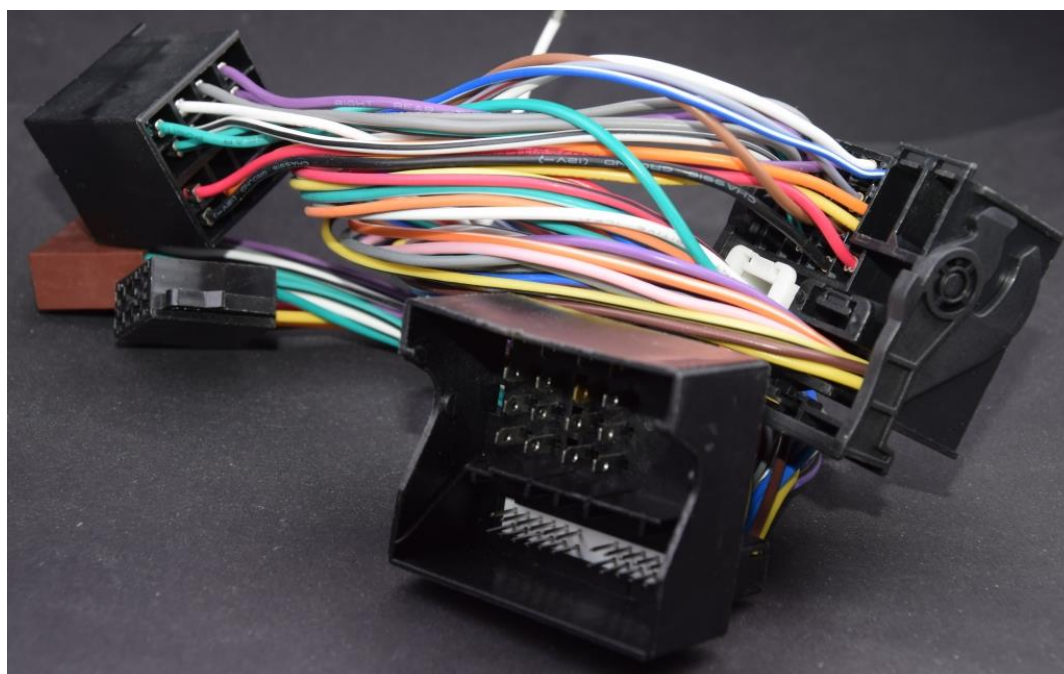


# Grundlagen der Crimptechnik

## Das Kompendium



<https://www.kabelforum.com>  
email@kabelforum.de

Version/Auflage: 2023-01-02  
© KabelForum - Volker Kratt

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Vorwort.....</b>	<b>25</b>
1.1 Wichtige Hinweise zu dieser Dokumentation .....	26
1.2 Partner und Quellen .....	27
<b>2. Einführung: die Technologien in der Kabelbearbeitung .....</b>	<b>28</b>
2.1 Eine Tatsache.....	28
2.2 Die Verbindungstechnik Crimpen .....	29
2.3 Normen, Werknormen und Vorgaben für Crimpverbindungen .....	29
2.4 Die Verarbeitung von Litzenleitern aus Kupfer .....	31
2.5 Entwicklung von Crimpverbindungen.....	32
2.6 Der Übergangswiderstand – Das unterschätzte Qualitätskriterium .....	33
2.7 Zuordnungen: Nennquerschnitte und der Crimpkontakt .....	34
2.8 Die Aufgabenstellung in der Konfektion .....	35
2.9 Die Aufgabenstellung in der Crimptechnik .....	36
2.10 Erziehbare Qualität – Equipment.....	37
2.11 Der Übergang – Flexibler zu massivem Litzenverbund .....	38
2.12 Auswirkung von mechanischen Belastungen .....	39
2.13 Verbindungsvarianten und der Übergang im Vergleich .....	40
2.13.1 Übersicht .....	40
2.13.2 Lötverbindungen.....	41
2.13.2.1 Verzinnete Leitungen in Schraubklemmen .....	41
2.13.2.2 Löten in Steckergehäusen .....	42
2.13.2.3 Direktes Verlöten mit Bauteilen .....	42
2.13.2.4 Nachträgliches Verlöten von Crimpverbindungen .....	43
2.13.2.5 Direktes Verlöten eines Litzenverbundes in einen Crimpkontakt.....	43
2.13.3 Schraubklemme.....	44
2.13.3.1 Aderendhülsen und Schraubklemmen.....	44
2.13.4 Vorisolierter Quetschkabelschuh.....	45
2.13.5 Gedrehte Kontakte (Vierdornpressung).....	46
2.13.6 Offene Crimphülse.....	46
2.14 Entlastung des Überganges .....	47
2.15 Crimpkontakte, Kabelschuhe, Pressverbinder .....	48
2.15.1 Offene und geschlossene Crimphülsen.....	48
2.15.2 Die offene Crimphülse .....	48
2.15.3 Geschlossene Crimphülse .....	49
2.16 Crimp- und Pressformen in der Übersicht .....	50
2.16.1 Die offene Crimphülse .....	50
2.16.2 Die geschlossene Crimphülse.....	51
<b>3. Der Leiter.....</b>	<b>53</b>
3.1 Grundsätzlicher Aufbau des Leiters.....	53

3.2	Die Leiterklassen .....	54
3.3	Hinweise zur Verarbeitung von Leitermaterialien .....	54
3.4	Querschnitt – Nennquerschnitt .....	55
3.5	Die Isolation des Leiters .....	58
3.6	Leitungen mit reduzierter Isolation.....	59
3.7	Kupferzahl – Kupferpreis.....	60
3.8	Die AWG Nummer – Was bedeutet AWG.....	61
3.9	Bereitstellung / Zuführung von Kabel und Leitungen .....	62
3.9.1	Lagerung .....	62
3.9.2	Beschädigung der Isolation.....	63
3.9.3	Zugfreie Zuführung .....	64
3.9.4	Der Kabelspeicher .....	65
3.9.5	Durchhangsteuerung .....	67
3.9.6	Die Kabelrichtstrecke.....	68
3.9.7	Führung von Kabel und Leitungen .....	69
3.9.8	Zuführung von Kabel und Leitungen.....	69
3.9.9	Rollenantrieb .....	71
3.9.10	Bandantrieb.....	71
3.10	Greifen von Kabel und Leitungen .....	72
3.10.1	Allgemeines.....	72
3.10.2	Ausführung der Greiffläche .....	72
3.10.3	Greifertypen.....	73
3.10.4	Flache Greifer.....	73
3.10.5	Prismenform-Greifer .....	73
3.10.6	Formgreifer.....	74
3.11	Schneiden von Kabel und Leitungen .....	75
3.11.1	Allgemeines.....	75
3.11.2	Schneidmesser mit gerader Schneide.....	76
3.11.3	V – Schneidmesser.....	76
3.11.4	Die Kabelschere .....	77
3.11.5	Der Direkte Vergleich: Kabelschere vs. Seitenschneider .....	78
3.12	Abisolieren von Leitungen .....	79
3.12.1	Grundregeln beim Abisolieren.....	79
3.12.1	Anforderungen an das Abisolierergebnis (Norm).....	81
3.12.2	Abisolieraufgaben.....	82
3.12.3	Teilabzug des Isolationsrestes.....	83
3.12.4	Abisoliermesser - typen .....	83
3.12.5	Das gerade Abisoliermesser .....	84
3.12.6	V - Abisolier- und Schneidmesser .....	85
3.12.7	Matrizenform Abisolier- Schneidmesser .....	86
3.12.8	Matrizenform Abisoliermesser.....	86

3.12.9	Sondermesser - Messerkombinationen in Vollautomaten .....	87
3.12.10	Rotatives Abisolieren .....	88
3.12.11	Rotatives, stufenförmiges Abisolieren (Koax) .....	89
3.12.12	Abisolierverhalten der Isolation .....	90
3.12.12.1	Die Anordnung der Messerschneide zur Abzugsrichtung.....	90
3.12.12.2	Der Anpressdruck der Greifer .....	91
3.12.12.3	Der Anpressdruck der Vorschubrollen.....	92
3.12.12.4	Die Schneidqualität (Schärfe) der Abisoliermesser .....	95
3.12.13	Schneiden und Abisolieren – Systeme .....	96
3.12.13.1	Freiprogrammierbares Abisolieren auf Automaten.....	96
3.12.13.2	Abisolieren und Verdrillen .....	100
3.12.13.3	Der Messerblock.....	101
3.12.13.4	Der Messerblock (Komax) .....	104
3.12.13.5	Abläufe im Messerblock.....	104
3.12.14	Fehlerbeschreibungen beim Abisolieren.....	108
3.12.14.1	Übersicht.....	108
3.12.14.2	Einzeladern beschädigt und/oder abgeschnitten .....	109
3.12.14.3	Einzelader gezogen .....	110
3.12.14.4	Oberfläche der Einzeldrähte beschädigt – Stripper-Crimper .....	111
3.12.14.5	Isolation unsauber geschnitten.....	112
3.12.14.6	Isolationsfäden an der Schnittkante der Isolation.....	113
3.12.14.7	Isolation beschädigt .....	114
3.12.14.8	Isolationsreste auf den Einzeladern .....	115
3.12.14.9	Verdrallung der Einzeladern aufgehoben .....	116
3.12.14.10	Besenförmiges Leiterende .....	116
3.12.14.11	Abgeknickter Einzeldraht.....	116
3.12.14.12	Litzenverbund überdrallt.....	117
3.12.14.13	Schwankungen in der Abisolierlänge.....	118
3.12.14.14	Einzeladern stark oxidiert.....	118
3.13	Mehradrige Mantelleitungen .....	119
3.13.1	Allgemeines.....	119
3.13.2	Aufbau von mehradrigen Mantelleitungen .....	119
3.13.3	Schneiden von Mantelleitungen .....	120
3.13.4	Messertypen für Mantelleitungen .....	120
3.13.4.1	V-Schneide und Abisoliermesser .....	120
3.13.4.2	Matritzenform Messer .....	120
3.13.4.3	Sondermesser .....	121
3.13.5	Innenleiterbearbeitung .....	121
3.13.6	Dimensionierung von Abisoliermesser .....	122
3.13.7	Abmanteln – Schematischer Ablauf .....	123
3.13.8	Rotatives Abmanteln.....	124

3.13.9 Fehlerbeschreibungen .....	125
3.13.9.1 Unsauber geschnittener Mantel .....	125
3.13.9.2 Deformiertes Kabelende – Deformierte Innenleiter .....	125
3.13.9.3 Beschädigter Innenleiter .....	125
3.13.9.4 Beschädigung des Aussenmantels .....	126
3.13.10 Abmantelgeräte und Maschinen.....	127
3.13.10.1 Abmanteln per Hand.....	127
3.13.10.2 Manuelle Tischgeräte .....	127
3.13.10.3 Halbautomatisches Abmanteln.....	128
3.13.10.4 Vollautomatisches Schneiden und Abmanteln.....	128
3.14 Thermisches Abisolieren .....	129
<b>4. Crimpen: Die offene Crimphülse .....</b>	<b>130</b>
4.1 Grundlagen .....	130
4.1.1 Bezeichnungen - Definitionen .....	130
4.1.2 Die offene Crimphülse .....	130
4.1.3 Vor- und Nachteile von offenen Crimphülsen .....	131
4.1.4 Warum der Drahtcrimp einer offenen Crimphülse so aussieht .....	132
4.1.5 Verpressung – Verpressungsgrad in der offenen Crimphülse .....	133
4.1.6 Was bedeutet "Gasdichtheit"?.....	134
4.1.7 Der Füllquerschnitt – Auswirkung fehlender Einzeldrähte .....	135
4.1.8 Verlöten von Crimpverbindungen .....	136
4.1.9 Verarbeitungsformen von offenen Crimphülsen.....	138
4.1.9.1 Prägungen im Drahtcrimpbereich.....	138
4.1.9.2 Der gegurtete Crimpkontakt.....	138
4.1.9.3 Einzelkontakte .....	139
4.1.9.4 Der Rollcrimp.....	139
4.1.10 Crimpformen in der Übersicht .....	142
4.1.11 Zuordnungen .....	143
4.1.11.1 Zuordnung Crimpkontakt – Nennquerschnitt – Werkzeug.....	143
4.1.11.2 Zuordnung: Nennquerschnitt des Leiters zum Crimpkontakt.....	144
4.1.11.3 Zuordnung: Isolationsdurchmesser des Leiters zum Crimpkontakt .....	145
4.1.12 Das Kammerspiel .....	146
4.1.12.1 Auswirkungen von fehlendem Kammerspiel.....	147
4.2 Die Bereiche der Crimpverbindung in der Übersicht.....	148
4.3 Leitung und Leitungspositionen .....	149
4.3.1 Die Abisolierlänge.....	149
4.3.2 Einlegen und Positionieren der abisolierten Leitung in den Crimpkontakt.....	150
4.3.2.1 Leiterende/Leiterüberstand .....	150
4.3.2.2 Position Leiter und Seal im Crimpkontakt.....	150
4.3.2.3 Position der Einzelleiterabdichtung (Seal) .....	151
4.3.2.4 Leitung einlegen: MQC Crimpwerkzeuge .....	151

4.3.2.5	Leitung einlegen: MQC Crimpwerkzeuge im Crimp-Vollautomat.....	153
4.3.2.1	Leitung einlegen: Die Handcrimpzange.....	154
4.4	Der Drahtcrimpbereich .....	156
4.4.1	Drahtcrimp: Eine Crimpverbindung erstellen .....	157
4.4.2	Crimpmaße.....	158
4.4.2.1	Die Drahtcrimphöhe.....	158
4.4.2.2	Toleranzen .....	159
4.4.2.3	Die Drahtcrimphöhe und die Eigenschaften der Crimpverbindung .....	160
4.4.2.4	Die Crimphöhe - ein Kompromiss .....	160
4.4.2.5	Crimpmaße und das Schliffbild .....	161
4.4.2.6	Die Drahtcrimpbreite.....	162
4.4.3	Der Auslauf hinten (Trompete, Bellmouth).....	163
4.4.3.1	Aufgabe und Entstehung .....	164
4.4.3.2	Der Drahtcrimper und der Auslauf.....	165
4.4.3.3	Größe des Auslaufes hinten.....	165
4.4.3.4	Einstellen der Ausläufe: MQC Sidefeed .....	166
4.4.3.5	Einstellen der Ausläufe - MQC Endfeed.....	167
4.4.3.6	Bildung des Auslaufes bei Handcrimpwerkzeugen .....	168
4.4.3.7	Schwankungen bei der Größe und Ausführung der Ausläufe.....	169
4.4.3.8	Auswirkungen bei einem fehlendem hinteren Auslauf.....	170
4.4.3.9	Ursachen für das Fehlen eines Auslaufes .....	171
4.4.3.10	Auswirkungen bei zu großem hinteren Auslauf.....	171
4.4.4	Der Auslauf vorne.....	173
4.4.5	Grathöhe und Gratbreite am Crimpboden .....	174
4.4.6	Anzahl der Erfassten Einzeldrähte und Abisolierergebnis.....	175
4.4.7	Ausführung der Crimpflanken.....	175
4.4.7.1	Symmetrie der Crimpflanken.....	177
4.4.7.2	Position und Lage der Spitzen der Crimpflanken.....	177
4.4.7.3	Bodendicke Crimpkontakt.....	177
4.4.7.4	Abstützhöhe .....	177
4.4.7.5	Abstützwinkel .....	177
4.4.7.6	Fehlerbeschreibung - Einrollen der Crimpflanken .....	178
4.5	Der Isolationscrimp .....	184
4.5.1	Isolationscrimpformen und Anforderungen .....	184
4.5.1.1	Isolationscrimpformen in der Übersicht .....	184
4.5.1.2	Festlegen der Isolationscrimpmaße .....	185
4.5.1.3	Biegeprüfung .....	185
4.5.1.4	Wickelprüfung.....	186
4.5.1.5	Die Isolationscrimpform B/F .....	187
4.5.1.6	Fehler: Isolationscrimp B/F .....	187
4.5.1.7	Isolationscrimp B/F Sonderform .....	188

4.5.1.8	Überlappungscrimp.....	188
4.5.1.9	Entstehung eines Überlappungscrimp.....	188
4.5.1.10	Fehler: Überlappungscrimp.....	189
4.5.1.11	Asymmetrischer Umfassungscrimp.....	190
4.5.1.12	Fehler: Asymmetrischer Umfassungscrimp.....	190
4.5.1.13	Asymmetrischer Umfassungscrimp (mit Seal).....	191
4.5.1.14	Fehler Asymmetrischer Umfassungscrimp (mit Seal).....	191
4.5.1.15	Symmetrischer Umfassungscrimp mit Seal.....	191
4.5.1.16	Fehler: Symmetrischer Umfassungscrimp mit Seal.....	191
4.5.1.17	Isolationscrimp: Lageabweichung und Kontaktgeometrie.....	192
4.5.1	Lageabweichung (Abkippen) der Isolationscrimpplanken.....	193
4.6	Sealbestückung – Einzelleiterabdichtung.....	194
4.6.1	Der Seal.....	194
4.6.2	Zuordnung Seal zu Crimpkontakt.....	195
4.6.3	Vereinzelung - Zuführen von Seals.....	195
4.6.4	Absetzen von Seals auf der Leitung.....	197
4.6.5	Automatische Kontrolle der Sealposition.....	198
4.6.6	Isolationscrimpformen für die Verarbeitung von Seals.....	199
4.6.7	Montage von Crimpkontakten mit Seals.....	199
4.7	Übergang / Anbindung Drahtcrimp zum Funktionsbereich (Transition).....	200
4.8	Der Funktionsbereich.....	201
4.8.1	Formschlüssige Verbindungen.....	201
4.8.2	Gefederte Kontaktflächen.....	202
4.8.1	Der Kontaktbereich.....	203
4.8.2	Die Steckdicke.....	204
4.8.3	Steckkraft – Zugkraft.....	204
4.8.4	Rastfunktion – Rastnasen.....	205
4.8.5	Beschädigungen durch Funktionsprüfungen.....	206
4.9	Symmetrien in der Crimpverbindung.....	207
4.9.1	Symmetrie: Lageabweichung (Verbiegen) DC/IC.....	207
4.9.2	Lageabweichung Kontaktbereich zum Crimpbereich.....	209
4.9.3	Verdrehung von DC/IC Bereich zum Kontaktbereich.....	210
4.10	Der Trennsteg – Anbindung an den Trägerstreifen.....	212
4.10.1	Die Trennsteglänge.....	212
4.10.2	Trennsteglänge bei Einzelleiterabdichtungen (Seal).....	212
4.10.3	Trennsteglänge im Crimpwerkzeug MQC Endfeed einstellen.....	212
4.10.4	Trennsteglänge im Crimpwerkzeug MQC Sidefeed.....	213
4.10.5	Fehlerbeschreibungen: Trennsteglänge:.....	214
4.10.5.1	Sidefeed – Trennsteg hinten zu lang.....	214
4.10.5.2	Endfeed – Trennsteg hinten zu lang.....	215
4.10.5.3	Sidefeed – Trennsteg hinten zu kurz.....	216

4.10.5.4	Endfeed - Trennsteg hinten zu kurz .....	217
4.10.5.5	Schwankungen in der Länge der Trennstege .....	218
4.10.6	Der Trennsteg – Der Grat .....	219
4.10.6.1	Trennsteg Grat – Fehlerbeschreibung .....	219
4.11	Die „Haifischkralle“ .....	221
4.12	Der mehrgliedrige Clip .....	222
4.13	Der mehrgliedrige Clip – Verschleißteile .....	223
4.14	Der Clip mit und ohne Isolationscrimp .....	224
<b>5.</b>	<b>Prüfverfahren und Anwendung .....</b>	<b>225</b>
5.1	Grundlagen und allgemeine Informationen .....	225
5.1.1	Prüfungen als Fehlerquelle .....	227
5.1.2	Welche Prüfung erkennt welche Fehler .....	229
5.1.3	Wann welche Prüfung durchführen? .....	230
5.1.4	Fertigungsbegleitende Prüfungen in Bezug auf das Verarbeitungsequipment .....	231
5.1.5	Sonderfreigabe – Die Risikobewertung einer Crimpverbindung .....	232
5.2	Sichtprüfung .....	233
5.2.1	Das Sichtprüfprotokoll .....	233
5.3	Messen der Crimpmaße .....	234
5.3.1	Die Drahtcrimphöhe -Offene Crimphülse .....	234
5.3.2	Messwerkzeuge – Offene Crimphülse .....	234
5.3.3	Das Messverfahren – Offene Crimphülse .....	236
5.3.4	Die Drahtcrimpbreite – Offene Crimphülse .....	237
5.4	Auszugstest .....	238
5.4.1	Allgemeines .....	238
5.4.2	Anforderungen an den Auszugstester .....	238
5.4.2.1	Auszugstester - Typen .....	238
5.4.2.2	Aufnahme für Crimpkontakte .....	239
5.4.2.3	Klemmeinrichtung für die Leitung .....	240
5.4.3	Vorbereitungen zum Test .....	241
5.4.4	Der Auszugstest – Prüfablauf .....	241
5.4.5	Optische Bewertung beim Auszugstest .....	242
5.4.6	Fehler und Störkräfte bei der Durchführung des Auszugstestes .....	243
5.4.6.1	Geschlossene Isolationscrimpflanken / Isolationsfixierung .....	243
5.4.6.2	Nachträgliches Öffnen der Isolationscrimpflanken .....	243
5.4.6.3	Halten des Prüflings mit der Hand .....	244
5.4.6.4	Abknicken des Crimpkontaktes in der Kontaktaufnahme .....	244
5.4.6.5	Ruckartiger, schneller Auszug .....	245
5.4.7	Anwendungsbeispiele: .....	245
5.4.8	Die Auszugskraft in Abhängigkeit mit der Drahtcrimphöhe .....	246
5.4.9	Auszugswerte offene Crimphülse .....	247
5.4.10	Auszugswerte Pressverbindung .....	247



5.5	Schliffbilderstellung .....	248
5.5.1	Grundsätzliches.....	248
5.5.2	Position der Schliffebene .....	250
5.5.3	Trennen und Polieren des Crimpkontaktes.....	250
5.5.4	Reinigung der Schliffebene .....	251
5.5.5	Ausmessen der Crimpgeometrie.....	251
5.5.6	Fehler bei der Schliffbildbeurteilung .....	251
5.5.7	Beispiel einer Schliffbilddokumentation .....	252
5.5.8	Warum ein Crimp so aussieht – Offene Crimphülse .....	254
5.5.9	Die Grenzen der Technologie Crimpen – Offene Crimphülse .....	255
5.5.10	Bewertungskriterien bei Schliffbildern.....	256
5.6	Crimpkraftüberwachung und die offene Crimphülse.....	257
5.6.1	Die Philosophie.....	257
5.6.2	Schematischer Aufbau.....	258
5.6.3	Der "Piezo-Effekt" .....	258
5.6.4	Der Kraftverlauf .....	259
5.6.5	Kräfte in Abhängigkeit vom Leiterquerschnitt.....	259
5.6.6	Störkräfte.....	260
5.6.6.1	Die Crimpmaschine .....	260
5.6.6.2	Werkzeugaufnahme in der Crimpmaschine.....	261
5.6.6.3	Werkzeuggrundplatte.....	262
5.6.6.4	Das Crimpwerkzeug .....	263
5.6.6.5	Der Crimpkontakt.....	264
5.6.6.6	Die abisolierte Leitung .....	264
5.6.7	Der Lern- oder Kalibriervorgang (Teach In) .....	265
5.6.8	Fehlererkennung – Toleranzen – Headroom .....	267
5.6.1	Der Drift der Kraftverlaufskurve.....	268
5.6.2	Die Driftkompensation.....	268
5.6.3	Was erkennt eine Crimpkraftüberwachung – Die Praxis .....	269
5.7	Slow-Motion-Test .....	270
5.7.1	Grundlagen.....	270
5.7.2	Prüfung.....	271
5.7.3	Erforderliche Veränderungen .....	272
5.7.4	Fehlerquelle: Drahtcrimper.....	273
5.7.5	Alternative Verarbeitung .....	275
<b>6.</b>	<b>Maschinentechnik.....</b>	<b>276</b>
6.1	Grundsätzliches .....	276
6.2	Maschinentypen.....	277
6.3	Aufbau einer Crimpmaschine .....	278
6.3.1	Die Werkzeugaufnahme .....	279
6.3.2	Der Maschinenhub.....	280

6.3.3	Standards Crimpmaschinen – Der untere Totpunkt .....	280
6.3.4	Die Einstellung des unteren Totpunktes .....	281
6.3.5	Alternative Einstellung der Crimphöhe .....	282
6.3.6	Einsetzen von Crimpwerkzeugen .....	283
6.3.7	Maschinenfähigkeit .....	284
6.4	Der Stripper-Crimper (Offene Crimphülse).....	285
6.4.1	Grundlagen und Philosophie .....	285
6.4.1	Stripper-Crimper: Die Funktionseinheiten .....	285
6.4.2	Der Stripper-Crimper: Der Arbeitszyklus.....	286
6.4.3	Stripper-Crimper: Funktionsvarianten.....	289
6.4.3.1	Variante 1: Abisoliereinheit in der Arbeitslinie .....	290
6.4.3.2	Variante 2: Die Abisoliereinheit ist außerhalb des Crimpwerkzeuges .....	291
6.4.3.3	Variante 2 - Fehler .....	293
6.4.4	Stripper-Crimper: Die Greifereinheit .....	294
6.4.4.1	Fehler in der Greifereinheit .....	295
6.4.5	Die Abisoliereinheit .....	296
6.4.5.1	Funktionsweise des Sensors im Stripper-Crimper .....	296
6.4.5.2	Abisoliermesser: Anforderungen .....	297
6.4.5.3	Einstellen der Abisoliereinheit .....	298
6.4.5.4	Abisoliermesser: Einstellung OK .....	300
6.4.5.5	Fehler - Oberfläche der Einzeldrähte ist angekratzt.....	301
6.4.5.6	Wegbegrenzung – Der Anschlag für die Leitung .....	302
6.4.5.7	Einstellfehler - Abzugskraft Abisolierrest zu groß.....	305
6.4.6	Einlegen der Leitung .....	306
6.4.6.1	Das richtige Einlegen der Leitung .....	306
6.4.6.2	Fehler – Leitung beim Einlegen gebogen .....	307
6.4.6.3	Fehler - Leitung schräg eingeführt.....	308
6.4.7	Das Crimpwerkzeug .....	309
6.4.8	Fehler: Leitung ist „Hohl“ .....	310
6.4.9	Der Nullschnitt .....	311
6.4.9.1	Nullschnitt: Halb- oder Vollautomatisch .....	311
6.4.9.2	Nullschnitt: Manuell.....	313
<b>7.</b>	<b>Crimpwerkzeugtechnik (MQC) – Offene Crimphülse.....</b>	<b>314</b>
7.1	Übersichten.....	314
7.1.1	Werkzeugtypen.....	314
7.1.2	Definitionen im Crimpwerkzeug MQC.....	315
7.1.3	Erzielbare, reproduzierbare Qualität.....	316
7.1.4	Auswirkung von Werkzeugeinstellungen - Beispiel: Kontaktposition .....	317
7.2	Grundsätzlicher Aufbau von Crimpwerkzeugen MQC .....	320
7.2.1	Referenzen im Crimpwerkzeug MQC Sidefeed .....	321
7.2.2	Referenzen im Crimpwerkzeug MQC Endfeed .....	323

7.3	Crimper, Amboss, Schneideeinheit.....	323
7.3.1	Zuordnung der Verschleißteile .....	323
7.3.1	Drahtcrimper und Isolationscrimper.....	324
7.3.1.1	Der „gekröpfte“ Crimper.....	325
7.3.2	Der Amboss.....	326
7.3.3	Die Schneideinheiten .....	327
7.3.3.1	Schneideeinheit für Crimpwerkzeuge MQC Sidefeed .....	327
7.3.3.2	Schneideeinheit für Endfeed Werkzeug .....	328
7.4	Einstellen der Crimphöhen .....	330
7.4.1	Werkzeugköpfe in der Übersicht .....	330
7.4.2	Schieberkopf .....	330
7.4.3	Drehscheibe mit mehreren fest eingestellten Crimphöhen .....	331
7.4.4	Drehscheibe mit stufenloser Einstellung.....	331
7.4.5	Der Anpressblock in seinen wichtigsten Bestandteilen .....	332
7.4.6	Einstellen der Crimphöhen – Das Prinzip .....	333
7.5	Der Vorschub des Crimpkontaktes .....	334
7.5.1	Vorschubvarianten - Vorschubkurve.....	334
7.5.2	Das Prinzip des mechanischen Vorschubes.....	335
7.5.3	Der pneumatische Vorschub.....	341
7.6	Anschlag - Abstreifer als Positionierhilfe .....	343
7.7	Sensorauslösung als Positionierhilfe .....	344
7.8	Der Abstreifer.....	345
7.9	Niederhaltersysteme .....	347
7.9.1	Funktion und Einsatzbereich.....	347
7.9.2	Niederhaltersysteme für Sidefeed und Endfeed Crimpwerkzeuge .....	348
7.9.3	Niederhalter für Sidefeed-Crimpwerkzeuge .....	349
7.10	Crimpwerkzeug MQC Endfeed: Einstellungen .....	350
7.10.1	Der Vorschub – Positionieren des Crimpkontaktes.....	350
7.10.2	Vorschub: Einstellen der Ausläufe hinten und vorne.....	351
7.10.3	Vorschub: Einstellen der Trennstege vorn und hinten.....	352
7.10.4	Vorschub: Fehlerhafte Kontaktposition.....	355
7.10.4.1	Crimpkontakt wird <u>nicht weit genug</u> transportiert .....	355
7.10.4.2	Crimpkontakt wird <u>zu weit</u> transportiert.....	356
7.10.4.3	Lageabweichung (Abkippen) der Isolationscrimpflanken .....	357
7.10.5	Der Vorschub – Die Hubgröße .....	358
7.10.6	Die Kontaktbremse .....	360
7.10.7	Kontaktführung im Endfeed Werkzeug.....	361
7.10.1	Schneideeinheit zum Trennen der Crimpkontakte .....	363
7.10.1.1	Zusammenstellung der Schneideeinheit.....	363
7.10.1.2	Einstellfehler - Schneideeinheit.....	364
7.10.1.3	Die Gratbildung am Trennsteg .....	364

7.10.2	Vorschubfinger .....	365
7.11	Crimpwerkzeug MQC Sidefeed: Einstellungen.....	366
7.11.1	Der Vorschub: Positionieren des Crimpkontaktes.....	367
7.11.2	Der Vorschub: Fehlerhafte Kontaktposition .....	368
7.11.3	Der Vorschub – Die Hubgröße .....	368
7.11.4	Die Kontaktbremse .....	369
7.11.5	Kontaktführung & Werkzeuggestisch .....	370
7.11.5.1	Das Kontaktspiel in der Kontaktführung: .....	370
7.11.5.2	Kontaktspiel: Fehlerhafte Einstellung: .....	370
7.11.5.3	Einstellen der Kontaktposition.....	371
7.11.6	Der Vorschubfinger.....	373
7.11.7	Die Schneideeinheit.....	374
7.11.7.1	Aufbau und Funktion der Schneideeinheit.....	375
7.11.7.2	Fehlerhafte Einstellungen .....	376
7.12	Die Wartung von Crimpwerkzeugen .....	376
7.12.1	Abnutzung & Verschleiß im Crimpwerkzeug.....	376
7.12.2	Die Funktionsflächen im Drahtcrimper.....	376
7.12.2.1	Mechanische Beanspruchung des Drahtcrimpers.....	378
7.12.2.2	Verschleiß beim Isolationscrimper.....	379
7.12.2.3	Verschleiß beim Amboss .....	380
7.12.2.4	Verschleiß in den Schneideeinheiten .....	381
7.12.3	Verschleißteilwechsel .....	382
7.12.3.1	Wann wird der Verschleißteilwechsel durchgeführt?.....	382
7.12.3.2	Die „Einricht-Crimpmaschine“ .....	383
7.12.3.3	Der Verschleißteilwechsel: Schritt für Schritt .....	384
7.12.3.4	Verschleißteilwechsel - Drahtcrimp & Isolationscrimp.....	385
7.12.3.5	Verschleißteilwechsel - Schneideeinheit Sidefeed.....	386
7.12.3.6	Verschleißteilwechsel - Schneideeinheit Endfeed.....	388
7.12.4	Beispiel für einen Wartungsplan.....	389
7.12.5	Sichtprüfung von Verschleißteilen .....	390
7.12.5.1	Draht- und Isolationscrimp .....	390
7.12.5.2	Der Amboss.....	391
7.12.5.3	Schneideeinheit .....	391
7.12.6	Sichtprüfung im Crimpwerkzeug.....	392
7.12.7	Lagerung von Crimpwerkzeugen.....	392
<b>8.</b>	<b>Handwerkzeuge in der Kabelbearbeitung – Schneiden &amp; Abisolieren .....</b>	<b>393</b>
8.1	Wichtige Informationen zum Arbeiten mit Handwerkzeugen.....	393
8.2	Schneiden von Kabel und Leitungen .....	393
8.2.1	Die Kabelschere .....	394
8.2.2	Der Direkte Vergleich: Kabelschere vs. Seitenschneider .....	395
8.3	Abmanteln mit Handwerkszeugen .....	396

8.3.1	Abmanteln von Mantelleitungen .....	396
8.3.1.1	Allgemeines .....	396
8.3.2	Aufbau von mehradrigen Mantelleitungen .....	396
8.3.3	Fehlerbeschreibungen .....	397
8.3.4	Handwerkzeuge zum Abmanteln.....	398
8.4	Abisolieren mit Handwerkzeugen .....	399
8.4.1	Grundregeln beim Abisolieren.....	399
8.4.2	Anforderungen an das Abisolierergebnis.....	400
8.4.3	Abisoliermesser – Typen für Abisolierzangen.....	400
8.4.4	Abisolierzange mit geraden Abisoliermesser .....	401
8.4.5	Abisolierzange mit V-Abisoliermesser .....	402
8.4.6	Abisolierzange mit Matritzenformmesser.....	402
8.4.7	Fehlerbeschreibungen beim Abisolieren mit Handwerkzeugen .....	404
8.4.7.1	Übersicht.....	404
8.4.7.2	Einzeladern beschädigt und/oder abgeschnitten .....	405
8.4.7.3	Einzelader gezogen.....	405
8.4.7.4	Oberfläche der Einzeldrähte angekratzt .....	406
8.4.7.5	Isolation unsauber geschnitten.....	406
8.4.7.6	Isolationsfäden an der Schnittkante der Isolation.....	407
8.4.7.7	Isolation beschädigt.....	408
8.4.7.8	Isolationsreste auf den Einzeladern .....	409
8.4.7.9	Verdrallung der Einzeladern aufgehoben .....	409
8.4.7.10	Besenförmiges Leiterende .....	409
8.4.7.11	Einzeldraht abgeknickt.....	410
8.4.7.12	Litzenverbund überdrallt .....	411
8.5	Arbeitsanweisung für das Abisolieren mit Handwerkzeugen .....	412
8.5.1	Standard Abisolierzange.....	412
8.5.2	Handabisolierzange mit Matritzenformmesser.....	413
8.5.3	Kontrolle der Abisoliererergebnisse:.....	413
<b>9.</b>	<b>Handcrimpzange: Verarbeitung von offenen Crimphülsen.....</b>	<b>414</b>
9.1	Vorwort und Grundsätzliches.....	414
9.2	Erziehbare, reproduzierbare Qualität .....	417
9.3	Checkliste für eine gute Crimpverbindung .....	418
9.4	Anforderungen an die Handcrimpzange.....	418
9.5	Handcrimpzangen – Typen .....	419
9.6	Handcrimpzangen - Typen und die Unterschiede .....	420
9.7	Bereiche der Handcrimpzange in der Übersicht .....	421
9.8	Die Positionierhilfe (Locator).....	422
9.9	Verschleiß, Presskraft – Das Einstellrad .....	422
9.10	Das Crimpgesenk - Zuordnungen.....	423
9.11	Notentriegelung – Öffnen der Handcrimpzange .....	426

9.12	Handling von Handcrimpzangen.....	427
9.13	Die Tischhalterung .....	427
9.14	Den Crimpkontakt vorbereiten .....	431
9.14.1	Die Trennstege .....	432
9.14.2	Crimpkontakte vereinzeln - Werkzeuge.....	432
9.15	Arbeiten mit der Handcrimpzange – Offene Crimphülse.....	433
9.15.1	Crimpkontakt positionieren – Einlegetiefe.....	433
9.15.2	Crimpkontakt positionieren - Lage im Gesenk .....	436
9.15.3	Einlegen der abisolierten Leitung .....	438
9.15.4	Die abisolierte Leitung im Crimpkontakt positionieren.....	439
9.16	Crimpergebnis bewerten .....	440
9.17	Die häufigsten Fehler in der Übersicht.....	441
9.18	Schlechtes Crimpergebnis – Was tun? .....	442
9.19	Abschneiden und auf ein Neues! .....	443
9.20	Kalibrieren - Überprüfen – Wartung .....	444
9.20.1	Kalibrieren von Handcrimpzangen .....	444
9.20.2	Wartung von Handcrimpzangen.....	444
9.20.3	Überprüfen von Handcrimpzangen.....	444
9.20.4	Positionierhilfe (Locator) überprüfen.....	445
9.20.5	Crimpqualität überprüfen:.....	445
9.21	Arbeitsanweisung: Erstellen einer Crimpverbindung .....	446
9.21.1	Abisolierlänge ermitteln.....	446
9.21.2	Standard Abisolierzange .....	446
9.21.3	Abisolierzange mit Matritzenformmesser.....	447
9.21.4	Abisolierergebnis überprüfen .....	447
9.21.5	Handcrimpzangen für offene Crimphülsen .....	448
9.21.6	Freigabe & Qualitätscheck.....	448
9.21.7	Herstellen einer Crimpverbindung .....	448
9.21.7.1	Crimpkontakte vereinzeln .....	448
9.21.7.2	HCZ mit Positionierhilfe .....	449
9.21.7.3	HCZ ohne Positionierhilfe .....	449
9.21.7.4	Sichtprüfung .....	450
<b>10.</b>	<b>Die geschlossene Crimphülse.....</b>	<b>451</b>
10.1	Kontaktvarianten und Pressformen.....	451
<b>11.</b>	<b>Aderendhülsen.....</b>	<b>453</b>
11.1	Grundlagen .....	453
11.2	Aderendhülsen - Typen .....	455
11.3	Pressformen .....	456
11.4	Mit und ohne Kunststoffkragen .....	457
11.5	Aufbau einer Aderendhülse .....	457
11.6	Der Leiterüberstand .....	458
11.7	Die Abisolierlänge .....	458

11.8	Zuordnungen .....	458
11.9	Anforderung an die Verpressung .....	459
11.10	Verarbeitung von Aderendhülsen .....	460
11.11	Erstellen einer Crimpung mit Aderendhülsen .....	461
11.12	Erstellen einer Crimpverbindung mit Handwerkzeugen .....	461
11.12.1	Abisolierlänge ermitteln .....	461
11.12.2	Abisolierlänge in der Abisolierzange einstellen .....	462
11.12.3	Crimpverbindung mit Aderendhülse erstellen .....	462
11.13	Sichtprüfung & Fehlerbeschreibungen .....	463
11.14	Verdeckte Fehler .....	463
11.15	Montage von Leitungen mit Aderendhülsen .....	465
11.16	Das Schliffbild .....	465
11.17	Der Auszugstest .....	466
11.18	Auszugswerte für Aderendhülsen .....	467
11.19	Farbcode für Aderendhülsen .....	467
<b>12.</b>	<b>Gedrehte Kontakte – Vierdorn Pressung .....</b>	<b>468</b>
12.1	Allgemeines .....	468
12.2	Kontaktform .....	468
12.3	Aufbau und Geometrie .....	469
12.4	Anforderungen an das Kontaktmaterial .....	469
12.5	Verarbeitung von gedrehten Crimpkontakten .....	470
12.6	Die Handcrimpzange .....	471
12.7	Verschleiß in Crimpzangen .....	471
12.8	Positionierhilfe - Locator .....	473
12.9	Die Pressdorne .....	473
12.10	Positionieren und Crimpen .....	474
12.11	Der Crimpvorgang im Schliffbild .....	475
12.12	Fehlerbeschreibungen .....	476
12.12.1	Deformierter Crimpkontakt .....	476
12.12.2	Deformierter Crimpkontakt NACH dem Verpressen .....	476
12.12.3	Verdeckte Fehler .....	477
12.12.4	Abgebrochene Einzeldrähte .....	477
12.12.5	Schliffbilder .....	478
12.13	Erstellen einer Crimpverbindung: Gedrehte Crimpkontakte .....	479
12.13.1	Vorbereitung zur Crimpung: Abisolieren .....	479
12.13.2	Vorbereitung zur Crimpung: Überprüfen der Handcrimpzange .....	480
12.13.3	Vorbereitung zur Crimpung: Einstellen der Handcrimpzange .....	481
12.13.4	Eine Crimpverbindung erstellen .....	482
12.13.1	Sichtprüfung der Crimpverbindung .....	483
<b>13.</b>	<b>Isolierte Crimphülsen (Quetschkabelschuh) .....</b>	<b>484</b>
13.1	Verarbeitungsformen .....	484
13.2	Handcrimpzange und Gesenke .....	484

13.3	Crimpwerkzeuge .....	484
13.4	Verpressung über die Isolationshülle .....	485
13.5	Fehler: Der Weißbruch .....	486
13.6	Kontaktzuordnung – Farbcode .....	486
13.7	Aufbau von vorisolierten Crimpkontakten.....	487
13.7.1	Normale Ausführung – Ohne Isolationsfixierung.....	487
13.7.2	Vorisolierte Crimphülsen mit Isolationsfixierung.....	488
13.1	Anforderungen an die Crimpverbindung .....	490
13.2	Lage im Crimpwerkzeug.....	491
13.3	Mehrfachcrimp .....	492
13.4	Querschnittsdifferenzen ausgleichen .....	492
13.5	Prüfen von vorisolierten Crimphülsen .....	493
13.5.1	Isolationsfixierung.....	493
13.5.2	Auszugstest.....	494
13.5.3	Die Sichtprüfung .....	494
13.5.4	Das Schliffbild.....	495
13.5.5	Sichttafel: Fehler beim Verarbeiten von vorisolierten Quetschkabelschuhen.....	496
13.6	Vorisolierter Stoßverbinder .....	496
<b>14.</b>	<b>Die geschlossene Crimphülse.....</b>	<b>497</b>
14.1	Kontaktvarianten und Pressformen.....	497
14.2	Qualitätsanforderung - Das Schliffbild.....	498
14.3	Presskabelschuh – Rohrkabelschuh – Quetschkabelschuh .....	499
14.3.1	Rohrkabelschuhe für Sonderanwendungen.....	500
14.3.2	Kontaktmaterial für Kabelschuhe.....	500
14.3.3	Die Leiterklassen .....	500
14.4	Sechskantpressung.....	501
14.4.1	Kontakttypen .....	502
14.4.1.1	Presskabelschuh .....	502
14.4.1.2	Stoßverbinder.....	502
14.4.2	Sechskantpressung von CU & AL - Verbindern (Rohrkabelschuh/Pressverbinder) .	503
14.4.3	Anzahl der Pressungen.....	504
14.4.4	Die Pressfolge .....	504
14.4.5	Sichttafel: Fehlerhafte Pressungen .....	505
14.4.6	Herstellung einer Pressverbindung .....	506
14.4.7	Messen einer Sechskantpressung .....	508
14.5	Die Dornpressung .....	509
14.5.1	Der Quetschkabelschuh .....	509
14.5.2	Erstellung einer Dornpressung.....	511
14.6	Tiefdornpressung – AL-Verbinder.....	512
14.6.1	Allgemeine Informationen .....	512
14.6.2	Schematischer Aufbau.....	512



14.6.3	Einfach- und Doppelpressung.....	513
14.7	Weitere Pressformen.....	514
14.7.1	Das Duale System.....	514
14.7.2	Kerbpressung – Kerbung .....	515
<b>15.</b>	<b>Splicetechnik.....</b>	<b>516</b>
15.1	Allgemeine Information.....	516
15.2	Die Splicemaschine.....	516
15.3	Aufbau einer Splicemaschine .....	517
15.4	Das Spliceband.....	517
15.5	Die Verarbeitung von Massiv- & Lackdrähten .....	518
15.6	Zuordnungen & Kombinationen .....	519
15.6.1	Litzenleiter mit Litzenleiter.....	519
15.6.2	Litzenleiter mit Massivdraht.....	519
15.6.3	Massivleiter mit Massivleiter .....	520
15.7	Der grundsätzliche Ablauf - Erstellung einer Spliceverbindung.....	521
15.8	Positionierungen in der Spliceverbindung .....	522
15.9	Messen & Prüfen .....	524
15.9.1	Prüfen als Fehlerquelle .....	524
15.9.2	Sichtprüfung von Spliceverbindungen .....	524
15.9.3	Schliffbild erstellen und bewerten.....	525
15.9.4	Die Schliffbildebene in der Spliceverbindung festlegen.....	525
15.9.5	Einrollen der Crimpflanken.....	526
15.9.6	Crimpmaße messen .....	527
15.9.7	Der Auszugstest .....	528
15.9.8	Die optische Bewertung des Prüflings .....	529
15.9.9	Auszugswerte bei Spliceverbindungen .....	529
15.9.10	Crimpkraftüberwachung.....	529
15.10	Anwendungsbeispiele .....	530
<b>16.</b>	<b>Montage – Demontage von Crimpkontakten .....</b>	<b>531</b>
16.1	Verlegen von Leitungen .....	531
16.2	Das Steckergehäuse.....	532
16.3	Rastfunktion – Rastnasen .....	534
16.4	Kammerspiel.....	535
16.5	Der Crimpkontakt im Steckergehäuse .....	536
16.6	Crimpkontakt montieren .....	537
16.7	Prüfen der Montage .....	540
16.8	Steckermontage auf Vollautomaten.....	541
16.9	Demontage von Crimpkontakten .....	542
<b>17.</b>	<b>Crimptechnik – Verfahrenshinweise .....</b>	<b>546</b>
17.1	Vorwort & Hinweise.....	546
17.2	Aufgabenstellung & Ausgangspositionen.....	547
17.3	Welche Vorgabe bei welcher Anwendung?.....	547

17.4 Grundlagen: Prüfmethoden .....	548
17.4.1 Crimpmaße messen .....	548
17.4.2 Schliffbilderstellung.....	549
17.4.2.1 Position der Schliffebene .....	549
17.4.2.2 Trennen, Polieren und Reinigen.....	549
17.4.3 Auszugstest.....	549
17.4.4 Crimpkraftüberwachung.....	550
17.4.4.1 Der Lernprozess (Teach In) .....	551
17.4.4.2 Überprüfen der Crimpkraftüberwachung .....	551
17.5 Das Leitungsmaterial.....	552
17.6 Verarbeitung von Leitermaterialien .....	552
17.7 Abisolierergebnis .....	553
17.8 Prüfprotokoll - Die offene Crimphülse .....	554
17.8.1 Bezeichnungen – Definitionen.....	554
17.8.2 Die offene Crimphülse (Ohne Seal).....	555
17.8.3 Isolationscrimp – Lage und Ausführung (Crimpkontaktgeometrie) .....	561
17.8.1 Isolationscrimp mit Seal .....	561
17.8.2 Isolationscrimp ohne Seal.....	562
17.8.3 Das Kammerspiel .....	563
17.8.3.1 Auswirkungen von fehlendem Kammerspiel.....	564
17.8.4 Schliffbildreport – Drahtcrimp.....	565
17.8.5 Ergänzungen und Beispiele zur Schliffbildbewertung .....	567
17.8.5.1 Grundregeln für das Einrollen der Crimpflanken.....	567
17.8.5.2 Füllquerschnitt - Zuordnungsfehler (Hohlräume) .....	567
17.8.5.3 Kleine Crimpkontakte.....	568
17.8.5.4 Angaben in Produktkatalogen und Datenblätter: .....	568
17.8.5.5 Gratbildung im Crimpkontakt & Bodendicke .....	568
17.9 Freigabe von Crimpverbindungen.....	570
17.9.1 Datenerfassung .....	570
17.9.2 Erstellung von Mustercrimps.....	571
17.9.3 Prüfen .....	571
17.9.4 Auswertung .....	571
17.9.4.1 Crimpverbindung OK .....	571
17.9.4.2 Crimpverbindung NOK.....	571
17.10 Freigabe von Fertigungseinrichtungen.....	572
17.10.1 Zuständigkeiten .....	572
17.10.2 Die Crimpmaschine .....	572
17.10.3 Das Crimpwerkzeug .....	573
17.10.4 Die Handcrimpzange .....	573
17.10.5 Fertigungsabläufe.....	574
17.10.6 Dokumentation der Freigabe.....	574

17.11 Fertigungsbegleitende Prüfungen.....	575
17.11.1 Abhängig vom Verarbeitungsequipment.....	575
17.11.2 Abhängig von Aktionen in der Fertigung.....	576
17.11.3 Prüfindteralle .....	577
17.11.4 Begleitende Dokumente für Lieferungen .....	577
17.11.4.1 Prüfprotokoll.....	577
17.11.4.2 Schliffbildreport.....	577
17.11.4.3 Sonstige Dokumente .....	577
17.12 Weitere Kontaktformen.....	578
17.12.1 Gedrehter Kontakt .....	578
17.12.1.1 Schliffbild: Erstellung & Bewertung.....	578
17.12.1.2 Sichtprüfung der Crimpverbindung.....	578
17.12.2 Aderendhülse .....	579
17.12.2.1 Sichtprüfung.....	579
17.12.2.2 Montagehinweis.....	579
<b>18.Die Crimp-Qualität in den "Griff" bekommen – Nur wie anfangen?.....</b>	<b>579</b>
18.1 Vorwort.....	579
18.2 Grundsätzliches .....	580
18.3 Die Crimpspezifikation.....	580
18.4 Das Datenblatt .....	581
18.5 Datenerfassung.....	581
18.5.1 Crimpkontakt .....	581
18.5.2 Datenerfassung Leitung.....	582
18.6 Das Crimpwerkzeug.....	582
18.6.1 Das Crimpwerkzeug: Ein erster Check.....	582
18.7 Der Mustercrimp und die Sichtprüfung.....	583
18.8 Das Sichtprüfprotokoll .....	584
18.9 Mustercrimp Messergebnisse ermitteln.....	584
18.10 Zwischenergebnis und Korrektur .....	585
18.11 Das Schliffbild .....	585
18.12 Auswertung und Archivierung.....	586
18.13 Crimpverbindung ist Nicht in Ordnung! Und nun? .....	586
<b>19.Anhänge.....</b>	<b>588</b>
19.1 Elektrische Grundlagen der Crimp- und Presstechnik.....	588
19.2 Elektrischer Widerstand .....	588
19.3 Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit .....	588
19.4 Leiterwiderstand.....	588
19.5 Temperaturabhängigkeit des Widerstandes.....	589
19.6 Temperaturbeiwerte von Werkstoffen bei 20 °C.....	589
19.7 Der Übergangswiderstand.....	590
<b>20.Alternative Verarbeitungstechniken.....</b>	<b>591</b>
20.1 Verzinnen – Spitzenverzinnung .....	591

20.1.1	Grundsätzliches.....	591
20.1.2	Abisolieren und Verdrillen .....	591
20.1.2.1	Manuelles Verdrillen .....	592
20.1.2.2	Verdrillen auf Automaten .....	592
20.1.3	Die Flux-Station – Flussmittel.....	593
20.1.4	Verzinnstationen.....	593
20.1.5	Vollverzinnung – Spitzenverzinnung.....	595
20.1.5.1	Vollverzinnung .....	595
20.1.5.2	Spitzenverzinnung .....	595
20.1.6	Fehler beim Verzinnen.....	596
20.2	Ultraschall in der Kabelverarbeitung .....	597
20.2.1	Allgemeines.....	597
20.2.2	Anwendungsbeispiele .....	598
20.2.3	Der Schall.....	599
20.2.4	Schallwellen .....	600
20.2.5	Schallgeschwindigkeit.....	601
20.2.6	Der Piezo Effekt.....	602
20.2.7	Definitionen Ultraschallschweißen.....	603
20.2.7.1	Die Schweißeinheit .....	603
20.2.7.2	Generator .....	604
20.2.7.3	Der Konverter .....	604
20.2.7.4	Der Booster .....	605
20.2.7.5	Die Sonotrode .....	605
20.2.8	Qualitätsmerkmale.....	605
20.2.8.1	Litzenqualität .....	605
20.2.8.2	Drahtdurchmesser .....	605
20.2.8.3	Materialhärte .....	606
20.2.8.4	Die Oberfläche .....	606
20.2.8.5	Die Legierung .....	606
20.2.9	Schweißbare Materialien.....	607
20.2.10	Werkzeuge .....	608
20.2.11	Konstruktive Gestaltung der Werkzeugoberfläche .....	608
20.2.12	Einfluss auf die Energiedurchdringung .....	609
20.2.13	Werkzeugmaterialien .....	609
20.2.14	Einflussgrößen auf die Werkzeugstandzeiten.....	609
20.2.15	Einfluss auf die Frequenz.....	610
20.2.16	Das Spaltmass .....	611
20.2.17	Das Prinzip – Der Litzenknoten.....	611
20.2.18	Abisolieren.....	612
20.2.19	Die Abisolierlänge der Litzen.....	613
20.2.20	Der Arbeitsablauf Ultraschallschweißen Litzenknoten .....	613

20.2.21 Qualitätsanforderungen .....	614
20.2.21.1 Anforderung an eine gute Schweißverbindung .....	614
20.2.21.2 Elektrische Eigenschaften.....	615
20.2.21.3 Mechanische Belastung.....	615
20.2.21.4 Die Gasdichte Verbindung: Chemische Resistenz.....	615
20.2.21.5 Gratfreiheit .....	615
20.2.21.6 Isolierbarkeit .....	616
20.2.22 Prüfen .....	616
20.2.22.1 Sichtprüfung .....	616
20.2.22.2 Zugtest .....	617
20.2.22.3 Schältest .....	617
20.2.22.4 Schliffbild.....	618
20.2.22.5 Labortest .....	618
20.2.23 Automatische Qualitätskontrolle .....	619
20.2.24 Fehlschweißungen erkennen .....	620
20.2.25 Verdichtungsgrad .....	622
<b>21. Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>623</b>

