

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zur 7. Auflage .....</b>	<b>XVII</b>
<b>Verwendete Abkürzungen .....</b>	<b>XIX</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Automatische Identifikationssysteme .....	2
1.1.1 Barcode-Systeme .....	2
1.1.2 Optical Character Recognition .....	4
1.1.3 Biometrische Verfahren .....	5
1.1.3.1 Sprachidentifizierung .....	5
1.1.3.2 Fingerabdruckverfahren (Daktyloskopie) .....	6
1.1.4 Chipkarten .....	6
1.1.4.1 Speicherkarten .....	8
1.1.4.2 Mikroprozessorkarten .....	8
1.1.5 RFID-Systeme .....	9
1.2 Vergleich verschiedener ID-Systeme .....	9
1.3 Bestandteile eines RFID-Systems .....	11
<b>2 Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen .....</b>	<b>13</b>
2.1 Grundsätzliche Unterscheidungsmerkmale .....	13
2.2 Bauformen von Transpondern .....	16
2.2.1 Disks und Münzen .....	16
2.2.2 Glasgehäuse .....	16
2.2.3 Plastikgehäuse .....	17
2.2.4 Werkzeug- und Gasflaschenidentifikation .....	18
2.2.5 Schlüssel und Schlüsselanhänger .....	19
2.2.6 Uhren .....	20
2.2.7 Bauform ID-1, kontaktlose Chipkarten .....	20
2.2.8 Smart Label .....	22
2.2.9 Coil-on-Chip .....	23
2.2.10 Weitere Bauformen .....	24
2.3 Frequenz, Reichweite und Kopplung .....	24
2.4 Aktive und passive Transponder .....	25
2.5 Informationsverarbeitung im Transponder .....	27
2.6 Auswahlkriterien für RFID-Systeme .....	29
2.6.1 Arbeitsfrequenz .....	30
2.6.2 Reichweite .....	30
2.6.3 Sicherheitsanforderungen .....	31
2.6.4 Speicherkapazität .....	32

<b>3</b>	<b>Grundlegende Funktionsweise .....</b>	<b>33</b>
3.1	1-bit-Transponder .....	34
3.1.1	Radiofrequenz .....	34
3.1.2	Mikrowelle .....	37
3.1.3	Frequenzteiler .....	39
3.1.4	Elektro-Magnetisch .....	40
3.1.5	Akustomagnetisch .....	43
3.2	Voll- und Halbduplexverfahren .....	45
3.2.1	Induktive Kopplung .....	47
3.2.1.1	Energieversorgung passiver Transponder .....	47
3.2.1.2	Datenübertragung Transponder > Lesegerät .....	50
3.2.2	Elektromagnetische Backscatter-Kopplung .....	58
3.2.2.1	Energieversorgung der Transponder .....	58
3.2.2.2	Datenübertragung Transponder > Leser: Modulierter Rückstrahlquerschnitt ...	60
3.2.3	Close coupling .....	61
3.2.3.1	Energieversorgung der Transponder .....	61
3.2.3.2	Datenübertragung Transponder > Leser .....	62
3.2.3.3	Close Coupling Chipkarten .....	63
3.2.4	Elektrische Kopplung .....	65
3.2.4.1	Energieversorgung passiver Transponder .....	65
3.2.4.2	Datenübertragung Transponder > Lesegerät .....	67
3.3	Sequentielle Verfahren .....	67
3.3.1	Induktive Kopplung .....	67
3.3.1.1	Spannungsversorgung des Transponders .....	67
3.3.1.2	Vergleich zwischen FDX-/HDX- und SEQ-Systemen .....	68
3.3.1.3	Datenübertragung Transponder > Leser .....	70
3.3.2	Oberflächenwellen-Transponder .....	71
3.4	Near Field Communication (NFC) .....	73
3.4.1	Active Mode .....	74
3.4.2	Passive Mode .....	75
<b>4</b>	<b>Physikalische Grundlagen für RFID-Systeme .....</b>	<b>77</b>
4.1	Magnetisches Feld .....	78
4.1.1	Magnetische Feldstärke H .....	78
4.1.1.1	Feldstärkeverlauf H(x) bei Leiterschleifen .....	79
4.1.1.2	Optimierter Antennendurchmesser .....	81
4.1.2	Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte .....	83
4.1.3	Induktivität L .....	83
4.1.3.1	Induktivität einer Leiterschleife .....	84
4.1.4	Gegeninduktivität M .....	84
4.1.5	Kopplungsfaktor k .....	86
4.1.6	Induktionsgesetz .....	88
4.1.7	Resonanz .....	90

4.1.8	Praktischer Betrieb des Transponders .....	95
4.1.8.1	Spannungsversorgung des Transponders .....	95
4.1.8.2	Spannungsregelung .....	95
4.1.9	Ansprechfeldstärke $H_{min}$ .....	97
4.1.9.1	„Energereichweite“ von Transpondersystemen .....	100
4.1.9.2	Ansprechbereich von Lesegeräten .....	102
4.1.10	Gesamtsystem Transponder – Lesegerät .....	103
4.1.10.1	Transformierte Transponderimpedanz $Z_T'$ .....	105
4.1.10.2	Einflussgrößen von $Z_T'$ .....	108
4.1.10.3	Lastmodulation .....	115
4.1.11	Messung von Systemparametern .....	122
4.1.11.1	Messung des Kopplungsfaktors $k$ .....	122
4.1.11.2	Messung von Transponderresonanzfrequenz und Gütefaktor .....	123
4.1.12	Magnetische Werkstoffe .....	132
4.1.12.1	Eigenschaften magnetischer Werkstoffe und Ferrite .....	132
4.1.12.2	Ferritantennen in LF-Transpondern .....	133
4.1.12.3	Ferritabschirmung in metallischer Umgebung .....	134
4.1.12.4	Einbau von Transpondern in Metall .....	135
4.2	Elektromagnetische Wellen .....	137
4.2.1	Entstehung elektromagnetischer Wellen .....	137
4.2.1.1	Übergang vom Nah- zum Fernfeld bei Leiterschleifen .....	138
4.2.2	Strahlungsdichte $S$ .....	139
4.2.3	Feldwellenwiderstand und Feldstärke $E$ .....	140
4.2.4	Polarisation elektromagnetischer Wellen .....	141
4.2.4.1	Reflexion elektromagnetischer Wellen .....	142
4.2.5	Antennen .....	144
4.2.5.1	Gewinn und Richtwirkung .....	144
4.2.5.2	EIRP und ERP .....	146
4.2.5.3	Eingangsimpedanz .....	146
4.2.5.4	Wirksame Fläche und Rückstreuquerschnitt .....	147
4.2.5.5	Effektive Länge .....	150
4.2.5.6	Dipolantenne .....	151
4.2.5.7	Yagi-Uda-Antenne .....	153
4.2.5.8	Patch- oder Mikrostripantennen .....	153
4.2.5.9	Schlitzantennen .....	156
4.2.6	Praktischer Betrieb von Mikrowellentranspondern .....	156
4.2.6.1	Ersatzschaltbilder des Transponders .....	157
4.2.6.2	Spannungsversorgung passiver Transponder .....	158
4.2.6.3	Spannungsversorgung aktiver Transponder .....	166
4.2.6.4	Reflexion und Auslöschung .....	167
4.2.6.5	Ansprechempfindlichkeit des Transponders .....	168
4.2.6.6	Modulierter Rückstreuquerschnitt .....	168
4.2.6.7	Lesereichweite .....	171

4.3	Oberflächenwellen .....	174
4.3.1	Entstehung einer Oberflächenwelle .....	174
4.3.2	Reflexion einer Oberflächenwelle .....	176
4.3.3	Funktionsschema von OFW-Transpondern .....	177
4.3.4	Der Sensoreffekt .....	179
4.3.4.1	Reflektive Verzögerungsleitung .....	181
4.3.4.2	Resonante Sensoren .....	182
4.3.4.3	Impedanzsensoren .....	184
4.3.5	Geschaltete Sensoren .....	184
<b>5</b>	<b>Frequenzbereiche und Funkzulassungsvorschriften .....</b>	<b>187</b>
5.1	Verwendete Frequenzbereiche .....	187
5.1.1	Frequenzbereich 9 ... 135 kHz .....	189
5.1.2	Frequenzbereich 6,78 MHz (ISM) .....	191
5.1.3	Frequenzbereich 13,56 MHz (ISM, SRD) .....	191
5.1.4	Frequenzbereich 27,125 MHz (ISM) .....	191
5.1.5	Frequenzbereich 40,680 MHz (ISM) .....	192
5.1.6	Frequenzbereich 433,920 MHz (ISM) .....	192
5.1.7	UHF-Frequenzbereich .....	193
5.1.7.1	Frequenzbereich 865,0 MHz... 868 MHz (SRD) in Europa .....	193
5.1.7.2	Frequenzbereich 915 ... 921 MHz (SRD) in Europa .....	194
5.1.7.3	Frequenzbereich 915,0 MHz .....	194
5.1.8	Frequenzbereich 2,45 GHz (ISM, SRD) .....	194
5.1.9	Frequenzbereich 5,8 GHz (ISM, SRD) .....	194
5.1.10	Frequenzbereich 24,125 GHz (ISM) .....	195
5.1.11	Auswahl der Frequenz für induktiv gekoppelte RFID-Systeme .....	195
5.2	Internationale Fernmeldeunion (ITU) .....	198
5.3	Europäische Zulassungsvorschriften .....	199
5.3.1	CEPT/ERC REC 70-03 .....	200
5.3.1.1	Annex 1: Non-specific Short Range Devices .....	202
5.3.1.2	Annex 4: Railway applications .....	202
5.3.1.3	Annex 5: Road Transport & Traffic Telematics .....	203
5.3.1.4	Annex 9: Inductive applications .....	204
5.3.1.5	Annex 11: RFID applications .....	206
5.3.2	Standardisierte Messverfahren .....	208
5.3.2.1	Übergreifende Standards .....	208
5.3.2.2	Anwendungsspezifische Messvorschriften .....	210
5.4	Nationale Zulassungsvorschriften in Europa .....	210
5.4.1	Bundesrepublik Deutschland .....	211
5.4.1.1	Induktive Funkanwendungen .....	211
5.4.1.2	RFID-Systeme im UHF-Bereich .....	213
5.5	Nationale Zulassungsvorschriften .....	214
5.5.1	USA .....	214

5.6	Vergleich nationaler Regulierungsvorschriften .....	216
5.6.1	Umrechnung bei 13,56 MHz .....	216
5.6.2	Umrechnung auf UHF .....	218
<b>6</b>	<b>Codierung und Modulation .....</b>	<b>219</b>
6.1	Codierung im Basisband .....	220
6.2	Digitale Modulationsverfahren .....	222
6.2.1	Amplitudentastung (ASK) .....	223
6.2.2	2-FSK .....	225
6.2.3	2-PSK .....	226
6.2.4	Modulationsverfahren mit Hilfsträger .....	227
<b>7</b>	<b>Datenintegrität .....</b>	<b>229</b>
7.1	Fehlererkennende und -korrigierende Codes .....	229
7.1.1	Das Prinzip der Codekonstruktion .....	231
7.1.2	Eigenschaften von Codes .....	233
7.1.3	Einfache Codes – die Paritätsprüfung .....	235
7.1.4	Zyklische Codes .....	236
7.1.4.1	CRC-Verfahren .....	237
7.1.4.2	Hardware-Implementierung von CRC .....	240
7.1.4.3	CRC-Verfahren bei RFID-Systemen .....	241
7.1.5	Lineare Codes .....	242
7.1.5.1	Hammingcode .....	243
7.1.5.2	Hammingcode-Implementierung in ISO/IEC 14443 .....	245
7.2	Vielfachzugriffsverfahren – Antikollision .....	250
7.2.1	Raummultiplex – SDMA .....	253
7.2.2	Frequenzmultiplex – FDMA .....	254
7.2.3	Zeitmultiplex – TDMA .....	255
7.2.4	Beispiele für Antikollisionsverfahren .....	257
7.2.4.1	ALOHA-Verfahren .....	257
7.2.4.2	Slotted-ALOHA-Verfahren .....	259
7.2.4.3	Binary-Search-Algorithmus .....	263
<b>8</b>	<b>Sicherheit von RFID-Systemen .....</b>	<b>273</b>
8.1	Angriffe auf RFID-Systeme .....	274
8.1.1	Angriffe auf den Transponder .....	275
8.1.1.1	Dauerhaftes Zerstören des Transponders .....	275
8.1.1.2	Abschirmen oder Verstimmen des Transponders .....	276
8.1.1.3	Emulieren und Klonen eines Transponders .....	276
8.1.2	Angriffe über das HF-Interface .....	278
8.1.2.1	Abhören der Kommunikation .....	278
8.1.2.2	Störsender .....	297
8.1.2.3	Lesen mit vergrößerter Lesereichweite .....	298
8.1.2.4	Transponder mit vergrößerter Reichweite .....	305

8.1.2.5	Denial of Service-Angriff durch Blocker Tags .....	310
8.1.2.6	Relay-Attack .....	312
8.2	Abwehr durch kryptografische Maßnahmen .....	315
8.2.1	Kryptografische Funktionen und Merkmale kryptografischer Verfahren .....	317
8.2.1.1	Hashfunktionen und MAC .....	318
8.2.1.2	Blockchiffren .....	320
8.2.1.3	Stromchiffren .....	326
8.2.2	Kryptografische Protokolle .....	328
8.2.2.1	Gegenseitige symmetrische Authentifizierung .....	329
8.2.2.2	Authentifizierung mit abgeleiteten Schlüsseln .....	330
8.2.2.3	Basic Access Control Protocol (BAC) .....	331
<b>9</b>	<b>Normung .....</b>	<b>335</b>
9.1	Tieridentifikation .....	335
9.1.1	ISO/IEC 11784 – Codestruktur .....	335
9.1.2	ISO/IEC 11785 – Technisches Konzept .....	336
9.1.2.1	Anforderungen .....	336
9.1.2.2	Voll-/Halbduplex-System .....	338
9.1.2.3	Sequentielles System .....	338
9.1.3	ISO/IEC 14223 – Advanced Transponders .....	339
9.1.3.1	Teil 1 – Air Interface .....	339
9.1.3.2	Teil 2 – Code and Command Structure .....	341
9.2	Kontaktlose Chipkarten .....	343
9.2.1	ISO/IEC 10536 – Close coupling Chipkarten .....	344
9.2.2	ISO/IEC 14443 – Proximity coupling Chipkarten .....	344
9.2.2.1	Physikalische Eigenschaften .....	345
9.2.2.2	Energieübertragung und Signalinterface .....	347
9.2.2.3	Initialisierung, Antikollision und Protokollaktivierung .....	362
9.2.2.4	Datenübertragungsprotokoll .....	374
9.2.3	ISO/IEC 15693 – Vicinity coupling Chipkarten .....	378
9.2.3.1	Physical characteristics .....	379
9.2.3.2	Air interface and initialization .....	379
9.2.3.3	Anticollision and transmission protocol .....	382
9.2.4	ISO/IEC 10373 – Prüfmethode für Chipkarten .....	390
9.2.4.1	Part 6 – Testverfahren für Proximity coupling Chipkarten .....	391
9.2.4.2	Part 7 – Testverfahren für Vicinity coupling Chipkarten .....	397
9.3	ISO/IEC 69873 – Datenträger für Werk- und Spannzeuge .....	398
9.4	ISO/IEC 10374 – Containeridentifikation .....	398
9.5	VDI 4470 – Warensicherungssysteme .....	400
9.5.1	Teil 1 – Kundenabnahmerichtlinien für Schleusensysteme .....	400
9.5.1.1	Ermittlung der Fehlalarmquote .....	400
9.5.1.2	Ermittlung der Detektionsrate .....	400
9.5.1.3	Formblätter in VDI 4470 .....	401
9.5.2	Teil 2 – Kundenabnahmerichtlinien für Deaktivierungsanlagen .....	402

9.6	Güter- und Warenwirtschaft .....	402
9.6.1	ISO/IEC 18000 Reihe .....	402
9.6.1.1	Datennormen .....	402
9.6.1.2	Luftschnittstellennormen .....	405
9.6.1.3	Testnormen .....	408
9.6.2	GTAG Initiative .....	412
9.6.3	EPCglobal Network .....	412
9.6.3.1	Generation 2 .....	414
9.6.3.2	Normen und Spezifikationen .....	415
9.6.3.3	Der Electronic Product Code (EPC) .....	416
9.6.3.4	Transponderklassen .....	419
9.6.3.5	Einführung in das EPC-Netzwerk .....	420
9.6.4	EPCglobal UHF AI Gen 2 / ISO/IEC 18000-6 Type C / ISO/IEC 18000-63 ..	422
9.6.4.1	Kommunikationsprinzip .....	422
9.6.4.2	Kommunikation vom Lesegerät zum Transponder .....	423
9.6.4.3	Kommunikation vom Transponder zum Lesegerät .....	425
9.6.4.4	Dense Reader Mode, Signalspektrum und Funkzulassungen .....	428
9.6.4.5	Speicher .....	430
9.6.4.6	Session Flags .....	431
9.6.4.7	Kommandos .....	433
9.6.4.8	Ablauf der Kommunikation .....	439
9.6.4.9	Unterschiede zwischen EPCglobal UHF AI Gen 2 und ISO/IEC 18000-6 Type C .....	442
9.6.4.10	Zusätzliches in ISO/IEC 18000-6 Type C .....	443
9.7	Das RFID-Emblem .....	444
9.8	Europäische Normen zum Schutz der Privatsphäre .....	447
<b>10</b>	<b>Architektur elektronischer Datenträger .....</b>	<b>449</b>
10.1	Transponder mit Speicherfunktion .....	450
10.1.1	HF-Interface .....	450
10.1.1.1	Schaltungsbeispiel – Lastmodulation mit Hilfsträger .....	451
10.1.1.2	Schaltungsbeispiel – HF-Interface für ISO-14443 Transponder .....	452
10.1.1.3	Simulation eines ISO/IEC14443 kompatiblen HF-Frontends .....	454
10.1.2	Adress- und Sicherheitslogik .....	456
10.1.2.1	State-Machine .....	457
10.1.3	Speicherarchitektur .....	458
10.1.3.1	Read-only-Transponder .....	458
10.1.3.2	Beschreibbare Transponder .....	459
10.1.3.3	Transponder mit Kryptofunktion .....	460
10.1.3.4	Segmentierte Speicher .....	463
10.1.3.5	MIFARE®-Applikationsverzeichnis .....	465
10.1.3.6	Dual-port-EEPROM .....	467

10.2	Mikroprozessoren .....	471
10.2.1	Dual Interface Karte .....	472
10.2.1.1	MIFARE plus .....	474
10.2.1.2	Moderne Konzepte für die Dual Interface Card .....	475
10.3	Speichertechnologie .....	477
10.3.1	RAM .....	478
10.3.2	EEPROM .....	478
10.3.3	FRAM .....	480
10.3.4	Leistungsvergleich FRAM – EEPROM .....	481
10.4	Messung physikalischer Größen .....	482
10.4.1	Transponder mit Sensorfunktionen .....	482
10.4.2	Messungen mit Mikrowellentranspondern .....	484
10.4.3	Sensoreffekt bei Oberflächenwellen-Transpondern .....	485
<b>11</b>	<b>Lesegeräte .....</b>	<b>489</b>
11.1	Datenfluss in einer Applikation .....	489
11.2	Komponenten eines Lesegerätes .....	490
11.2.1	HF-Interface .....	491
11.2.1.1	Induktiv gekoppeltes System, FDX/HDX .....	491
11.2.1.2	Mikrowellen-System – Halbduplex .....	492
11.2.1.3	Sequentielle Systeme – SEQ .....	494
11.2.1.4	Mikrowellen-System für OFW-Transponder .....	495
11.2.2	Steuerung .....	496
11.3	Integrierte Leser-ICs .....	497
11.3.1	Integriertes HF-Interface .....	498
11.3.2	Single Chip Reader IC .....	501
11.4	Anschluss von Antennen für induktiv gekoppelte Systeme .....	506
11.4.1	Anschaltung mit Stromanpassung .....	507
11.4.2	Speisung über Koaxialkabel .....	508
11.4.3	Einfluss des Gütefaktors Q .....	512
11.5	Ausführungsformen von Lesegeräten .....	513
11.5.1	OEM-Lesegeräte .....	513
11.5.2	Lesegeräte für industriellen Einsatz .....	514
11.5.3	Portable Lesegeräte .....	515
11.6	Near Field Communication .....	516
11.6.1	Secure-NFC .....	517
11.6.1.1	Single Wire Protokoll .....	520
11.6.1.2	NFC Wired Interface .....	522
<b>12</b>	<b>Messtechnik für RFID-Systeme .....</b>	<b>525</b>
12.1	HF-Messtechnik für Proximity-Systeme .....	525
12.1.1	Kontaktbasierte Messungen .....	526
12.1.1.1	Messung der Transponderchip-Impedanz .....	526

12.1.2	Kontaktlos-Messungen .....	530
12.1.2.1	Konzept zur Messung von Proximity-Karten .....	530
12.1.2.2	Aufbau zur Messung von Proximity-Transpondern .....	532
12.1.2.3	Aufbau zur Messung von Proximity-Lesegeräten .....	536
12.1.2.4	Charakterisierung und Evaluierung .....	537
12.1.3	Ausgewählte Messungen an Proximity-Smartcards .....	538
12.1.3.1	Messung der Rückwirkung, Card Loading Effect .....	538
12.1.3.2	Messung der Ansprechfeldstärke .....	539
12.1.3.3	Messung der Modulation .....	541
12.1.3.4	Messung der Zeiten in der sequentiellen Kommunikation .....	543
12.1.3.5	Messung der Karten-Rückmodulation .....	545
12.1.3.6	Messung ungewollter Störungen (EMD) .....	547
12.1.3.7	Prüfung der maximal verkräftbaren Feldstärke (maximum alternating field) .....	548
12.1.3.8	Zusammenfassung der Transponder-Antennenklassen .....	549
12.1.4	Ausgewählte Messungen an Proximity-Readern .....	550
12.1.4.1	Messung der Feldstärke des Lesegeräts .....	550
12.1.4.2	Messung der Modulationseigenschaften .....	552
12.1.4.3	Messung der Empfindlichkeit auf Lastmodulation .....	553
12.1.4.4	Messung der EMD .....	556
12.2	HF-Messtechnik für UHF-Systeme .....	556
12.2.1	Prolog .....	556
12.2.1.1	Unterschiede zwischen LF, HF und UHF .....	556
12.2.1.2	Allgemeiner Ansatz für den Testablauf .....	557
12.2.1.3	Einflussgrößen und Störungen .....	557
12.2.2	Signalstrecke und Umgebungseinflüsse .....	558
12.2.3	Testverfahren .....	559
12.2.3.1	Testverfahren für die Systemleistung – ISO18046-1 .....	559
12.2.3.2	Testverfahren für die Leistung des Abfragesenders ISO18046-2 .....	562
12.2.3.3	Testverfahren für UHF-Tags / Transponder ISO18046-3 .....	562
12.2.4	UHF-Messtechnik – Gerätetechnik .....	564
12.2.4.1	Standardgeräte .....	564
12.2.4.2	Spezialgeräte für UHF-Messtechnik .....	565
12.2.5	Praktische RFID-Messtechnik im Labor .....	567
12.2.5.1	Fallbeispiel: Transponder .....	567
12.2.5.2	Fallbeispiel: Population von Transpondern .....	570
12.2.6	Fazit .....	572
<b>13</b>	<b>Herstellung von Transpondern und kontaktlosen Chipkarten .....</b>	<b>573</b>
13.1	Herstellung des integrierten Schaltkreises (Chip) .....	574
13.1.1	Das Halbleitermaterial .....	574
13.1.2	Herstellung eines integrierten Schaltkreises .....	576

13.1.2.1	Vorbereitung des Ausgangsmaterials .....	576
13.1.2.2	Züchten des Kristalls .....	576
13.1.2.3	Herstellung der Scheiben (Wafer) .....	577
13.1.2.4	Aufbringung der integrierten Schaltungsstruktur .....	578
13.1.3	Test der integrierten Schaltkreise .....	579
13.1.4	Sägen des Wafer .....	580
13.1.5	Mögliche Lieferformen .....	581
13.1.6	Weitere Verpackung .....	581
13.2	Antennenherstellung .....	582
13.2.1	Wickeltechnik mit Kern .....	582
13.2.2	Wickeltechnik mit Luftspule .....	582
13.2.3	Verlegetechnik .....	584
13.2.4	Siebdrucktechnik .....	585
13.2.5	Ätztechnik .....	586
13.2.6	Stanztechnik .....	587
13.3	Kontaktierverfahren .....	587
13.3.1	Kontaktierverfahren für Halbleiterchips im Gehäuse .....	587
13.3.1.1	Vorbereitung – Montage des Chips im Gehäuse .....	588
13.3.1.2	Löttechnik .....	588
13.3.1.3	Klebe- und Schneid-Klemm-Technik .....	589
13.3.2	Kontaktierverfahren für unverpackte Halbleiterchip .....	590
13.3.2.1	Vorbereitung von Wafer Bumpen .....	590
13.3.2.2	Flip Chip-Montage .....	591
13.3.2.3	Verbindungstechnik Schweißen .....	593
13.4	Spezielle Bauformen .....	595
13.4.1	Glastransponder .....	595
13.4.2	Plastiktransponder .....	597
13.4.3	Fertigung von Inlays .....	598
13.4.4	Kontaktlose Chipkarten .....	599
13.4.4.1	Zusammentragen der Folien .....	599
13.4.4.2	Laminieren .....	600
13.4.5	Etiketten .....	601
13.4.5.1	Herstellung .....	601
13.4.5.2	Drucktechnik in der Etikettenfertigung .....	603
13.5	Test in der Fertigung .....	604
13.5.1	Prozessparameter .....	604
13.5.1.1	Abschertest (Shear Test) .....	604
13.5.1.2	Rollentest für Inlay und Etiketten .....	605
13.5.2	Messung der HF-Parameter .....	605
13.5.2.1	Anforderungen an den Test .....	606
13.5.2.2	Test von LF- und HF-Transpondern .....	606

13.5.2.3	Test von UHF-Transpondern .....	606
13.5.2.4	Behandlung der Schlechteile .....	608
13.5.3	Test der Produkteigenschaften .....	608
13.5.3.1	Allgemeine Zuverlässigkeitsprüfungen .....	608
13.6	Antennendesign für RFID-Systeme .....	609
13.6.1	Eigenschaften von Schleifenantennen .....	609
13.6.1.1	Impedanz der Antenne .....	611
13.6.1.2	Resonanzfrequenz und Güte .....	614
13.6.1.3	Messung der Werte des Antennen-Ersatzschaltbildes .....	615
13.6.1.4	Abhängigkeiten des Antennen-Ersatzschaltbildes .....	616
13.6.2	Design von Loop-Antennen für Kontaktlos-Karten .....	618
13.6.2.1	Konzept zum Design .....	618
13.6.2.2	Induktivität .....	619
13.6.2.3	Wirkwiderstand .....	621
13.6.2.4	Kapazität .....	622
13.6.2.5	Einfluss des Antennen-Resonanzkreises auf die Performance .....	623
<b>14</b>	<b>Anwendungsbeispiele .....</b>	<b>625</b>
14.1	Kontaktlose Chipkarten .....	625
14.2	Öffentlicher Nahverkehr .....	626
14.2.1	Ausgangssituation .....	626
14.2.2	Anforderungen .....	627
14.2.2.1	Transaktionszeit .....	627
14.2.2.2	Witterungsbeständigkeit, Lebensdauer, Bedienkomfort .....	628
14.2.3	Vorteile durch den Einsatz von RFID-Systemen .....	629
14.2.4	Tarifmodelle mit elektronischer Abrechnung .....	630
14.2.5	Marktpotenzial .....	630
14.2.6	Projektbeispiele .....	631
14.2.6.1	Korea – Seoul .....	631
14.2.6.2	Deutschland – Lüneburg, Oldenburg .....	633
14.2.6.3	EU-Projekte – „ICARE“ und „CALYPSO“ .....	635
14.3	Kontaktloser Zahlungsverkehr .....	638
14.3.1	MasterCard® Pay Pass .....	641
14.3.2	ExpressPay von American Express® .....	641
14.3.3	Visa® Contactless .....	641
14.3.4	ExxonMobil Speedpass .....	641
14.4	NFC-Anwendungen .....	642
14.5	Elektronischer Reisepass und nationale eID-Karten (eMRTD) .....	648
14.6	Ski-Ticketing .....	655
14.7	Zutrittskontrolle .....	657
14.7.1	Online-Systeme .....	657
14.7.2	Offline-Systeme .....	658
14.7.3	Transponder .....	660

14.8	Verkehrssysteme .....	661
14.8.1	Eurobalise S21 .....	661
14.8.2	Internationaler Containerverkehr .....	663
14.9	Tieridentifikation .....	664
14.9.1	Rinderhaltung .....	664
14.9.2	Brieftauben-Preisflug .....	670
14.10	Elektronische Wegfahrsperrung .....	672
14.10.1	Funktionsweise der Wegfahrsperrung .....	672
14.10.2	Kurze Erfolgsgeschichte .....	675
14.10.3	Zukunftsaussichten .....	676
14.11	Behälteridentifikation .....	677
14.11.1	Gasflaschen und Chemikalienbehälter .....	677
14.11.2	Abfallentsorgung .....	679
14.12	Sportliche Veranstaltungen .....	681
14.13	Industriautomation .....	683
14.13.1	Werkzeugidentifikation .....	683
14.13.2	Industrielle Fertigung .....	686
14.13.2.1	Zentrale Steuerung .....	687
14.13.2.2	Dezentrale Steuerung .....	688
14.13.2.3	Vorteile durch den Einsatz von RFID-Systemen .....	689
14.13.2.4	Auswahl geeigneter RFID-Systeme .....	689
14.13.2.5	Projektbeispiele .....	691
14.14	Medizinische Anwendungen .....	694
<b>15</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>697</b>
15.1	Die Autoren .....	697
15.2	Verbände und Fachzeitschriften .....	701
15.2.1	Industrieverbände .....	701
15.2.2	Fachzeitschriften .....	702
15.3	Relevante Normen und Vorschriften .....	703
15.3.1	Normungsgremien .....	703
15.3.2	Normenliste .....	704
15.3.3	Bezugsquellen für Normen und Vorschriften .....	713
15.4	Literatur .....	714
15.5	Platinenlayouts .....	729
15.5.1	Testkarte nach ISO 14443 .....	729
15.5.2	Feldgeneratorschleife .....	733
15.5.3	Lesegerät für 13,56 MHz .....	735
<b>16</b>	<b>Register .....</b>	<b>741</b>