

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Was ist ein Steckverbinder?	17
2 Steckverbinder-Bestandteile	19
3 Unterschiedliche Anschlussstechniken	21
3.1 Einlöten	21
3.2 Durchlöten	21
3.3 Auflöten	21
3.4 Einpresstechnik	22
3.5 Anlöten	22
3.6 Anschweißen	23
3.7 Anschrauben	23
3.8 Crimpen	23
3.9 Schneidklemmtechnik	24
4 Isolatormaterialien	25
4.1 PBT	30
4.2 PA	30
4.3 LCP	31
4.4 PPS	31
4.5 PC	31
4.6 Produktion von Steckverbindergehäusen	31
4.7 Reel-to-Reel-Verarbeitung	31
4.8 Krematoriumseffekte	32
5 Kontaktmaterialien	33
5.1 Kupfer	34
5.2 Messing	34
5.3 Federnde Legierungen	34
5.4 Relaxation der Federkräfte	34
5.5 Kontakte	36
6 Kontaktpunkt	37
7 Verschiedene Kontaktoberflächen	39
7.1 Nickel	39
7.2 Gold	40
7.3 Palladium	40
7.4 Silber	40
7.5 Zinn	40
7.6 Multilayer	41
7.7 Nickel-Sperrschicht	41

7.8	Kontakte aus vorveredelten Bandmaterialien	41
7.9	Kontaktgabe zwischen unterschiedlichen Kontaktoberflächen	42
8	Kontaktwiderstand	43
8.1	Kontaktwiderstand und Temperatur	47
8.2	Kontaktwiderstand und Korrosion	48
8.3	Kontaktwiderstand und Reibkorrosion	48
8.4	Kontaktwiderstand und Steckzyklen	49
8.5	Filme auf den Kontaktoberflächen	50
8.6	Ein niedriger Kontaktwiderstand ist wichtig	50
9	Abschirmmaßnahmen	53
9.1	Elektromagnetische Verträglichkeit	54
9.2	Der EMV-Schirmfaktor	56
9.3	Pseudo-Koaxial-Pinbelegung zur Optimierung der Signalintegrität	58
10	Verriegelung der Steckverbinder	63
11	Gehäuse und Mechanik	67
11.1	Positionscodierungen	67
11.2	Vorzentrierungen	68
11.3	Steckkompatibilität	69
11.4	Inverse Stecksysteme	70
11.5	Soft- und hartmetrische Rückwand-Leiterplattensysteme	70
11.6	Wasserdichte Ausführungen	71
11.7	Explosionsgeschützte Steckverbinder	73
12	Warum werden neue Steckverbinder entwickelt?	75
13	Steckverbinder in der Leistungselektronik	77
13.1	Beispiel Kühlung durch Anschlussleitungen	78
13.2	Beispiel Kühlung durch Kupfer in der Leiterplatte	78
13.3	Thermische Simulation für den Extremfall	79
13.4	Hot Plugging in der Leistungselektronik	80
13.5	Stromverträglichkeit im Grenzbereich	81
14	Steckverbinder für hohe Datenraten	85
14.1	Warum werden diese Signale als differenzielles Paar übertragen?	85
14.2	Wie überträgt man digitale Signale?	85
14.3	Was muss bei den Übertragungstrecken beachtet werden?	88
14.4	Warum sind Impedanz-Stoßstellen kritisch?	89
14.5	Neben- oder Übersprechen bei hohen Datenraten	90
14.6	Signal-Störabstand – Warum ist Nebensprechen so kritisch?	91
14.7	Simulation in der Steckverbinderindustrie	93
14.8	Signalübertragung bei hohen Datenraten	95
14.9	S-Parameter	99
14.10	S-Parameter im unsymmetrischen Betrieb (single ended)	99

14.11 S-Parameter im Mischbetrieb	100
14.12 Verifikation von S-Parametern nach der Simulation	103
14.13 Was sind Augendiagramme?	104
14.14 Einfluss der Leiterplatte	106
15 Weiterverarbeitung von Steckverbindern im Fertigungsprozess	109
15.1 Lötvorgänge bei unterschiedlichen Leiterplatten-Löttechniken	109
15.2 Steckverbinder auf Leiterplatten in Einpresstechnik setzen	110
15.3 Anschluss von Drähten, Litzen und Kabeln an Steckverbinder	111
16 Steckverbinderauswahl	113
16.1 Einsatzfall	113
16.1.1 Ein-/Ausgabe-Steckverbinder	113
16.1.2 Leiterplattensteckverbinder	113
16.1.3 Leiterplattenverbinder	114
16.1.4 Rückwandleiterplatten-Steckverbinder	114
16.1.5 Mezzanine Steckverbinder	115
16.1.6 Weitere Steckverbinder	116
16.2 Checkliste	117

Expertenbeiträge

1 Steckverbinder qualifizieren und bewerten	123
Dipl.-Ing. (FH) TILMAN HEINISCH / Dr.-Ing. UTE HÖRMANN	
1.1 Anforderungen an Steckverbinder	123
1.2 Anforderungen an das Prüflabor	123
1.3 Normen, Standards, Prüfprogramme	124
1.4 Bewertungskriterien und Prüfmethoden	125
1.4.1 Durchgangswiderstand	125
1.4.2 Isolationswiderstand und Spannungsfestigkeit	125
1.4.3 Klimatische Prüfungen	126
1.4.4 Mechanische Prüfungen	126
1.4.5 Strombelastbarkeit / Derating	128
1.5 Fehler- und Schadensanalyse an Stecksystemen	129
1.5.1 Widerstandserhöhende Schichten	130
1.5.2 Whisker	133
1.5.3 Produktionsfehler an Crimpverbindern und Stecksystemen	135
2 Einpresstechnik	139
Dipl.-Wirt.-Ing. SANDRA GAST	
2.1 Reparaturfähigkeit	140
2.2 Leiterplattenoberflächen	140
2.3 Lochaufbau	141
2.4 Oberflächenbeschichtung der Kontakte und der Einpresszone	141
2.5 Leiterplattendesign: Mindestabstand und Leiterbahnenverlauf	142
2.6 Einpressprozess	142
2.7 Pressen	144

2.8	Zuverlässigkeit der Einpresstechnik	144
2.9	Anwendungsbeispiele	145
2.9.1	Von High Speed bis High Current	145
2.9.2	Anwendungsbeispiele zur Schock- und Vibrationsbeständigkeit	145
3	Komponentendesign für die automatisierte Kabelsatzfertigung	147
	Dipl.-Ing. ROLAND LIEM	
3.1	In Zukunft gibt es keine Alternative mehr zur automatisierten Fertigung	147
3.2	Neue Herausforderungen und Chancen für Entwickler von Kabelsätzen und Komponenten	147
3.3	Die große Herausforderung ist die Geschwindigkeit der Automaten	148
3.4	Die heute noch gültigen Prüfnormen sind unzeitgemäß	148
3.5	Fasungen und Rundungen erleichtern den Einführprozess	148
3.6	Generelle Anforderungen an die Stecker	149
3.7	Flächen für die optische Vermessung	150
3.8	Vorsicht mit vor- und rückversetzten Kammereingängen!	151
3.9	Zusätzliche Fixierung für Einzeladerabdichtungen	152
3.10	Tipps für Kammereinläufe und Übergänge in den Stecker	153
3.11	Empfehlungen für Konstruktionen von Steckern mit Dichtmatten	154
3.12	Keine Kunst, sobald man das Prinzip kennt	156
4	Werkstoffe für Steckverbinderkontakte	157
	Dr. ISABELL BURESCH	
4.1	Warum Kupferlegierungen?	157
4.2	Applikationsspezifische Eigenschaften	159
4.2.1	Leitfähigkeit	159
4.2.2	Festigkeit	160
4.2.3	Biegebarkeit	161
4.2.4	Spannungsrelaxation	163
4.2.5	Biegewechselfestigkeit	165
4.2.6	Federbiegegrenze	166
4.2.7	Kosten	166
4.3	Kupferwerkstoffe für Stanz-Biegekontakte	167
4.3.1	Reinkupfersorten	167
4.3.2	Mischkristallhärtende Kupferwerkstoffe	168
4.3.3	Ausscheidungshärtende Kupferwerkstoffe	173
4.4	Kupferwerkstoffe für spanend hergestellte Kontakte	179
4.5	Ausblick	179
5	Kontaktphysik	181
	Dr.-Ing. MICHAEL LEIDNER / Dr.-Ing. HELGE SCHMIDT	
5.1	Einleitung	181
5.2	Der Engwiderstand nach HOLM	181
5.3	Reale versus scheinbare Kontaktfläche	185
5.4	Morphologie des Kontaktpunktes und elektrische Leitvorgänge	187
5.4.1	Bereiche der reinen metallischen Berührung	188
5.4.2	Bereiche der reinen quasimetallischen Berührung	189

5.4.3	Isolierende Kontaktfläche	189
5.4.4	Frittung und Dry-Circuit-Messbedingungen	190
5.5	Simulation der realen Kontaktfläche	190
5.5.1	Der rein Hertzsche Kontakt	193
5.5.2	Einfluss der Schichtabfolge	194
5.5.3	Einfluss der Oberflächentopographie	195
5.5.4	Messung und Simulation des Engwiderstandes	196
5.5.5	Stromdichteverteilung innerhalb des Kontaktpunktes	198
5.5.6	Innere mechanische Spannungen / Verschleißverhalten	199
5.6	Verschleiß	201
5.6.1	Beginnender Verschleiß im fixen Kontaktpunkt	201
5.6.2	Triboverschleiß und Fretting-Korrosion	203
i	Oberflächen für Steckverbinderkontakte	205
	Dr.-Ing. HELGE SCHMIDT	
6.1	Anforderungen an die Oberflächen für Steckverbinder	205
6.2	Kontaktmaterialien für Steckverbinder	206
6.2.1	Gold	206
6.2.2	Platin und Rhodium	206
6.2.3	Palladium	207
6.2.4	Silber	207
6.2.5	Zinn	207
6.2.6	Nickel	207
6.3	Hartgold-Oberflächen für Steckverbinder	208
6.3.1	Nickel-Zwischenschicht	209
6.3.2	Poren	209
6.3.3	Temperaturverhalten	211
6.3.4	Normalkräfte und Reibung	211
6.3.5	Verschleißverhalten	212
6.4	Palladium oder Palladium-Nickel mit Flashgold	213
6.4.1	Temperaturverhalten	215
6.5	Nickel-Phosphor-Flashgold	216
6.6	Silber	217
6.6.1	Härte	219
6.6.2	Normalkräfte und Reibung	220
6.6.3	Verschleißverhalten	221
6.6.4	Temperaturverhalten	222
6.7	Sn-basierte Oberflächen für Steckverbinderkontakte	223
6.7.1	Zinn als Kontaktoberfläche	224
6.7.2	Funktionelle Eigenschaften von Zinnoberflächen	232
6.7.3	Eigenschaftsoptimierung von Zinnoberflächen für Steckkontakte	235
6.8	Zusammenfassung und Einsatzempfehlungen	241
6.8.1	Übersicht	241
6.8.2	Kreuzbarkeit / Kreuzkompatibilität von Kontaktoberflächen	241

7	Neue hochleistungsfähige Beschichtungen für Steckverbindersysteme – Es muss nicht immer «edel» sein	245
	SASCHA MÖLLER / THOMAS WIELSCH / MARCEL MAINKA / Dr. ISABELL BURESCH	
7.1	Einleitung	245
7.2	Experimentelles	246
7.2.1	Probenherstellung	246
7.2.2	Tribologische Untersuchungen	246
7.3	Ergebnisse und Diskussion	247
7.3.1	Schichtaufbau des Multilayer-Systems	247
7.3.2	Makroreibung	248
7.3.3	Mikroreibung (Fretting)	254
7.3.4	Applikationsversuche	258
7.4	Ausblick	265
8	Technologische Herausforderungen bei der Anwendung von Koaxialsteckverbindern bei hohen Datenraten	267
	Dipl.-Ing. BERND ROSENBERGER	
8.1	Einleitung	267
8.2	Stand der Technik heute	268
8.2.1	Serie BNC / TNC	268
8.2.2	Serie N	268
8.2.3	Serie QN	269
8.2.4	Serie Snap N	269
8.2.5	Serie 7–16	269
8.2.6	Subminiatur-Koaxial-Steckverbinderserien für unterschiedliche Anwendungsbereiche	270
8.2.7	Koaxiale Leiterplatten-Steckverbinder	270
8.3	Neue koaxiale Steckverbinder für Mobilfunk-Anwendungen	270
8.3.1	Koaxiales Stecksystem 4.3–10	271
8.4	Koaxiale Steckverbinder Board-to-board «blind mate»	271
8.4.1	Serie SMP	272
8.4.2	Ergänzungen Serien Mini-SMP / WSMP / Z-SMP	272
8.4.3	Toleranzausgleich mit Board-to-board-Verbindern	273
8.5	Integrierte Lösungen von Koaxialsteckverbindern im Automobil FAKRA	275
8.5.1	FAKRA-Steckverbindersystem	275
8.5.2	HFM® – High-Speed-FAKRA-Steckverbinder und FAKRA-Mini	276
8.6	Koax-Verbindung für Übergang von Glasfaser auf elektrische Leitung	276
8.6.1	WSMP – ein extrem breitbandiges rechtwinkliges Stecker-Array bis 100 GHz	276
8.7	Zusammenfassung: Die Grenzen der Koaxialtechnik	277
9	USB 3.1 C – Eine Steckverbindung, nicht nur für USB-Anwendungen!	279
	TIMO DREYER	
9.1	Typische Anwendungen	279
9.2	Image vs. Fakten	281
9.3	Lowcost: Nein danke!	281

9.4	Mechanische Performance	282
9.5	EMV	283
9.6	SuperSpeed+ USB 10 Gbit/s	283
9.7	Die Schirmung der Steckverbindung	288
9.8	Bei der Auswahl des Steckers zu beachten	289
10	Qualitätsabsicherung der Dichtheit von Steckverbindern im Produktionsprozess	291
	Dr. JOACHIM LAPSIEN	
10.1	Steckverbinder	291
10.1.1	Vielfältige Einsatzbereiche und extreme Anforderungen an Steckverbinder	291
10.1.2	Undichtheiten an Steckverbindern	292
10.2	Dichtheitsprüfung im Labor	292
10.2.1	Laborprüfungen – Typprüfung und IP-Schutzarten	292
10.2.2	Vor- und Nachteile der Typprüfung im Labor	293
10.3	Dichtheitsprüfung im Produktionsprozess	294
10.3.1	Stückprüfungen	294
10.3.2	Zusammenhang zwischen Dichtheit, Leckrate und Lochgröße	294
10.3.3	Auswahl des Prüfmediums	295
10.3.4	Dichtheitsprüfung mit dem Prüfmedium Druckluft	295
10.3.5	Vor- und Nachteile der produktionsbegleitenden Stückprüfung	297
10.4	Dichtheitsprüfung von Steckverbindern	298
10.4.1	Adaption von Steckverbindern	298
10.4.2	Zustand des Steckverbinders und geeignete Prüfmethoden	299
10.5	Optimierungen	301
10.6	Typprüfung versus Stückprüfung	301
11	Entwicklungen für Spezialanwendungen	303
	M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) BERND SPORER	
12	Thermische Charakteristik eines Steckverbinders	311
	Dipl.-Ing. (FH) TOBIAS BEST	
13	CAE-Simulation als unterstützendes Werkzeug im Entwicklungsprozess für Steckverbinder	315
	Dipl. Ing. (FH) THOMAS IBERER	
13.1	Einsatz der CAE-Simulation im Entwicklungsprozess	315
13.2	Die Verfahren der CAE-Simulation zur Steckverbinderentwicklung	315
13.2.1	Feldsimulation	316
13.2.2	Kopplung physikalischer Domänen – «Multiphysiksimulation»	317
13.2.3	Simulation von Übertragungstrecken und Signalförmungen	318
13.3	Durchführung einer CAE-Simulation am Beispiel der elektromagnetischen Feldsimulation von Steckverbindern	320
13.3.1	Modellvorbereitung (Preprocessing)	320
13.3.2	Analyse (Solution)	322

13.3.3 Ergebnisauswertung (Postprocessing)	324
13.4 Potenzial der parametrischen Simulation in der Produktentwicklung	325

14 Modulare Steckverbinder

Kompakte und flexible Schnittstellen für Produktionsanlagen	327
--------------------------------------------------------------------------	-----

HEIKO MEIER

14.1 Entstehung modularer Steckverbinder	328
14.2 Aufbau modularer Steckverbinder-Programme	328
14.3 Modulare Verbindungen für modulare Maschinen	328
14.4 Vielfältige Optionen für eine Schnittstelle	329
14.5 Platz sparen bei der Lichtwellenleiter-Übertragung	329
14.6 Einfache Anschlusstechnik für schnelle Installationen	329
14.7 Modular und smart für die Netzwerkkommunikation	330
14.8 Empfindliche Elektronik schützen, Anlagenverfügbarkeit verbessern	330

15 Optische Steckverbindungen für die Kommunikationsnetze

M.Sc ETH Masch.-Ing. ALEKSANDAR OPACIC

15.1 Definition	333
15.2 Struktur und Funktion eines optischen Steckverbinders, Parameter	333
15.3 Struktur und Funktion eines Mittelstücks / Adapters	337
15.4 Struktur und Funktion optischer Steckverbindungen, Parameter der Einfügedämpfung	338
15.5 Grenzwerte und Qualitäten der optischen Steckverbindungen	342
15.6 Steckverbinder und Kabel	343
15.7 Simplex-, Duplex- und Mehrfasersteckverbinder, Anwendungsbereiche	344
15.8 Patchkabel und Pigtails	345
15.9 Standards	346

16 Die SteckverbinderAuswahl in der digitalen Welt

Dipl.-Wirt.-Ing. KAI NOTTÉ

16.1 Produktinformationen in Textform	347
16.1.1 Die klassische Produktbeschreibung	347
16.1.2 Elektronische Kataloge	348
16.2 Produktinformationen, visuell dargestellt	348
16.2.1 Zeichnungen und 3D-Modelle	348
16.2.2 Grafische Daten	349
16.2.3 Produktfotografien	349
16.3 Produktinformationen suchen und finden	350
16.3.1 Hersteller	350
16.3.2 Distributoren	351
16.3.3 Andere Plattformen	351
16.4 Die Zukunft	352

17 Die etwas andere Verbindung – Kabellose Übertragung

Dipl.-Ing. MATHIAS WECHLIN

17.1 Die elektrische Zahnbürste – Das erste kabellose Ladesystem mit Massenverbreitung	353
-------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

17.2 Was zeichnet induktive kabellose Übertragungssysteme aus?	358
17.3 Praxisbeispiel Elektromobilität	358
17.4 Megatrends mit kabellosen Übertragungslösungen begegnen	361
Sponsored Content	363
Kodierung von M12-Steckverbindern	363
ALEXANDER HORNAUER (Corporate Marketing), SEBASTIAN RICHTER (Teamleiter Senior Produktmanager Business Unit Connectors)	
Schlusswort	369
Abkürzungen	371
Lebensläufe der Autoren	375
Literaturverzeichnis	381
Quellenverzeichnis	389
Stichwortverzeichnis	391