

Inhalt

1	Einleitung	9
2	Thematische Abgrenzung	11
2.1	Unterschiede zwischen Kabel und Leitung	11
2.2	Verschiedene Anwendungen von Kabeln und Leitungen	11
2.2.1	Industrie 4.0 braucht zuverlässige Datennetze	13
2.3	Einsatzgebiete von Kabeln und Leitungen („Einsatzfeld“)	15
2.3.1	Leitungen in bewegten Anwendungen	16
2.3.2	Umgebungseinflüsse	17
2.3.3	Verhalten im Brandfall	18
2.4	Begriffe	19
3	Gängige Leitungstypen für bewegte Industrieanwendungen ...	21
3.1	Gliederung nach Anwendung	21
3.1.1	Leitungen zur Energieübertragung	21
3.1.2	Leitungen zur Informationsübertragung	22
3.1.3	Kombinierte Leitungen	23
3.2	Gliederung nach Einsatzfeld	24
3.2.1	Flexible Leitungen	24
3.2.2	Schleppkettenleitungen	24
3.2.3	Handgeräteleitungen	25
3.2.4	Kranleitungen	25
3.2.5	Aufzugsleitungen	25
3.2.6	Torsionsleitungen	25
3.2.7	Trommelbare Leitungen	26
3.3	Fokus bewegte Leitungen im Schleppketteneinsatz	26
3.3.1	Belastungsfälle und Einflussgrößen	27
4	Materialien	29
4.1	Grundzüge Kunststoffe	29
4.2	Werkstoffe im Kabelaufbau	30
4.2.1	Leiter	30
4.2.2	Kupferabrechnung im Kabelgeschäft	31
4.2.3	Lichtwellenleiter	32
4.2.4	Isolierung	33
4.2.5	Folien und Bänder	33
4.2.6	Schirmung	34
4.2.7	Mantel	35
4.2.8	Weitere Kabelwerkstoffe	35
4.3	Stand der Technik Kunststoffe in der Kabelherstellung	36

5	Kabelkonstruktion	41
5.1	Leiter	41
5.2	Isolierung	42
5.3	Verseilung	42
5.4	Trennschicht	44
5.5	Abschirmung	44
5.6	Außenmantel	45
5.7	Konstruktive Grundaspekte für Schleppkettenleitungen	46
6	Produktion/Herstellung	47
6.1	Verseilung	47
6.2	Kabelextrusion	50
6.3	Bewickeln	53
6.4	Flechten	54
7	Installationsrichtlinien	55
7.1	Dimensionierung des Schleppkettensystems	55
7.2	Einbau von Leitungen in Schleppketten	56
7.2.1	Handhabung vor der Installation	56
7.2.2	Anordnung von Leitungen in Schleppketten	57
7.2.3	Einlegen in die Schleppkette	58
7.2.4	Befestigung der Leitung	59
7.3	Installation von Torsionsleitungen	60
8	Qualitätssicherung	61
8.1	Bewertung von Leitungen für bewegten Einsatz	61
8.1.1	Biegeprüfung	62
8.1.2	Torsionsprüfungen	63
8.1.3	Zugprüfung	63
8.1.4	Dynamische Prüfungen	64
8.1.5	Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen	64
8.2	Prüfung und Überwachung der Installation	66
8.2.1	Fertig montierte Schleppkettensysteme	66
9	Leitungsgebundene Datenübertragung für Industrie 4.0	69
9.1	Lichtwellenleiterkabel	69
9.1.1	Übertragungsparameter von Lichtwellenleitern	69
9.1.2	Aufbau von LWL Kabeln	71
9.1.3	Risiken im Industrieinsatz	72
9.2	Koaxiale Datenkabel	73
9.2.1	Grundaufbau von Koaxialkabeln	73
9.2.2	Übertragungsparameter koaxialer Datenkabel	74
9.2.3	Einsatz von Koaxialkabeln in der Industrie	75
9.3	Symmetrische Datenkabel	75
9.3.1	Aufbau symmetrischer Datenkabel	75
9.3.2	Übertragungsparameter symmetrischer Datenkabel	77

9.3.3	Kategorien, Klassen und Protokolle	81
9.4	Industrielle Ethernet-Protokolle	82
9.5	Drahtlose Datenübertragung für Industrie 4.0	85
10	Praxiserfahrungen, typische Fehler und Ausfallerscheinungen ..	87
10.1	Ist die Relaxationszone groß genug?.....	87
10.2	Was ist ein Zyklus?.....	88
10.3	Unerkannte Beanspruchungen.....	88
10.4	Alltagseinsatz Altglascontainer.....	89
	Anhang: Übersichtstabellen und Berechnungshilfen	91
A.1	Litzenaufbau	91
A.1.1	Metrische Litzen nach IEC 60228/DIN EN 60228 (VDE 0295)....	91
A.1.2	AWG-Litzen.....	94
A.2	Kunststoffe.....	94
A.2.1	Eigenschaften von Isoliermaterialien.....	94
A.2.2	Beständigkeit von Mantelwerkstoffen.....	96
A.3	Leitungstypen für bewegten Einsatz	98
A.4	Prüfverfahren für bewegte Leitungen	98
	Danksagung.....	102
	Literatur	103