

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Berufsgenossenschaftliche Relevanz und eigene Vorarbeiten .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Zielstellung.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Radio Frequency Identification .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Auto-ID-Systeme.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Technik und Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
2.2.1	Transponder, Tag oder Smart-Label.....	7
2.2.2	RFID-Reader .....	9
2.2.3	Datenverarbeitungssystem.....	10
<b>2.3</b>	<b>Allgemeine RFID-Anwendungen .....</b>	<b>10</b>
2.3.1	Personenidentifikation .....	11
2.3.2	Objektidentifikation .....	13
<b>2.4</b>	<b>RFID-Anwendungen für den Bereich der Arbeitssicherheit.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Projektmodul 1 - „Grundlagen“ .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Allgemeines.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Analyse von Unfallstatistiken und Gefährdungsbeurteilungen .....</b>	<b>27</b>
3.2.1	Grundlagen.....	27
3.2.2	Analyse betriebsinterner Unfallstatistiken .....	29
<b>3.3</b>	<b>Workshops .....</b>	<b>30</b>
3.3.1	Anwendungsbereiche in Zusammenhang mit dem Kontrollportal.....	30
3.3.2	Anwendungsbereiche in Zusammenhang mit der Maschinensteuerung .....	32
3.3.3	Sonstige Anwendungsbereiche.....	33
<b>3.4</b>	<b>Experten-Interviews.....</b>	<b>33</b>
3.4.1	Anwendungsbereiche in Zusammenhang mit dem Kontrollportal.....	33

3.4.2	Anwendungsbereiche in Zusammenhang mit der Maschinensteuerung .....	34
3.4.3	Sonstige Anwendungsbereiche.....	35
<b>3.5</b>	<b>Teilnehmer der Workshops und Experten-Interviews.....</b>	<b>35</b>
3.5.1	Teilnehmer aus dem Bereich der Berufsgenossenschaften und Institutionen.....	35
3.5.2	Teilnehmer aus den Unternehmen.....	36
<b>3.6</b>	<b>Patentrechtliche Untersuchung .....</b>	<b>36</b>
3.6.1	Allgemeines .....	36
3.6.2	Projektbezogene Einschätzung.....	36
3.6.3	Recherche .....	37
3.6.4	Einschätzung.....	39
<b>3.7</b>	<b>Pflichtenheft.....</b>	<b>40</b>
3.7.1	Überblick.....	40
3.7.1.1	Aufgaben .....	40
3.7.1.2	Funktionsbeschreibung .....	41
3.7.1.3	Schematischer Aufbau des Systems.....	41
3.7.2	Softwaremodule.....	42
3.7.2.1	Das Modul Lesersteuerung .....	42
3.7.2.1.1	Kommunikation.....	42
3.7.2.1.2	Parametrierung.....	42
3.7.2.1.3	Antennensteuerung .....	42
3.7.2.1.4	Ereignisdatenverarbeitung .....	42
3.7.2.2	Das Modul Auswertung .....	43
3.7.2.2.1	Tagzuordnung .....	43
3.7.2.2.2	Schutzprofil.....	43
3.7.2.2.3	Vollständigkeitsprüfung .....	43
3.7.2.2.4	Ausgabe .....	43
3.7.2.3	Das Modul Signalisierung.....	43
3.7.2.4	Das Datenbankmodul.....	44
3.7.2.4.1	Schutzgegenstand-Tabelle.....	44
3.7.2.4.2	Tag-Tabelle .....	44
3.7.2.4.3	Schutzprofil-Tabelle.....	45
3.7.2.4.4	Personen-Tabelle .....	45
3.7.2.4.5	Ereignisdaten-Tabelle .....	45
3.7.3	Feinspezifikation.....	45
<b>3.8</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>45</b>

3.8.1 Zusammenfassung .....	45
3.8.2 Ausblick .....	46
3.8.2.1 Technische Entwicklung .....	47
3.8.2.2 Analyse von RFID-Anwendungen in der Maschinensteuerung .....	48
<b>4 Projektmodul 2 - „Anwendungsorientierte Entwicklung“ .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1 Zielstellung.....</b>	<b>51</b>
4.1.1 Entwicklung des Portals zur automatischen Kontrolle der PSA.....	52
4.1.2 Analyse von RFID-Anwendungen in der Maschinensteuerung .....	53
<b>4.2 Organisatorische Konzeption.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Datenverarbeitung .....</b>	<b>55</b>
4.3.1 Funktionsbeschreibung .....	56
4.3.2 Schematischer Aufbau des Datenverarbeitungssystems.....	56
4.3.3 Der Leseradapter.....	58
4.3.3.1 Schematischer Aufbau des Leseradapters .....	59
4.3.3.2 Inhaltlicher Aufbau des Leseradapters.....	60
4.3.3.2.1 PLI: Physical Layer Interface:.....	60
4.3.3.2.2 RPI: Reader Protocol Interface .....	60
4.3.3.2.3 MAL: Manufacturer Abstraction Layer.....	61
4.3.4 Das Applikationsinterface CAI: Common Application Interface .....	62
4.3.5 Applikationen und Softwaremodule.....	64
4.3.5.1 Die Lesersteuerung: Registerblatt „Leser“.....	65
4.3.5.1.1 Feld „Lesertyp“, Modul 1 / Reader.....	66
4.3.5.1.2 Felder zum Netzwerk-Interface, Modul 10 / IPCom .....	66
4.3.5.1.3 Feld „Leser-Info“, Modul 12 / ReaderInfo:.....	68
4.3.5.1.4 Feld „Leistungseinstellung“, Modul 4 / Power1: .....	68
4.3.5.1.5 Feld „Frequenz“, Modul 3 / Param1 .....	69
4.3.5.1.6 Feld „Antennenmultiplexer“, Modul 5 / AntMux:.....	69
4.3.5.1.7 Großes unteres Listenfeld, Modul 8 / Syslog .....	70
4.3.5.2 Die PSA-Applikation: Registerblatt „Starten“.....	70
4.3.5.2.1 Feld „Betriebsart“, Modul 2 / Mode:.....	71
4.3.5.2.2 Feld „Sound“, Modul 6 / Sound .....	72
4.3.5.2.3 Feld „Integrationszeit“, Modul 3 / Param1 .....	73
4.3.5.2.4 Feld „Standby“, Modul 3 / Param1 .....	74
4.3.5.2.5 Felder zur PSA-Kontrollinformation, Modul 25 / PSAList.....	75
4.3.5.3 Registerblatt „Info / Hilfe“, Modul 26 / PSAInfo .....	77

4.3.5.4 Die Signalsteuerung .....	78
4.3.5.4.1 Signalisierung am Touch-Screen, Modul 22 / PSATouch .....	78
4.3.5.4.2 Signalisierung an der Leuchtfläche, Modul 26 / PSASignal .....	82
4.3.5.5 Hilfsprogramm zum Beschreiben von RFID-(UHF)-Transpondern .....	83
4.3.6 Der PSA-Datenbankserver .....	84
4.3.6.1 PSA-Profilverwaltung .....	85
4.3.6.1.1 PSA-Profil anlegen .....	86
4.3.6.1.2 PSA-Profil bearbeiten .....	87
4.3.6.2 Personalverwaltung .....	87
4.3.6.2.1 Mitarbeiter-Profil anlegen .....	88
4.3.6.2.2 Mitarbeiter-Profil verwalten .....	89
4.3.6.3 Reportfunktion .....	90
<b>4.4 Grundlagen des Elektromagnetismus .....</b>	<b>91</b>
4.4.1 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen .....	91
4.4.2 Leistungsangaben .....	94
4.4.3 Strahlungsdichte .....	95
4.4.4 Die RFID-(UHF)-Luftschnittstelle .....	95
4.4.5 Das Backscatter-Prinzip .....	96
4.4.6 Antikollisionsverfahren .....	98
<b>4.5 Technische Voruntersuchungen .....</b>	<b>99</b>
4.5.1 Frequenzbereiche .....	100
4.5.2 Hardware-Komponenten .....	102
4.5.2.1 RFID-(UHF)-Lesegerät .....	103
4.5.2.1.1 Hardware-Vorauswahl .....	106
4.5.2.1.2 Voruntersuchungen .....	108
4.5.2.1.3 Hardware-Auswahl .....	108
4.5.2.2 RFID-(UHF)-Leser-Antennen .....	109
4.5.2.2.1 Hardware-Vorauswahl .....	109
4.5.2.2.2 Voruntersuchungen .....	112
4.5.2.2.3 Hardware-Auswahl .....	115
4.5.2.2.4 RFID-(UHF)-Transponder .....	116
4.5.2.2.5 Hardware-Vorauswahl .....	125
4.5.2.2.6 Voruntersuchungen .....	132
4.5.2.2.7 Hardware-Auswahl .....	144
<b>4.6 Untersuchungen zur anwendungsorientierten Entwicklung .....</b>	<b>146</b>
4.6.1 Systemaufbau .....	146

4.6.1.1 Technische Komponenten .....	146
4.6.1.2 Entwicklung des Demonstrators .....	147
4.6.1.3 Kosten der Umsetzung .....	151
4.6.2 Untersuchungen am Systemaufbau .....	151
4.6.2.1 Leistungsstärke der Antennenstrahlung .....	151
4.6.2.1.1 Kabeldämpfung .....	152
4.6.2.1.2 Antennengewinn .....	154
4.6.2.1.3 Resultierende Leistungsstärke .....	155
4.6.2.2 Reichweite der Antennenstrahlung .....	156
4.6.2.3 Feldbeeinflussung durch Reflexion und Absorption .....	159
4.6.3 Laborversuche zur persönlichen Schutzausrüstung .....	162
4.6.3.1 Mitarbeiterausweise .....	163
4.6.3.2 Sicherheitsschuhe .....	164
4.6.3.3 Industrieschutzhelme .....	170
4.6.3.4 Augenschutz .....	171
4.6.3.5 Absturzsicherung .....	172
4.6.3.6 Kapsel-Gehörschutz .....	173
4.6.3.7 Sicherheitshandschuhe .....	174
4.6.4 Laborversuche zur Abstimmung von PSA und Demonstrator .....	176
<b>4.7 Vorbereitung der Praxistests .....</b>	<b>178</b>
4.7.1 InHaus2-Baustelle .....	178
4.7.1.1 Entwicklung der erforderlichen PSA-Profilen .....	179
4.7.1.2 Kennzeichnung der Transponder zur Identifikation der PSA .....	180
4.7.1.3 Anbindung des RFID-Portals an eine Zutrittskontrolle .....	181
4.7.2 Ford Werke GmbH .....	183
4.7.3 Weitere Praxistests .....	185
4.7.3.1 Westfälischer Zoologischen Garten Münster GmbH (Allwetterzoo) .....	185
4.7.3.2 Stockmeyer GmbH & Co. KG Westfälische Fleischwarenfabrik .....	186
<b>4.8 Standardisierung und Normung .....</b>	<b>186</b>
4.8.1 Standardisierung und Normung bei PSA .....	186
4.8.2 Klassifizierungs- und Ordnungsnummernsysteme .....	188
4.8.2.1 United Nations Standard Products and Services Code UNSPSC .....	189
4.8.2.2 Standardwarenklassifikation .....	191
4.8.2.3 Global Product Classification GPC .....	192
4.8.2.4 eCl@ss .....	196
4.8.2.5 proficl@ss .....	201
4.8.3 Vorhandene Normen und Standards für die RFID-Technologie .....	206

4.8.3.1 Aufgaben und Entwicklung von GS1.....	206
4.8.3.2 Standards nach EPCglobal .....	212
4.8.3.2.1 Physische Standards: Der Electronic Product Code (EPC) .....	214
4.8.3.2.2 Infrastruktur-Standards.....	215
4.8.3.2.3 Standards für den Datenaustausch.....	215
4.8.4 Handlungskonzept.....	217
<b>4.9 Rechtliche Betrachtung .....</b>	<b>218</b>
4.9.1 Datenschutz.....	218
4.9.2 Arbeitsrechtliche Rahmenbedingungen .....	219
<b>4.10 Analyse von RFID-Anwendungen in der Maschinensicherheit.....</b>	<b>220</b>
4.10.1 Ausgangssituation .....	220
4.10.2 Workshop „RFID in der Maschinensicherheit“.....	221
<b>4.11 Fazit.....</b>	<b>222</b>
4.11.1 Ausblick .....	223
4.11.2 Zusatznutzen .....	224
4.11.2.1 Zugangskontrolle.....	224
4.11.2.2 Zeiterfassung.....	225
4.11.2.3 Diebstahlschutz .....	225
4.11.3 Kritische Betrachtung .....	226
<b>5 Projektmodul 3 - „Praxistests und Dokumentation“ .....</b>	<b>229</b>
<b>5.1 Zielstellung.....</b>	<b>229</b>
<b>5.2 Praxistest Baustelle: InHaus2, Duisburg.....</b>	<b>230</b>
5.2.1 Vorbereitung.....	230
5.2.1.1 Entwicklung der erforderlichen PSA-Profile .....	230
5.2.1.2 Kennzeichnung der Transponder zur Identifikation der PSA .....	231
5.2.1.3 Anbindung des RFID-(UHF)-Portals an ein Zutrittskontrollsystem .....	232
5.2.2 Umsetzung .....	234
5.2.2.1 Voruntersuchung .....	235
5.2.2.2 Mitwirkende Unternehmen .....	236
5.2.3 Ergebnis .....	237
5.2.3.1 Technische Umsetzung.....	237
5.2.4 Fazit.....	243
<b>5.3 Praxistest Automobilindustrie: Ford Werke GmbH.....</b>	<b>243</b>

5.3.1	Vorbereitung .....	244
5.3.2	Umsetzung .....	245
5.3.2.1	<i>Transponder-Wahl</i> .....	245
5.3.2.2	<i>Leserwahl</i> .....	246
5.3.2.3	<i>Dokumentation</i> .....	247
5.3.3	Ergebnis .....	248
5.3.4	Fazit .....	248
<b>5.4</b>	<b>Praxistest Fleischverarbeitende Industrie: Stockmeyer GmbH .....</b>	<b>248</b>
5.4.1	Vorbereitung .....	249
5.4.1.1	<i>Gehörschutz</i> .....	249
5.4.1.2	<i>Kettenhandschuh</i> .....	250
5.4.1.3	<i>Schutzschuhe</i> .....	251
5.4.1.4	<i>Datenschutz</i> .....	251
5.4.2	Umsetzung .....	251
5.4.3	Ergebnis .....	251
<b>5.5</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>252</b>
5.5.1	Zusammenfassung .....	252
5.5.2	Normung .....	254
5.5.3	Ausblick .....	254
<b>6</b>	<b>Ansprechpartner .....</b>	<b>257</b>
<b>7</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>258</b>
<b>7.1</b>	<b>Projektmodul 1 .....</b>	<b>258</b>
<b>7.2</b>	<b>Projektmodul 2 .....</b>	<b>259</b>
7.2.1	Literatur .....	259
7.2.2	Quellen .....	261
<b>7.3</b>	<b>Projektmodul 3 .....</b>	<b>263</b>
<b>8</b>	<b>Anlagenverzeichnis .....</b>	<b>264</b>
<b>8.1</b>	<b>Anlage 1: Übersicht der RFID-(UHF)-Lesegeräte .....</b>	<b>264</b>
<b>8.2</b>	<b>Anlage 2: Übersicht der RFID-(UHF)-Leser-Antennen .....</b>	<b>265</b>

<b>8.3</b>	<b>Anlage 3: Übersicht der RFID-(UHF)-Transponder .....</b>	<b>267</b>
<b>8.4</b>	<b>Anlage 4: Richtcharakteristik der RFID-(UHF)-Leser-Antenne .....</b>	<b>272</b>
<b>8.5</b>	<b>Anlage 5: Referenztransponder, Y-Achse .....</b>	<b>275</b>
<b>8.6</b>	<b>Anlage 6: Referenztransponder, Z-Achse .....</b>	<b>276</b>
<b>8.7</b>	<b>Anlage 7: Transponder-Vergleichsmessungen .....</b>	<b>279</b>
<b>8.8</b>	<b>Anlage 8: Untergrundeinfluss .....</b>	<b>304</b>