichtwellenleiter.

In Bild 1 wird ein Prüfungsergebnis vorgestellt, für eine Chainflex®-Leitung mit 6 Lichtwellenleitern. Die Länge des Prüflings beträgt 1m und die maximale Zugkraft 250N.

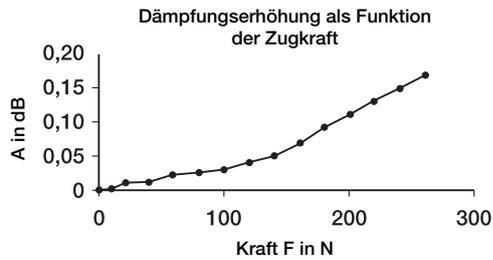


Bild 1: Verlauf der Dämpfungserhöhung als Funktion der Zugkraft

Die Zugkräfte, die beim Einziehen von Lichtwellenleitern in Energieführungsketten nötig sind, sind erfahrungsgemäß wesentlich geringer als 250 N. Die Dämpfungserhöhung betrug 0,17 dB bei maximaler Zugkraft und verschwand vollständig nach Entlastung. Ein Einfluss auf die Dämpfung ist daher nicht zu erwarten.

Bei häufig gebogenen Kunststoff-Lichtwellenleitern, wie es in Anwendungen mit Energieführungsketten üblich ist, sind Verschleißfaktoren wie Materialermüdung, Eintrübung der Werkstoffe, Mikrorisse bis hin zum Faserbruch gefürchtet und ihr Einfluss auf die Dämpfung ist nur in umfangreichen praktischen Untersuchungen möglich, wie sie von igus® durchgeführt worden sind.

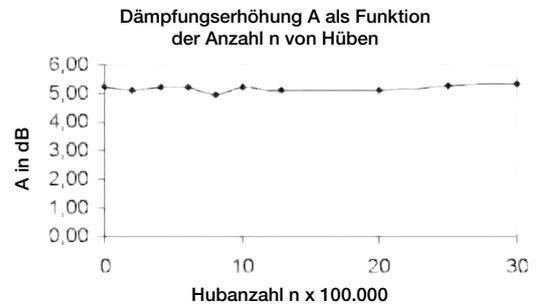
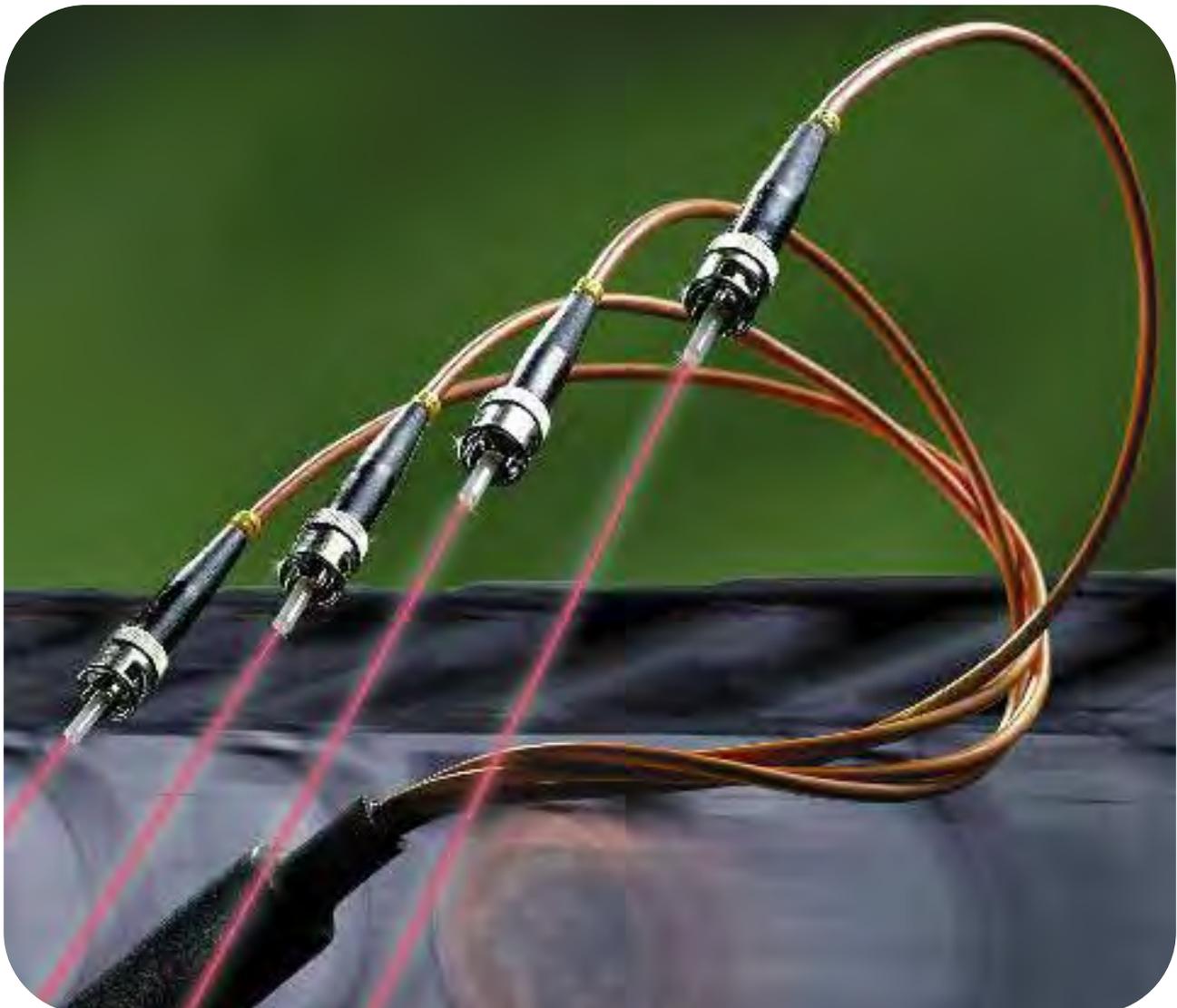


Bild 2: Verlauf der Dämpfungserhöhung als Funktion der Anzahl der Hübe

Die sehr guten Prüfergebnisse, wie hier auszugsweise vorgestellt, der Chainflex®-Leitungen sind nicht selbstverständlich, wie Untersuchungen von Lichtwellenleitern anderer Hersteller ergaben, von denen sogar einige mit Faserbrüchen ausfielen. Die Untersuchungen haben ergeben, dass Chainflex®-Lichtwellenleiter durch mechanische Beanspruchungen in Energieführungsketten, wie Zug, Querdruck oder Biegung nicht in ihrer Funktion beeinflusst werden. Somit sind sie optimal geeignet auch in den teilweise rauen Industrieumgebungen störungssicher Informationen zwischen Antrieb und Steuerung weiterzuleiten.

Literatur: [1] Kunststoff-Lichtwellenleiter für flexible Energiezuführungs-Systeme: Bernfried Späth, Frank Blase



Beispiel 7: getestet! EMV-Untersuchungen

Die "Elektromagnetische Verträglichkeit" der Chainflex®-Leitungen

Die Thematik "Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)" gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dies ist einmal bedingt durch eine Zunahme der elektromagnetischen Störfelder sowohl im Fernbereich, insbesondere verursacht durch die moderne Nachrichten- und Kommunikationstechnik, als auch im Nahbereich, verursacht durch die Energietechnik.



Produktinfo CF12
► Seite 112

Andererseits steigen die Anforderungen an die Datenübertragung. Die Signale werden immer störanfälliger, die elektromagnetischen Umwelteinflüsse immer vielfältiger. Besonders problematisch kann dabei die Kopplung zwischen Leitungen sein, die, wie es bei Energieführungsketten häufig der Fall ist, über eine gewisse Distanz parallel geführt sind. Eine mit Störgrößen behaftete Starkstromleitung wirkt hierbei als Erzeuger eines elektromagnetischen Störfeldes, das wiederum auf eine anderen Leitung, normalerweise eine Signalleitung, einwirkt und dort leitungsgeführte Störungen hervorruft.

Wir haben deshalb schon vor einigen Jahren Leitungen mit Lichtwellenleitern aus Glas und aus Kunststoff eingeführt, die auch den mechanischen Beanspruchungen in E-Ketten® gewachsen sind. Auch die Chainflex®-Leitungen mit konventionellen Kupferleitern wurden in einem umfangreichen, anwendungsorientierten Prüfungsprogramm auf ihre EMV-Verträglichkeit untersucht.

So wurde zum Beispiel ein Asynchronmotor über eine ungeschirmte Starkstromleitung (Chainflex® CF30) mit einem Frequenzumrichter verbunden. Dieser Frequenzumrichter mit Pulsweitenmodulation wird zum Generator von neuen, bislang weder im Primär- noch im Sekundärnetz vorhandenen Spektralanteilen. Parallel zu dieser Starkstromleitung wurden Chainflex®-Leitungen zur digitalen Signalübertragung in E-Ketten® geführt. Besonders gute Ergebnisse kann hier die speziell nach dem EMV Gesichtspunkt konzipierte Leitung **Chainflex® CF12** erzielen. Diese Leitung verfügt über paarweise Adern, deren Paare mit einem Kupferschirm versehen sind, sowie zusätzlich einem Gesamtschirm aus Stahlflecht. Störungen über einen weiten Frequenzbereich können so wirksam unterbunden werden.

Es wurde sowohl die kapazitive als auch die induktive Kopplung untersucht. Bei den gewählten Versuchsbedingungen konnte festgestellt werden, dass selbst dann, wenn sich Energie- und Signalleitungen auf einer längeren Strecke berühren, eine fehlerlose Datenübertragung möglich ist, wenn eine geschirmte Chainflex®-Leitung verwendet und dieser Schirm auf beiden Seiten geerdet wird.

Weiterhin wurden Prüfungen gemäß bestehender Normen zur EMV-Verträglichkeit durchgeführt. Diese Normen stellen eine allgemeine Grundlage für die Ermittlung des Betriebsverhaltens elektrischer Geräte dar, die wiederholt elektrischen Störungen ausgesetzt sind. Sie sind nicht speziell für Leitungen eingeführt worden. Insbesondere wurden Prüfungen mit dem "Burst-Generator" durchgeführt. Hierbei werden schnelle transiente Störgrößen in Impulsgruppen erzeugt, die insbesondere Schaltvorgänge nachbilden. Solche Vorgänge entstehen z. B. beim Unterbrechen von induktiven Lasten oder beim Prellen von Relais-Kontakten. Auch hierbei bewährten sich die geschirmten Chainflex®-Leitungen.

Beispiel 8: getestet, getestet, getestet! LWL – 76.000 km gelaufen



Mit Chainflex® LWL-Leitungen über 76.000 km zurücklegen oder 1,9 mal um die Erde.

Anwender von Datenübertragungssystemen (Bussystemen) mit hohen Datenraten oder langen Übertragungslängen oder auch starker EMV Belastung setzen immer häufiger auf Lichtwellenleitungen (LWL).

Vielen Anwendern ist heute jedoch noch nicht bewusst, dass diese Vorteile, die generell für LWL-Leitungen gelten, beim Einsatz von Chainflex® LWL-Leitungen in E-Ketten® noch weitere Vorteile bieten:

Auf Kupfer basierende Datenübertragungssysteme zeichnen sich meist durch zwei grundsätzliche Nachteile aus:

1. Die maximalen Übertragungslängen werden durch die Übertragungssysteme stark limitiert (je nach System und Übertragungsfrequenz zwischen 5 und 50 m Leitungslänge).
2. Die auf Kupfer basierenden Leitungen für den Einsatz in bewegten Energieführungen weisen nach einiger Zeit meist eine Erhöhung der Dämpfungswerte bei hohen Zyklenzahlen auf, die sich wiederum negativ auf die maximalen Reichweiten auswirken.

Ganz anders bei den Datenübertragungs- bzw. bussystemunabhängigen Lichtwellenleitungen aus Glas.

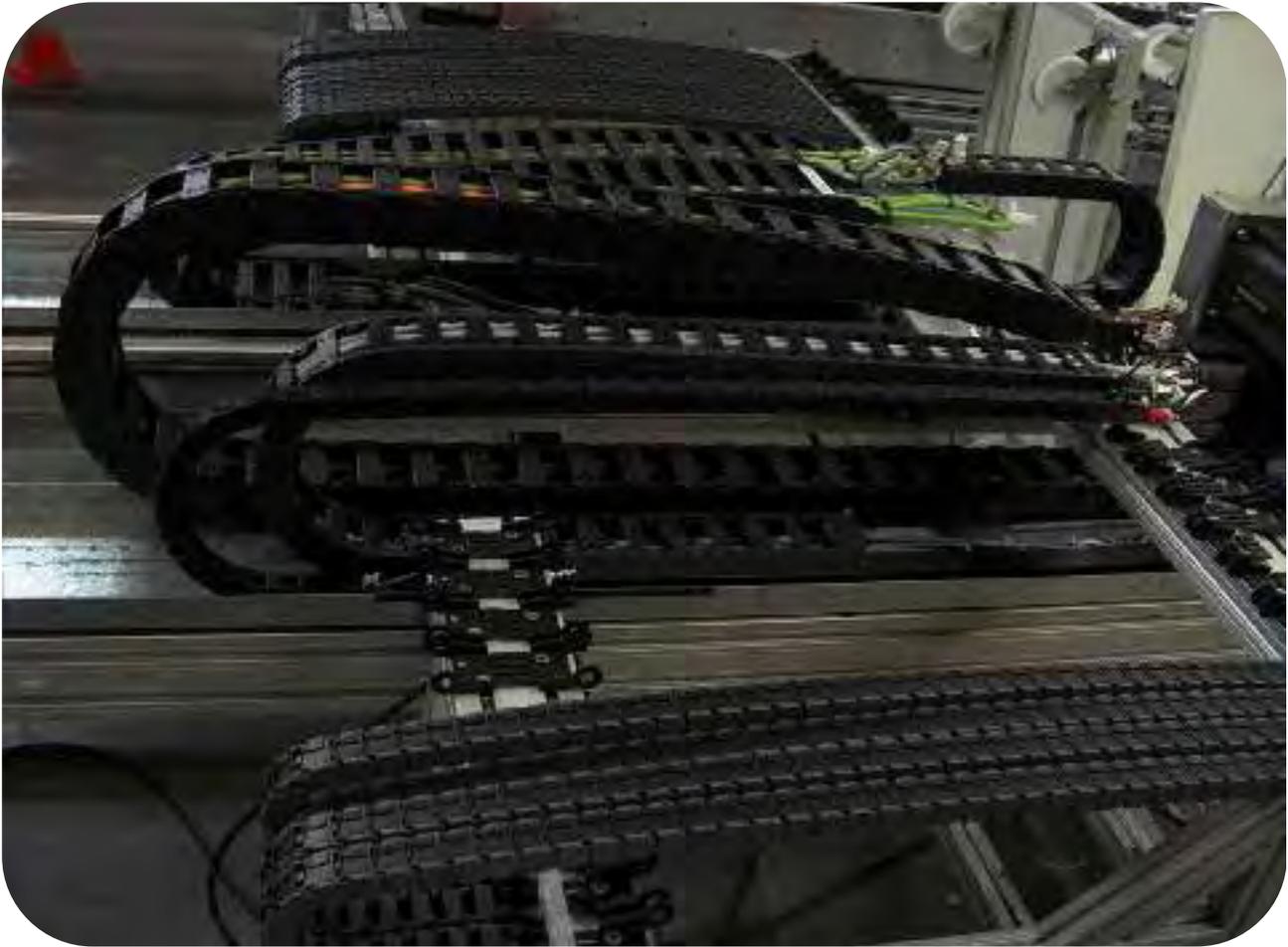
Sie bieten, neben dem Vorteil dass sie für jedes Übertragungssystem geeignet sind (sofern die richtigen Umsetzer genutzt werden), folgende Eigenschaften:

1. Die Übertragungslängen werden nicht durch die verwendeten Datenübertragungssysteme limitiert und liegen – LWL-Typ abhängig – bei mehreren hundert Metern.
2. Die Dämpfungserhöhungen sind bei Chainflex® LWL-Leitungen selbst bei sehr hohen Zyklenzahlen in E-Ketten® so niedrig, dass kaum messbare Werte feststellbar sind und der größte Teil der Dämpfung im Bereich der Stecker zu finden ist.

Die Fragestellung, wie stark sich das Dämpfungsverhalten einer igus® Chainflex® LWL-Leitung (Lichtwellenleitung) verändert, wurde in folgender Versuchsanordnung untersucht.

Produktinfo CFLG.2H

► Seite 158



Versuchsparameter:

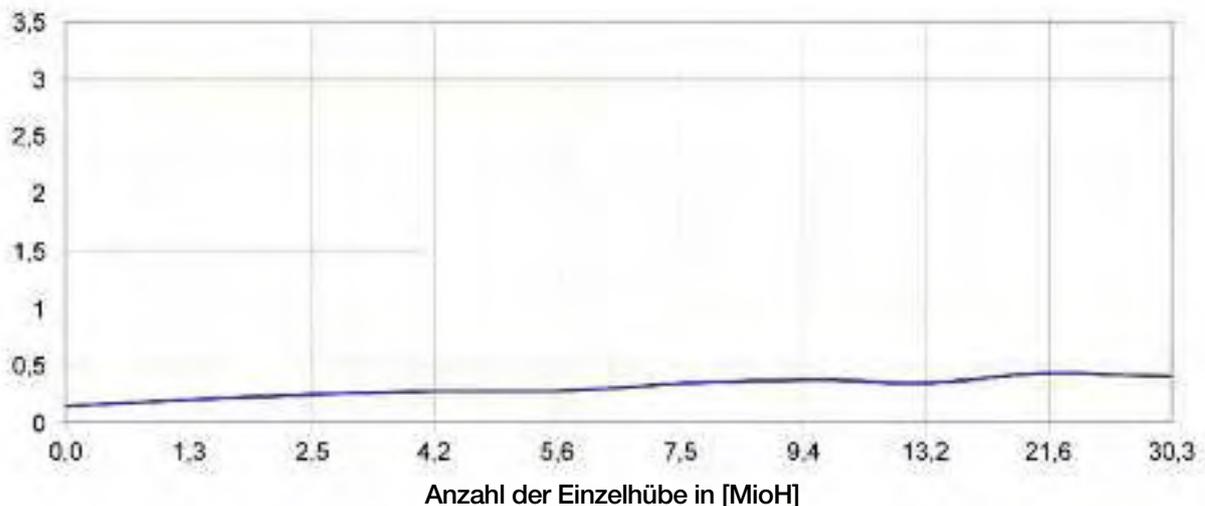
Testleitung:	igus® Chainflex® CFLG.2HG.MF.50/125
Faseranzahl:	2 Stück
Fasertyp:	Gradientenfaser 50/125µm
Stecker:	2 x ST Stecker
Verfahrweg:	2 m
Leitungslänge:	3 m
Energiekette:	igus® E-Ketten®-Serie 15.015.100.0
Testradius:	11 x d

Unter Beachtung, dass ST-Stecker eine mittlere Einfügedämpfung von 0,3 dB und eine maximale von 0,5 dB haben, ist der Dämpfungsanstieg von ca. 0,1-0,15 dB nach über 30 Mio. Bewegungen in der E-Kette® absolut vernachlässigbar. Somit hat die Leitung im Test über 76.000 km Verfahrweg zurück gelegt.

Die hier betrachtete Lichtwellenlänge liegt bei 850 nm.

Dämpfungserhöhung als Funktion der Anzahl an Einzelhüben

Dämpfung in [dB]



— CFLG.2HG.50/125 — Maximal zulässige Dämpfung

Beispiel 9: getestet! Schnelle Bilder

Schnelle Bilder in Industrieanwendungen: USB, FireWire

Mit steigender Auflösung und Abtastfrequenzen moderner digitaler Visualisierungssysteme wachsen zwangsläufig auch die zu übertragenden Datenmengen rasant an. Speziell hierfür wurden von der Industrie schnelle Bussysteme übernommen, die im Konsumerbereich für ähnliche Datenmengen Anwendungen finden. Typische Vertreter sind hier

Bussysteme wie zum Beispiel FireWire (1394a und 1394b), USB (2.0), sowie Gigabit Ethernet oder auch CameraLink.

Alle diese Bussysteme bedürfen spezieller Leitungen, welche insbesondere für den Konsumerbereich von zahllosen Herstellern zu Spotpreisen angeboten werden. Viele dieser, häufig vorkonfektionierten, Leitungen sind nur für die statische Verlegung oder geringe mechanische Beanspruchung entwickelt und gefertigt.

Werden solche Leitungen in industrieller Umgebung mit all den bekannten Parametern, wie Chemikalien, EMV- und mechanischer Belastung, beansprucht, sind kostspielige Produktionsausfälle unausweichlich.

Hierbei handelt es sich nicht nur um "echte" Ausfälle, wie zum Beispiel Aderbruch oder Kurzschlüsse der Litzen, sondern Fehler können sich durch Veränderung der kapazitiven Eigenschaften schleichend mit einer Reduzierung der möglichen Übertragungsraten und erhöhter Dämpfung bemerkbar machen.

Bei Lichtwellenleitern kann der Einsatz minderwertiger Materialien und einem mangelhaftem mechanischen Aufbau zu einer Eintrübung der Fasern und somit ebenfalls zu reduzierten Datenraten führen.

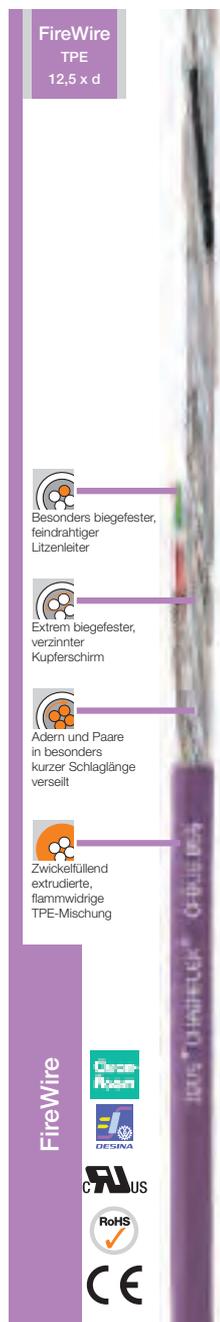
Eine echte Fehlersuche an Busleitungen ist nur mit sehr teurem Equipment und großem Zeitaufwand möglich. Je nach Position der Beschädigung treten die Fehler auch nur sporadisch während des Betriebes auf und lassen sich bei gestoppter Anlage überhaupt nicht nachweisen.

Die guten Erfahrungen in tausenden Anwendungen mit klassischen Feldbusleitungen, z.B. Profibus, Interbus, DeviceNet etc., und der Wunsch vieler Kunden nach vergleichbaren Leitungen auch für oben genannte Hochgeschwindigkeits-Bussysteme führten daher bei igus® zur Entwicklung einer eigenen Leitungsserie, unter anderem mit folgenden Leitungstypen:

- CFBUS.055 für FireWire 1394a
- CFBUS.065 und CFBUS.066 USB 2.0
- CFLG.2HG.MF. Lichtwellenleiter Serie für busunabhängige lange Übertragungsstrecken

Das Hauptaugenmerk lag in der Entwicklung auf mechanisch stabilen Leitungsstrukturen, um die kapazitiven und induktiven und optischen Eigenschaften über eine hohe Zyklenzahl zu gewähren.

Auch beim mechanischen Aufbau der Schirme wurde durch Werkstoffauswahl und spezielle Fertigungsverfahren auf eine lange Lebensdauer hingearbeitet.

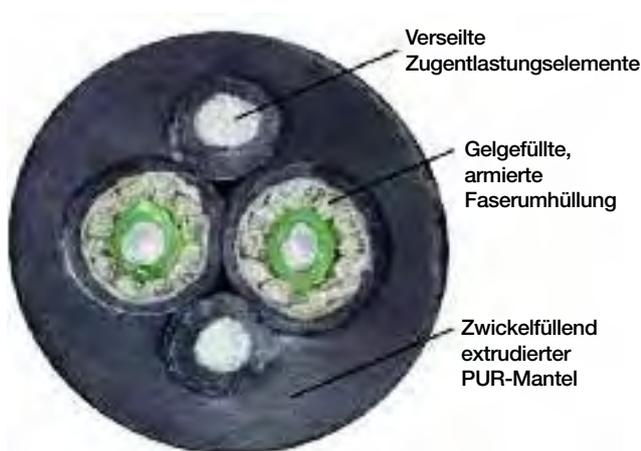


Produktinfo ▶ Seite 232



Im industriellen Umfeld spielen nicht nur die elektrischen und mechanischen Eigenschaften eine Rolle, sondern auch die Beständigkeit gegen unterschiedlichste Medien wie Öle, Kühlschmierstoffe oder ähnliches. Der bewährte Außenmantelwerkstoff TPE hat seine Einsatzmöglichkeit bereits in vielen tausend Anwendungen an anderen igus®-Leitungen bewiesen.

Bei igus® werden alle Leitungen ausgiebigen Tests im eigenen Labor unterzogen, doch für eine solche Aufgabenstellung existierten keine aussagekräftigen Testverfahren, so dass die igus®-Ingenieure einen sehr pragmatischen Weg wählten.



Querschnitt "Chainflex"®-LWL-Leitung von igus®.

Verschiedene Industriekameras wurden auf einem schnellen Linearmotor mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s, einer Beschleunigung von 5 m/s² und einem Verfahrweg von 600 mm verfahren, während in den verwendeten E-Ketten® ständig die Busleitungen bewegt wurden.

Testaufbau:

10 m CFBUS.055 FireWire (1394a) in einer E-Kette® der Serie B10.015.125 mit über 6 Mio. Bewegungen mit einer FireWire 1394a Kamera getestet.

10 m CFBUS.066 (USB 2.0) in einer E-Kette® der Serie B10.015.100 mit über 3,5 Mio. Bewegungen mit einer USB 2.0 Kamera getestet

10 m CFLG.2HG.MF.50/125 in einer E-Kette® der Serie B10.015.075 mit über 3,0 Mio. Bewegungen mit einer FireWire 1394b Kamera mit optischem Ausgang getestet

Trotz der langen Leitungslängen insbesondere bei USB und FireWire konnte selbst nach dieser Hubzahl keine Beeinträchtigung der Bildqualität festgestellt werden.

Dieser nicht wissenschaftliche aber praxisorientierte Versuch beweist die Industrietauglichkeit dieser Hochgeschwindigkeitsbusleitungen eindeutig.

Dieser Versuch ist nicht abgeschlossen und wird noch weiter geführt.

Beispiel 10: getestet! Licht in der Kälte

Licht in der Kälte – igus® Gradienten-Glasfaserleitung im Tiefkühltest

Um große Datenmengen in Bussystemen bei hohen Geschwindigkeiten auf lange Strecken sicher zu übertragen, ist die igus® Gradienten-Glasfaserleitung des Typs CFLG.G bereits in unzähligen Krananwendungen zum Standard geworden. Unempfindlich gegen EMV-Belastung, beständig gegen harte Umwelteinflüsse machen den Einsatz gemeinsam mit Energieversorgungsleitungen in sehr langen Verfahrwegen möglich.



Doch was ist mit Krananlagen in Regionen mit extrem tiefen Temperaturen? Verringert sich die maximal mögliche Leitungslänge von mehreren hundert Metern durch Dämpfungsteigerung bei tiefen Temperaturen, oder bricht die Leitung bei Extremtemperaturen von z.B. $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Die empfindlichen Glasfasern werden in einem gelgefüllten Hohlraum geführt.

Wie verhält sich das Gel bei hochdynamischen Verhältnissen und was passiert bei Wiedereinschalten nach langen Stillstandszeiten? In einschlägigen Fachpublikationen gab es keine präzisen Aussagen zu diesem Thema, insbesondere über die Temperatureigenschaften des Gels war wenig bekannt, also gehört es zur igus® Philosophie mit eigenen Tests verlässliche Angaben für Anwendungen in E-Ketten® zu ermitteln.

Speziell für diese Aufgabenstellung wurde im igus® Versuchslabor ein Kühlcontainer, in dem Dauertemperaturen von $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ erzeugt werden können, aufgestellt und mit einem Versuchsaufbau für lange Verfahrwege bis zu 7 m, einer Geschwindigkeit von 1,6 m/s und einer Beschleunigung bis zu 6 m/s^2 bestückt.

Getestet wurde die igus® Gradienten-Glasfaserleitung CFLG.G 60/125.TC. Die Leitung wurde mit einer Länge von ca. 15 m als Schlaufe in einem igus® E-KettenSystem® 3500.125.200.0 mit einem Radius von 200 mm getestet.

Unterschiedliche, extreme Temperaturkurven dienten dabei zur Simulation der Umgebungseinflüsse, insbesondere wenn bei Stillstand von Plus-Graden auf -40 °C in kürzester Zeit herunter gekühlt wurde und anschließend die Bewegung wieder eingesetzt wurde.

Auch unter diesen Einsatzbedingungen sollte die Dämpfung der Leitung nicht über 3 dB bei 850 nm Wellenlänge ansteigen. Die maximale Dämpfung liegt nach einer Million Doppelhüben, das entspricht ca. 7000 Kilometern Laufleistung, immer noch deutlich unter 3 dB.

Die im Diagramm verdeutlichten Messungen lassen erkennen, dass ausgeprägte Temperaturschwankungen in der Kombination mit der Dauerbewegung in der E-Kette® nur geringe Auswirkungen auf die Dämpfung der CFLG.6G.TC-Leitung zeigen. Die erkennbare hohe Anfangsdämpfung ist auf die verwendeten Stecker zurück zu führen und spiegelt auch hier

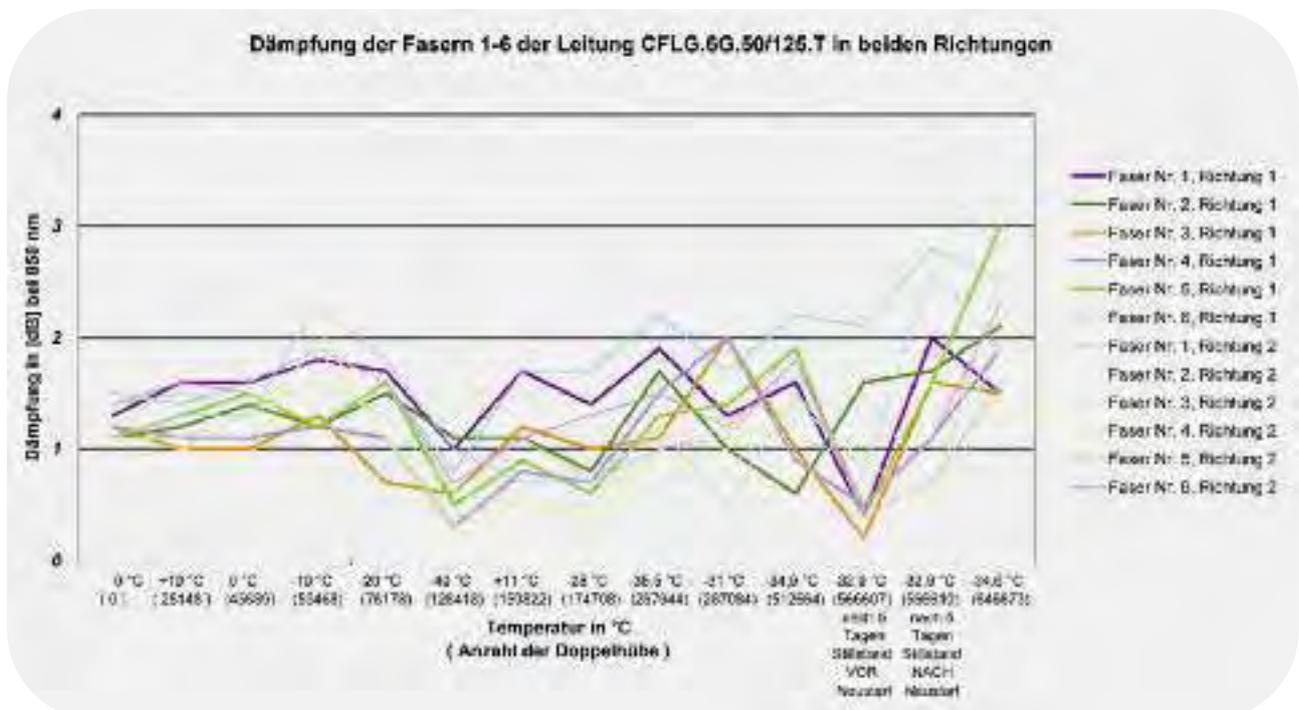
Produktinfo CFLG. G

► Seite 164



die Realität wieder, da in der Praxis zu 90 % mit steckbaren LWL-Leitungen in der Automatisierung gearbeitet wird.

Der Versuch mit der igus®-Leitung verdeutlicht klar, dass nur realistische und durchaus sehr kostspielige Versuche Klarheit über die Lebensdauer von Leitungen bringen können.



Beispiel 11: getestet! Total abgedreht

Chainflex®-Leitungen für E-KettenSystemen® sind für den Einsatz in linearen Bewegungen konstruiert und haben ihre Tauglichkeit bereits millionenfach bewiesen.

Aber industrielle Anwendungen und die damit notwendigen Bewegungsabläufe werden immer komplexer, so dass immer häufiger spezielle Leitungen für Torsionsbewegungen gefordert werden. Die Lebensdauer von den unterschiedlichsten Konstruktionen sind bei Torsionsanwendungen noch schwerer greifbar, da keine festen Größen, wie Radien, Verfahrswege oder ähnliches, definiert sind. Geschirmte Leitungen hingegen sind in Torsionsanwendungen meist sehr problematisch. Geflechtschirme sind in der Regel gegenläufig geflochten. So ist die Aussage, ob eine Leitung den Torsionsansprüchen Stand hält, sehr stark von der Anwendung und Installationsart abhängig.

Ungeschirmte Leitungen, insbesondere alle bündelverseilten Chainflex®-Typen konnten in vielen Fällen in Torsionsanwendungen erfolgreich eingesetzt werden.



Bei igus® legt man nicht nur viel Wert auf die Technik, sondern auch auf formschöne Produkte. Sowohl die Baureihen TRC und TRE sind mit dem if-Design-Award ausgezeichnet worden.

Bei Torsionsbewegungen werden daher die Schirmlitzen einer Wickelrichtung zugezogen und die der anderen Wickelrichtung aufgedreht. Durch die gewobene Anordnung und der damit verbundenen Einschnürung jeweils einer Wickelrichtung führt die daraus resultierende Dehnung der Schirmlitzen schnell zu einem Schirmbruch.



Produktinfo CF ROBOT
► Seite 216

Die Neuentwicklung von igus® der tordierbaren, geschirmten Einzeladerleitung greift genau diesen Punkt auf und stellt durch ihren speziellen Auf- und Unterbau des Schirms sicher, dass möglichst keine oder nur geringe Kräfte auf den Schirmdraht wirken.

Wie der beschriebene Versuch deutlich zeigt, ist eine massive Lebensdauererlängerung zum Beispiel gegenüber einer CF310.250.01 feststellbar.

Testaufbau:

Getestet wurde die neue Leitung CF ROBOT im igus® Labor auf einer speziell für Torsionsversuche entwickelten Vorrichtung. Der Torsionswinkel beträgt dabei $\pm 270^\circ$ bei einer Gesamtleitungslänge von ca. 2,5 m (getestet in verschiedenen Versionen der Triflex® R).

Bestückt wurde der Versuch mit:

- 3 Leitungen CF ROBOT.037
- 3 Leitungen der Serie CF310.250.01.UJ
- 3 Leitungen der Serie CF310.250.01



igus® Testlabor: Die Leitungen werden bei Bewegungen von $\pm 270^\circ$ getestet

Die ersten Versuchsmuster der CF310 mit Geflechschirm und der CF ROBOT wurden nach 250.000 Bewegungen mit einem Torsionswinkel von $\pm 270^\circ$ entnommen.

Die Untersuchungen (zerlegen der Leitung) wurden in jeweils drei Teilbereichen der Leitungslängen vorgenommen. Bei dem in Bild 1 dargestellten Muster sind eindeutige Beschädigungen des Gesamtschirm im oberen Drittel der zerlegten Leitung erkennbar.



Bild 1: Beschädigter Gesamtschirm Muster der Geflechtversion nach 250.000 Bewegungen



Die Detailbetrachtung des Schirmgeflechts zeigt deutliche Beschädigungen der Schirmdrähte.

Die untersuchten Muster (Bild 2) (es wurden Muster nach 250.000, 1,5 Mio und 3,0 Mio Bewegungen bis zur Druckauflage des Katalog entnommen) der CF ROBOT.037 zeigen selbst bei über 3,0 Mio Torsionsbewegungen von $\pm 270^\circ$ keine Beschädigungen im Bereich des Leiters oder des Gesamtschirmes.



Bild 2: Die CF ROBOT zeigt keinerlei Beschädigung nach über 3 Mio. Bewegungen

Auch die Detailuntersuchungen (Bild 3) der Schirmdrähte, Pufferfasern, PTFE Folie und des Leiters zeigten keine Verschleißerscheinungen. Der Versuch wird weiter geführt, um die maximale Lebensdauer der Leitung zu ermitteln.



Bild 3: Detailbilder der CF ROBOT nach über 3.0 Mio Bewegungen von $\pm 270^\circ$

Beispiel 12: getestet, getestet, getestet! Lebensdauervergleich

Regelmäßige Fertigungsuntersuchungen erhöhen die Funktionssicherheit von Maschinen. Neben Tests im igus® eigenen Labor, wo ständig neue Aufbauten, Werkstoffe und Kundenanforderungen untersucht werden, führt igus® auch fertigungsbegleitende Untersuchungen durch.

Neben Chargentests, die eventuelle fertigungsbedingte Fehler sofort aufdecken und dem Anwender maximale Sicherheit bieten, werden immer wieder Langzeituntersuchungen durchgeführt. Diese Langzeituntersuchungen, die bis zu vier Jahre dauern können – und den Aufwand solcher systematischen Versuchsreihen deutlich machen – sind notwendig, wenn man den ständig wachsenden Anforderungen des Marktes gerecht werden möchte.

So auch die Langzeituntersuchung der Chainflex® Servoleitungsfamilien CF21.UL und CF27.D. Diese auf dem Baukastensystem basierenden Servoleitungen, die sich im Fertigungsdetail nur durch ihre Innen- und Außenmantelwerkstoffe unterscheiden, wurden über 2,5 Jahre im Labor bei einem Radius von 100 mm, einem Verfahrweg von ca. 8 m, einer Beschleunigung von ca. 6 m/s² und einer Geschwindigkeit von ca. 3,5 m/s getestet.

Bewusst wurde eine Aderzahl/Querschnittskombination ausgewählt, die sich im Maschinenbau einer großen Beliebtheit erfreut, aber auch durch den stark asymmetrischen Aufbau bei vielen normalen – so genannten kettentauglichen – Leitungsaufbauten zum Ausfall führen.





CF21.UL: Gesamtverseilung als auch Außenmantel ohne Beschädigung



CF27.D: Gesamtverseilung als auch Außenmantel ohne Beschädigung



CF21.40.10.02.01.UL: Nach über 10 Millionen Biegungen keine Schirmdrahtbrüche



CF27.40.10.02.01.D: Nach über 10 Millionen Biegungen keine Schirmdrahtbrüche



Bewusst nicht vorschriftsmäßige Kettenbefüllung, um eine reelle Anwendung zu simulieren.

Die Prüflinge, CF21.40.10.02.01.UL ($4 \times 4 \text{ mm}^2 + 2 \times 1,0 \text{ mm}^2$), sowie CF27.40.10.02.01.D ($4 \times 4 \text{ mm}^2 + 2 \times 1,0 \text{ mm}^2$), die während der Testphase ständig elektrisch überwacht wurden, sind in einer realen Kettenbestückung im Dauerbetrieb getestet worden.

Resultat:

Nach über 10 Millionen Einzelhuben wurden die Leitungen in ihre Einzelteile zerlegt und untersucht. Wie auch an Hand der Ausschnittsfotos erkennbar ist, konnten weder an den Einzelleitern Drahtbrüche, noch an den Isolierungen Veränderungen festgestellt werden. Auch zeigen nur leichte Abriebsspuren am Außenmantel, die zu keiner Einschränkung der Funktion führen können, dass die Leitung eine hohe Zahl an Huben absolviert hat.

Resümee:

Die Aufbauphilosophie, mit zwickelfüllend extrudiertem Innenmantel und mit Druck extrudiertem Außenmantel, zeigt deutlich ihre Langlebigkeit und klare Vorteile gegenüber den üblicherweise eingesetzten Leitungen, die meist mit Füllern und Tapes aufgebaut sind.

Produktinfo

CF21.UL ▶ Seite 170

CF27.D ▶ Seite 178

Beispiel 13: live getestet! Container-Kran bei 50 m Verfahrweg

Im Kranbau beweisen Energiezuführungssysteme immer häufiger ihre technische und wirtschaftliche Stärke. Flexibilität, Variabilität und eine platz sparende Montage sind nur einige der wichtigsten Kriterien. Ein wichtiger Baustein eines Energieführungssystems liegt bei den Leitungen. Hier erwarten die Anwender eine hohe Funktionssicherheit.

igus®-Leitungen werden im Chainflex®-Labor ständigen Tests unterzogen. Daraus lassen sich wichtige Erkenntnisse für die Lebensdauer einer Leitung ermitteln, wodurch Verbesserungen für den zukünftigen Leitungsaufbau abgeleitet werden können. Besonders spannend wird es jedoch, wenn sich die seltene Möglichkeit ergibt, dass Leitungen aus realen, harten Anwendungen entnommen und untersucht werden können.

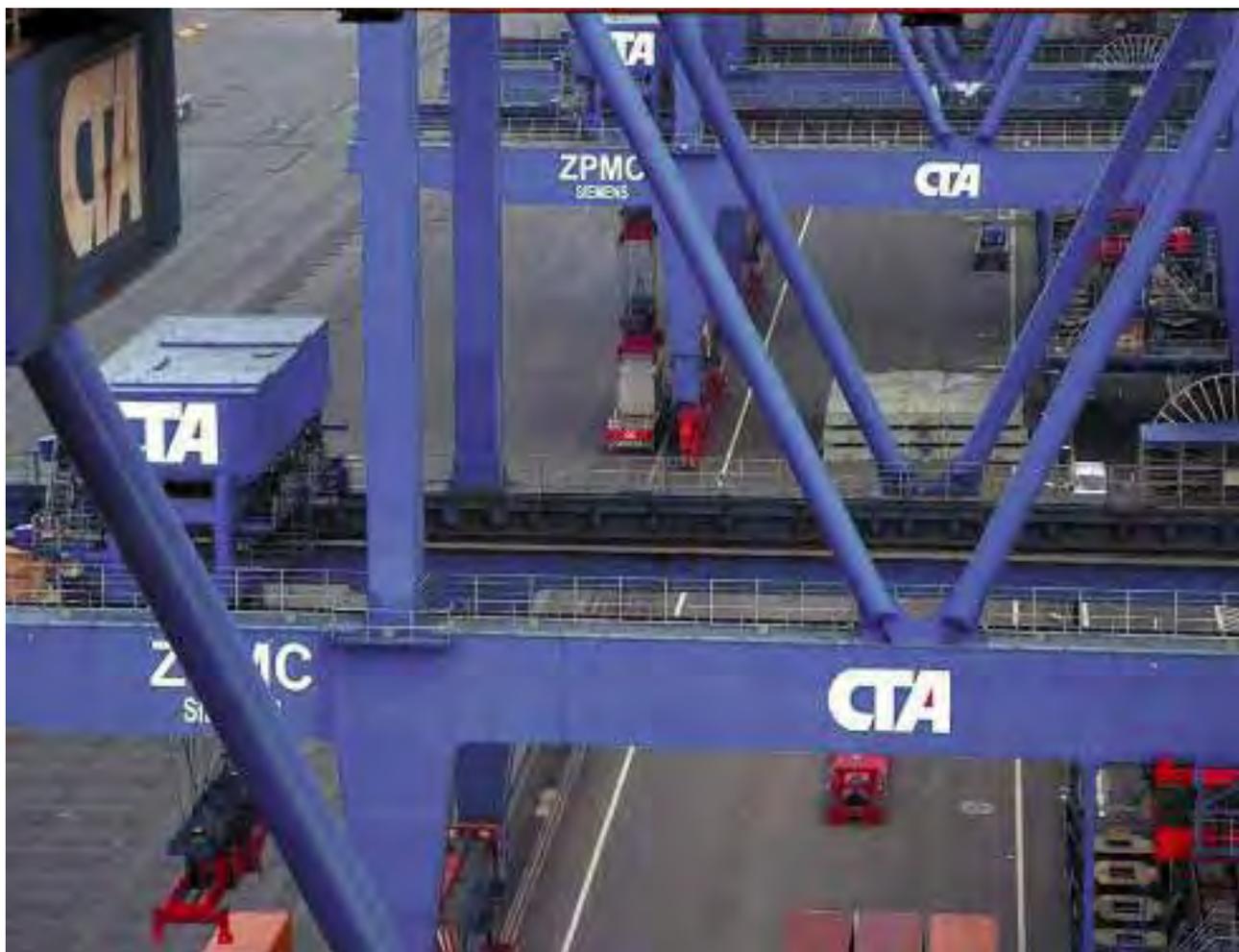
Aktuelle Untersuchung

Die Chainflex®-Leitung CF9.60.05 wird seit Jahren in Container-Kranen eingesetzt, im hier vorliegenden Fall mit einem Gesamtverfahrweg von ca. 47 m.

Ein Untersuchungsauftrag des Betreibers sollte eine Leistungsbilanz nach über 40.000 Kettenkilometern herausstellen und ermitteln, ab wann mit einer vorbeugenden Wartung für die weiteren Geräte gerechnet werden sollte.

Nach der Entnahme der CF9.60.05 wurden Untersuchungen mit folgenden Zielsetzungen durchgeführt:

1. Außenmantel, Abriebverhalten, sonstige Beschädigungen
2. Gesamtverseilung, Isolationsverhalten der einzelnen Adern
3. Litzenaufbau, Anzahl evtl. einzelner gebrochener Drähte, die auf einen baldigen Ausfall der gesamten Leitung deuten könnten.



igus®-Energieführungssystem von ca. 26 m Länge in einer Edelstahl-Rinne mit Mittelbandabstützung.



Das Energiekettensystem wurden mit verschiedenen igus® Chainflex®-Leitungen befüllt, z.B. der CF9.60.05

Ergebnis zu 1:

Es waren keine oder kaum messbare Abriebspuren auf dem hochabriebfesten TPE-Außenmantel feststellbar. Dadurch ist ein Ausfall wegen Abrieb oder Mantelbruch trotz der starken Umwelteinflüsse (Temperaturdifferenzen, UV-Einstrahlung etc.) nicht zu erwarten.

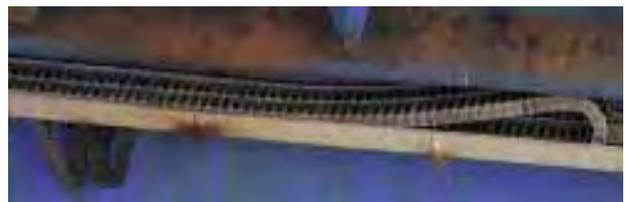
Ergebnis zu 2:

Das Gesamtverseilgebilde zeigte – durch den zwickelfüllend extrudierten Außenmantel – keine Ermüdungserscheinungen und hatte sich in seiner Schlaglänge nicht verändert. Auf Grund des hohen Talkumanteils wurde ebenfalls kein Abrieb zwischen den TPE-isolierten Adern festgestellt. Auch die Hochspannungsprüfungen zeigten keine altersbedingte Veränderungen.

Ergebnis zu 3:

Die Leitung wurde in dem am meisten beanspruchten Bereich des Radius bis auf den Kupferleiter geöffnet. Die Untersuchung der Einzeldrähte zeigte auch hier, nach über 40.000 km, keine Ermüdungsbrüche, die auf einen baldigen Ausfall der Leitung deuten würden.

Als Resümee kann festgehalten werden, dass diese in einer realen Krananwendung in der zweiten Katze eines STS-Kranes verwendete Leitung auch nach über 40.000 km komplett intakt ist und eine vorbeugende Instandsetzung nicht erforderlich ist.



igus®-Energieführungssystem von ca. 26 m Länge in einer Edelstahl-Rinne mit Mittelbandabstützung.



Die einzelnen Elemente der CF9 des für den Versuchsaufbaus seziierten Leitungstückes.



Eine Nahaufnahme des vollständig intakten Kupferleiters. Die über die gesamte Länge durchgeführte Untersuchung zeigt, dass der Leiter noch völlig intakt ist und keine Einzeldrahtbrüche aufweist.

Produktinfo CF9 ▶ Seite 80

Beispiel 14: getestet!

Vergleich Mantelwerkstoffe in verschiedenen Ölen

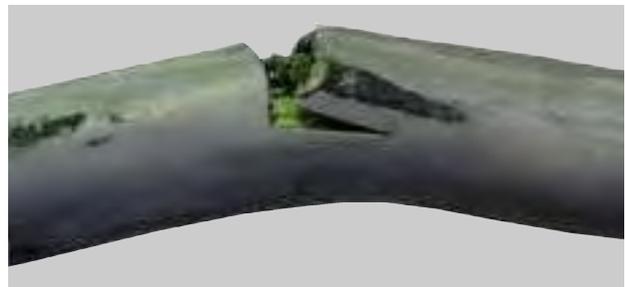
Seit Jahren entstehen unter Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse der igus®-Kunden durch eigens entwickelte Tests aussagekräftigere Ergebnisse, als es mit Standard-Normtests denkbar wäre. Um für eine Anwendung mit Öl-, Schmiermittel- oder Kühlmiteleinfluss die passende Auswahl bezüglich des einzusetzenden Mantelwerkstoffes zu treffen, sind relativ ungenaue Angaben wie „ölbeständig“ oder „kühlmittelbeständig“ wenig hilfreich.

Neben den allgemein gültigen Tests nach z.B. DIN EN 60811-2-1 und IEC 60811-1-1 wird in einem speziell auf die Bedürfnisse unserer Kunden abgestimmten Testaufbau der „Anwendungsalltag“ möglichst realistisch simuliert. So werden die Prüflinge in eine Energieführungskette montiert, welche z.B. in ein „Ölbad“ hinein und wieder hinaus verfährt. Es entsteht abwechselnd ein direkter Kontakt des Außenmantels mit dem zu testenden Medium und der die Energieführungskette bzw. die Leitung umgebenden Luft – wie in einer realen Anwendung.

Nach einer nun beliebig zu wählenden oder nach igus®-Norm definierten Testdauer können die Prüflinge auf die Änderung von Materialeigenschaften, z.B. die Festigkeit, die Reißdehnung und die Quellung, im Vergleich zu den Werten vor Testbeginn hin überprüft werden.

Auf diese Weise erhält man nicht nur eine Aussage bezüglich der unterschiedlichen Beständigkeit der verschiedenen Materialien. Gegenüber der sonst üblichen Materialalterung in Anlehnung an die oben genannten Normen ist auch eine Abschätzung bezüglich der Lebensdauer in der E-Ketten®-Anwendung möglich.

Erreichen die Prüflinge – wie die abgebildeten Fremdleitungen – die vorgegebene Testdauer nicht, so ist von einem Einsatz in den entsprechenden Anwendungen abzuraten.



Brüche des Außenmantels bei Wettbewerbswerkstoffen bedingt durch den "Öleinsatz" in E-Ketten®.

Beispiel 15: getestet! Total abgedreht, die Zweite.

Die Anforderung an Leitungen für die Energieführungskette bezüglich ihrer „Torsionsbeständigkeit“ ist nicht neu, aber in den seltensten Fällen genau definiert. Wie ist also eine Aussage in der Form „Diese Leitung ist torsionsbeständig bis $\pm 180^\circ$!“ zu bewerten? Daher ist es umso wichtiger vergleichbare und aussagekräftige Testergebnisse liefern zu können.

Aus dieser Forderung heraus ist nach igus®-Norm der „Torsionsteststand“ entwickelt worden. Hier werden nun diverse Leitungstypen auf eine vorgegebene Leitungslänge von 1 Meter, welche auch dem Abstand der Festpunkte entspricht, tordiert. Der Grad der Torsion ist frei wählbar und wird je nach Anforderung an den Prüfling festgelegt, wobei der Test-Standard $\pm 180^\circ$ beträgt.

Nach einer vorgegebenen Anzahl von Doppelhüben oder einem negativen elektrischen bzw. mechanischen Testergebnis wird der jeweilige Prüfling seziiert und so die Art und Position eventueller Beschädigungen exakt bestimmt.

Anhand dieses igus®-Normtests wurden die ersten Chainflex® CF ROBOT-Typen bis hin zur Serienreife entwickelt.

Produktinfo
CF ROBOT ▶ Seite 216



Der eigens nach igus®-Norm entwickelte "Torsions-Teststand"