

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Berufsgenossenschaftliche Relevanz und eigene Vorarbeiten | 1 |
| 1.2 Zielstellung..... | 2 |
| 2 Radio Frequency Identification | 5 |
| 2.1 Auto-ID-Systeme..... | 5 |
| 2.2 Technik und Grundlagen | 7 |
| 2.2.1 Transponder, Tag oder Smart-Label..... | 7 |
| 2.2.2 RFID-Reader | 9 |
| 2.2.3 Datenverarbeitungssystem..... | 10 |
| 2.3 Allgemeine RFID-Anwendungen | 10 |
| 2.3.1 Personenidentifikation | 11 |
| 2.3.2 Objektidentifikation | 13 |
| 2.4 RFID-Anwendungen für den Bereich der Arbeitssicherheit..... | 16 |
| 3 Projektmodul 1 - „Grundlagen“..... | 27 |
| 3.1 Allgemeines..... | 27 |
| 3.2 Analyse von Unfallstatistiken und Gefährdungsbeurteilungen | 27 |
| 3.2.1 Grundlagen | 27 |
| 3.2.2 Analyse betriebsinterner Unfallstatistiken | 29 |
| 3.3 Workshops | 30 |
| 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 |
| 3.4 Experten-Interviews..... | 33 |
| 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 |
| 3.5 Teilnehmer der Workshops und Experten-Interviews..... | 35 |
| 3.5.1 Teilnehmer aus dem Bereich der Berufsgenossenschaften und Institutionen..... | 35 |
| 3.5.2 Teilnehmer aus den Unternehmen..... | 36 |
| 3.6 Patentrechtliche Untersuchung | 36 |
| 3.6.1 Allgemeines | 36 |
| 3.6.2 Projektbezogene Einschätzung | 36 |
| 3.6.3 Recherche | 37 |
| 3.6.4 Einschätzung | 39 |
| 3.7 Pflichtenheft..... | 40 |
| 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 |
| 3.8 Fazit..... | 45 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 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 |
| 4 | Projektmodul 2 - „Anwendungsorientierte Entwicklung“..... | 51 |
| 4.1 | Zielstellung..... | 51 |
| 4.1.1 | Entwicklung des Portals zur automatischen Kontrolle der PSA..... | 52 |
| 4.1.2 | Analyse von RFID-Anwendungen in der Maschinensteuerung | 53 |
| 4.2 | Organisatorische Konzeption..... | 53 |
| 4.3 | Datenverarbeitung | 55 |
| 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 <i>Signalisierung am Touch-Screen, Modul 22 / PSATouch</i> | 78 |
| 4.3.5.4.2 <i>Signalisierung an der Leuchtpläne, Modul 26 / PSASignal</i> | 82 |
| 4.3.5.5 <i>Hilfsprogramm zum Beschreiben von RFID-(UHF)-Transpondern</i> | 83 |
| 4.3.6 Der PSA-Datenbankserver..... | 84 |
| 4.3.6.1 <i>PSA-Profilverwaltung.....</i> | 85 |
| 4.3.6.1.1 <i>PSA-Profil anlegen</i> | 86 |
| 4.3.6.1.2 <i>PSA-Profil bearbeiten.....</i> | 87 |
| 4.3.6.2 <i>Personalverwaltung.....</i> | 87 |
| 4.3.6.2.1 <i>Mitarbeiter-Profil anlegen</i> | 88 |
| 4.3.6.2.2 <i>Mitarbeiter-Profil verwalten</i> | 89 |
| 4.3.6.3 <i>Reportfunktion</i> | 90 |
| 4.4 Grundlagen des Elektromagnetismus | 91 |
| 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 |
| 4.5 Technische Voruntersuchungen..... | 99 |
| 4.5.1 Frequenzbereiche..... | 100 |
| 4.5.2 Hardware-Komponenten | 102 |
| 4.5.2.1 <i>RFID-(UHF)-Lesegerät</i> | 103 |
| 4.5.2.1.1 <i>Hardware-Vorauswahl</i> | 106 |
| 4.5.2.1.2 <i>Voruntersuchungen</i> | 108 |
| 4.5.2.1.3 <i>Hardware-Auswahl</i> | 108 |
| 4.5.2.2 <i>RFID-(UHF)-Leser-Antennen</i> | 109 |
| 4.5.2.2.1 <i>Hardware-Vorauswahl</i> | 109 |
| 4.5.2.2.2 <i>Voruntersuchungen</i> | 112 |
| 4.5.2.2.3 <i>Hardware-Auswahl</i> | 115 |
| 4.5.2.2.4 <i>RFID-(UHF)-Transponder</i> | 116 |
| 4.5.2.2.5 <i>Hardware-Vorauswahl</i> | 125 |
| 4.5.2.2.6 <i>Voruntersuchungen</i> | 132 |
| 4.5.2.2.7 <i>Hardware-Auswahl</i> | 144 |
| 4.6 Untersuchungen zur anwendungsorientierten Entwicklung | 146 |
| 4.6.1 Systemaufbau | 146 |

| | |
|--|------------|
| 4.6.1.1 <i>Technische Komponenten</i> | 146 |
| 4.6.1.2 <i>Entwicklung des Demonstrators</i> | 147 |
| 4.6.1.3 <i>Kosten der Umsetzung</i> | 151 |
| 4.6.2 Untersuchungen am Systemaufbau..... | 151 |
| 4.6.2.1 <i>Leistungsstärke der Antennenstrahlung</i> | 151 |
| 4.6.2.1.1 <i>Kabeldämpfung</i> | 152 |
| 4.6.2.1.2 <i>Antennengewinn</i> | 154 |
| 4.6.2.1.3 <i>Resultierende Leistungsstärke</i> | 155 |
| 4.6.2.2 <i>Reichweite der Antennenstrahlung</i> | 156 |
| 4.6.2.3 <i>Feldbeeinflussung durch Reflexion und Absorption</i> | 159 |
| 4.6.3 Laborversuche zur persönlichen Schutzausrüstung | 162 |
| 4.6.3.1 <i>Mitarbeiterausweise</i> | 163 |
| 4.6.3.2 <i>Sicherheitsschuhe</i> | 164 |
| 4.6.3.3 <i>Industrieschutzhelme</i> | 170 |
| 4.6.3.4 <i>Augenschutz</i> | 171 |
| 4.6.3.5 <i>Absturzsicherung</i> | 172 |
| 4.6.3.6 <i>Kapsel-Gehörschutz</i> | 173 |
| 4.6.3.7 <i>Sicherheitshandschuhe</i> | 174 |
| 4.6.4 Laborversuche zur Abstimmung von PSA und Demonstrator..... | 176 |
| 4.7 Vorbereitung der Praxistests..... | 178 |
| 4.7.1 InHaus2-Baustelle | 178 |
| 4.7.1.1 <i>Entwicklung der erforderlichen PSA-Profile</i> | 179 |
| 4.7.1.2 <i>Kennzeichnung der Transponder zur Identifikation der PSA</i> | 180 |
| 4.7.1.3 <i>Anbindung des RFID-Portals an eine Zutrittskontrolle</i> | 181 |
| 4.7.2 Ford Werke GmbH | 183 |
| 4.7.3 Weitere Praxistests..... | 185 |
| 4.7.3.1 <i>Westfälischer Zoologischen Garten Münster GmbH (Allwetterzoo)</i> | 185 |
| 4.7.3.2 <i>Stockmeyer GmbH & Co. KG Westfälische Fleischwarenfabrik</i> | 186 |
| 4.8 Standardisierung und Normung..... | 186 |
| 4.8.1 Standardisierung und Normung bei PSA | 186 |
| 4.8.2 Klassifizierungs- und Ordnungsnummernsysteme | 188 |
| 4.8.2.1 <i>United Nations Standard Products and Services Code UNSPSC</i> | 189 |
| 4.8.2.2 <i>Standardwarenklassifikation</i> | 191 |
| 4.8.2.3 <i>Global Product Classification GPC</i> | 192 |
| 4.8.2.4 <i>eCl@ss</i> | 196 |
| 4.8.2.5 <i>profic@ss</i> | 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 |
| 4.9 Rechtliche Betrachtung | 218 |
| 4.9.1 Datenschutz..... | 218 |
| 4.9.2 Arbeitsrechtliche Rahmenbedingungen | 219 |
| 4.10 Analyse von RFID-Anwendungen in der Maschinensicherheit..... | 220 |
| 4.10.1 Ausgangssituation | 220 |
| 4.10.2 Workshop „RFID in der Maschinensicherheit“..... | 221 |
| 4.11 Fazit..... | 222 |
| 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 |
| 5 Projektmodul 3 - „Praxistests und Dokumentation“ | 229 |
| 5.1 Zielstellung..... | 229 |
| 5.2 Praxistest Baustelle: InHaus2, Duisburg..... | 230 |
| 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 |
| 5.3 Praxistest Automobilindustrie: Ford Werke GmbH | 243 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 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 |
| 5.4 | Praxistest Fleischverarbeitende Industrie: Stockmeyer GmbH | 248 |
| 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 |
| 5.5 | Fazit | 252 |
| 5.5.1 | Zusammenfassung | 252 |
| 5.5.2 | Normung | 254 |
| 5.5.3 | Ausblick | 254 |
| 6 | Ansprechpartner | 257 |
| 7 | Literatur- und Quellenverzeichnis | 258 |
| 7.1 | Projektmodul 1 | 258 |
| 7.2 | Projektmodul 2 | 259 |
| 7.2.1 | Literatur | 259 |
| 7.2.2 | Quellen | 261 |
| 7.3 | Projektmodul 3 | 263 |
| 8 | Anlagenverzeichnis | 264 |
| 8.1 | Anlage 1: Übersicht der RFID-(UHF)-Lesegeräte | 264 |
| 8.2 | Anlage 2: Übersicht der RFID-(UHF)-Leser-Antennen | 265 |

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