

2.5.3	Baugröße	70
2.5.4	Datenübertragungsrate	70
2.5.5	Pulzfähigkeit	71
2.5.6	Materialdurchdringung	73
2.5.7	Zusammenfassung der Eigenschaften von RFID-Systemen	74
2.6	Standardisierung der RFID-Technologie	74
2.6.1	Funkvorschriften	75
2.6.2	Luftschnittstellenstandards	78
2.6.3	Anwendungsstandards	79
2.6.4	EPC – Netzwerk	82
2.7	Technologische Entwicklungstrends	87
2.7.1	Fortschreitende Reduzierung des Stromverbrauchs bei Mikrochips	87
2.7.2	Integration von druckbaren Batterien	88
2.7.3	Polymertransponder	89
2.7.4	Zusammenfassung Zukunftstrends	90
3	RFID-gestützte Bauzustandsdokumentation	91
3.1	Aufgabe der Bauzustandsdokumentation im Produktlebenszyklus	92
3.1.1	Fahrzeugentwicklung	93
3.1.2	Produktion	94
3.1.3	Fahrzeugservice	95
3.2	Konzept der RFID-gestützten Bauzustandsdokumentation	95
3.2.1	Bauteilkennzeichnung	96
3.2.2	Bauteilerfassung	99
3.2.3	Datenhaltung	103
3.3	Konzept zur Einführung der RFID-gestützten Bauzustandsdokumentation ..	104
3.4	Festlegung von Referenzbauteilen	106
3.5	Anforderungen an die RFID-Technologie	108
3.5.1	Anforderungen an die Bauteilkennzeichnung	109
3.5.2	Anforderung an die Bauteilerfassung	110
3.5.3	Anforderungen an die Langzeitstabilität	111
3.6	Festlegung der Energieversorgung und der Arbeitsfrequenz	113
3.6.1	Energieversorgung	113
3.6.2	Arbeitsfrequenz	113

3.7	Zentrale Herausforderungen und Handlungsfelder	115
3.7.1	Bauteilkennzeichnung.....	115
3.7.2	Bauteilerfassung im verbauten Zustand	118
4	Kennzeichnung von metallischen Bauteilen	119
4.1	Theoretische Grundlagen zur Kennzeichnung von metallischen Objekten ..	120
4.1.1	Verhalten von elektromagnetischen Feldern an metallischen Grenzflächen	120
4.1.2	Verstimmung des Transponders.....	122
4.2	Konzepte zur Kennzeichnung von metallischen Objekten	124
4.2.1	Konzept Abstandsmaterial	125
4.2.2	Konzept Flag Tag	129
4.2.3	Konzept konstruktiver Schlitz.....	130
4.2.4	Konzept PIFA-Antenne	131
4.3	Leistungsfähigkeit der aufgezeigten Kennzeichnungskonzepte.....	131
4.3.1	Versuchsaufbau.....	132
4.3.2	Verwendete Hardwarekomponenten	133
4.3.3	Ergebnisse der praktischen Leistungsevaluierung	133
4.4	Auswahl des Konzepts zur Kennzeichnung metallischer Bauteile für den Einsatz in der Bauzustandsdokumentation	135
4.4.1	Abstandsmaterial	135
4.4.2	Flag Tag	136
4.4.3	Zusammenfassung	137
4.5	Qualifizierung und Anpassung des ausgewählten Kennzeichnungskonzepts	138
4.6	Zusammenfassung und Fazit.....	141
5	Erfassung von verbauten Bauteilen	142
5.1	Theoretische Einflüsse einer metallischen Umgebung auf RFID-Systeme ..	143
5.1.1	Abschirmung.....	143
5.1.2	Reflexionseffekte in metallischer Umgebung.....	145
5.1.3	Wirbelstrombildung.....	147
5.1.4	Abschattung.....	148
5.2	Auswirkungen für den Einsatz in der Bauzustandsdokumentation.....	150

5.2.1	Bauteilfreiheitsgrade	150
5.2.2	Schwankendes und unstetiges Lesefeld.....	151
5.2.3	Bauteilabschirmung und -abschattung.....	152
5.2.4	Zusammenfassung und Fazit	153
5.3	Praktische Evaluierung der Erfassung von verbauten Komponenten	153
5.3.1	Versuchsaufbau.....	153
5.3.2	Versuchsdurchführung.....	156
5.3.3	Ergebnisse der Versuchsreihe.....	159
5.4	Zusammenfassung und Fazit.....	162
6	Antennenkonzepte für enge Bauräume	164
6.1	Antennenparameter	165
6.1.1	Impedanz.....	165
6.1.2	Reflexionsdämpfung.....	166
6.1.3	Gewinn	167
6.1.4	Sende- und Empfangsleistung.....	167
6.2	Antennenbauformen und ihre Eigenschaften	167
6.2.1	Dipole	168
6.2.2	Stabantennen	171
6.2.3	Flachantennen.....	172
6.3	Anforderungen an Antennenkonzepte an enge Bauräume	174
6.3.1	Technische Anforderungen.....	174
6.3.2	Spezifische Anforderungen für den Anwendungsfall	175
6.3.3	Zusammenfassung	178
6.4	Konzept zur Auswahl des geeigneten Antennenkonzepts	178
6.5	Auswahl eines geeigneten Antennenkonzepts.....	179
6.5.1	Anforderung Baugröße	180
6.5.2	Anforderung Handhabbarkeit.....	184
6.6	Auslegung und Gestaltung der Koaxialantenne	186
6.6.1	Aufbau der Best-Practise Koaxialantenne	186
6.6.2	Messung der Empfangsleistung	187
6.6.3	Messung der Reflexionsdämpfung	191
6.6.4	Sicherstellung der Antennenrobustheit und der einfachen Handhabung	193

6.7	Praktische Evaluierung der Koaxialantenne.....	194
6.7.1	Versuchdurchführung	194
6.7.2	Festlegung der Sendeleistung	195
6.7.3	Ergebnisse der Evaluierung.....	197
6.8	Zusammenfassung und Fazit.....	198
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	200
8	Literatur.....	204

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Absatz der Automobilmarken weltweit im Jahr 2006 [ATK-07] und deren Profitabilität auf Basis des API-Index [FHD-07].....	2
Abbildung 1-2: Erteilte Typgenehmigungen des Kraftfahrtbundesamtes einschließlich der Nachträge [KBA-06].....	3
Abbildung 1-3: Steigende Derivatisierung am Beispiel der AUDI AG (in Anlehnung an [DIC-07]).....	4
Abbildung 1-4: Steigende Anzahl der Produktinnovationen am Beispiel der AUDI AG [DIC-07].....	5
Abbildung 1-5: Anzahl der Rückrufaktionen von 1998 bis 2006 [KBA-06].....	6
Abbildung 1-6: Baugruppenbezogene Verteilung der Rückrufaktionen [KBA-06].....	7
Abbildung 1-7: Vorgehensweise und methodischer Aufbau der Arbeit.....	11
Abbildung 2-1: Aufbau des Kapitels Einführung in die Radiofrequenzidentifikation...	13
Abbildung 2-2: Zusammenfassende Übersicht der wichtigsten Auto-ID-Verfahren (in Anlehnung an [JAN-04]).....	14
Abbildung 2-3: Varianten der optischen Codierung [GÜN-07].....	16
Abbildung 2-4: Die wichtigsten Varianten des 1D-Barcodes [GÜN-07].....	16
Abbildung 2-5: Codierung von Zeichen in einem Barcode am Beispiel des Barcode 2/5 Industrie (in Anlehnung an [GÜN-07]).....	17
Abbildung 2-6: Beispiele für Stapelcodes (PDF417) und Matrix-Codes (QR-Code und Maxicode) [BER-05].....	18
Abbildung 2-7: Komponenten eines RFID-Systems (in Anlehnung an [LAM-05]).....	19
Abbildung 2-8: Verschiede Bauformen von Transpondern (in Anlehnung an [LAM-05]).....	20
Abbildung 2-9: Bestandteile eines Smart Label [JAN-04].....	21
Abbildung 2-10: Antennenvarianten [PRE-08, FEI-07].....	22
Abbildung 2-11: Vergleich zwischen Barcode und RFID.....	25
Abbildung 2-12: Unterscheidungskriterien von RFID-Systemen.....	26
Abbildung 2-13: Überblick über nutzbare RFID-Frequenzen in Deutschland und dazugehörige beispielhafte Anwendungen.....	27