

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 6. Auflage	XVII
Verwendete Abkürzungen	XIX
1 Einführung	1
1.1 Automatische Identifikationssysteme	2
1.1.1 Barcode-Systeme	2
1.1.2 Optical Character Recognition	3
1.1.3 Biometrische Verfahren	3
1.1.3.1 Sprachidentifizierung	4
1.1.3.2 Fingerabdruckverfahren (Daktyloskopie)	4
1.1.4 Chipkarten	4
1.1.4.1 Speicherkarten	5
1.1.4.2 Mikroprozessorkarten	5
1.1.5 RFID-Systeme	6
1.2 Vergleich verschiedener ID-Systeme	6
1.3 Bestandteile eines RFID-Systems	8
2 Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen	11
2.1 Grundsätzliche Unterscheidungsmerkmale	11
2.2 Bauformen von Transpondern	14
2.2.1 Disks und Münzen	14
2.2.2 Glasgehäuse	14
2.2.3 Plastikgehäuse	15
2.2.4 Werkzeug- und Gasflaschenidentifikation	16
2.2.5 Schlüssel und Schlüsselanhänger	17
2.2.6 Uhren	18
2.2.7 Bauform ID-1, kontaktlose Chipkarten	18
2.2.8 Smart Label	20
2.2.9 Coil-on-Chip	21
2.2.10 Weitere Bauformen	22
2.3 Frequenz, Reichweite und Kopplung	22
2.4 Aktive und passive Transponder	23
2.5 Informationsverarbeitung im Transponder	25
2.6 Auswahlkriterien für RFID-Systeme	27
2.6.1 Arbeitsfrequenz	28
2.6.2 Reichweite	28
2.6.3 Sicherheitsanforderungen	29
2.6.4 Speicherkapazität	30

3	Grundlegende Funktionsweise	31
3.1	1-bit-Transponder	32
3.1.1	Radiofrequenz	32
3.1.2	Mikrowelle	35
3.1.3	Frequenzteiler	37
3.1.4	Elektro-Magnetisch	38
3.1.5	Akustomagnetisch	41
3.2	Voll- und Halbduplexverfahren	42
3.2.1	Induktive Kopplung	44
3.2.1.1	Energieversorgung passiver Transponder	44
3.2.1.2	Datenübertragung Transponder > Leser	47
3.2.2	Elektromagnetische Backscatter-Kopplung	56
3.2.2.1	Energieversorgung der Transponder	56
3.2.2.2	Datenübertragung Transponder > Leser: Modulierter Rückstrahlquerschnitt ...	58
3.2.3	Close coupling	59
3.2.3.1	Energieversorgung der Transponder	59
3.2.3.2	Datenübertragung Transponder > Leser	60
3.2.3.3	Close Coupling Chipkarten	60
3.2.4	Elektrische Kopplung	63
3.2.4.1	Energieversorgung passiver Transponder	63
3.2.4.2	Datenübertragung Transponder > Lesegerät	65
3.3	Sequentielle Verfahren	65
3.3.1	Induktive Kopplung	65
3.3.1.1	Spannungsversorgung des Transponders	65
3.3.1.2	Vergleich zwischen FDX-/HDX- und SEQ-Systemen	66
3.3.1.3	Datenübertragung Transponder > Leser	68
3.3.2	Oberflächenwellen-Transponder	69
3.4	Near Field Communication (NFC)	71
3.4.1	Active Mode	72
3.4.2	Passive Mode	73
4	Physikalische Grundlagen für RFID-Systeme	75
4.1	Magnetisches Feld	76
4.1.1	Magnetische Feldstärke H	76
4.1.1.1	Feldstärkeverlauf $H(x)$ bei Leiterschleifen	77
4.1.1.2	Optimierter Antennendurchmesser	79
4.1.2	Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte	81
4.1.3	Induktivität L	81
4.1.3.1	Induktivität einer Leiterschleife	82
4.1.4	Gegeninduktivität M	82
4.1.5	Kopplungsfaktor k	84
4.1.6	Induktionsgesetz	86
4.1.7	Resonanz	88

4.1.8	Praktischer Betrieb des Transponders	93
4.1.8.1	Spannungsversorgung des Transponders	93
4.1.8.2	Spannungsregelung	93
4.1.9	Ansprechfeldstärke H_{min}	95
4.1.9.1	„Energereichweite“ von Transpondersystemen	98
4.1.9.2	Ansprechbereich von Lesegeräten	100
4.1.10	Gesamtsystem Transponder – Lesegerät	101
4.1.10.1	Transformierte Transponderimpedanz Z_T'	103
4.1.10.2	Einflussgrößen von Z_T'	106
4.1.10.3	Lastmodulation	113
4.1.11	Messung von Systemparametern	120
4.1.11.1	Messung des Kopplungsfaktors k	120
4.1.11.2	Messung von Transponderresonanzfrequenz und Gütefaktor	121
4.1.12	Magnetische Werkstoffe	125
4.1.12.1	Eigenschaften magnetischer Werkstoffe und Ferrite	125
4.1.12.2	Ferritantennen in LF-Transpondern	126
4.1.12.3	Ferritabschirmung in metallischer Umgebung	127
4.1.12.4	Einbau von Transpondern in Metall	128
4.2	Elektromagnetische Wellen	130
4.2.1	Entstehung elektromagnetischer Wellen	130
4.2.1.1	Übergang vom Nah- zum Fernfeld bei Leiterschleifen	131
4.2.2	Strahlungsdichte S	132
4.2.3	Feldwellenwiderstand und Feldstärke E	133
4.2.4	Polarisation elektromagnetischer Wellen	134
4.2.4.1	Reflexion elektromagnetischer Wellen	135
4.2.5	Antennen	137
4.2.5.1	Gewinn und Richtwirkung	137
4.2.5.2	EIRP und ERP	139
4.2.5.3	Eingangsimpedanz	139
4.2.5.4	Wirksame Fläche und Rückstreuquerschnitt	140
4.2.5.5	Effektive Länge	143
4.2.5.6	Dipolantenne	144
4.2.5.7	Yagi-Uda-Antenne	146
4.2.5.8	Patch- oder Mikrostriptantennen	146
4.2.5.9	Schlitzzantennen	149
4.2.6	Praktischer Betrieb von Mikrowellentranspondern	149
4.2.6.1	Ersatzschaltbilder des Transponders	150
4.2.6.2	Spannungsversorgung passiver Transponder	151
4.2.6.3	Spannungsversorgung aktiver Transponder	159
4.2.6.4	Reflexion und Auslöschung	160
4.2.6.5	Ansprechempfindlichkeit des Transponders	161
4.2.6.6	Modulierter Rückstreuquerschnitt	161
4.2.6.7	Lesereichweite	164

4.3	Oberflächenwellen	167
4.3.1	Entstehung einer Oberflächenwelle	167
4.3.2	Reflexion einer Oberflächenwelle	169
4.3.3	Funktionsschema von OFW-Transpondern	170
4.3.4	Der Sensoreffekt	172
4.3.4.1	Reflektive Verzögerungsleitung	174
4.3.4.2	Resonante Sensoren	175
4.3.4.3	Impedanzsensoren	177
4.3.5	Geschaltete Sensoren	177
5	Frequenzbereiche und Funkzulassungsvorschriften	179
5.1	Verwendete Frequenzbereiche	179
5.1.1	Frequenzbereich 9 ... 135 kHz	181
5.1.2	Frequenzbereich 6,78 MHz (ISM)	183
5.1.3	Frequenzbereich 13,56 MHz (ISM, SRD)	184
5.1.4	Frequenzbereich 27,125 MHz (ISM)	184
5.1.5	Frequenzbereich 40,680 MHz (ISM)	185
5.1.6	Frequenzbereich 433,920 MHz (ISM)	185
5.1.7	UHF-Frequenzbereich	186
5.1.7.1	Frequenzbereich 865,0 MHz (SRD)	186
5.1.7.2	Frequenzbereich 915,0 MHz	186
5.1.8	Frequenzbereich 2,45 GHz (ISM, SRD)	186
5.1.9	Frequenzbereich 5,8 GHz (ISM, SRD)	187
5.1.10	Frequenzbereich 24,125 GHz (ISM)	187
5.1.11	Auswahl der Frequenz für induktiv gekoppelte RFID-Systeme	187
5.2	Internationale Fernmeldeunion (ITU)	190
5.3	Europäische Zulassungsvorschriften	191
5.3.1	CEPT/ERC REC 70-03	192
5.3.1.1	Annex 1: Non-specific Short Range Devices	193
5.3.1.2	Annex 4: Railway applications	194
5.3.1.3	Annex 5: Road Transport & Traffic Telematics	195
5.3.1.4	Annex 9: Inductive applications	196
5.3.1.5	Annex 11: RFID applications	198
5.3.2	Standardisierte Messverfahren	198
5.3.2.1	Übergreifende Standards	198
5.3.2.2	Anwendungsspezifische Messvorschriften	200
5.4	Nationale Zulassungsvorschriften in Europa	201
5.4.1	Bundesrepublik Deutschland	201
5.4.1.1	Induktive Funkanwendungen	201
5.4.1.2	RFID-Systeme im UHF-Bereich	203
5.5	Nationale Zulassungsvorschriften	205
5.5.1	USA	205

5.6	Vergleich nationaler Regulierungsvorschriften	206
5.6.1	Umrechnung bei 13,56 MHz	206
5.6.2	Umrechnung auf UHF	208
6	Codierung und Modulation	209
6.1	Codierung im Basisband	210
6.2	Digitale Modulationsverfahren	212
6.2.1	Amplitudentastung (ASK)	213
6.2.2	2-FSK	215
6.2.3	2-PSK	216
6.2.4	Modulationsverfahren mit Hilfsträger	217
7	Datenintegrität	219
7.1	Prüfsummenverfahren	219
7.1.1	Paritätsprüfung	219
7.1.2	LRC-Verfahren	220
7.1.3	CRC-Verfahren	221
7.2	Vielfachzugriffsverfahren – Antikollision	223
7.2.1	Raummultiplex – SDMA	226
7.2.2	Frequenzmultiplex – FDMA	227
7.2.3	Zeitmultiplex – TDMA	228
7.2.4	Beispiele für Antikollisionsverfahren	230
7.2.4.1	ALOHA-Verfahren	230
7.2.4.2	Slotted-ALOHA-Verfahren	232
7.2.4.3	Binary-Search-Algorithmus	236
8	Sicherheit von RFID-Systemen	245
8.1	Angriffe auf RFID-Systeme	246
8.1.1	Angriffe auf den Transponder	247
8.1.1.1	Dauerhaftes Zerstören des Transponders	247
8.1.1.2	Abschirmen oder Verstimmen des Transponders	248
8.1.1.3	Emulieren und Klonen eines Transponders	248
8.1.2	Angriffe über das HF-Interface	250
8.1.2.1	Abhören der Kommunikation	250
8.1.2.2	Störsender	265
8.1.2.3	Lesen mit vergrößerter Lesereichweite	266
8.1.2.4	Transponder mit vergrößerter Reichweite	272
8.1.2.5	Denial of Service-Angriff durch Blocker Tags	277
8.1.2.6	Relay-Attack	279
8.2	Abwehr durch kryptografische Maßnahmen	282
8.2.1	Kryptografische Funktionen und Merkmale kryptografischer Verfahren	284
8.2.1.1	Hashfunktionen und MAC	285
8.2.1.2	Blockchiffren	287
8.2.1.3	Stromchiffren	293

8.2.2	Kryptografische Protokolle	295
8.2.2.1	Gegenseitige symmetrische Authentifizierung	296
8.2.2.2	Authentifizierung mit abgeleiteten Schlüsseln	297
8.2.2.3	Basic Access Control Protocol (BAC)	298
9	Normung	303
9.1	Tieridentifikation	303
9.1.1	ISO/IEC 11784 – Codestruktur	303
9.1.2	ISO/IEC 11785 – Technisches Konzept	304
9.1.2.1	Anforderungen	304
9.1.2.2	Voll-/Halbduplex-System	306
9.1.2.3	Sequentielles System	306
9.1.3	ISO/IEC 14223 – Advanced Transponders	307
9.1.3.1	Teil 1 – Air Interface	307
9.1.3.2	Teil 2 – Code and Command Structure	309
9.2	Kontaktlose Chipkarten	311
9.2.1	ISO/IEC 10536 – Close coupling Chipkarten	312
9.2.2	ISO/IEC 14443 – Proximity coupling Chipkarten	312
9.2.2.1	Physikalische Eigenschaften	313
9.2.2.2	Energieübertragung und Signalinterface	315
9.2.2.3	Initialisierung, Antikollision und Protokollaktivierung	329
9.2.2.4	Datenübertragungsprotokoll	341
9.2.3	ISO/IEC 15693 – Vicinity coupling Chipkarten	344
9.2.3.1	Part 1 – Physical characteristics	345
9.2.3.2	Part 2 – Air interface and initialization	345
9.2.4	ISO/IEC 10373 – Prüfmethode für Chipkarten	350
9.2.4.1	Part 6 – Testverfahren für Proximity coupling Chipkarten	351
9.2.4.2	Part 7 – Testverfahren für Vicinity coupling Chipkarten	356
9.3	ISO/IEC 69873 – Datenträger für Werk- und Spanzeuge	356
9.4	ISO/IEC 10374 – Containeridentifikation	357
9.5	VDI 4470 – Warensicherungssysteme	358
9.5.1	Teil 1 – Kundenabnahmerichtlinien für Schleusensysteme	358
9.5.1.1	Ermittlung der Fehlalarmquote	359
9.5.1.2	Ermittlung der Detektionsrate	359
9.5.1.3	Formblätter in VDI 4470	360
9.5.2	Teil 2 – Kundenabnahmerichtlinien für Deaktivierungsanlagen	360
9.6	Güter- und Warenwirtschaft	361
9.6.1	ISO/IEC 18000 Reihe	361
9.6.1.1	Datennormen	361
9.6.1.2	Luftschnittstellennormen	364
9.6.1.3	Testnormen	366
9.6.2	GTAG Initiative	368
9.6.3	EPCglobal Network	368

9.6.3.1	Generation 2	370
9.6.3.2	Normen und Spezifikationen	371
9.6.3.3	Der Electronic Product Code (EPC)	372
9.6.3.4	Transponderklassen	375
9.6.3.5	Einführung in das EPC-Netzwerk	376
9.6.4	EPCglobal UHF AI Class 1 Gen 2 / ISO/IEC 18000-6 Type C / ISO/IEC 18000-63	378
9.6.4.1	Kommunikationsprinzip	378
9.6.4.2	Kommunikation vom Lesegerät zum Transponder	379
9.6.4.3	Kommunikation vom Transponder zum Lesegerät	381
9.6.4.4	Dense Reader Mode, Signalspektrum und Funkzulassungen	384
9.6.4.5	Speicher	386
9.6.4.6	Session Flags	387
9.6.4.7	Kommandos	389
9.6.4.8	Ablauf der Kommunikation	393
9.6.4.9	Unterschiede zwischen EPCglobal UHF AI Class 1 Gen 2 und ISO/IEC 18000-6 Type C	396
9.6.4.10	Zusätzliches in ISO/IEC 18000-6 Type C	397
9.7	Das RFID-Emblem	397
10	Architektur elektronischer Datenträger	401
10.1	Transponder mit Speicherfunktion	401
10.1.1	HF-Interface	402
10.1.1.1	Schaltungsbeispiel – Lastmodulation mit Hilfsträger	402
10.1.1.2	Schaltungsbeispiel – HF-Interface für ISO-14443 Transponder	404
10.1.1.3	Simulation eines ISO/IEC14443 kompatiblen HF-Frontends	406
10.1.2	Adress- und Sicherheitslogik	408
10.1.2.1	State-Machine	409
10.1.3	Speicherarchitektur	410
10.1.3.1	Read-only-Transponder	410
10.1.3.2	Beschreibbare Transponder	411
10.1.3.3	Transponder mit Kryptofunktion	412
10.1.3.4	Segmentierte Speicher	415
10.1.3.5	MIFARE [®] -Applikationsverzeichnis	417
10.1.3.6	Dual-port-EEPROM	419
10.2	Mikroprozessoren	423
10.2.1	Dual Interface Karte	424
10.2.1.1	MIFARE plus	426
10.2.1.2	Moderne Konzepte für die Dual Interface Card	427
10.3	Speichertechnologie	429
10.3.1	RAM	430
10.3.2	EEPROM	430

10.3.3	FRAM	432
10.3.4	Leistungsvergleich FRAM – EEPROM	433
10.4	Messung physikalischer Größen	434
10.4.1	Transponder mit Sensorfunktionen	434
10.4.2	Messungen mit Mikrowellentranspondern	436
10.4.3	Sensoreffekt bei Oberflächenwellen-Transpondern	437
11	Lesegeräte	441
11.1	Datenfluss in einer Applikation	441
11.2	Komponenten eines Lesegerätes	442
11.2.1	HF-Interface	443
11.2.1.1	Induktiv gekoppeltes System, FDX/HDX	443
11.2.1.2	Mikrowellen-System – Halbduplex	444
11.2.1.3	Sequentielle Systeme – SEQ	446
11.2.1.4	Mikrowellen-System für OFW-Transponder	447
11.2.2	Steuerung	448
11.3	Integrierte Leser-ICs	449
11.3.1	Integriertes HF-Interface	450
11.3.2	Single Chip Reader IC	453
11.4	Anschluss von Antennen für induktiv gekoppelte Systeme	458
11.4.1	Anschaltung mit Stromanpassung	459
11.4.2	Speisung über Koaxialkabel	460
11.4.3	Einfluss des Gütefaktors Q	464
11.5	Ausführungsformen von Lesegeräten	465
11.5.1	OEM-Lesegeräte	465
11.5.2	Lesegeräte für industriellen Einsatz	466
11.5.3	Portable Lesegeräte	467
11.6	Near Field Communication	468
11.6.1	Secure-NFC	469
11.6.1.1	Single Wire Protokoll	472
11.6.1.2	NFC Wired Interface	474
12	Messtechnik für RFID-Systeme	477
12.1	HF-Messtechnik für Proximity-Systeme	477
12.1.1	Kontaktbasierte Messungen	478
12.1.1.1	Messung der Transponderchip-Impedanz	478
12.1.2	Kontaktlos-Messungen	482
12.1.2.1	Konzept zur Messung von Proximity-Karten	482
12.1.2.2	Aufbau zur Messung von Proximity-Transpondern	484
12.1.2.3	Aufbau zur Messung von Proximity-Lesegeräten	489
12.1.2.4	Charakterisierung und Evaluierung	489
12.1.3	Ausgewählte Messungen an Proximity-Smartcards	490
12.1.3.1	Messung der Rückwirkung, Card Loading Effect	490
12.1.3.2	Messung der Ansprechfeldstärke	491

12.1.3.3	Messung der Modulation	493
12.1.3.4	Messung der Zeiten in der sequentiellen Kommunikation	495
12.1.3.5	Messung der Karten-Rückmodulation	497
12.1.3.6	Messung ungewollter Störungen (EMD)	499
12.1.3.7	Prüfung der maximal verkraftbaren Feldstärke (maximum alternating field) .	500
12.1.3.8	Zusammenfassung der Transponder-Antennenklassen	501
12.1.4	Ausgewählte Messungen an Proximity-Readern	502
12.1.4.1	Messung der Feldstärke des Lesegeräts	502
12.1.4.2	Messung der Modulationseigenschaften	504
12.1.4.3	Messung der Empfindlichkeit auf Lastmodulation	505
12.1.4.4	Messung der EMD	508
13	Herstellung von Transpondern und kontaktlosen Chipkarten	509
13.1	Herstellung des integrierten Schaltkreises (Chip)	510
13.1.1	Das Halbleitermaterial	510
13.1.2	Herstellung eines integrierten Schaltkreises	512
13.1.2.1	Vorbereitung des Ausgangsmaterials	512
13.1.2.2	Züchten des Kristalls	512
13.1.2.3	Herstellung der Scheiben (Wafer)	513
13.1.2.4	Aufbringung der integrierten Schaltungsstruktur	514
13.1.3	Test der integrierten Schaltkreise	515
13.1.4	Sägen des Wafer	516
13.1.5	Mögliche Lieferformen	517
13.1.6	Weitere Verpackung	517
13.2	Antennenherstellung	518
13.2.1	Wickeltechnik mit Kern	518
13.2.2	Wickeltechnik mit Luftspule	518
13.2.3	Verlegetechnik	520
13.2.4	Siebdrucktechnik	521
13.2.5	Ätztechnik	522
13.2.6	Stanztechnik	523
13.3	Kontaktierverfahren	523
13.3.1	Kontaktierverfahren für Halbleiterchips im Gehäuse	523
13.3.1.1	Vorbereitung – Montage des Chips im Gehäuse	524
13.3.1.2	Löttechnik	524
13.3.1.3	Klebe- und Schneid-Klemm-Technik	525
13.3.2	Kontaktierverfahren für unverpackte Halbleiterchip	526
13.3.2.1	Vorbereitung von Wafer Bumpen	526
13.3.2.2	Flip Chip-Montage	527
13.3.2.3	Verbindungstechnik Schweißen	529
13.4	Spezielle Bauformen	531
13.4.1	Glastransponder	531
13.4.2	Plastiktransponder	533

13.4.3	Fertigung von Inlays	534
13.4.4	Kontaktlose Chipkarten	535
13.4.4.1	Zusammentragen der Folien	535
13.4.4.2	Laminieren	536
13.4.5	Etiketten	537
13.4.5.1	Herstellung	537
13.4.5.2	Drucktechnik in der Etikettenfertigung	539
13.5	Test in der Fertigung	540
13.5.1	Prozessparameter	540
13.5.1.1	Abschertest (Shear Test)	540
13.5.1.2	Rollentest für Inlay und Etiketten	541
13.5.2	Messung der HF-Parameter	541
13.5.2.1	Anforderungen an den Test	542
13.5.2.2	Test von LF- und HF-Transpondern	542
13.5.2.3	Test von UHF-Transpondern	542
13.5.2.4	Behandlung der Schlechteile	544
13.5.3	Test der Produkteigenschaften	544
13.5.3.1	Allgemeine Zuverlässigkeitsprüfungen	544
14	Anwendungsbeispiele	547
14.1	Kontaktlose Chipkarten	547
14.2	Öffentlicher Nahverkehr	548
14.2.1	Ausgangssituation	548
14.2.2	Anforderungen	549
14.2.2.1	Transaktionszeit	549
14.2.2.2	Witterungsbeständigkeit, Lebensdauer, Bedienkomfort	550
14.2.3	Vorteile durch den Einsatz von RFID-Systemen	551
14.2.4	Tarifmodelle mit elektronischer Abrechnung	552
14.2.5	Marktpotenzial	552
14.2.6	Projektbeispiele	553
14.2.6.1	Korea – Seoul	553
14.2.6.2	Deutschland – Lüneburg, Oldenburg	555
14.2.6.3	EU-Projekte – „ICARE“ und „CALYPSO“	557
14.3	Kontaktloser Zahlungsverkehr	560
14.3.1	MasterCard® Pay Pass	563
14.3.2	ExpressPay von American Express®	563
14.3.3	Visa® Contactless	563
14.3.4	ExxonMobil Speedpass	563
14.4	NFC-Anwendungen	564
14.5	Elektronischer Reisepass	570
14.6	Ski-Ticketing	574
14.7	Zutrittskontrolle	575
14.7.1	Online-Systeme	575

14.7.2	Offline-Systeme	576
14.7.3	Transponder	578
14.8	Verkehrssysteme	579
14.8.1	Eurobalise S21	579
14.8.2	Internationaler Containerverkehr	581
14.9	Tieridentifikation	582
14.9.1	Rinderhaltung	582
14.9.2	Brieftauben-Preisflug	588
14.10	Elektronische Wegfahrsperre	590
14.10.1	Funktionsweise der Wegfahrsperre	590
14.10.2	Kurze Erfolgsgeschichte	593
14.10.3	Zukunftsansichten	594
14.11	Behälteridentifikation	595
14.11.1	Gasflaschen und Chemikalienbehälter	595
14.11.2	Abfallentsorgung	597
14.12	Sportliche Veranstaltungen	599
14.13	Industriautomation	601
14.13.1	Werkzeugidentifikation	601
14.13.2	Industrielle Fertigung	604
14.13.2.1	Zentrale Steuerung	605
14.13.2.2	Dezentrale Steuerung	606
14.13.2.3	Vorteile durch den Einsatz von RFID-Systemen	607
14.13.2.4	Auswahl geeigneter RFID-Systeme	607
14.13.2.5	Projektbeispiele	609
14.14	Medizinische Anwendungen	612
15	Anhang	615
15.1	Die Autoren	615
15.2	Verbände und Fachzeitschriften	618
15.2.1	Industrieverbände	618
15.2.2	Fachzeitschriften	619
15.2.3	RFID im Internet	621
15.3	Relevante Normen und Vorschriften	622
15.3.1	Normungsgremien	622
15.3.2	Normenliste	622
15.3.3	Bezugsquellen für Normen und Vorschriften	630
15.4	Literatur	631
15.5	Platinenlayouts	645
15.5.1	Testkarte nach ISO 14443	645
15.5.2	Feldgeneratorschleife	649
15.5.3	Lesegerät für 13,56 MHz	651
16	Register	657