



Bergische Universität Wuppertal

Fachbereich D

Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik

Lehr- und Forschungsgebiet

Baubetrieb und Bauwirtschaft

FOSCHUNGSBERICHT

„Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutolD-Systemen“

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus

M.Sc. Agnes Kelm

B.Sc. Daniel Platz

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Anica Meins-Becker

Gefördert durch die



INHALTSVERZEICHNIS

1	TITEL UND LAUFZEIT DES VORHABENS	1
1.1	Titel	1
1.2	Laufzeit	1
2	PROBLEMSTELLUNG	2
2.1	Einleitung	2
2.2	Hintergründe	3
3	FORSCHUNGSZWECK/-ZIEL	5
4	GRUNDLAGEN	6
4.1	Grundlagen persönlicher Schutzausrüstung	6
4.1.1	PSA-Leistungsmerkmale	8
4.1.2	Grundlagen zu Schutz- und Arbeitsplattformnetzen	11
4.2	Grundlagen AutoID-Systeme	13
4.2.1	Grundlagen Barcode-System	13
4.2.2	Grundlagen RFID-Systeme	14
4.2.3	Grundlagen Sensor-RFID-Systeme	21
5	METHODIK	23
5.1	Forschungsschwerpunkte – RFID-Sensorik	23
5.1.1	I – Identifizierung von zeitabhängigen PSA-Leistungsmerkmalen	23
5.1.2	II – Identifizierung der geeigneten AutoID-Systeme	24
5.1.3	III – Identifizierung der geeigneten AutoID-System-Komponenten	24
5.1.4	IV – Testreihen RFID-Sensorik	25
5.1.5	V – Bewertung der marktgerechten Umsetzbarkeit und Dokumentation der Ergebnisse	25
5.2	Zusätzliche Forschungsschwerpunkte	25

5.2.1	VI – Kennzeichnung- und Klassifizierung von PSA mittels RFID-Techniken	26
5.2.2	VII – Tagging der Produktgruppe Schuhe	26
5.2.3	VIII – RFID – Schutznetze	26
5.3	Darstellung der Arbeits- und Zeitabläufe	29
6	ERGEBNISSE DES GESAMTVORHABENS	30
6.1	Forschungsschwerpunkte – RFID – Sensorik	30
6.1.1	Auswahl der zu untersuchenden PSA	30
6.1.2	Auswahl eines geeigneten RFID-Sensor-Systems	32
6.1.3	Das RFID-Sensor-System-Development Kit	32
6.1.4	Testreihe Bauhelm	41
6.1.5	Testreihe Gebläseatemschutz	57
6.1.6	Testreihe Schweißmaske	62
6.1.7	Fazit und Zusammenfassung	78
6.1.8	SensLO-TS – Talk-ID – Datenlogger	79
6.1.9	Testreihe Bauhelm 2	91
6.1.10	Ausblick/Anwendbarkeit in der Praxis	108
6.2	Kennzeichnung- und Klassifizierung von PSA mittels RFID-Techniken	109
6.2.1	Normungsarbeit des NA 075 BRR-01 SO	109
6.2.2	Übergreifende Nummernstruktur der PSA-ID	110
6.2.3	Prozesse entlang der Wertschöpfungskette und Aufzeigen des Mehrwertes	121
6.3	Tagging der Produktgruppe 4 – Fußschutz	128
6.3.1	Einbau der Transponder während der Produktion	129
6.3.1.1	<i>Auswahl des Transponder für das Tagging der Produktgruppe Fußschutz</i>	<i>129</i>
6.3.1.2	<i>Auswahl der Schuhmodelle</i>	<i>130</i>
6.3.1.3	<i>Einbauposition der Transponder</i>	<i>131</i>
6.3.1.4	<i>Transponderausrichtungen</i>	<i>133</i>
6.3.1.5	<i>Versuchsvorbereitung der Testreihen und Vorabtests</i>	<i>134</i>
6.3.2	Langzeittragetests auf Baustellen	135
6.3.2.1	<i>Einsatzbereiche bei den Langzeittests</i>	<i>135</i>

6.3.2.2	Versuchsablauf.....	137
6.3.3	Ergebnisdarstellung des Taggings der Produktgruppe Fußschutz.....	138
6.3.3.1	Lesereichweiten.....	138
6.3.3.2	Langzeittests	141
6.3.3.3	Überprüfung des Transponderzustandes	143
6.3.3.4	Fazit und Zusammenfassung	147
6.3.4	Messeaussteller A+A Düsseldorf 2012.....	148
6.4	Lebenszyklusdatenerfassung mittels der RFID-Technik – Schutznetze und Arbeitsplattformen	149
6.4.1	Einleitung und Hintergrund	149
6.4.2	Zielstellung	151
6.4.3	Allgemeines: Schutznetze	151
6.4.4	Allgemeines: Arbeitsplattformnetze	156
6.4.5	Allgemeines: Aktuelle Kennzeichnung von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen	157
6.4.6	Allgemeines: Wartung und Kontrolle von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen	158
6.4.7	Einsatz der RFID-Technik zur Unterstützung von Wartungs- und Kontrollprozessen bei Schutz- und Arbeitsplattformnetzen	160
6.4.8	Definition der Anforderungen an das RFID-System zum Nachweis der technischen Machbarkeit.....	169
6.4.9	Untersuchungen zum Nachweis der technischen Machbarkeit.....	172
6.4.10	Entwicklung einer standardisierten Nummernstruktur zur RFID-basierten Kennzeichnung und Klassifizierung von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen	177
6.4.11	Entwicklung einer Demonstrationssoftware.....	177
6.4.12	Darstellung weiterer Anwendungsmöglichkeiten entlang des Lebenszyklus von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen 183	
6.4.13	Zusammenfassung	198
7	ERGEBNISSE NICHT BETEILIGTER FORSCHUNGSSTELLEN	200
7.1	Stand der Forschung und Entwicklung RFID – PSA.....	200
7.1.1	Nutzung RFID-gekennzeichneter PSA als Mitarbeiterausweis für die Zutrittskontrolle und das Tracking von Personen in einer Werft.....	200
7.1.2	Kennzeichnung persönlicher Schutzausrüstung und Spanngurte: Das System „EPIS“ der SpanSet GmbH & Co.kg 200	

7.1.3	Kennzeichnung persönlicher Schutzausrüstung: Das System „iSafe“ der Capital Safety Group	201
7.1.4	Hothead Technologies und das H.O.T. system	202
7.1.5	HITS	203
7.1.6	U.S. Militär	203
7.1.7	90129.....	204
7.2	Stand der Forschung RFID – Schutznetze	204
8	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE / FAZIT.....	207
9	AKTUELLER UMSETZUNGS- UND VERWERTUNGSPLAN.....	208
9.1	Konzept zur Einführung einer PSA-Kontrolle im Mischwerk in Oberhausen	208
9.1.1	Ausgangssituation	208
9.1.2	Darstellung der Prozesskette der PSA-Kontrolle bei Mitarbeitern	208
9.1.3	Darstellung der Prozesskette der PSA-Kontrolle bei Besuchern.....	211
10	ANSPRECHPARTNER.....	213
10.1	Forschende Stelle	213
10.2	Praxispartner	214
11	GLOSSAR	215
12	LITERATURVERZEICHNIS.....	216
13	ANLAGEN	221
13.1	Anlage 1	221
13.1.1	Liste der Veröffentlichungen	221
13.1.2	Liste der Präsentationen.....	222
13.2	Anlage 2	224
13.2.1	Softwareeinstellungen Bauhelm	224
13.2.2	Softwareeinstellungen Atemschutz	225
13.2.3	Softwareeinstellungen Schweißmaske	226
13.3	Anlage 3	227

13.3.1	Testreihe Bauhelm 2	227
13.3.2	Automatisch generierte PDF-Ergebnisansicht.....	273
13.4	Anlage 4	278
13.4.1	Vorabtests	278
13.4.2	Leseversuche Verpackungseinheit.....	279
13.4.3	Erfassungsreichweiten Sicherheitsschuhe	280
13.4.4	Fotodokumentation Transponder nach Tragetests.....	288
13.5	Anlage 5	295
13.5.1	Klassifizierungstabellen	295

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: knotenloses Netz	Abbildung 2: geknotetes Netz	11
Abbildung 3: Quadratische (links) und rhombische Maschenanordnung (rechts)		12
Abbildung 4: Feste Abschlusskante		12
Abbildung 5: AutoID-System in der Übersicht		13
Abbildung 6: Barcode-System in der Übersicht		13
Abbildung 7: RFID-System in der Übersicht		15
Abbildung 8: Übersicht RFID-Übertragungssystem		16
Abbildung 9: Erfassungreichweiten und Zielgerichtetheit von Barcode- und RFID-Systemen im qualitativen Vergleich		20
Abbildung 10: Beispiele für RFID-Embleme nach AIM- / ISO-Standard		20
Abbildung 11: RFID-Sensor-System in der Übersicht (passiv)		21
Abbildung 12: RFID-Sensor-System in der Übersicht (semi-passiv/semi-aktiv)		22
Abbildung 13: RFID-Sensor-System in der Übersicht (aktiv)		22
Abbildung 14: Schema Gebläseatemschutz-System von 3M		31
Abbildung 15: Gebläseatemschutz-System		32
Abbildung 16: Development Kit – RFID-Reader		33
Abbildung 17: Development Kit – Sensor-Platine (Sicht von oben)		33
Abbildung 18: Development Kit – Sensor-Platine (Sicht von oben)		34
Abbildung 19: Software RFID Configuration		35
Abbildung 20: Software Sensor Configuration		35
Abbildung 21: Software Sensor Tag Application		36
Abbildung 22: Software Datalogger Configuration		36
Abbildung 23: Software Datalogger Application		37
Abbildung 24: Software Memory Domain		37
Abbildung 25: Software Demo		38
Abbildung 26: Demo		39
Abbildung 27: Beschleunigungssensor IMI 660 TO-5		40
Abbildung 28: Verstärkerstufen des MLX90129		41

Abbildung 29: Schaltschema Beschleunigungssensor	42
Abbildung 30: Abschwächung des Signals durch Widerstände oben	42
Abbildung 31: Abschwächung des Signals durch Widerstände unten	43
Abbildung 32: Eingangsspannung des AD-Wandlers	44
Abbildung 33: Umrechnung nach Signalabschwächung	45
Abbildung 34: Sensor Configuration.....	46
Abbildung 35: Datalogger Configuration	46
Abbildung 36: Diagramm Vorabtest.....	47
Abbildung 37: Umrechnung G-Werte	47
Abbildung 38: Umstellung auf 5ms.....	49
Abbildung 39: Aufbau Prüfanlage Bauhelm	50
Abbildung 40: Bauhelm auf Prüfkopf.....	51
Abbildung 41: Sensorbefestigung harter Sockel	51
Abbildung 42: Sensorbefestigung weicher Sockel	51
Abbildung 43: Fixierung des Sensors.....	52
Abbildung 44: Versuchskurven der ersten Vorabtests	53
Abbildung 45: Ausschnitt der Vorabversuche mit weichem Sockel.....	53
Abbildung 46: Verformung Sensor	54
Abbildung 47: Kurven der Versuche 1 und 2.....	55
Abbildung 48: Ausschnitt der Kurven der Versuche 3 bis 6	55
Abbildung 49: Riss im Helm	55
Abbildung 50: Ausschnitt charakteristischer Versuchskurven.....	56
Abbildung 51: neuer Sockel aus Holz	56
Abbildung 52 Anschluss neuer Sensor	57
Abbildung 53: Beschädigung durch Aufsetzen.....	57
Abbildung 54: Omron D6F-V	58
Abbildung 55: SPX SAF Series Air Flow Sensor.....	58
Abbildung 56: Anschluss des Omron D6F-V.....	59
Abbildung 57: Steckplatine für Luftstromsensor	59

Abbildung 58: Integration in den Zuluftschlauch	60
Abbildung 59: Abdichtung der Schlauchöffnung	60
Abbildung 60: Aufbau Gebläseatemschutz	61
Abbildung 61: Auslesefrequenz 5 Sekunden, Laufzeit 30 Minuten	62
Abbildung 62: Auslesefrequenz 1 Sekunde	62
Abbildung 63: Auswahl der Lichtsensoren	64
Abbildung 64: Aufbau der Operationsverstärkerschaltung.....	65
Abbildung 65: Pinbelegung des Operationsverstärkers	65
Abbildung 66: Schaltbrett für provisorischen Aufbau.....	66
Abbildung 67: Vorbereitung der Aufsteckplatine	67
Abbildung 68: fertige Aufsteckplatine	67
Abbildung 69: Schaltschema Operationsverstärker	68
Abbildung 70: Kunststoffrahmen für Lichtsensoren.....	68
Abbildung 71: Temperatursensor	69
Abbildung 72: Schweißgerät	70
Abbildung 73: Versuchsaufbau	70
Abbildung 74: Vergleich ohne Maske – mit Maske	72
Abbildung 75: Vergleich verschiedener Schutzstufen	72
Abbildung 76: Einstellungen für Sensor 2	73
Abbildung 77: Vergleich vor/nach Verlängerung der Kabel.....	74
Abbildung 78: Verlauf mit 2 Sensoren.....	75
Abbildung 79: Erreichen des Maximalwertes	75
Abbildung 80: mehrere Versuche, teilweise dieselben Werte	76
Abbildung 81: Unterschiedliche Verläufe Reaktionstest T10GD	77
Abbildung 82: Unterschiedliche Verläufe Reaktionstest BPX 61	77
Abbildung 83: SensLog Demo-Kit – Übersicht	81
Abbildung 84: SensLog Demo-Kit – Start / Stopp	82
Abbildung 85: SensLog Demo-Kit – Daten Ansicht.....	83
Abbildung 86: SensLog Demo-Kit – Winkel Ansicht.....	84

Abbildung 87: SensLog Demo-Kit – Daten Report / Export	85
Abbildung 88: SensLog-Demo-Kit – Information	85
Abbildung 89: SensLO-TS Beschleunigungsmessung – Übersicht.....	87
Abbildung 90: SensLO Beschleunigungsmessung – Konfiguration	88
Abbildung 91: SensLO Beschleunigungsmessung – Daten Ansicht	89
Abbildung 92: SensLO Beschleunigungsmessung – Daten Report / Export.....	90
Abbildung 93: SensLO Beschleunigungsmessung – Information	90
Abbildung 94: ABS – Helm1	92
Abbildung 95: HD-PE – Helm2	92
Abbildung 96: PF-SF – Helm3.....	93
Abbildung 97: UP-GF – Helm4	93
Abbildung 98: Gegenüberstellung der gealterten und der neuwertigen Versuchsproben	95
Abbildung 99: Aufbau der IFA-Testreihe 2	96
Abbildung 100: Elektronisches Equipment.....	97
Abbildung 101: Einstellung des Oszilloskops auf 2V/kN	98
Abbildung 102: Aktivierung des Elektromagneten und Positionierung des Fallkörpers	98
Abbildung 103: Feinjustierung der Fallhöhe und Beschriftung der Versuchsprobe.....	99
Abbildung 104: Kalibrierung des Datenloggers vor der Aktivierung	101
Abbildung 105: Montage des SensLO-TS an der Helmschale	102
Abbildung 106: Prüfereignis	102
Abbildung 107: Drucken und Prüfen des Oszilloskopberichtes.....	103
Abbildung 108: Auslesen der Daten aus dem Datenlogger.....	103
Abbildung 109: Daten Sichern.....	104
Abbildung 110: Schadensbild und Ausschlag über 5kN.....	105
Abbildung 111: Auswertung der Testreihe vom 25.09.2012 – erfasste Beschleunigung in g bei jeweils neuwertigem Helm105	
Abbildung 112: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 1 ohne UV-Einfluss .. 106	
Abbildung 113: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 1 mit UV-Einfluss 106	
Abbildung 114: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 2 ohne UV-Einfluss .. 106	
Abbildung 115: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 2 mit UV-Einfluss 107	

Abbildung 116: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 3 ohne UV-Einfluss ..	107
Abbildung 117: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 3 mit UV-Einfluss	107
Abbildung 118: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 4 ohne UV-Einfluss ..	108
Abbildung 119: Übergreifende Nummernstruktur	111
Abbildung 120: 6Bit-ASCII Kodierungstabelle	112
Abbildung 121: Ull	113
Abbildung 122: Klassifizierender Teil der Nummer	114
Abbildung 123: Prüf-ID	115
Abbildung 124: PSA-Produktklasse	116
Abbildung 125: Kodierung der 8 Produktgruppen	116
Abbildung 126: Schuhformen	119
Abbildung 127: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA	122
Abbildung 128: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA- öffentlicher Bereich – PSA-Suche.....	123
Abbildung 129: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA- öffentlicher Bereich – Kontrolle der PSA-Klassifizierungs-ID	124
Abbildung 130: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA - Registrierung.....	125
Abbildung 131: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA - Nutzerbereich.....	126
Abbildung 132: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA – erzeugend er PSA-Klassifizierungs-ID.....	126
Abbildung 133: Systemaufbau für die kombinierte Zutritts- und PSA-Kontrolle sowie Zeiterfassung	127
Abbildung 134: Die Beteiligten der Wertschöpfungskette PSA	128
Abbildung 135: textag@-laundry – UST 20100 der Firma deister electronic GmbH	130
Abbildung 136: (von links nach rechts) ELTEN TIM S3 – ELTEN BENNO S3 – ELTEN ARBORIST S2	130
Abbildung 137: Positionen der Transponder je Sicherheitsschuh	132
Abbildung 138: Transponderausrichtungen und Erfassungsrichtungen.....	134
Abbildung 139: Erfassungsreichweitendokumentation am Beispiel Schuh 21 und 22	138
Abbildung 140: Schuh 30 (links) und Schuh 29 (rechts) nach Einsatz auf der Baustelle.....	143
Abbildung 141: Öffnung Schuh 29 – Transponder 113	144
Abbildung 142: Öffnung Schuh 29 – Transponder 114	145
Abbildung 143: Öffnung Schuh 29 – Transponder 115	145
Abbildung 144: Öffnung Schuh 29 – Transponder 116	146

Abbildung 145: Messeaussteller	148
Abbildung 146: Funktionsweise Messeaussteller.....	149
Abb.147: Einsatz der RFID-Technik bei Schutz- und Arbeitsplattformnetzen.....	151
Abbildung 148: Schutznetz System S	153
Abbildung 149: Schutznetz System T Abbildung 150: Schutznetz System T (im Einsatz).....	153
Abbildung 151: Schutznetz System U Abbildung 152: Schutznetz System U (im Einsatz).....	154
Abbildung 153: Schutznetz System V Abbildung 154: Schutznetz System V (im Einsatz).....	155
Abbildung 155:Arbeitsplattformnetz mit Traversen	156
Abbildung 156: Befestigung eines Arbeitsplattformnetzes	157
Abbildung 157: Etikett von vorne (links) und hinten (rechts).....	158
Abbildung 158: Prüfmaschine mit Plombe	159
Abbildung 159: Vorder- (links) und Rückseite (rechts) des neuen Etiketts	160
Abbildung 160: Einspannung mittels Dornen (links) und Schlingen (rechts).....	161
Abbildung 161: Ist-Prozess "Prüfung der Prüfmaschinen"	162
Abbildung 162: Soll-Prozess "Prüfung der Prüfmaschinen"	164
Abbildung 163: Ist-Prozess "Sichtprüfung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschinenprüfung auf der Baustelle durch die BG BAU	165
Abbildung 164: Soll-Prozess "Kontrolle der Schutz- und arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschinenprüfung auf der Baustelle durch die BG BAU.....	168
Abbildung 165: Kontrolle eines Etiketts mittels Handleser	169
Abbildung 166: Zentrale Datenbank.....	171
Abbildung 167: RFID-Reader	172
Abbildung 168: Frog Abbildung 169: Frog 3D.....	173
Abbildung 170:Webx Abbildung 171: DogBone	173
Abbildung 172: Apparel 3D Abbildung 173: Butterfly	173
Abbildung 174:ALN-9662 SHORT Abbildung 175: ALN-9634 2x2 (TIE).....	173
Abbildung 176: ALN-9654 G Abbildung 177: ALN-9627 H	173
Abbildung 178: Etikett mit Transponder	174
Abbildung 179: Versuchsaufbau - Reichweitentest.....	175
Abbildung 180: Anmeldefenster „Prüfstelle“	177

Abbildung 181: Hauptmenü „Prüfstelle“	178
Abbildung 182: Untermenü „Prüfung Prüfmasche“	178
Abbildung 183: Untermenü „Statusänderung“	179
Abbildung 184: Demonstrationssoftware „Anmeldung“	180
Abbildung 185: Hauptmenü „BG BAU“	180
Abbildung 186: Untermenü „Kontrolle BG BAU“	181
Abbildung 187: Untermenü „Netzinformationen“	182
Abbildung 188: Untermenü „Sichtkontrolle BG BAU“	183
Abbildung 189: Logistikprozesse Netzhersteller und Netzvermieter	184
Abbildung 190: Ist-Prozess „Bearbeitung einer Anfrage“	185
Abbildung 191: Soll-Prozess „Bearbeitung einer Anfrage“	187
Abbildung 192: Vermietungssoftware.....	188
Abbildung 193: Ist-Prozess „Warenausgang“	190
Abbildung 194: Statusänderung (Ist).....	191
Abbildung 195: Soll-Prozess „Warenausgang“	192
Abbildung 196: Statusänderung (Soll).....	193
Abbildung 197: Ist-Prozess „Wareneingangskontrolle“	194
Abbildung 198: Statusänderung mit Rücklaufschein	195
Abbildung 199: Statusänderung mit Zettel	195
Abbildung 200: Soll-Prozess „Wareneingang“	197
Abbildung 201: Teilprozess „Statusänderung“	198
Abbildung 202: Nutzung eines UHF-RFID-Tags auf dem Helm zur Zutrittskontrolle in einer finnischen Werft der Akar Yards ASA.....	200
Abbildung 203: RFID-System „EPIS“ der SpanSet GmbH & Co.kg	201
Abbildung 204: RFID-System „iSafe“ von Capital Safety	202
Abbildung 205: Beispielhafte Darstellung der GUI-Software der Firma SMDLtd	206
Abbildung 208: Schematische Darstellung der PSA Kontrolle bei Mitarbeitern	209
Abbildung 209: Schematische Darstellung des PSA-Portals 1 für Mitarbeiter	210
Abbildung 210: Schematische Darstellung des PSA-Portals 2 für Mitarbeiter	211
Abbildung 211: Schematische Darstellung der PSA Kontrolle bei Besuchern	211

Abbildung 212: Schematische Darstellung des PSA-Portals für Besucher 212

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Rechtsgrundlagen und technische Regeln für PSA	6
Tabelle 3: Eigenschaften von Barcode und RFID-Systemen im Vergleich	19
Tabelle 4: Übersicht Abbildungen Software	34
Tabelle 5: Helmtests.....	52
Tabelle 6: Transmissionsanforderungen	63
Tabelle 7: Schutzstufe im Dunkelzustand	63
Tabelle 8: Anforderungen an die Schaltzeiten	64
Tabelle 9: Vergleich der Schutzstufen.....	78
Tabelle 10: Standardsystemeigenschaften des SensLO-TS.....	80
Tabelle 11: Systemeigenschaften des angepassten SensLO-TS	86
Tabelle 12: Materialeigenschaften	94
Tabelle 13: Versuchsschema IFA-Testreihe 2	100
Tabelle 14: Allgemeine Schema der Struktur einer PSA-Produktklasse	118
Tabelle 15: Struktur einer PSA-Produktklasse 4 –Fußschutz Teil 1.....	119
Tabelle 16: Struktur einer PSA-Produktklasse 4 –Fußschutz Teil 2.....	120
Tabelle 17: Struktur einer PSA-Produktklasse 4 –Fußschutz Teil 3.....	121
Tabelle 18: Einsatzbereiche der Versuchsproben und deren Verteilung	136
Tabelle 19: Zuordnung der Schuhnummern zu Modell und Einsatzbereich.....	137
Tabelle 20: Ergebnisse der Stichprobenartigen Überprüfung der Lesereichweiten	139
Tabelle 21: Auswertung der Reichweitenuntersuchungen	141
Tabelle 22: Langzeittragetestdokumentation Elektrobau	142
Tabelle 23: Auswertung der Langzeittragetests	143
Tabelle 24: Auswertung Transponderzustand.....	147
Tabelle 25: Zusammenfassung aller Teilergebnisse	147
Tabelle 26: Seilarten	155
Tabelle 27: Ergebnisse Reichweitentest	176

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

1D:	Eindimensional
2D:	Zweidimensional
3D:	Dreidimensional
4D:	Vierdimensional
ABS:	Acrylnitril-Butadien-Styrol
AutoID:	Automatische Identifikation
ADC:	Analog-Digital-Wandler
AID:	Application ID
AP:	Access Password
ASCII:	American Code for Information Interchange
BAuA:	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BG:	Berufsgenossenschaft
BG BAU:	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
BGR:	Berufsgenossenschaftliche Regeln
BUW:	Bergische Universität Wuppertal
CCD:	Charge-coupled Device
CE:	Conformité´ Européenne
CIN:	Company Identification Number
DGUV:	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DI:	Data Identifier
EDGE:	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EDV:	Elektronische Datenverarbeitung

EPC:	European Payments Council
ERP:	Effective radiated power
EU:	Europäische Union
EWG:	Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates
GPRS:	General Packet Radio Service
GPS:	General Positioning System
GPSGV:	Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz
GS:	Group Separator
GSM:	Global System for Mobile Communications
GUI:	General User Interface
HD-PE:	Hoch-Druck-Polyethylen
HF:	High Frequency
IAC:	Issuing Agency Code
ID:	Identifikation
IFA:	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
KAN:	Kommission für Arbeitsschutz und Normung
KP:	Kill Password
LF:	Low-Frequency
LuF:	Lehr und Forschungsgebiet
MB:	Memory Bank
MW:	Microwave
NEN:	Nederlands Normalisatie-Instituut
OCR:	Optical Character Recognition, deutsch: Texterkennung
OP:	Operationsverstärkerschaltung
PF-SF:	Phenol-Textil
PPE CID:	Personal Protection Equipment Classification-ID
PSA:	Persönliche Schutzausrüstung

PSA-BV:	PSA Benutzerverordnung
RFID:	Radio Frequency Identification
SN:	Serial Number
Tag:	Transponder (Kurzform)
TBI:	traumatic brain injuries
UHF:	Ultra-High-Frequency
UII:	Unique Item Identifier
UP-GF:	Polyester-Glasfaser
UV:	Ultraviolet

1 Titel und Laufzeit des Vorhabens

1.1 Titel

Deutscher Titel:

Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Techniken

Bei, während der Projektlaufzeit getätigten, internationalen Veröffentlichungen und Präsentationen wurde folgender englischer Titel verwendet.

Englischer Titel:

Life cycle data of PPE with AutoID-Systems

1.2 Laufzeit

Aus verschiedenen Gegebenheiten begründeten sich die unten angegebenen, kostenneutralen Laufzeitverlängerungen. Diese sind an den entsprechenden, inhaltlich sinnvollen Passagen, dieses Dokuments näher erläutert.

Projektlaufzeit: 18 Personenmonate

Projektstart: 01.04.2010

Geplantes Projektende: 30.09.2011

1. kostenneutrale Laufzeitverlängerung: 01.03.2012

2. kostenneutrale Laufzeitverlängerung: 30.06.2012

3. kostenneutrale Laufzeitverlängerung: 31.10.2012

Endgültige Projektlaufzeit: 32 Kalendermonate

2 Problemstellung

2.1 Einleitung

Arbeitsunfälle verursachen persönliches Leid. Die gesundheitlichen Beeinträchtigungen der betroffenen Arbeitnehmer führen zu betriebs- und volkswirtschaftlichen Schäden. Hierbei sind die offiziellen Arbeits- und Wegeunfallstatistiken in Deutschland zum aktuellen Zeitpunkt nicht sehr detailliert und aussagekräftig im Hinblick auf die Detailspekte der Unfallursachen. Zwar beziffern die Statistiken absolute Zahlen, nicht jedoch die Hintergründe, insbesondere der tödlichen Unfälle.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat sich unter anderem das Beschreiben dieser Hintergründe zum Ziel gesetzt, um zu ermitteln, an welchen Schwerpunkten eine zielgerichtete Unfallprävention ansetzen muss. Im Oktober 2012 wurde zu diesem Thema eine Untersuchung „Tödliche Arbeitsunfälle 2001 – 2010“¹ veröffentlicht. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, dass der sachgerechte Einsatz von angemessener Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) zu den Schlüsselfaktoren zur Vermeidung von tödlichen und schweren Arbeitsunfällen gehört. In dem betrachteten Zeitraum hätten bis zu 328 Unfallopfer (11,7%) ihr Leben nicht verlieren müssen, wenn die PSA vorgeschrieben, gestellt, genutzt und intakt gewesen wäre. Die Untersuchung der BAuA hat sich das Beschreiben der Hintergründe für tödliche Unfälle zum Ziel gesetzt, um zu ermitteln, an welchen Schwerpunkten eine zielgerichtete Unfallprävention ansetzen muss.

Die verschiedenen Gegenstände der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) liefern also einen hohen Beitrag zur Verhinderung von Arbeitsunfällen. Dabei sind jedoch die zeit- und nutzungsabhängigen Eigenschaften von Leistungsmerkmalen der PSA von wesentlicher Bedeutung.

Vom Arbeitgeber sind in diesem Zusammenhang bei einer „Gefährdungsbeurteilung nach §5 des Arbeitsschutzgesetzes ... die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung von Arbeitsmitteln zu ermitteln.“² Zu den vom Arbeitgeber einzuleitenden Maßnahmen zählen hierbei die Bereitstellung geeigneter PSA je Arbeitsplatzprofil, die Überprüfung der zur Verfügung gestellten PSA im Hinblick auf Vollständigkeit und Schutzart, Alterung, Kompatibilität und die Einhaltung von Prüfterminen.

¹ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Tödliche Arbeitsunfälle 2001 – 2010, Online: http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Unfaelle/toedliche-Arbeitsunfaelle/pdf/Unfaelle.pdf?__blob=publicationFile&v=6; Stand: 10/2012

² Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)

Während die Gefährdungsbeurteilung selbst, also die Ermittlung der notwendigen PSA, klar geregelt und die Überprüfung der Vollständigkeit der PSA durch das Lehr und Forschungsgebiet (LuF) Baubetrieb und Bauwirtschaft im Abgeschlossenen Forschungsprojekt „Sicherheitstechnik mit Radio Frequency Identification (RFID)“ beforscht wurde, befasste sich das in diesem Dokument beschriebene Forschungsvorhaben, „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönlichen Schutzausrüstung mit AutoID-Systemen“, mit der Überprüfung der übrigen zu kontrollierenden Aspekte. Alterung, Kompatibilität und die Einhaltung von Prüfterminen stellen sowohl zeit- als auch nutzungsabhängige Leistungsmerkmale, also lebenszyklusbezogene Daten von PSA dar.

2.2 Hintergründe

Parallel zu dem angesprochenen Forschungsprojekt „Sicherheitstechnik mit RFID“ hat die Kommission für Arbeitsschutz und Normung KAN in enger Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft BG BAU die Studie „Zeitabhängige Leistungsmerkmale von PSA und ihre Berücksichtigung in Normen (KAN-Bericht 39)“³ erarbeitet.

Diese Studie zeigt auf, dass bereits heute verschiedene Möglichkeiten genutzt werden, zeit- oder nutzungsabhängige Leistungsmerkmale von PSA in einer Norm zu berücksichtigen:

- direkte Produktanforderung
- Anforderungen an die Materialeigenschaften der PSA
- Festlegungen in Prüfverfahren
- Kennzeichnung der PSA
- (Warn-) Hinweise in der Benutzerinformation.

Darüber hinaus wird im KAN-Bericht 39 jedoch auch festgestellt, dass sich die praxisnahe Berücksichtigung von zeitabhängigen Leistungsmerkmalen in Normen durch reine Produktanforderungen allgemein für alle PSA-Arten aufgrund unzähliger Kombinationsmöglichkeiten der folgenden Einflussfaktoren, schwierig gestaltet.

- Art und Dauer der Nutzung,
- äußeren Einwirkungen (u. a. chemisch, physikalisch und mechanisch)
- Intensität der jeweiligen Einwirkungen auf die PSA

Damit ist eine Voraussage über eine mögliche Beanspruchung mit den gegebenen Möglichkeiten bisher nicht uneingeschränkt möglich.

³ Kommission für Arbeitsschutz und Normung KAN (Hrsg.): KAN-Bericht 39 – Zeitabhängige Leistungsmerkmale von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) und ihre Berücksichtigung in Normen, Medienhaus Plump, Rheinbreitbach, 2007

Auch die in den PSA-Normen teilweise schon enthaltenen Klassifizierungen in Leistungsstufen und/oder Schutzklassen, die in Verbindung mit Hinweisen auf spezielle Anwendungsbereiche kombiniert zur Vermeidung falscher oder zu langer Einsatzzeiten beitragen können, lassen nicht immer Rückschlüsse auf die tatsächliche Gebrauchsdauer der PSA zu, weil die tatsächlichen Risiken und die Intensität der Verwendung durch die Normen nicht identifiziert werden können.

So heißt es auf Seite 8 des KAN-Berichts 39:

„Die praxisnahe Berücksichtigung von zeit- und nutzungsabhängigen Leistungsmerkmalen in Normen durch reine Produkthanforderungen gestaltet sich allgemein schwierig. Aufgrund unzähliger Kombinationsmöglichkeiten der Einflussfaktoren, wie z. B. der Art und Dauer der Nutzung, äußeren Einwirkungen (u. a. UV-Strahlung oder klimatische Bedingungen) und der Intensität der Einwirkungen auf die PSA, sind Voraussagen über eine mögliche Beanspruchung nicht uneingeschränkt möglich.“⁴

In diesem Zusammenhang verweist auch der Bericht bereits auf die Möglichkeit, einer Abnahme der Schutzwirkung durch Alterung oder durch Gebrauch mit technischen Entwicklungen, wie z.B. der RFID-Technologie, entgegenwirken zu können.

Hier setzt das Forschungsprojekt „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönlichen Schutzausrüstung mit AutoID-Systemen“ an.

Die Mitarbeiter des LuF Baubetrieb und Bauwirtschaft befassten sich also mit der Identifizierung der zeitabhängigen Leistungsmerkmale und der Identifizierung eines geeigneten AutoID-Systems sowie der entsprechenden Komponenten um eben diese Leistungsmerkmale zu erfassen und zu dokumentieren. Abschließend ist eine marktgerechte Umsetzbarkeit der beforschten Systeme zu bewerten. Im folgenden Kapitel werden diese Forschungsziele differenziert erläutert.

⁴Kommission für Arbeitsschutz und Normung KAN (Hrsg.): KAN-Bericht 39 – Zeitabhängige Leistungsmerkmale von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) und ihre Berücksichtigung in Normen, Medienhaus Plump, Rheinbreitbach, 2007, S. 8

3 Forschungszweck/-ziel

Im Rahmen zahlreicher Forschungsprojekte untersucht das Lehr- und Forschungsgebiet (LuF) Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal bereits seit 2005 den Einsatz von AutoID-Systemen, insbesondere der Radio Frequency Identification (RFID), zur Optimierung von Prozessen u.a. mit Fokus auf den Arbeitsschutz. Die in diesen Forschungsprojekten erzielten Ergebnisse und erlangten Erkenntnisse eröffnen breite Möglichkeiten zur Generierung von Mehrwerten durch eine RFID-basierte Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA. Diese eindeutige Kennzeichnung und Klassifizierung ist weiterhin zwingend und unumgänglich erforderlich für eine Erfassung und Zuordnung von lebenszyklusbezogenen Daten von PSA-Produkten.

Auf Basis der intensiven Begleitung der Normungsarbeit des Arbeitskreises „RFID bei PSA“, der als Sonderausschuss unter dem Beirat des Normenausschuss PSA im DIN geführt wird, setzt das Forschungsprojekt „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen“ deshalb bei der Erkenntnis an, dass die AutoID-Technologien eine probate Lösung zur Erfassung der Lebenszyklusdaten von Gegenständen der persönlichen Schutzausrüstung im Hinblick auf zeitabhängige Leistungsmerkmale sein können. Um das volle Nutzenpotenzial auch unternehmensübergreifend entlang der Wertschöpfungskette von PSA-Produkten, d.h. vom PSA-Hersteller über den Anwender, die Berufsgenossenschaften bis zu den Unfallversicherern und zum Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand, ausschöpfen zu können und eine Etablierung der RFID-Technik auf dem Markt zu gewährleisten, soll eine Methode zur langfristigen, standardisierten Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA-Produkten entwickelt werden, um eine Möglichkeit zur automatischen Erfassung von Lebenszyklusdaten von PSA zu schaffen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes soll auch die technische Umsetzung erforscht werden. In diesem Zusammenhang sollen Vorschläge zur Auswahl geeigneter RFID-Transponder, ggf. in Kombination mit Sensorik, sowie zur Art, dem Ort und des optimalen Zeitpunkts zur Integration des Datenträgers in das PSA-Produkt definiert werden.

Im Laufe des Forschungsprojektes ergab sich weiterhin die Beforschung einer prozessintegrativen Nutzung der AutoID-Techniken im Hinblick auf lebenszyklusrelevante Eigenschaftsdokumentation der Produktgruppe Schutznetze, Sachgebiet 10 des Fachausschusses „Persönliche Schutzausrüstung“ der BG. In diesem Zusammenhang sollten Untersuchungen der entsprechenden Prozesse und der erzielbaren Mehrwerte, durch den Einsatz von AutoID-Systemen, für die Beteiligten, wie Hersteller und Vermieter, BG und Unfallversicherungsträger, mit Fokus auf die zeitabhängigen Leistungsmerkmale durchgeführt werden.

4 Grundlagen

Verfasser: M.Sc. Agnes Kelm

4.1 Grundlagen persönlicher Schutzausrüstung

„Persönliche Schutzausrüstungen sind Vorrichtungen und Mittel, die zur Abwehr und Minderung von Gefahren für Sicherheit und Gesundheit einer Person bestimmt sind und von dieser am Körper getragen werden. Sie sind nach dem Geräte- und Produktsicherheitsgesetz den Technischen Arbeitsmitteln gleichgestellt und werden im Einzelnen in der 8. VO zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz behandelt, durch die die Richtlinie 89/686/EWG über das Inverkehrbringen persönlicher Schutzausrüstung in deutsches Recht umgesetzt wird. Die VO gilt nicht nur für persönliche Schutzausrüstung, die für die Bundeswehr, den Zivilschutz, die Polizei oder im Privatbereich zum Schutz gegen Witterungseinflüsse, Feuchtigkeit, Wasser und Hitze, zur Selbstverteidigung oder zur Rettung von Schiffs- und Flugzeugpassagieren bestimmt ist.“⁵

Die Rechtsvorschriften und ausgewählte technische Regeln für das Inverkehrbringen und Benutzen sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Rechtsgrundlagen und technische Regeln für PSA⁶

Regelungsgegenstand	Rechtsgrundlagen		Technische Regeln
	europäisch	national	
Produktsicherheit	89/686/EWG Änderungen: 93/68/EWG 93/95/EWG 96/58/EG	8. GPSGV	DIN EN 352 (Gehörschutz) DIN EN 340 (Schutzkleidung) DIN EN 388 (Schutzhandschuhe) ...
Arbeitssicherheit	89/656/EWG	PSA-BV	BGR 192 (Augen- und Gesichtsschutz) BGR 193 (Kopfschutz) BGR 197 (Hautschutz)

⁵ Taschenbuch Arbeitssicherheit, G. Lehder, R. Skiba S. 507

⁶ Vgl. Taschenbuch Arbeitssicherheit, G. Lehder, R. Skiba S. 508

„Persönliche Schutzausrüstung darf nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie den grundlegenden Anforderungen für Sicherheit und Gesundheitsschutz nach Anhang II der Richtlinie 89/686/EWG entspricht. Folgende allgemeine Anforderungen an persönliche Schutzausrüstung en sind besonders wichtig:

- Sie muss den Träger möglichst wirksam und genügend lange schützen.
- Sie darf im Einsatz keine Gefahren oder Störungen verursachen.
- Sie muss gut passen, unkompliziert zu handhaben, bequem und möglichst leicht sein.
- Sie muss lagerfähig und alterungsbeständig sein.
- Sie muss hygienisch und hautverträglich sein.
- Sie muss einfach zu warten und leicht zu reinigen sein. Sie darf dadurch nicht ihre schützende Wirkung verlieren.
- Das Aussehen soll möglichst ansprechend sein.

Der persönlichen Schutzausrüstung müssen Informationen mit allen erforderlichen Angaben beigefügt werden, u.a. über Wartung, Desinfizierung, Schutzklasse, Ersatzteile, Verfallszeit und Bedeutung etwaiger Markierungen.⁷

„Persönliche Schutzausrüstung muss die CE-Kennzeichnung besitzen. Voraussetzungen hierfür Konformitätsprüfung und -erklärung. Hinsichtlich der Prüfung werden drei Kategorien je nach Schutzzweck unterschieden:

Kategorie I, Schutz vor geringfügigen Risiken: Die Konformität wird durch den Hersteller selbst geprüft. Unter diese Kategorie fällt einfache persönliche Schutzausrüstung, bei der der Benutzer selbst die Wirksamkeit gegenüber geringen Risiken beurteilen kann, z.B. Gartenhandschuhe, Fingerhüte, Handschuhe bei Temperaturen bis 50°C, Schutzausrüstung gegen übliche Witterungseinflüsse, schwache Stöße und geringfügige Schwindungen sowie Sonnenbrillen. Kennzeichnung CE, zusätzliche Abgabe der beiden Letzen Ziffern des Anbringungsjahrs möglich. Kategorie II, Schutz vor mittleren Risiken: Durch eine entsprechend zugelassene (notifizierte) ist eine EU-Baumusterprüfung durzuführen. Unter diese Kategorie fällt der größte Teil der im Betrieb getragenen persönlichen Schutzausrüstung, z.B. Schutzhandschuhe, Sicherheits- und Schutzschuhe, Schutzbrille, Gehörschutz usw. Kennzeichnung: CE + die beiden letzten Ziffern des Anbringungsjahres. Kategorie III, Schutz vor großen Risiken, z.B. tödlichen Gefahren und irreversiblen Schäden; Verwendung von komplexer Schutzausrüstung: Vorgeschieden ist außer der Baumusterprüfung ein Qualitätssicherungsverfahren bei der Herstellung von der persönlichen Schutzausrüstung. Entweder überprüft dabei eine zugelassene Stelle stichprobenartig die Endprodukte oder der Hersteller prüft nach einem eigenen Qualitätsüberwachungsverfahren seine Fertigung, wobei eine zugelassene Stelle das Verfahren genehmigen und überwachen muss. Unter diese Kategorie fallen z.B. Atemschutzgeräte, Absturzsicherungen und persönliche Schutzausrüstung bei der Arbeit unter gefährliche Spannung.⁸

⁷ Taschenbuch Arbeitssicherheit, G. Lehder, R. Skiba S. 507 f.

⁸ Taschenbuch Arbeitssicherheit, G. Lehder, R. Skiba S. 507 f.

4.1.1 PSA-Leistungsmerkmale

Auf der Grundlage des eingangs erwähnten KAN-Berichts 39 erfolgt eine Einschätzung einzelner PSA-Arten hinsichtlich des durchgeführten Forschungsvorhabens. Im Folgenden wird eine erste Differenzierung vorgenommen und exemplarisch dargestellt:

- **Atemschutz:**
„Zusätzlich zu der standardisierten Gebrauchsanleitung wird zur Sicherung der Schutzwirkung der Atemschutzgeräte eine Empfehlung über Wartungsintervalle von Atemschutzgeräten durch Sachkundige, sofern wieder verwendbar, in den Normen für sinnvoll erachtet.“⁹

Ergänzend dazu kann auch die Erfassung von Kombinationsmöglichkeiten von Atemschutzgerät und Atemschutzfilter und deren Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen sinnvoll sein.

- **Kopfschutz:**
„... hängt die Haltbarkeit der Helmschalen von Witterungseinflüssen wie z. B. Sonneneinstrahlung, Luftverunreinigung, Luftfeuchtigkeit oder Temperatur ab. Herstellerbezogene Aspekte sind Art und Qualität des verwendeten Ausgangskunststoffes, die zugegebenen UV-Stabilisatoren sowie fertigungstechnische Parameter. Weitere Einflussfaktoren sind die mechanische Beanspruchung während der Gebrauchsdauer bzw. der individuelle Umgang des Anwenders mit dem Schutzhelm (Einsatzdauer, Einsatzort, Pflegeverhalten, Lagerung). [...] d.h. die Schutzeigenschaften dürfen sich u.a. durch die Alterung nicht ändern. Dazu, anhand welcher Kriterien der Hersteller das überprüfen kann, treffen die Normen keine Aussage. [...] Neben Angaben oder Empfehlungen bezüglich Lagerung, Gebrauch, Reinigung, Instandhaltung, Wartung und Desinfektion werden nun auch Hinweise auf eine visuelle Inspektion und Angaben zur voraussichtlichen Lebensdauer gefordert.

Die Länge der Lebensdauer dieses Helmes wird durch die in seiner Konstruktion verwendeten Werkstofftypen sowie die Umgebungen, in denen der Helm benutzt und gelagert wird, beeinflusst. Empfehlungen dazu sollten vom Hersteller angefordert werden.“¹⁰

- **Gehörschutz:**
„Nach Expertenmeinung finden Leistungsänderungen durch Gebrauch oder Alterung in den Normen EN 352-1 bis -3:2002 „Allgemeine Anforderungen verschiedener Kapselgehörschützer und Gehörschutzstöpsel“ nicht ausreichend Berücksichtigung.

⁹ Kommission für Arbeitsschutz und Normung KAN (Hrsg.): KAN-Bericht 39 – Zeitabhängige Leistungsmerkmale von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) und ihre Berücksichtigung in Normen, Medienhaus Plump, Rheinbreitbach, 2007, S. 56

¹⁰ ebenda, S. 69f.

Beispielhaft können hier Kapselgehörschützer genannt werden, deren Dichtungskissen durch äußere Einflüsse (z. B. UV-Strahlung, Hitze, Öle) verhärten oder verspröden können.

Entsprechende Prüfungen der Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen und Empfehlungen zum Austausch, sofern dies möglich ist, sind in den Normen nicht enthalten.“¹¹

- PSA gegen Absturz und Abseilgeräte:

„Bei PSA gegen Absturz ist es schwierig, durch Prüfungen der PSA auf die Praxis übertragbare Ergebnisse zu zeitabhängigen Leistungsmerkmalen zu erhalten. Die Randbedingungen für den Einsatz und somit die Einflüsse auf die Ausrüstung sind so zahlreich, dass zwar die ungünstigste Belastung auf die Ausrüstung nachgestellt werden kann, damit aber nicht die reale Anwendung der PSA widerspiegeln würde. Eine Beurteilung der Lebens- oder Verwendungsdauer von PSA gegen Absturz auf Grundlage der ungünstigsten Belastung wäre unverhältnismäßig gegenüber der tatsächlichen Handhabung.“¹²

„Des Weiteren muss jede PSA eine Chargen- oder Seriennummer des Herstellers oder ein anderes Zeichen für die Rückverfolgung haben. Diese Anforderung soll dem Benutzer oder Sachkundigen ermöglichen, Informationen vom Hersteller über das Produkt anzufordern, wie z. B. das Herstellungsdatum. Auch für den Bereich „Abseilgeräte“ kann zusammenfassend gesagt werden, dass zeitabhängige Leistungsänderungen ausreichend Berücksichtigung finden. Der Benutzer kann die Gebrauchsdauer von Abseilgeräten anhand der Kennzeichnung am Gerät feststellen. Analog zu PSA gegen Absturz ist auch hier der Benutzer in der Lage, mit Hilfe der Informationen des Herstellers die Schutzwirkung der PSA zu beurteilen.“¹³

- Fußschutz:

„Vor der Prüfung der Durchtrittsicherheit von durchtrittsicheren Einlagen und der Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Zehenkappen aus nicht metallischen Werkstoffen gegenüber Stoßbeanspruchung werden die Prüflinge einer chemischen oder thermischen Alterung ausgesetzt. Durch diese Vorbehandlungen sollen mögliche negative Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit festgestellt werden, die zu einer Abnahme der Schutzwirkung führen können. [...] Alterung von Fußschutzausrüstung sind im Wesentlichen von der Beanspruchung und der Pflege abhängig.

¹¹ Kommission für Arbeitsschutz und Normung KAN (Hrsg.): KAN-Bericht 39 – Zeitabhängige Leistungsmerkmale von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) und ihre Berücksichtigung in Normen, Medienhaus Plump, Rheinbreitbach, 2007, S. 75

¹² ebenda, S. 80

¹³ ebenda, S. 81

Daher wird von den Experten empfohlen, dass die beizulegende Information in diesem Punkt weitergehende Angaben enthalten sollte, die dem Benutzer die Feststellung ermöglichen, inwieweit die Schuhe einsatzfähig sind. Augenscheinliche Abnutzungen wie z. B. ein abgelaufenes Profil der Laufsohle oder eine freiliegende Zehenkappe sind durch den Benutzer zu erkennen.“¹⁴

- **Schutzkleidung und Handschutz:**

„Es kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Abnahme der Schutzwirkung durch Gebrauch in den Normen nicht immer ausreichend abgedeckt wird. Es muss jedoch beachtet werden, dass der Gebrauch, wie er in der Praxis vorkommt, nicht simuliert werden kann. Hauptsächlich liegt das an unzähligen Faktoren, die Einfluss auf die Schutzkleidung und -handschuhe nehmen können und die eine Minderung der Schutzwirkung zur Folge haben können. Bei Schutzhandschuhen wird bemängelt, dass die Degradation, die großen Einfluss auf die Schutzwirkung haben kann, keinen ausreichenden Niederschlag in Prüfverfahren findet. [...] Hinzu kommt, dass in einigen Normen die entsprechenden Festigkeitsprüfungen durchgeführt werden, bevor und nachdem die Probe den maximalen Reinigungszyklen nach Angabe des Herstellers ausgesetzt war. Die dabei ermittelte niedrigste Leistungsstufe wird in der Herstellerangabe angegeben, um dem Anwender auch nach der möglichen negativen Einwirkung der Reinigung den höchstmöglichen Schutz zu gewährleisten.“¹⁵

- **Stechschutz:**

„Die Erfahrung aus der Praxis hat gezeigt, dass die Anforderungen an die PSA, die in den Normen festgelegt sind, den Anforderungen aus der Praxis gerecht werden.

Zudem bieten die Informationen in der Gebrauchsanleitung dem Benutzer eine ausreichende Grundlage zur Beurteilung von nutzungs- oder alterungsbedingten Leistungsänderungen von PSA gegen Schnitte und Stiche.“¹⁶

- **Persönliche Schutzausrüstung gegen Ertrinken:**

„Durch die Kennzeichnung und die vom Hersteller mit zuliefernden Informationen ist der Benutzer in der Lage, die Schutzwirkung von persönlichen Auftriebsmitteln zu bestimmen. Es wird somit die Auffassung vertreten, dass die Einflüsse von Nutzung und Alterung in der prEN-ISO-Reihe ausreichend Berücksichtigung finden.“¹⁷

¹⁴ Kommission für Arbeitsschutz und Normung KAN (Hrsg.): KAN-Bericht 39 – Zeitabhängige Leistungsmerkmale von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) und ihre Berücksichtigung in Normen, Medienhaus Plump, Rheinbreitbach, 2007, S. 85

¹⁵ ebenda, S. 114

¹⁶ Kommission für Arbeitsschutz und Normung KAN (Hrsg.): KAN-Bericht 39 – Zeitabhängige Leistungsmerkmale von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) und ihre Berücksichtigung in Normen, Medienhaus Plump, Rheinbreitbach, 2007, S. 119

¹⁷ ebenda, S. 123

Die Erkenntnisse innerhalb des vorliegenden Arbeitspaketes sind sinnvollerweise durch die Rückkopplung zu den verschiedenen Einsatzbereichen von PSA (vertreten durch die Berufsgenossenschaften sowie weitere berufsständische Vertreter) innerhalb eines Workshops mit deren Bedürfnissen abzugleichen.

4.1.2 Grundlagen zu Schutz- und Arbeitsplattformnetzen

Mitwirkende: *kand. B.Sc. Waldemar Kneib*

Die allgemeine Beschreibung zum Thema Schutz- und Arbeitsplattformnetze erfolgt anhand der DIN EN 1263-1, DIN EN 1263-2, BGI 622 und der BGR 179. Dabei werden die allgemeinen Anforderungen an die Konstruktion von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen sowie deren Kennzeichnung und die unterschiedlichen Arten beschrieben.

Die Garne zur Herstellung von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen werden hauptsächlich aus Kunstfaserstoffen, wie Polyethylen, Polypropylen, Polyamid und Polyester erzeugt.¹⁸

Bei der Herstellung werden in der Regel zwei Verfahren eingesetzt. Bei dem ersten werden knotenlose Netze, überwiegend aus Polypropylen, hergestellt. Diese Netze besitzen eine hohe Flexibilität, jedoch wegen der besonderen Struktur der Garne eine geringere Belastbarkeit, als geknotete Netze.¹⁹ Bei der Konstruktion muss darauf geachtet werden, dass eine ausreichende Laufmaschenhemmung vorhanden ist. Diese ist gegeben, sobald sich eine Schadensstelle nicht auf weitere Netzmaschen ausbreitet.²⁰

Geknotete Netze haben eine höhere Reißfestigkeit und besitzen in der Regel eine längere Lebensdauer, als knotenlose Netze. Außerdem lassen sie sich leichter manuell reparieren.²¹ Eine Laufmaschenhemmung ist verfahrensbedingt automatisch gegeben und muss nicht extra nachgewiesen werden.²²

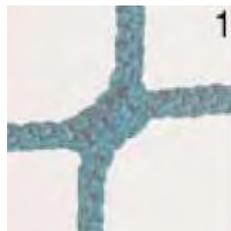


Abbildung 1: knotenloses Netz²³



Abbildung 2: geknotetes Netz²⁴

¹⁸ Vgl. Dost, Ferdinand (2012) Materialinformationen, Online: <http://www.dost-netze.de/matinfo.html?L=0> (Stand 25.07.2012)

¹⁹ Vgl. ebenda (Stand 25.07.2012)

²⁰ Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S.13

²¹ Vgl. Dost, Ferdinand (2012) Materialinformationen: <http://www.dost-netze.de/matinfo.html?L=0> (Stand 25.07.2012)

²² Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 13

²³ Dost, Ferdinand (2012) Materialinformationen: <http://www.dost-netze.de/matinfo.html?L=0> (Stand 25.07.2012)

Eine weitere Unterscheidung bei der Herstellung der Netze ergibt sich aus der Maschenanordnung. Diese kann entweder quadratisch (Q) oder rhombisch (D) sein. Die Maschenanordnung kann vom Hersteller nach Belieben gewählt werden, denn sie hat keine Auswirkung auf die Tragfähigkeit der Netze.²⁵

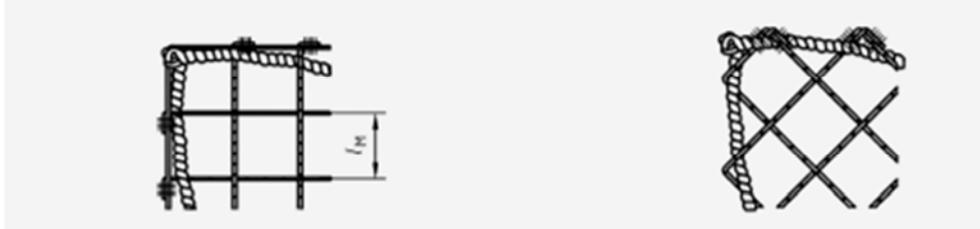


Abbildung 3: Quadratische (links) und rhombische Maschenanordnung (rechts)²⁶

Des Weiteren müssen die Randmaschen, mittels einer festen Abschlusskante, gegen äußere Beschädigungen gesichert werden.²⁷ Diese weist einen Durchmesser von etwa 5 bis 7mm auf und ist somit ca. 2 bis 3mm dicker als die übrigen Netzmaschen. Dadurch wird eine höhere Widerstandskraft der Randmaschen gewährleistet.

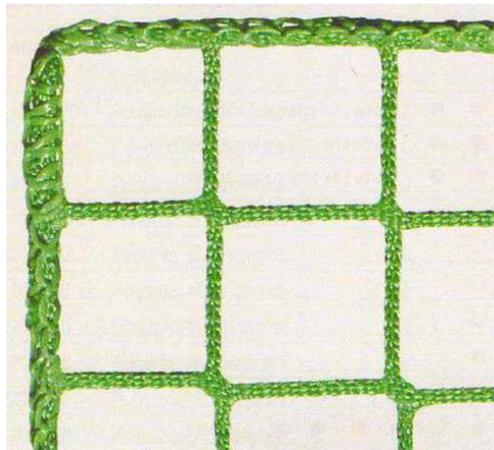


Abbildung 4: Feste Abschlusskante²⁸

Auch für die PSA-Gruppe der Schutznetze sind entsprechende Leistungsmerkmale definiert, welche innerhalb definierter Prüfzyklen zu überprüfen sind. Diese lebenszyklusrelevanten Grundlagen der Schutz- und Arbeitsplattformnetze werden innerhalb der unter Kapitel 6.4 dargestellten Inhalte eingehend und im Zusammenhang mit den entsprechend erzielten Ergebnissen näher erläutert.

²⁴ Dost, Ferdinand (2012) Materialinformationen: <http://www.dost-netze.de/matiinfo.html?L=0> (Stand 25.07.2012)

²⁵ Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S.13

²⁶ Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 13

²⁷ Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 13

²⁸ Online: http://img.directindustry.de/images_di/photo-m2/schutznetze-aus-kunststoff-16589-2789671.jpg (Stand 18.08.2012)

4.2 Grundlagen AutoID-Systeme

Automatische Identifikations- und Datenerfassungssysteme (AutoID-Systeme) umfassen Techniken zur Identifizierung, Datenerhebung, Datenerfassung und Datenübertragung. Umgesetzt werden diese Techniken in Barcode-, Smart-Label-, Biometrie-, mobilen Datenerfassungs-, OCR-, RFID-, Spracherkennungs- und Chipkartenanwendungen. Durch eine automatische Bereitstellung beziehungsweise Zuordnung von Informationen zu Personen und Gütern ermöglichen sie es den Forderungen nach schneller, kostengünstiger und integrierter Datenerfassung für Verwaltung, Logistik und Handel im Sinne eines Supply Chain Management (SCM) nachzukommen. Abbildung 5 zeigt die wichtigsten AutoID Anwendungen im Überblick. Im folgendem werden im Wesentlichen die Barcode und RFID-Systeme in ihrer Funktionsweise beschrieben und die Vor- und Nachteile jeweils dargelegt.

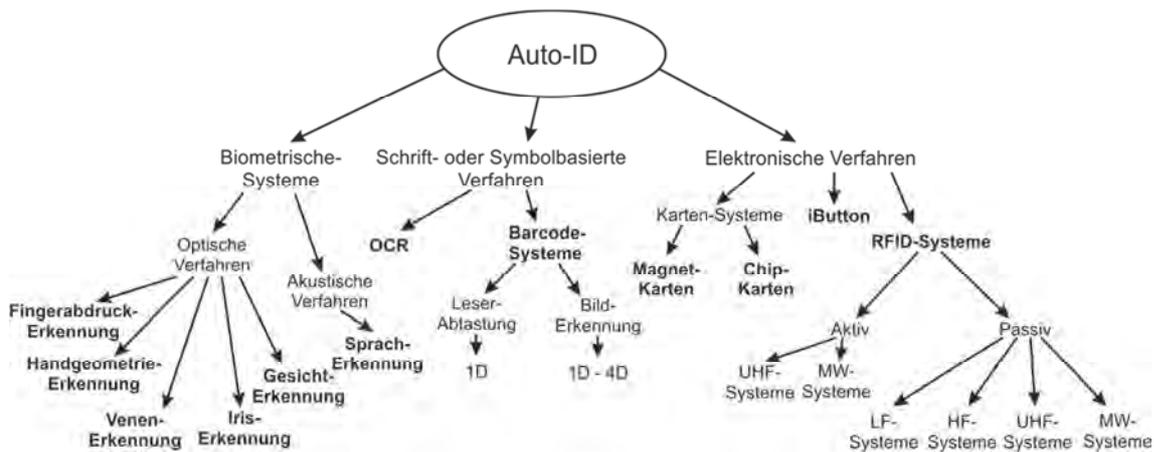


Abbildung 5: AutoID-System in der Übersicht

4.2.1 Grundlagen Barcode-System

Barcodes, auch Strich- oder Balken-Codes genannt, sind die Kennzeichnungsträger des heute am weitesten verbreiteten AutoID-Systems. Sie werden maschinell gelesen und eine Auswertung erfolgt wie bei RFID-Systemen in EDV-Systemen.

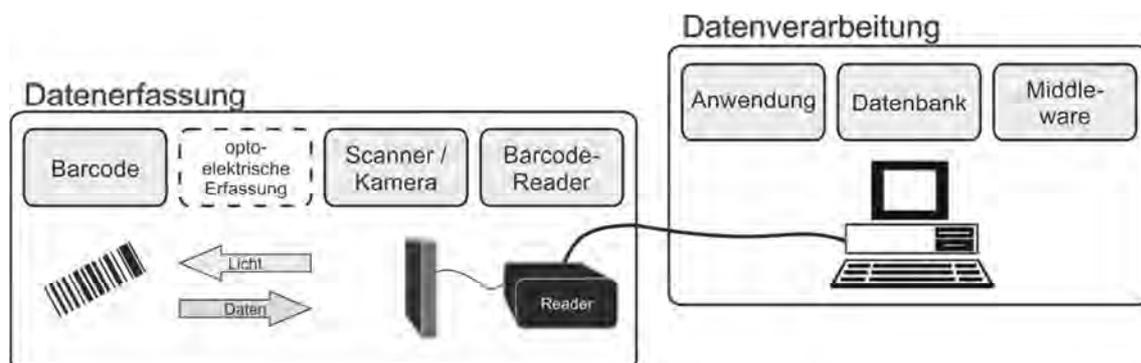


Abbildung 6: Barcode-System in der Übersicht

4.2.1.1 Erfassungsarten

Ein Barcodeleser ist ein Datenerfassungsgerät, das Barcodes erfassen und die Informationen weitergeben kann. Ein Barcodeleser besteht aus der Leseinheit und der nachgeschalteten Dekodier-Einheit. Die Erfassung der Barcodes erfolgt in Abhängigkeit der Dimension mittels Laser-Abtastung (1D Code) oder mittels Bildauswertung (1D bis 4D Code). Fast alle Leser sind mittlerweile als stationäre, als kabelgebundene Handscanner oder als mobile Erfassungsgeräte auf dem Markt erhältlich (z. B. Lesestift, Durchzugsleser für Barcode-Karten, CCD-Scanner, Laserscanner, Kamera-Scanner (Imager), Handy-Scanner). Die dekodierten Daten können anschließend über verschiedene Schnittstellen an das übergeordnete System weitergegeben werden.

4.2.1.2 Barcode-Typen

Der Strich- bzw. Barcode ist ein Binärcode aus einer Aneinanderreihung von vertikalen, parallel angeordneten Strichen (engl. bars) mit unterschiedlichen Breiten und Zwischenräumen. Die Kennzeichnung erfolgte ursprünglich in Form von eindimensionalen (1D) Barcodes. Derzeit existieren daneben bereits Codierungen in bis zu vier Dimensionen.

Eine zweidimensionale Lesbarkeit bedeutet z.B., dass das Lesen des Codes von links nach rechts und zusätzlich von oben nach unten möglich ist und somit eine höhere Speicherkapazität und Fehlerkorrektur ermöglicht wird. Aber auch die Farbigkeit der Striche eines 1D-Strichcodes kann als zweite Dimension genutzt werden. Für die Lesbarkeit farbiger Barcodes ist eine Bildauswertung erforderlich. In Verbindung mit Displays und Techniken der Videoauswertung wurde ferner die Dimension der Veränderbarkeit über die Zeit für die Barcode-Technik eröffnet.

4.2.1.3 Barcode-Formen

Barcodes können auf verschiedene Arten auf Trägermaterialien aufgebracht werden. Sie können z.B. gedruckt, geätzt, gestanzt oder geprägt werden. So können Barcode-Etiketten aus den unterschiedlichsten Materialien und mit der unterschiedlichsten Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit hergestellt werden. Anders als z.B. bei RFID-Tags ist bei der Barcode-Technik auch ein sog. Direct-Part-Marking möglich, bei dem Barcodes unmittelbar, d.h. ohne Etikett bzw. Plakette etc. auf das zu kennzeichnende Objekt aufgebracht werden. Barcodes können dabei, werden entsprechende Lesegeräte eingesetzt, auch sehr klein sein.

Mit Blick auf die RFID-Technik ist der Trend zu beobachten, dass RFID-Transponder häufig in Verbindung mit zusätzlicher Barcode-Kennzeichnung eingesetzt werden.

4.2.2 Grundlagen RFID-Systeme

Die RFID-Technik bietet die Möglichkeit zur automatischen Identifizierung von Objekten. Mit dieser Technik können Daten berührungslos und sichtkontaktfrei zwischen einem an dem zu identifizierenden Objekt angebrachten Datenträger, dem sog. RFID-Transponder, und einer RFID-Erfassungseinheit (RFID-Reader) übertragen werden.

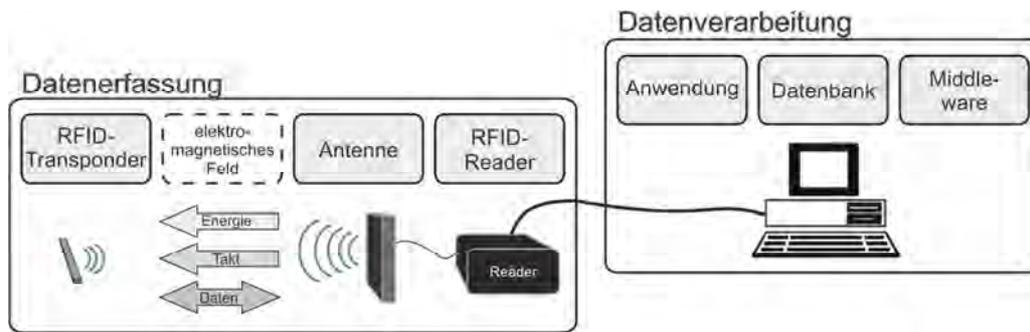


Abbildung 7: RFID-System in der Übersicht

4.2.2.1 Frequenzbereiche und Übertragungsarten

Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Übertragung von Informationen zwischen RFID-Transponder, kurz RFID-Tag, und RFID-Reader:

- die magnetische Kopplung (LF/HF) und
- die elektromagnetische Welle (UHF/MW).

Der Informationsaustausch mittels magnetischer Kopplung wird in den Frequenzbereichen 125 kHz (LF) und 13,56 MHz (HF) angewendet, wobei Antennen in Form einer Spule eingesetzt werden. Der RFID-Tag muss sich während des Datenaustausches im Bereich des Nahfeldes der Sende- und Empfangsantenne befinden, wodurch sich für diese induktiven RFID-Systeme mit passiven Transpondern, wenn nicht sehr große und leistungsstarke Antennen genutzt werden, nur geringe Reichweiten von bis zu 2cm im LF- bzw. bis zu 1 m im HF-Bereich, ergeben.

Größere Reichweiten erhält man beim Informationsaustausch mittels zurückgestrahlter elektromagnetischer Wellen, die ihre Anwendung in den Frequenzbereichen von 868 MHz (UHF) und 2,4 GHz (MW) finden. Während des Datenaustausches muss sich der RFID-Tag im Erfassungsbereich, im Idealfall im Fernfeld, der Sende- und Empfangsantenne befinden, wodurch sich für passive Transponder Reichweiten von mehreren Metern ergeben.

4.2.2.2 Datenvorhaltung

Eine weitere Unterscheidung von RFID-Systemen wird in der Datenvorhaltung getroffen. Dabei wird nach dem Data-on-Tag- und Data-on-Network-Prinzip differenziert. Zudem sind Mischformen möglich.

Beim Data-on-Tag-Prinzip können ausschließlich wiederbeschreibbare Transponder zum Einsatz kommen. Objektbezogene Informationen werden auf dem RFID-Tag gespeichert, so können die relevanten Daten nicht nur gelesen, sondern auch der Situation entsprechend aktualisiert und verändert werden. Die Daten sind dann ausschließlich auf dem RFID-Tag vorhanden und können, wenn der Tag sich nicht in einem Lesefeld befindet, von einer zentralen Stelle aus nicht eingesehen werden.

Beim Data-on-Network-Prinzip hingegen werden die objektbezogenen Daten in einem oder mehreren vernetzten Rechnern in Datenbanken gespeichert. Der RFID-Tag trägt den Schlüssel zu den Datenbankeinträgen, z.B. eine eindeutige und standardisierte Identifikationsnummer. Dieses Konzept bietet die Möglichkeit, auch verschiedene andere AutoID-Systeme in einem Gesamtsystem einzubinden, da es gleichgültig ist, welches AutoID-Verfahren zur Erfassung der Objekte und zum Datenaufruf bzw. Datenabruf verwendet wird. Die Prozess- und Objektdaten sind von einer zentralen Stelle aus bei Netzwerkfunktion jederzeit einsehbar.

Bei Mischformen werden z.B. die auf dem RFID-Tag nach Data-on-Tag-Prinzip vorgehaltenen Daten in Datenbanken auf Netzwerkrechnern gespiegelt, so dass alle Daten jederzeit und auch nach einem Defekt des Transponders verfügbar bleiben. Die Daten befinden sich dann zusätzlich auf dem Transponder, damit Anwendungen, die ohne Netzwerkanbindung laufen müssen, dies sicher tun können.

4.2.2.3 Einfluss durch Absorption und Reflexion durch Objekte in der Umgebung auf die Reichweite eines RFID-Systems

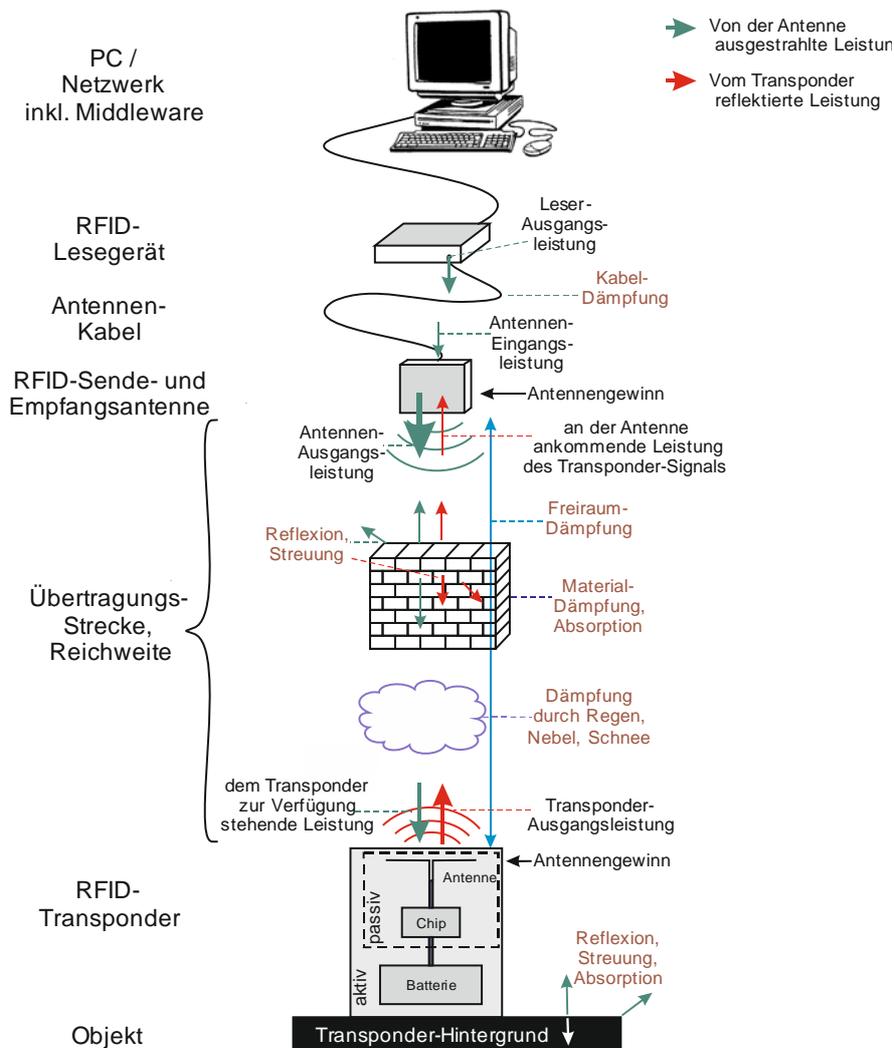


Abbildung 8: Übersicht RFID-Übertragungssystem

Beschäftigt man sich mit RFID-Systemen, sind einige grundlegende physikalische Eigenschaften, die die Lesefähigkeit beeinflussen, zu beachten. So haben die Materialeigenschaften eines sich im Strahlungsfeld befindenden Objektes einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. Bei einem nicht-leitfähigen Stoff, auch Dielektrika genannt, sind die Dämpfung im Material stark von seiner Dichte und das Reflexionsvermögen von der Dielektrizitätskonstante abhängig.

Materialien mit niedriger Dielektrizitätskonstante und geringer Dichte (PVC) haben so gut wie keinen Einfluss auf die Ausbreitung der elektromagnetischen Welle. Durch bestimmte Zusatzstoffe in den Materialien können sich allerdings die Eigenschaften stark verändern (z.B. destilliertes Wasser, dem Salz zugefügt wird, oder Kunststoffe bzw. Farbbeschichtungen mit Metallbeimengung).

Bei leitfähigen Stoffen, insbesondere Metallen, kommt es zur Totalreflexion der elektro-magnetischen Welle an der Oberfläche des Objektes. Trifft die reflektierte elektromagnetische Welle auf eine von der Antenne abgestrahlte Welle, so kommt es zudem zu Interferenzen. Eine Interferenz kann eine Feldschwächung oder -verstärkung bedeuten. Ein RFID-Tag, der sich in einem sog. „Loch“ (bei Feldschwächung) befindet, wird nicht mit ausreichend Energie versorgt, um ein Signal an die Antenne zurückstrahlen zu können, d.h. der RFID-Tag wird von der Sende- und Empfangsantenne nicht erkannt. Durch Veränderung der Lage der Sende- und Empfangsantenne und dem Objekt zueinander verändert sich auch das Interferenzmuster, wodurch die „Löcher“ verschoben werden und der RFID-Tag wieder gelesen werden kann.

Reflexionen können aber durchaus auch positive Auswirkungen auf das RFID-System haben. RFID-Tags, die sich im „Schatten“ eines Objektes befinden, können durch Reflexionen der elektromagnetischen Welle an Wänden oder anderen Objekten ggf. „über Bande“ von der Sende- und Empfangsantenne gelesen werden.

Der starke Einfluss verschiedener Materialien auf die elektromagnetischen Felder führt dazu, dass bei der Implementierung von RFID-Systemen i.d.R. für jedes mittels RFID-Tags gekennzeichnete Objekt individuelle Untersuchungen erforderlich sind.

4.2.2.4 Die Kenntnis der Grenzen der RFID-Technik als Schlüssel zum Freilegen der Potentiale

Neben den bereits aufgeführten physikalischen Eigenschaften lassen sich für RFID-Systeme weiteren Grenzen kategorisieren, die den Rahmen des Machbaren definieren:

- natürliche und somit unüberbrückbare physikalische Grenzen
- Grenzen infolge des Entwicklungsstandes der Hardware
- gesetzliche Grenzen: Gesundheitsschutz (Grenzwerte für Strahlung)
- gesetzliche Grenzen: Regulierung der Funkfrequenzen
- gesetzliche Grenzen: Datenschutz
- Grenzen durch (Mit-)Nutzung ggf. suboptimaler standardisierter Systeme
- organisatorisch prozessabhängige Grenzen
- wirtschaftliche Grenzen

Die RFID-Technik bietet innerhalb dieser Grenzen jedoch ein breites Feld an Möglichkeiten um (Geschäfts-) Prozesse bei durchdachtem Einsatz enorm zu verbessern. Ein Verständnis dieser Grenzen bildet die Basis, neue Anwendungsideen in Hinblick auf die Umsetzbarkeit kritisch zu hinterfragen.

4.2.2.5 Vor- und Nachteile der RFID-Technik gegenüber anderen AutoID-Techniken

Es lassen sich vier wesentliche Aspekte nennen, um vorteilhafte Eigenschaften der RFID-Technik im Vergleich zu anderen AutoID-Techniken, wie z.B. Barcodes, zu beschreiben:

1. RFID-Tags können, anders als die Kennzeichnungsträger anderer AutoID-Systeme, sichtkontaktfrei ausgelesen werden. Durch die hieraus folgende Möglichkeit des verdeckten bzw. verkapselten Einbaus eines RFID-Tags können Beschädigungen des Identifikationsträgers verhindert werden. Außerdem ist ein RFID-System aus diesem Grund unempfindlich gegenüber einer Verschmutzung des Kennzeichnungsmittels. Hieraus ergibt sich, dass RFID-Systeme auch für den Einsatz im Baubereich geeignet sind – einerseits im Bauprozess infolge der Verschmutzungsunabhängigkeit, andererseits im eingebauten Zustand eines Bauproduktes, da der Transponder, z.B. eingebaut in einer Betonwand, noch gelesen werden kann.
2. Ein weiterer Vorteil eines RFID-Systems ist der, dass die gleichzeitige Erkennung mehrerer Transponder, die sog. Pulkerfassung, in stärkerem Ausmaß als in anderen AutoID-Systemen möglich ist. So kann eine Vielzahl von Objekten nahezu zeitgleich und ggf. ohne manuellen Aufwand erfasst werden.
3. Ferner können Daten auf RFID-Transpondern gespeichert und in den Prozessen verändert oder ergänzt werden (vgl. das oben beschriebene Data-on-Tag-Prinzip). So können Systeme entwickelt werden, die unabhängig von EDV-Netzwerken und Datenbankzugriffen funktionieren. Korrespondierend mit abnehmender Schreib- und Lesegeschwindigkeit können auch vergleichsweise große Datenmengen auf den Transponder gespeichert werden.
4. Schließlich bietet die RFID-Technik die Möglichkeit, zusätzlich zur reinen Identifikation über an den RFID-Tag angeschlossene oder dort integrierte Sensoren bei der Erfassung auch Sensor-Daten zu berücksichtigen.

Diese vier Aspekte sind in nachfolgender Übersicht als Kernvorteile der RFID- gegenüber der Barcode-Technik hervorgehoben.

Tabelle 2: Eigenschaften von Barcode und RFID-Systemen im Vergleich

Merkmale	RFID	Barcode
Datendichte	sehr hoch	hoch
Manuelle Lesbarkeit	unmöglich	bedingt
Witterungseinflüsse	gering	sehr stark
Einfluss von optischer Abdeckung	lesbar	nicht lesbar
Einfluss der Medienausrichtung	gering	hoch
Abnutzung / Verschleiß	kein Einfluss	Bedingt
Anschaffungskosten	mittel	sehr gering
Lesegeschwindigkeit	sehr schnell	langsam
Pulk-Fähigkeit	Möglich	bedingt möglich
Veränderbarkeit der Daten auf dem Datenträger	möglich	nicht möglich
Anbindung von Sensoren	möglich	nicht möglich

Allerdings ist es prozessabhängig zu betrachten, ob die als vorteilhaft bezeichneten Eigenschaften tatsächlich einen Vorteil im Vergleich zu alternativen Lösungen bieten.

So geht mit der Wiederbeschreibbarkeit von RFID-Transpondern auch die Gefahr der Manipulierung oder ggf. unberechtigten Löschung der Daten einher. Auch ein Kopieren der Datenträger wird so möglich.

Mit der Möglichkeit des sichtkontaktfreien Auslesens eröffnet sich zugleich, bei nicht bewusst geschützten Systemen, die Möglichkeit des unbemerkten Auslesens von Daten. Dieser Punkt ist in den Medien beispielsweise i.V.m. Zutrittskontrollkarten, die auf RFID-Technik basieren oder Ausweisdokumenten, die RFID-Chips beinhalten, ausreichend diskutiert.

Oder die oft auf den ersten Blick erwünschte Pulk-Fähigkeit kehrt sich in einen ungewünschten Effekt um, nämlich immer dann, wenn aus einem Pulk gekennzeichnete Objekte nur eines zielgerichtet erfasst werden soll (sog. „Unschärfeproblem“). Nachfolgende Abbildung soll dies am Vergleich verschiedener RFID- und Barcodesysteme verdeutlichen.

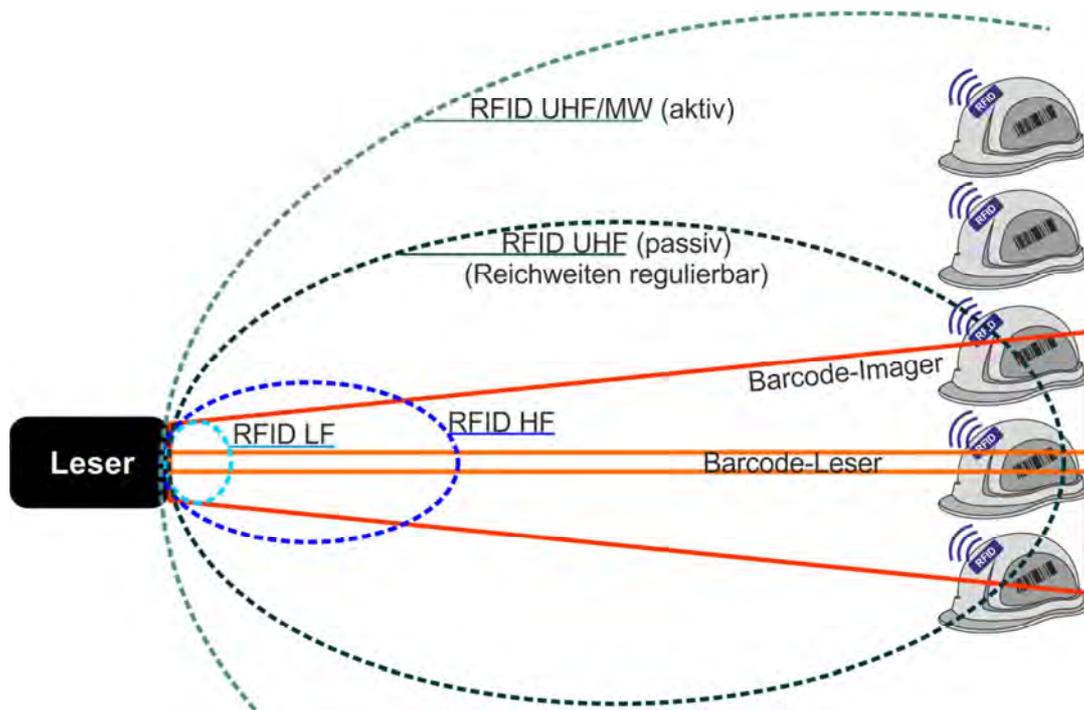


Abbildung 9: Erfassungsreichweiten und Zielgerichtetheit von Barcode- und RFID-Systemen im qualitativen Vergleich

So kann mit einem Barcode-Lesegerät ein auf einem Stapel liegender Kennzeichnungsträger aus einer Distanz von bis zu einigen Metern angepeilt (Laserabtastung) oder die relative Ausrichtung der Barcodes zueinander bestimmt werden (Bildauswertung nach Erfassung mittels Imager). Weitbereichs-RFID-Systeme erlauben dies nicht. Möchte man mittels RFID-Technik ein bestimmtes Objekt aus einem Pulk einscannen, so muss man so nah an das Objekt heran, dass das RFID-Lesefeld des RFID-Lesers nur noch einen der vielen Transponder umfasst.

Bzgl. des verdeckten Einbaus von RFID-Transpondern ist schließlich darauf hinzuweisen, dass inzwischen erste Schritte in die Richtung der Hinweispflicht auf den Transpondereinbau gemacht worden sind. So wurde bereits Standards entwickelt für Embleme, die auf den Tag und den genutzten RFID-Standard hinweisen.



Abbildung 10: Beispiele für RFID-Embleme nach AIM- / ISO-Standard²⁹

²⁹ <http://www.aimglobal.org/standards/RFIDEmblem/>, Stand: 14.10.2010

4.2.3 Grundlagen Sensor-RFID-Systeme

Im Zusammenhang mit der RFID-Technologie wird der Begriff Sensor in unterschiedlicher Bedeutung verwendet. In einigen Publikationen werden sich selbständig organisierende und zu Netzwerken zusammenschließende aktive Transponder als Sensoren beschrieben. Andere bezeichnen wiederum RFID-Lesegerät als Sensor. Die geläufigste, auch im Rahmen des Forschungsprojektes verwendete, Definition versteht unter einem RFID-Sensor einen Messfühler, der einen RFID-Transponder dazu verwendet, um

- Sensordaten an den RFID-Reader zu übertragen,
- Konfigurationsdaten vom RFID-Reader zu empfangen und
- Sensordaten im Transponderspeicher in einem Zwischenspeicher zu speichern (optional).

„Zur Messung von Umweltzuständen wie z. B. Temperatur, Erschütterung und Luftfeuchtigkeit kann prinzipiell jede Art von Sensor oder Messfühler mit einem RFID-Transponder verbunden werden. Sensoren (lat. sensus, das Gefühl) oder (Mess-)Fühler sind technische Bauteile, die physikalische oder chemische Eigenschaften (z. B. Wärmestrahlung, Temperatur, Feuchtigkeit, Druck, Schall, Helligkeit, Magnetismus, Beschleunigung, Kraft) qualitativ oder als Messgröße quantitativ erfassen können. Generell wandelt ein Sensor eine nicht-elektrische Größe in eine elektrische Größe um.

Die Abgrenzung eines Sensors zum Messgerät besteht darin, dass der Sensor misst und das Messgerät die Messwerte verarbeitet. Bei RFID-Sensoren ist der Sensor stets mit dem RFID-Transponder verbunden bzw. in diesen integriert, während die Verarbeitung der Messwerte sowohl im Transponder als auch im Schreib-/Lesegerät oder einer weiteren nachgeschalteten Hard- oder Softwarekomponente erfolgen kann.“³⁰

Passive Transponder verfügen über keine eigene Energieversorgung. Die zur Aktivierung des Transponderchips benötigte Energie wird aus dem von einer Sende-/ Empfangsantenne erzeugten magnetischen bzw. elektromagnetischen Feld gewonnen.

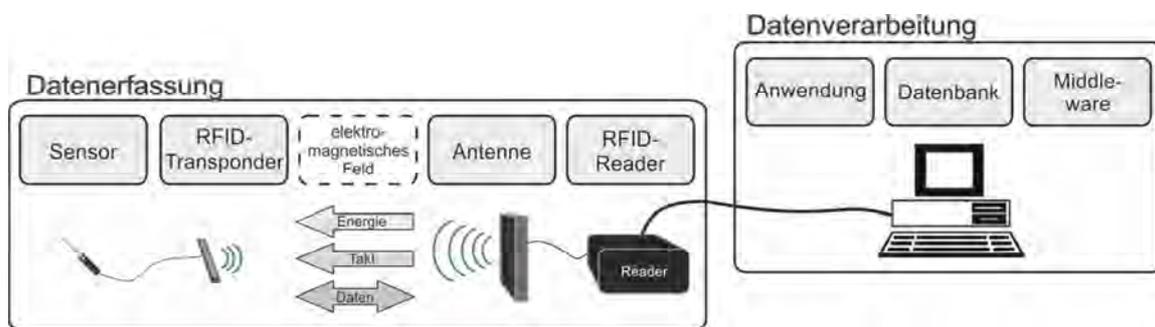


Abbildung 11: RFID-Sensor-System in der Übersicht (passiv)

³⁰ Online: http://www.gs1-germany.de/common/downloads/epc_rfid/3031_sensorik.pdf, Stand 28.01.2013

Semi-Aktive / Semi-Passive Transponder verfügen über eine eigene Energieversorgung, die allerdings nicht zum Senden genutzt wird. Die zur Aktivierung des Transponderchips benötigte Energie wird aus dem von einer Sende-/ Empfangsantenne erzeugten elektromagnetischen Feld gewonnen. Bei semi-aktiven Transpondern wird eine Batterie integriert, die z.B. zur Aktivierung eines zusätzlichen Sensors und zur Übertragung der Sensordaten an den RFID-Transponderchip dient.

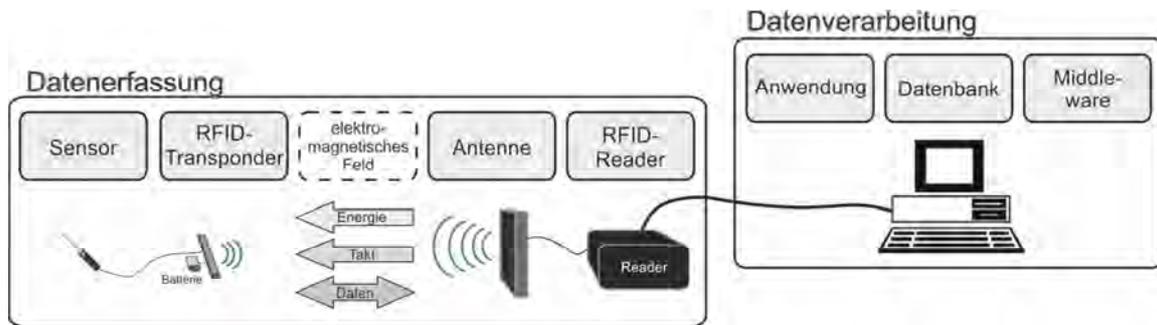


Abbildung 12: RFID-Sensor-System in der Übersicht (semi-passiv/semi-aktiv)

Aktive Transponder verfügen über eine eigene Energieversorgung und senden aktiv in beliebig einstellbaren Intervallen. Für aktive Transponder ergeben sich größere Reichweiten, je nach Frequenz bis zu mehreren hundert Metern.

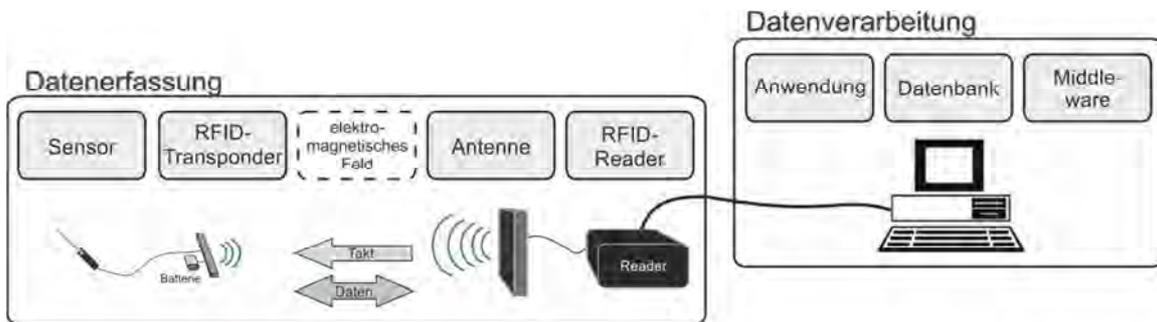


Abbildung 13: RFID-Sensor-System in der Übersicht (aktiv)

5 Methodik

Verfasser: M.Sc. Agnes Kelm

B.Sc. Daniel Platz

Mitwirkende: kand. B.Sc. Waldemar Kneib

Während der Erarbeitung der ursprünglichen Forschungsschwerpunkte im Hinblick auf die sensortechnische Erfassung von lebenszyklusrelevanten Eigenschaftsdaten von PSA ergaben sich zwei weitere Hauptfelder, deren Beforschung durch die Projektbearbeiter als zwingend erforderlich und zielführend erachtet und durch den Fördermittelgeber genehmigt wurde. Um eine entsprechende strukturelle Trennung darzustellen ist im Hinblick auf die angewandten Methodenentwicklungen in diesem Kapitel von den ursprünglichen, also den im Antrag beantragten Forschungsschwerpunkten (Kapitel 5.1) und den zusätzlichen Forschungsschwerpunkten (Kapitel 5.2) die Rede. Aufgrund teilweise paralleler oder sequenzieller Bearbeitungen sind die aufgeführten Arbeits- und insbesondere Zeitabläufe als grobe inhaltliche Orientierung zur Einordnung der Bearbeitungsphasen und der entsprechenden Vorgehensweisen zu verstehen. Weiterhin wurde die Beschreibung des methodischen Vorgehens, sobald sich dies als strukturell sinnvoll erwies, im Zuge der Beschreibung der Ergebnisse des Gesamtvorhabens, bzw. der Teilschwerpunkte vorgenommen.

Eine projektumfassende Darstellung der Arbeits- und Zeitabläufe ist in einzelnen Arbeitspaketen über den Projektverlauf unter 5.3 mittels Gantt-Diagramm dargestellt. Diese Darstellung beschreibt dabei lediglich die inhaltlichen Gesamtbearbeitungszeiten und trifft keine direkte Aussage über die jeweiligen Arbeitsaufwände.

5.1 Forschungsschwerpunkte – RFID-Sensorik

Die Methodik der ursprünglichen Forschungsschwerpunkte bezüglich des Themas RFID-Sensorik orientiert sich an den dem Forschungsantrag zugrundeliegenden Arbeitspaketen.

5.1.1 I – Identifizierung von zeitabhängigen PSA-Leistungsmerkmalen

Auf der Grundlage des KAN-Berichts 39, DIN-Normen sowie Expertengesprächen erfolgte eine Einschätzung einzelner PSA-Arten hinsichtlich der zeitabhängigen Leistungsmerkmale.

5.1.2 II – Identifizierung der geeigneten AutoID-Systeme

Die Identifizierung der geeigneten AutoID-Systeme erfolgt auf der Grundlage der eigenen Vorarbeiten. Aufgrund dieses Wissensstandes erscheint die RFID-Technik als geeignetstes Mittel zur Erfassung zeitabhängiger PSA-Leistungsmerkmale. Die RFID-Technik bietet die Möglichkeit zur automatischen Identifizierung von Personen und Gegenständen.

Mit dieser Technik können Daten berührungslos und sichtkontaktfrei zwischen einem an dem zu identifizierenden Objekt angebrachten Datenträger, dem sog. RFID-Transponder, und einer RFID-Erfassungseinheit (RFID-Reader) übertragen werden.

5.1.3 III – Identifizierung der geeigneten AutoID-System-Komponenten

Ferner können die RFID-Tags mit intelligenten Sensoren kombiniert werden, die unter anderem physikalische Größen wie Druck, Temperatur, Erschütterung oder Feuchtigkeit erfassen. Mit Hilfe drahtloser Energie- und Informationsübertragung mittels RFID-Technik eröffnen sich so neue Möglichkeiten zur Erfassung von Lebenszyklusdaten von PSA-Gegenständen.

Für die Ermittlung der geeignetsten Systemkomponenten wurde eine intensive Marktrecherche durchgeführt. Basis für die Anbindung von Sensoren an semi-aktive RFID-Transponder musste ein entsprechendes Development-Kit bilden, zudem sind für die identifizierten, zeitabhängigen Leistungsmerkmale entsprechende Sensoren zu identifizieren und zu beschaffen gewesen. Ein sogenanntes Development-Kit umfasst in diesem Zusammenhang eine Entwicklungsplatine, die mit einem semi-aktiven Transponder ausgestattet ist und über die Möglichkeit zur Anbindung verschiedenster analoger Sensoren verfügt. An dieser Stelle sei bereits erwähnt, dass die Marktlage bezüglich geeigneter Development-Kits zum Zeitpunkt der Projektdurchführung als nicht besonders reichhaltig beschrieben werden muss. Dementsprechend kam im Prinzip lediglich das DVK90129 der Firma Proxima/Melexis für die Beforschung des Einsatzes einer Kombination aus RFID und Sensorik in Frage.

Aufgrund der Ergebnisse der Arbeit mit dem DVK90129 wurde eine weitere vertiefende Testreihe am Beispiel der Produktgruppe Schutzhelme durchgeführt. Hierzu wurde ein nahezu marktreifes Development-Kit der Firma Talk-ID, das SensLO-TS, beschafft. Letzteres ist verhältnismäßig unflexibel im Hinblick auf die Variabilität der Sensoranbindung, versprach dagegen aufgrund des fortgeschrittenen Entwicklungsstandes eine vertiefende Beforschung der Produktgruppe Kopfschutz mit Fokus auf den lebenszyklusbeeinflussenden Aspekt der Erschütterung, also eines Einschlags auf den Blauhelm, welcher diesen unbrauchbar machen würde und die entsprechende Erfassung mittels Sensortechnik.

5.1.4 IV – Testreihen RFID-Sensorik

Mit dem DVK90129 wurden drei verschiedene Testreihen gefahren um die Funktionalität einer Sensordatenerfassung zu beforschen. Gemäß den jeweiligen Anforderungen im Hinblick auf zeitabhängige Leistungsmerkmale wurden hierfür entsprechende Sensoren an das Development-Kit angebunden. Wie bereits erwähnt folgte im Anschluss an diese ersten Testreihen die Ermittlung des SensLO-TS als Komponente zur vertiefenden Beforschung der Produktgruppe Kopfschutz. Mit den neuen Komponenten wurde somit eine weitere Testreihe gefahren, um die Möglichkeiten im Hinblick auf eine Erfassung lebenszyklusrelevanter Daten mittels RFID-Technik zu überprüfen.

5.1.5 V – Bewertung der marktgerechten Umsetzbarkeit und Dokumentation der Ergebnisse

Die Erkenntnisse aus den vorab beschriebenen Arbeitspaketen und deren vorläufige Bewertung erfolgten als Zwischenfazit, woraus sich die Notwendigkeit der zusätzlichen Forschungsschwerpunkte ergab. Die innerhalb der Kapitel unter 6.1 dargestellten Ergebnisse führten prinzipiell zu der Erkenntnis, dass eine marktgerechte Umsetzbarkeit der in Zusammenhang mit dem Forschungsschwerpunkt erarbeiteten RFID-Systeme nur bedingt und nicht in absehbarer Zeit erfolgen kann. Dies ändert jedoch nichts am grundlegenden Bedarf zur Verbesserung der Dokumentation im Hinblick auf die Lebenszyklusdatenerfassung von PSA, also den Forschungszielen. Es ergaben sich hieraus eine Machbarkeitsuntersuchung mit Fokus auf eine lebenszyklusüberdauernde Kennzeichnung am Beispiel der Produktgruppe Fußschutz sowie eine prozessorientierte Untersuchung der Möglichkeiten eines ganzheitlichen Konzeptes zur Sicherstellung lebenszyklusrelevanter Dokumentationen und Prüfungen am Beispiel der Produktgruppe Schutznetze. Zudem entwickelte sich aus der projektbegleitenden Normungsarbeit des BR-01 SO die Erarbeitung eines eindeutigen Klassifizierungs- und Kennzeichnungssystems für PSA mittels AutoID-Techniken. Das methodische Vorgehen bei den jeweiligen zusätzlichen Arbeiten wird im Folgenden näher erläutert.

5.2 Zusätzliche Forschungsschwerpunkte

Aufgrund der dargestellten Zusammenhänge wurde der vertiefende Fokus innerhalb des Forschungsprojekts „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen“ auf zwei zusätzliche, Forschungsschwerpunkte umorientiert. Die näheren inhaltlichen Gründe werden innerhalb der Darstellung der Ergebnisse des Gesamtvorhabens erläutert. Im Folgenden sollen kurz die Intention sowie die jeweiligen Methoden dargestellt werden.

5.2.1 VI – Kennzeichnung- und Klassifizierung von PSA mittels RFID-Techniken

Unerlässliche Basis für die Dokumentation und die Zuordnung produktindividueller Lebenszyklusdaten von Persönlicher Schutzausrüstung bildet das in Kapitel 6.2 beschriebene Kennzeichnungs- und Klassifizierungssystem. Nur durch eine eindeutige Verknüpfung, zu gewährleisten durch eine eindeutige Kennzeichnung, von lebenszyklusbezogenen Daten zu den einzelnen Gegenständen der PSA wird eine sinnvolle und zielführende Dokumentation ermöglicht. Zudem bildet eine herstellerübergreifende, mehrwertorientierte Klassifizierung der einzelnen Gegenstände nach sicherheitsrelevanten Kriterien die maßgebliche Grundlage für weiterführende Überlegungen im Kontext der Umsetzung der übrigen in diesem Dokument vorgestellten Forschungsarbeiten. Die entsprechenden Strukturen wurden im Rahmen der Mitarbeit im NA 075, BR-01 SO durch die Projektbearbeiter erarbeitet.

Die strukturelle Konzeption verantworten hierbei die Mitarbeiter der BUW, die inhaltlich, fachlichen Aspekte wurden laufend mit entsprechenden Experten aus der Wirtschaft, oder den Obmännern des jeweiligen Sachgebiets einer Produktgruppe abgestimmt und erörtert. Die entsprechenden Arbeiten begleiteten somit die gesamte Projektlaufzeit und bilden gleichzeitig den Grundstein für eine marktgerechte Umsetzbarkeit des Dachthemas.

5.2.2 VII – Tagging der Produktgruppe Schuhe

Das Tagging der Produktgruppe Fußschutz versteht sich als grundlegende und exemplarische Machbarkeitsuntersuchung der marktgerechten Umsetzung anhand einer beispielhaften Produktgruppe. Prinzipiell wurden auch bei der Beforschung dieses Themenfeldes grundlegende Vorabuntersuchungen durchgeführt um diese dann in einem 12 Monatigen Langzeittests zu verifizieren und zu vertiefen.

Die enge Kooperation mit der Firma ELTEN GmbH ermöglichte es hierbei die eingesetzten Sicherheitsschuhe unter realen Produktionsbedingungen mit den RFID-Tags auszustatten.

5.2.3 VIII – RFID – Schutznetze

Im Gegensatz zur Entwicklung der als Kernbasis dienenden Kennzeichnungs- und Klassifizierungsstruktur stellt das Themengebiet RFID-Schutznetze und die entsprechend durchgeführten Arbeiten ein exemplarisches Anwendungsszenario dar, welches anhand einer konkreten Problemstellung die Möglichkeiten zur Mehrwertentwicklung aller Beteiligten an den Prozessketten aufzeigen soll. Hieraus resultiert die folgende Strukturierung der methodischen Vorgehensweise dieses Demonstrationsthemas.

5.2.3.1 Problemstellung

Zur Arbeitssicherheit am Arbeitsplatz zählt ebenfalls der Schutz der Beschäftigten vor einem Absturz auf Baustellen. Eine Möglichkeit, wie der Unternehmer Vorkehrungen zur Absturzsicherung treffen kann, ist der Einsatz von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen.

Um die größtmögliche Sicherheit auf der Baustelle bieten zu können, müssen die Netze rechtzeitig geliefert, sachgerecht montiert und regelmäßig gewartet werden. Die Kontrolle der Wartung erfolgt i.d.R. während einer Baustellenbegehung durch die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau).

Um Prozesse, wie z.B. der Logistik, der Montage, der Wartung und der Kontrolle in Zusammenhang mit der Kennzeichnung von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen mittels der RFID-Technik zu optimieren wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens auch der Einsatz der RFID-Technik entlang der Supply Chain untersucht.

5.2.3.2 Forschungszweck/-Ziel

Konkretes Ziel ist die Kennzeichnung von Netzen mittels der RFID-Technik zur Optimierung der o.g. Prozesse. Hierbei soll das der Kennzeichnung dienende Etikett der Netze ebenso wie die nach einer Prüfung anzubringende Plakette um einen RFID-Transponder erweitert werden, welcher Informationen zentral und/oder dezentral beinhaltet. Somit können bislang manuell dokumentierte Informationen auch ohne Sichtkontakt abgerufen werden oder dem Transponder hinzugefügt werden. Ebenso sind die vom Hersteller an den Netzen befestigten Plomben an den Prüfmaschinen mit einem entsprechenden Transponder zu versehen, um auch hier u.a. eine eindeutige Identifizierung und Zuweisung zu gewährleisten.

5.2.3.3 Methodik

Aufbauend auf allgemeinen Informationen zum Thema Schutz- und Arbeitsplattformnetze (vgl. Kap. 4.1.2) wurden Ist-Prozesse mit Fokus auf die Prozesse der Logistik bei den Netzherstellern und Netzvermietern und der Netzmontage auf der Baustelle sowie die Prozesse der Wartung und der Kontrolle auf der Baustelle durch die BG Bau untersucht und eine Schwachstellenanalyse durchgeführt (vgl. Kap. 6.4.7.2).

Parallel dazu wurde die technische Machbarkeit der Kennzeichnung von Netzen mittels der RFID-Technik im Wesentlichen unter Berücksichtigung des Einflusses von hoher Luftfeuchtigkeit, Schnee und Nässe sowie die maximal mögliche Lesereichweite der Transponder untersucht (vgl. Kap. 6.4.8)

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse wurde ein Prozessredesign unter Einsatz der RFID-Technik durchgeführt und mögliche Soll-Prozesse mittels des Prozessmodellierungsprogramms Enterprise Architect dargestellt (vgl. Kap. 6.4.9)

Hieraus resultierend wurden die Prozesse der Wartung und der Kontrolle durch die BG BAU auf Demonstrationsniveau softwareseitig umgesetzt (vgl. Kap. 6.4.11).

Die Präsentation der Ergebnisse gegenüber der Öffentlichkeit erfolgte während zahlreicher Veranstaltungen (vgl. 13.1).

Aufbauend auf den Erfahrungen zur Entwicklung der Nummernstruktur zur Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA-Produkten wurde auch eine standardisierte Nummer zur Kennzeichnung und Klassifizierung der Netze entwickelt (vgl. Anlage 5).

5.3 Darstellung der Arbeits- und Zeitabläufe

Meilensteine	Vorgang	2010												2011												2012												2013		
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M			
Projektlaufzeit		[Timeline bar from start to end]																																						
Verlängerung I		[Timeline bar from start to end]																																						
Verlängerung II		[Timeline bar from start to end]																																						
Verlängerung III		[Timeline bar from start to end]																																						
Phase I	Identifizierung von zeitabhängigen PSA-Leistungsmerkmalen	[Timeline bar from start to end]																																						
Phase II	Identifizierung der geeigneten AutoID-Systeme	[Timeline bar from start to end]																																						
Phase III	Identifizierung der geeigneten AutoID-System-Komponenten	[Timeline bar from start to end]																																						
Phase IV	Testreihen RFID-Sensorik	[Timeline bar from start to end]																																						
Phase V	Bewertung Umsetzbarkeit	[Timeline bar from start to end]																																						
Phase VI	Kennzeichnung- und Klassifizierung von PSA mittels RFID-Techniken	[Timeline bar from start to end]																																						
Phase VII	Tagging der Produktgruppe Fußschutz	[Timeline bar from start to end]																																						
Phase VIII	RFID – Schutznetze	[Timeline bar from start to end]																																						
Dokumentation		[Timeline bar from start to end]																																						
Abschlussbericht		[Timeline bar from start to end]																																						

6 Ergebnisse des Gesamtvorhabens

6.1 Forschungsschwerpunkte – RFID – Sensorik

Verfasser: *M.Sc. Agnes Kelm (6.1.1 bis 6.1.10),*

B.Sc. Daniel Platz (6.1.8 bis 6.1.10)

Mitwirkende: *Dipl. Ing. Timo Wilke (6.1.1 bis 6.1.7)*

6.1.1 Auswahl der zu untersuchenden PSA

6.1.1.1 Kopfschutz (Bauhelm)

Der Bauhelm muss Erschütterungen, die durch herabfallende Gegenstände oder durch Herunterfallen des Helmes selbst entstehen, standhalten. Ein weiterer Einflussfaktor im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit eines Bauhelmes ist die ihm ausgesetzte UV-Strahlung. Diese kann das Material spröde und somit nicht mehr flexible werden lassen. Aktuell gängige Praxis zur Überprüfung der weiteren Verwendbarkeit eines Helmes ist der sogenannte „Knack-test“. Hierbei wird der Helm mit beiden Händen seitlich eingedrückt, so dass er sich leicht verbiegt. Werden dabei Knackgeräusche wahrgenommen, kann von einer Beschädigung des Materials ausgegangen werden.³¹ Zur Ergänzung sind z.B. auf Bauhelmen der Fa. 3M Deutschland GmbH „UV-Knöpfe“ angebracht, die sich bei Sonneneinstrahlung verfärben. Hat sich die Farbe dieses Knopfes von Rot in Weiß verändert, ist der Helm bereits der größten tolerierbaren Strahlung ausgesetzt gewesen und muss somit ausgetauscht werden.³²

6.1.1.2 Augen- und Gesichtsschutz (Schweißmaske)

Augen- und Gesichtsschutz wird zum Schutz der Augen und des Gesichtes durch Gefährdungen von mechanischen, optischen, chemischen oder thermischen Einwirkungen verwendet.³³ Je nach Art der zu verrichtenden Arbeit erfolgt eine Einteilung nach optischen Schutzstufen, Festigkeit und dem Verwendungsbereich. Bei der zu untersuchenden Schweißmaske handelt es sich um einen automatischen Schweißschutzfilter mit umschaltbarem Lichttransmissionsgrad. Automatische Schweißschutzfilter dunkeln das Sichtfeld nur bei erhöhter Lichteinstrahlung, wie sie z.B. beim Schweißen auftritt, ab.

³¹ Vgl. Online: http://www.dguv.de/psa/de/themenfelder/sg_kopfschutz/gebrauchsdauer_industrieschutzhelmen.pdf, zugegriffen am 03.01.2011

³² Vgl. Online: http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=DDDDDF2kwP6d8ieF_3IR9iZFRg2bRP2ktgEDRgEDRDD DDDD--, zugegriffen am 03.01.2011

³³ Vgl. Online: BG Bau, Bausteine 2009, Kapitel C194

Der Filter kann in verschiedenen Dunkelstufen (höhere Dunkelstufen filtern mehr Licht) variiert werden. Geltende Norm ist die „DIN EN 379 Persönlicher Augenschutz –Automatische Schweißerschutzfilter“. Die von der Fa. 3M Deutschland GmbH zur Verfügung gestellte Schweißmaske kann zwischen den Dunkelstufen 8 bis 12 umgeschaltet werden, die Hellstufe (gibt den Schutzwert ohne Abdunkelung an) ist mit Stufe 3 angegeben.

6.1.1.3 Atemschutz (Gebläseatemschutz)

Für das Arbeiten in schadstoffbelasteten Bereichen ist Atemschutz unerlässlich und trägt wesentlich zur Arbeitssicherheit bei.³⁴ Gebläseatemschutz-Systeme bestehen aus einer Gebläse-Einheit, einem Luftschlauch zur Frischluftzufuhr und einer Maske in die die Frischluft eingeleitet wird. Der dadurch entstehende Überdruck innerhalb dieser Maske sorgt für eine schadstofffreie Atemluft. Das System der Fa. 3M Deutschland GmbH kann mit verschiedenen Schläuchen und Masken kombiniert werden (vgl. Abbildung 14).



Abbildung 14: Schema Gebläseatemschutz-System von 3M³⁵

Das im Rahmen der Versuche zu untersuchende Gebläseatemschutz-System besteht aus der „Jupiter“-Gebläse-Einheit, zwei verschiedenen Schläuchen und einem HT-840 Kopfteil (vgl. Abbildung 15).

³⁴ Vgl. Online: http://3m.richfx.com.edgesuite.net/catalog/media/DE_Arbeitsschutz_Katalog/?rfx_page=20, zugegriffen am 10.03.2011

³⁵ Online: http://3m.richfx.com.edgesuite.net/catalog/media/DE_Arbeitsschutz_Katalog/?rfx_page=20, zugegriffen am 10.03.2011



Abbildung 15: Gebläseatemschutz-System

6.1.2 Auswahl eines geeigneten RFID-Sensor-Systems

Expertengespräche, sowie intensive Marktrecherchen haben gezeigt, dass Sensor-RFID Anwendungen bislang im Bereich der aktiven RFID-Technologie, insbesondere zur Temperatur- und Feuchteüberwachung, stark am Markt vertreten sind. Aufgrund des hohen Preisniveaus und auch im Hinblick auf die Integrierbarkeit in bisherige Forschungsergebnisse wird die aktive RFID-Technologie bei der weiteren Untersuchung nicht weiter verfolgt. Im Bereich der passiven und semi-aktiven HF- und UHF-RFID-Technik gibt es bereits erste Lösungen mit integrierter Sensorik. Dabei kommen, bedingt durch den Einsatz zur Überwachung von Kühlketten etc., im Wesentlichen Temperatur- und Feuchte-Sensoren zum Einsatz. Nachfragen bei AutoID- und Sensor-Herstellern sowie Systemintegratoren haben ergeben, dass Transponder, die verschiedene Sensoren (z.B. UV- und Erschütterungssensoren) integriert haben, derzeit nicht ohne zusätzlichen Entwicklungsaufwand und den damit verbundenen Kosten erhältlich sind. Ein weiteres Problem stellen die unterschiedlichen Datenübertragungsstandards der verfügbaren Transponder dar. Je nach Sensor-Transponder müssten so teilweise auch unterschiedliche Reader zum Einsatz kommen.

Eine umfassende Marktrecherche hinsichtlich verfügbarer RFID-Sensor-Development Kits ergab, dass das DVK90129 von Proxima/Melexis aufgrund seiner umfangreichen Funktionen, der guten Verfügbarkeit, günstigem Preis, vielfältigen Supportmöglichkeiten und der mitgelieferten Software das beste System hinsichtlich der geplanten Untersuchungen bietet. Als annähernd gleichwertige Alternative wurde das IDS-SL900A von IDA Microchip AG in Erwägung gezogen. Das Fehlen von geeigneter Software für dieses Kit gab den Ausschlag zugunsten des DVK90129 von Melexis.

6.1.3 Das RFID-Sensor-System-Development Kit

Detailuntersuchungen zum o.g. Development-Kit wurden im Rahmen seiner Bachelor-Thesis „Untersuchung der Funktions- und Einsatzfähigkeit von Sensor RFID-Systemen zur Lebenszyklusdatenerfassung von PSA im Bauwesen“ von Herrn Wilke durchgeführt.

6.1.3.1 Hardware

Neben den Grundfunktionen wie Datenübertragung über RFID, Anbindung von externen Sensoren und Auslesen der Daten über einen mitgelieferten USB-Reader gibt es die Möglichkeit zur Speicherung von bestimmten Extrem- oder Mittelwerten über einen sogenannten Datalogger.

Das Development-Kit DVK90129 der Firma Proxima/Melexis besteht aus einem RFID-Reader (vgl. Abbildung 16), der über eine USB-Schnittstelle angeschlossen wird und einer Platine (vgl. Abbildung 17 und Abbildung 18), auch Evaluation Board (EVB90129) genannt (im folgendem als RFID-Tag bezeichnet). Darüber hinaus sind drei zusätzliche Chips „MLX90129“ im Lieferumfang mitenthalten, die bei Defekt des Originals auf die Platine gelötet werden können. Die benötigte Software wird vom Hersteller auf seine Internetseite zum Download bereitgestellt.



Abbildung 16: Development Kit – RFID-Reader

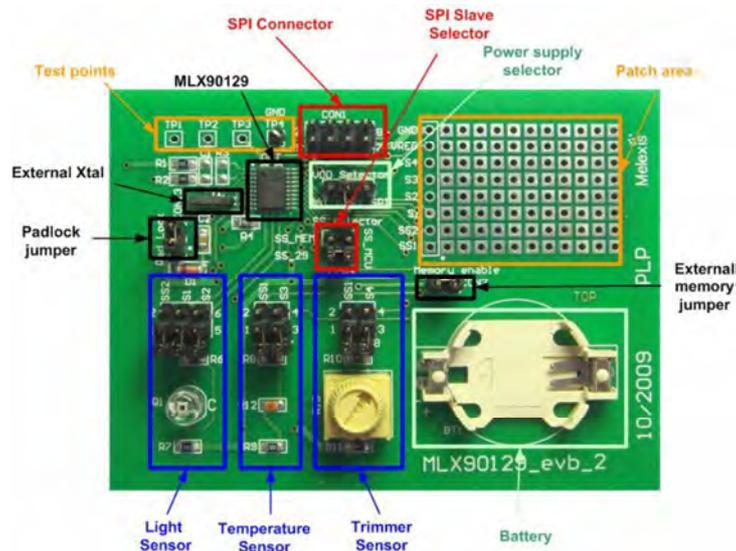
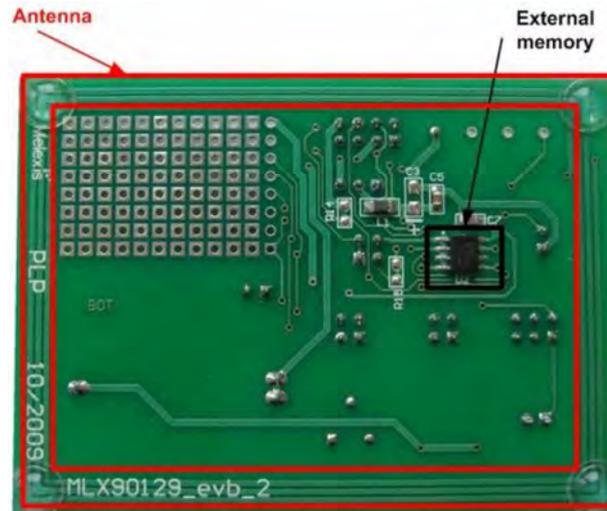


Abbildung 17: Development Kit – Sensor-Platine (Sicht von oben) ³⁶

³⁶ Online: <http://www.melexis.com/Assets/EVB90129-User-Manual-5682.aspx>, zugegriffen am 15.03.2011

Abbildung 18: Development Kit – Sensor-Platine (Sicht von oben) ³⁷

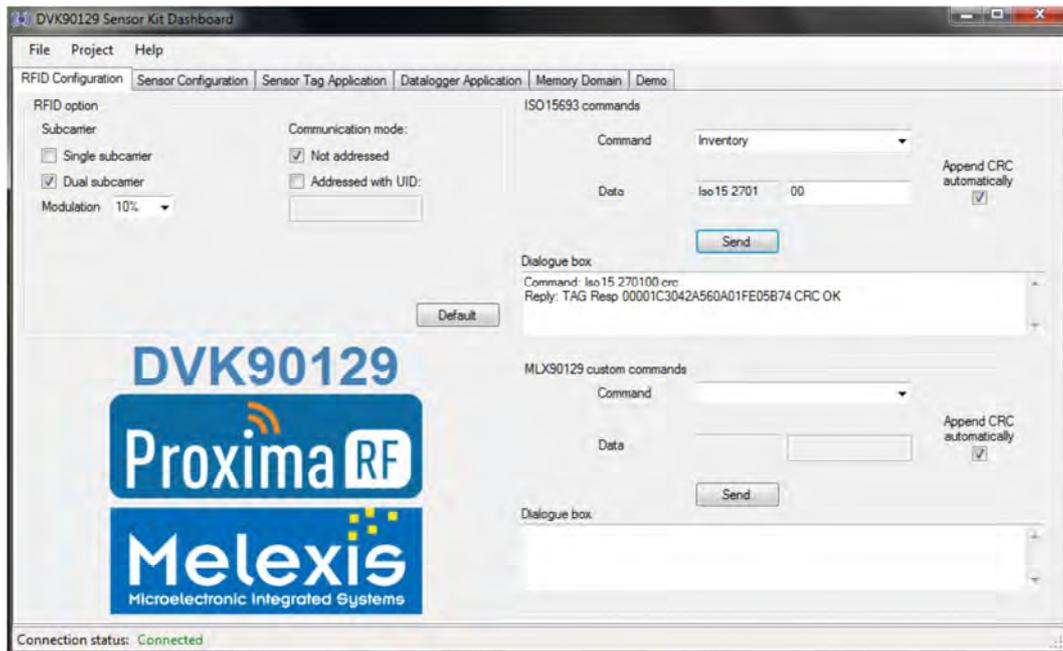
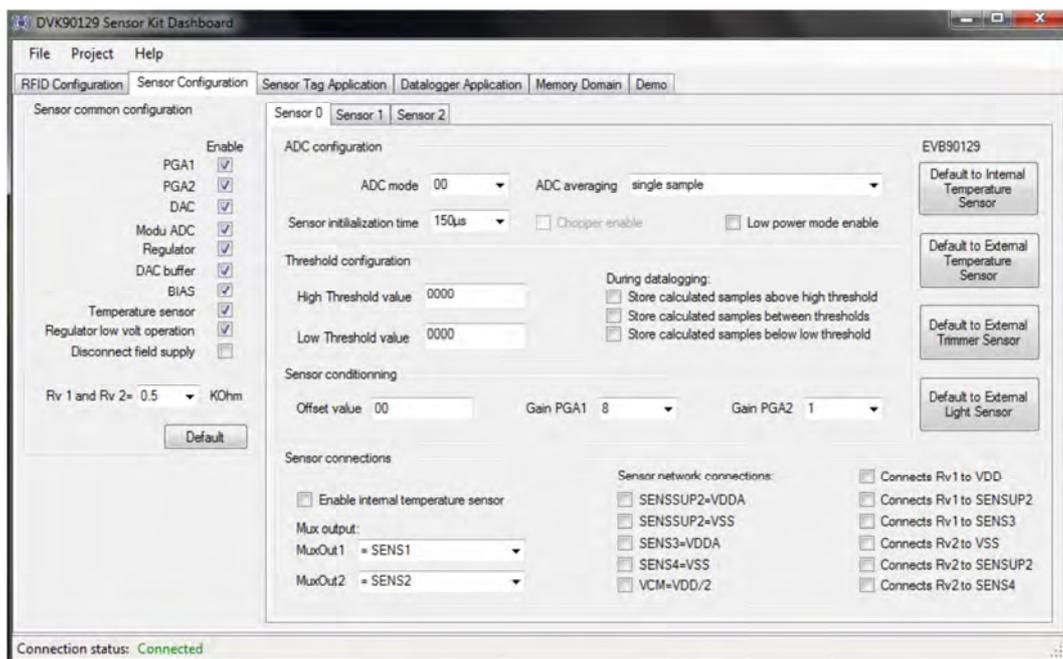
6.1.3.2 Aufbau der Software

Die folgende Tabelle zeigt zusammen mit den dazugehörigen Abbildungen die wichtigsten Einstellungsmöglichkeiten der Software.

Tabelle 3: Übersicht Abbildungen Software

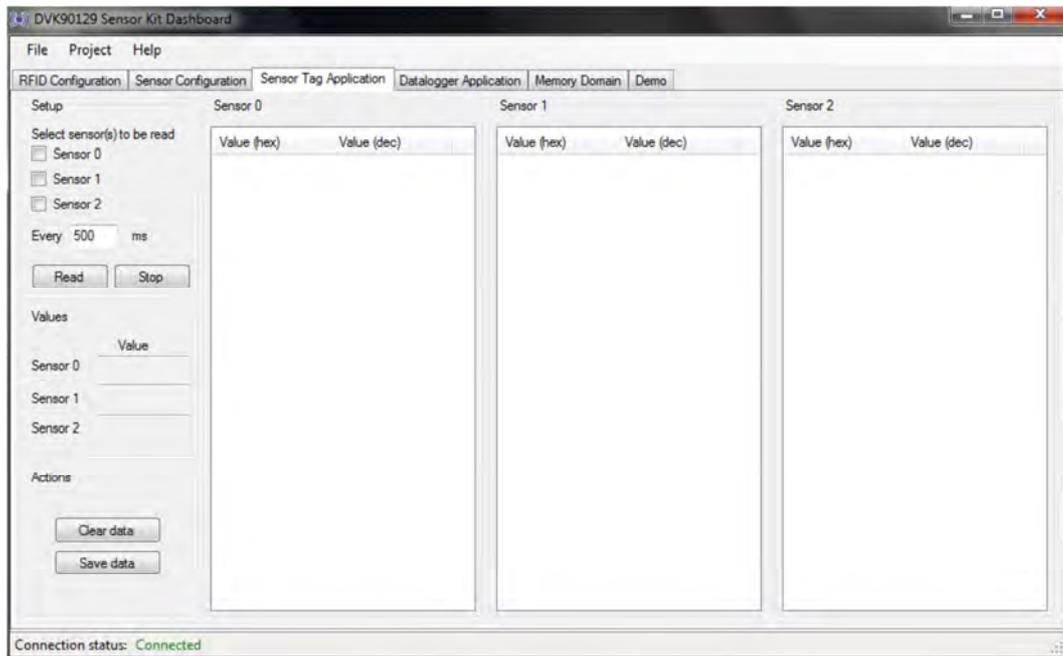
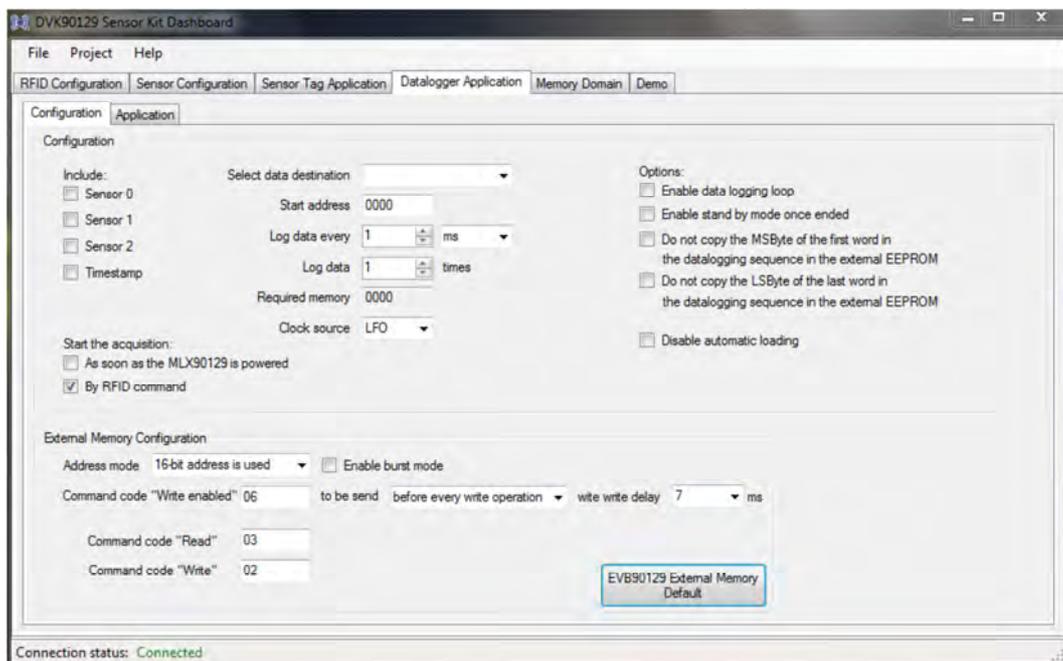
Abbildung	Bezeichnung	Funktion
2-6	RFID Configuration	Überprüfen der Verbindung des Dev.-kits zum Reader, Auslesen der ID des Dev.-kits
2-7	Sensor Configuration	Grundsätzliche Einstellungen für die angeschlossenen Sensoren
2-8	Sensor Tag Application	Direktes Auslesen der Sensoren
2-9	Datalogger Configuration	Grundsätzliche Einstellungen des Dataloggers
2-10	Datalogger Application	Starten des Dataloggers, Auslesen und Speichern der Sensorwerte
2-11	Memory Domain	Informationen über Einstellungen des externen Speichers
2-12	Demo	Funktionstest der internen Sensoren

³⁷ Online: <http://www.melexis.com/Assets/EVB90129-User-Manual-5682.aspx>, zugegriffen am 15.03.2011

Abbildung 19: Software RFID Configuration³⁸Abbildung 20: Software Sensor Configuration³⁹

³⁸ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

³⁹ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

Abbildung 21: Software Sensor Tag Application⁴⁰Abbildung 22: Software Datalogger Configuration⁴¹

⁴⁰ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

⁴¹ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

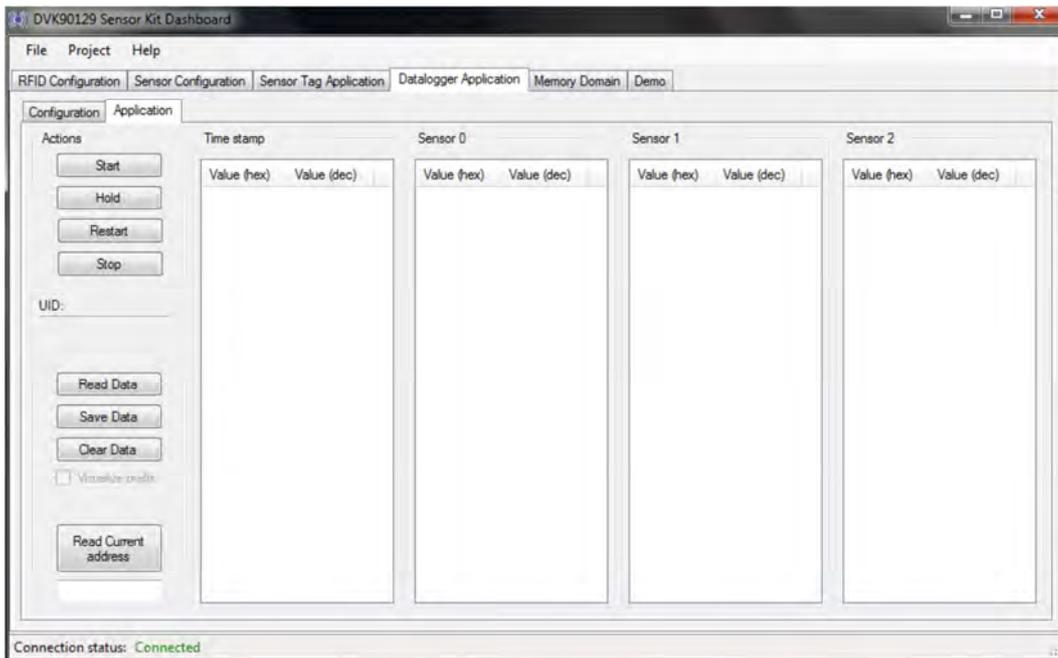


Abbildung 23: Software Datalogger Application ⁴²

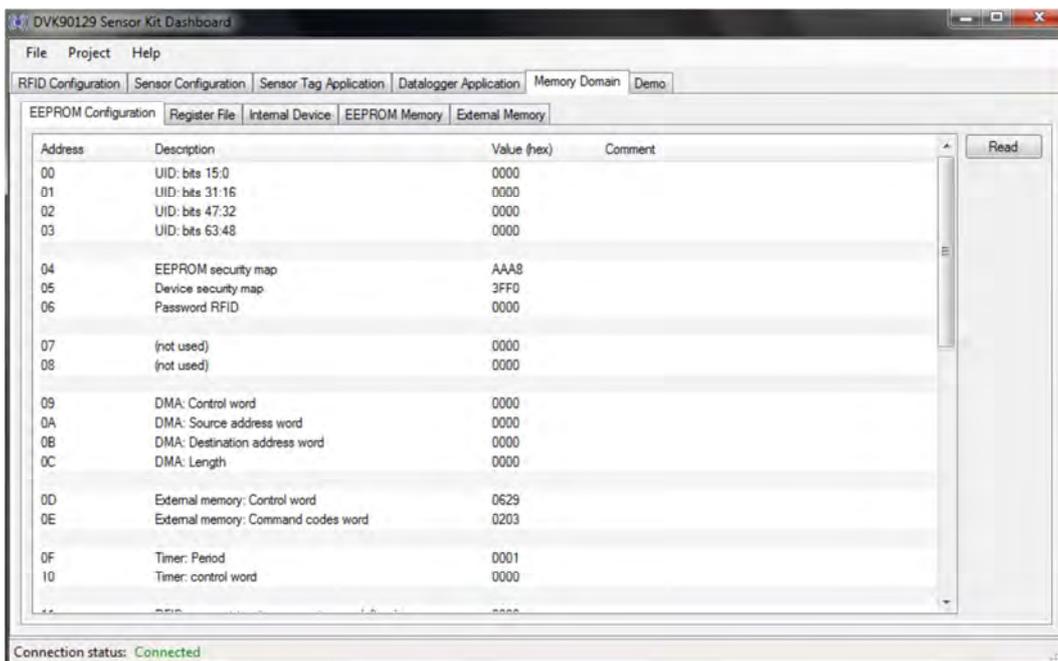
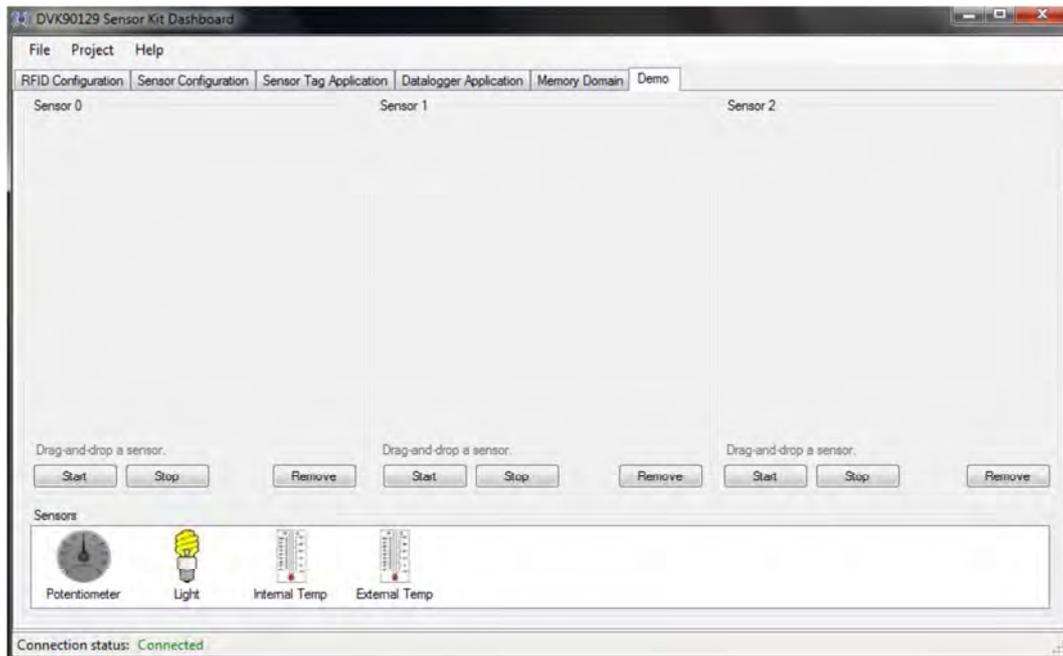


Abbildung 24: Software Memory Domain ⁴³

⁴² Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

⁴³ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

Abbildung 25: Software Demo ⁴⁴

6.1.3.3 Kommunikation zwischen Reader und RFID-Tag

Die Reichweite des HF RFID-Feldes ist sehr gering, so dass die Platine direkt auf den Reader gelegt werden muss, um eine sichere Datenübertragung zwischen dem RFID-Reader und RFID-Tag (Platine) zu gewährleisten. Nach dem Start der Software wird der Verbindungsstatus unmittelbar als „connected“ angezeigt. Da der RFID-Tag noch nicht mit einer Batterie ausgestattet ist, versorgt sie sich durch das elektromagnetische Spannungsfeld des RFID-Readers mit Energie.

6.1.3.4 Funktionstest mit „Demo“-Einstellung

Die sogenannte „Demo“ erlaubt es dem Benutzer die Funktionsweise der internen Sensoren und der Übertragung der erfassten Daten zu testen. Eine Anleitung der Vorgehensweise ist im Handbuch unter Kapitel 4.6 beschrieben. An dieser Stelle wird auch darauf hingewiesen, dass die dargestellten Messwerte der internen Sensoren nur zu Test- und Demonstrationszwecken dienen, da die Sensoren in diesem Modus nicht kalibriert und somit ungenau sind.

Im Auslieferungszustand sind die internen Sensoren deaktiviert, so dass sie für diesen Test durch das Setzen der entsprechenden Jumper aktiviert werden müssen.

Nach den hardwareseitigen Vorbereitungen muss nun die Software bedient werden. Im Reiter „Demo“ sind im unteren Bereich die einzelnen internen Sensoren durch kleine Schaubilder dargestellt.

⁴⁴ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

Durch das „Drag and Drop“ Verfahren können diese Bilder in die drei dafür vorgesehenen Felder gezogen werden. Nach der Auswahl der Sensoren kann durch Aktivieren der „Start“ Taste die Übertragung gestartet werden.

Im ersten Test zeigt der Temperatursensor eine Temperatur von 20° C an. Bei weiteren Tests wird teilweise eine Temperatur von 80°C angezeigt, wird der Sensor mit der Hand erwärmt, kommt es zu sprunghaften Veränderungen der Temperaturanzeige. Es ist davon auszugehen, dass die internen Sensoren für die anstehenden Versuche nicht zu gebrauchen sind. Der Lichtsensor zeigt nur bei Sonneneinstrahlung eine Reaktion, den Trimmer Sensor muss man zuerst auf die maximale und minimale Einstellung drehen, damit das Programm richtig funktioniert. Ist dies geschehen, kann durch Drehen des Trimmers ein Ausschlag in der Anzeige der Software erkannt werden. Die angezeigten Werte entsprechen jedoch nicht der Ausgangsspannung in Volt, sondern sind lediglich einheitenlose Hexadezimalzahlen im Bereich von ca. 35500 bis ca. 36700 (vgl. Abbildung 26).

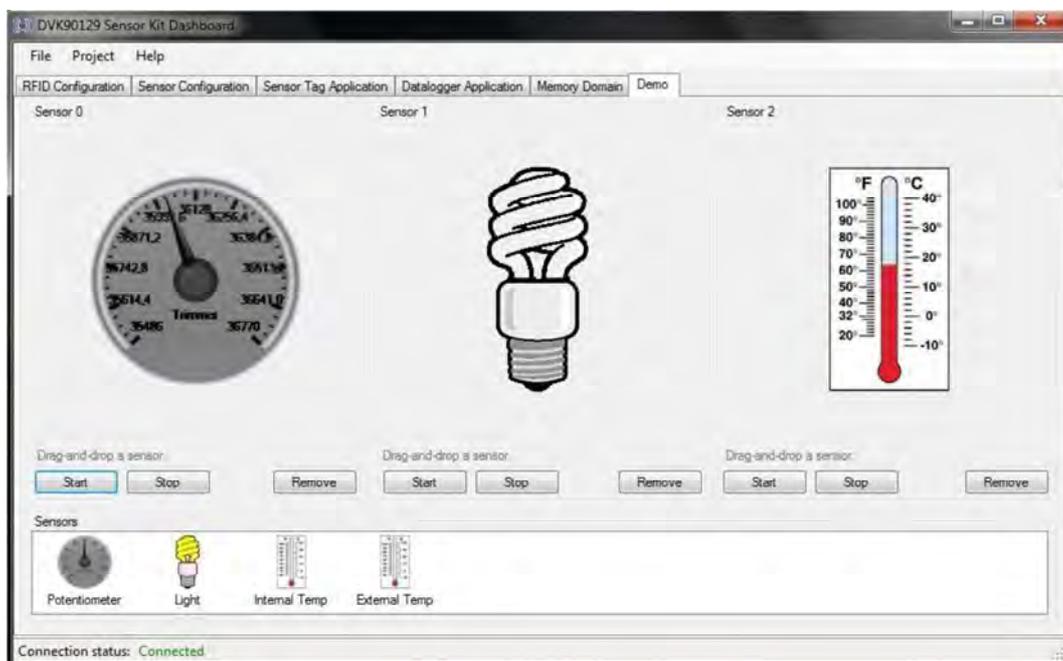


Abbildung 26: Demo ⁴⁵

Dieser Test zeigt, dass die internen Sensoren und die Übertragung der Daten durch die RFID-Technik funktionieren, die ausgegebenen Werte jedoch zu ungenau sind, um die Sensoren für die Versuche verwenden zu können.

6.1.3.5 Anschluss externer Sensoren

In einem ersten Test wird der Beschleunigungssensor des Typs IMI 660 im TO-5 Format (vgl. Abbildung 27) der Firma PCB Piezotronics Inc. angeschlossen.

⁴⁵ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)



Abbildung 27: Beschleunigungssensor IMI 660 TO-5⁴⁶

Hierzu werden die Kontakte des Sensors auf die „Patch Area“ gelötet und von dort mit den entsprechenden Eingängen des Evaluation Boards verbunden. Die internen Sensoren des RFID-Tags werden durch das Umsetzen der Jumper deaktiviert.

6.1.3.6 Auslesen der Sensor-Daten

Da für diesen Test die Sensordaten direkt per „Live-Übertragung“ ausgelesen werden sollen, wird auch hier keine zusätzliche Spannungsversorgung durch eine Batterie benötigt. Im Reiter „Sensor Configuration“ bleiben alle Einstellungen unverändert, im Reiter „Sensor Tag Appliation“ können die Daten des angeschlossenen Sensors ausgelesen werden. Hier wird „Sensor 1“ ausgewählt und durch Drücken der „Read“ Taste das Auslesen begonnen. Nach der Neuprogrammierung des EEPROMs mit den neuen Einstellungen werden die erfassten Daten ausgelesen und in dem entsprechenden Feld „Sensor 1“ sowohl als Hexadezimal- als auch als Dezimalzahlen dargestellt. Liegt der Sensor ruhig, werden Werte von ca. 20000 ausgelesen, bei Bewegung des Sensors steigen die Werte je nach Stärke bis auf den Maximalwert von 65535 (Hexwert „FFFF“) an. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Sensor funktioniert, da sich die ausgelesenen Werte durch Bewegung des Sensors ändern. Da der Sensor jedoch noch nicht kalibriert worden ist, sind die Werte nicht verwendbar. Auffällig ist, dass die Auslesefrequenz der Daten bei mindestens 900ms liegt, auch bei geringer eingestelltem Intervall. Der Grund hierfür ist die geringe Bandbreite der Datenübertragung eines RFID-Feldes. Sollen die Werte schneller gespeichert werden, ist die Verwendung des „Dataloggers“ von Nöten.

6.1.3.7 Verwendung des „Dataloggers“

Der Datalogger dient der Speicherung der aufgenommenen Sensordaten. Soll die Speicherung außerhalb des Elektromagnetischen Feldes des RFID-Readers stattfinden, wird eine zusätzliche Stromversorgung in Form einer Batterie benötigt.

Die Daten können entweder auf dem internen Speicher des Transponders oder auf dem externen Speicher auf der Rückseite des Boards gespeichert werden. Das Intervall der Speicherung kann sehr viel höher sein, als es bei der direkten Auslesung der Sensordaten über das RFID-Feld möglich ist. Zum Auslesen der gespeicherten Daten muss sich das Board in dem Lesebereich des Readers befinden.

⁴⁶ Sensordatenblatt IMI 660 PCB Piezotronics, Inc.

Die Werte werden in Form von csv-Dateien ausgegeben und können mit Microsoft Excel aufbereitet werden. Aufgrund des komplexen Aufbaus des Transponder-Chips und der Software wird für die Konfiguration des Dataloggers der Support des Herstellers in Anspruch genommen. Ziel ist es, für die verschiedenen Sensoren passende Einstellungen zu ermitteln. Bei einem Beschleunigungssensor in einem Bauhelm ist es wichtig Extremwerte über eine sehr kurze Ereignisdauer zu speichern. Ein Temperatur- oder ein Lichtsensor kann mit einer geringeren Frequenz ausgelesen werden.

Um verlässliche Messwerte von den Sensoren zu erhalten, müssen diese nach der Anbindung noch kalibriert werden, d.h. es müssen Formeln zur Berechnung der absoluten Werte in der passenden Dimension aufgestellt werden. Für die Auswertung der ausgelesenen Daten ist es notwendig, die einheitenlosen Hexadezimal- bzw. Dezimalzahlen in brauchbare Werte umzurechnen.

6.1.4 Testreihe Bauhelm

6.1.4.1 Versuchsvorbereitung

Im Verlauf der ersten Vorabtests wurde festgestellt, dass der Sensor zu sensibel reagiert, um harte Schläge aufnehmen zu können. Schon sehr leichte Stöße bewirkten einen Ausschlag des Sensors auf den Maximalwert. Bei etwas kräftigerer Belastung „setzte“ sich der Sensor auf diesem Maximalwert für mehrere Sekunden fest, so dass ein kontinuierliches Auslesen der Sensordaten nach einem Aufprallereignis nicht möglich gewesen wäre. Eine nähere Betrachtung des internen Aufbaus des Transponder-Chips macht deutlich, wodurch die erhöhte Sensibilität des Sensors zustande kommt. Architekturbedingt werden alle Signale externer Sensoren durch zwei Verstärkerstufen (PGA 1 und PGA 2) geleitet. PGA 2 stellt hierbei kein Problem dar, kann sie doch über die Software abgeschaltet werden. Die Verstärkerstufe PGA 1 jedoch ist unumgänglich und kann minimal auf eine achtfache Verstärkung eingestellt werden.

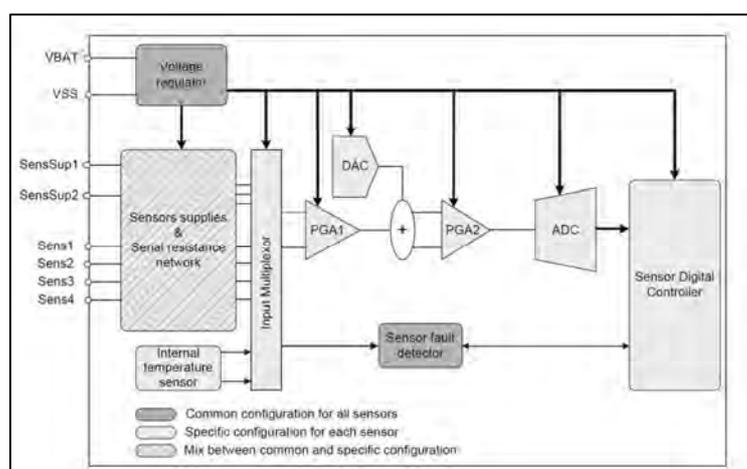


Abbildung 28: Verstärkerstufen des MLX90129 ⁴⁷

⁴⁷ Handbuch des DVK 90129 von Melexis

Um den Sensor dennoch verwenden zu können, ist eine Abschwächung des Eingangssignals des Beschleunigungssensors notwendig. Unter Zuhilfenahme des Supports der Firma *Dacom West* in Haan (Vertrieb des Development-Kits) gelingt die erfolgreiche Abschwächung des Signals durch das Anlöten von zwei Spannungswählern, die sowohl das Sensoreingangssignal (S1), als auch die benötigte Bezugsspannung (SS2) abschwächen. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen das Ergebnis der Signalabschwächung.

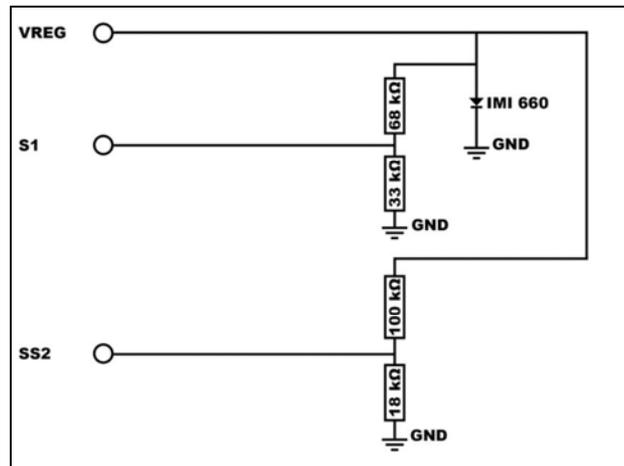


Abbildung 29: Schaltschema Beschleunigungssensor

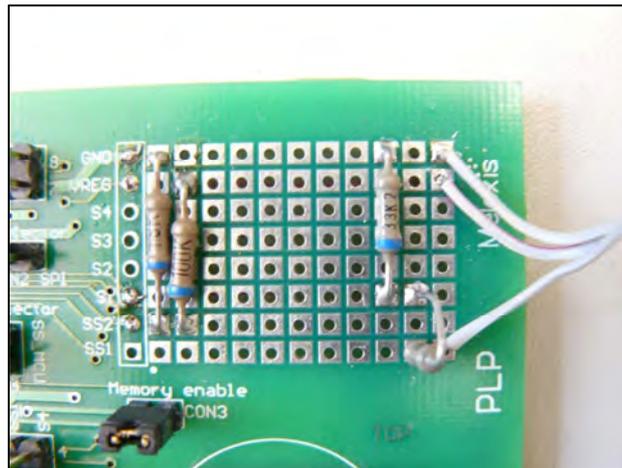


Abbildung 30: Abschwächung des Signals durch Widerstände oben

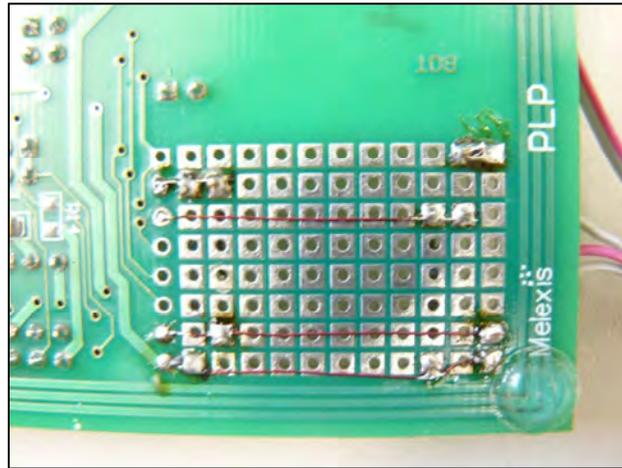


Abbildung 31: Abschwächung des Signals durch Widerstände unten

Nachdem die Abschwächung des Sensorsignals erfolgt ist, werden einige Kurztests durchgeführt, um die Reaktion des Sensors auf die Probe zu stellen. Dazu wird der Sensor in den Helm integriert (nähere Erläuterung vgl. Kap. 4.1.2), auf einen stabilen Tisch gelegt und mit Hammerschlägen belastet. Aus diesen provisorischen Belastungstests geht die Erkenntnis hervor, dass der Sensor härtere Belastungen aufnehmen kann und sich nicht mehr auf dem Maximalwert für mehrere Sekunden „festsetzt“. Bei diesen Vorabversuchen werden die gemessenen Sensordaten „live“ ausgelesen, wodurch die Auslesefrequenz limitiert ist und die Daten für qualifizierte Tests nicht verwendbar sind. Um das Development-Kit für die geplanten Versuche vorzubereiten, muss der Datalogger konfiguriert werden. Die Auslesefrequenz soll bei ca. 20ms liegen, so dass ein Schlagereignis mit ausreichender Genauigkeit aufgenommen werden kann. Die erarbeiteten Einstellungen der Development Kit Software sind in Abbildung 34 und Abbildung 35 dargestellt.

Um die tatsächlich wirkenden G-Kräfte errechnen zu können, werden die gemessenen Daten, analog zu der Abschwächung des Signals durch die elektrischen Widerstände, umgerechnet.

Herleitung der Umrechnung:

Für die Herleitung der Umrechnungsformel ist eine nähere Beschreibung des internen Aufbaus notwendig. Der oben bereits erwähnte Differenzverstärker PGA 1 benötigt eine Differenzspannung (eine Signalspannung vom Sensor und eine Bezugsspannung mit der das Sensorsignal verglichen wird), um einen Messwert ausgeben zu können. Die Signalspannung des Sensors (in Abbildung 29 mit S1 bezeichnet) besteht aus der Hälfte der Betriebsspannung (V_{ref}) und einer variablen Spannung (x) je nach Einwirkung auf den Sensor.

$$V_{Signal} = (V_{ref} * 0,5) + x$$

Nach dem Auflöten der Widerstände beträgt die gemessene Betriebsspannung des Development Kits nur noch 2,5V anstatt 3V. Dieser Spannungsabfall kommt durch den Stromfluss durch die Widerstände zustande.

Die Bezugsspannung (SS2) ist so groß wie die Betriebsspannung (2,5V). Nachdem die Differenzspannung in der Verstärkerstufe PGA1 berechnet worden ist, wird diese an den Analog-Digital-Wandler (ADC) weitergeleitet.

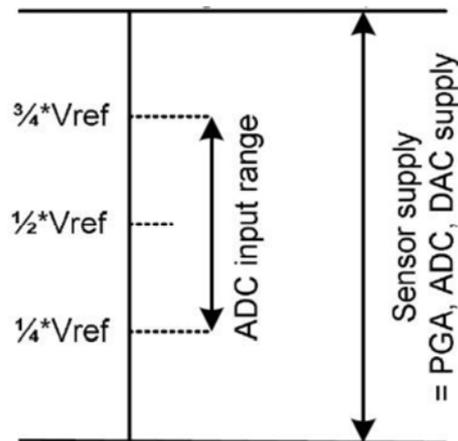


Abbildung 32: Eingangsspannung des AD-Wandlers⁴⁸

Ein Blick auf den ADC, der im Anschluss an die Verstärkerstufen die analogen Signale des Sensors in digitale Werte umrechnet, zeigt, dass die Eingangsspannung in den ADC nur im Bereich zwischen $\frac{1}{4} * V_{ref}$ und $\frac{3}{4} * V_{ref}$ liegen darf (vgl. Abbildung 32). Dies hat zur Folge, dass nur Spannungen zwischen $0,625 V$ ($\frac{1}{4} * 2,5 V = 0,625 V$) und $1,875 V$ ($\frac{3}{4} * 2,5 V = 1,875 V$) ein genauer G-Wert zugeordnet werden kann. Dem Ausgabewert 0 (Hexwert 0000) liegt also die Spannung $0,625 V$ zugrunde, beim Maximalwert 65535 (Hexwert FFFF) beträgt die Spannung $1,875V$. Da der Sensor sowohl positive als auch negative G-Werte ausgibt, kann der Ausgabewert 0 dem größten negativen G-Wert und der Ausgabewert 65535 dem größten positiven G-Wert zugeordnet werden.

Nimmt der Sensor keine Beschleunigung wahr, beträgt der Ausgabewert genau die Hälfte des Maximalwertes (32768), bzw. $1,25V$. Vereinfachend gesagt, beträgt der Eingangswert in den ADC und somit der Ausgangswert der PGA 1 nach der 8-fachen Verstärkung.

Der Spannungsbereich in dem G-Werte genau bestimmt werden können beträgt vor der Verstärkung also:

$$\frac{0,625 V}{8} = 0,078125 V = 78,125 mV$$

Da der Sensor $100 mV$ Spannungsänderung pro Beschleunigungswert (in g) ausgibt (vgl. Anhang 2), könnte das Development Kit ohne Abschwächung nur im Bereich $\pm 0,78g$ messen.

⁴⁸ Handbuch des DVK 90129 von Melexis

Um die realen G-Werte einfacher berechnen zu können, ist die Abschwächung sowohl der Sensorspannung als auch der Bezugsspannung, darauf ausgelegt, dass sich die bei-den fixen Spannungswerte ($V_{ref} * 0,5$ auf Sensorseite S1) und V_{ref} als Bezugsspannung (SS2) gegenseitig aufheben und nur mit der variablen Spannung x weiter gerechnet werden kann. Aus diesem Grund arbeitet der verwendete Spannungswandler auf Sensorseite mit einem Verhältnis von 1:3, der Spannungswandler auf der Seite der Bezugs-spannung mit 1:6,5. An beiden Seiten liegt nun eine Spannung von ca. 380 mV an, der variable Wert von 78,125 mV kann nun zurückgerechnet werden (vgl. Abbildung 33). Die 78,125 mV entsprechen hierbei einem Ausgangswert des Sensors von 239,1 mV ($78,125 \text{ mV} * 3$). Daraus ergibt sich bei 100 mV/g ein Messbereich von $\pm 2,39 \text{ g}$.

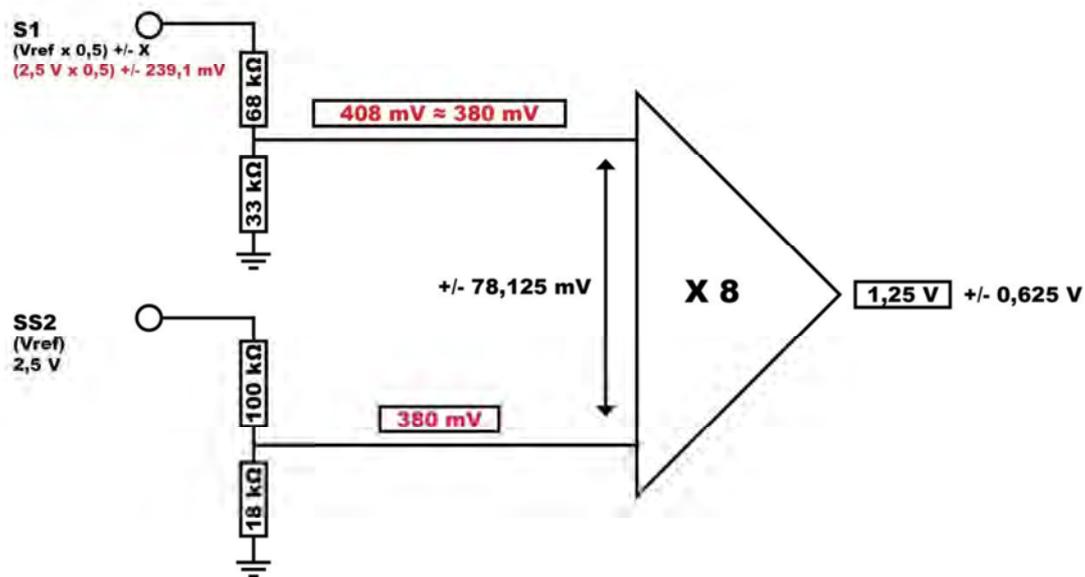


Abbildung 33: Umrechnung nach Signalabschwächung

Da die Sensorkonfiguration in den ersten Vorabtests bereits mit Hammerschlägen getestet worden ist und dabei nicht der Maximalwert erreicht wurde, erscheint dieser errechnete Wert zu gering zu sein.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die verringerte Versorgungsspannung (2,5 V anstatt 3 V) zu einer Veränderung des Sensorausgangssignals führt. Sollte dies der Fall sein, beträgt die Spannungsveränderung pro Beschleunigungswert (in g) bei der geringeren Versorgungsspannung weniger als 100 mV/g, so dass sich der messbare Bereich erhöht. Da dies jedoch nicht überprüft werden kann, werden die Versuchsauswertungen unter Kapitel 5.1 mit dem errechneten Messbereich von $\pm 2,39 \text{ g}$ vorgenommen.

Formel der Versuchsauswertungen:

$$\frac{x * 4,78}{65535} - 2,39$$

Die wichtigsten Einstellungen im Detail:

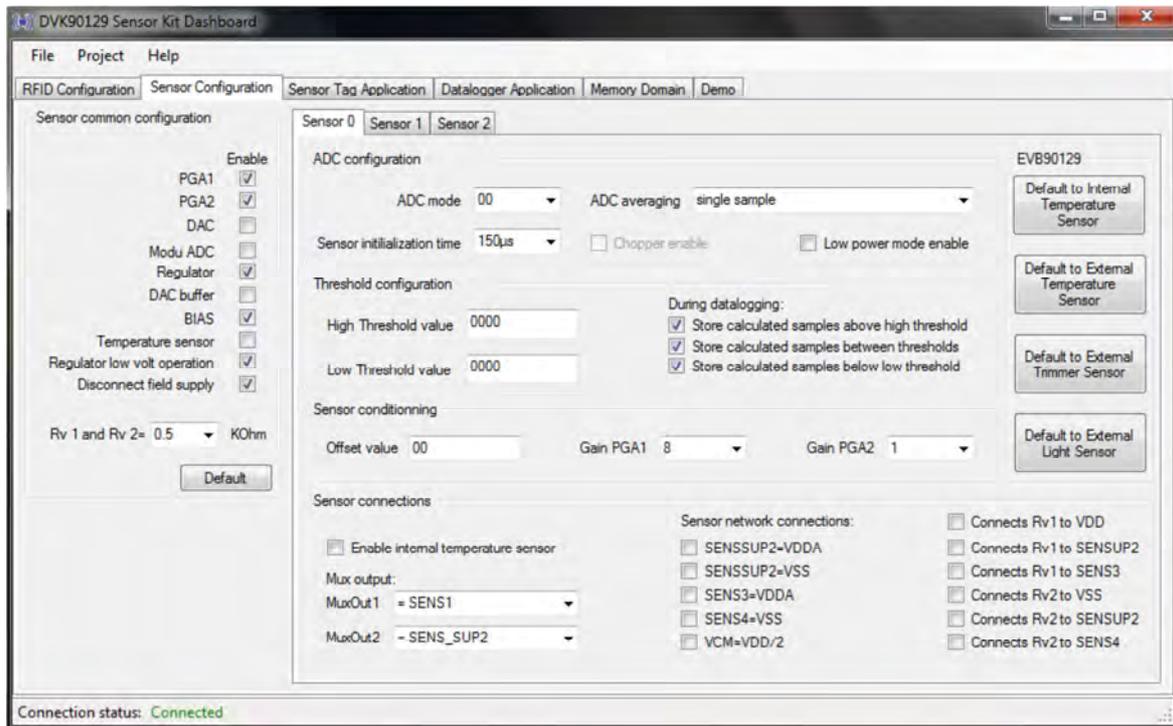


Abbildung 34: Sensor Configuration⁴⁹

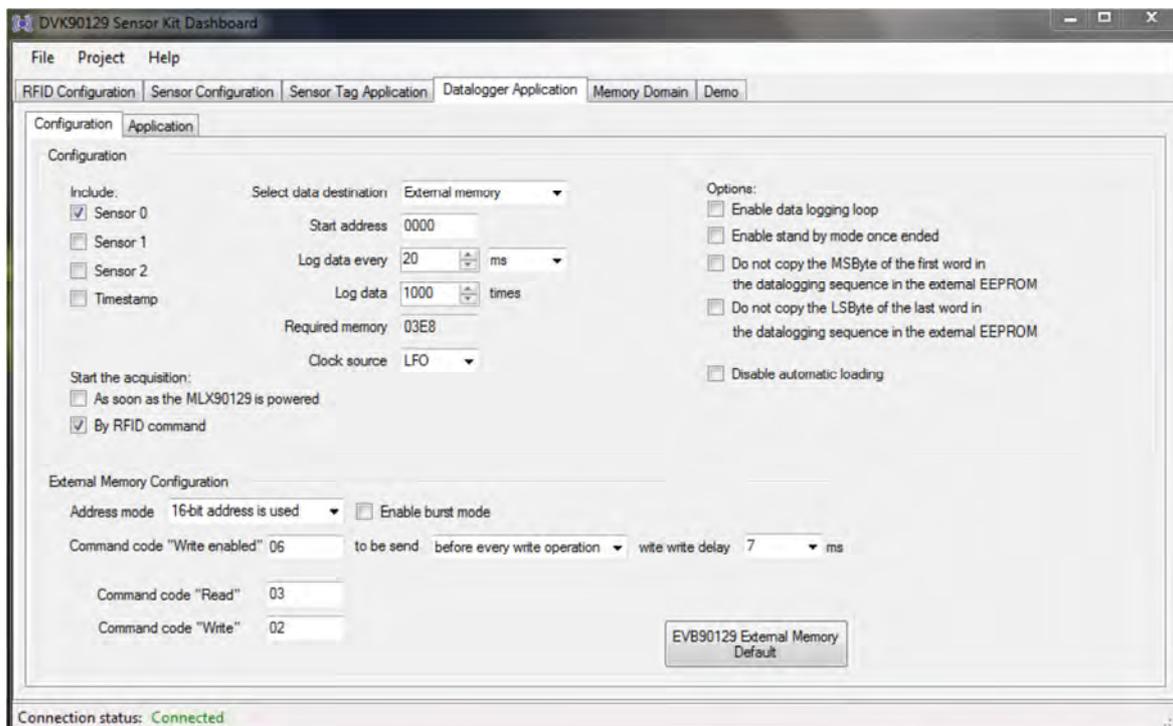


Abbildung 35: Datalogger Configuration⁵⁰

⁴⁹ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

Weitere provisorische Vorabtests mit aktiviertem Datalogger liefern aussagekräftige Ergebnisse, die auf die korrekte Funktion des Dataloggers schließen lassen. Zur Veranschaulichung der ausgelesenen Werte werden die csv-Dateien mit Excel eingelesen und als Diagramm dargestellt (vgl. Abbildung 36)

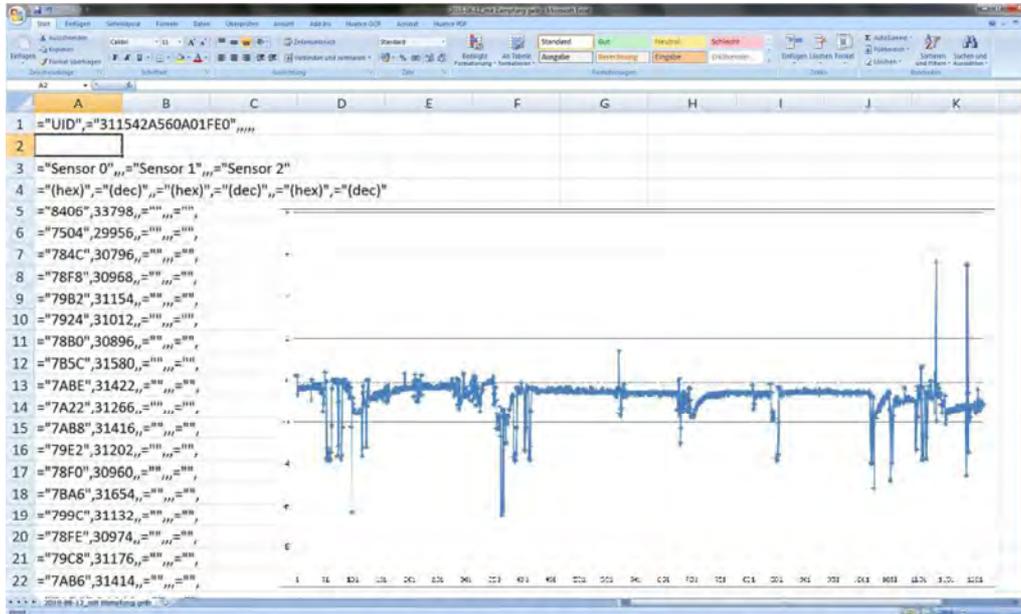


Abbildung 36: Diagramm Vorabtest

UID	Sensor 0 (hex)	Sensor 0 (dec)	G-Werte
311542A560A01FE0	8406	33798	0,24530098
	7504	29956	-0,6692515
	784C	30796	-0,4692973
	78F8	30968	-0,4283543
	7982	31154	-0,3840787
	7924	31012	-0,4178805
	78B0	30896	-0,4454932
	785C	31580	-0,2826734
	7ABE	31422	-0,3202838
	7A22	31266	-0,3574182
	7AB8	31416	-0,3217121
	79E2	31202	-0,3726528
	78F0	30960	-0,4302586
	78A6	31654	-0,2650584
	799C	31132	-0,3893156
	78FE	30974	-0,4269261
	79C8	31176	-0,3788418
	7AB6	31414	-0,3221881

Abbildung 37: Umrechnung G-Werte

Die Versuchsreihe wird in Anlehnung an DIN EN 397 Industrieschutzhelme geplant und durchgeführt. In Kapitel 6 der DIN EN 397 sind die Anforderungen der Versuche festgelegt:

⁵⁰ Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard (Revision 1.0.1.4)

Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen für die Prüfung von Industrieschutzhelmen⁵¹:

- Versuchshelme müssen der Verkaufsversion entsprechen
- Die folgende Mindestzahl von Proben und Bedingungen sind für eine Prüfreihe erforderlich:
 - 1 Helm zur Prüfung der Stoßdämpfung bei -10°C ;
 - 1 Helm zur Prüfung der Stoßdämpfung nach Untertauchen in Wasser;
 - 1 Helm zur Prüfung der Stoßdämpfung bei $+50^{\circ}\text{C}$, danach zur Prüfung des Brennverhaltens;
 - 1 Helm zur Prüfung der Stoßdämpfung nach künstlicher Alterung;
 - 1 Helm zur Prüfung der Durchdringungsfestigkeit bei -10°C ;
 - 1 Helm zur Prüfung der Durchdringungsfestigkeit nach Untertauchen in Wasser;
 - 1 Helm zur Prüfung der Durchdringungsfestigkeit bei $+50^{\circ}\text{C}$, danach zur Prüfung der Kinnriemenbefestigung;
 - 1 Helm zur Prüfung der Durchdringungsfestigkeit nach künstlicher Alterung.
- Zusätzliche Prüfungen:
 - 2 Helme, jeweils einer zur Prüfung der Stoßdämpfung und der Durchdringungsfestigkeit, nach Einwirkung sehr niedriger Temperaturen (-20°C oder -30°C , nach Zweckmäßigkeit);
 - 2 Helme, jeweils einer zur Prüfung der Stoßdämpfung und der Durchdringungsfestigkeit, nach Einwirkung sehr hoher Temperaturen;
 - 1 Helm für jede der 3 Prüfungen der elektrischen Isolierung;
 - 1 Helm zur Prüfung der seitlichen Verformung;
 - 1 Helm zur Prüfung mit Metallspritzern.

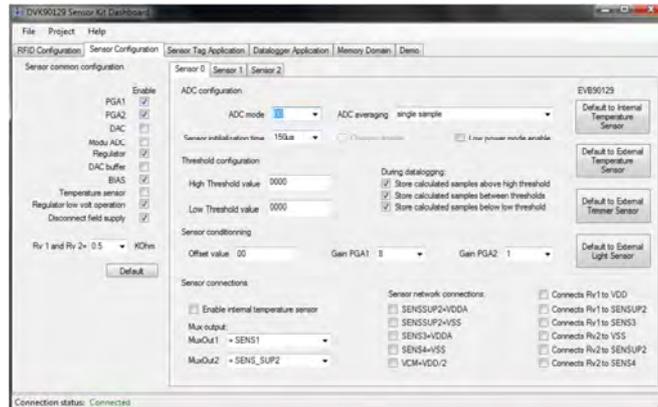
In dieser Machbarkeitsstudie wird der Fokus auf Punkt 6.6 „Stoßdämpfung“ gelegt. Die Vorbehandlungen der Helme wie künstliche Alterung, Untertauchen in Wasser und Temperaturvorbehandlungen werden in dieser Testreihe nicht berücksichtigt, da es sich hierbei nicht um Materialprüfungen handelt, sondern Erkenntnisse über die Einsatzfähigkeit des RFID-Sensor-Systems gewonnen werden sollen.

Zusammenfassend stellt sich der Versuch nach DIN EN 397 Kapitel 6.6 wie folgt dar:

Eine 5,0kg schwere Kugel mit 50mm Durchmesser wird geführt aus 1 m Höhe auf den Bauhelm fallen gelassen. Die Einwirkung des Aufpralls wird vom Beschleunigungs-sensor aufgenommen und erfasst.

Um ausreichend genaue Messergebnisse zu erhalten, wird die Frequenz für diese Versuchsreihe in der Softwareeinstellung auf 5ms angepasst. Hierzu muss unter dem Menüpunkt „Sensor Con-figuration“ der „ADC-Mode“ auf „00“ geändert werden. Die Einstellung „00“ ermöglicht eine Auslesefrequenz von 3ms. Eine genaue Erklärung über Funktionsweise des „ADC-Mode“ ist in dem Handbuch des Development Kits nicht zu finden.

⁵¹ Vgl. DIN EN 397:1995+A1:2000 Kap. 6

Abbildung 38: Umstellung auf 5ms⁵²

Durch die Umstellung fällt ein um den Faktor 4 erhöhtes Datenvolumen bei gleichbleibender Ereignisdauer an. Der Datalogger speichert alle 5ms einen Wert, so dass 200 Werte pro Sekunde anfallen.

Während der Vorbereitung auf die Versuche mit den Bauhelmen stellte sich heraus, dass beim Speichern und Auslesen von mehr als 500 Werten Probleme auftreten können.

Die Einstellung für die Versuche wird daraufhin auf 500 Messwerte beschränkt, was zu einer maximalen Ereignisdauer von 2,5 Sekunden führt. Deshalb ist ein genaues Timing des Versuchsablaufs wichtig. Die detaillierten Softwareeinstellungen sind in Anlage 2 aufgeführt.

Die Belastungstests der Bauhelme fanden in der Versuchshalle des IFA in St. Augustin statt. Nach einer Einführung in die Funktionsweise der Testanlage wurden die Versuche durchgeführt.

6.1.4.2 Versuchsaufbau

Die Prüfanlage (vgl. Abbildung 39) des IFA wird für Stoßdämpfungs- und Durchdringungsfestigkeitsprüfungen nach DIN EN 397 verwendet.

Auf den Prüfkopf, in dessen Bodenplatte Drucksensoren angebracht sind, wird der zu testende Helm aufgesetzt und über das schwenkbare Führungsrohr mit einem Fallgewicht beansprucht. Die gemessenen Sensordaten des Aufprallereignisses werden automatisch an das Oszilloskop weitergeleitet und dort grafisch dargestellt. Über den Schaltschrank wird der Versuch gestartet, indem der Magnet, der das Gewicht festhält über einen Schalter deaktiviert wird.

⁵² Quelle Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard



Abbildung 39: Aufbau Prüfanlage Bauhelm

6.1.4.3 Versuchsdurchführung

Die zu testenden Bauhelme (vgl. Abbildung 40) müssen für die Belastungstests vorbereitet werden. Hierzu wird zuerst die Innenausstattung entfernt, um die Befestigung des Sensors anzubringen. Für diese Versuchsreihe wurden vorab zwei verschiedene Sensorbefestigungen entwickelt.

Ein Sockel besteht aus Hartplastik (vgl. Abbildung 41) und sorgt für eine direkte Übertragung der Bewegung, die durch den Aufprall des Gewichtes entsteht. Der zweite Sockel besteht aus Schaumstoff und dämpft den Schlag geringfügig ab (vgl. Abbildung 42). Der Sockel wird mit Sekundenkleber auf der Innenseite des Helmes eingeklebt, der Sensor in den Sockel geschoben und schließlich mit Klebeband fixiert (vgl. Abbildung 43). Nachdem die Innenausstattung wieder eingelegt ist, kann der Helm auf den Prüfkopf der Prüfanlage aufgesetzt werden. Das schwenkbare Führungrohr wird über dem Helm positioniert und über einen Hebel arretiert. Aus Sicherheitsgründen muss die Klappe, über die das Gewicht nach dem Versuch wieder herausgenommen werden kann geschlossen sein, damit dieses nicht aus der Versuchsanlage herauspringen kann. Bevor das Fallgewicht angebracht werden kann, muss der Elektromagnet über den Schaltschrank aktiviert werden. Nach Einhängen der Metallkugel wird der Abstand von der Unterseite der Kugel bis Oberseite des Bauhelms abgemessen und auf 1 m eingestellt. Für spätere Vergleiche der Versuchsergebnisse des Development-Kits mit den Ergebnissen der Versuchsanlage sollen Ausdrücke des Oszilloskops verwendet werden. Im Konfigurationsmenü des Oszilloskops werden die Taste „print“ zur Aktivierung des Druckers und die Taste „reset“ zur Bereinigung der Oszilloskop Anzeige gedrückt. Die Versuchsanlage ist nun bereit für den Versuch, Laptop und Development Kit müssen noch angeschlossen werden.



Abbildung 40: Bauhelm auf Prüfkopf



Abbildung 41: Sensorbefestigung harter Sockel

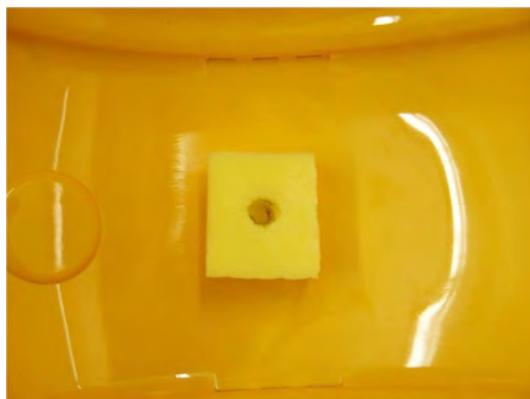


Abbildung 42: Sensorbefestigung weicher Sockel



Abbildung 43: Fixierung des Sensors

Versuchsablauf zusammengefasst:

- -Sensor in Sockel befestigen
- -Helm auf Prüfkopf aufsetzen
- -Führungsrohr arretieren
- -Kugel in Magnet einhängen
- -Reset des Oszilloskops (falls Ausdruck der Anlagenmesswerte gewünscht)
- -Development Kit starten
- -Schalter umlegen, Kugel fällt
- -Aufprallereignis
- -Development Kit stoppen
- -Daten auslesen und speichern
- -Versuchskurve des Oszilloskops ausdrucken

Während der ersten Testreihe wurden insgesamt drei Bauhelme getestet. Da keinerlei Erfahrungswerte existierten und die Sensorbefestigung vorab für eine derartige Belastung nicht getestet werden konnte, wurde mit zwei unterschiedlichen Sensorbefestigungen gearbeitet, um Aufschluss über die Widerstandsfähigkeit der Befestigungen zu erhalten. Darüber hinaus wurden zwei verschiedene Fallgewichte verwendet (3kg und 5kg). Einzelheiten zu den getesteten Helmen sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Helmtests

Helm Nr.	Belastung	Art der Sensorbefestigung	Anzahl der Tests
Helm 1	5kg Gewicht, 3kg Gewicht	Harter und weicher Sockel	8
Helm 2	3kg Gewicht	harter Sockel	6
Helm 3	3kg Gewicht	weicher Sockel	15

6.1.4.4 Versuchsauswertungen

Die Umrechnung der Versuchswerte erfolgt mittels der in Kapitel 6.1.4.1 (Versuchsvorbereitung) hergeleiteten Formel.

Es folgen Auswertungen zu den drei getesteten Helmen mit ausgewählten Versuchskurven, sämtliche Versuchsergebnisse befinden sich auf der beigelegten DVD.

Helm 1: Vorabtest (sowohl 5kg- als auch 3kg-Kugel mit hartem und weichem Sockel)

Helm 1 wurde verwendet, um sich mit der Versuchsanlage und den Versuchsablauf vertraut machen zu können. Insgesamt wurden 8 Tests absolviert, wobei der erste mit der 5kg Kugel ausgeführt wurden und sieben mit der 3kg Kugel. Tests eins bis vier erfolgten mit dem harten Sockel, die restlichen vier Tests mit dem weichen. Die 5kg schwere Kugel stellte sich dabei als zu schwer heraus, da sich die Sensorbefestigung nach dem ersten Test durch den Aufprall vom Helm gelöst hat. Der anschließende Wechsel auf die 3kg schwere Kugel und das erneute Einkleben des harten Sockels brachten nicht den gewünschten Erfolg; so löste sich der Sockel erneut nach drei weiteren Tests. In der Folge wurde der weiche Sockel eingeklebt und vier Tests ohne Probleme ausgeführt. In den Abbildung 44 (harter Sockel) und Abbildung 45 (weicher Sockel) sind die Versuchsverläufe grafisch dargestellt. Das Aufprallereignis ist jeweils gut erkennbar. Bei Test 1 (5kg) sind, wie zu erwarten, die höchsten Werte der Vorabversuche aufgetreten.

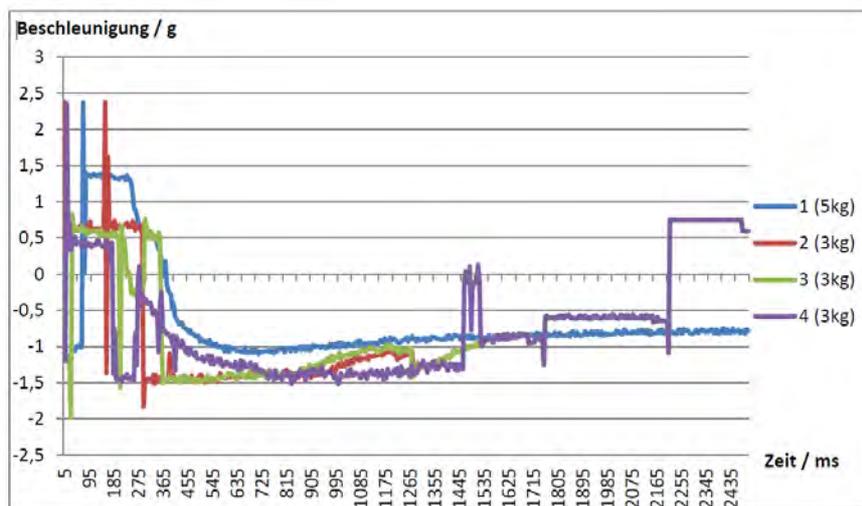


Abbildung 44: Versuchskurven der ersten Vorabtests

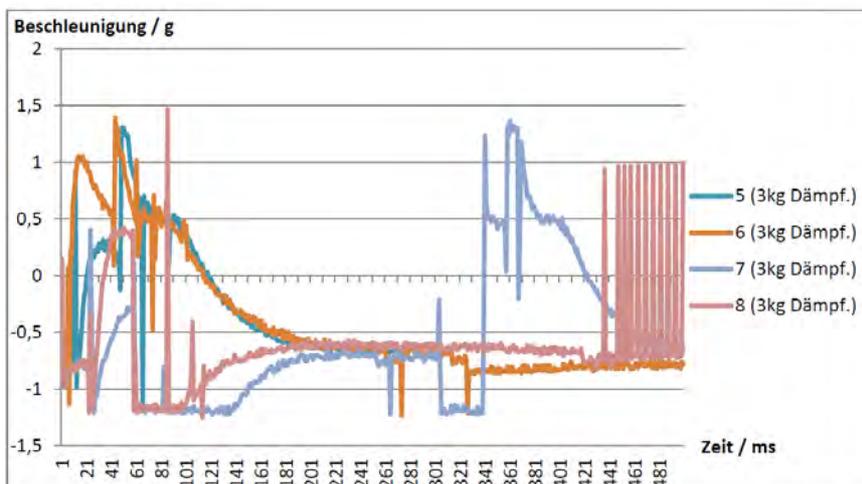


Abbildung 45: Ausschnitt der Vorabversuche mit weichem Sockel

Helm 2: 3kg aus 1m Höhe mit hartem Sockel:

Für die Tests mit Helm 2 wurde der harte Sockel erneut verwendet. Nach dem erneuten Einkleben erfolgte eine längere Aushärtezeit, jedoch wurde auch hier der Sockel nach sechs Versuchen wieder vom Helm gelöst. Auffällig bei dieser Versuchsreihe ist die unterschiedliche Charakteristik der Verlaufskurven.

Dies könnte ein Zeichen für Veränderung der Versuchsbedingungen sein. Entweder liegt die Ursache im Helm (Materialermüdung), im Sockel (langsames Lösen) oder im Sensor selbst. Nach den Versuchen war eine leichte Verformung der Sensoroberseite erkennbar.



Abbildung 46: Verformung Sensor

Eine weitere Auffälligkeit ist bei Versuchen 1 und 2 erkennbar. So sind die Versuchswerte von 1 und 2 nach ca. 1400ms identisch. Wahrscheinlich hat der Sensor danach keine neuen Daten erfasst bzw. hat das Development Kit danach keine neuen Daten gespeichert (vgl. Abbildung 47). Die Verlaufskurven mit unterschiedlicher Charakteristik bei Versuchen 3 bis 6 sind in Abbildung 48 dargestellt.

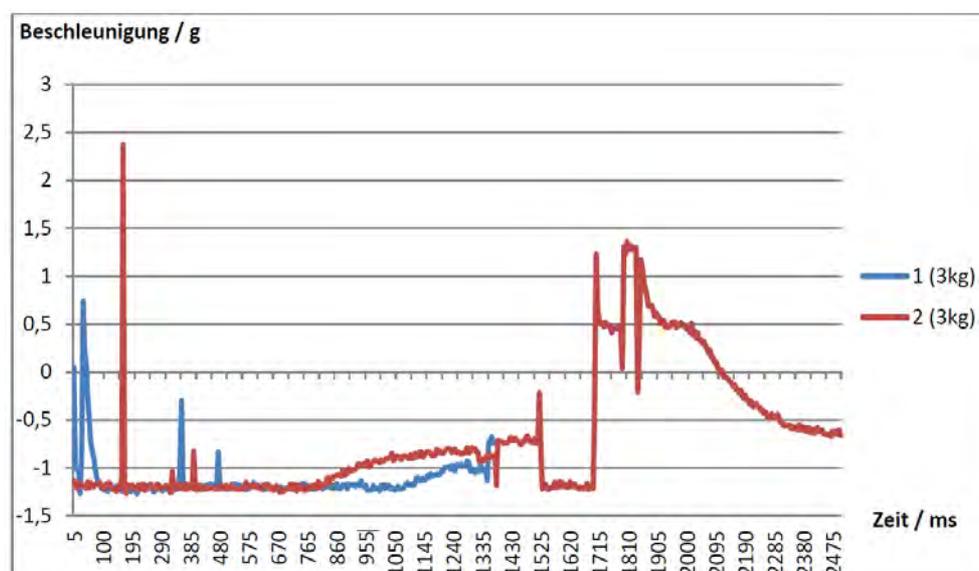


Abbildung 47: Kurven der Versuche 1 und 2

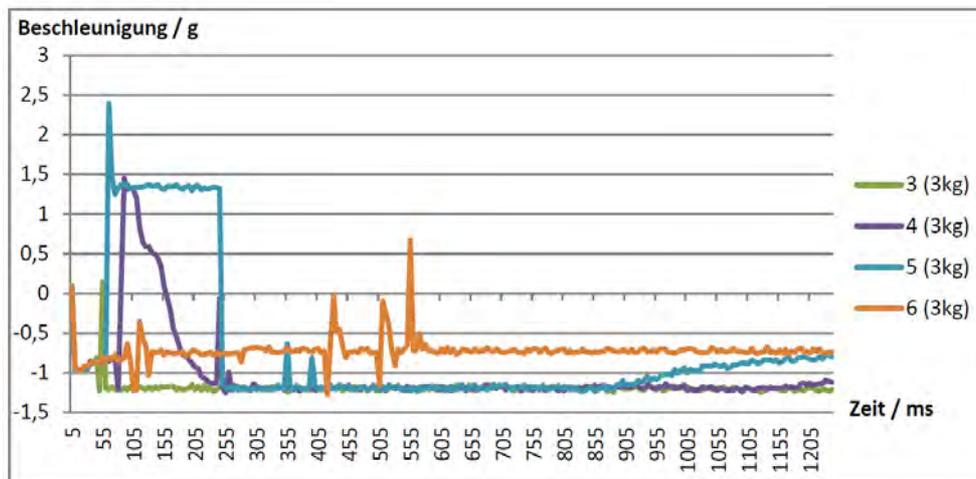


Abbildung 48: Ausschnitt der Kurven der Versuche 3 bis 6

Helm 3: 3kg 1m mit weichem Sockel:

Die Versuche mit Helm 3 wurden vollständig mit dem weichen Sockel und dem 3kg Gewicht durchgeführt. Hierbei traten keinerlei Probleme mit der Befestigung auf. Insgesamt wurden 15 Tests mit diesem Helm absolviert. Nach dem 15. Test wies der Helm einen ca. 3cm langen Riss auf der Oberseite (vgl. Abbildung 49) auf. Der Beschleunigungssensor war nach diesem letzten Versuch defekt. Man kann also davon ausgehen, dass das Fallgewicht bei Versagen des Helms den Sensor zerstört hat.



Abbildung 49: Riss im Helm

Insgesamt ist diese Testreihe aber am aussagekräftigsten, da sämtliche Verlaufskurven eine ähnliche Charakteristik aufweisen. Eine Auswahl einiger Versuchskurven ist in Abbildung 50 dargestellt. Die maximal gemessenen G-Werte unterscheiden sich voneinander, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Materialermüdung nach mehreren Tests eine Rolle spielt.

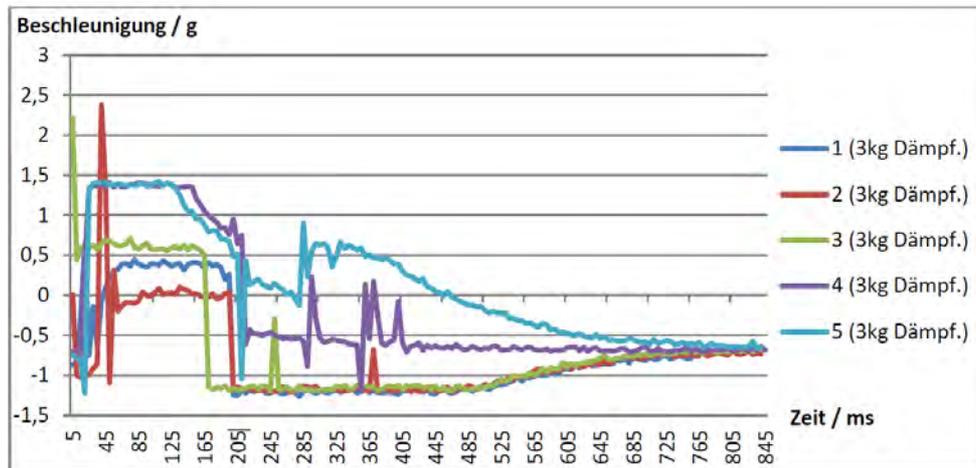


Abbildung 50: Ausschnitt charakteristischer Versuchskurven

Vorläufiges Fazit:

Nach der Auswertung der Erkenntnisse und der Versuchsergebnisse ist festzuhalten, dass die Kombination von Development Kit und Beschleunigungssensor grundsätzlich funktioniert. Jedoch sind die aufgetretenen Probleme Beleg dafür, dass diese Kombination keinesfalls für einen realen Einsatz geeignet ist. Auffällig ist das Problem bei der Zuverlässigkeit da einige Verlaufskurven sehr unterschiedlich aussehen (vgl. Abbildung 48). Außerdem sollte die Befestigung des Sensorsockels überarbeitet werden, damit bei Belastung die dauerhafte Integration des Sensors in den Bauhelm sichergestellt ist. Eine weitere Versuchsreihe mit einem neuen Sensor und einer anderen Befestigung soll weitere Erkenntnisse hervorbringen.

Zweite Versuchsreihe:

Für die zweite Versuchsreihe sind neue Helme von der Firma 3M zur Verfügung gestellt worden. Der Sensorsockel ist überarbeitet worden und besteht nun aus Holz.

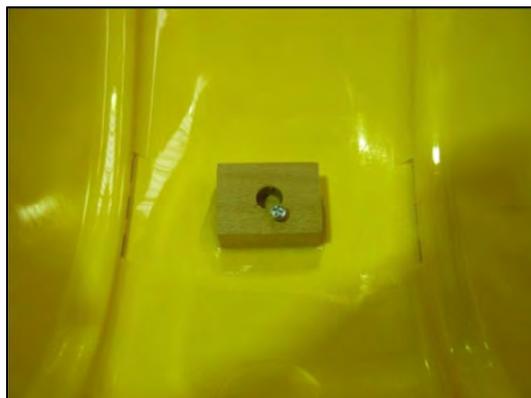


Abbildung 51: neuer Sockel aus Holz

Die Kontaktfläche mit dem Bauhelm ist wesentlich größer, so dass der Klebstoff besser halten kann. Außerdem wird 2-Komponentenkleber verwendet. Der Sensor ist grundsätzlich gleich, einzig der Anschluss unterscheidet sich vom Vorgänger. Anstatt eines schon von Werk aus integriertem Anschlusskabel verfügt der neue Sensor lediglich über 3 Kontakte, an die ein dreiadriges Kabel angeschlossen werden muss.

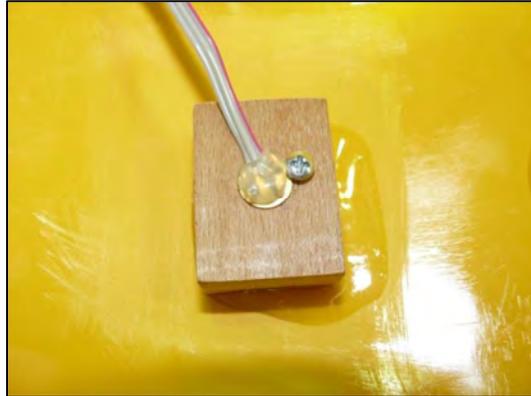


Abbildung 52 Anschluss neuer Sensor

Die neue Konstruktion stellte sich nach einigen Versuchen als unbrauchbar heraus. Sie ragt zu weit in das Helminnere hinein, so dass sie beim Aufprall des Gewichtes und der damit verbundenen Vorwölbung des Helmes nach unten, auf den Prüfkopf aufsetzt und das Messergebnis verfälscht. Durch mehrfaches Aufsetzen löste sich der neue Sockel ebenfalls vom Helm. In Abbildung 53 sind die Beschädigungen dargestellt. Neben dem gelösten Sockel wurde die Innenausstattung beschädigt und die Anschlusskontakte des Sensors verbogen.



Abbildung 53: Beschädigung durch Aufsetzen

6.1.5 Testreihe Gebläseatemschutz

6.1.5.1 Versuchsvorbereitung

Zur Optimierung der Wartungsintervalle des Gebläses soll die Integration eines Betriebsstundenzählers realisiert werden. Ein Luftstromsensor soll der Erfassung des Luftstroms und somit als Indikator für die Einsatzstunden dienen.

Da aus versicherungstechnischen Gründen keine Modifikation der Gebläse-Einheit vorgenommen werden darf, wird der Sensor in den Zuluftschlauch integriert. Bei der Auswahl des Sensors ist die Größe deshalb ein entscheidender Faktor. Das größte Problem bei der Auswahl des Sensors war jedoch die benötigte Versorgungsspannung von 3V. Die meisten Sensoren sind für eine Versorgungsspannung von 12V ausgelegt. Nach einer intensiven Recherche über geeignete Sensoren stellte sich folgendes Modell als verwendbar heraus:



Abbildung 54: Omron D6F-V⁵³

Der Omron D6F-V arbeitet mit einer Spannung von 3,15V – 3,45V und ist klein genug, um in den Zuluftschlauch des Gebläseatemschutz-Systems integriert werden zu können. Die minimale Unterschreitung der vom Hersteller angegebenen Betriebsspannung des Sensors (anstatt wie vorgesehen 3,15 V hier nur 3 V) stellt in der Regel kein Problem dar.

Ein zweiter Sensor ist eventuell verwendbar, die Betriebsspannung des „SAF Series Air Flow Sensor“ von SPX ist vom Hersteller jedoch mit 5 Volt abgegeben, so dass eine erfolgreiche Anbindung an das Development Kit fraglich ist.

SPX SAF Series Air Flow Sensor



Abbildung 55: SPX SAF Series Air Flow Sensor⁵⁴

⁵³ Online: [http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/343C62397126E69185257201007DD6C6/\\$file/D6F-V_1010.pdf](http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/343C62397126E69185257201007DD6C6/$file/D6F-V_1010.pdf) , zugegriffen am 17.03.2011

⁵⁴ Online: http://www.radiodetection.com/products_det.asp?art_id=5414&sec_id=2797 , zugegriffen am 17.03.2011

Aus o.g. Gründen fällt die Entscheidung zugunsten des Omron Sensors. Dieser ist mit einem Preis von ca. 25,00 € vergleichsweise günstig und kurzfristig lieferbar. Wie aus dem Datenblatt des Sensors hervorgeht, ist der Anschluss an das Development Kit ohne weitere elektrische Schaltung möglich (vgl. Abbildung 56).

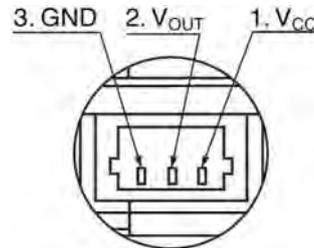


Abbildung 56: Anschluss des Omron D6F-V⁵⁵

Die drei Anschlüsse des Sensors (Masse, Versorgungsspannung und die Datenleitung des Sensors) werden an die entsprechenden Eingänge des Development Kits angeschlossen. Die interne Signalverstärkung des Development Kits ist unerheblich, da in dieser Versuchsreihe nur eine Aussage über „An“ oder „Aus“ getroffen werden kann. Die Größe des Ausgangssignals, bzw. die Menge des gemessenen Luftstroms ist nicht von Belang, da der zu messende Luftstrom die Erfassungsmöglichkeiten des Sensors, aufgrund seiner kleinen Bauweise in Kombination mit der geringen Versorgungsspannung, weit überschreitet.

Zur einfacheren Handhabung wird der Sensor über eine kleine Steckplatine angeschlossen. (vgl. Abbildung 57)

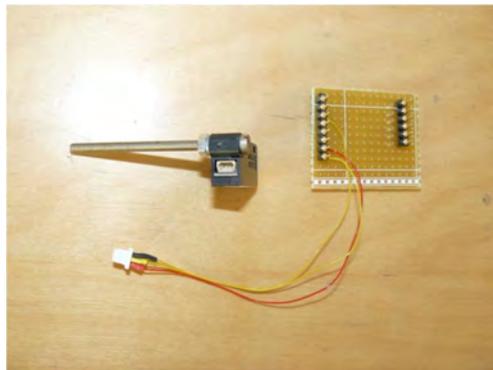


Abbildung 57: Steckplatine für Luftstromsensor

Für die Integration des Sensors in den Gebläseschlauch wird das Sensorgehäuse an den Ecken durch Schleifen leicht abgerundet. Dadurch passt der Sensor exakt in das Anschlussstück des Zuluftschlauches (vgl. Abbildung 58).

⁵⁵ Online: [http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/343C62397126E69185257201007DD6C6/\\$file/D6F-V_1010.pdf](http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/343C62397126E69185257201007DD6C6/$file/D6F-V_1010.pdf), zugegriffen am 17.03.2011



Abbildung 58: Integration in den Zuluftschlauch

Die Anschlusskabel werden durch eine kleine Öffnung der Schlauchwand geführt. Zur luftdichten Abdichtung des geöffneten Schlauches wird verstärktes Klebeband verwendet (vgl. Abbildung 59).



Abbildung 59: Abdichtung der Schlauchöffnung

Die detaillierten Einstellungen des Development Kits, die für diese Versuche erarbeitet worden sind, befinden sich im Anhang 2.

Da die einzelnen Versuche mit dem Gebläseatenschutz über einen längeren Zeitraum stattfinden, als bei dem Bauhelm oder der Schweißmaske, soll zusätzlich das Verhalten des Development Kits außerhalb des RFID-Spannungsfeldes getestet werden. Während der Versuche, die bis zu 30 Minuten dauern können, wird die Platine räumlich vom RFID-Reader getrennt. Erst bei der Datenübertragung werden Platine und Reader wieder vereint. Darüber hinaus soll die maximal mögliche Auslesefrequenz erarbeitet werden.

6.1.5.2 Versuchsaufbau

Das gesamte Gebläseatenschutz-System wird bei den Tests nicht getragen, sondern auf einem Tisch platziert, so dass sowohl die Software als auch das Gebläse bedient werden können.



Abbildung 60: Aufbau Gebläseatemschutz

6.1.5.3 Versuchsdurchführung

Nachdem der Aufbau der Versuchsausrüstung erfolgt ist, wird die Software gestartet und die vorab erarbeiteten Einstellungen geladen. Für die Versuche sind folgende Arbeitsschritte immer gleich:

- Start des Dataloggers
- Platine aus RFID-Spannungsfeld entfernen
- Aktivierung des Gebläses
- während der Testphase Gebläse mehrmals kurzzeitig de- und reaktivieren
- nach der Testphase Platine in Reichweite des Readers platzieren
- Auslesen der Daten
- Speichern der Daten

6.1.5.4 Versuchsauswertung

Der Ausgabewert des Development Kits liegt bei Strömungsstillstand konstant bei null, sobald ein Luftstrom gemessen wird, steigt der Wert auf den Maximalwert an. Über diese Ausgabewerte ist es möglich, eine Aussage über „An“ oder „Aus“ zu treffen. Für die Ansprüche eines Betriebsstundenzählers genügt dieser Ansatz.

Abbildung 61 zeigt die grafische Darstellung eines 30-minütigen Versuches mit einer Auslesefrequenz von 0,2Hz. Die Einsatzzeit kann mit der Excelfunktion „ZÄHLENWENN“ über die Anzahl der Werte „1“ erfasst werden. In diesem Fall wurde 178-mal der Wert Eins gemessen, das ergibt bei einer Auslesefrequenz von 0,2Hz eine gesamte Nutzungsdauer von 890 Sekunden bzw. 14,83 Minuten.

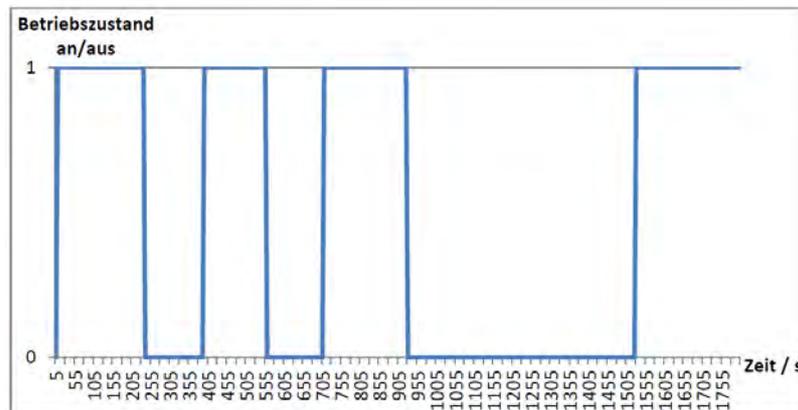


Abbildung 61: Auslesefrequenz 5 Sekunden, Laufzeit 30 Minuten

Die schnellste Auslesefrequenz die erfolgreich getestet werden konnte betrug lediglich 1 Hz.

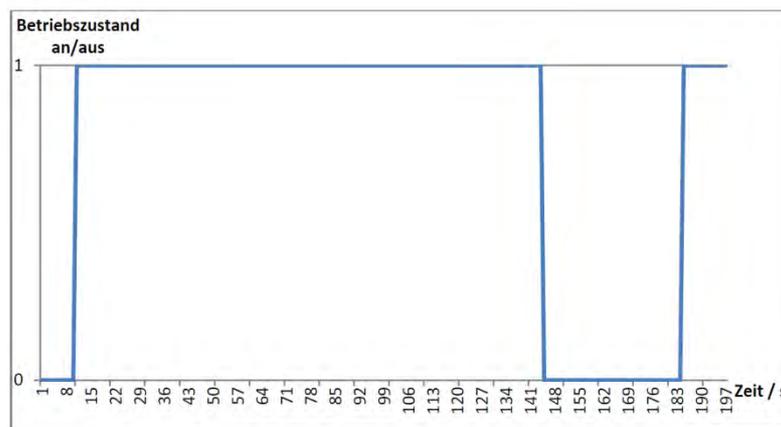


Abbildung 62: Auslesefrequenz 1 Sekunde

6.1.6 Testreihe Schweißmaske

6.1.6.1 Versuchsvorbereitung

Nach der Recherche der geltenden DIN-Normen für Schweißmasken (DIN EN 379, DIN EN 169 und DIN EN 167) wurde der Fokus auf die Prüfung des Transmissionsgrades⁵⁶ (DIN EN 169), die Messung der Schutzstufeneinstellung⁵⁷ und der Überprüfung der Schaltzeiten⁵⁸ (DIN EN 379) gelegt.

Der Transmissionsgrad gibt Auskunft über die Lichtdurchlässigkeit der Schweißmaske in verschiedenen Wellenlängenbereichen. Bei der Messung der Schutzstufeneinstellung wird die Maske je nach Schutzstufe mit verschiedenen Lichtstärken bestrahlt und eine Prüfung des Lichttransmissionsgrades durchgeführt.

⁵⁶ DIN EN 169:2002 Kap. 5.2

⁵⁷ DIN EN 379:2002 Kap. 5.3.2

⁵⁸ DIN EN 379:2002 Kap. 5.2

Die Schaltzeit gibt an, wie schnell das Schutzglas der Maske bei Lichteinfall abdunkelt. Hier werden für verschiedene Schutzstufen unterschiedliche Schaltzeiten vorausgesetzt. Die Schutzstufen der zu testenden Schweißmaske können im Dunkelzustand von Stufe 8 bis Stufe 12 variiert werden, die Hellstufe beträgt Stufe 3. Die Schaltzeit darf dementsprechend bei der höchsten Stufe (Stufe 12) 5ms nicht überschreiten.

Tabelle 5: Transmissionsanforderungen⁵⁹

Schutzstufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad im UV-Bereich		Lichttransmissionsgrad		Maximaler mittlerer spektraler Transmissionsgrad im IR-Bereich
	$\tau(\lambda)$		τ_v		τ_A
	313 nm %	365 nm %	Maximum %	Minimum %	780 nm bis 1400 nm %
1,2	0,0003	50	100	74,4	69
1,4	0,0003	35	74,4	58,1	52
1,7	0,0003	22	58,1	43,2	40
2	0,0003	14	43,2	29,1	28
2,5	0,0003	6,4	29,1	17,8	15
3	0,0003	2,8	17,8	8,5	12
4	0,0003	0,95	8,5	3,2	6,4
5	0,0003	0,3	3,2	1,2	3,2
6	0,0003	0,1	1,2	0,44	1,7
7	0,0003	0,05	0,44	0,16	0,81
8	0,0003	0,025	0,16	0,061	0,43
9	0,0003	0,012	0,061	0,023	0,2
10	0,0003	0,006	0,023	0,0085	0,1
11	0,0003	0,0032	0,0085	0,0032	0,05
12	0,0003	0,0012	0,0032	0,0012	0,027
13	0,0003	0,00044	0,0012	0,00044	0,014
14	0,00016	0,00016	0,00044	0,00016	0,007
15	0,000061	0,000061	0,00016	0,000061	0,003
16	0,000023	0,000023	0,000061	0,000023	0,003

Tabelle 6: Schutzstufe im Dunkelzustand⁶⁰

	Schutzstufe im Dunkelzustand						
Schutzstufe N	8	9	10	11	12	13	14
Beleuchtungsstärke (lx)	180	500	1400	3900	10700	30000	83000

⁵⁹ In Anlehnung an DIN EN 169:2002 Abschnitt 5.2

⁶⁰ In Anlehnung an DIN EN 169:2002 Abschnitt 4.3.2.5

Tabelle 7: Anforderungen an die Schaltzeiten⁶¹

Schutzstufe im Dunkelzustand	Schutzstufe im Hellzustand						
	1,7	2	2,5	3	4	5	6
	Schaltzeit ms						
7	300	400	500	700	1000	keine Anforderung	keine Anforderung
8	100	150	200	300	500	1000	keine Anforderung
9	40	50	70	100	200	400	700
10	20	20	30	40	70	100	300
11	6	7	10	15	30	50	100
12	2	3	4	5	10	20	40
13	0,8	1	1,5	2	4	7	10
14	0,3	0,4	0,5	0,7	1	3	5
15	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	1	2
16	0,04	0,05	0,07	0,1	0,2	0,4	0,7

ANMERKUNG: Die in Tabelle 4 angegebenen Werte beruhen auf einer Blendwirkungsdauer von 0,5s, wenn der Schweißlichtbogen gezündet wird. (Siehe: E. Buhr, E. Sutter: Dynamic Filters for Protective Devices, in: G. J. Müller, D. H. Silney (Hrsg.): Dosimetry of Laser Radiation in Medicine and Biology, SPIE IS 5, 177-195, Washington 1989)

Die maßgeblichen Wellenlängen der Lichteinwirkung liegen zwischen 313nm und 1400nm (vgl. Abb. 3-19). Bei der anschließenden Sensorrecherche wurden Sensoren gesucht, die in diesem Bereich Messgrößen aufnehmen können. Einzelne Sensoren, die das gesamte benötigte Lichtspektrum abdecken, sind nicht erhältlich, so dass die Realisierung der geplanten Versuche nur durch Einsatz von mehreren Sensoren gleichzeitig erfolgen kann. Folgende Sensoren wurden für die Verwendung in den Versuchen ausgewählt:



Abbildung 63: Auswahl der Lichtsensoren

Bei der Auswahl an Sensoren wird zwar nicht das gesamte Lichtspektrum abgedeckt, für eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit ist dies jedoch nicht ausschlaggebend. Demgegenüber stört die Tatsache, dass die Sensoren zwar Licht in verschiedenen Wellenlängenbereichen aufnehmen können, aber bei den Ausgabesignalen keine entsprechenden Unterteilungen der Wellenlängen möglich sind.

Jeder Sensor gibt nur einen Messwert für sein gesamtes erfasstes Spektrum aus. Die Prüfung des Transmissionsgrades nach DIN EN 169 ist somit nicht möglich. Im weiteren Verlauf werden nur noch die Messung der Schutzstufeneinstellung und der Überprüfung der Schaltzeiten (DIN EN 379) behandelt.

⁶¹ In Anlehnung an DIN EN 379:2002 Kap. 5.2

Da die Prüfung der Schutzstufeneinstellung eine Prüfung des Lichttransmissionsgrades beinhaltet, kommt erstere ebenfalls für die Machbarkeitsstudie in ihrer nach DIN vorgesehenen Form nicht in Frage. Geplant sind dennoch Versuche im Zusammenhang mit der Schutzstufeneinstellung. Hierbei sollen Unterschiede der Messwerte bei verschiedenen Schutzstufen aufgezeigt werden.

Um die Sensoren an das Development Kit anzubringen, wird eine sogenannte Operationsverstärkerschaltung benötigt (im Weiteren auch OP genannt). Diese spezielle Form einer elektrischen Schaltung verstärkt die elektrischen Signale des Sensors, bzw. die Differenz zwischen der anliegenden Grundspannung und der veränderten Spannung durch einen Messimpuls (hier: erfasstes Lichtsignal). Aus der Differenz der beiden Spannungen wird der Messwert ermittelt. Aus den Datenblättern der Sensoren ist ersichtlich, wie die Operationsverstärkerschaltung aufgebaut werden muss (vgl. Abbildung 64). Die Schaltung besteht aus dem eigentlichen OP, einem elektrischen Widerstand und einem Kondensator.

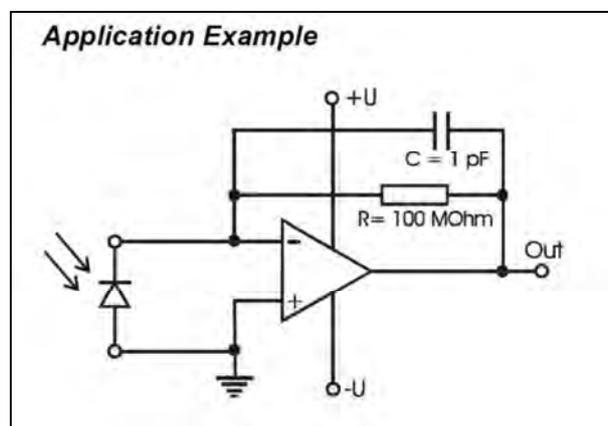


Abbildung 64: Aufbau der Operationsverstärkerschaltung

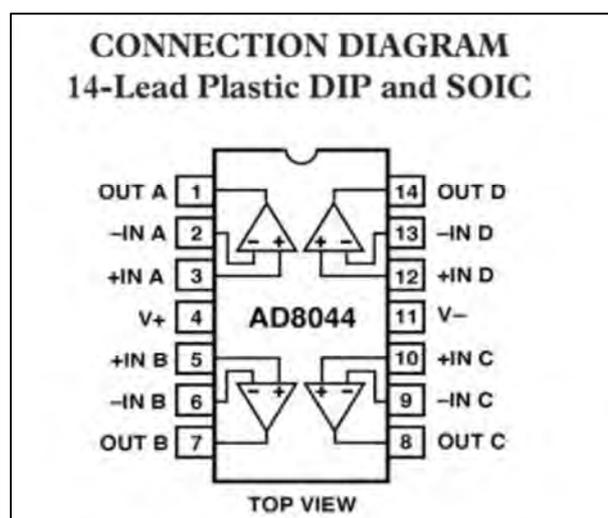


Abbildung 65: Pinbelegung des Operationsverstärkers

Im Nachfolgenden eine stichwortartige Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte:

- die Operationsverstärkerschaltung kann nur mit 3V betrieben werden
- Online-Recherche für verwendbare OPs durchgeführt
- AD8044 von Analog Devices als beste Lösung ermittelt
- Sensoren mit provisorischer Schaltung (vgl. Abbildung 66) und angeschlossenem Oszilloskop auf Funktion getestet.

Bei Sensor BPX 61 bei Tageslicht und gezieltem Leuchten mit Taschenlampe deutliche Ausschläge erkennbar.

- Die Sensoren SG01S und T10GD reagieren nur auf UV Licht. Mit UV-Lampe nur sehr geringe Ausschläge simulierbar, aber erkennbar

Die Funktion der Sensoren ist somit gegeben, es besteht aber die Notwendigkeit zur richtigen Dimensionierung der Operationsverstärkerschaltung, bei der die 8-fache Verstärkung des Transponder-Chips (vgl. Kap. Verweis auf 6.1.4.1) berücksichtigt werden muss. Hierbei hängt es von den eingesetzten elektrischen Widerständen ab, ob die Messwerte während der Messung eines Lichtbogens beim Schweißen verwendbar sind. Bei falscher Dimensionierung können die ausgelesenen Werte schon bei geringem Lichteinfall den Maximalwert der Development Kits erreichen, oder gar keine Veränderung aufweisen.

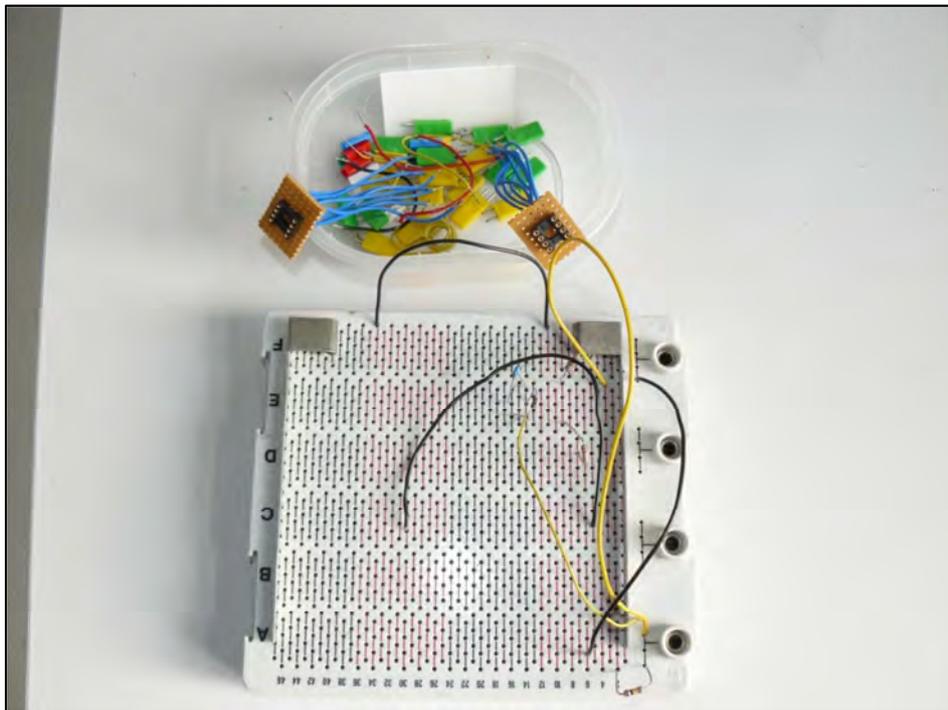


Abbildung 66: Schaltbrett für provisorischen Aufbau

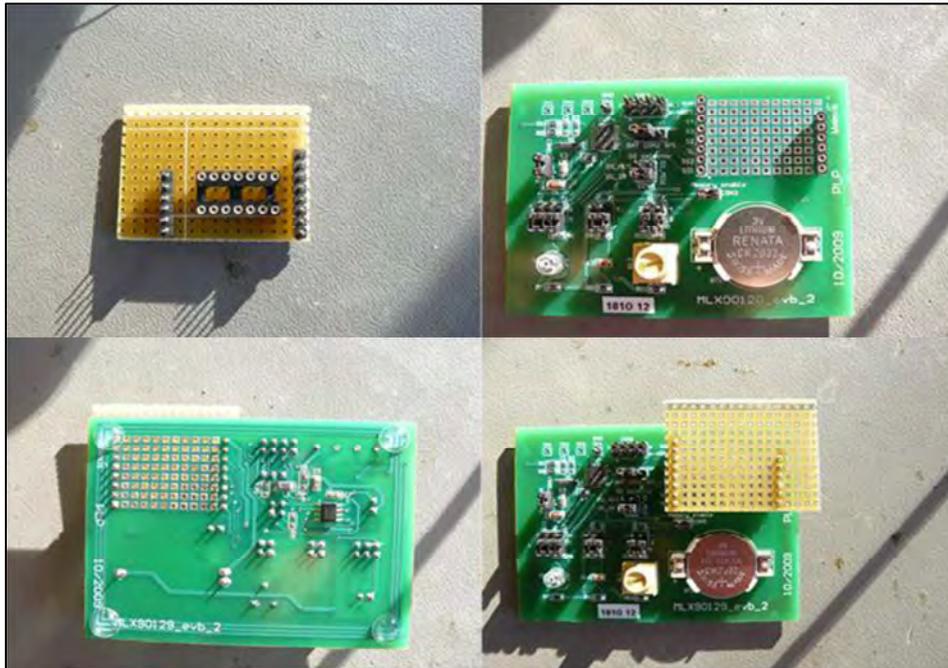


Abbildung 67: Vorbereitung der Aufsteckplatine

- Aufsteckplatine anhand der Übersicht der Pinbelegung des OP verlötet
- Sockel zum Einstecken und einfachem Tauschen der Sensoren sowie der benötigten Widerstände angelötet
- OP eingesetzt
- Softwareeinstellungen erarbeitet (Profil der Einstellungen im Anhang)
- Funktion mit Taschenlampe und UV-Lampe getestet

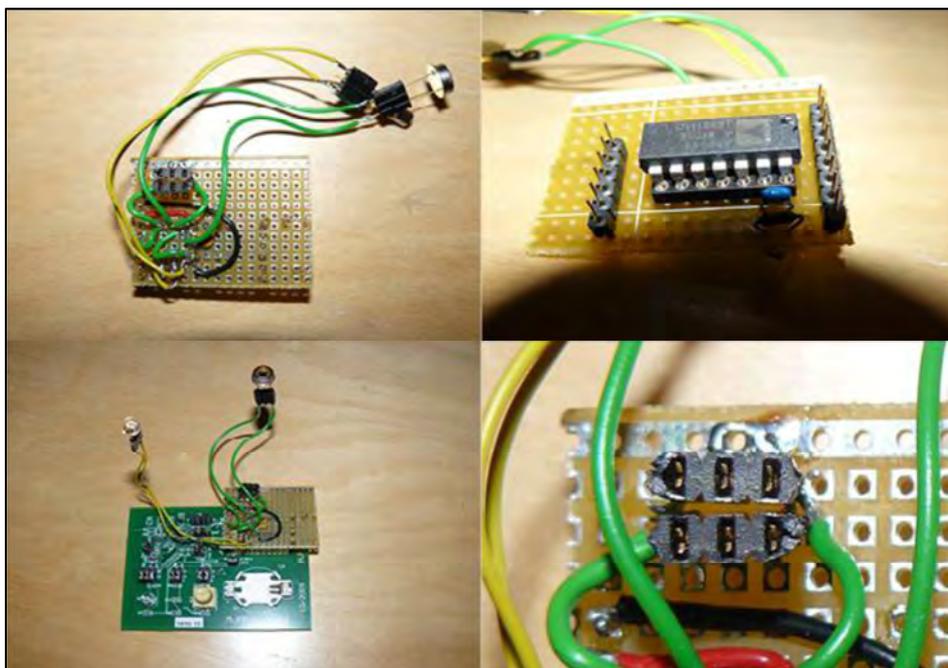


Abbildung 68: fertige Aufsteckplatine

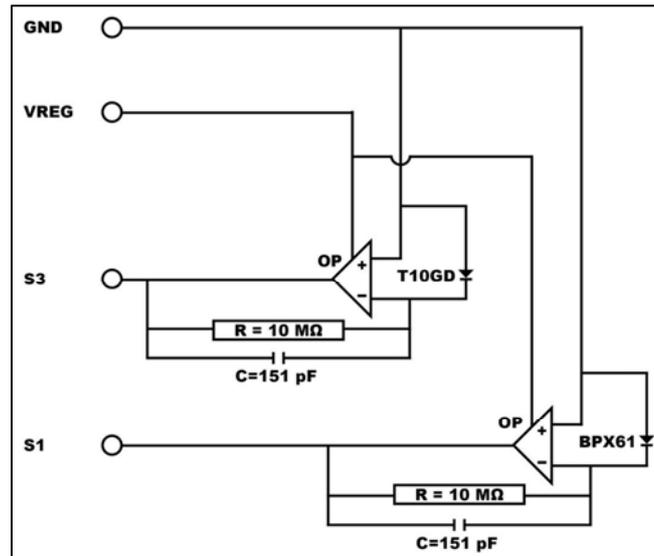


Abbildung 69: Schaltschema Operationsverstärker

Damit die Werte bei den anstehenden Versuchen in einem optimalen Messbereich liegen, kann die Kalibrierung der Sensoren durch entsprechende Widerstände erst dann erfolgen, wenn die Sensoren echten Lichtbögen eines Schweißgerätes ausgesetzt werden. Dies geschieht im Rahmen der ersten Versuchsreihe. Die Fachbereichswerkstatt des Lehrstuhls Elektrotechnik der Bergischen Universität Wuppertal bietet ideale Voraussetzungen für diese Versuche. Bei einem Vorstellungstermin wurden die Details für die Versuche besprochen und ein Termin für die Durchführung der Versuche festgelegt.

Zur Befestigung der Sensoren in der Schweißmaske dient ein eigens dafür hergestellter Kunststoffrahmen in den die Sensoren eingesteckt werden. Dieser wird mit Klebeband hinter dem „Speedglas“-Element arretiert (vgl. Abb. 3-29).



Abbildung 70: Kunststoffrahmen für Lichtsensoren

Temperatursensor

Die in Kapitel 3.2 erwähnte Integration eines Temperatursensors in die Schweißmaske wird in dieser Untersuchung nur theoretisch gelöst. Zum einen ist es mit dem vorhandenen Development Kit nicht möglich, genaue Temperaturen mithilfe des internen Temperatursensors zu erfassen (vgl. Kap. 3.3.1), zum anderen könnte ein externer Temperatursensor bei gleichzeitiger Anbindung der Lichtsensoren nicht separat konfiguriert werden.

Er müsste also ebenfalls mit derselben Auslesefrequenz wie die Lichtsensoren arbeiten. Dies würde bei einem Temperatursensor wenig Sinn machen, da Temperaturveränderungen in wesentlich größeren Zeitabständen ablaufen.

Bei einer separaten Anbindung genügt eine Ausleserate von mehreren Sekunden (ca. 10s), um Temperaturveränderungen wahrnehmen zu können. Verwendbar sind analoge 3-Pin Temperatursensoren mit einer Betriebsspannung von 3V (vgl. Abbildung 71). Der Anschluss erfolgt über die Anschlüsse GND für Masse, VREG für die Betriebsspannung des Sensors und S1 für die Messwerte.



Abbildung 71: Temperatursensor⁶²

Die Versuche der ersten Testreihe fanden in der Fachbereichswerkstatt des Fachbereiches Elektrotechnik der BUW statt. Bevor mit den Versuchen begonnen werden konnte, wurde der Versuchsablauf geklärt und die Sicherheitseinweisung vorgenommen. Die Schutzausrüstung für die Schweißarbeiten wurde von der Werkstatt gestellt und bestand aus einer Schweißmaske, Handschuhen und einer Schweißer-Jacke. Mit dem verwendeten Schweißgerät des Typs „Lorch V“ wurden die Lichtbögen auf einem Probekörper aus Edelstahl erzeugt. Eine zweite Testreihe erfolgte an einem weiteren Termin.

⁶² <http://www.ereshop.com/shop/images/products/TO-92-3.jpg>, zugegriffen am 29.03.2011

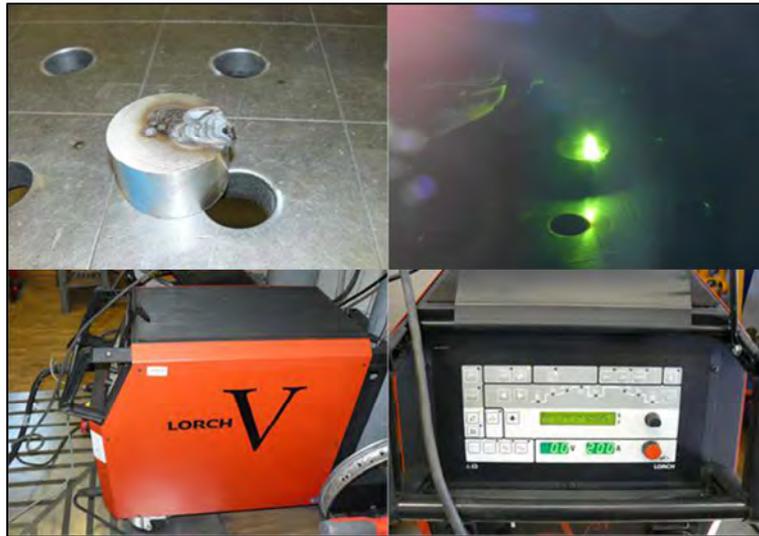


Abbildung 72: Schweißgerät

6.1.6.2 Versuchsaufbau

Für den Versuchsaufbau wurden zuerst die Sensoren in die vorgesehene Kunststoffhalterung eingesetzt und mit Klebeband fixiert. Die gesamte Halterung wurde daraufhin hinter dem Schutzglas der Schweißmaske ebenfalls mit Klebeband befestigt.

Nachdem die Platine mit der Operationsverstärkerschaltung auf das Development Kit aufgesetzt wurde, konnten die Sensoren mit den dafür vorgesehenen Anschlüssen verbunden werden. Die Platzierung der Schweißmaske erfolgte ca. 20cm neben der Lichtquelle, die anderen Komponenten wie RFID-Reader, Development Kit und Laptop wurden dahinter aufgebaut.

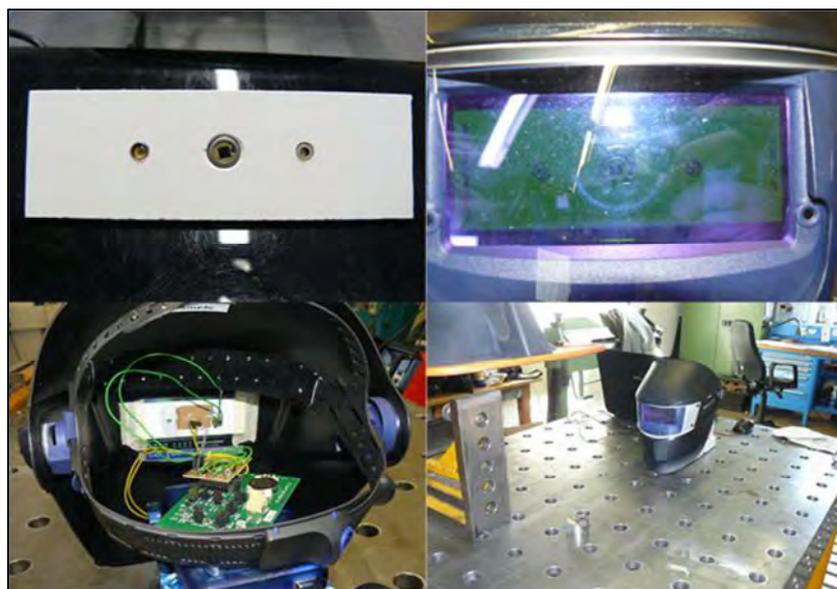


Abbildung 73: Versuchsaufbau

6.1.6.3 Versuchsdurchführung

Die Durchführung eines Versuches gestaltet sich wie folgt:

- Die vorab erarbeiteten Einstellungen des Development Kits werden aktiviert
- Schutzstufe und Sensitivität der Schweißmaske werden eingestellt
- In Absprache mit dem Schweißer wird zuerst der Datalogger gestartet, unmittelbar danach erfolgt die Zündung des Schweißgerätes
- Nach Aufnahme des Lichtbogens wird der Datalogger deaktiviert und die aufgenommenen Daten ausgelesen und gespeichert

Anfänglich erfolgten zum generellen Funktionstest des Versuchsaufbaus und des Ablaufs einige Versuche ohne Schweißmaske. Nach einer kurzen Auswertung dieser ersten Tests konnten die eigentlichen Versuche beginnen.

Bei den ersten Testläufen wurde festgestellt, dass sich die beiden Sensoren, die ausschließlich im UV-Bereich messen können (Genicom T10GD und SGLux SG01S) von den Messwerten her nicht unterscheiden. Deshalb wurde im Verlauf der Versuche auf den SGLux SG01S verzichtet.

Insgesamt wurden ca. 15 Versuche in Testreihe 1 und 95 Versuche in Testreihe 2 mit verschiedenen Schutzstufen und Sensitivitäten durchgeführt. Es erfolgten sowohl Versuche mit einzelnen Sensoren, als auch Versuche, bei denen zwei Sensoren gleichzeitig verwendet wurden. Bei den Tests zur Überprüfung der Reaktionszeit der Abdunkelung der Maske betrug die Auslesefrequenz 200Hz. Die Versuche zum Vergleich der Schutzstufen untereinander erfolgten mit einer Frequenz von 50Hz.

Die Einstellungen des Development Kits sind in Anhang 2 festgehalten.

6.1.6.4 Versuchsauswertungen

Schon nach den ersten Vorabtests war abzusehen, dass die Sensoren in Kombination mit dem Development Kit funktionieren und die Lichtbögen des Schweißgerätes erfasst werden können. Die Funktion ist also grundsätzlich gegeben. Die Versuchskurven der aufgenommenen Daten zeigen deutliche Ausschläge bei gemessenen Lichtbögen (vgl. Abbildung 74). Bei Messungen ohne Maske wird der maximal messbare Bereich überschritten, bei Verwendung der Maske und der daraus resultierenden Abschwächung des Lichtes bleiben die Messwerte im messbaren Bereich. Eine Kalibrierung der Sensoren durch die Verwendung anderer Widerstände ist somit nicht erforderlich. Für die Versuchsauswertungen werden die gemessenen Werte in Prozent umgerechnet, da die Datenblätter der Sensoren keinerlei Angaben über die Errechnung der tatsächlichen gemessenen Lichtintensität enthalten. Der Maximalwert, der nur bei Messungen ohne Schweißmaske erreicht wird, stellt die 100% dar. Bei den Messungen mit der Maske treten Werte zwischen 49% und 57% auf. Messwerte bei Versuchen mit Maske, die die 100% erreichen sind Mess- bzw. Auslesefehler. Die Unterschiede der Messungen mit- bzw. ohne Maske stellt der Vergleich in Abbildung 74 dar.

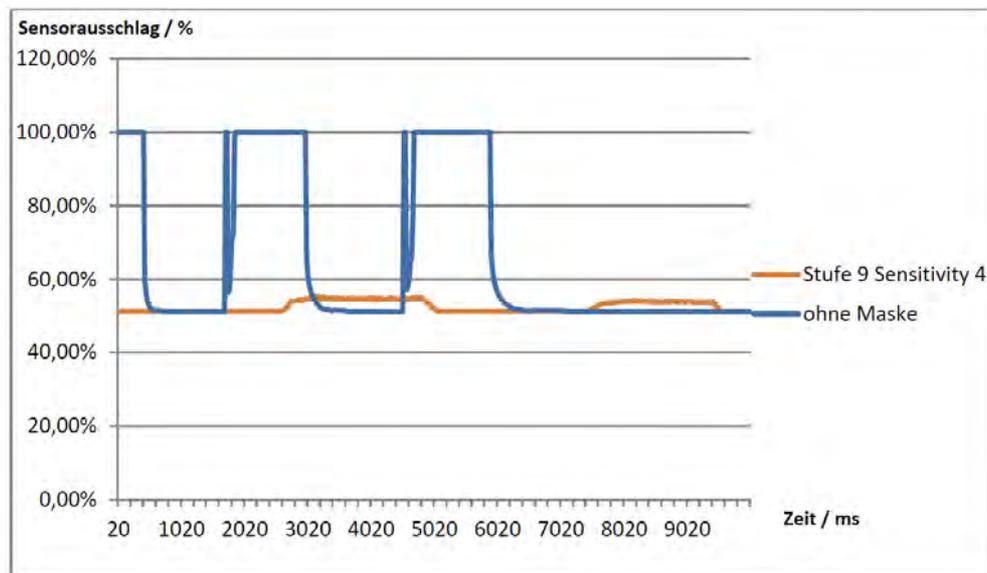


Abbildung 74: Vergleich ohne Maske – mit Maske

Die nach den Vorabtests durchgeführten Messungen zum Vergleich der Schutzstufen untereinander sollen einen Aufschluss darüber geben, wie die Messwerte mit Änderung der Schutzstufe variieren. Die Unterschiede fallen aber derart gering aus, dass das Development Kit diese nicht messen kann. In Abbildung 75 sind die Messergebnisse von Stufe 12 und Stufe 9 gegenübergestellt. Die höhere Schutzstufe 12 filtert mehr Licht als Stufe 9, dennoch ist bei Stufe 9 eine geringere Lichtstärke gemessen worden.

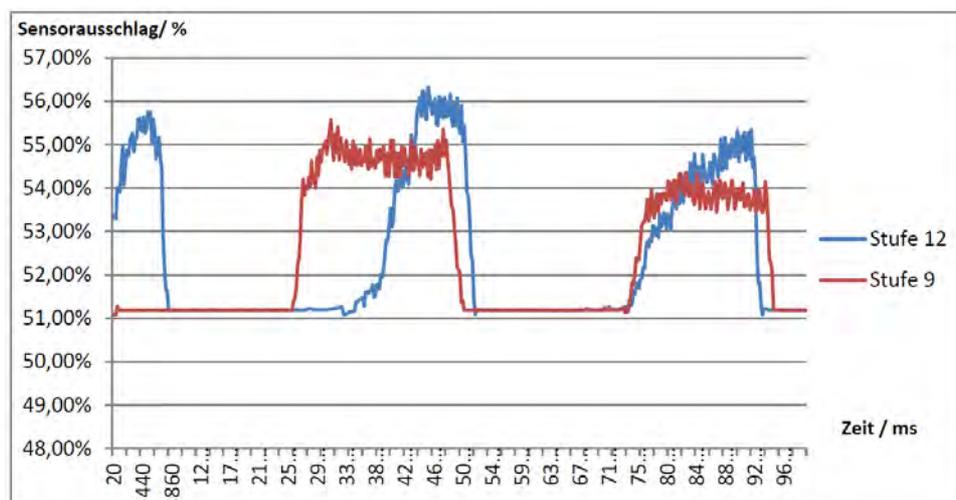


Abbildung 75: Vergleich verschiedener Schutzstufen

Neben der Unzuverlässigkeit des Development Kits, die auch schon bei den Versuchen mit dem Bauhelm aufgetreten ist, kann die Ursache für ein solches Messergebnis auch in der unterschiedlichen Intensität des erzeugten Lichtbogens liegen.

Tests mit zwei Sensoren:

Für die Aufnahme von Sensor-Daten zwei unterschiedlicher externer Sensoren; müssen Einstellungen in der Software entsprechend der folgenden Grafik angepasst werden:

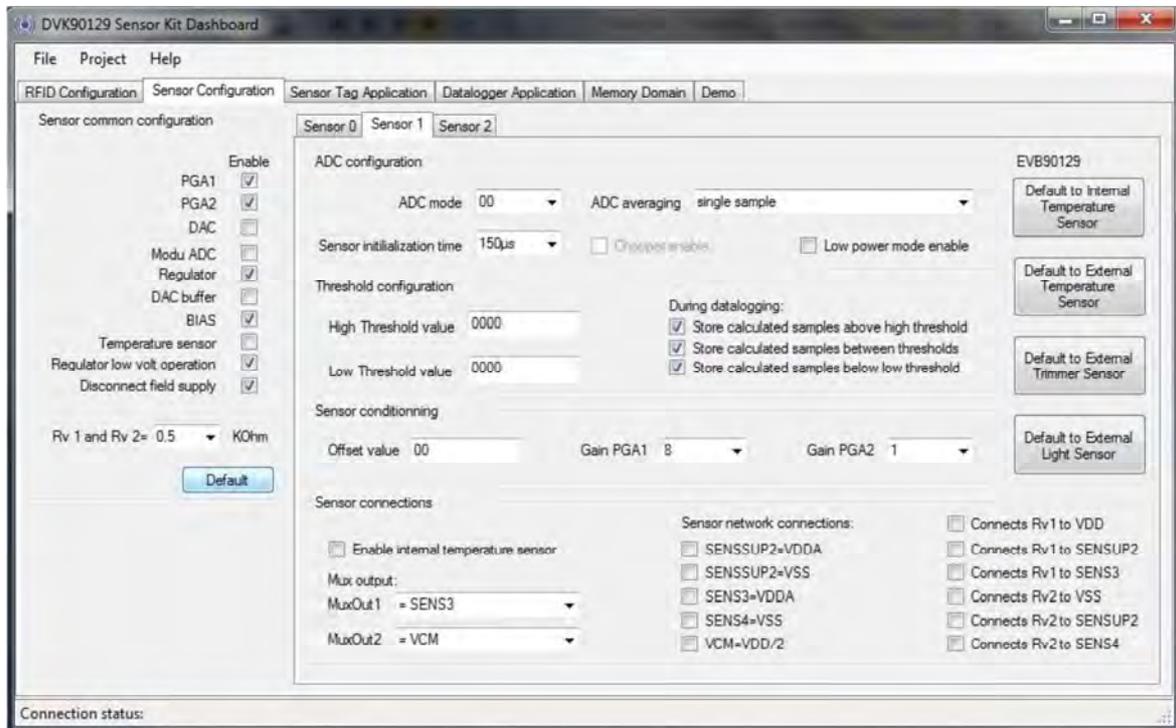


Abbildung 76: Einstellungen für Sensor 2⁶³

Verlängerung der Anschlusskabel:

Zur einfacheren Handhabung des weiteren Versuchsablaufs wurden die Anschlusskabel der Sensoren verlängert, um mehr Bewegungsspielraum beim Umschalten der Schutz- bzw. der Sensitivitätsstufen hinter der aufgebauten Maske zu haben. Die Verlängerung der Kabel führte zu einer Veränderung der gemessenen Daten. So hat sich der Grund-wert (Wert ohne Lichtbogen) von ca. 51% auf ca. 50% geändert. Auch die Zuverlässigkeit der Messung hat sich nochmals verschlechtert, von drei durchgeführten Messungen weist nur eine aussagekräftige Ausschläge auf, welche auch noch größeren Schwankungen unterliegen (vgl. Abbildung 77).

⁶³ Quelle Melexis Software DVK90129 Sensor Kit Dashboard

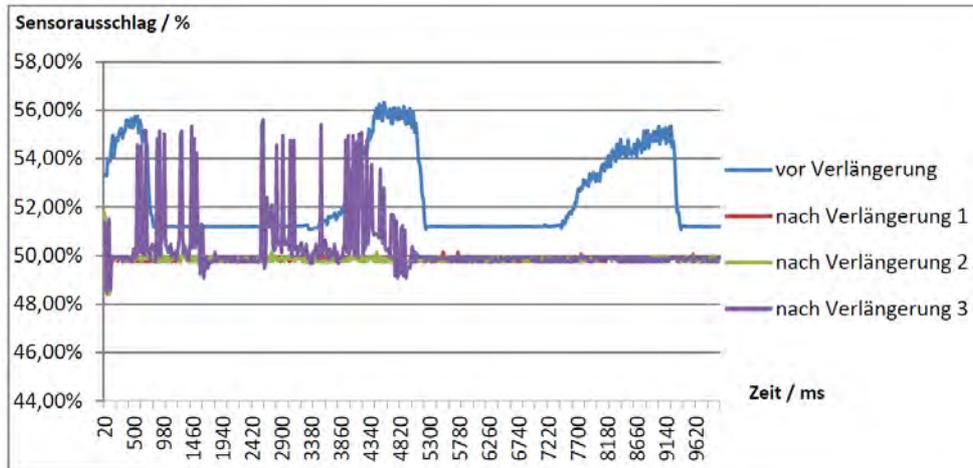


Abbildung 77: Vergleich vor/nach Verlängerung der Kabel

Je länger die Sensorkabel sind, desto ungenauer scheinen die Messergebnisse zu werden. Für eine zweite Messreihe erfolgt eine erneute Anpassung (Verkürzung) der Kabellänge, um auf der einen Seite genügend Spielraum für die Bedienung der Schweißmaske sicherzustellen und auf der anderen Seite genaue Messergebnisse zu erhalten.

Zweite Versuchsreihe

In der zweiten Versuchsreihe sollten das Verhalten bei Messungen mit zwei Sensoren, die Messung der Reaktionszeit und der Vergleich der Schutzstufen untereinander genauer untersucht werden.

Messungen mit 2 Sensoren:

Die Ausschläge beider Sensoren bei Lichteinfall sind deutlich zu erkennen, auffällig ist die unterschiedliche Polung der beiden Sensoren. Der Sensor T10GD verringert offensichtlich die Spannung bei Lichteinfall. Anfänglich legte dies den Verdacht nahe, dass der Sensor falsch angeschlossen wurde, die Umpolung des Sensors führte jedoch zu einem Ausfall der Funktion. In Abbildung 78 ist eine Messung mit zwei Sensoren beispielhaft dargestellt.

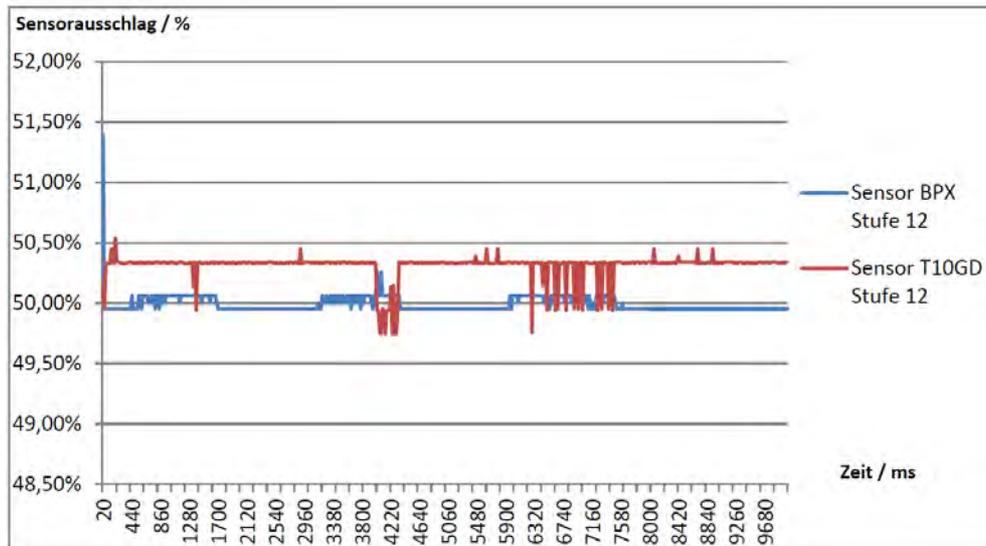


Abbildung 78: Verlauf mit 2 Sensoren

Messungen zur Überprüfung der Reaktionszeit:

Aufgrund der hohen Auslesefrequenz von 200Hz bestand vorab die Erwartung, dass ein Messwert aufgenommen werden kann, bevor die Maske abdunkelt. Dieser Wert sollte signifikant höher sein als sonstige Messwerte bei abgedunkelter Maske. Erste Messungen bestätigten die Erwartungen (vgl. Abbildung 79). Hier erreicht ein Wert den maximalen Ausschlag. Bei genauerer Betrachtung ist dieser Maximalausschlag aber nicht am Anfang des gemessenen Lichtbogens, sondern eher gegen Ende des Ereignisses, obwohl die Maske während des gesamten Ereignisses abgedunkelt bleiben sollte. Bei späteren Kontrollversuchen mit erhöhter Auslesefrequenz trat wiederholt derselbe Effekt auf. Es kann also davon ausgegangen werden, dass es sich bei dem Erreichen des Maximalwertes bei den Messungen um Messfehler handelt.

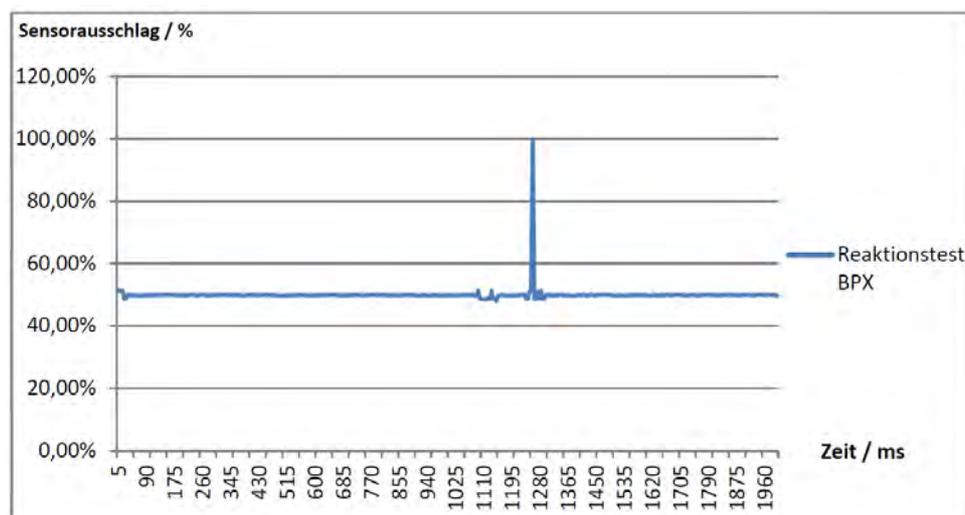


Abbildung 79: Erreichen des Maximalwertes

Fehler bei Speicherung oder Aufnahme der Daten:

Bei mehreren hintereinander durchgeführten Messungen traten, wie auch schon bei den Versuchen mit dem Bauhelm, teilweise dieselben Messwerte auf (vgl. Abbildung 80). Auch hier muss davon ausgegangen werden, dass das Development Kit in diesen Fällen ab einer gewissen Anzahl von Versuchswerten keine neuen Daten mehr speichern konnte.

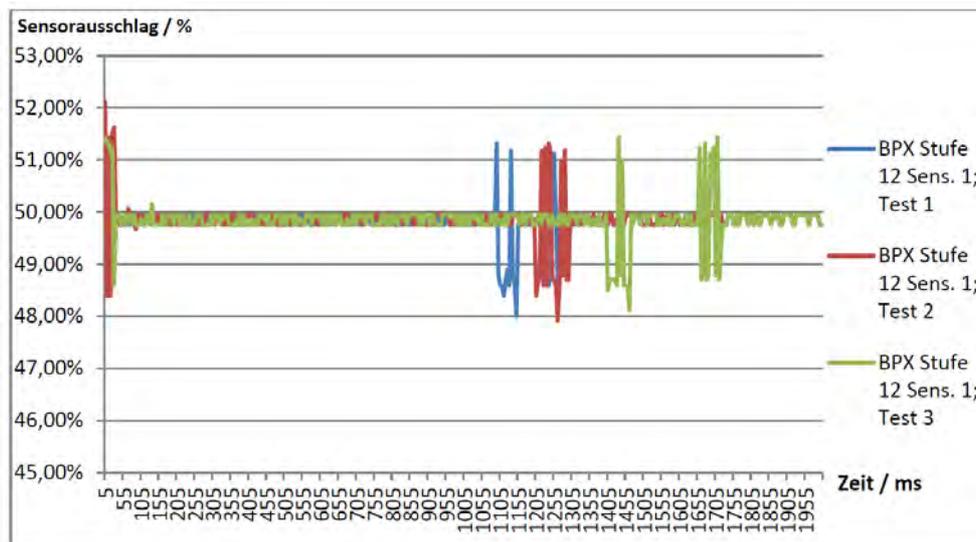


Abbildung 80: mehrere Versuche, teilweise dieselben Werte

Die bereits erwähnte Unzuverlässigkeit des Development Kits führte u.a. dazu, dass bei gleichbleibenden Bedingungen (gleicher Versuchsaufbau, Schutzstufe und Sensitivität) völlig unterschiedliche Charakteristiken bei den Versuchskurven erkennbar sind. Abbildung 81 soll dies anhand von zwei aufeinander folgenden Versuchen mit dem Sensor T10GD zeigen. Die Erfassung des Lichtbogens ist anhand der Ausschläge der Versuchskurve einwandfrei zu erkennen, die Richtung der Ausschläge ist jedoch unterschiedlich. Bei einem Versuch erhöht sich der Messwert bei der Erfassung, bei dem anderen verringert er sich. Eine Erklärung für dieses Verhalten ist nicht möglich.

Auch bei dem Sensor BPX 61 sind häufige Unstimmigkeiten zu erkennen (vgl. Abbildung 82). Deutlich erkennbar sind die Ausschläge bei der Erfassung des Lichtbogens, die Höhe des gemessenen Maximalwertes unterscheidet sich jedoch erheblich.

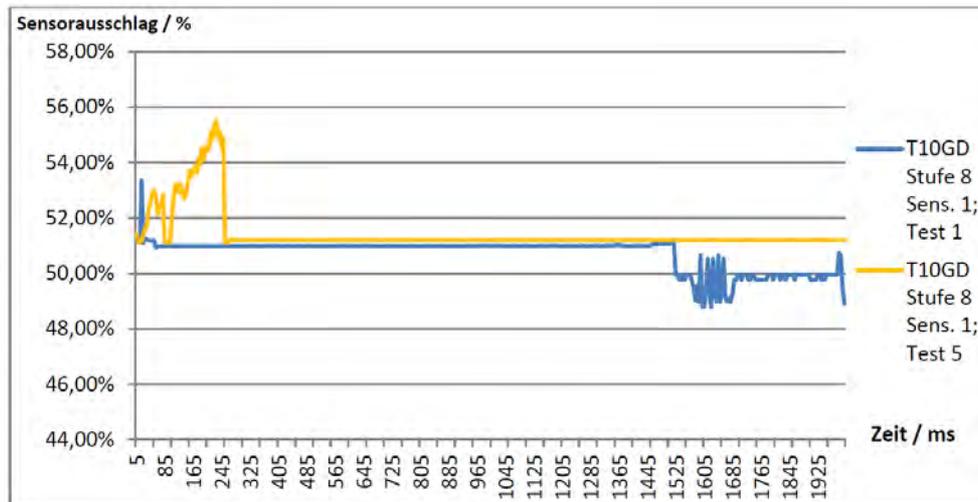


Abbildung 81: Unterschiedliche Verläufe Reaktionstest T10GD

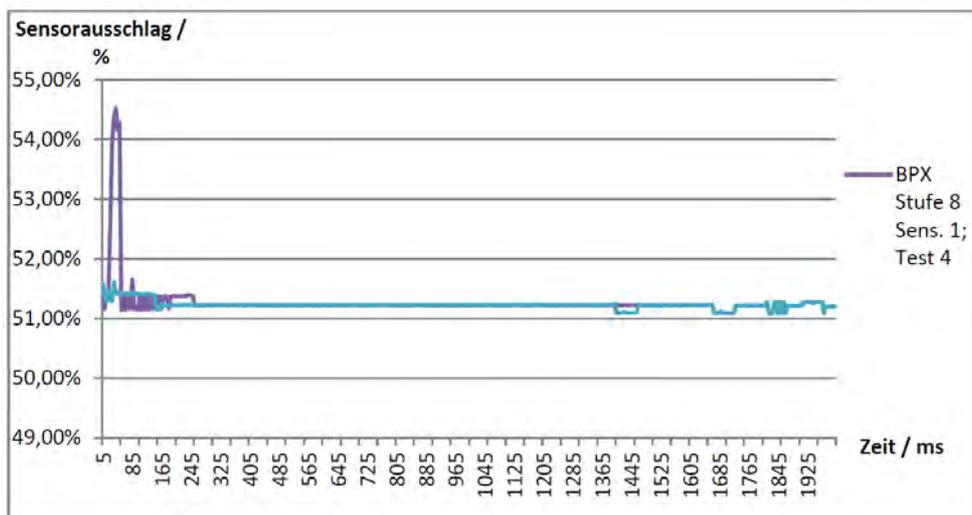


Abbildung 82: Unterschiedliche Verläufe Reaktionstest BPX 61

Vergleich der Schutzstufen untereinander:

Für den Vergleich der Schutzstufen wurden mehrere Versuchsreihen mit den jeweiligen Schutzstufen- und Sensitivitätseinstellungen mit bis zu zehn Versuchen direkt hintereinander durchgeführt. Für jeden Versuch wurden die maximal- und minimal gemessenen Werte bestimmt und der Stufendurchschnitt errechnet. Stufe zwölf weist erwartungsgemäß geringere Maximalwerte auf als Stufe acht, die Differenz fällt aber derart gering aus, dass keine eindeutigen Unterschiede erkennbar sind. Die Unterschiede können ebenso von variierender Lichtintensität der erzeugten Lichtbögen stammen. Auffällig ist, dass eine höhere Sensitivität bei Stufe zwölf einen höheren Maximalwert zur Folge hat, bei Stufe acht verhält es sich jedoch genau anders herum. Die Minimalwerte liegen ebenfalls auf gleichem Niveau.

Tabelle 8: Vergleich der Schutzstufen

Vergleich der gemessenen Maximal- und Minimalwerte bei verschiedenen Schutzstufen und Sensitivitäten				
	Stufe 12 Sensitivität 1	Stufe 12 Sensitivität 4	Stufe 8 Sensitivität 1	Stufe 8 Sensitivität 1
Maximalwert	51,61%	51,85%	52,09%	52,00%
Minimalwert	48,03%	48,62%	48,47%	48,49%

Fazit der Versuche mit der Schweißmaske

Abschließend ist festzustellen, dass die Sensoren funktionieren und die erzeugten Lichtbögen des Schweißgerätes wahrnehmen können. Eine Übertragung an das Development Kit ist mit entsprechender Schaltung (Operationsverstärker) möglich. Aufgrund der fehlenden Angaben in den Datenblättern der Sensoren zur Errechnung Intensität des gemessenen Lichteinfalls sind für die Versuchsauswertungen keine absoluten Werte errechenbar. Des Weiteren ist die Genauigkeit nicht ausreichend, um Unterschiede bei den einzelnen Schutzstufen zu erkennen. Die Unzuverlässigkeit des Development Kits macht sich auch hier erneut erkennbar (Speicherung neuer Daten setzt teilweise aus, Messergebnisse weichen selbst bei gleichen Bedingungen deutlich voneinander ab). Aus diesen Gründen ist es mit der vorhandenen Sensor-Development Kit Kombination zwar möglich die generelle Funktion der Abdunkelung zu überprüfen, nicht jedoch Aussagen über die Funktionsfähigkeit der einzelnen Schutzstufen zu treffen. Die Tests zur Überprüfung der Reaktionszeit können durchaus als Erfolg angesehen werden, da das Development grundsätzlich in der Lage ist die geforderte Schaltzeit (5ms bei Stufe 12) zu überprüfen.

6.1.7 Fazit und Zusammenfassung

Dass PSA-Kontrolle mit Hilfe der RFID-Technik möglich ist, haben die Forschungsprojekte „Sicherheitstechnik mit RFID“, „InWeMo“ und „Bauogistikleitstand“ bereits gezeigt. Im Rahmen dieser Versuchsreihe konnte aufgezeigt werden, dass der zusätzliche Einsatz von Sensoren bei der Kontrolle der PSA technisch möglich ist. Die aufgetretenen Probleme machen allerdings eine konkrete Aufstellung von Ausschlusskriterien für die weitere Verwendung der PSA unmöglich. Bedingt durch die interne Messsignalverstärkung traten Probleme bei der Konfiguration und Umrechnung- bzw. Errechnung der tatsächlichen Messwerte auf. Zusätzlich offenbarte das Development Kit Schwächen bei der Zuverlässigkeit. Ob die Ursache der Unzuverlässigkeit dem Development Kit, den Sensoren, oder der Kombination aus beiden geschuldet ist, lässt sich nicht einwandfrei klären. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. Außerdem gestaltete sich die Auswahl der Sensoren schwierig, da die Lieferzeiten ein ausschlaggebendes Kriterium waren und somit mehrere Sensoren für einen Einsatz in dieser Machbarkeitsstudie nicht in Frage kamen.

Da die Forschung auf diesem Gebiet jedoch noch am Anfang steht, ist der Beweis über die generelle Funktionsfähigkeit einer Sensor-gestützten RFID-Anwendung im Bereich der PSA-Kontrolle durchaus als Erfolg zu werten.

6.1.8 SensLO-TS – Talk-ID – Datenlogger

Um die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Ergebnisse die mit dem RFID-Development-Kit MLX 90192 erzielt worden sind zu vertiefen, wurde die Erprobung von Kombinationsmöglichkeiten der UHF-RFID-Technik mit Sensorik anhand des PSA-Beispiels Industrieschutzhelm im Hinblick auf die RFID-gestützte Erfassung von Beschleunigungsdaten mittels eines technisch ausgereifteren Systems vertieft..

Nach eingehender Marktrecherche wurde das semi-passive System SensLO-TS der Firma Talk-ID identifiziert und für die weiterführenden Testreihen herangezogen. Im Folgenden werden die entsprechenden vorbereitenden Forschungsarbeiten, die Hintergründe zum Versuchsaufbau sowie die Durchführung der Testreihe und die Auswertung und Interpretation der hieraus gewonnenen Ergebnisse dargestellt.

6.1.8.1 Vorbereitende Forschungsarbeiten

Für die Erprobung eines RFID-basierten Sensorsystems zur Aufnahme von Beschleunigungen in Industrieschutzhelmen im Falle einer Beaufschlagung durch einen Aufprall musste das bestehende SensLO-TS an die spezifischen Anforderungen der geplanten Testreihe angepasst werden. Die Ausgangsbasis bildete hierbei das Standardsystem mit den im Folgenden beschriebenen Eigenschaften für die entsprechend vorgesehenen Anwendungsfelder.

6.1.8.1.1 SensLO-TS – ursprüngliche Systemeigenschaften

Die Intention beziehungsweise der Mehrwert des RFID-Sensordatenloggers im Allgemeinen besteht dabei in der Kombination eines prinzipiell eigenständigen Sensordatenloggers, welcher über eine Batterie mit der benötigten Energie versorgt wird und somit unabhängig von RFID-Feldern Sensordaten generieren und speichern kann und eines RFID-UHF-Transponders, welcher wiederum das kontaktlose Auslesen der entsprechenden Daten ermöglicht. Kosteneinsparungen entstehen somit vor allem dann, wenn das System in eine bestehende RFID-Infrastruktur integriert wird und somit auch beispielsweise logistische Prozesse über den RFID-Datenlogger gesteuert werden können.

Der semi-passive Sensordatenlogger SensLO-TS ist in der Lage Beschleunigung, Neigung und Temperatur zu erfassen und zu speichern. Das System abietet nach den bestehenden Standards von EPC Global, Class1, Gen2 sowie ISO 18000-6C und ist somit prinzipiell zu den entsprechend operierenden und gegebenenfalls bestehenden RFID-Systemlösungen kompatibel. Die herstellerseitig angegebene maximale Lesereichweite beläuft sich auf bis zu 1,5 m und der eingebaute Timer des Systems verfügt über eine extrem hohe Genauigkeit. Der Grenzwert des Beschleunigungssensors von 16 g bezieht sich auf eine der drei Achsen des Systems.

Die erfassbare Gesamtbeschleunigung ergibt sich also als Vektorwert der drei Raumachsen. Die folgende Tabelle beinhaltet alle relevanten Eigenschaften des Standardsystems.

Tabelle 9: Standardsystemeigenschaften des SensLO-TS

System	Sensoren	Beschleunigung, Neigung und Temperatur
	Bauform	93 x 52 x 6 (L x B x H)
	Frequenz	UHF 860 - 950 MHz
	Standard	ISO 1800-6C, EPC Class1, Gen2
technische Daten	Temperatursensor	-30 bis +80°C
	Temperatursensorgenauigkeit	+/- 1°C
	Beschleunigungssensor	16g
	Timergenauigkeit	Abweichung < 0,01%
	SampleRate	ab 1 min
	Speicher	2000 Samples
	Reichweite	2m bei 2W ERP
	maximale Aufzeichnungsdauer	3 Monate
	Batterielebensdauer	ca. 2 Jahre in Abhängigkeit der Nutzung
Handhabung		Daten auch nach Batterieausfall oder -entleerung abrufbar
		Passwortschutz
		einfach zu montieren
		mehrfach nutzbar
		IP65
		GUI-Software und Tischlesegerät

Das System wurde zur Überwachung von Transporten oder Lagerung von sensiblen pharmazeutischen Erzeugnissen, Medikamenten und Organen, stoßempfindlichen Gütern wie beispielsweise Kunstwerken, Mess- und Laborgeräten, Temperaturmessunten bei Transport oder Lagerung von Lebensmitteln, oder industriellen Großtransporten entwickelt. Der Entwicklungsstand des Produktes lässt sich als fortgeschrittenes Development-Kit beschreiben, auf dessen Basis kunden- und anforderungsspezifische Anpassungen vorgenommen werden können. Bevor die Anpassungen für das hier beschriebene Forschungsvorhaben im Detail erläutert werden, erfolgt zunächst eine Beschreibung der GUI-Software, um die Darstellung der Ausgangsbasis des Systems zu komplettieren.

6.1.8.1.2 GUI-Software – SensLog Demo-Kit

Die standardmäßig im Lieferumfang des SensLO-TS enthaltene GUI-Software ist an die oben beschriebenen Systemeigenschaften und entsprechenden Anwendungsfelder angepasst und zur Kalibrierung des SensLO-TS sowie für das Auslesen der generierten Daten bestimmt und darauf ausgelegt.

Im Folgenden wird die Funktionsweise des bestehenden Softwaresystems erläutert um die Basis für die Anpassung des Systems im Hinblick auf die RFID-gestützte Erfassung von Lebenszyklusdaten am Beispiel eines Industrieschutzhelmes zu verdeutlichen. Da der Fokus innerhalb dieses Kapitels auf die anpassende Entwicklung gelegt werden soll, wird auf eine verdeutlichende Beschreibung der funktionsweise SensLog Demo-Kit-DUI anhand von Beispielen verzichtet. Nach erfolgreicher Installation der beiliegenden Software sowie der entsprechenden Treiber für den Metratec-Desktop-Reader kann mit der Anwendung des Programms begonnen werden. Der Datenlogger ist auf dem Reader zu positionieren. Bei erfolgreicher Kopplung des Systems über die RFID-Schnittstelle wird im unteren Bereich aller Tabs der Status *SensLog OK!* ausgewiesen. Sollte kein Datenlogger in Reichweite des Lesers befindlich sein, so wird der Nutzer mit der Anweisung *Bitte SensLog auflegen!* hierüber informiert.



Abbildung 83: SensLog Demo-Kit – Übersicht

Der erste Tab der SensLog Demo-Kit-GUI bietet eine Übersicht über die jeweils momentanen Einstellungen des über den Tischleser angesteuerten Datenloggers. Die der Übersicht zu entnehmenden Informationen sind in Abbildung 83 zu erkennen, korrelieren mit den auf diese Tab folgenden Masken und werden nur in aller Kürze erläutert. Die SensLog Nummer dient zur eindeutigen Identifikation des Datenloggers. Über den Logstatus wird der aktuelle Status der Datenaufzeichnung ausgewiesen. Es sind an dieser Stelle drei verschiedene Stati möglich. Neben der abgebildeten Information *noch nicht gestartet*, welche beinhaltet, dass keine Daten auf dem Tag vorhanden sind, wird ein aufzeichnender Datenlogger durch *Aufzeichnung aktiv* beschrieben. Die Meldung *Aufzeichnung beendet* dagegen kennzeichnet einen inaktiven Datenlogger, auf dem Daten gespeichert wurden. Die Anzeige der gespeicherten Werte, oder auch Samples wird somit lediglich nach einer beendeten Aufzeichnung angezeigt.

Maximal können in der Standardversion des Loggers 2000 Samples aufgezeichnet werden. Die folgenden Angaben zur *Intervallzeit*, *Loggingzeit Begin* und *Loggingzeit Ende* sowie *Speicherkapazität Ende* ergeben sich aus den entsprechenden Einstellungen im Zeitwahlmodus (siehe hierzu auch Abbildung 84). Die Bezeichnung kann ebenfalls innerhalb der zweiten Tab individuell angepasst werden. Über die Übersicht wird zudem die aktuelle Batteriekapazität des Loggers ausgewiesen.

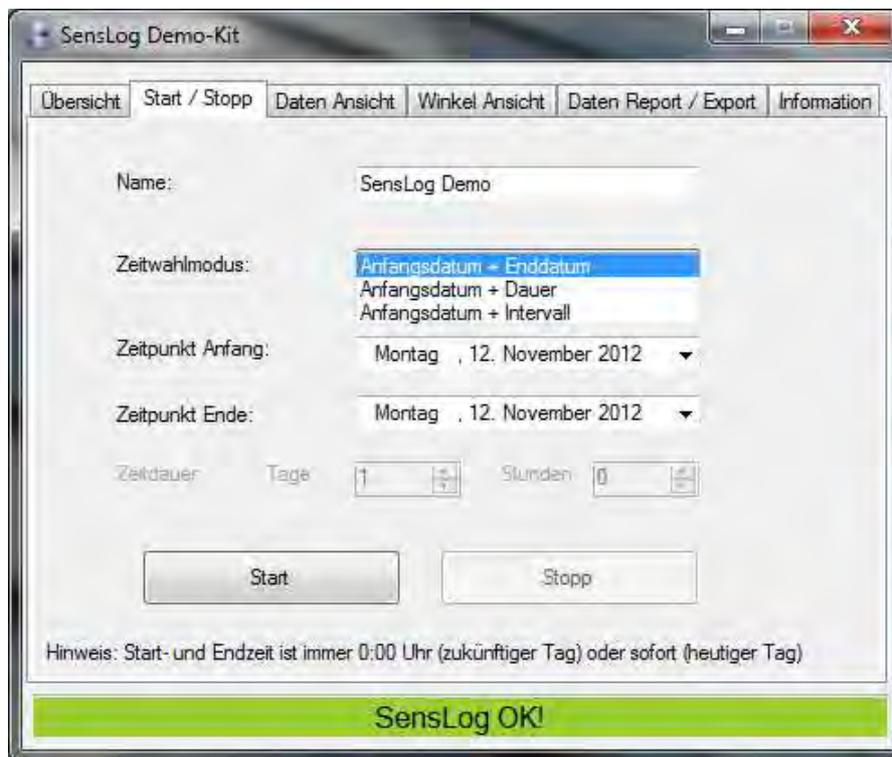


Abbildung 84: SensLog Demo-Kit – Start / Stopp

In der Tab Start / Stopp hat der Anwender die Möglichkeit die individuelle Bezeichnung des Datenloggers festzulegen. Innerhalb des Drop-Down-Menüs Zeitauswahlmodus wird festgelegt nach welcher zeitlichen Methode die Datenmessung des Sensors aktiviert und deaktiviert werden soll. Bei allen drei zur Auswahl stehenden Varianten beginnt die Messung mit einem Anfangsdatum. In Kombination mit der Angabe eines Enddatums wird der Messzeitraum somit mittels festgelegter Zeitspanne festgelegt. Eine fast identische Alternative bildet die Begrenzung der Messung mittels Messdauer. Bei dieser Methode wird statt eines Enddatums der Messzeitraum über die Angabe der Zeitdauer in Tagen und Stunden definiert. Von den ersten beiden Auswahlmöglichkeiten abweichend ist die Angabe eines Intervalls. Bei Auswahl dieser Variante wird statt einer Zeitdauer eine Intervallzeit definiert. Die Auswahlmöglichkeit im Hinblick auf den Messintervall beschränkt sich hierbei auf einen ganzen Wert zwischen einer und 256 Minuten. Über den Button *Start* werden die entsprechenden Parameter auf den Tag geschrieben, der Datenlogger wird nach den eingegebenen Parametern aktiviert und ebenso beendet. Die Aufnahme kann des Weiteren über den Button *Stopp* durch den Benutzer frühzeitig beendet werden.

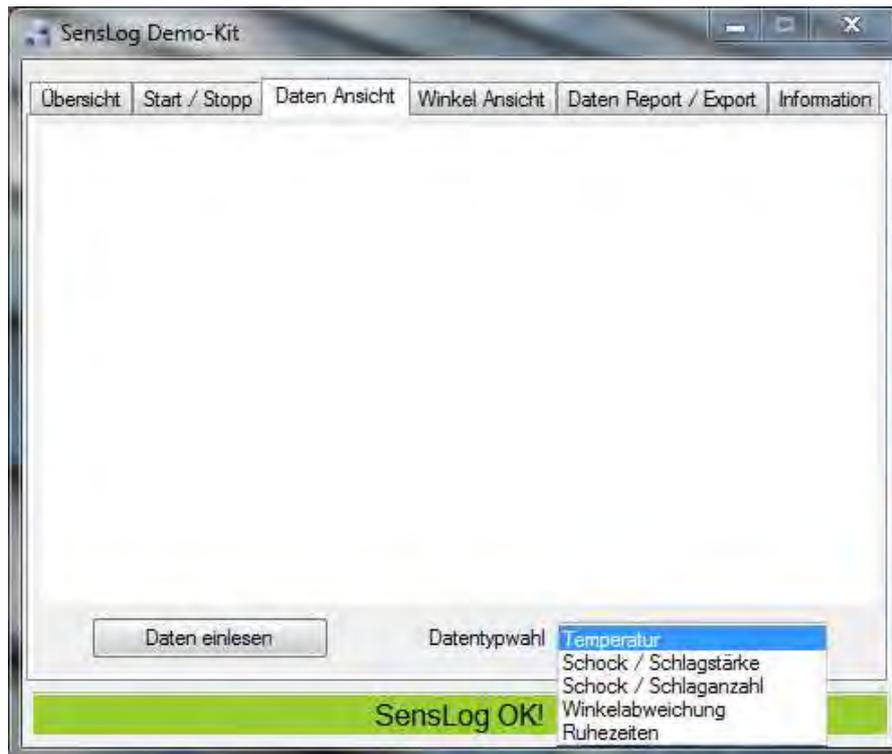


Abbildung 85: SensLog Demo-Kit – Daten Ansicht

In der in Abbildung 85 dargestellten Tab zur Datenansicht können nun nach beendeter Aufzeichnung die Daten eingelesen werden. Für eine Voransicht ist zwischen den Datensätzen zu *Temperatur*, *Schock / Schlagstärke*, *Schock / Schlaganzahl*, *Winkelabweichungen* und *Ruhezeiten* auszuwählen. Während die Daten bezüglich Temperatur, Schock und Winkelabweichung über die drei entsprechenden Sensoren aufgenommen werden, sind die Ruhezeiten als indirekter, aus den Sensordaten interpretierter beziehungsweise berechneter, Wert zu verstehen. Nach dem Auslesen des Datenloggers erscheint in dieser Tab eine erste graphische Darstellung der ausgewählten Datenstruktur. Ebenfalls als graphische Voransicht zu verstehen ist die Ausgabe der in der folgenden Abbildung 86 dargestellten Tab *Winkel Ansicht*.

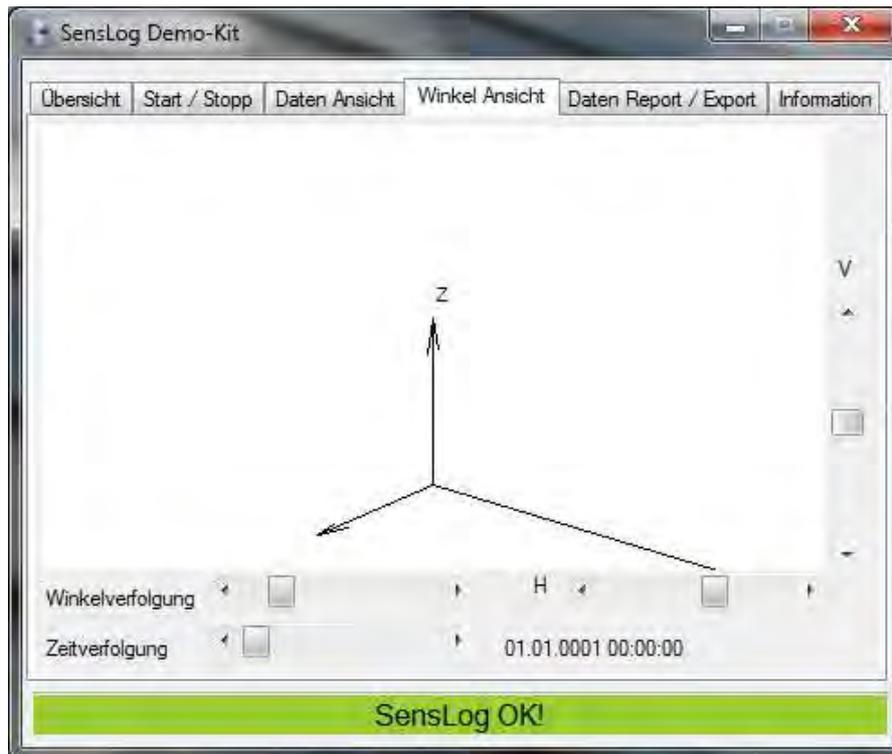


Abbildung 86: SensLog Demo-Kit – Winkel Ansicht

Über die Winkelansicht kann die, sich gegebenenfalls über die Zeit verändernde, Lage des Danteloggers im Raum nachvollzogen werden. Das abgebildete Koordinatensystem kann hierbei über die Bedienelemente *H* und *V* angepasst werden, um eine möglichst günstige Betrachtungsperspektive auf die jeweilige Transponderlage justieren zu können. Zur Betrachtung der gegebenenfalls aufgetretenen Veränderung der Lage innerhalb des definierten Messzeitraums stehen dem Benutzer die Möglichkeiten der *Winkelverfolgung* und der *Zeitverfolgung* zur Auswahl. Eine für das überwachte Gut kritische Lage kann über diese Funktion auf die Sekunde genau detektiert werden.

In Abbildung 87 ist der Tab dargestellt, über den der Export der aufgenommenen Daten ermöglicht wird. Der Nutzer erhält an dieser Stelle die Möglichkeit einen Speicherort für die zu exportierenden Daten und die Zusammensetzung des Dateinamens zu definieren. Hierfür stehen ein Eingabefeld für eine individuelle textuelle Dateinamenvergabe zur Verfügung, optional können die ID des Datenloggers sowie das Start- und das Enddatum des Loggings automatisch in den Dateinamen integriert werden. Für eine Schnellansicht in Form eines PDF-Dokumentes kann ein sogenannter Report generiert und gespeichert werden (siehe hierzu Anlage 3), zudem ist eine Excel-Datei exportierbar, um die Daten entsprechend der Anforderungen der jeweiligen späteren Verwendung beziehungsweise Auswertung weiterverarbeiten und aufbereiten zu können.

Der letzte Tab der Standardversion dient der Information über Hersteller und Produkt und ist der Vollständigkeit halber in Abbildung 88 dargestellt.



Abbildung 87: SensLog Demo-Kit – Daten Report / Export



Abbildung 88: SensLog-Demo-Kit – Information

6.1.8.1.3 SensLO-TS – neue Systemeigenschaften

In enger Zusammenarbeit mit der Firma Talk-ID wurde auf Basis der GUI-Software SensLog Demo-Kit die Spezialversion Beschleunigungsmessung entwickelt. Innerhalb des gleichnamigen Absatzes wird das endgültige Ergebnis dieser Kooperation, Version 1.2, und dessen grundsätzliche Funktionsweise mit Fokus auf die durchgeführten Anpassungen erläutert. Für die Kommunikation des Datenloggers mit der Spezialversion der Software war weiterhin eine Firmware-Anpassung der Hardware notwendig. Die entsprechenden technischen Details sind aus Gründen der Vertraulichkeit an dieser Stelle nicht publiziert, dennoch werden nun die endgültigen Systemeigenschaften des angepassten Datenloggers beschrieben.

Tabelle 10: Systemeigenschaften des angepassten SensLO-TS

System	Sensoren	Beschleunigung, Neigung und Temperatur
	Bauform	93 x 52 x 6 (L x B x H)
	Frequenz	UHF 860 - 950 MHz
	Standard	ISO 1800-6C, EPC Class1, Gen2
technische Daten	Temperatursensor	-30 bis +80°C
	Temperatursensorgenauigkeit	+/- 1°C
	Beschleunigungssensor	16g
	Timergenauigkeit	Abweichung < 0,01%
	SampleRate	ab 1 min 50, 100, 200, 400 Hz
	Speicher	2000 Samples 2500 Samples
	Reichweite	2m bei 2W ERP
	maximale Aufzeichnungsdauer	3 Monate 50, 25, 12.5, 6.25 Sekunden
	Batterielebensdauer	ca. 2 Jahre in Abhängigkeit der Nutzung

Bei der Erprobung der RFID-gestützten Generierung von lebenszyklusrelevanten Daten am Beispiel des Industrieschutzhelms ist lediglich eine Erfassung der Beschleunigung relevant. Die Sensoren für Neigung und Temperatur wurden vom System abgekoppelt. Des Weiteren erfolgte eine Anpassung der SampleRate. Während mit dem DVK 90129 eine maximale SampleRate von 200Hz ermöglicht wurde, sollte dieser Wert, im Hinblick auf eine gesteigerte Aussagekraft der generierten Messwerte erhöht werden. Auf Basis des SensLO-TS konnte die Aufzeichnungsfrequenz auf eine maximale SampleRate von 400Hz verdoppelt werden. Die maximale Speichererweiterung, die ohne zusätzlichen finanziellen Aufwand realisiert werden konnte beläuft sich auf eine Kapazität von 2500 Samples. Hieraus ergeben sich die zu der jeweiligen SampleRate korrelierenden, maximalen Aufzeichnungsdauern. Bei 50 Messwerten pro Sekunde ergibt sich somit eine Dauer von 50 Sekunden, 100 Messwerte pro Sekunde ergeben eine Aufzeichnungsdauer von 25 Sekunden, usw. Die entsprechenden Messfenster sind für die Durchführung der Tests ausreichend.

Bei der Analyse der Daten (siehe hierzu auch 6.1.9.3) wird sich zum einen zeigen, welche Samplefrequenz für aussagekräftiges Datenmaterial mindestens vorhanden sein muss und zum anderen wird sich hieraus ergeben, welche Speicherkapazität für ein praxistaugliches Gerät vorhanden sein muss, um beispielsweise einen Arbeitstag von 9 Stunden abdecken zu können. Eine Alternative zu einer kontinuierlichen Datenaufzeichnung stellt die Auslösung einer Datenerfassung über einen Beschleunigungsschwellenwert dar. Auch hierfür ist eine entsprechende Anpassung der Software vorzunehmen. Die zu den angepassten Eigenschaften des Datenloggers korrelierende Software wird nun im folgenden Kapitel beschrieben.

6.1.8.1.4 Spezialversion Beschleunigungsmessung

Prinzipiell wurde der Tab *Winkel Ansicht* gänzlich entfernt und der Tab *Start / Stopp* durch *Konfiguration* ersetzt. Die weiterführenden Anpassungen werden anhand der jeweiligen Abbildungen eingehend erläutert.

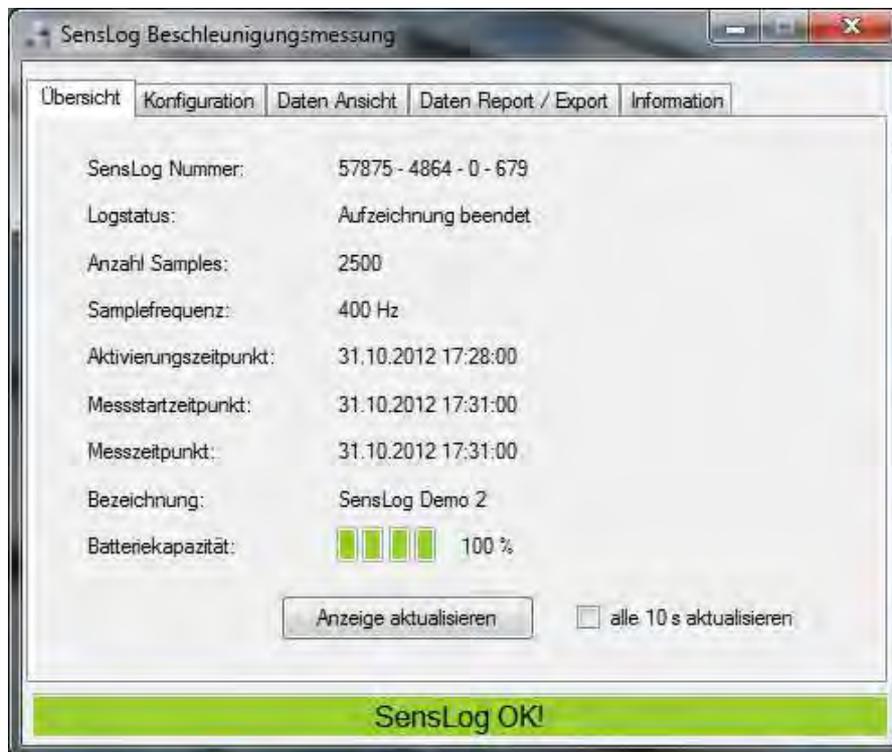


Abbildung 89: SensLO-TS Beschleunigungsmessung – Übersicht

Im Gegensatz zur Standardversion der GUI-Software wird die Anzahl der Samples in der *Übersicht* der Spezialversion Beschleunigungsmessung immer mit 2500 beziffert, da das System darauf ausgelegt ist den kompletten Speicher zu beschreiben. Zudem wird in dieser Tab die innerhalb der Konfiguration festgelegte Samplefrequenz, oder SampleRate, angezeigt. Es werden neben dem Aktivierungszeitpunkt auch der Messstartzeitpunkt und der Messzeitpunkt ausgewiesen. Der Aktivierungszeitpunkt unterscheidet sich insofern vom Messstartzeitpunkt, als das eine Startverzögerung oder ein Auslösen des tatsächlichen Messens durch einen Beschleunigungsschwellenwert vorgenommen werden kann.

Der Messstartzeitpunkt gleicht bei einer Startverzögerung dem Messzeitpunkt, im Falle einer Schwellenwertaktivierung dem Aktivierungszeitpunkt. Die Bezeichnung des Datenloggers wird weiterhin ausgewiesen, zusätzlich zur Anzeige der Batteriekapazität, kann über einen Optionshaken die Anzeige der *Übersicht* alle 10 Sekunden automatisch aktualisiert werden (Abbildung 89).

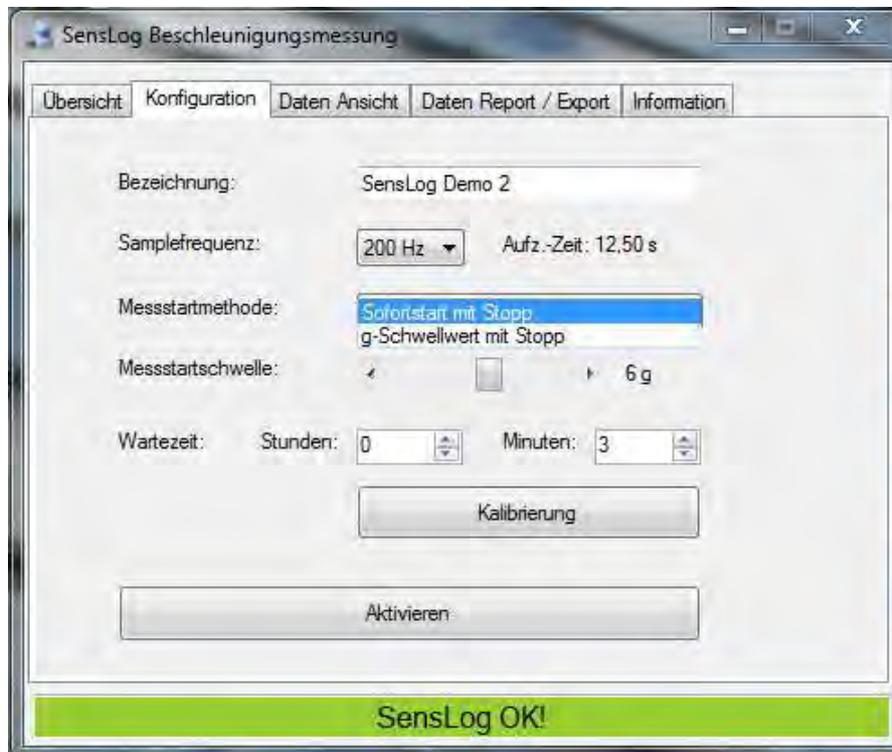


Abbildung 90: SensLO Beschleunigungsmessung – Konfiguration

Die *Konfiguration*, also der Ersatz der Tab *Start / Stopp*, ist an den Versuchsaufbau der IFA-Testreihe angepasst. Die Auswahl der SampleRate korreliert wie bereits erwähnt mit der möglichen Aufzeichnungszeit. Aufgrund des, bei maximaler SampleRate von 400 Hz, verhältnismäßig kleinen Messfensters von 6,25 Sekunden musste eine Startverzögerung einprogrammiert werden um den Versuchsablauf abwickeln zu können. Zum einen ist diese Startzeitverzögerung mit einer zeitlich definierten Verzögerung zu erreichen, zum anderen besteht die Möglichkeit einen Beschleunigungsschwellenwert als Startereignis zu definieren. Wie im entsprechenden Kapitel 6.1.9 eingehend beschrieben, wurde für die IFA-Testreihe 2 die zeitliche Definition des Messstarts zur Startzeitverzögerung genutzt, da auf diese Weise ein geregelterer Versuchsablauf zu realisieren ist. Die Intention hinter der Integration und der Programmierung des Beschleunigungsschwellenwertes besteht im Ausblick für praxisnahe Anwendungsszenarien. Über eine Aktivierung des Systems, mittels sinnvollem Beschleunigungsschwellenwert, würde sowohl die Batteriekapazität geschont, als auch der Umfang der benötigten Speicherkapazität optimiert werden. Über den Button *Kalibrierung* besteht die Möglichkeit den Transponder zu zurückzusetzen und zu kalibrieren. Über *Aktivieren* werden die neuen Einstellungen auf den Tag geschrieben und das System entsprechend gestartet (Abbildung 90).

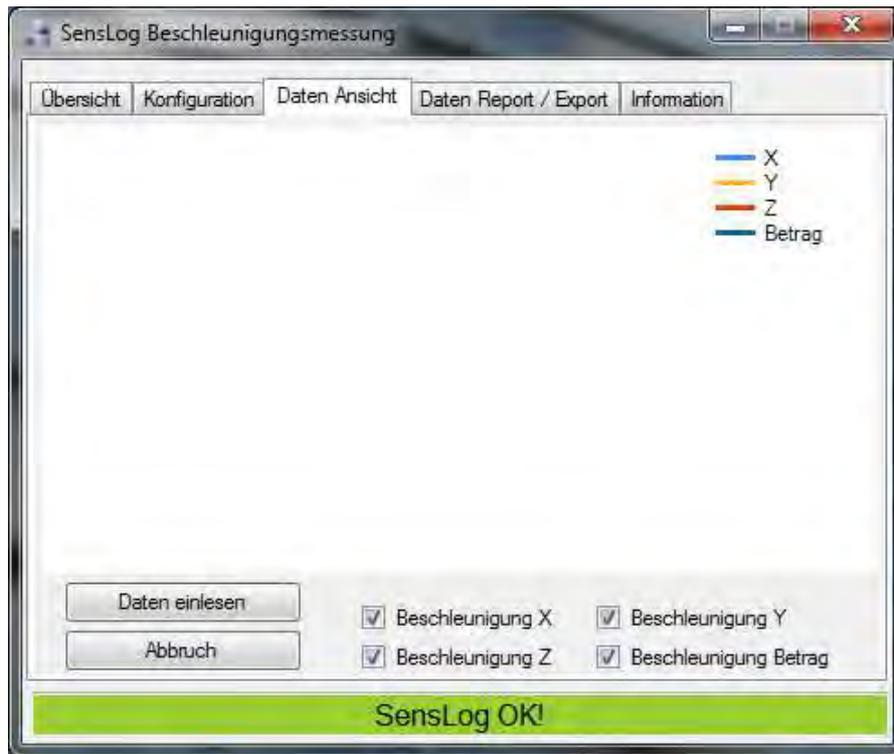


Abbildung 91: SensLO Beschleunigungsmessung – Daten Ansicht

Da die Sensoraktivität des Danteloggers im Zuge der Anpassung auf die Beschleunigung reduziert wurde, entfallen in der Tab *Daten Ansicht* die Auswahlmöglichkeiten zwischen den verschiedenen Daten. Die dreiaxiale Messrichtung des Beschleunigungssensors wurde in die Vorschauansicht der Tab aufgenommen. Interessant ist hierbei vor Allem der Vektorbetrag der Messergebnisse, da hierüber die absolute Beschleunigung des Datenloggers im Raum dargestellt werden kann. Wie gehabt lassen sich die Daten über den Button *Daten einlesen* von Datenlogger abrufen und werden hierbei innerhalb der GUI-Software zwischengespeichert. Eine beispielhafte Abbildung dieses Vorgangs wird innerhalb der Beschreibung der Versuchsdurchführung eingehender erläutert (Abbildung 91).

Das Speichern und das Archivieren der Daten erfolgt nach wie vor über die Tab *Daten Report / Export* (Abbildung 93). Die Möglichkeit zum Anhängen des Logging-Endes entfällt, da die Messfenster extrem kurz sind und sich über die gewählte *SampleRate* definieren.

Der Vollständigkeit halber ist der Tab *Information* in Abbildung 93 abgebildet. Der neue Titel der GUI-Software – Spezialversion Beschleunigungsmessung – ist unter der Herstellergrafik positioniert.

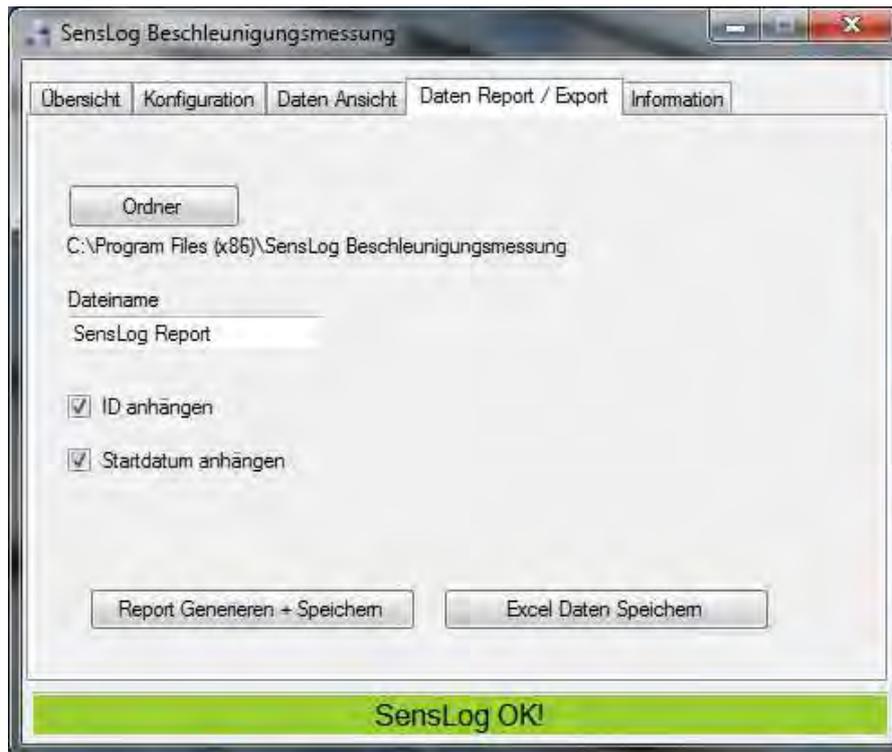


Abbildung 92: SensLO Beschleunigungsmessung – Daten Report / Export



Abbildung 93: SensLO Beschleunigungsmessung – Information

6.1.9 Testreihe Bauhelm 2

Für die IFA-Testreihe 2 wurde wiederum die bereits innerhalb des Kapitels 6.1.4 beschriebene Prüfapparatur zur Prüfung der Stoßdämpfung von Industrieschutzhelmen nach DIN EN 397 vom dem Fördermittelgeber angegliederten Institut für Arbeitsschutz, kurz IFA, bereitgestellt. Nach DIN EN 397 5.1.1 hat der Helm die Stoßdämpfungsprüfung bestanden, wenn die an den Prüfkopf der Apparatur übertragene Kraft 5,0kN nicht überschreitet. Grundlegende Idee der IFA-Testreihe 2 ist es, je zwei Helmmodelle der beiden Materialgruppen so lange der Prüfung auf Stoßdämpfung zu unterziehen, bis der Helm im Hinblick auf die beschriebene Kraffteinwirkung versagt, also mehr als 5kN an den Prüfkopf weitergeleitet werden. Hierbei wird der Datenlogger nach später detailliert beschriebenen Verfahren in die Helmschale montiert um die auf diese wirkende Beschleunigung zu Messen. Ziel ist es mittels differenzierter Ermittlung charakteristischer Beschleunigungskurven-Verläufe ein Versagen der Helmintegrität nachzuweisen beziehungsweise vorhersagen zu können. In Kombination mit einem Beschleunigungsschwellenwert als Starterereignis für das Logging, könnte so jeder vermeintlich kritische Schlag auf einen Industrieschutzhelm durch den Datenlogger erfasst, gespeichert und beim Auslesen an einem PSA-Portal angezeigt werden. Der Helm würde somit gegebenenfalls als nicht mehr gebrauchstauglich identifiziert und ausgetauscht werden.

6.1.9.1 Auswahl der Helmmodelle – Zusammenstellung der Testreihe

Sowohl in der DIN EN 397 als auch in der BGR 193 wird zwischen den Materialgruppen der thermoplastischen und der duroplastischen Kunststoffe unterschieden. Aus dem Grundmaterial ergeben sich unterschiedliche, von der BG empfohlenen Gebrauchsdauern von vier Jahren für thermoplastische Kunststoffe und von acht Jahren für duroplastischen Kunststoffe.⁶⁴ Für die IFA-Testreihe 2 wurde deswegen vorgesehen jeweils zwei verschiedene Materialien einer Materialgruppe sowie wiederum jeweils ein künstlich, nach DIN EN 397 gealtertes Modell zu Untersuchen. Es ergeben sich somit insgesamt zweimal vier, also acht Testhelme beziehungsweise Versuchsproben. Die gewählten Modelle sowie deren Eigenschaften sind im Folgenden beschrieben. Einen entsprechenden Überblick hierzu gibt Tabelle 11. Die entsprechenden Helmbezeichnungen wurden anonymisiert.

6.1.9.1.1 Thermoplast – ABS

Die Helmschale dieses Modells wird aus dem thermoplastischen Kunststoff Acrylnitril-Butadien-Styrol (kurz ABS) hergestellt. Der Helm bietet zahlreiche Adapter für beispielsweise Gehörschutz, Stirnlampe oder Visier und kann somit in vielen verschiedenen Bereichen der Bauwirtschaft zur Anwendung kommen. Abbildung 94 zeigt den entsprechenden Helm in Front- und Seitenansicht. Die allgemeinen Eigenschaften des Materials finden sich in Tabelle 11.

⁶⁴ BGR 193, Seite 19 und 20

Da der Helm während der Erprobung des MLX90192 bereits zum Einsatz kam (siehe hierzu auch 6.1.4), wurde das Modell auch innerhalb der IFA-Testreihe 2 in den Probenumfang aufgenommen.

Die Standardausstattung des Helmes beinhaltet eine 4-Punkt-Gurtband-Innenausstattung. Die Standardausstattungen der ergänzenden drei Modelle dagegen bestehen in einer 6-Punkt-Gurtband-Innenausstattung. Der Helm aus ABS wird in der IFA-Testreihe 2 als Helm 1 geführt.



Abbildung 94: ABS – Helm1

6.1.9.1.2 Thermoplast – HD-PE

Das Modell wird aus Hoch-Druck-Polyethylen gefertigt und verfügt demnach über die in Tabelle 11 gelisteten Materialeigenschaften. Der vom Hersteller verwandte Begriff des Hoch-Druck-Polyethylen ist irreführend und deckt sich nicht mit der eigentlichen Herstellungsweise des Kunststoffes HD-PE. HD steht in diesem Fall für High Density, was die hohe Dichte von $0,95 \text{ g/m}^3$ beschreibt. Bei der Herstellung allerdings wird ein weitaus geringerer äußerer Druck benötigt, da die Reaktion der Stoffbildung durch einen Katalysator unterstützt wird.⁶⁵



Abbildung 95: HD-PE – Helm2

Die Besonderheit des Helms besteht in den langnachleuchtenden Zusätzen des Helmschalenmaterials. Er eignet sich somit besonders für das Arbeiten bei schlechten Lichtverhältnissen oder als Besucherhelm. Der Helm aus HD-PE wird in der IFA-Testreihe 2 als Helm 4 geführt.

⁶⁵ Online: <http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/polyethylen.htm>, Stand: 11/2012

6.1.9.1.3 Duroplast – PF-SF

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen thermoplastischen Kunststoffen bestehen die Duroplaste prinzipiell aus zwei Materialkomponenten. Die Verbindung von einem Harz mit einer entsprechenden Faserverstärkung führt zu besonderer Beständigkeit bei hohen Temperaturen und gegen chemische Einflüsse. Im Falle des ausgewählten Modells wird ein mit Kunstharz getränktes Textil in sich überlappenden Bahnen bei einer bestimmten Temperatur in die Helmformeingebracht und unter einem bestimmten Druck erhärtet. Der Helm aus PF-SF wird in der IFA-Testreihe 2 als Helm 3 geführt.



Abbildung 96: PF-SF – Helm3

6.1.9.1.4 Duroplast – UP-GF – BOP

Der aus mit Glasfasern versetztem Polyester bestehende Helm besitzt die gleiche Formgebung wie der Helm 3, zudem verfügen beide Helme über die gleichen Zusatzeigenschaften nach DIN 397 (Tabelle 11). Um auch unter den Duroplasten eine Vergleichsprobe zu erhalten wurden dennoch beide Materialien in die Testreihe aufgenommen. Die drei Helme 2 bis 4 verfügen standardmäßig über eine 6-Punkt-Gurtband-Innenausstattung. Die Montage erfolgt werkseitig.



Abbildung 97: UP-GF – Helm4

Der Helm aus UP-GF wird in der IFA-Testreihe 2 als Helm 2 geführt.

Tabelle 11: Materialeigenschaften

	Thermoplaste		Duroplaste	
Eigenschaft	Hochdruck-Polyethylen	ABS-Polymerisat	Phenol-Textil	Polyester-Glasfaser
Allgemeine Materialeigenschaften				
Kurzzeichen	HD-PE	ABS	PF-SF	UP-GF
Alterungsbeständigkeit	gut	gut	sehr gut	sehr gut
UV-Beständigkeit	befriedigend	befriedigend	sehr gut	sehr gut
Wärmebeständigkeit	bis ca. +70°C	bis ca. +90°C	bis ca. +200°C	bis ca. +250°C
Schmelzpunkt	+150°C	+180°C	verkohlt über 1000°C	verkohlt über 1000°C
Kältebeständigkeit	sehr gut bis 40°C	gut bis -30°C	sehr gut	sehr gut
Feuchtigkeitsaufnahme	keine	sehr gering (-0,2%)	sehr gering (-0,3%)	sehr gering (-0,3%)
Versprödung	keine	keine	keine	keine
Chemische Resistenz	gut, außer Ole und Fette	befriedigend, außer Säuren	gut	gut
spezifisches Gewicht	0,96	1,09	1,58	1,6
Helmeigenschaften nach DIN EN 397				
Versuchshelm	Helm 1	Helm 2	Helm 3	Helm 4
Sehr niedrige Temperaturen	-30°C	-30°C	-	-
Sehr hohe Temperaturen	-	-	+150°C	+150°C
Elektrische Isolierung	-	-	-	-
seitliche Verformung	-	LD	LD	LD
Metallspritzer	-	MM	MM	MM

6.1.9.1.5 Künstliche Alterung nach DIN EN 397

Wie bereits einleitend erwähnt, ist es für die IFA-Testreihe 2 vorgesehen worden, jedes der vier Helmmodelle einer künstlichen Alterung nach DIN EN 397 6.2.6 durchzuführen um den Einfluss einer solchen Alterung auf die durch die Messung der Beschleunigung zu erfassende Helmintegrität zu untersuchen. Die Vorrichtung zur künstlichen Alterung wurde ebenfalls durch das IFA zur Verfügung gestellt. Die Helme sind hierbei aus einem zum Helmscheitel senkrechten Abstand von 150 +/- 5mm mit einer Xenon-Hochdrucklampe von 450W Nennleistung und Sinterquarzmantel für 400 +/- 4h zu bestrahlen.⁶⁶

⁶⁶ DIN EN 397, Seite 12

Da die Behandlung knapp 2,5 Wochen in Anspruch nimmt, wurden jeweils 2 Exemplare jedes Modells der künstlichen Alterung unterzogen um bei eventuell auftretenden Problemen während der Versuchsdurchführung ein weiteres Exemplar als Ersatz zur Verfügung bereit zu halten. Auch für die nicht vorbehandelt zu prüfenden Proben wurde jeweils ein Ersatzmodell vorgesehen. Die nicht für die künstliche Alterung vorgesehenen Proben wurden bei Raumtemperatur und unter Ausschluss des Sonnenlichts gelagert um eine möglichst unbelastete Helmschale zu erhalten. Abbildung 98 verdeutlicht den visuell erkennbaren Farbunterschied zwischen den künstlich gealterten und den neuwertigen Versuchsproben (jeweils links neuwertig und rechts gealtert).



Abbildung 98: Gegenüberstellung der gealterten und der neuwertigen Versuchsproben

6.1.9.2 Versuchsaufbau und -ablauf der IFA-Testreihe 2

Die Funktionsweise und der Aufbau der Helmprüfanlage wurden bereits im Zuge der Beschreibungen zum MLX90192 erläutert (siehe hierzu auch 6.1.4).

Die Beschreibung des Versuchsaufbaus- und -ablaufs der IFA-Testreihe 2 wurde für die beschreibenden Erläuterungen in die drei Abschnitte Vorbereitung, Vorlauf und Nachlauf unterteilt. Während sich die Vorbereitung auf eine einzelne Versuchsreihe bezieht, also auf ein zu prüfendes Modell, wiederholen sich Vor- und Nachlauf des eigentlichen Prüfereignisses in zyklischen Abschnitten bis die Versuchsreihe abgeschlossen ist. Das eigentliche Prüfereignis beinhaltet den Einschlag des Fallkörpers auf der Helmschale der präparierten Probe innerhalb des Messfensters. Als erfolgreich wird das Prüfereignis angesehen, wenn die entsprechenden Daten auf dem Datenlogger gespeichert und mittels GUI ausgelesen und gesichert werden konnten. Als Versuchsreihe wird von den Verfassern der Durchlauf eines einzelnen Helmmodells verstanden. Der Begriff der IFA-Testreihe 2 bezieht sich auf die Gesamtheit aller Versuchsreihen.

Die vier Versuchsproben mit je einer künstlich gealterten und einer nicht vorbehandelten Probe summieren sich auf acht abzuschließende Versuchsreihen. Sollten während einer Versuchsreihe technische Probleme auftreten, so wird die Reihe mit einer der Ersatzproben von neuem gestartet um eine durchgehende Dokumentation von Prüfereignissen zu gewährleisten.

6.1.9.2.1 Vorbereitung

In Abbildung 99 sind der allgemeine Aufbau der Helmprüfanlage (links) und der versuchsspezifischen Elemente (rechts) zu erkennen.

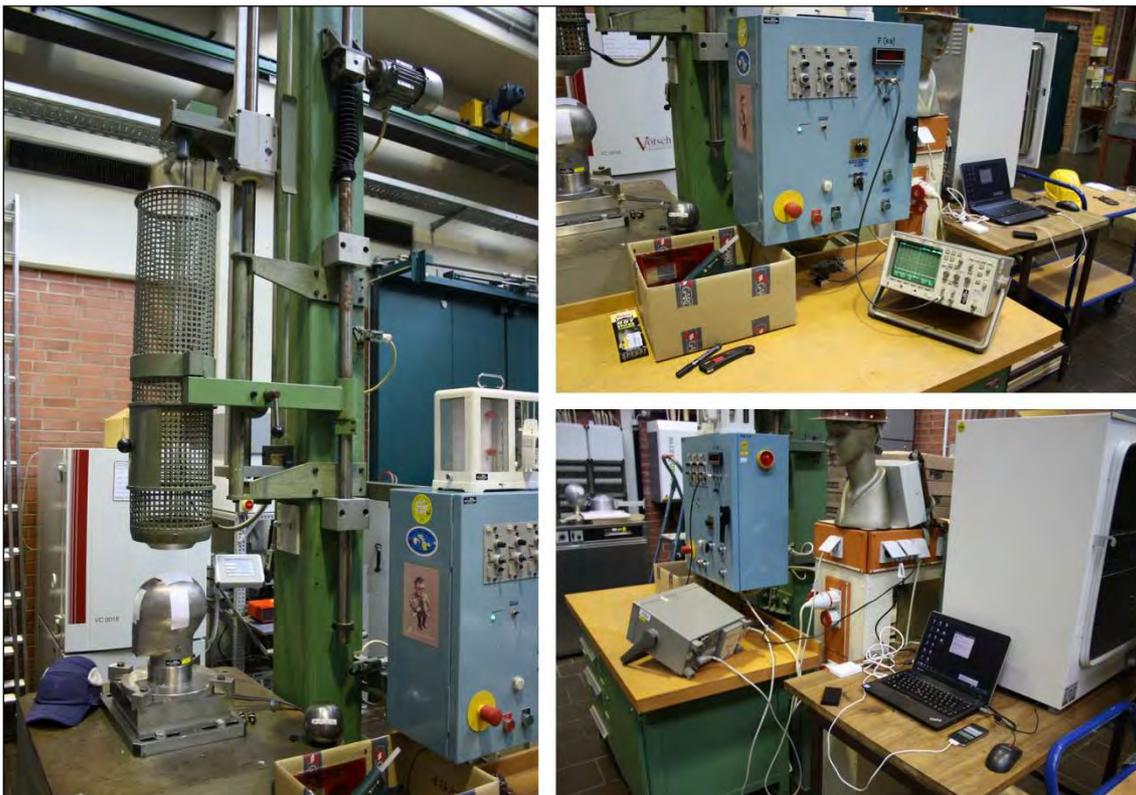


Abbildung 99: Aufbau der IFA-Testreihe 2

Der schematische Versuchsablauf ist in Tabelle 12 aufgelistet. Der exemplarische Durchlauf einer Probe soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. Aufgrund des Umfangs werden hierzu zusätzlich lediglich aufgetretene Probleme und Besonderheiten näher erläutert. Die komplette Fotodokumentation der IFA-Testreihe 2 findet sich in Anhang 3. Die schematische Chronologie des Ablaufs, wie er in Tabelle 12 dargestellt ist, wurde während des ersten Testtages am 25.09.2012 eruiert und strukturiert. Da der erste Testtag aufgrund technischer Probleme mit dem RFID-Equipment abgebrochen werden musste, wurde am 31.10.2012 ein zweiter Testtag anberaumt. Zunächst wurde für den reibungslosen und einheitlichen Ablauf der insgesamt 16 Testdurchläufe alle benötigten Komponenten des Equipments sowie die Hilfsmaterialien bereitgelegt und günstig positioniert. Neben dem elektronischen Equipment wurden Hilfsmaterialien wie Permanent-Marker, Heißklebepistole und Cutter.

Als Timer wurde ein Smartphone verwendet, welches nach Ablauf der voreingestellten 3 Minuten ein akustisches Signal ausgibt. Das Tischlesegerät des Development-Kits sowie der Timer sind neben dem Laptop positioniert auf dem mittels der GUI die Firmware des Datenloggers angesteuert wurde (Abbildung 99 rechts unten und Abbildung 100).

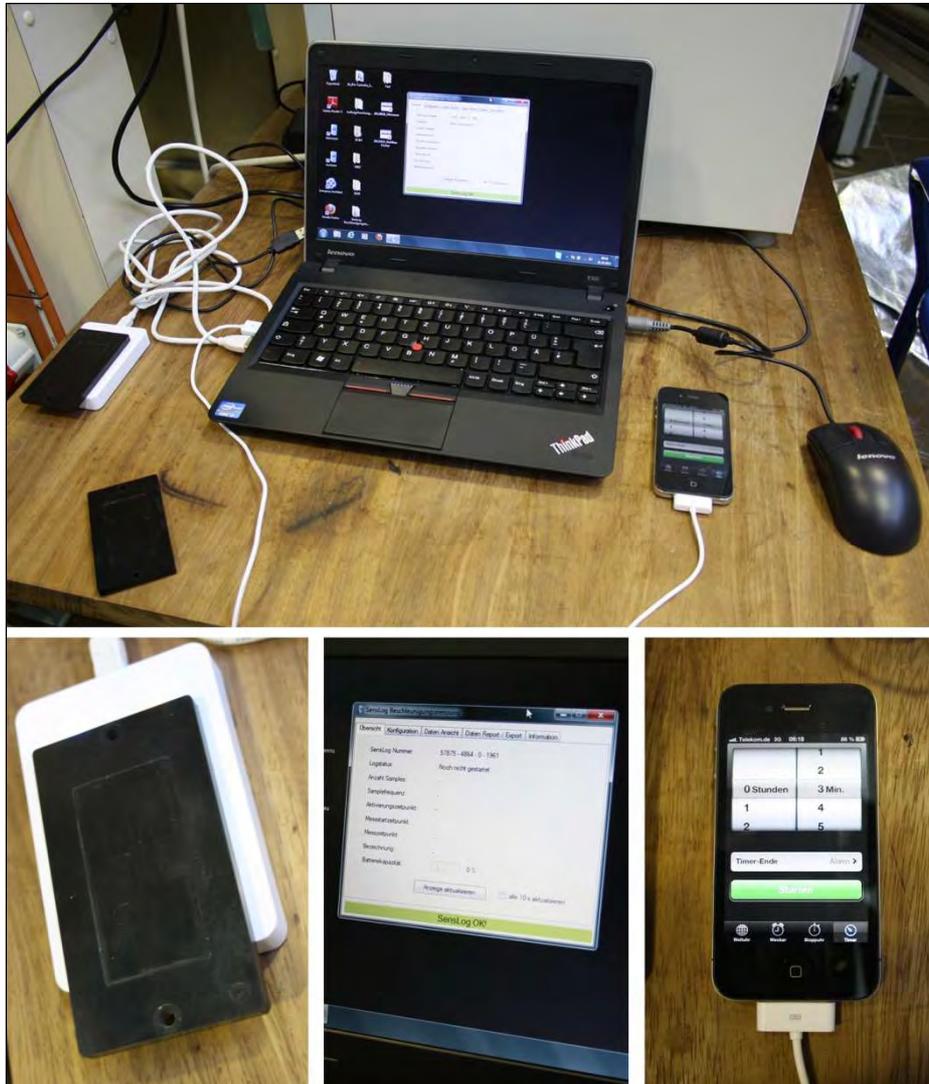


Abbildung 100: Elektronisches Equipment

Nach der Positionierung der Komponenten ist die Prüfanlage zu starten und der Versuchsaufbau vorzubereiten. Das Oszilloskop der Prüfanlage wird verwendet um den nach DIN EN 397 vorgeschriebenen Schwellenwert von 5kN Kraftweiterleitung zu überwachen. Die Skala für Anzeige und Ausdruck der entsprechenden Messergebnisse werden auf Empfehlung des zuständigen Mitarbeiters auf 1V/2kN eingestellt (Tabelle 12, Position 1).

Ebenfalls orientiert sich die restliche Einrichtung der Prüfanlage an den Angaben und der Einweisung des Mitarbeiters des IFA. Die vorbereitenden Arbeiten sind somit nach der üblichen Vorgehensweise einer Helmprüfung auf Stoßdämpfung nach DIN EN 397 ausgeführt.



Abbildung 101: Einstellung des Oszilloskops auf 2V/kN

Die Aktivierung des Elektromagneten ist die Voraussetzung für die Positionierung des Schlagkörpers in Form der 5kg schweren Kugel. Über den an der Steuereinheit der Prüfanlage befindlichen Kippschalter wird dieser sowohl aktiviert, als auch deaktiviert (Tabelle 12, Position 3). Nach Aktivierung des Elektromagneten kann der Fallkörper an der metallischen Halterung befestigt werden (Tabelle 12, Position 4).



Abbildung 102: Aktivierung des Elektromagneten und Positionierung des Fallkörpers

Der Prüfkopf der Anlage weist einen Umfang von 57,3cm auf (Tabelle 12, Position 2). Die verschiedenen Versuchshelme sind dementsprechend auf den Prüfkopf anzupassen. Um den Lichten Abstand zwischen der Unterseite der Kugel und der Oberkante der Helmschale auf das in DIN EN 397 geforderte Maß einstellen zu können, ist der Versuchshelm auf dem Prüfkopf zu positionieren (Tabelle 12, Position 5). Die Einstellung und Positionierung des Helms erfolgt zum Teil nach Gefühl des Prüfers. Nach DIN EN 397 6.6.3 a) wird lediglich gefordert den Helm so auf dem Prüfkopf zu befestigen, wie dieser auch getragen werden würde und einen minimalen Freiraum zwischen Kopfband und Prüfkopf sicherzustellen.

Berücksichtigt wurde im weiteren Versuchsablauf eine möglichst identische Platzierung der Modelle im Hinblick auf horizontale und vertikale Ausrichtung der Helmschale.

Eine identische Positionierung ist vor allem innerhalb einer Versuchsprobe notwendig, um das Prüfgewicht im gleichen Aufprallwinkel auf den Versuchshelm auftreffen zu lassen und so die Ergebnisse des Datenloggers vergleichbar zu gestalten.

Die Höhe des Elektromagneten und somit der Kugel kann über eine Hebe- und Senkvorrichtung feinjustiert werden. Um die nach DIN EN 397 6.6.3 b) geforderte Fallhöhe des Schlagkörpers von 1000 +/- 5mm zu gewährleisten wird der Abstand zwischen dem bereits positioniertem Helm und der Kugel mittels exakt zugeschnittener Holzplatte kontrolliert und gegebenenfalls nachjustiert (Tabelle 12, Position 6). Auch diese Methodik entspricht dem Vorgehen der für die Helmprüfanlage zuständigen Mitarbeiter.



Abbildung 103: Feinjustierung der Fallhöhe und Beschriftung der Versuchsprobe

Nach der Feinjustierung auf 1000 +/- 5mm wird der Helm vom Prüfkopf genommen und entsprechend der vorgesehenen Versuchsvariationen beschriftet. Die führende Ziffer der Beschriftung gibt das Versuchsmodell an, während die Nachkommastelle bei technischem Versagen des RFID-Equipments oder sonstiger Fehler bei der Abwicklung der Versuchsreihe genutzt werden wäre um die Nummer des Durchlaufs anzugeben. Prinzipiell wurde während der Versuchsvorbereitung festgelegt die einzelnen Helmmodelle so oft einer Prüfung auf Stoßdämpfung zu unterziehen, bis die in den Prüfkopf weitergeleitete Energie die in DIN EN 397 vorgegebene Grenze von 5kN überschreitet. Bei den mittels UV-Belastung einer künstlichen Alterung unterzogenen Modellen ist die Nachkommastelle zwecks Identifikation mit UV betitelt (Tabelle 12, Position 7).

Das Bereitlegen des Helmes sowie der Hilfsmittel gewährleistet die Einhaltung der innerhalb Tabelle 12, Position 8 bis 9 definierten chronologischen Abfolge des Vorlaufs.

Tabelle 12: Versuchsschema IFA-Testreihe 2

	Zeit	Nr	Aktion
Vorbereitung		1	Oszilloskop einschalten und auf 2kN/V einstellen
		2	Prüfhelm auf 57,3 cm Kopfumfang einstellen
		3	Helm entsprechend DIN EN 397 auf dem Prüfkopf positionieren
		4	Elektromagneten aktivieren
		5	5kg schweren Prüfkörper anheften
		6	Mittels Messlatte die geforderten 1000mm Abstand einstellen
		7	Helm beschriften und bereit legen
Vorlauf	3:00 - 3:00	8	SensLO-TS kalibrieren und aktivieren
	3:00 - 3:00	9	gleichzeitig Timer (3.00 Minuten) einstellen
	3:00 - 2:40	10	Kontaktanten des SensLO-TS mit Heißkleber behandeln
	2:30 - 2:20	11	SensLO-TS montieren
	2:20 - 1:30	12	SensLO-TS andrücken
	1:30 - 1:30	13	Helm entsprechend DIN EN 397 auf dem Prüfkopf positionieren
	1:30 - 0:00	14	Kleber erhärten lassen und auf Signal warten
	0:00 - 0:00	15	nach 2 Sekunden Magnetschalter umlegen
Nachlauf		16	Magnetschalter einschalten
		17	Prüfkörper an Magnet
		18	Helm von Prüfkopf entfernen
		19	SensLO-TS ausbauen
		20	SensLO-TS zum Auslesen auf Tischleser positionieren
		21	Oszilloskopbericht drucken und beschriften
		22	Daten des SensLO-TS sichern und archivieren
		23	Helm und SensLO-TS von Kleberresten befreien
		24	Schäden fotografisch dokumentieren
		25	neuen Durchlauf starten, weiter bei 8
	26	Bei Ausschlag des Oszilloskops über 5kN Testreihe beendet	

6.1.9.2.2 Vorlauf

Die Kalibrierung des Datenloggers dient in erster Linie der Neujustierung der Beschleunigungssensoren. Sicherheitshalber wurde vor jedem weiteren Durchlauf eine Kalibrierung des Datenloggers vorgenommen. Die Aktivierung des SensLO-TS umfasst dabei die Einstellung der Firmware mit den entsprechenden Parametern bezüglich der Samplefrequenz, der Messmethode und der Wartezeit (Tabelle 12, Position 8; Abbildung 104).

Gemäß der Planung des Versuchsaufbaus wird die Wartezeit auf 3 Minuten nach Aktivierung festgelegt. Bei einer Samplefrequenz von 400Hz ergibt sich ein Messfenster von 6,25s. Die Aktivierung des Datenloggers muss zeitgleich mit der Aktivierung des breitgelegten Timers erfolgen um das Prüfereignis innerhalb des Messfensters auslösen zu können (Tabelle 12, Position 9).

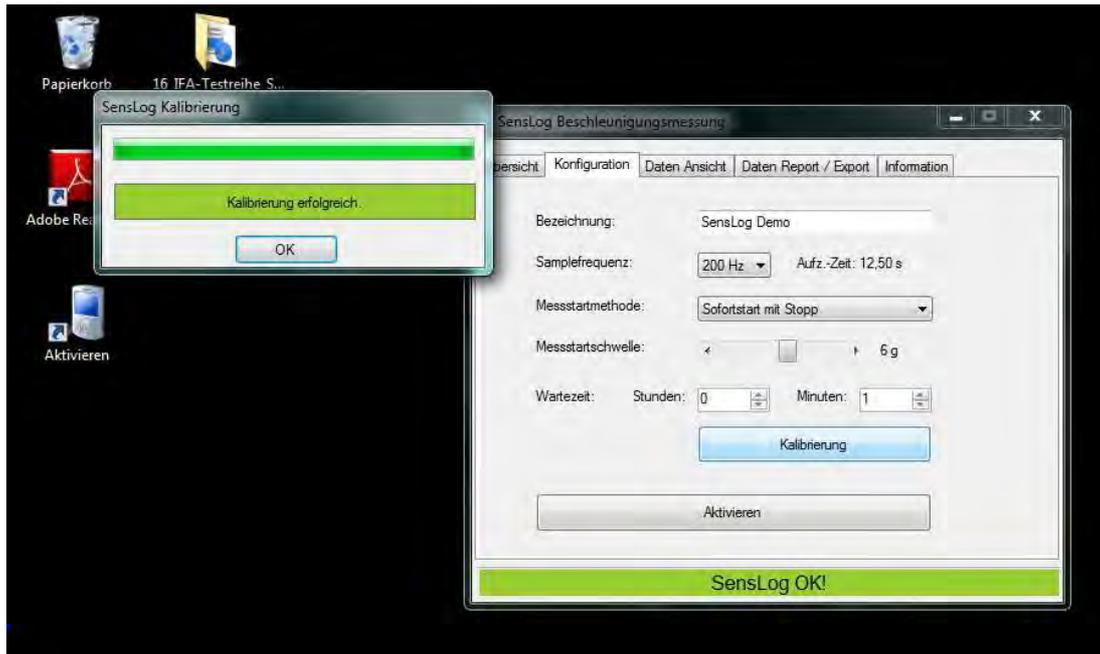


Abbildung 104: Kalibrierung des Datenloggers vor der Aktivierung

Innerhalb der auf die Aktivierung der beiden Zeitmesssysteme folgenden 20 Sekunden werden die Kontaktkanten des Datenloggers mit Heißkleber benetzt (Tabelle 12, Position 10). Die Vorgehensweise und Methodik bezüglich der Montage des Datenloggers wurde im Vorfeld der IFA-Testreihe 2 ermittelt und konnte während des ersten Testtages am 25.09.2012 verifiziert werden. Die Verbindung mittels Heißkleber erwies sich als flexibel und schnellerhärtend. Zudem kann, mittels Andrücken des Datenloggers über 50 Sekunden (Tabelle 12, Position 11 und 12), eine direkte und ungedämpft schockübertragende Verbindung zwischen Helmschale und dem Gehäuse des SensLO-TS geschaffen werden. Eine ähnlich direkte Verbindung wäre alternativ lediglich mit Verschraubungen möglich gewesen, ein Anbohren allerdings hätte einen empfindlichen Eingriff in die Integrität der Helmschale bedeutet. Ein weiterer Vorteil der Klebemasse besteht darin, dass sie sich verhältnismäßig einfach wieder entfernen lässt um den Datenlogger für das Auslesen und die anschließende Kalibrierung aus dem Helm zu entfernen.

Nachdem der Heißkleber weit genug erhärtet ist kann der Versuchshelm auf dem Prüfkopf positioniert werden (Tabelle 12, Position 13). Gemäß Herstellerangaben benötigt der Kleber lediglich 2 Minuten bis zur vollständigen Erhärtung. Innerhalb der chronologischen Abfolge des Vorlaufs sind werden insgesamt 3 Minuten für die Erhärtung des Klebers vorgesehen (Tabelle 12, Position 14).

Der Timer des Smartphones konnte während der gesamten Vorlaufphase durch den Versuchsdurchführenden eingesehen werden. Die möglichst exakte Einhaltung der Chronologie wurde fokussiert.



Abbildung 105: Montage des SensLO-TS an der Helmschale

Nach Alarmierung durch den Timer wurden weitere 2 Sekunden abgewartet bevor das Prüfereignis durch Abschalten des Elektromagneten ausgelöst wird (Abbildung 106) um den Aufprall des Fallkörpers auf der Helmschale möglichst in die chronologische Mitte des Messfensters zu legen (Tabelle 12, Position 15).



Abbildung 106: Prüfereignis

6.1.9.2.3 Nachlauf

Dem eigentlichen Prüfereignis folgen die erneute Aktivierung des Elektromagneten sowie das erneute Anheften des Fallkörpers an die magnetisierte Halterung (Tabelle 12, Position 16 und 17). Der belastete Helm wird hiernach vom Prüfkopf genommen um den Datenlogger auszubauen (Tabelle 12, Position 18).

Der Ausgebaute Datenlogger kann nun zum Auslesen der Daten auf dem Tischlesegerät positioniert werden (Tabelle 12, Position 19) um den Auslesevorgang zu starten. Parallel hierzu wurde der Druckvorgang des Oszilloskopberichtes eingeleitet und dessen Beschriftung vorgenommen. Hierbei erfolgte eine erste Überprüfung des Messwertes der an den Prüfkopf weitergeleiteten Kraft (Tabelle 12, Position 20, Abbildung 107).

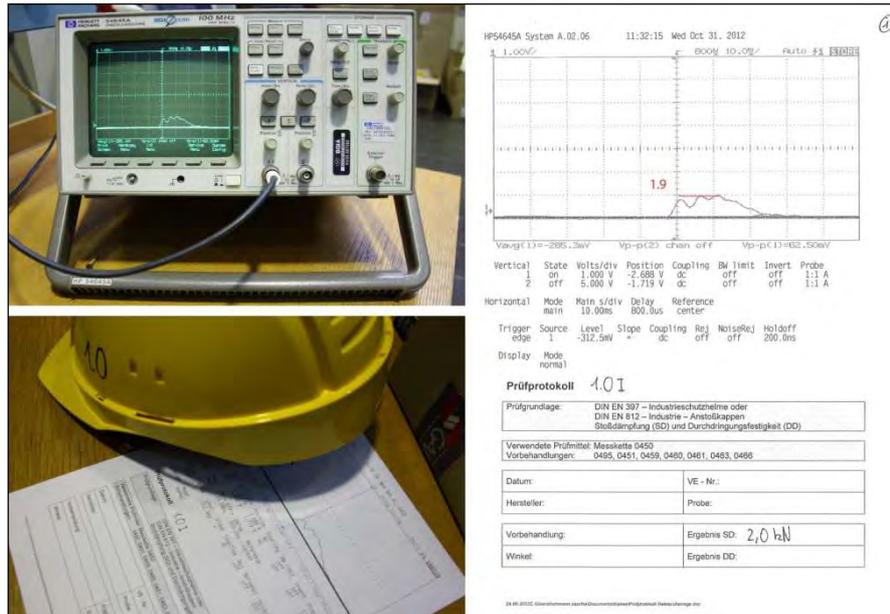


Abbildung 107: Drucken und Prüfen des Oszilloskopberichtes

Handschriftlich wurde bereits vor Ort eine grobe Auswertung des Oszilloskopberichtes festgehalten. Die Einstellung von 1V/2kN definiert das Vertikalachsenraster des Prüfberichtes auf 2kN. Neben einer Eintragung des groben Messwertes im unteren Formularbereich wurde der Prüfbericht über Nummerierung dem Prüfereignis des Versuchsdurchlaufs zugeordnet. In der Nachbereitung des IFA-Testtages 2 wurden sämtliche Prüfberichte gescannt und einer differenzierten graphischen Auswertung unterzogen. Die entsprechenden Ergebnisse wurden in den PDF-Dateien rot hervorgehoben (Tabelle 12, Position 20, Abbildung 107).

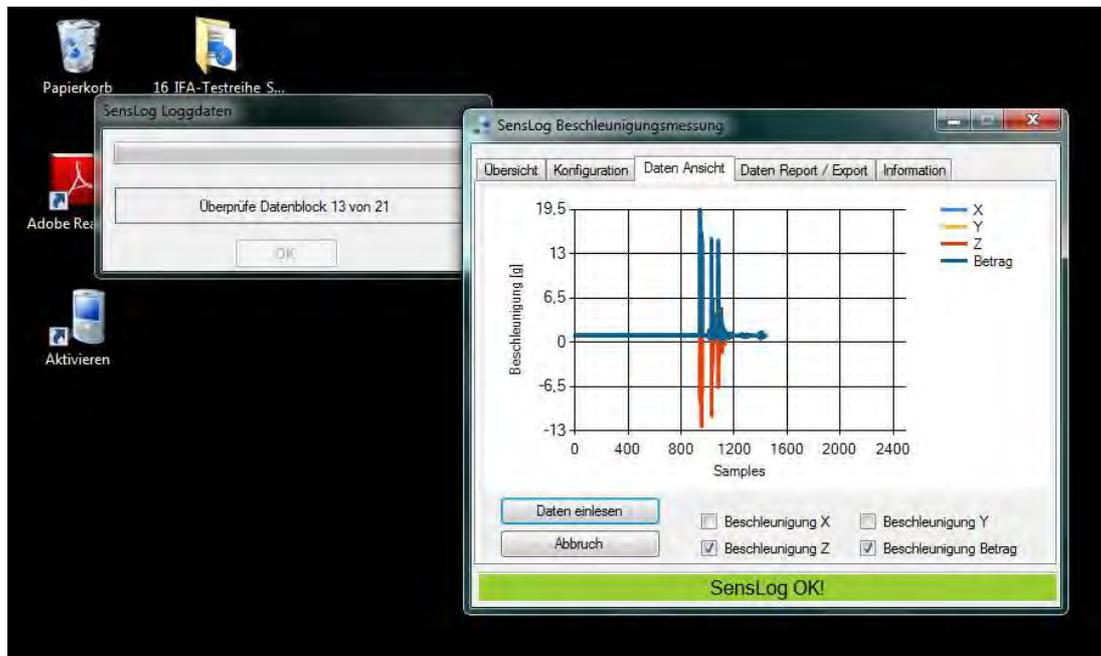


Abbildung 108: Auslesen der Daten aus dem Datenlogger

Der Auslesen der Daten aus dem Datenlogger erfolgt über die GUI-Software in 21 Datenblöcken. Der Screenshot des Vorgangs ist in Abbildung 108 abgebildet. Innerhalb der Tab *Datenansicht* wird der Auslesevorgang gestartet und der Fortschritt sowie eine entsprechende Voransicht werden dem Nutzer angezeigt.

Nach erfolgreichem Auslesen der Daten werden diese in der Tab *Daten Report / Export* unter Verwendung der Helmbezeichnung und der Nummer des Prüfereignisses als Dateinamen exportiert und gesichert. Die entsprechenden Excel-Dateien sowie die automatisch generierten Übersichtsreports im PDF-Format werden durch den Versuchsdurchführenden in logischer Systematik abgelegt (Tabelle 12, Position 22, Abbildung 109).

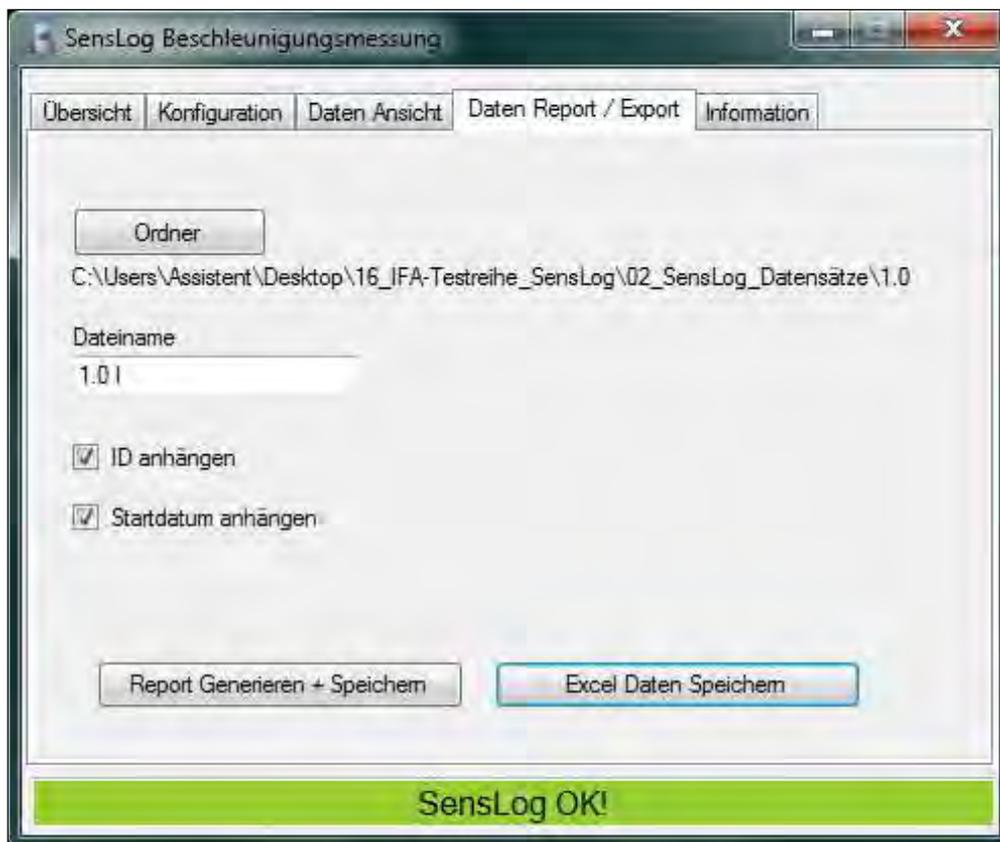


Abbildung 109: Daten Sichern

Im Anschluss an eine Kontrolle der Datensätze im Hinblick auf Funktionsfähigkeit der Dateien werden Helmschale und Datenlogger mittels Cutter von Kleberesten befreit. Diese ließen sich im Wesentlichen einfach von den jeweils glatten Oberflächen entfernen ohne das hierbei nennenswerte Beschädigungen des Materials verursacht wurden (Tabelle 12, Position 22).

Nach jedem Prüfereignis wurde zudem die optische Veränderung der Helmschale durch den Einschlag fotografisch dokumentiert um den Fortschritt der Schäden nachzuvollziehen. Ein beispielhaftes Schadensbild ist in Abbildung 110 dargestellt.

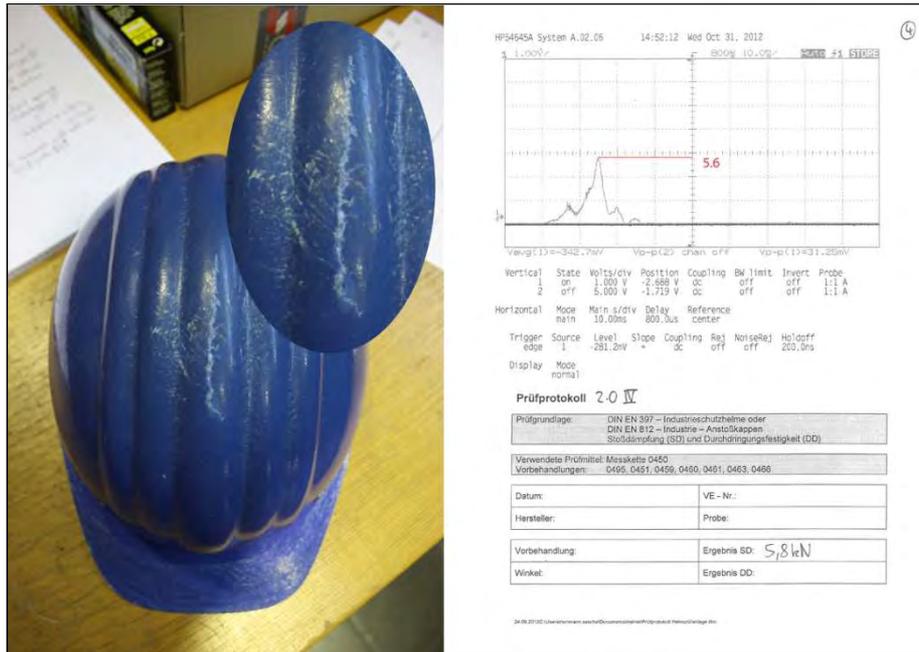


Abbildung 110: Schadensbild und Ausschlag über 5kN

Nach Abwicklung des Nachlaufes des Prüfereignisses ist zu kontrollieren ob der Helm nach DIN EN 397 nicht mehr den Anforderungen entspricht. Der entsprechende Schwellenwert von 5kN wurde im Beispiel aus Abbildung 110 überschritten. In diesem Fall ist der Versuchsdurchlauf für die entsprechende Helmprobe abgeschlossen. Sollte der Schwellenwert nicht erreicht worden sein, so wird der Vorlauf eines weiteren Prüfereignisses bei Position 8 der Tabelle 12 erneut gestartet.

6.1.9.3 Testergebnisse

6.1.9.3.1 Zusammenstellung

Die folgende Grafik zeigt den erfassten Beschleunigungsverlauf beim Aufprall der Kugel bei jeweils neuwertigem Helm der Testreihe vom 25.09.2012.

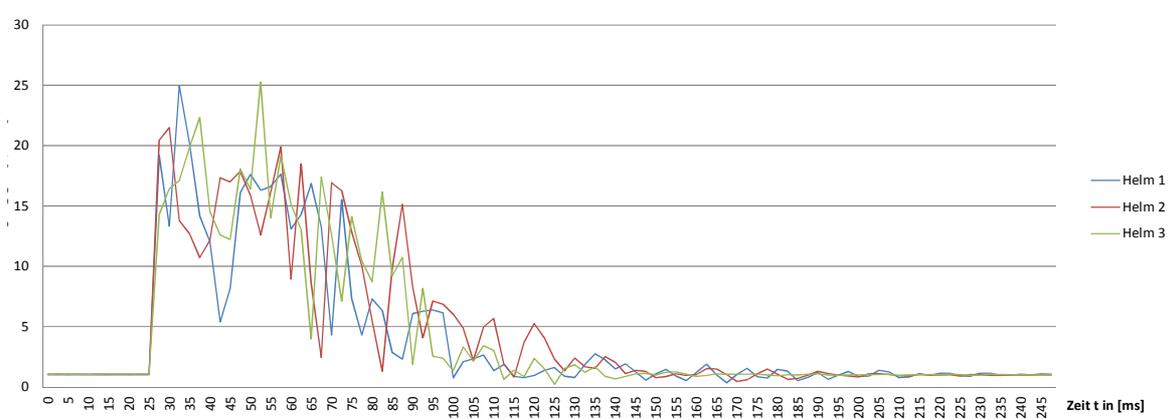


Abbildung 111: Auswertung der Testreihe vom 25.09.2012 – erfasste Beschleunigung in g bei jeweils neuwertigem Helm

Die folgenden Grafiken zeigen den erfassten Beschleunigungsverlauf beim Aufprall der Kugel bei jeweils neuwertigem (ohne UV-Einfluss) Helm sowie einem künstlich gealtertem (mit UV-Einfluss) Helm der Testreihe vom 31.10.2012. Die Unterschiedliche Anzahl der Versuche resultiert aus der Robustheit der getesteten Helme. Die Versuche wurden wiederholt, bis eine sichtbare Beschädigung des Helmes festgestellt werden konnte.

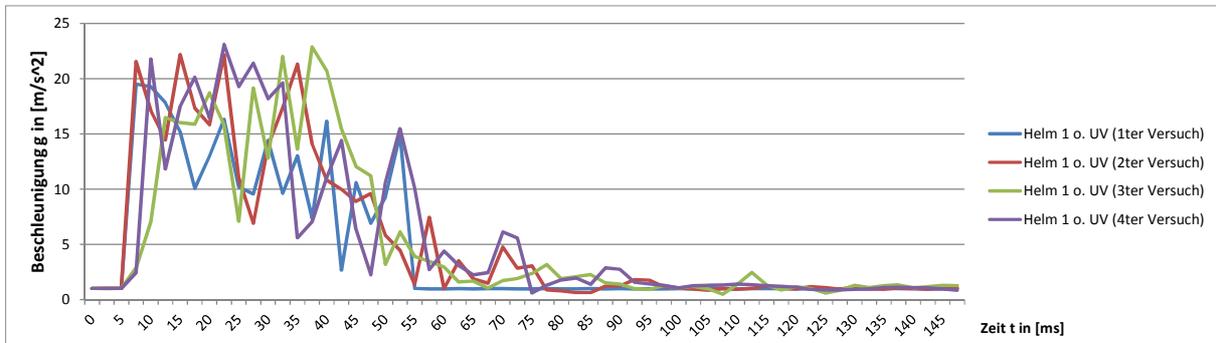


Abbildung 112: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 1 ohne UV-Einfluss

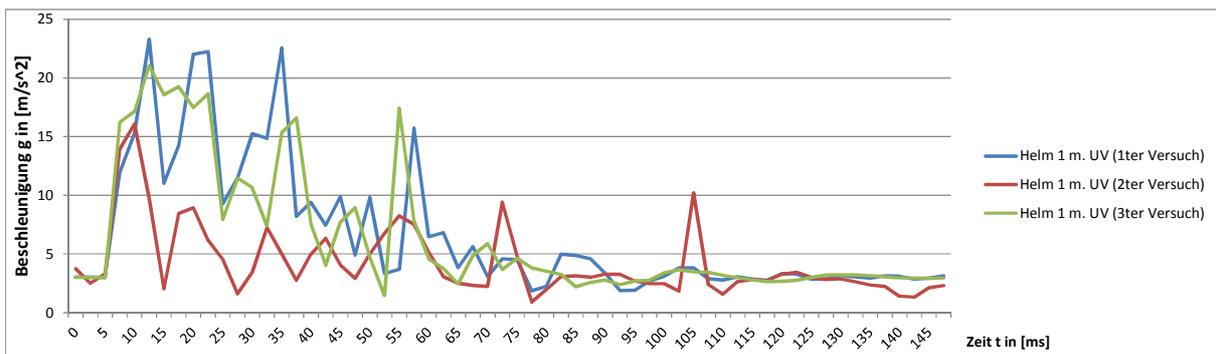


Abbildung 113: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 1 mit UV-Einfluss

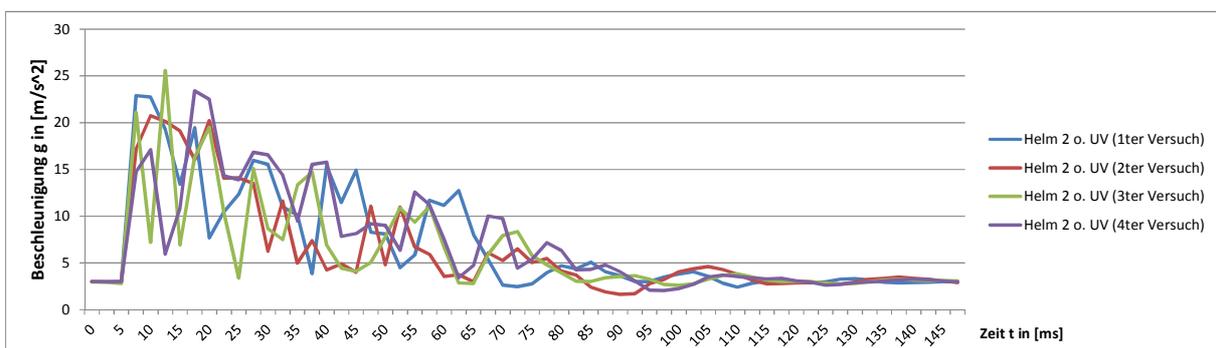


Abbildung 114: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 2 ohne UV-Einfluss

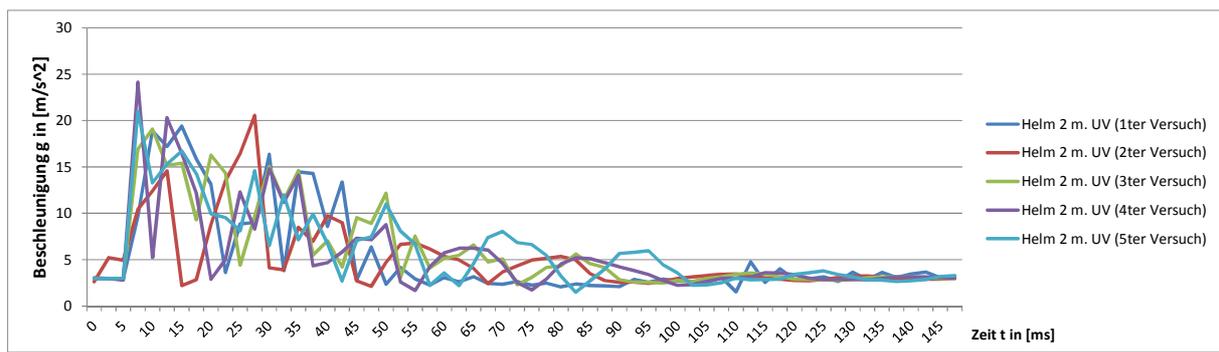


Abbildung 115: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 2 mit UV-Einfluss

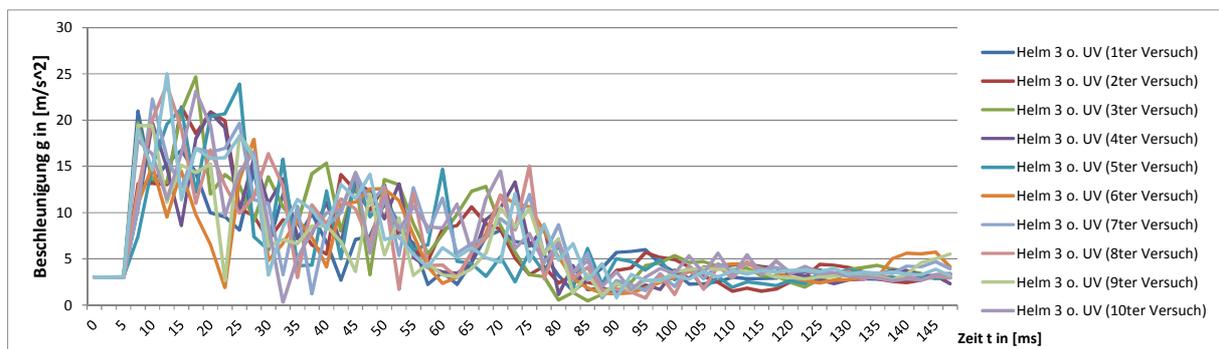


Abbildung 116: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 3 ohne UV-Einfluss

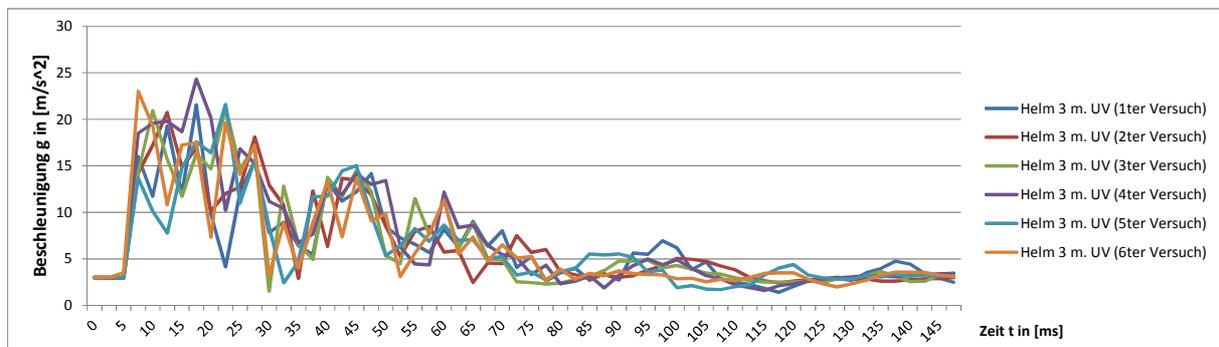


Abbildung 117: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 3 mit UV-Einfluss

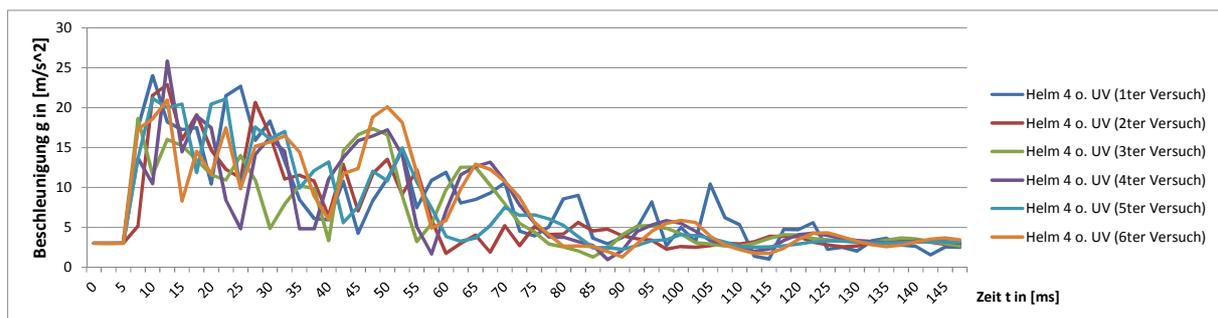


Abbildung 118: Auswertung der Testreihe vom 31.10.2012 – erfasste Beschleunigung bei Helm 4 ohne UV-Einfluss

6.1.9.3.2 Auswertung

Die Ergebnisse beider Testreihen zeigen, dass keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der erfassten Beschleunigungsverlaufskurven bei neuwertigen und gealterten Helm festzustellen sind. Somit ist die eine Aussage über den Zustand des Helmes im Hinblick auf die Alterung eines Helmes durch die Erfassung der Beschleunigungswerte ohne weiteres nicht möglich.

Bei der Betrachtung der Beschleunigungsverlaufskurven bei mehrmaligen aufeinander folgenden Aufprallen kann ebenfalls kein deutlicher Unterschied in den Verläufen der Kurven je Helm festgestellt werden. Erst bei der Sichtprüfung des jeweiligen Helmes wurde der Schaden (i.d.R. ein Riss) festgestellt. Somit ist die Aussage über den Zustand des Helmes im Hinblick auf Beschädigung anhand der erfassten Beschleunigungswerte, weder über den Kurvenverlauf noch über die erfassten Maximalwerte, nicht ohne weiteres möglich.

6.1.9.3.3 Fazit

Ein direkter Zusammenhang zwischen den erfassten Beschleunigungswerten und dem Zustand des Helmes konnte im Rahmen der Versuche nicht hergestellt werden.

Die Versuche zeigen jedoch, dass jeder Helm eine andere Robustheit bei dem durchgeführten Versuchsaufbau aufweist, so dass eine indirekte Aussage im Hinblick auf den Zustand des Helmes möglich wird. So könnten Hersteller für Ihre Produkte die maximale Anzahl vom Aufprallen definieren ggf. auch in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufprallhärte. Zwar ist diese Aussage nicht zu hundert Prozent sicher, jedoch viel sicherer, als die derzeitigen Angaben mit einem pauschalen Haltbarkeitsdatum für jeden Helm unabhängig von seinem Lebenszyklus.

6.1.10 Ausblick/Anwendbarkeit in der Praxis

Die generelle Funktionsfähigkeit von RFID-Sensor-Systemen konnte im Rahmen der Versuche nachgewiesen werden, jedoch sind an dieser Stelle die derzeitigen recht hohen Beschaffungskosten sowie die physikalischen Dimensionen der Sensor-Tags im Hinblick auf einen zeitnahen den Praxiseinsatz bei der im Vergleich dazu recht „günstiger“ PSA eher kritisch zu sehen.

Da die Verwendung von RFID-Tags mit integrierten Sensoren aber in manchen Spezialgebieten schon erfolgt (z.B. Tags mit Temperatursensoren in Frischbeton), ist davon auszugehen, dass im Laufe der nächsten Jahre die Produktion von RFID-Tags mit Sensorik erweitert und optimiert wird. Die damit verbundenen Kostenreduzierungen können die Technik auch für derzeit noch nicht zu erahnende Einsatzgebiete interessant machen. Neben den Kosten sind vor allem die Verkleinerung der Sensor-Tags und die Reduzierung des Stromverbrauchs entscheidende Faktoren für eine erfolgreiche Einsatzfähigkeit. Eine Massenproduktion von fertigen RFID-Tags mit Sensorik ist also unumgänglich, wenn sich diese Technik auf dem Markt durchsetzen soll.

Gerade bei vergleichsweise günstigen Produkten wie dem Bauhelm ist im Moment noch schwer vorstellbar, dass in naher Zukunft aufwändige Elektronik integriert werden wird. Ebenso ist die Art der Verwendung beim Bauhelm fraglich, da die Belastungen aus allen Richtungen auf den Helm einwirken können. In den Versuchen wurde nur der direkte Aufprall von oben getestet. Für eine umfassende Überwachung von Erschütterungen ist eine weitaus komplexere Technik notwendig. Bei teureren und aufwändigeren Schutzausrüstungen (z.B. Gebläseatemschutz und Schweißmaske) ist die Einführung einer solchen Technik besser vorstellbar. Zum Einen verfügen diese PSA-Gegenstände bereits über eine Stromversorgung und im Falle der Schweißmaske schon über eingebaute Sensorik, zum Anderen schlägt sich der anfallende Aufpreis durch die neue Technik nicht so eklatant auf den Endpreis nieder. Die Idee, Arbeitssicherheit mithilfe von RFID-Anwendungen weiter zu erhöhen, wird in den kommenden Jahren sicherlich weiter verfolgt und mit weiteren Forschungen dem realen Einsatz näher gebracht. Sollte die Entwicklung von RFID-Tags mit integrierten Sensoren, die energieeffizient, zuverlässig, klein und günstig sind, gelingen, steht einem Durchbruch dieser Technologie im Bereich der Arbeitssicherheit nichts im Wege. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass diese Technik auch in anderen Bereichen zum Einsatz kommen kann und vielfältige, neue Anwendungsgebiete hinzukommen werden.

6.2 Kennzeichnung- und Klassifizierung von PSA mittels RFID-Techniken

Verfasser: M.Sc. Agnes Kelm

B.Sc. Daniel Platz

Mitwirkende: Dipl. Ing. Daniel Quappe

6.2.1 Normungsarbeit des NA 075 BRR-01 SO

Im Zusammenhang mit der Entwicklung einer Methode zur Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA-Produkten wurde von Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus, Leiter des LuF Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal, sowie von Herrn Dipl.-Ing. Karl-Heinz Noetel, Leiter des Fachbereichs "Persönliche Schutzausrüstungen" der DGUV der DIN-Arbeitskreis NA 075 (Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung) BR-01 SO (Sonderausschuss) „RFID bei PSA“ initiiert.

Ursprüngliches Ziel des Arbeitskreises war die Erstellung einer Merkmalsliste für PSA, deren Inhalte zur Kennzeichnung mittels RFID-Tags genutzt werden sollten. Bedingt durch den großen Umfang der zu Projektbeginn bereits durch den Arbeitsreis erstellten Merkmalsliste hat der Autor seine Bedenken im Hinblick auf die Umsetzung mittels Barcode oder RFID des Vorhabens geäußert und die im folgendem beschriebene Kennzeichnung und Klassifizierung entwickelt und dem Arbeitsreis vorgeschlagen.

Dieses Nummernsystem soll aus zwei Teilen bestehen. Der erste Teil des Nummernsystems soll die Kennzeichnungsnummer beinhalten, die auf dem ISO-Standard basiert und als eindeutige Nummer aufgebaut ist. Dieser Nummerenteil stellt den zukünftigen Identifizierungs- und Datenerfassungsstandard für PSA-Produkte auf Seriennummerenebene dar. Der zweite Teil des Nummernsystems beinhaltet die Klassifizierungsnummer. Das Klassifizierungssystem wird aktuell insbesondere durch die Mitarbeiter des LuF Baubetrieb und Bauwirtschaft erarbeitet und mit Experten aus den jeweiligen PSA-Fachgebieten abgestimmt.

6.2.2 Übergreifende Nummernstruktur der PSA-ID

Um allgemeine, strukturelle Kompatibilität zu gewährleisten, wurde die übergreifende Nummernstruktur der PSA-ID an ISO 18000-6C angelehnt. Der bestehende Standard untergliedert sich in erster Ebene in vier verschiedene MemoryBanks (MB), deren einzelne Bestandteile im Folgenden näher erläutert werden.

Zur besseren Übersicht ist in Abbildung 119 verdeutlicht, auf welche Weise die PSA-Klassifizierungs-ID und ihre einzelnen Bestandteile in die übergreifende Nummernstruktur eingegliedert wurden.

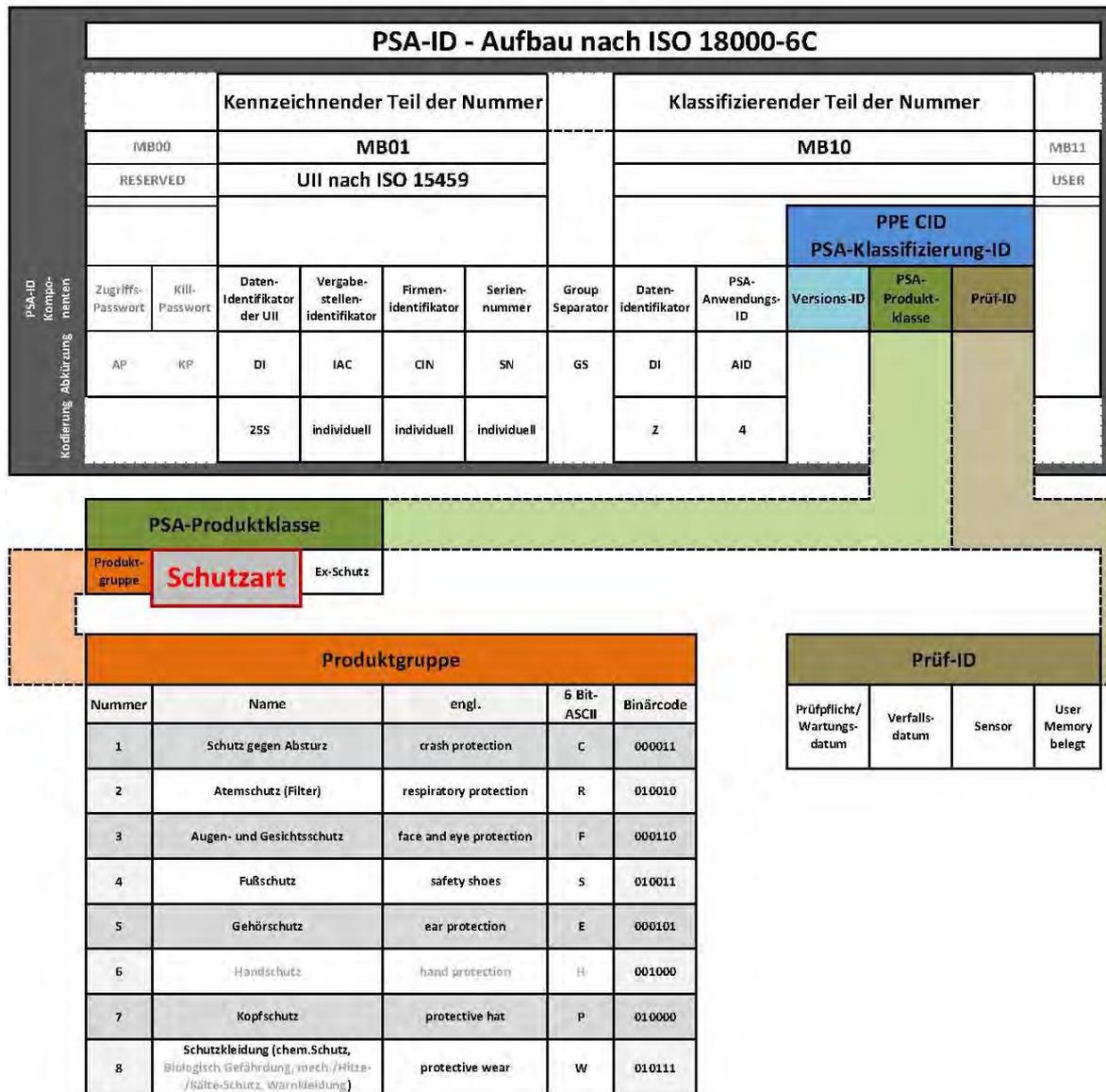


Abbildung 119: Übergreifende Nummernstruktur

6.2.2.1 6Bit-ASCII-Format

Die Festlegungen aus ISO 18000-6C beinhalten eine Kodierung nach dem 6Bit-ASCII-Format (ASCII = American Code for Information Interchange). Über 6 Bits können insgesamt exakt 64 verschiedenen Kombinationen generiert, somit also bis zu 64 verschiedene Zeichen kodiert werden. Eine Übersicht über die Festlegungen des 6Bit-ASCII-Formats ist in Abbildung 120 gegeben.

"[]> ^R 06 ^G _S "	100001	1	110001	A	000001	Q	010001
<GS>	100010	2	110010	B	000010	R	010010
<RS>	100011	3	110011	C	000011	S	010011
<US>	100100	4	110100	D	000100	T	010100
<EOT>	100101	5	110101	E	000101	U	010101
"Latch 8"	100110	6	110110	F	000110	V	010110
Reserved	100111	7	110111	G	000111	W	010111
(101000	8	111000	H	001000	X	011000
)	101001	9	111001	I	001001	Y	011001
*	101010	:	111010	J	001010	Z	011010
+	101011	;	111011	K	001011	[011011
,	101100	<	111100	L	001100	\	011100
-	101101	=	111101	M	001101]	011101
.	101110	>	111110	N	001110	Reserved	011110
/	101111	?	111111	O	001111	Reserved	011111
0	110000	@	000000	P	010000	Reserved	100000

Abbildung 120: 6Bit-ASCII Kodierungstabelle

Für die Anwendungen in Supply Chains und die Übertragung eines Codes in ein von Menschen lesbares Format, sind meist die Ziffern 0 - 9 sowie die Großbuchstaben A - Z von entscheidender Bedeutung. Neben diesen elementaren Zeichen sind außerdem die gängigsten Sonderzeichen sowie für die Anwendung relevante Steuerzeichen kodiert.

Um eine AutoID-technikübergreifende Kompatibilität der Nummernstruktur zu gewährleisten, soll auch der klassifizierende Teil der Nummer ISO-konform, nach oben beschriebenem 6Bit-ASCII-Format übersetzt werden. Die Produktgruppen und im speziellen die Schutzart wurden allerdings bei der Erarbeitung im Binärcode, der untersten Kodierungsebene dargestellt. Diese sind somit nach Ausgabe der Nummer nach dem 6Bit-ASCII-Format zu übersetzen.

6.2.2.2 MB00 – RESERVED

MB00 ist reserviert für ein sogenanntes Zugriffspasswort, engl. Access Passwort (AP) und ein Killpasswort (KP).

AP

Über das AP kann die Information, die auf dem Tag gespeichert ist vor unberechtigtem Auslesen des Speichers geschützt werden.

KP

Das KP dagegen dient der Zerstörung des Datenspeichers, durch welche der Transponder bei Bedarf unbrauchbar gemacht werden kann.

6.2.2.3 MB01 – UII – Kennzeichnender Teil der Nummernstruktur

Die eindeutige Kennzeichnung eines einzelnen PSA-Produktes wird durch den Kennzeichnenden Teil der Nummer gewährleistet. Diese umfasst den Unique Item Identifier (UII), dessen Aufbau in ISO/IEC 15459 definiert ist (siehe hierzu auch Abbildung 121). Die unter dieser Ziffer ausgeführten Festlegungen regeln die Anwendung des bestehenden ISO-Standards im Kontext der PSA-ID.

		Kennzeichnender Teil der Nummer					
MB00		MB01					
RESERVED		UII nach ISO 15459					
PSA-ID Komponenten Kodierung Abkürzung	Zugriffs- Passwort	Kill- Passwort	Daten- Identifikator der UII	Vergabe- stellen- identifikator	Firmen- identifikator	Serien- nummer	Group Separator
	AP	KP	DI	IAC	CIN	SN	GS
			25S	individuell	individuell	individuell	

Abbildung 121: UII

Die UII setzt sich aus den folgenden, fest definierten Elementen zusammen.

DI

Der Datenidentifikator, engl. Data Identifier (DI), der UII wird durch eine vorgeschriebene Zeichenfolge kodiert, welche die logistische Einheitsebene des zu kennzeichnenden Objektes definiert. Im Falle der angestrebten produktindividuellen, eindeutigen Kennzeichnung von Gegenständen der Persönlichen Schutzausrüstung ist hier die Einzelproduktebene zu kodieren. Die verschiedenen DIs sind in ISO/IEC 15418 definiert. Für die Einzelproduktebene ist der DI über 25S im 6Bit-ASCII-Format kodiert.

IAC

Die Vergabestellenkodierung, engl. Issuing Agency Code (IAC), kodiert die Information, an welcher der, beim durch ISO/IEC und CEN autorisierten Nederlands Normalisatie-Instituut (NEN), registrierten Vergabestellen die auf den IAC folgende Firmen-Identifikationsnummer vergeben wurde. Die beim NEN registrierten Vergabestellen arbeiten nach ISO/IEC15459-2.

CIN

Die Firmen-Identifikationsnummer, engl. Company Identification Number (CIN), kann von den jeweiligen Herstellern bei den oben erwähnten Vergabestellen eingekauft werden. Bereits die CIN wird durch die Kombination mit der IAC zu einer weltweit eindeutigen Nummer.

SN

Die Seriennummer, engl. Serial Number (SN) des Produktes wird durch den Hersteller selbst vergeben. Hierzu können bereits vorhandene Nummernsysteme genutzt werden.

GS

Der Group Separator wird als Steuerzeichen direkt über das 6Bit-ASCII-Format kodiert (siehe Abbildung 120) und trennt den kennzeichnenden vom klassifizierenden Teil der Nummer.

6.2.2.4 MB 10 – Klassifizierender Teil der Nummernstruktur

Während der Kennzeichnende Teil der Nummernstruktur strikt nach den Vorgaben der entsprechenden, bestehenden Normenwerke angelegt ist, wurde der Klassifizierende Teil der Nummernstruktur von Grund auf neu definiert und erarbeitet. Dieser schließt an den oben erwähnten GS an und startet, analog zur UII mit einem DI. Im Kontext der Klassifizierung beschreibt dieser die folgende Anwendung.

PSA-Anwendungs-ID

An den GS schließt die PSA-Anwendungs-ID an. Als Datenidentifikator für die Anwendung ist der DI „Z“ nach ISO 15418 festgelegt. Diesem wird die Anwendungs-ID direkt angefügt. Die Anwendungs-ID für die PSA-Anwendung ist die AID „04“ nach DIN 66277 (in Arbeit).

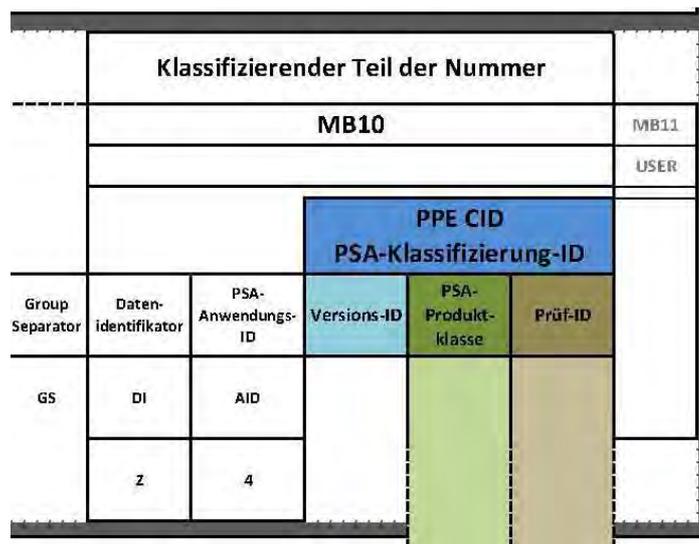


Abbildung 122: Klassifizierender Teil der Nummer

6.2.2.5 PSA-Klassifizierungs-ID

Die PSA-Klassifizierungs-ID, engl. Personal Protection Equipment Classification-ID (PPE CID), setzt sich aus der Versions-ID, der PSA-Produktklasse und der Prüf-ID zusammen.

Versions-ID

Über die Versions-ID sollen verschiedene Versionen der PSA-ID gekennzeichnet werden können. Sollten sich in den, für die Erarbeitung der Schutzarten der verschiedenen Produktgruppen herangezogenen, Normenwerken grundlegende inhaltliche Änderungen in Bezug auf die sicherheitsrelevanten Eigenschaftsdaten ergeben, so müsste eine neue Version der PSA-ID angepasst werden. Über die Versions-ID wird also der Bezug zu den zum Tragen kommenden Normen und Richtlinien geschaffen. Um einen abgeschlossenen Byte zu kodieren, werden für die Versions-ID ebenfalls 6 Bits vorgesehen.

Prüf-ID

Über eine Ja-Nein-Abfrage, welche jeweils über ein Bit kodiert werden kann, wird in der Prüf-ID hinterlegt, ob für das entsprechende PSA-Produkt eine Prüfpflicht, bzw. ein Wartungsdatum hinterlegt ist, ob ein Verfallsdatum besteht, ein Sensor an dem Produkt angebracht ist und zuletzt ob im Bereich des User Memory (MB11) weitere Informationen hinterlegt sind.

Um eine blockweise abgeschlossene Translation der Binärdaten in das 6Bit-ASCII-Format zu gewährleisten, werden auch für die Prüf-ID 6Bit vorgesehen. Da bislang lediglich 4 Ja-Nein-Abfragen definiert wurden, sind also innerhalb der Prüf-ID zunächst zwei Bit frei (Abbildung 123).

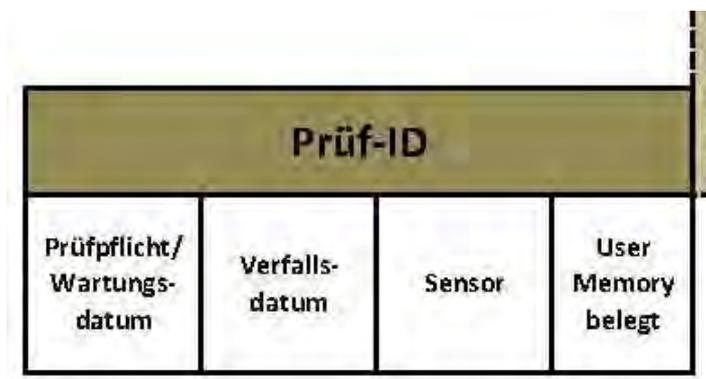


Abbildung 123: Prüf-ID

6.2.2.6 PSA-Produktklasse

Das Herzstück der PSA-ID bildet die Produktklasse, welche die Produktgruppe und die Schutzart beinhaltet. Abschließend wird in der PSA-Produktklasse kodiert, ob eine Explosionsschutzprüfung durchgeführt worden ist (Abbildung 124).



Abbildung 124: PSA-Produktklasse

Produktgruppe

Die Kodierung der Produktgruppe, dem Präfix zu jeder der PSA-Produktklassen, erfolgt im 6-Bit-ASCII-Format, um an dieser Stelle ein sprechendes Nummernpräfix zu erhalten. Hierfür wurden für die Produktgruppen die Anfangsbuchstaben der englischen Bezeichnungen im Binärcode kodiert (Abbildung 125).

Produktgruppe				
Nummer	Name	engl.	6 Bit-ASCII	Binärcode
1	Schutz gegen Absturz	crash protection	C	000011
2	Atemschutz (Filter)	respiratory protection	R	010010
3	Augen- und Gesichtsschutz	face and eye protection	F	000110
4	Fußschutz	safety shoes	S	010011
5	Gehörschutz	ear protection	E	000101
6	Handschutz	hand protection	H	001000
7	Kopfschutz	protective hat	P	010000
8	Schutzkleidung (chem.Schutz, Biologisch Gefährdung, mech./Hitze-/Kälte-Schutz, Warnkleidung)	protective wear	W	010111

Abbildung 125: Kodierung der 8 Produktgruppen

Schutzart

In der Schutzart werden die eigentlichen sicherheitsrelevanten Eigenschaftsdaten der jeweiligen PSA-Produktgruppen kodiert. Die jeweiligen Tabellen im Binärcode werden innerhalb des folgenden Kapitels dargestellt und erläutert.

Die verschiedenen Schutzarten für die einzelnen Produktgruppen wurden innerhalb von Expertenkreisen aus Herstellern sowie Vertretern der Berufsgenossenschaften des jeweiligen Sachgebietes abgestimmt und orientieren sich an vorhandenen Normenwerken sowie Richtlinien zu den entsprechenden Produktgruppen.

6.2.2.7 Allgemeine Erläuterung zum Klassifizierungsschema der PSA-Produktklasse

Zum besseren Verständnis für die im Anschluss an diese Ziffer dargestellten Klassifizierungsstrukturen der einzelnen Produktgruppen sollen die allgemeinen Strukturen des Klassifizierungsschemas der verschiedenen Schutzarten vorab erläutert werden. Die Klassifizierung nach den ermittelten, sicherheitsrelevanten Eigenschaften der Produktgruppen erfolgte, wie der gesamte Klassifizierende Teil der Nummernstruktur, auf Binär-, also auf unterster Kodierungsebene. Für die Darstellung der Vorgehensweise bei der Erarbeitung der Kodierungen wurde ein allgemeines Schema entwickelt (Tabelle 13). Es zeigt den produktgruppenübergreifenden, in gewisser Abänderung immer wiederkehrenden, Aufbau der Kodierungsstruktur sowie einige die gewissen Abänderungen erklärenden Besonderheiten dieser Struktur.

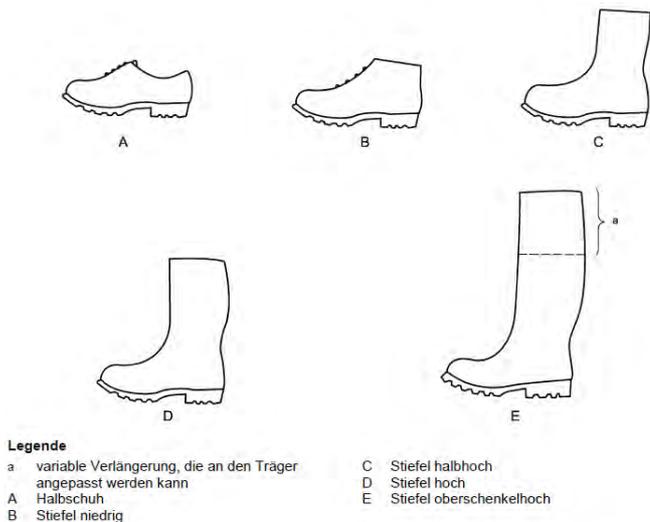
Zeilen

Die mit Schrift gefüllten Abschnitte jeder Zeile, von links bis vor der ersten kodierenden Bitposition, beschriften alle möglich denkbaren, sicherheitsrelevanten, jeweilig kodierten Eigenschaften eines PSA-Produkts der dargestellten Produktgruppe.

Die Bezeichnungen der verschiedenen Ebenen der Struktur (in vertikal laufender Schrift vor den jeweiligen Eigenschaftsblöcken), wie bspw. Art, Überschrift, Unterart oder Klasse, sind beispielhaft gewählt und variieren den jeweiligen Produktgruppen entsprechend. Die Eigenschaftsblöcke sind untereinander nach rechts verschoben, um die Hierarchie der Kodierungsebenen darzustellen. Jeder der Blöcke wird über einen eigenen Kodierungsblock (Tabelle 13, grau hinterlegte Bitblöcke) definiert.

Spalten

In der Überschriftenzeile werden die ersten sechs Bits (1 - 6) zur Produktgruppe überschrieben (siehe hierzu auch 0). Die folgenden 43 Bits (7 - 49) kodieren die jeweilige Schutzart. Bei allen Produktgruppen identisch, unabhängig davon, wie viele Bits die jeweilige Schutzhaft tatsächlich benötigt, ist der Bit-Nummer 50 (50) vorgesehen, um zu kodieren, ob das PSA-Produkt einer Explosionsschutzprüfung unterzogen worden ist.



ANMERKUNG Schuhform E kann ein hoher Stiefel (Schuhform D) mit einem dünnen, undurchlässigen Material, das den Schaft verlängert und das zur Anpassung des Stiefels an den Träger abgeschnitten werden kann, sein.

Bild 3 — Schuhformen

Abbildung 126: Schuhformen⁶⁷

Nachfolgend wird die „Kategorie für die Kennzeichnung von Sicherheitsschuhen“⁶⁸ (vgl. Tabelle 14) kodiert.

Tabelle 14: Struktur einer PSA-Produktklasse 4 –Fußschutz Teil 1

		Produktgruppe																			
		Bitposition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Fußschutz (EN 20345) (Kurz: S)			0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schuhform	Pantolette		0	1	0	0	1	1	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Sandale		0	1	0	0	1	1	0	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Halbschuh		0	1	0	0	1	1	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stiefel niedrig		0	1	0	0	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stiefel halbhoch		0	1	0	0	1	1	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stiefel hoch		0	1	0	0	1	1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stiefeloberschenkelhoch		0	1	0	0	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fußschutzart	SB		0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x
	S1	A, E	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	0	0	0	1	x	x	x	x	x
	S2	A, E, WRU	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	0	0	1	0	x	x	x	x	x
	S3	A, E, WRU, P	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	0	0	1	1	x	x	x	x	x
	S4	A, E	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	0	1	0	0	x	x	x	x	x
	S5	A, E, P	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	0	1	0	1	x	x	x	x	x
	PB		0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	1	0	0	0	x	x	x	x	x
	P1	A, E	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	1	0	0	1	x	x	x	x	x
	P2	A, E, WRU	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	1	0	1	0	x	x	x	x	x
	P3	A, E, WRU, P	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	1	0	1	1	x	x	x	x	x
	P4	A, E	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	1	1	0	0	x	x	x	x	x
	P5	A, E, P	0	1	0	0	1	1	x	x	x	0	1	1	0	1	x	x	x	x	x
	OB		0	1	0	0	1	1	x	x	x	1	0	0	0	0	x	x	x	x	x
	O1	A, E	0	1	0	0	1	1	x	x	x	1	0	0	0	1	x	x	x	x	x
	O2	A, E, WRU	0	1	0	0	1	1	x	x	x	1	0	0	1	0	x	x	x	x	x
	O3	A, E, WRU, P	0	1	0	0	1	1	x	x	x	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x
	O4	A, E	0	1	0	0	1	1	x	x	x	1	0	1	0	0	x	x	x	x	x
O5	A, E, P	0	1	0	0	1	1	x	x	x	1	0	1	0	1	x	x	x	x	x	
Einsatzbereich	Forstbereich EN 17249	nein	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0
		Schutzniveau 1	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1	0	0
		Schutzniveau 2	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	0
		Schutzniveau 3	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0
		Schutzniveau 4	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	0

⁶⁷ ISO DIN EN 20345:2012-04 / EN ISO 20345:2011 (D)

⁶⁸ ISO DIN EN 20345:2012-04 / EN ISO 20345:2011 (D)

In der nächsten Stufe können die möglichen Einsatzbereiche definiert und an den entsprechenden Bit-Positionen (Bit 15 bis Bit 29) entsprechend der Tabelle 13 und Tabelle 14 kodiert werden.

Tabelle 15: Struktur einer PSA-Produktklasse 4 –Fußschutz Teil 2

		Produktgruppe						Schutzart																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Einsatzbereich	Fußschutz (EN 20345) (Kurz: S)	Bitposition	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	nein	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
	ESD Bereich EN 61340-4-3	Klimaklasse 1	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Klimaklasse 2	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Klimaklasse 3	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
		nein	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
	ESD Bereich EN 61340-5-1	ja	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
		nein	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	
	Feuerwehr EN 15090	Typ 1	F1	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x	x	
			F1P	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1	0	x	x	x	x	x	
			F1A	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1	1	x	x	x	x	x	
		Typ 2	F1PA	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	x	x	x	x	x	
			F1I	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	1	x	x	x	x	x	
			F1IS	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	x	x	x	x	x	
		Typ 3	F1PI	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	1	x	x	x	x	x	
			F1PIS	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	x	x	x	x	x	
			F2A	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	1	x	x	x	x	x	
		Typ 3	F2I	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	x	x	x	x	x	
			F2IS	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	1	x	x	x	x	x	
			F3A	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	0	0	x	x	x	x	x	
		Schweißer und Gießereien EN 20349	F3I	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	0	1	x	x	x	x	x	
			F3IS	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1	0	x	x	x	x	x	
			nein	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x	x	
	Fe		0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Niederspannungs- anlagen EN 20346 / EN20347 / EN 50321	Al	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
		WG	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x		
		nein	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	x	x	x	x		
	Klasse 00	Klasse 00	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1		
		Klasse 0	0	1	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0		

Abschließend kann der Hersteller zusätzliche Eigenschaften, die durch die übergeordnete Struktur noch nicht erfasst werden konnten entsprechend der Struktur in Tabelle 16 kodieren.

Der Kennzeichnende kann für seine PSA-Produktgruppen die Nummer über diese beiden Vergabestellen erhalten und seine PSA der Norm entsprechend kennzeichnen und klassifizieren (in **Abbildung 134** dargestellt als grüner Schlüssel).

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein vorläufiges Konzept für die o.g. Vergabestelle erarbeitet und in Teilbereichen Prototypenhaft umgesetzt.



Abbildung 127: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA

Der öffentliche Bereich bietet dem Anwender, auch wenn er nicht bei der Vergabestelle registriert ist, die Möglichkeit PSA-Produkte, die bereits bei der Vergabestelle verzeichnet sind, anhand der in Kapitel 6.2.2 beschriebenen Klassifizierungseigenschaften in beliebigem Detaillierungsgrad zu suchen (vgl. Abbildung 128). Durch die Einbindung möglichst vieler Hersteller, kann dieser Bereich als Hersteller neutraler PSA-Katalog angesehen werden.

Darüber hinaus kann im Bereich „Direkteingabe einer PSA-Klassifizierungs-ID“ des öffentlichen Bereiches der Anwender eine bereits erzeugte PSA-Klassifizierungs-ID auf die kodierten Inhalte prüfen (vgl. Abbildung 129).

PSA-Produktsuche

Bitte wählen Sie für Ihre Suche zunächst die entsprechende Klassifizierungsvorlage aus, um die zugehörigen Schutzart-Eigenschaften zu laden. Die Klassifizierungsvorlage beinhaltet sowohl die gewünschte Produktgruppe als auch die Version der PSA-Spezifikation.

Gewünschte Klassifizierungsvorlage: Fußschutz, v1 (Stand 19.7.2012)

Wechsel der Klassifizierungsvorlage?

Produktgruppe (Kurzbezeichnung): Fußschutz (S)

Version: 1

Suchergebnis

Filterung der Listeneinträge.

Seite 1 von 1 mit Eintrag 1 bis 4 von insgesamt 4

Produktname	Anbieter	Straße PLZ Ort Land	
72105	Eliten GmbH	Ostwall 7-13 47589 Uedem Deutschland	Produktdetails ansehen
647102	Eliten GmbH	Ostwall 7-13 47589 Uedem Deutschland	Produktdetails ansehen
8651	Eliten GmbH	Ostwall 7-13 47589 Uedem	Produktdetails ansehen

Auswahl der Grundmerkmale

Ex-Schutz geprüft: unberücksichtigt

Wartungsdatum vorhanden: unberücksichtigt

Verfallsdatum vorhanden: unberücksichtigt

Sensor vorhanden: unberücksichtigt

Benutzerspeicher genutzt: unberücksichtigt

Schutzartauswahl

Höherwertige Produkte anzeigen?

Schuhform: unberücksichtigt

Fußschutzart: unberücksichtigt

Einsatzbereich

Forstbereich EN 17249: nein

ESD Bereich EN 61340-4-3: unberücksichtigt

ESD Bereich EN 61340-5-1: unberücksichtigt

Abbildung 128: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA- öffentlicher Bereich – PSA-Suche

Startseite > Direkteingabe einer PSA-Klassifizierungs-ID

Öffentlicher Bereich

- PSA-Produktsuche über die Auswahlmaske
- Direkteingabe einer PSA-Klassifizierungs-ID

Nutzerbereich

- Firmenregistrierung
- Anmeldung / Login

Direkteingabe einer PSA-Klassifizierungs-ID

Bitte geben Sie Ihren Klassifizierungs-ID-Code manuell oder mit Hilfe eines Scanners in das Eingabefeld ein, um die zugehörigen Daten einzusehen.

Ihr Klassifizierungs-ID-Code *

Klassifizierungs-ID-Daten

Produktgruppe (Kurzbezeichnung)	Kopfschutz (P)
Produktspezifikation	Kopfschutz, v1 (Stand 19.7.2012)
Version	1
Ex-Schutz geprüft	ja
Wartungsdatum	nein
Verfallsdatum	ja
Sensor	nein
Benutzerspeicher	nein

Schutzart-Eigenschaften

Art	Schutzhelme
Material	Polypropylen (PP)

Zusatzanforderungen

Einsatz bei niedrigen Temperaturen (-20C°)	ja
Einsatz bei sehr niedrigen Temperaturen (-30C°)	ja
Einsatz bei sehr niedrigen Temperaturen (-40C°)	ja
Einsatz bei sehr hohen Temperaturen (+150C°)	ja
Gefährdung durch Spritzer von geschmolzenem Metall (MM)	nein
Gefährdung durch seitliche Beanspruchung (LD)	nein
Muss mit Kinnriemen getragen werden (KS)	nein

Abbildung 129: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA- öffentlicher Bereich – Kontrolle der PSA-Klassifizierungs-ID

Das Erzeugen von PSA-Klassifizierung-ID und die damit verbundene Einbindung der Produkte in das System der Vergabestelle setzt eine Registrierung des Anwenders (PSA-Hersteller, PSA-Händler etc.) bei der Vergabestelle (Vgl. Abbildung 130).

Startseite > Firmenregistrierung

Öffentlicher Bereich

- PSA-Produktsuche über die Auswahlmaske
- Direkteingabe einer PSA-Klassifizierungs-ID

Nutzerbereich

- Firmenregistrierung
- Anmeldung / Login

Firmenregistrierung

Bitte registrieren Sie sich zunächst in unserem System, um PSA-Klassifizierungs-IDs für Ihre Produkte beantragen zu können. Ihre Daten werden dadurch sicher von fremdem Zugriff geschützt und können bequem nach Ihrer Anmeldung verwaltet werden.

Die erforderliche E-Mail-Adresse dient in der Zukunft als Loginname und zur E-Mail-Kommunikation. Bitte wählen Sie daher eine entsprechend langfristig nutzbare und sinnvolle Angabe.

Bitte vermerken Sie ebenfalls einen Ansprechpartner im unteren Formularbereich, um der Vergabestelle die Kommunikation mit Ihnen bei Rückfragen etc. zu vereinfachen.

Mit einem * versehene Felder sind Pflichtfelder.

Ihre Logindaten

E-Mail-Adresse *

Gewünschtes Kennwort *

Gewünschtes Kennwort * (Wiederholung)

Ihre Firmenangaben

Firmenname *

Firmenname (Zusatz)

Straße und Hausnummer *

PLZ * / Ort *

Land *

Telefon *

Telefax

Internet

USt-ID

Ihr Ansprechpartner für uns

Anrede *

Vor- und Nachname *

Abteilung (optional)

Telefon

Telefax

Klassifizierungsentwurf zur Kennzeichnung von PSA mittels AutoID
 Programmierung © 2013 von Daniel Quappe im Rahmen einer Master-Thesis

[Kontakt](#) | [Impressum](#) | [Datenschutzerklärung](#) | [Rechtliche Hinweise](#)

Abbildung 130: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA - Registrierung

Nach der Registrierung kann der Anwender im Nutzerbereich der Applikation neben der Verwaltung seiner Firmen- und Login-Daten seine bereits Eingebundenen PSA-Klassifizierungs-IDs verwalten und neue Anlegen (vgl. Abbildung 132). Darüber hinaus hat der Nutzer auch die Möglichkeit die durch die Vergabestelle erarbeiteten Klassifizierungs-Spezifikationen für weitere von Ihm genutzte Applikationen in XML-Format zu exportieren.



Abbildung 131: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA - Nutzerbereich



Abbildung 132: Übersicht Vergabestelle zur Klassifizierung von PSA – erzeugend er PSA-Klassifizierungs-ID

Basieren auf dem vorgestellten System können Hersteller ihre Produkte in einem Internet basierten System klassifizieren. Die Hersteller können außerdem zusätzliche Informationen (Herstell- und ggf. Verfallsdatum, Datenblätter, Wartungsintervalle, Prüftermine etc.) auf dem Transponder hinterlegen.

Die Kunden können über die Klassifizierungsebene die sicherheitsrelevanten Anforderungen an benötigte Ausrüstungsgegenstände beschreiben und über Suchmasken an entsprechende Anbieter weitergeleitet werden.

Dazu kommt auf Seiten der anwendenden Kunden die Klassifizierungsebene der Kennzeichnungsnummer zum Tragen (in den Abbildungen dargestellt als orangener Schlüssel). Vom Arbeitgeber sind bei einer „Gefährdungsbeurteilung nach §5 des Arbeitsschutzgesetzes ... die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung von Arbeitsmitteln zu ermitteln.“ Durch das Beziehen der PSA über Produktkataloge können die vom Arbeitgeber einzuleitenden Maßnahmen, wie die Bereitstellung geeigneter PSA je Arbeitsplatzprofil, die Überprüfung der zur Verfügung gestellten PSA im Hinblick auf Vollständigkeit und Schutzart, PSA-Leistungsgrenzen und Verwendungsdauern, Kompatibilität und die Einhaltung von Prüfterminen gewährleistet werden und somit Unfälle erheblich reduziert werden. Im Zusammenhang mit der Kontrolle der PSA auf Vollständigkeit und Funktionstauglichkeit wurde vom LuF Baubetrieb und Bauwirtschaft ein entsprechendes RFID-basiertes Portal entwickelt.

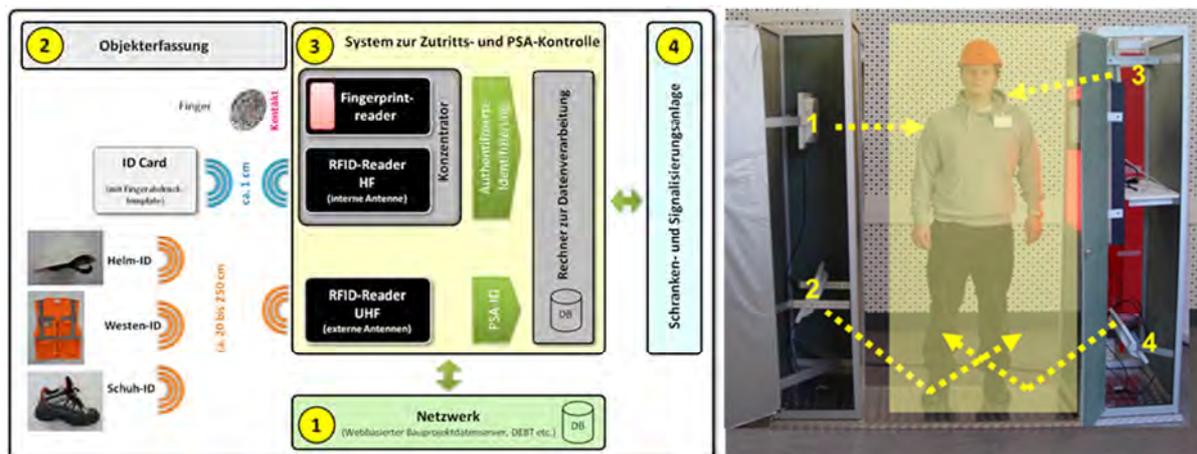


Abbildung 133: Systemaufbau für die kombinierte Zutritts- und PSA-Kontrolle sowie Zeiterfassung

Als Folge der klassifizierten PSA-Produkte können die Aufsichtspersonen der Berufsgenossenschaften die Kontrollen der PSA an den Arbeitsplätzen der Unternehmen schneller und einfacher durchführen. Durch die Kontrollen der PSA können Unfälle verringert werden und somit auch die Kosten für die Unfallversicherungen erheblich gesenkt werden.

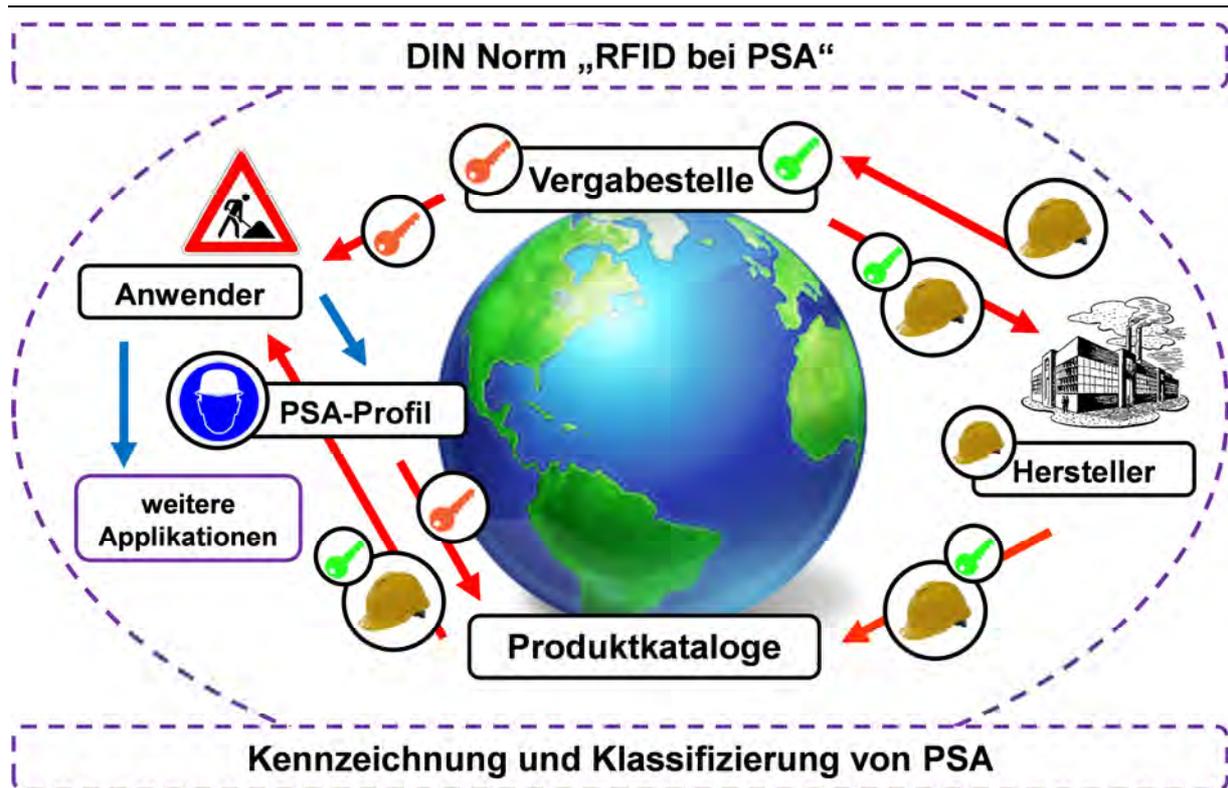


Abbildung 134: Die Beteiligten der Wertschöpfungskette PSA

6.3 Tagging der Produktgruppe 4 – Fußschutz

Verfasser: Daniel Platz

Mitwirkende: M.Sc. Agnes Kelm

In Zusammenarbeit mit dem Sicherheitsschuhhersteller *ELTEN GmbH* wurde im Rahmen des Forschungsprojektes in partnerschaftlicher Zusammenarbeit der Einbau von RFID-Transpondern zwecks Kennzeichnung und Klassifizierung bereits während des Produktionsvorgangs untersucht. Ziel der Versuchsreihen war es hierbei den optimalen Einbauort und die beste Einbauweise im Hinblick auf die zu erreichenden Lesereichweiten sowie insbesondere die Langlebigkeit der Transponder zu ermitteln. Gerade die Langlebigkeit stand im Fokus der Untersuchungen, da diese elementar für eine Verknüpfung von Lebenszyklusdaten des persönlichen Schutzausrüstungsgegenstandes ist. Um eine entsprechende Funktionsweise des Transponders zu belegen, wurden Langzeittests auf Baustellen durchgeführt. Zudem wurde im Zuge der projektbegleitenden Öffentlichkeitsarbeit des Projektes, in Kooperation mit der *ELTEN GmbH*, ein Messeaussteller entwickelt um auf der *Messe A+A 2012* in Düsseldorf auf das Projekt und die entsprechenden Ergebnisse aufmerksam zu machen. Die jeweiligen Vorgehensweisen und die Ergebnisse der entsprechenden Teilaspekte werden in den folgenden Kapiteln eingehend erläutert.

6.3.1 Einbau der Transponder während der Produktion

Langfristig besteht im Tagging der PSA-Gegenstände bereits während der Produktion eine wichtige Voraussetzung für die Etablierung der RFID-Technik, da die Hersteller die Transponder zur Optimierung der eigenen Wertschöpfungskette im Hinblick auf logistische und produktionssteuernde Aspekte nutzen können.

Die Schaffung eines entsprechenden Mehrwertes auf Herstellerseite beinhaltet somit die Basis für ein produktgruppen- und herstellerübergreifendes Tagging der PSA und somit die Voraussetzung zur Vervielfältigung und zur Umsetzung der in diesem Projekt angestrebten, sicherheitstechnischen Aspekte. Zudem sind dem Einbau der Transponder während der Produktion auch technische Vorteile zuzusprechen. Ein nachträgliches Tagging der PSA-Gegenstände zieht in der Regel eine externe Applikation der Transponder mit sich. Während diese Tags in vollem Umfang nicht nur den Witterungseinflüssen, sondern auch mechanischen Einflüssen ausgesetzt sind, kann eine entsprechende Beanspruchung durch eine interne Applikation während der Produktion vermindert oder gänzlich vermieden werden.

Für die umfangreiche Testreihe wurden vier modellübergreifende Einbaupositionen je Schuh festgelegt um zu eruieren über welche der Positionen eine möglichst lange Haltbarkeit sowie möglichst maximale Lesereichweiten erreicht werden können. Die Transponder wurden durch die projektbearbeitenden Mitarbeiter der BUW vorbereitet und von fachkundigem Personal der *ELTEN GmbH* innerhalb des Produktionsvorgangs eingebaut. Vor dem Einsatz der getagten Schuhmodelle auf Baustellen wurde weiterhin die Funktionsweise der einzelnen Tags nach dem Einbau im Hinblick auf die zu erreichenden Lesereichweiten überprüft, um einen Vor- und Nach-Baustelleneinsatzzeit-Vergleich ziehen zu können. Zu den Langzeittests auf Baustellen siehe auch 6.3.2.

6.3.1.1 Auswahl des Transponder für das Tagging der Produktgruppe Fußschutz

Für die Auswahl eines geeigneten Transponders zum Einbau in die Sicherheitsschuhe während des Produktionszyklus konnte auf weitreichende Erfahrungen mit verschiedenen Transponderherstellern und -modellen zurückgegriffen werden. Zudem begründet sich die Entscheidung für den letztendlich eingesetzten *textag®-laundry* der Firma *deister electronic GmbH* in produktionspezifischen Einflussparametern. So entstehen beim Beispiel der Produktion von Sicherheitsschuhen während des Verklebens der verschiedenen Schuhelemente sowohl hohe Temperaturen als auch Drücke. Der *textag®-laundry* wurde ursprünglich zur Kennzeichnung von Textilien entwickelt und ist deswegen in seiner Bauweise flexibel, besteht bis zu 15 Sekunden unter 205°C sowie 56bar Pressdruck.

Die verwendete Version des Transponders läuft unter der Herstellerbezeichnung *UST 20100*. Neben der Resistenz gegen chemische Einflüsse ist der Transponder mit 20 x 100 x 0,9mm sehr schmal, relativ kurz und dabei extrem flach bemessen, wodurch der eingreifende Effekt in das PSA-Produkt minimiert wird.

Zudem ist er sehr flexibel konstruiert und besteht aufgrund seiner weichen Bauweise auch bei verhältnismäßig intensiven Verdrehungen.⁶⁹

Abbildung 135 zeigt das entsprechende Transpondermodell. Die Flexibilität der Ante, die kleinen Abmessungen der Chipplatine sowie die oben beschriebenen Eigenschaften im Hinblick auf die Resistenz prädestinieren den *UST 20100* für den Einbau in die Sicherheitsschuhe während des Produktionszyklus.

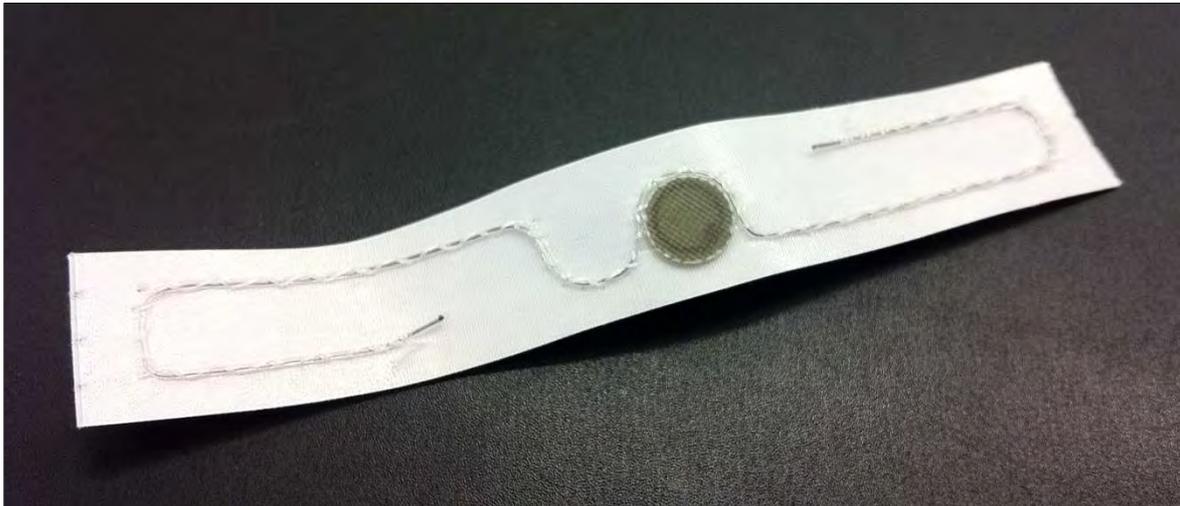


Abbildung 135: textag®-loundry – UST 20100 der Firma deister electronic GmbH

6.3.1.2 Auswahl der Schuhmodelle

Die Auswahl der Schuhmodelle erfolgte durch die ELTEN GmbH unter Berücksichtigung der für die Baustelleneinsätze zur Verfügung stehenden Partnerunternehmen sowie verschiedener Eigenschaften der in Abbildung 136 dargestellten Modelle.



Abbildung 136: (von links nach rechts) ELTEN TIM S3⁷⁰ – ELTEN BENNO S3⁷¹ – ELTEN ARBORIST S2⁷²

⁶⁹ Produktdatenblatt, *textag®-loundry*, deister electronic GmbH, 2011

⁷⁰ Online:

<http://www.elten.com/Produkte/ELTENSicherheitsschuheKatalog/tabid/60/EventID/ViewObjectsSearchResult/SearchType/0/SearchString/67011/Default.aspx>, Stand 02/2013

Der ELTEN TIM S3 ist ein halbhoher S3 Sicherheitsschuh mit standardmäßigen Eigenschaften des mittleren Preissegmentes. Im eher gehobenen Preissegment sind die beiden Schuhe BENNO S3 und ARBOSIT S2 angesiedelt.

Während das Modell BENNO über vergleichbare Schutzeigenschaften wie der TIM verfügt, ist der ARBORIST S2 für den Einsatz bei Forstarbeiten konzipiert. In der bei den Tests verwendeten Ausführung als S2-Schuh, verfügt er nicht über eine durchtrittsichere Sohleneinlage.

Für die Testreihen wurden die drei Modelle in verschiedenen Größen und in unterschiedlicher Anzahl vorbereitet:

TIM S3	25 Paar	Schuhnummern 01 bis 50	Transpondernummern: 001 bis 200
BENNO S3	02 Paar	Schuhnummern 51 bis 54	Transpondernummern: 201 bis 216
ARBORIST S2	03 Paar	Schuhnummern 54 bis 60	Transpondernummern: 217 bis 240

Prinzipiell konzentriert sich also die Testreihe mit 25 Exemplaren auf das Standardmodell TIM S3.

6.3.1.3 Einbauposition der Transponder

Wie bereits einleitend erwähnt wurden 4 Transponder je Schuh, also insgesamt 8 Transponder je Paar in die Modelle integriert. Abbildung 137 zeigt die gewählten Positionen der Transponder. Diese ergaben sich im Wesentlichen aus den sicherheitsbedingten Materialeigenschaften der Sicherheitsschuhe und zum anderen aus den verschiedenen Einbau-Randbedingungen sowie den verschiedenen zu erwartenden Beanspruchungen aus der Nutzung an den unterschiedlichen Positionen.

Im vorderen Bereich von Sicherheitsschuhen ist in der Regel eine Zehenschutzkappe integriert. Da diese noch in vielen Fällen aus metallischen Materialien gefertigt werden, ist der Bereich unterhalb der Zehenschutzkappe, also im inneren des Schuhs, aufgrund der abschirmenden Eigenschaften eher ungeeignet. Eine Positionierung zwischen der Zehenschutzkappe und der direkt aufliegenden Außenhaut wird aufgrund der hohen mechanischen Beanspruchung als nicht zielführend bewertet.

⁷¹ Online: <http://www.elten.com/Produkte/ELTENSicherheitsschuheKatalog/tabid/60/EventID/ViewSingleObject/CategoryID/FBE767A4-791C-41A7-AD21-45A439B4C977/ObjectID/c655c479-d113-4ae0-a69e-c06ccf583936/Default.aspx>, Stand: 02/2013

⁷² Online: <http://www.elten.com/Produkte/ELTENSicherheitsschuheKatalog/tabid/60/EventID/ViewSingleObject/CategoryID/B234DD06-EA6F-41BE-879C-D8B60A8F8005/ObjectID/3fb572fe-ed9e-44bb-8006-efaca159dc09/Default.aspx>, Stand: 02/2013

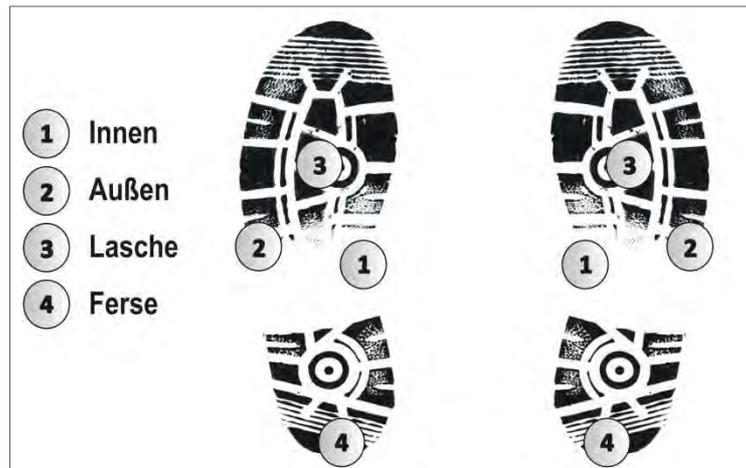


Abbildung 137: Positionen der Transponder je Sicherheitsschuh

Für die Untersuchungen wurden somit die abgebildeten Positionen 1 bis 4 definiert.

6.3.1.3.1 Position 1 und 2 – Flanken

Position 1 beschreibt die innere Flanke des Schuhs. Bei rechten Modellen befindet sich diese somit links, bei linken Schuhen an der rechten Seite. Entsprechend verhält es sich mit der Position 2, welche an der Außenseite des jeweiligen Schuhs angeordnet ist. Prinzipiell ist auch die gewählte Einbauweise der Positionen 1 und 2 nahezu identisch. Der Tag wird während der Fertigung zwischen dem Oberleder und dem Innenfutter eingearbeitet. Die Beanspruchungen beim Einbau des Transponders sind ebenfalls geringfügig.

Die Verformungen des Transponders in Form von Biegung oder Verdrehung sind an diesen Einbaupositionen als gering einzustufen, zudem ist eine relativ geringe mechanische Beanspruchung der Tags während des Gebrauchs der Schuhe zu erwarten.

Da bei den meisten Ausführungsweisen beziehungsweise Schutzarten, ausgenommen beispielsweise für Forstarbeiten zugelassene Modelle, keine metallischen Materialien an den Flanken der Schuhe eingebaut werden, ist hier von einer im Hinblick auf Abschirmung uneingeschränkten Lesereichweite auszugehen. Bei Anwendungen beispielsweise in Zusammenhang mit einem RFID-Portal ist allerdings zu beachten, dass an Position 1 eine Abschirmung durch den jeweilig gegenüberliegenden Schuh sowie das menschliche Gewebe in Form des Fußes im jeweiligen Schuh selbst erfolgen könnte. Kurzum ist Position 2 im Hinblick auf diese Aspekte aufgrund der auch globalen Außenlage günstiger für Lesevorgänge im Benutzungszustand geeignet. Für logistische Applikationen dagegen könnte es sinnvoll sein die Schuhe an beiden Flanken mit einem Transponder zu versehen, da Sie in den Verpackungseinheiten mit jeweils einer anderen Seite nach oben angeordnet werden.

Die Anordnung der Transponder an den Positionen 1 und 2 im Hinblick auf die Ausrichtung im Raum ist nahezu optimal um einen seitlichen Lesevorgang zu gewährleisten, was wiederum sowohl eine Portalanwendung als auch logistische Anwendungen begünstigt werden.

6.3.1.3.2 Position 3 – Lasche

Die Lasche der verschiedenen Testmodelle wurde als Position 3 definiert. Diese Einbauposition ähnelt im Einbauverfahren und den Bedingungen den beiden Positionen 1 und 2. Auch hier wird der Transponder zwischen dem Oberleder und dem Innenfutter des Schuhs eingebracht. Ebenfalls vergleichbar ist die geringe Beanspruchung während des Einbaus innerhalb des Produktionsschrittes.

Die Ausrichtung des Transponders im Raum dagegen unterscheidet sich von Position 1 und 2. Während letztere quer liegen, wird der Transponder in der Lasche hochkant eingebracht. Die Antenne ist dabei auf einen frontalen Lesevorgang ausgerichtet und eignet sich insofern nur bedingt für Portalanwendungen.

Zudem ist in der Lasche eine höhere Beanspruchung während der Nutzung des Sicherheitsschuhs zu erwarten. Über die Lasche verlaufen bei vielen Modellen die Schnürriemen.

Bei fester Schnürung kann es so zu einem Knicken, beziehungsweise Verziehen des Transponders kommen. Weiterhin ist diese Beanspruchung nicht einmalig, sondern tritt tageweise zyklisch, beim Schnüren des Schuhs auf und wird zurückgenommen, sobald die Schnürriemen gelöst werden.

6.3.1.3.3 Position 4 – Ferse

Position 4 unterscheidet sich von den vorangegangenen in einigen wesentlichen Punkten. Bereits die Beanspruchung beim Einbau während der Produktion ist erheblich höher als bei den Positionen 1 bis 3. Der Fersenbereich ist bei nahezu allen Sicherheitsschuhmodellen mit einer Verstärkung, der sogenannten Hinterkappe, versehen um die Stabilität des Schuhs zu gewährleisten. Beim Arbeitsgang des Fersenformens wird diese mit hohem Druck und unter hohen Temperaturen mit dem Innenfutter sowie dem Oberleder verpresst und damit verklebt.

Zusätzlich zu den also vergleichsweise hohen Beanspruchungen bereits während des Einbringens des Transponders sind zudem höhere Belastungen während der Nutzung des Schuhs zu erwarten. Die erwähnte Fersenverstärkung bildet eine starre Unterlage für den Transponder, was zu einer direkten Übertragung mechanischer Einwirkungen führt.

Ausgerichtet ist der Transponder an Position 4, ebenfalls wie an den Positionen 1 und 2 in Querlage. Die Ausrichtung der Antenne orientiert sich für einen rückwärtigen Lesevorgang. Dies ist ähnlich suboptimal für Portalanwendungen wie die Ausrichtung an Position 4.

6.3.1.4 Transponderausrichtungen

Aus den Einbaupositionen ergeben sich weiterhin für die Lesereichweiten und die allgemeine Möglichkeit der Erfassung relevante Ausrichtungen der Transponder beziehungsweise deren Antennen (Abbildung 138).

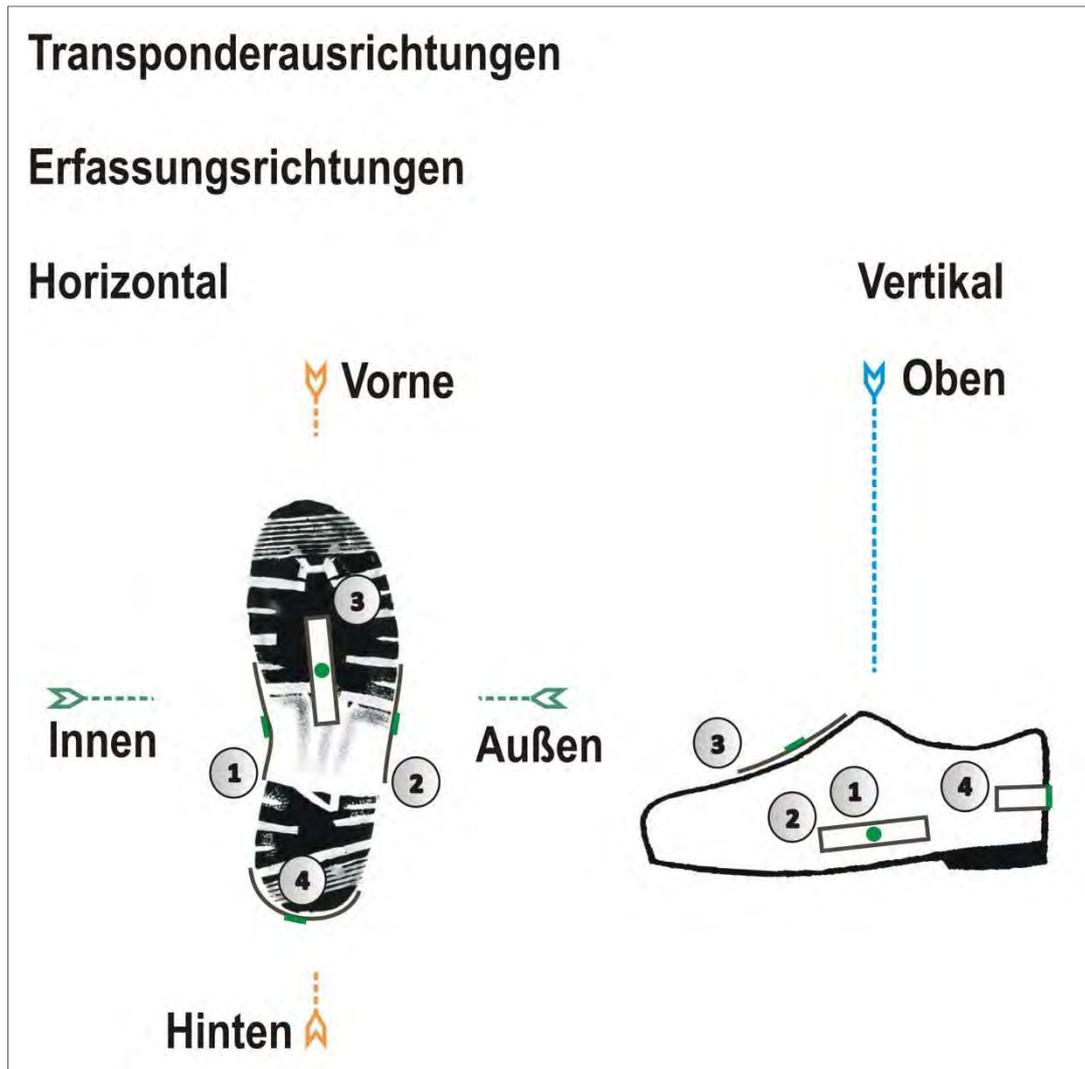


Abbildung 138: Transponderausrichtungen und Erfassungsrichtungen

Für optimale Erfassungseigenschaften ist der Transponder rechtwinklig zur Fläche mit dem Magnetfeld anzusprechen. Aufgrund der Geometrie des Schuhs allerdings ist diese Ausrichtung nur bedingt zu gewährleisten. Abbildung 138 zeigt schematisch die Ausrichtung der jeweiligen Transponder an den gewählten Einbaupositionen. Während die beiden Positionen 1 und 2 eine fast optimale Ausrichtung in der horizontalen Innen-Außen-Richtung ermöglichen, führt die Krümmung an Position 4 und die Neigung an Position 3 zu einer von der Optimalsituation abweichenden Ausrichtung des Transponders.

6.3.1.5 Versuchsvorbereitung der Testreihen und Vorabtests

Vor der groß angelegten Testreihe wurden 2 Versuchspaare an den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Einbaupositionen und nach der erläuterten Einbauweise mit Transpondern versehen um eine grundsätzliche Funktionalität zu gewährleisten.

Die Versuchsschuhe wurden mit den Kürzeln A bis D betitelt und mit Transpondern 1 bis 16 versehen. Bei der Funktionskontrolle konnten diese jeweils positiv auf eine Erfassung getestet werden. Die Dokumentation der Ergebnisse findet sich in Anhang 3 (13.4.1). Nach erfolgreicher Prüfung der ersten beiden, mit 4 Transpondern ausgestatteten Schuhpaare wurde im Hinblick auf die logistischen Prozesse des Herstellers eine Verpackungseinheit mit zehn Einzelkartons, in denen jeweils wiederum ein Paar Sicherheitsschuhe verpackt ist, untersucht um eine Kontrolle der 10er Verpackungseinheit mittels Handleser zu bewerten. Getestet wurde lediglich Position 4 in der Ferse, also ein Transponder je Schuh und somit insgesamt 20 Tags mit den Nummern 17 bis 36. Hierbei wurden drei verschiedene Erfassungsweisen getestet. Erfassung A wurde dabei als umlaufende Erfassung von der Seite durchgeführt, Erfassung B kombiniert einen seitlichen Leseversuch mit einer Erfassung von oben und Erfassung C wurde ausschließlich von oben vorgenommen. Die Erfassungsweisen A und B wurden mit ca. 5 bis 10cm Abstand zur Kartonage durchgeführt, Erfassung C mit einem Abstand von ca. 20cm. Hierin sowie in der verpackungstechnischen Ausrichtung der Transponder begründet sich, dass eine vollumfängliche Erfassung lediglich bei Erfassungsweise B belegt werden konnte.

Dieses Ergebnis wurde allerdings seitens der ELTEN GmbH als positiv bewertet. Eine detaillierte Darstellung der entsprechenden Ergebnisse findet sich in Anhang 3 (13.4.2)

Vor der eigentlichen Testreihe *Langzeittragetests* wurden einzelne Paare auf die zu erreichenden Lesereichweiten untersucht. Die entsprechenden Ergebnisse sind unter 6.3.3 dokumentiert und erläutert.

6.3.2 Langzeittragetests auf Baustellen

Nach der erfolgreichen Durchführung der oben beschriebenen Vorabtests wurde die Testreihe Langzeittragetests auf Baustellen vorbereitet und initiiert. Hierfür wurden 240 Transponder in 60 Schuhe eingebaut und nach einer Überprüfung der Funktionsweise durch die Mitarbeiter der BUW auf Baustellen eingesetzt. In Zusammenarbeit mit der ELTEN GmbH wurden hierfür Partnerunternehmen des Sicherheitsschuhherstellers mit den getaggten Versuchsschuhen ausgestattet um diese im täglichen Baustelleneinsatz zu belasten.

6.3.2.1 Einsatzbereiche bei den Langzeittests

Entsprechend der ausgewählten und unter 6.3.1.2 beschriebenen Schuhmodelle wurden Einsatzbereiche gewählt, bei denen die eingebauten Transponder hohen und dabei jeweils verschiedenen Belastungen ausgesetzt sind. Die Verteilung entsprach hierbei der folgenden tabellarischen Auflistung.

Bei der Wahl der Einsatzbereiche wurde dagegen ein möglicher RFID-Einsatz nur begrenzt berücksichtigt. Hauptaugenmerk lag auf einem Nachweis der grundlegenden Machbarkeit im Hinblick auf eine sinnvolle Integration der Transponder bereits während des Produktionsvorgangs und eine lebenszyklusüberdauernde Gewährleistung der Funktionsweise. 12 Monate Test-, beziehungsweise Einsatzphase, spiegeln im Allgemeinen einen realistischen Einsatzzeitraum wieder.

Tabelle 17: Einsatzbereiche der Versuchsproben und deren Verteilung

Anzahl	Einsatzbereich	Tätigkeiten
11	Elektrobau	Verlegung von Erdkabeln im Straßenbau, montieren von Straßenbeleuchtungen
8	Hochbau	klassischer Wohnungsbau
4	Landschaftsbau	Gartenlandschaftstätigkeiten und Plasterarbeiten
3	Forstwirtschaft	Forstabreiten, Durchforstungen, Abholzungen, Rückearbeiten, Neupflanzungen
4	Bergbau	Steinkohleabbau

Die Verteilung der verschiedenen Schuhmodelle auf die Einsatzbereiche sowie die jeweilige Zuordnung der Transpondernummern ist in Tabelle 18 zusammengefasst.

Der Einsatzbereich des Elektrobaus umfasst im Hinblick auf die Langzeittests im Wesentlichen Tiefbautätigkeiten. Zusammen mit den Bereichen des Hochbaus und des Landschaftbaus deckt das Modell TIM S3 (Artikelnummer 67011) somit die drei wesentlichen Haupttätigkeitsfelder des Baugewerbes ab.

Drei Paar Schuhe des Typs BENNO S3 (Artikelnummer 88669) wurden im Einsatzbereich der Forstwirtschaft den Einwirkungen eines langwährenden Baustelleneinsatzes unterzogen, ebenfalls ein spezielleres Einsatzgebiet stellte der Bergbau dar, in dem wiederum vier Paar des Typs ARBORIST S2 (Artikelnummer 679711) dem Test unterzogen wurden.

Die Schuhnummern 3 und 4 sowie 15 und 16 mussten im Laufe des Langzeittragetests gegen, mit Ersatztranspondern ausgestatteten, Testmodelle ausgetauscht werden (siehe Tabelle 18). Zwar waren die Transponder noch funktionsfähig, je entsprechendem Paar allerdings ist ein Schuh durch die aus dem Baustelleneinsatz resultierenden Einwirkungen auf eine Weise beschädigt worden, durch die die Schutzfunktion des PSA-Gegenstandes nicht mehr gewährleistet werden konnte.

Die eingesetzten Ersatzmodelle durchliefen dann jeweils die restliche Periode des Langzeittests (siehe hierzu auch 6.3.3).

Tabelle 18: Zuordnung der Schuhnummern zu Modell und Einsatzbereich

Schuh-Nr.	Tag-Nr.	Schuh-Nr.	Tag-Nr.	Schuhmodell	Einsatzbereich
1	1-4	2	5-8	67011	Elektrobau
11	41-44	12	45-48	67011	
17	65-68	18	69-72	67011	
27	105-108	28	109-112	67011	
29	113-116	30	117-120	67011	
31	121-124	32	125-128	67011	
33	129-132	34	133-136	67011	
35	137-140	36	141-144	67011	
39	153-156	40	157-160	67011	
43	169-172	44	173-176	67011	
für 15	3025-3028	für 16	3029-3032	67011	
5	17-20	6	21-24	67011	Bauindustrie
7	25-28	8	29-32	67011	
13	49-52	14	53-56	67011	
19	73-76	20	77-80	67011	
23	89-92	24	93-96	67011	
37	145-148	38	149-152	67011	
45	177-180	46	181-184	67011	
für 3	3001-3004	für 4	3005-3008	67011	
9	33-36	10	37-40	67011	Landschaftsbau
21	81-84	22	85-88	67011	
25	97-100	26	101-104	67011	
41	161-164	42	165-168	67011	
55	217-220	56	221-224	88669	Forstwirtschaft
57	225-228	58	229-232	88669	
59	233-236	60	237-240	88668	
47	185-188	48	189-192	69711	Bergbau
49	193-196	50	197-200	69711	
51	201-204	52	205-208	69711	
53	209-212	54	213-216	69711	

6.3.2.2 Versuchsablauf

Wie auch bei den Vorabtests wurden die 240 Transponder zunächst durch die Mitarbeiter der BUW mit den oben bereits erwähnten Transpondernummern beschrieben. Darüber hinaus wurden acht Ersatztransponder vorbereitet. Nach dem Einbau der Transponder durch die ELTEN GmbH wurden die 30 Versuchspaare wiederum durch die BUW auf deren Funktionsfähigkeit überprüft, bevor diese auf den Baustellen und unter den oben genannten Bedingungen eingesetzt wurden.

Die Funktionsweise der Transponder wurde laufend und stichprobenartig mittels Handlesegerät überprüft um gegebenenfalls Steuerungsmaßnahmen einleiten zu können. Aufgrund durchweg positiver Ergebnisse konnte die Testreihe wie geplant über 12 Monate hinweg durchlaufen werden.

Die Zwischenergebnisse der Vor- beziehungsweise Stichprobentests sowie die Endergebnisse sind im Folgenden Kapitel dargestellt.

6.3.3 Ergebnisdarstellung des Taggings der Produktgruppe Fußschutz

Die Ergebnisse der Vorabtests wurden bereits in aller Kürze unter 6.3.1.4 beschrieben. Diese prinzipielle Kontrollprüfung im Hinblick auf die generelle Funktionalität der Transponder nach deren Einbau während der Produktion soll nicht näher erläutert werden.

Die Dokumentation der Ergebnisse dieses Kapitels konzentriert sich vielmehr auf die stichprobenartig ermittelten Lesereichweiten sowie die Ergebnisse des Langzeittests auf Baustellen.

6.3.3.1 Lesereichweiten

Bezüglich der Lesereichweiten wurden insgesamt 6 Schuhe des Modells TIM S3 (Artikelnummer 67011), davon Schuh 3 und 4 sowie Schuh 21 und 22 als Paar, und jeweils ein linkes Modell des BENNO S3 (Artikelnummer 88669) sowie des ARBORIST S2 (Artikelnummer 679711).

Die Schuhe wurden bei der Untersuchung jeweils von Innen, Außen, Vorne und Hinten sowie von Oben mittels Handlesegerät bei 0,5 W ERP einem Lesevorgang unterzogen. Hierbei wurden die jeweiligen Abstände zum Schuhmittelpunkt gemessen und dokumentiert bei denen die wiederum jeweiligen Transponder gelesen werden konnten. Im Hinblick auf eine Portalanwendung ist mit einer Leistung von bis zu 2 W ERP zu rechnen. Dieser Umstand bekräftigt die bereits als durchweg positiv zu beschreibenden Ergebnisse der Handlesertests. Abbildung 139 zeigt am Beispiel von Schuh 21 und 22 die Dokumentation der entsprechend ermittelten Ergebnisse, die übrigen Einzeldokumentationen der Lesereichweitenstichproben findet sich in Anhang 3 (13.4.3):

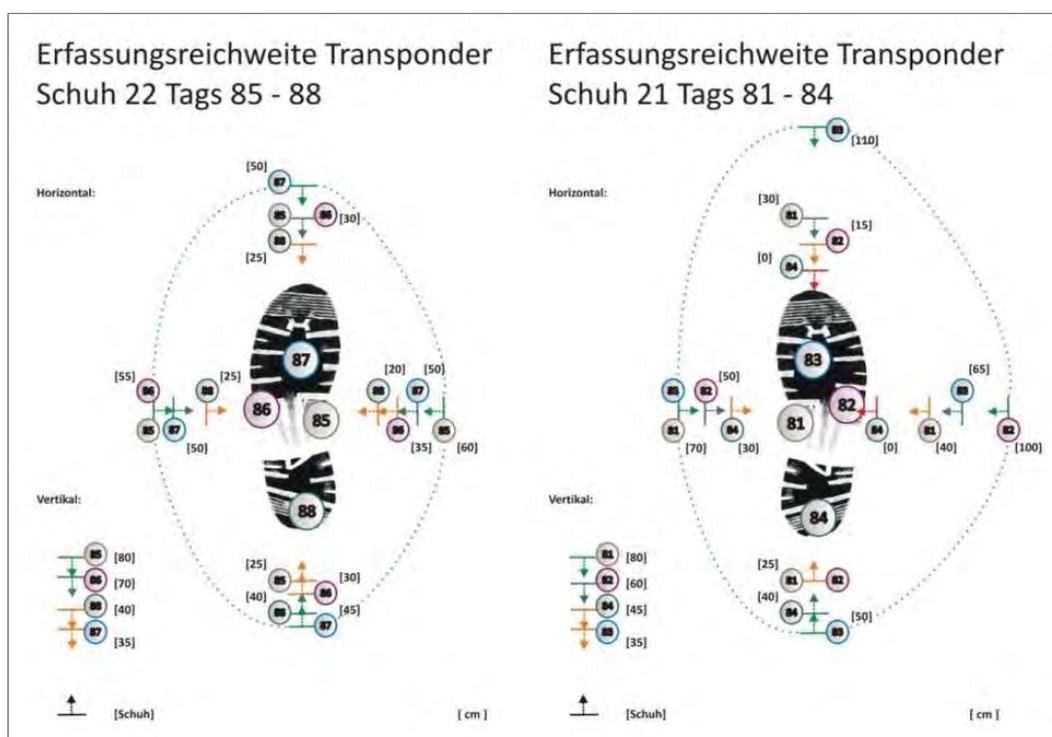


Abbildung 139: Erfassungsreichweitendokumentation am Beispiel Schuh 21 und 22

Tabelle 19 zeigt weiterhin die Zusammenfassung der jeweiligen Einzeldokumentationen.

Tabelle 19: Ergebnisse der Stichprobenartigen Überprüfung der Lesereichweiten

Stichprobenartige Überprüfung der Lesereichweiten								
RFID-TagID (Nr.)	Versuchsschuh	linker/rechter Schuh	RFID-Tag Position im Schuh	I	A	V	H	O
...
2009	67011 - Gr. 45	rechter 3	Pos. 1	70	40	15	20	90
2010	67011 - Gr. 45	rechter 3	Pos. 2	55	70	20	25	90
2011	67011 - Gr. 45	rechter 3	Pos. 3	70	65	30	50	80
2012	67011 - Gr. 45	rechter 3	Pos. 4	35	0	25	10	35
2013	67011 - Gr. 45	linker 4	Pos. 1	55	60	20	25	90
2014	67011 - Gr. 45	linker 4	Pos. 2	55	60	20	20	65
2015	67011 - Gr. 45	linker 4	Pos. 3	80	50	30	40	65
2016	67011 - Gr. 45	linker 4	Pos. 4	0	0	0	30	5
...
2081	67011 - Gr. 46	rechter 21	Pos. 1	70	40	30	25	80
2082	67011 - Gr. 46	rechter 21	Pos. 2	50	100	15	25	60
2083	67011 - Gr. 46	rechter 21	Pos. 3	70	65	110	50	35
2084	67011 - Gr. 46	rechter 21	Pos. 4	30	0	0	40	45
2085	67011 - Gr. 46	linker 22	Pos. 1	60	55	30	25	80
2086	67011 - Gr. 46	linker 22	Pos. 2	35	55	30	30	70
2087	67011 - Gr. 46	linker 22	Pos. 3	50	50	50	45	35
2088	67011 - Gr. 46	linker 22	Pos. 4	20	25	25	40	40
...
2093	67011 - Gr. 47	linker 24	Pos. 1	120	20	33	10	106
2094	67011 - Gr. 47	linker 24	Pos. 2	14	75	8	25	80
2095	67011 - Gr. 47	linker 24	Pos. 3	85	3	70	65	80
2096	67011 - Gr. 47	linker 24	Pos. 4	0	33	0	30	45
...
2109	67011 - Gr. 44	linker 28	Pos. 1	140	30	17	15	117
2110	67011 - Gr. 44	linker 28	Pos. 2	30	60	17	15	80
2111	67011 - Gr. 44	linker 28	Pos. 3	60	70	70	45	117
2112	67011 - Gr. 44	linker 28	Pos. 4	30	15	20	35	45
...
2189	69771 - Gr. 43	linker 48	Pos. 1	60	10	15	15	106
2190	69771 - Gr. 43	linker 48	Pos. 2	26	60	15	15	45
2191	69771 - Gr. 43	linker 48	Pos. 3	60	25	40	17	65
2192	69771 - Gr. 43	linker 48	Pos. 4	13	10	9	17	65
...
2229	88669 - Gr. 43	linker 58	Pos. 1	50	22	8	10	106
2230	88669 - Gr. 43	linker 58	Pos. 2	20	60	30	23	65
2231	88669 - Gr. 43	linker 58	Pos. 3	30	30	60	14	45
2232	88669 - Gr. 43	linker 58	Pos. 4	15	8	10	50	45
0-14				I	Erfassung rechtwinklig in Richtung Innenseite			
15-34				A	Erfassung rechtwinklig in Richtung Außenseite			
35-64				V	Erfassung rechtwinklig in Richtung Vorderseite			
>64				H	Erfassung rechtwinklig in Richtung Hinterseite			
				O	Erfassung rechtwinklig von Oben			

6.3.3.1.1 Auswertung Lesereichweiten

Bei der Betrachtung der Ergebniszusammenstellung in Tabelle 19 wird deutlich, dass die Erfassung der, der jeweiligen Erfassungsrichtung zuzuordnenden Transponder, die größten Lesereichweiten zulässt. Die entsprechenden Felder wurden in der Tabelle weiß umrandet hervorgehoben.

Prinzipiell, im Hinblick auf die Lesereichweite, am schlechtesten zu lesen ist der Transponder im Fersenbereich (Position 4). Selbst bei dem zuvor beschriebenen Zusammenhang lässt sich der Laschentransponder an Position 3 oft besser auslesen (Schuh 3, 4, 21, 22, 24, 28), als der, der rückwertigen Erfassungsrichtung zuzuordnende, Transponder in der Ferse. Generell lässt sich der Transponder auch aus den übrigen horizontalen Erfassungsrichtungen, bis auf wenige Ausnahmen nur aus Entfernungen meist unter 30cm erfassen. Auch bei den vertikalen Erfassungsversuchen bewegt sich der Fersentransponder mit Abstand in den unteren Reichweitenbereichen. Zwar konnte eine generelle Funktionsweise des Transponders nach dem Einbau während der Produktion belegt werden, die erreichbaren Reichweiten allerdings sind, vor allem im Vergleich zu den drei übrigen Positionen, als unzureichend zu bezeichnen.

Die somit allgemein schlechten Leseeigenschaften im Hinblick auf die zu erreichenden Reichweiten begründen sich nach Meinung der Verfasser im Wesentlichen in der, durch die Schuhform bedingten, Biegung des Transponders um die Hinterkappe des Schuhs (siehe hierzu auch 6.3.1).

Die seitlich angeordneten Transponder können sowohl bei vorderer, als auch bei hinterer Erfassungsrichtung nur aus geringer Entfernung erfasst werden. Auch dies begründet sich in der schuhgeometrisch bedingten Ausrichtung bei einer entsprechenden Erfassungsrichtung. In der jeweilig den seitlichen Transpondern zuzuordnenden Leserichtung dagegen weisen die Transponder an den Positionen 1 und 2 die Tags zum einen vergleichsweise hohe Lesereichweiten im Bereich von mindestens 50 bis maximal 140cm (im Schnitt ca. 70cm) auf und bewegen sich hierbei zum anderen auf einem konstanten Niveau.

Mit mindestens 55cm Erfassungsreichweite bei 0,5 W ERP weist der Transponder an der Außenseite des Schuhs (Position 2) die höchsten Mindestreichweiten aller Einbaupositionen auf. Dies begründet sich ebenfalls wie die schlechteren Werte der Position 4 in der ergonomisch bedingten Form des Schuhs. Während der Transponder an Position 1 eine leichte Krümmung erfährt, kann der Tag an Position 2 in annähernder Idealausrichtung eingebaut werden (vgl. Abbildung 138).

Der Laschentransponder (Position 3) bewegt sich im Hinblick auf die Lesereichweiten zwischen den unzureichenden Ergebnissen der Position 4 und den guten Ergebnissen der Positionen 1 und 2. Auf der einen Seite lassen sich zwar teilweise gute Ergebnisse erzielen, die erreichten Reichweiten allerdings sind nicht konstant.

Die variierende Performance des Laschentransponders bedingt sich nach Meinung der Verfasser in verschiedenen Aspekten, wie beispielsweise die Schuhform und die hierin bedingte Neigung der Lasche, sich negativ auswirkenden Verformungen durch die Schnürung des Schuhs, sowie die nicht 100% definierte Lage der Lasche. Die letzten beiden Gesichtspunkte sind vom Nutzer, beziehungsweise vom Träger der PSA abhängig und führen zu einem entsprechenden Unsicherheitsfaktor.

Durch die Ergebnisstruktur der Lesereichweitenuntersuchungen (Tabelle 19) sowie den Ausblick auf eine Portalanwendung und die oben beschriebenen Erkenntnisse prädestinieren sich somit die Positionen 1 und 2 als ideale Einbaupositionen für lebenszyklusorientierte Datenverknüpfung der Produktgruppe Fußschutz mittels RFID. Die Zusammenfassung der oben beschriebenen Ergebnisse ist in Tabelle 20: Auswertung der Reichweitenuntersuchungen schematisch in Hinblick auf das Gesamtfazit zusammengefasst.

Tabelle 20: Auswertung der Reichweitenuntersuchungen

Einbauposition	Wichtung	1	2	3	4
Lesereichweite Eigene Richtung	2 fach	sehr gut	sehr gut	befriedigend	ausreichend
Lesereichweite Allgemein	1 fach	gut	gut	mangelhaft	ausreichend
Lesereichweite Vertikal	0,5 fach	sehr gut	gut	gut	ausreichend
Bewertung Lesereichweiten	Gesamt	sehr gut	sehr gut	befriedigend	ausreichend

6.3.3.2 Langzeittests

Die Transponder wurden in möglichst regelmäßigen Abständen auf deren Funktionsfähigkeit überprüft. Da die Versuchsexemplare sich im Einsatz auf der Baustelle befanden, mussten hierzu Termine mit den Trägern der Schuhe, beziehungsweise mit den Firmen bei denen diese angestellt sind abgestimmt werden. Die entsprechende Dokumentation wird exemplarisch am Beispiel des Einsatzbereichs Elektrobau erläutert.

Prinzipiell wurde bei allen Paaren eine generelle Funktionsprüfung durchgeführt, bevor diese auf den Baustellen zum Einsatz kamen (vgl. 6.3.1.4). Ebenfalls dokumentiert wurden die jeweiligen Träger, sowie deren Teiltätigkeitsbereiche innerhalb des Einsatzbereichs. In der gesamten Testreihe sind lediglich 2 der insgesamt 240 eingesetzten Transponder als defekt ausgefallen.

Zudem wurde innerhalb des Einsatzbereichs Elektrobau ein Paar Schuhe aufgrund einer Beschädigung der Sohle ausgetauscht. Hierfür wurde ein neues, mit Ersatztranspondern ausgestattetes Paar eingesetzt um die Testreihe fortzuführen (vgl. Tabelle 21). Ab September 2011 führen die Schuhe 15 und 16 nunmehr nicht die Transpondernummern 57-60 und 61-63, sondern 3025-3028 und 3029-3032. Bereits bei der Zwischenprüfung im April 2012 wurden in diesem Zusammenhang die Transponder 108 und 172 als nicht lesbar identifiziert.

Dieses Resultat konnte bei der Endprüfung im September 2012 bestätigt werden. Bei den beiden angesprochenen Transpondern handelt es sich jedoch um die Einzigen Ausfälle in der gesamten Testreihe. Und somit um eine Gesamtausfallquote von unter 1%. Die mittlere Tragedauer der einzelnen Schuhe kann dabei auf ca. 12 Monate beziffert werden, abzüglich Urlaub, Feier- und Schlechtwettertagen, sowie Wochenenden. Ein Ausfall in der oben genannten Größenordnung ist bei dieser Laufzeit und den hohen Anforderungen aus der Nutzung der Schuhe eine mehr als zufriedenstellendes Ergebnis, welches belegt, dass die Integration der Transponder in die PSA bereits während des Produktionsprozesses zum Schutz der Transponder beiträgt und somit deren Lebenszeit in ausreichendem Maße verlängert. Nur durch eine über den Lebenszyklus des PSA-Gegenstandes andauernde Funktionalität der Technik kann eine eindeutige Kennzeichnung und Klassifizierung der Produkte gewährleistet werden.

Tabelle 21: Langzeitragestestdokumentation Elektrobau

Langzeitragestestdokumentation Elektrobau														
Start der Langzeittests Juli 2011														
S. Nr.	T. Nr.	I	A	V	H	S. Nr.	T. Nr.	I	A	V	H	Name Träger	Abteilung	
1	1	1-4	✓	✓	✓	✓	2	5-8	✓	✓	✓	✓	...	Pflaster
2	11	41-44	✓	✓	✓	✓	12	45-48	✓	✓	✓	✓	...	Tiefbau
3	15	57-60	✓	✓	✓	✓	16	61-63	✓	✓	✓	✓	...	Tiefbau
4	17	65-68	✓	✓	✓	✓	18	69-72	✓	✓	✓	✓	...	Bauleiter
5	29	113-116	✓	✓	✓	✓	30	117-120	✓	✓	✓	✓	...	Tiefbau
6	27	105-108	✓	✓	✓	✓	28	109-112	✓	✓	✓	✓	...	SD Kolonne
7	31	121-124	✓	✓	✓	✓	32	125-128	✓	✓	✓	✓	...	Tiefbau
8	33	129-132	✓	✓	✓	✓	34	133-136	✓	✓	✓	✓	...	Lager
9	35	137-140	✓	✓	✓	✓	36	141-144	✓	✓	✓	✓	...	Bauleiter
10	39	153-156	✓	✓	✓	✓	40	157-160	✓	✓	✓	✓	...	Pflasterkolonne
11	43	169-172	✓	✓	✓	✓	44	173-176	✓	✓	✓	✓	...	Tiefbau
Zwischenprüfung April 2012														
S. Nr.	T. Nr.	I	A	V	H	S. Nr.	T. Nr.	I	A	V	H	Bemerkungen		
1	1	1-4	✓	✓	✓	✓	2	5-8	✓	✓	✓	✓		
2	11	41-44	✓	✓	✓	✓	12	45-48	✓	✓	✓	✓		
3	15	3025-3028	✓	✓	✓	✓	16	3029-3032	✓	✓	✓	✓	ab Sept 2011 Transpondernummer 3025 bis 3032, da neues Paar, Sohle im Gelenk defekt	
4	17	65-68	✓	✓	✓	✓	18	69-72	✓	✓	✓	✓		
5	29	113-116	✓	✓	✓	✓	30	117-120	✓	✓	✓	✓		
6	27	105-108	✓	✓	✓	✗	28	109-112	✓	✓	✓	✓	Ferse scheint defekt	
7	31	121-124	✓	✓	✓	✓	32	125-128	✓	✓	✓	✓		
8	33	129-132	✓	✓	✓	✓	34	133-136	✓	✓	✓	✓		
9	35	137-140	✓	✓	✓	✓	36	141-144	✓	✓	✓	✓		
10	39	153-156	✓	✓	✓	✓	40	157-160	✓	✓	✓	✓		
11	43	169-172	✓	✓	✓	✗	44	173-176	✓	✓	✓	✓	Ferse scheint defekt	
Endprüfung September 2012														
S. Nr.	T. Nr.	I	A	V	H	S. Nr.	T. Nr.	I	A	V	H	Bemerkungen		
1	1	1-4	✓	✓	✓	✓	2	5-8	✓	✓	✓	✓		
2	11	41-44	✓	✓	✓	✓	12	45-48	✓	✓	✓	✓		
3	15	3025-3028	✓	✓	✓	✓	16	3029-3032	✓	✓	✓	✓		
4	17	65-68	✓	✓	✓	✓	18	69-72	✓	✓	✓	✓		
5	29	113-116	✓	✓	✓	✓	30	117-120	✓	✓	✓	✓		
6	27	105-108	✓	✓	✓	✗	28	109-112	✓	✓	✓	✓	Ferse defekt	
7	31	121-124	✓	✓	✓	✓	32	125-128	✓	✓	✓	✓		
8	33	129-132	✓	✓	✓	✓	34	133-136	✓	✓	✓	✓		
9	35	137-140	✓	✓	✓	✓	36	141-144	✓	✓	✓	✓		
10	39	153-156	✓	✓	✓	✓	40	157-160	✓	✓	✓	✓		
11	43	169-172	✓	✓	✓	✗	44	173-176	✓	✓	✓	✓	Ferse defekt	

6.3.3.2.1 Auswertung der Langzeittragetests

Aus der Gesamtheit aller Testergebnisse der einzelnen Einsatzbereiche ergibt sich die in Tabelle 22 dargestellte statistische Verteilung von Transponderausfällen. Wie bereits erwähnt wurden lediglich zwei Transponder der Position 4 als defekt identifiziert. Insgesamt konnten somit eine Ausfallwahrscheinlichkeit von unter 1% ermittelt werden. Diese resultiert jedoch lediglich aus der Einbauposition 4 und werden von den Verfassern der erhöhten Einbaubelastung, welche aus dem Verpressen und dem Verkleben unter hohem Druck und hohen Temperaturen beim Fersenformen resultieren sowie der erhöhten mechanischen Beanspruchung, durch die vergleichsweise exponierte Lage und die hohe Kraftübertragung aufgrund des unflexiblen Untergrundes der Fersenkappe, zugeschrieben (siehe hierzu auch 6.3.1). Im Falle eines Einsatzes von lediglich drei Transpondern an den Positionen 1 bis 3, würden 100% der Tags eine einjährige Tragezeit überstanden haben. Die Korrelation zu den weiteren Ergebnissen wird unter 6.3.3.4 hergestellt und erläutert.

Tabelle 22: Auswertung der Langzeittragetests

Einbauposition	1	2	3	4	Gesamt
Eingebaute Transponder	60	60	60	60	240
funktionierende Transponder nach 12 Monaten	60	60	60	58	238
Ausfallquote	0,00%	0,00%	0,00%	3,33%	0,83%

6.3.3.3 Überprüfung des Transponderzustandes

Nach Abschluss der Tragetests wurden vier Paare mit den Nummern 29/30, 47/48, 49/50 und 51/52 durch die Mitarbeiter der BUW geöffnet um den Zustand der eingebauten Transponder zu überprüfen und zu dokumentieren. Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt beschrieben sind lediglich zwei der 240 eingebauten Transponder ausgefallen. Auch die für die Überprüfung des Transponderzustandes zur Verfügung gestellten Schuhmodelle verfügten über jeweils 4 voll funktionsfähige Tags. Das verallgemeinerbare Ergebnis der Zustandsüberprüfung wird nun anhand des Beispiels von Schuh 29 bildlich beschrieben. Die Fotodokumentation für die übrigen geöffneten Modelle findet sich in Anhang 3 (13.4.4).



Abbildung 140: Schuh 30 (links) und Schuh 29 (rechts) nach Einsatz auf der Baustelle

Abbildung 140 zeigt das Paar mit den Schuhnummern 29 und 30 nach dem Einsatz auf der Baustelle. Das Modell TIM S3 ist ein geläufiges Standardmodell und kam im Langzeittest im Tiefbaubereich des Elektrobaus zum Einsatz. Der optische Zustand der Versuchsprobe ist als dem Tragezeitraum von rund 12 Monaten entsprechend gut zu bezeichnen. Es sind zwar deutliche Gebrauchsspuren vorhanden, dennoch ist der Schuh in seinen sicherheitsrelevanten Eigenschaften nicht eingeschränkt. Mittels Cutter-Messer wurden die Schuhe an den Einbaupositionen geöffnet um die Transponder freizulegen. Transponder Nummer 113 war in Schuh 29 an Position 1 eingebaut. Die Öffnung sowie die Dokumentation des Transponderzustandes ist in Abbildung 141 dargestellt. Zwar weist der Tag deutliche Verschmutzungen auf, allerdings sind keinerlei mechanische Beschädigungen zu erkennen. Der Chip des UST 20100 ist bei der verwendeten Ausführung mittels zusätzlichem Klebestreifen gesichert und geschützt und ist somit nach wie vor an der entsprechend vorgesehenen Stelle gehalten und unbeschädigt. Die Antennen des Tags Nummer 113 sind ebenfalls mechanisch weitgehend unbeeinträchtigt und befinden sich auch im Hinblick auf Korrosion in einem einwandfreien Zustand. Der Schutz gegen Verschmutzung ist an Position 1 gering, der Schutz gegen Verformung dagegen als gut einzustufen.



Abbildung 141: Öffnung Schuh 29 – Transponder 113

In einem vergleichbaren Zustand wie Transponder 113 befindet sich der an Position 2 eingebaute Transponder 114. Abbildung 142 zeigt dabei jedoch deutlich, dass der an der Außenseite des Schuhs positionierte Transponder 114 noch weniger mechanischer Belastung ausgesetzt wird, als Nummer 113 an Position 1. Das Trägertextil des UST 20100 wurde offensichtlich an Position 2 kaum Verformungsbeanspruchungen ausgesetzt, was sich wiederum in der ergonomiebedingten Schuhform begründet. Weiterhin ist der Grad der Verschmutzung ebenfalls geringer als bei Tag 113, der Zustand von Antenne und Chip im Hinblick auf die Verformung sind einwandfrei.



Abbildung 142: Öffnung Schuh 29 – Transponder 114

In einem insgesamt vergleichbaren, fast einwandfreien Zustand befindet sich Tag 115, welcher in der Lasche an Position 3 eingebaut worden ist (vgl. Abbildung 143). Die Verschmutzungen begrenzen sich an dieser Einbauposition auf ein Minimum, dagegen sind die auf die Leseeigenschaften Einfluss nehmenden Verformungen an dieser Einbauposition deutlicher ausgeprägt. An mehreren Stellen sind hier Knickbilder im Trägertextil zu erkennen, welche vermutlich dynamischer Art sind (Schnüren, An- und Ausziehen des Schuhs) und bei längerer Einsatzdauer zu einem Bruch der Antenne und somit zur Einschränkung der Funktionalität des Transponders führen könnten. Der Schutz gegen Verschmutzung an dieser Position ist somit als sehr gut, der Schutz gegen Verformung als mangelhaft zu bewerten.



Abbildung 143: Öffnung Schuh 29 – Transponder 115

Im Gegensatz zu Transponder 115 aus Position 3 wird Transponder 116 dauerhaft, also statisch verformt. Ein hieraus resultierender Bruch der Antenne ist somit wesentlich unwahrscheinlicher als bei Transponder 115. Gegen Funktionsgefährdende Verformung ist der Tag also auch an Position 4 gut geschützt. Auch die Verschmutzung hält sich an dieser Stelle in absolut vertretbaren Grenzen.

Bei der Betrachtung von Abbildung 144 fällt dagegen weiterhin auf, dass sich der durch Hitze aktivierte Kleber auf der Rückseite des Trägertextils gelöst hat. Diese Bild blieb bei den übrigen vorab beschriebenen Transpondern aus und ist an dieser Stelle ein Indiz beziehungsweise der Beleg für die an dieser Einbauposition wirkenden Temperaturen beim Produktionsvorgang.



Abbildung 144: Öffnung Schuh 29 – Transponder 116

Alle entnommenen Transponder weisen einen durchweg als positiv zu bewertenden Zustand auf und sind durch den Einbau während der Produktion in optimaler Weise durch den Schuh vor den aus dem Einsatz auf Baustellen resultierenden Einwirkungen geschützt. Hierin begründen sich die positiven Ergebnisse der Langzeittests.

6.3.3.1 Auswertung der Überprüfung Transponderzustand

Als Ergebnis der Bewertung des Zustandes der Transponder an den jeweiligen Einbaupositionen kann im Umkehrschluss auf die Schutzeigenschaften der jeweiligen Position geschlossen werden. Diese wiederum ist elementar für die Gewährleistung einer lebenszyklusüberdauernden Funktionsweise des Tags.

Im Wesentlichen wurden die mechanischen Beanspruchungen der Transponder sowie deren Verschmutzung überprüft, da hierin alle Effekte enthalten sind, die eine mögliche Verkürzung der Lebensdauer eines Transponders nach sich ziehen könnten. In der Auswertung in Tabelle 23: Auswertung Transponderzustand wurden diese beiden Bewertungskriterien mit einer 3 fachen beziehungsweise 1 fachen Wichtung verrechnet, da eine mechanische Beanspruchung wesentlich schneller zu eine Funktionsverlust führen kann, als eine durch Verschmutzung bedingte Beanspruchung des Tags.

Tabelle 23: Auswertung Transponderzustand

Einbauposition	Wichtung	1	2	3	4
mechanischer Schutz	3 fach	gut	sehr gut	ausreichend	ausreichend
Schutz vor Verschmutzung	1 fach	gut	gut	sehr gut	gut
Bewertung Schutzeigenschaften	Gesamt	gut	sehr gut	befriedigend	ausreichend

Auch durch die Bewertung des Transponderzustandes ergibt sich eine gerade ausreichende Eignung der Position 4 für den Einbau eines lebenszyklusüberweilenden Transponders. Position 3 eignet sich dagegen bereits zufriedenstellend, am besten geeignet ist Position 2 an der Außenseite des Schuhs, dicht gefolgt von Einbauposition 1. Die entsprechenden Erkenntnisse decken sich mit den übrigen Teilergebnissen und werden nun abschließend in einem zusammenfassenden Fazit miteinander verknüpft um eine Gesamtaussage über das Tagging der Produktgruppe Fußschutz treffen zu können.

6.3.3.4 Fazit und Zusammenfassung

Prinzipiell ist festzuhalten, dass durch die erzielten Ergebnisse im Hinblick auf die lebenszyklusüberdauernde Kennzeichnung von PSA mittels RFID-Techniken belegt werden konnten. Eine Gesamtausfallquote von lediglich 0,83% ist als Erfolg der Langzeittestreihe einzustufen. Die Erreichten Reichweiten belegen eine Funktionalität im Hinblick auf logistische und sicherheitstechnische Applikationen wie beispielsweise eine Portalanwendung. Der Zustand der Transponder ist nach einer Einsatzzeit von rund 12 Monaten als absolut positiv einzustufen. Tabelle 24 fasst die einzelnen Teilergebnisse unterteilt nach den Einbaupositionen zusammen.

Tabelle 24: Zusammenfassung aller Teilergebnisse

Einbauposition	Wichtung	1	2	3	4
Ausfallquote	2 fach	0,00%	0,00%	0,00%	3,33%
Bewertung Schutzeigenschaften	1 fach	gut	sehr gut	befriedigend	ausreichend
Bewertung Lesereichweiten	2 fach	sehr gut	sehr gut	befriedigend	ausreichend
Bewertung Lesereichweiten	Gesamt	sehr gut	sehr gut	gut	befriedigend

In allen Bereichen haben die Positionen 1 und 2, also ein Einbau an der Innen- und der Außenseite eine sehr gute Bewertung erzielen können. Durch einen Einbau von jeweils einem Transponder an diesen Positionen würde eine doppelte Gewährleistung anwendungsbezogener Funktionalität bedeuten.

Eine vergleichbare Beforschung und Validierung der übrigen Produktgruppen stellt den nächsten Schritt für eine praxis- und zeitnahe Aufzeigung von Umsetzungspotentialen im Hinblick auf eine lebenszyklusorientierte Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA-Produkten dar und ist nach Meinung der Verfasser ein weiterer elementarer Schritt für die ganzheitliche Betrachtung und Umsetzung des Dachthemas PSA-RFID. Die entsprechenden Ergebnisse wurden bereits im Zuge der projektbegleitenden Öffentlichkeitsarbeit auf der *A+A Düsseldorf 2012* präsentiert und kommuniziert.

6.3.4 Messeaussteller A+A Düsseldorf 2012

Die A+A ist bekannt als Plattform für innovative Produkte, neueste Trends und wissenschaftliche Erkenntnisse sowie die maßgeblichen Entwicklungen in den Bereichen rund um den Arbeitsschutz. Im Sinne der projektbegleitenden Öffentlichkeitsarbeit wurde auf der weltweit größten und wichtigsten Fachmesse im Punkte Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit in Zusammenarbeit mit der *ELTEN GmbH* ein Messeaussteller entwickelt um auf den Einsatz von lebenszyklusbegleitenden Transpondern in Sicherheitsschuhen aufmerksam zu machen.

Die RFID-Technische Umsetzung sowie die Koordination der entsprechenden Planungsarbeiten wurde durch die Mitarbeiter der Bergischen Universität erbracht, die Vitrine selbst wurde durch die *ELTEN GmbH* in Auftrag gegeben. Grundprinzip des Ausstellers ist ein Drehteller auf dem ein getagter Schuh positioniert ist. Durch einen Motor wird der Drehteller in einer konstanten Geschwindigkeit gedreht und der Schuh fährt auf diese Weise an einer rückseitig angebrachten RFID-Antenne vorbei. Durch die Firma *Cichon + Stolberg Elektroanlagenbau GmbH* wurde eine Software programmiert, durch welche ein angeschlossener RFID-Reader angesteuert wird. Über eine Feinjustierung wurden die Komponenten so aufeinander abgestimmt, dass eine rote Signalbeleuchtung die Erfassung des getagten Schuhs signalisiert (siehe Abbildung 146).



Abbildung 145: Messeaussteller



Abbildung 146: Funktionsweise Messeaussteller

6.4 Lebenszyklusdatenerfassung mittels der RFID-Technik – Schutznetze und Arbeitsplattformen

Verfasser: Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Anica Meins-Becker

kand. B.Sc. Waldemar Kneib

Mitwirkende: B.Sc. Daniel Platz

Detailuntersuchungen wurden im Rahmen seiner Bachelor-Thesis „Einsatz der RFID- Technologie zur Optimierung der Logistik- und Wartungsprozesse im Zusammenhang mit Arbeitsplattform- und Schutznetzen“ von Herrn Kneib durchgeführt.

6.4.1 Einleitung und Hintergrund

Neben der klassischen Persönlichen Schutzausrüstung (PSA), wie Helme und Schuhe gehören Ausrüstungen zur Sicherung des Arbeiters gegen Absturz (Fanggurte, etc.) und Schutz- und Arbeitsplattformnetze zum erweiterten Kreis der PSA.

Gemäß der Vorschriften und Regeln der Berufsgenossenschaft Bau sind Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren für Leben und Gesundheit bei der Arbeit durch den Unternehmer durchzuführen.⁷³ Hier heißt es: „Lassen sich Gefährdungen infolge Absturz nicht durch technische oder organisatorische Maßnahmen in vollem Umfang beseitigen, muss der Unternehmer gemäß § 12 der BG-Vorschrift "Bauarbeiten" (BGV C 22, bisherige VBG 37) geeignete Auffangeinrichtungen einsetzen, um eine Gefährdung infolge Absturz gemäß § 2 Arbeitsmittelbenutzungsverordnung möglichst gering zu halten.“

⁷³ <http://www.bgbau-medien.de/zh/z560/3.HTM>, Stand 2012

Eine geeignete Auffangeinrichtung nach § 12 der BG-Vorschrift "Bauarbeiten" (BGV C22, bisherige VBG 37) zur Verhinderung eines tieferen Absturzes sind Schutznetze.⁷⁴

Neben den Schutznetzen kommen auch häufig sogenannte Arbeitsplattformnetze zum Einsatz. Im Wesentlichen werden Arbeitsplattformnetze im Baugewerbe bei Montagen in mit Gerüsten unzugänglichen Bereichen verwendet.

Die Schutz- und Arbeitsplattformnetze werden unter der Einhaltung entsprechender Normen produziert. Normen und Vorschriften, welche beispielsweise die Arbeit mit Arbeitsplattformnetzen behandeln, sind BGR 179 (Einsatz von Schutznetzen), BGR 198/199 (Richtlinien rund um Arbeiten in Höhen) sowie BGI 662 (Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen). Nach der Produktion werden die Netze durch den Hersteller oder Netzvermieter auf verschiedensten Baustellen eingesetzt. Dem zu Folge müssen die Netze entsprechend sorgfältig behandelt und nach den Angaben der jeweiligen Hersteller gelagert werden. Des Weiteren sind Gefährdungsprüfungen, statische Berechnungen und Wartung notwendig.

So dürfen beispielsweise Schutznetze prinzipiell nur innerhalb eines Jahres nach Herstellung verwendet werden. Dieser Einsatzzeitraum kann um weitere 12 Monate verlängert werden, indem eine vom Hersteller oder Vermieter entsprechend am Schutznetz angebrachte Prüfmasche von einer dafür zugelassenen Stelle nach DIN EN 1263-1 geprüft wird. Die Dokumentation der Prüfung erfolgt über die Befestigung einer Prüfplakette, auf der Netzhersteller, das Datum der durchgeführten Prüfung, der nächste Prüftermin sowie die Netzidentifikationsnummer festgehalten sind, am Schutznetz selbst.⁷⁵ Die Ergebnisse der Prüfung werden aus dem Prüfprogramm heraus in einer Excel-Datei auf dem Server gespeichert. Die Person, die die Prüfung veranlasst hat, erhält ein Schreiben mit den Prüfergebnissen. Prüfwerte, die unter den Sollwerten liegen, werden zur Verdeutlichung farblich gekennzeichnet. Die Daten dieser Prüfungen werden nicht zentral abgelegt. Eine durchgehende Erfassung der Lebenszyklusdaten von Schutznetzen ist bei der gegenwärtig gängigen Dokumentation nicht gewährleistet.

Die Folge sind aufwendige stichprobenartige Überprüfungen der Netze, welche lediglich durch visuelle Kontrollen der am Netz angebrachten Prüfplaketten möglich sind. Höher liegende Stellen oder unzugänglich montierte Netze sind nur mit hohem Aufwand, beispielsweise durch den Einsatz von Hebebühnen oder gar nicht prüfbar.

Es besteht großer Bedarf an einer zeit- und zielgerechten Dokumentation der Lebenszyklusdaten von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen.

⁷⁴ Online: <http://www.bgbau-medien.de/zh/z560/3.HTM>

⁷⁵ BGR 179 (bisherige ZH 1/560), Fachausschuss „Persönliche Schutzausrüstungen“ der BGZ, 2002

6.4.2 Zielstellung

Konkretes Ziel der Lebenszyklusdatenerfassung von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen im Rahmen des Forschungsprojektes ist die Kennzeichnung von Netzen mittels der RFID-Technik zur Optimierung der Prozesse der Prüfung und deren Dokumentation. Hierbei soll das der Kennzeichnung dienende Etikett der Netze und die Plombe an der Prüfmaschine ebenso wie die nach einer Prüfung anzubringende Plakette um einen RFID-Transponder erweitert werden, welcher Informationen zentral und/oder dezentral abrufbar macht. Somit können bislang manuell dokumentierte Lebenszyklusdaten auch ohne Sichtkontakt abgerufen werden.



Abb.147: Einsatz der RFID-Technik bei Schutz- und Arbeitsplattformnetzen

Die gewonnenen Lebenszyklusdaten zielen dabei auf Nutzen für Hersteller und Prüfstellen, Vermieter und Monteure sowie für die Berufsgenossenschaften ab.

6.4.3 Allgemeines: Schutznetze

Schutznetze oder auch Personenauffangnetze werden zunehmend als Auffangeinrichtungen bei Bau- und Montagearbeiten in großen Höhen genutzt. Aus diesem Grund werden sie häufig im Hoch- und Industriebau sowie im Brückenbau eingesetzt. Sie dienen dem Auffangen von abstürzenden Personen und dürfen nicht absichtlich begangen werden. Die bessere Wirtschaftlichkeit gegenüber anderen Auffangvorrichtungen ist nicht der einzige Vorteil von Schutznetzen. Abstürzende Personen werden mit diesen weicher aufgefangen, als durch den harten Belag bei Schutzgerüsten, wodurch das Verletzungsrisiko verringert wird.⁷⁶

Auffangnetze haben ebenfalls einen Vorteil gegenüber Anseilsicherungen, da sie die volle Bewegungsfreiheit eines Bauarbeiters garantieren. Dieser wird nicht durch ein Seil bei seiner Arbeit behindert. Außerdem können sich die Personen, trotz des Einsatzes einer Anseilvorrichtung, bei einem Sturz verletzen.

⁷⁶ Vgl. Glaser, T. (2008) Aktuelles zum Einsatz von Schutznetzen (<http://www.arbeitsschutzdigital.de/ce/das-sachgebiet-schutznetze-im-fachausschuss-persoenele-schutzausruestungen-fa-psa-informiert-aktuelles-zum-einsatz-von-schutznetzen/detail.html> , Stand 18.08.2012)

Dabei kann beispielsweise die durch den Absturz resultierende Pendelbewegung den Bauarbeiter gegen ein in der Nähe befindliches Bauteil schleudern.

Schutznetze werden laut DIN EN 1263-1 in vier Klassen und nochmals in vier Systeme unterteilt. Diese Unterteilung ist notwendig, um den bestmöglichen Schutz der Bauarbeiter unter den gegebenen Bedingungen gewährleisten zu können.

6.4.3.1 Netzklassen

Die Netzklassen unterscheiden sich in der Größe der Maschenweiten und der Energieeinwirkung bis zum Bruchzustand. Die angegebenen Maschenweiten dürfen bei den jeweiligen Klassen nicht überschritten werden.

6.4.3.2 Netzsysteme

Bei den Netzsystemen gibt es vier verschiedene Typen, die entweder für die horizontale bzw. für die vertikale Absicherung bestimmt sind. Die Systeme S und T dienen der horizontalen Absicherung. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der Abstand zwischen dem Bauwerk und Schutznetz nicht mehr als 10cm beträgt. Die Systeme U und V sind für die vertikale Verwendung bestimmt.⁷⁷

System S:

Das System S ist ein Schutznetz mit Randseil und wird vorwiegend im Hallen- und Brückenbau eingesetzt. Das Schutznetz wird mit Hilfe der Randseile, die durch die Randmaschen geführt werden, an tragenden Bauteilen befestigt.⁷⁸ Die Verankerung des Netzes kann entweder mit Aufhängeseilen, Karabinerhaken oder Schäkeln erfolgen.⁷⁹ Der Abstand zwischen den Verankerungspunkten sollte nicht mehr als 2,5m betragen. Bei einer Verbindung von mehreren Netzen nebeneinander, müssen die Netze mit einem Seil miteinander verknotet werden. Auf eine Verbindung mit einem Seil kann verzichtet werden, sobald eine Überlappung der Netze von mindestens 2,0m vorhanden ist. Die DIN EN 1263 regelt nur Schutznetze mit einer Mindestgröße von 35,0m² und einer Mindestlänge der kürzesten Seite von 5,0m. Kleinere Netze müssen durch nationale Bestimmungen geregelt werden.⁸⁰

⁷⁷ Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 8

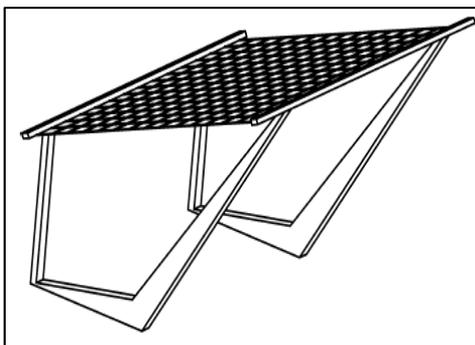
⁷⁸ Vgl. Glaser, T. (2008) Aktuelles zum Einsatz von Schutznetzen, Online: <http://www.arbeitsschutzdigital.de/ce/das-sachgebiet-schutznetze-im-fachausschuss-persoeliche-schutzausruestungen-fa-psa-informiert-aktuelles-zum-einsatz-von-schutznetzen/detail.html>, Stand 18.08.2012)

⁷⁹ Vgl. BGR 179 (Juli 2000) Einsatz von Schutznetzen, S. 15

⁸⁰ Vgl. DIN EN 1263-2 (2002) Schutznetze (Sicherheitsnetze), Teil 2: Sicherheitstechnische Anforderungen für die Errichtung von Schutznetzen; ICS 13.340.99, S. 6

Abbildung 148: Schutznetz System S⁸¹**System T:**

Schutznetze des Systems T werden im Hochbau anstelle von seitlichen Fanggerüsten eingesetzt. Sie haben keine Randseile, sondern Rohre, die mit Hilfe einer Konsole am Bauwerk befestigt werden.⁸² Dieses Netzsystem wird in der Regel etwas unterhalb des Dachrandes befestigt, um die Bauarbeiter im Falle eines Sturzes vom Seitenrand des Daches aufzufangen. Bei der Konstruktion des Rahmens sollte darauf geachtet werden, dass fallende Personen nicht mit diesem in Kontakt kommen. Bei einer Verbindung von mehreren Netzen nebeneinander müssen die Netze mit einem Seil verknotet werden. Bei einer einfachen Überlappung ohne Seil, muss diese mindestens 0,75m betragen.⁸³

Abbildung 149: Schutznetz System T⁸⁴Abbildung 150: Schutznetz System T (im Einsatz)⁸⁵

⁸¹ Eigene Photographie (Stand 07.02.1012)

⁸² Vgl. Glaser, T. (2008) Aktuelles zum Einsatz von Schutznetzen, Online: <http://www.arbeitsschutzdigital.de/ce/das-sachgebiet-schutznetze-im-fachausschuss-persoeliche-schutzausruestungen-fa-psa-informiert-aktuelles-zum-einsatz-von-schutznetzen/detail.html> , Stand 18.08.2012)

⁸³ Vgl. DIN EN 1263-2 (2002) Schutznetze (Sicherheitsnetze), Teil 2: Sicherheitstechnische Anforderungen für die Errichtung von Schutznetzen; ICS 13.340.99, S. 8-9

⁸⁴ DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 8

System U

Schutznetze des Systems U sind Netze, die in der Regel an Fassadengerüsten angebracht werden. Sie dienen als eine Art Schutzwand, die die Bauarbeiter im Falle eines Absturzes vom Dachseitenrand auffängt. Dieses Netz ist notwendig, da das Baugerüst keinen ausreichenden Schutz bietet. Fallende Personen könnten sonst zwischen die horizontalen Verstrebungen geraten und dadurch auf den Erdboden stürzen.

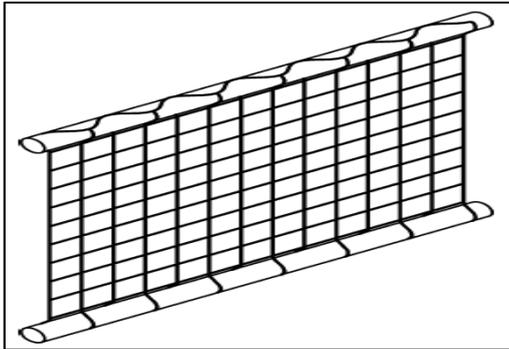


Abbildung 151: Schutznetz System U⁸⁶



Abbildung 152: Schutznetz System U (im Einsatz)⁸⁷

System V

Das System V besteht aus Schutznetzen, die am oberen Rand an galgenförmigen Konsolen aufgehängt werden. Der untere Teil wird an Ankern aufgehängt, die am Gebäude befestigt werden. Der Abstand der Anker zum Seitenrand muss mindestens 100mm betragen. Beim Aufbau der Konstruktion ist darauf zu achten, dass der obere Rand des Schutznetzes mindestens 1,0m oberhalb der Arbeitsfläche liegt. Eine Überlappung der Netze, wie in den Systemen S und T ist nicht erlaubt.⁸⁸ Dieses System V ist jedoch in Deutschland in der Regel nicht gebräuchlich.⁸⁹

⁸⁵Steiger, B., Steiger, C. (2012) Schutznetz System T, Online: http://www.sigeplan.de/schutznetzbilder/schutznetz_system_t_002.htm, Stand 18.08.2012)

⁸⁶DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 9

⁸⁷Steiger, B., Steiger, C. (2012) Auffangnetz Dachschutzwand 003, Online: http://www.sigeplan.de/schutznetzbilder/auffangnetz_dachschutzwand_003.htm, Stand 18.08.2012)

⁸⁸ Vgl. DIN EN 1263-2 (2002) Schutznetze (Sicherheitsnetze), Teil 2: Sicherheitstechnische Anforderungen für die Errichtung von Schutznetzen; ICS 13.340.99, S. 9-10

⁸⁹ Vgl. Glaser, T. (2008) Aktuelles zum Einsatz von Schutznetzen, Online: <http://www.arbeitsschutzdigital.de/ce/das-sachgebiet-schutznetze-im-fachausschuss-persoeliche-schutzausruestungen-fa-psa-informiert-aktuelles-zum-einsatz-von-schutznetzen/detail.html>, Stand 18.08.2012)

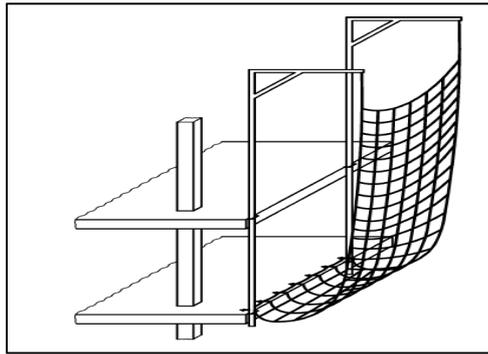


Abbildung 153: Schutznetz System V⁹⁰



Abbildung 154: Schutznetz System V (im Einsatz)⁹¹

6.4.3.3 Seilarten

Bei der Konstruktion und Montage der unterschiedlichen Netzsysteme werden verschiedene Seile verwendet. Dabei wird zwischen Rand-, Aufhänge- und Kopplungsseilen, die entweder gedreht oder geflochten werden, unterschieden. Diese Seiltypen unterscheiden sich nochmals in ihrer jeweiligen Konstruktion und der Mindestbruchkraft, die nach der DIN EN ISO 2307 bestimmt wird. Des Weiteren müssen die Seilenden gegen unabsichtliches Aufdrehen gesichert werden. Die verschiedenen Seilarten sind in der folgenden Tabelle abgebildet.⁹²

Tabelle 25: Seilarten⁹³

Benennung	Seil			Mindest- Bruchkraft (kN)					System	Bemerkung
	ohne Enden	mit Seilschlaufe	ohne Seilschlaufe	7,5	10	15	20	30		
F		x					x(a)		V	Aufhängeseil
G			x				x(a)		V	Aufhängeseil
H		x			x(b)				V	Aufhängeseil
J			x		x(b)				V	Aufhängeseil
K	x							x	S	Randseil
L		x						x(a)	S	Aufhängeseil
M			x					x(a)	S	Aufhängeseil
N		x		x					S,T,U,V	Kopplungsseil
O			x	x					S,T,U,V	Kopplungsseil
P	x						x		V	Randseil
R		x				x(b)			S	Aufhängeseil
Z			x			x(b)			S	Aufhängeseil
a) Bei einsträngiger Aufhängung										
b) Bei zweisträngiger Aufhängung										

⁹⁰DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 9

⁹¹Glaser, T. (2008) Aktuelles zum Einsatz von Schutznetzen, Online: <http://www.arbeitsschutzdigital.de/ce/das-sachgebiet-schutznetze-im-fachausschuss-persoенliche-schutzausruestungen-fa-psa-informiert-aktuelles-zum-einsatz-von-schutznetzen/detail.html> , Stand 18.08.2012)

⁹² Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen; ICS 13.340.99, S. 10-14

⁹³ DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen; ICS 13.340.99, S.10

6.4.4 Allgemeines: Arbeitsplattformnetze

Im Gegensatz zu den Schutznetzen dienen Arbeitsplattformnetze nicht dem Auffangen von abstürzenden Personen, sondern stellen eine Art Gerüst dar, das eine sichere Begehrbarkeit garantiert. Sie werden bei Arbeiten im Dachbereich von Hoch- und Industriebauten benötigt.⁹⁴ Der Vorteil ist, dass der Baugrund nicht durch ein Gerüst besetzt wird und daher gleichzeitig für andere Bauarbeiten zur Verfügung steht.

6.4.4.1 Anforderungen an Arbeitsplattformnetze

Die verwendeten Netze müssen nach DIN EN 1263-1 der Klasse B1 entsprechen, jedoch mit einer maximalen Maschenweite von 45mm. In der Regel wird zusätzlich noch ein weiteres Netz mit einer geringeren Maschenweite aufgehängt, so dass das Herunterfallen von Werkzeugen verhindert wird. Zur Erhöhung der Gehstabilität müssen zusätzliche Spannurte als Traversen in einem Rasterabstand von maximal 2,0 m x 2,0m eingefädelt werden. Der Abstand der Traversen zum Netzrand darf ebenfalls maximal 2,0m betragen. Die Spannurte müssen einen Tag nach der Montage nachgespannt werden.⁹⁵

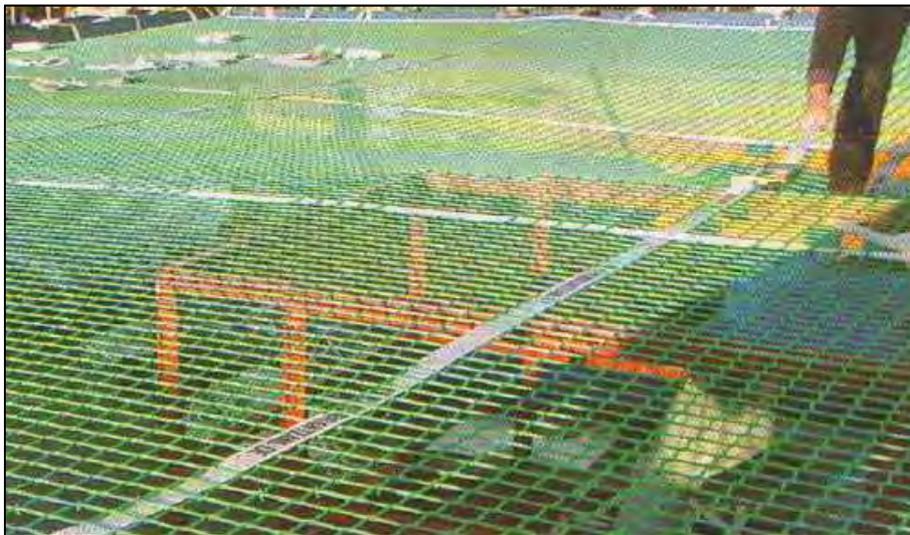


Abbildung 155:Arbeitsplattformnetz mit Traversen⁹⁶

Das Arbeitsplattformnetz darf nicht tiefer als 1,50m von der Unterkante des zu errichtenden Bauteils angebracht werden. Bei einer Belastung des Netzes durch eine Person darf das Netz maximal 0,5m durchhängen.⁹⁷

Arbeitsplattformnetze dürfen nur an tragenden Bauteilen befestigt werden, die die Belastungen tragen können. Dazu gehören Ringanker, Leimholzbinder, Stahl- und Stahlbetonträger.

⁹⁴ Vgl. Glaser, T. (2008) Aktuelles zum Einsatz von Schutznetzen, Online: <http://www.arbeitsschutzdigital.de/ce/das-sachgebiet-schutznetze-im-fachausschuss-persoeliche-schutzausruestungen-fa-psa-informiert-aktuelles-zum-einsatz-von-schutznetzen/detail.html> , Stand 18.08.2012)

⁹⁵ Vgl. BGI 662 (Januar 2007) Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen, S. 9

⁹⁶BGI 662 (Januar 2007) Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen, S. 10

⁹⁷ Vgl. BGI 662 (Januar 2007) Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen, S. 10

Der Abstand der Befestigungspunkte darf nicht mehr als 0,50m betragen. Die Befestigungsseile müssen eine Mindestbruchkraft von 30kN aufweisen.⁹⁸ Das Arbeitsplattformnetz darf nur mit einer Neigung von maximal 20° eingebaut werden.⁹⁹



Abbildung 156: Befestigung eines Arbeitsplattformnetzes¹⁰⁰

6.4.5 Allgemeines: Aktuelle Kennzeichnung von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen

Schutz- und Arbeitsplattformnetze müssen mit einem Etikett ausgestattet sein, auf dem alle wichtigen Informationen zum Netz notiert sind. Dasselbe gilt auch für die verschiedenen Seilarten, die bei der Konstruktion und Montage benötigt werden. Die genaue Art der Bezeichnung, beziehungsweise Kennzeichnung wird nachfolgend beschrieben.

6.4.5.1 Kennzeichnung der Seile

Bei der Kennzeichnung von Rand-, Aufhänge- und Kopplungsseilen muss der Bezug zur jeweiligen Norm, der Seiltyp und seine Länge genannt werden.¹⁰¹ Als Beispiel ist hier eine Kennzeichnung eines Seiles gegeben, die im Anschluss erklärt wird.

Seil EN 1263-1 – K 15

Anhand dieser Bezeichnung kann mit Hilfe der Tabelle aus Kapitel 6.4.3.3 die Art des Seiles bestimmt werden. In diesem Fall handelt es sich um ein 15m langes Randseil ohne spezielle Enden für ein Schutznetz des Systems S. Die Mindestbruchkraft beträgt 30kN.

⁹⁸ Vgl. BGI 662 (Januar 2007) Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen, S. 9

⁹⁹ Vgl. BGI 662 (Januar 2007) Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen, S. 9

¹⁰⁰ BGI 662 (Januar 2007) Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen, S. 9

¹⁰¹ Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 12

6.4.5.2 Kennzeichnung von Schutznetzen

Schutz- und Arbeitsplattformnetze müssen laut DIN EN 1263-1 eine Kennzeichnung in Form eines Etiketts haben, auf dem der Bezug zur jeweiligen Europäischen Norm, das Netzsystem, die Netzklasse, die Maschengröße, die Maschenanordnung, die Netzgröße und die Überwachungsstufe der Produktionskontrolle benannt werden. Des Weiteren müssen das Herstellungsdatum, die Mindestbruchkraft und die Mindestbruchenergie des Netzes an dem Etikett zu finden sein.¹⁰²



Abbildung 157: Etikett von vorne (links) und hinten (rechts)¹⁰³

Die Werte Mindestbruchkraft und Mindestbruchenergie sind Sollwerte, die bei einer Wartung des Netzes nicht unterschritten werden dürfen. Den nächsten Wartungstermin kann der Netzeigentümer ebenfalls auf dem Etikett einsehen, da es eine Prüfplakette besitzt, auf der der nächste Termin eingestanzt ist. Anhand der obigen Abbildung müsste das dem Etikett zugehörige Schutznetz im August 2013 gewartet werden. Bei dieser Überprüfung wird eine Prüfmasche des Schutznetzes einem Zugtest unterzogen. Der Ablauf wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

6.4.6 Allgemeines: Wartung und Kontrolle von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen

6.4.6.1 Sichtprüfung

Schutz- und Arbeitsplattformnetze können in der Regel, unabhängig vom Baustelleneinsatz 12 Monate lang nach ihrer Herstellung benutzt werden. Während der 12 Monate müssen sie nur überprüft werden, wenn sie durch eine abstürzende Person oder Gegenstand belastet wurden.

¹⁰² Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 12

¹⁰³ Eigene Photographie eines Schutznetzetiketts der Fa. Huck GmbH (Stand 19.08.2012)

Die Überprüfung besteht aus einer Sichtprüfung, die nur von einem Sachkundigen durchgeführt werden darf. Im Rahmen der Prüfung wird untersucht, ob sicherheitstechnische Mängel, wie Beschädigung des Randseils oder Garnrisse, vorhanden sind, die die Tragfähigkeit des Netzes gefährden.¹⁰⁴

6.4.6.2 Prümmaschenprüfung

Nach 12 Monaten ohne besonderen Zwischenfall, muss der Besitzer des Schutznetzes dafür sorgen, dass das Schutznetz einer Alterungsprüfung unterzogen wird. Dies ist notwendig, damit das Schutznetz eine Zulassung für die nächsten 12 Monate bekommt, da sich die Tragfähigkeit durch Sonneneinstrahlung, Temperatur und Feuchte verringern kann.¹⁰⁵

Bei der Alterungsprüfung, dem sogenannten Zugtest, wird nicht das ganze Schutznetz geprüft, sondern nur eine Prümmasche des Netzes. Schutznetze müssen mit mindestens einer Prümmasche ausgestattet sein, die lose durch die Maschen gezogen und in der Nähe des Randseils befestigt wird. Eine Prümmasche besteht aus mindestens drei Netzmaschen.¹⁰⁶ In der Regel befinden sich jedoch drei bis vier Prümmaschen, abhängig vom Hersteller, an einem Schutznetz. Die Prümmaschen sind mit einer Plombe und einer Nummer versehen, die den jeweiligen Netzen zugeordnet werden kann, da das Etikett des Netzes mit derselben Plombe und Nummer versehen ist.

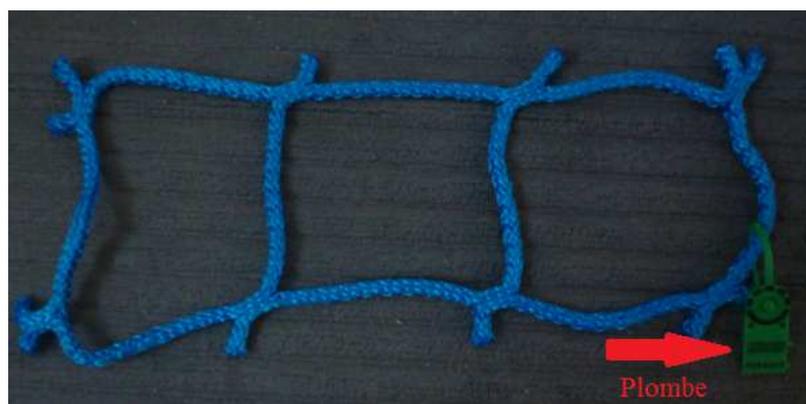


Abbildung 158: Prümmasche mit Plombe

6.4.6.3 Zuständigkeit der Wartung

Die Wartung eines Schutz- bzw. Arbeitsplattformnetzes liegt in der Zuständigkeit seines Besitzers. Dieser muss dafür sorgen, dass die Prümmasche entweder an eine Institution geschickt wird, welche einen Zugtest nach DIN ISO 1806 durchführen kann oder er führt diesen selbst durch, wenn er die entsprechenden Geräte besitzt. Bei der Prüfung werden die Bruchkraft und das Energieaufnahmevermögen der Prümmaschen bestimmt. Diese Werte dürfen die auf dem Etikett notierten Mindestwerte nicht unterschreiten.

¹⁰⁴ Vgl. BGR 179 (Juli 2000) Einsatz von Schutznetzen, S. 20

¹⁰⁵ Vgl. BGR 179 (Juli 2000) Einsatz von Schutznetzen, S. 20

¹⁰⁶ Vgl. DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99, S. 14

Die Ergebnisse des Zugtestes werden dokumentiert und anschließend an den Hersteller bzw. Besitzer gesandt. Dieser überprüft die Einhaltung der zulässigen Sollwerte und nach positiv bestandener Zugprüfung wird ein neues Etikett an den Besitzer des Netzes vergeben. Der Besitzer kennzeichnet das Schutznetz mit dem neuen Etikett.



Abbildung 159: Vorder- (links) und Rückseite (rechts) des neuen Etiketts¹⁰⁷

Daraufhin darf das Netz für weitere 12 Monate genutzt werden. Das neue Etikett ist kleiner als das Originaletikett, da auf ihm nur die Netz- bzw. Plombennummer und der nächste Wartungstermin vermerkt werden. Es wird zusätzlich neben dem alten Etikett angebracht und nach jedem erfolgreichen Zugtest erneuert. Das alte Etikett bleibt als Original erhalten, da auf ihm die nach DIN EN 1963 - 1 geforderten Daten notiert sind.¹⁰⁸

6.4.6.4 Kontrolle von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen durch die BG BAU

Die Kontrolle von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen erfolgt auf der Baustelle durch die BG BAU, indem sie zum Einen eine Sichtprüfung, vgl. Ziff. 6.4.6.1 und zum Anderen die Kontrolle der regelmäßig zu absolvierenden Zugtests, vgl. Ziff. 6.4.6.2 durchführt.

6.4.7 Einsatz der RFID-Technik zur Unterstützung von Wartungs- und Kontrollprozessen bei Schutz- und Arbeitsplattformnetzen

6.4.7.1 Vorgehensweise

Im Folgenden wird beispielhaft aufgezeigt, in wieweit die aktuellen Ist-Prozesse zur Wartung von Arbeits- und Schutznetzen inklusive der Prüfung der Prüfmaschen durch den Einsatz der RFID-Technik unterstützt werden könnten. Hierbei wurde zunächst für den Prozess „Prüfung der Prüfmaschen“ durch eine Prüf- und Zertifizierungsstelle und den Prozess „Sichtprüfung und Kontrolle der Schutz- und Arbeitsplattformnetze“ durch die BG BAU eine Ist-Prozessanalyse mit Fokus auf den zugehörigen Informationsfluss und das Dokumentenmanagement durchgeführt. Im Anschluss erfolgte eine Schwachstellenanalyse und die Konzeptionierung und Modellierung eines Soll-Prozesses unter Einsatz der RFID-Technologie.

¹⁰⁷ Eigene Abbildung des neuen Etiketts (Stand 18.08.2012)

¹⁰⁸ Vgl. Huck GmbH (2011), Bauschutznetze. Baukatalog 2011/2012, S. 22

Die Prozessdarstellung erfolgt mittels der Modellierungssoftware „Enterprise Architect“. Das Programm bedient sich unter anderem der grafischen Spezifikationssprache „Business Process Model and Notation 2.0“ (BPMN 2.0), welche Symbole und Modellierungsweisen standardisiert, mit denen Geschäftsprozesse modelliert und dokumentiert werden können.¹⁰⁹ Die Änderungen im Soll-Prozess bzw. die Durchführung eines Prozessredesigns wurden im Vergleich zur Darstellung des Ist-Prozesses farblich markiert.

Die Konzeptionierung des Soll-Prozesses wird dazu genutzt das Nutzenpotenzial für die erwähnten Prozesse aufzuzeigen und die Basis für die Definition der Anforderungen an das RFID-System zum Nachweis der technischen Machbarkeit, vgl. Kap. 6.4.8, zu bilden.

6.4.7.2 Prozess- Akteur Prüf- und Zertifizierungsstelle: Prüfung der Prüfmaschinen

Analyse des Ist- Prozesses

Sobald die Prüfmaschine vom Netzbesitzer, häufig Netzvermieter, zum Prüfinstitut geschickt wird, muss sie vor dem Zugtest in einer Klimakammer bei 20°C (± 2) und einer relativen Luftfeuchte von 65% (± 5) für 24 Stunden gelagert werden. Die Prüfung kann ebenfalls in nassem Zustand durchgeführt werden, wenn es mit dem Netzeigentümer vorher abgesprochen wurde. Der eigentliche Zugtest wird mit einer Zugprüfmaschine durchgeführt, die den Anforderungen der DIN EN ISO 1806 entsprechen muss. Vor dem Beginn des Zugtestes muss die Prüfmaschine mit Hilfe von Dornen oder mittels Schlingen in das Prüfgerät eingehängt werden. Da die Prüfmaschine aus 3 Netzmaschinen besteht, wird nur die mittlere Maschine in die Zugprüfmaschine eingespannt. Die Ergebnisse der Prüfung werden in einem Prüfbericht nach DIN EN ISO 1806 erfasst und dokumentiert.¹¹⁰

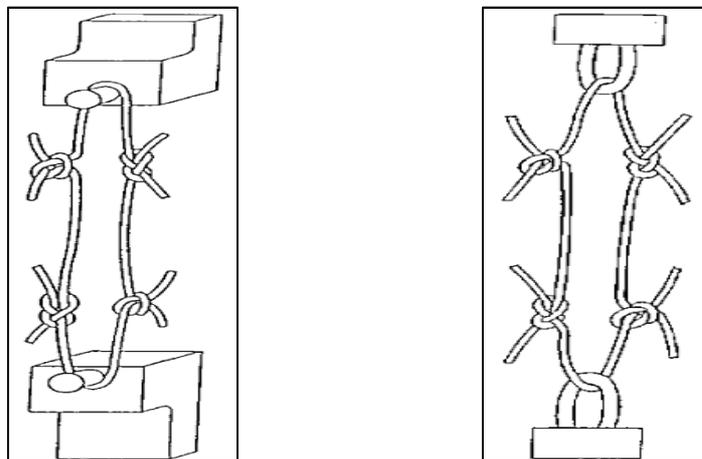


Abbildung 160: Einspannung mittels Dornen (links) und Schlingen (rechts)¹¹¹

¹⁰⁹ Online: http://de.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Model_and_Notation

¹¹⁰ Vgl. DIN EN ISO 1806 (2002) Bestimmung der Maschen- Höchstzugkraft von Netztuchen, ICS 65.150, S. 5-7

¹¹¹ DIN EN ISO 1806 (2002) Bestimmung der Maschen- Höchstzugkraft von Netztuchen, ICS 65.150, S. 8

Der Prüfbericht wird nicht an den Netzeigentümer geschickt, er verbleibt im Prüfinstitut und wird dort in einer Akte für 10 Jahre aufbewahrt. Die Prüfmaschine erstellt ein Protokoll, aus dem die erreichten Werte abgelesen werden können.

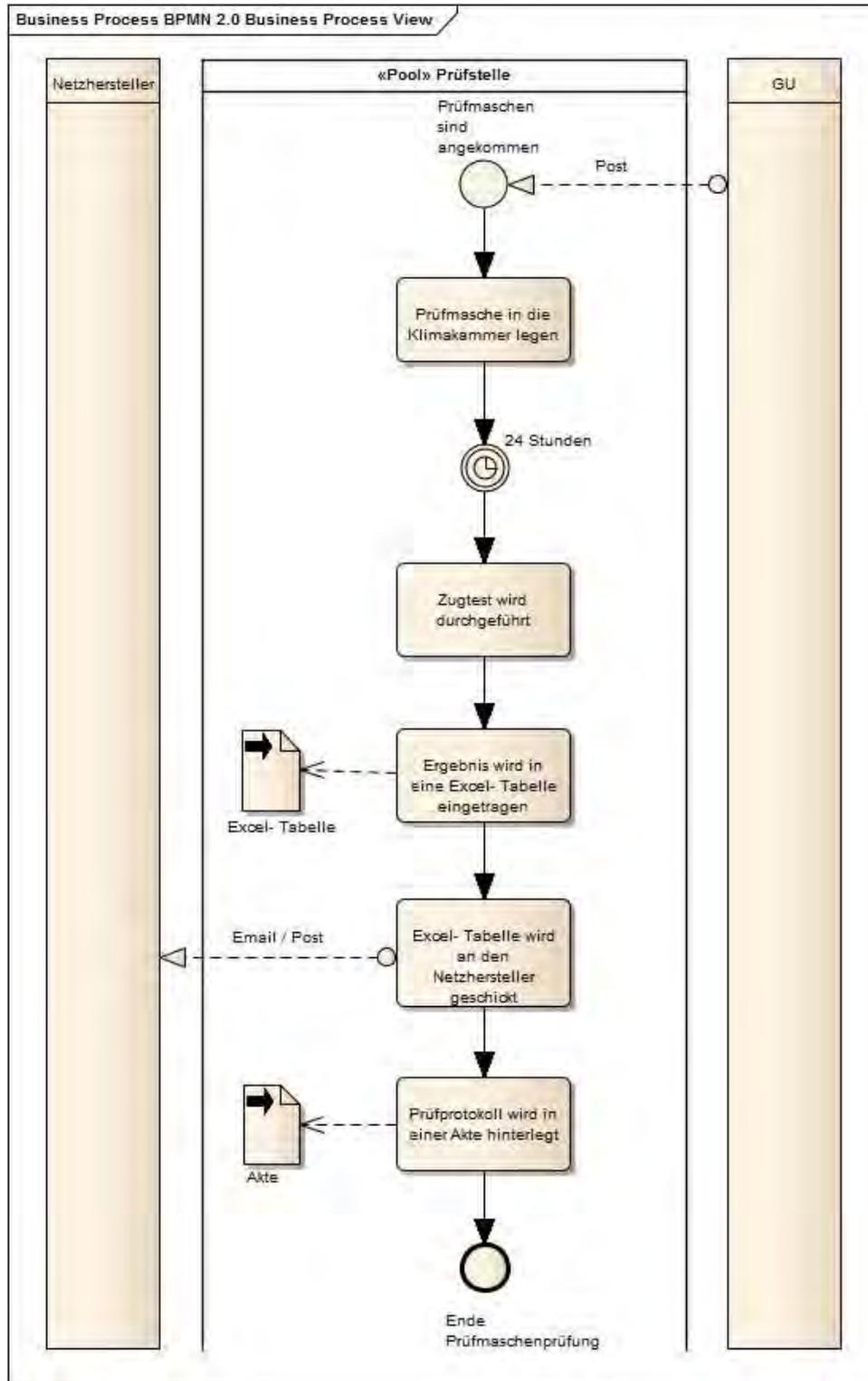


Abbildung 161: Ist-Prozess "Prüfung der Prüfmaschen"

Die Prüf- und Zertifizierungsstelle bekommt von jedem Netzhersteller eine Excel Tabelle. Diese besteht aus den Spalten Plombennummer, Mindestaufnahmeenergie und Mindestbruchkraft. Die im Zugtest erreichten Werte sowie die Plombennummer werden in diese Tabelle eingetragen und an den Netzhersteller per E-Mail oder Post zurückgeschickt. Der Netzhersteller muss daraufhin prüfen, ob das entsprechende Schutznetz die Mindestwerte eingehalten hat oder nicht. Bei bestandener Prüfung kann er das neue Etikett mit neuem Termin zur Alterungsprüfung an dem Schutz- bzw. Arbeitsplattformnetz anbringen bzw. dem Netzeigentümer zu schicken.¹¹²

Analyse der Schwachstellen

Der Zugtest der Prüfmaschen von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen wurde eingeführt, um deren Zuverlässigkeit auf der Baustelle gewährleisten zu können. Die Durchführung dieser Prüfung weist jedoch Schwachstellen auf.

Eine Schwachstelle liegt darin begründet, dass die Hersteller bzw. Besitzer von Netzen i.d.R. keine zentrale Datenbank pflegen, die rechtzeitige Warnsignale bezüglich der nächsten Wartungstermine liefert. Die Hersteller bzw. Besitzer der Netze prüfen häufig manuell die Etiketten, um den nächsten Wartungstermin zu erfahren. Die Prüf- und Zertifizierungsstelle wird erst tätig, wenn sie den Auftrag zur Durchführung des Zugtests bekommt. Die Folge können verspätet durchgeführte Zugtests sein¹¹³, die unter Umständen zu Unfällen auf der Baustelle führen können.

Eine weitere Schwachstelle kann darin gesehen werden, dass der Netzhersteller selber entscheiden kann, ob die Prüfmasche eines Schutznetzes den Zugtest bestanden hat oder nicht. Die Prüfstelle liefert nur die Ergebnisse des Zugtests. Die Folge könnten Manipulationen sein. Im Falle eines Unfalls auf der Baustelle, ist die Prüf- und Zertifizierungsstelle jedoch rechtlich abgesichert, da sie die Prüfberichte 10 Jahre lang aufbewahrt.¹¹⁴

Konzeptionierung des Soll- Prozesses

Bis zur Durchführung des Zugtests verläuft der Soll-Prozess wie im Ist-Prozess. Sobald das Ergebnis des Zugtests vorliegt, werden durch Eingabe oder AutoID-basiertes Einscannen der Netzidentifikationsnummer (Netz-ID identisch mit Prüfmaschenplombennummer) die Soll-Daten (Soll-Mindestbruchkraft und Soll-Mindestaufnahmeenergie) aus einer zentralen Datenbank abgerufen. Die Ergebnisse des Zugtests werden mit den Soll-Werten vom Prüfer verglichen. Das Ergebnis (Zugtestprüfung bestanden oder nicht bestanden) wird in der zentralen Datenbank ergänzt.

Das Prüfprotokoll wird weiterhin in einer Akte abgelegt und für 10 Jahre aufbewahrt.

¹¹² Vgl. BAUTZ, J. P., Prüf- und Zertifizierungsstelle für persönliche Schutzausrüstung in Haan

¹¹³ Vgl. BAUTZ, J. P., Prüf- und Zertifizierungsstelle für persönliche Schutzausrüstung in Haan

¹¹⁴ BAUTZ, J. P., Prüf- und Zertifizierungsstelle für persönliche Schutzausrüstung in Haan

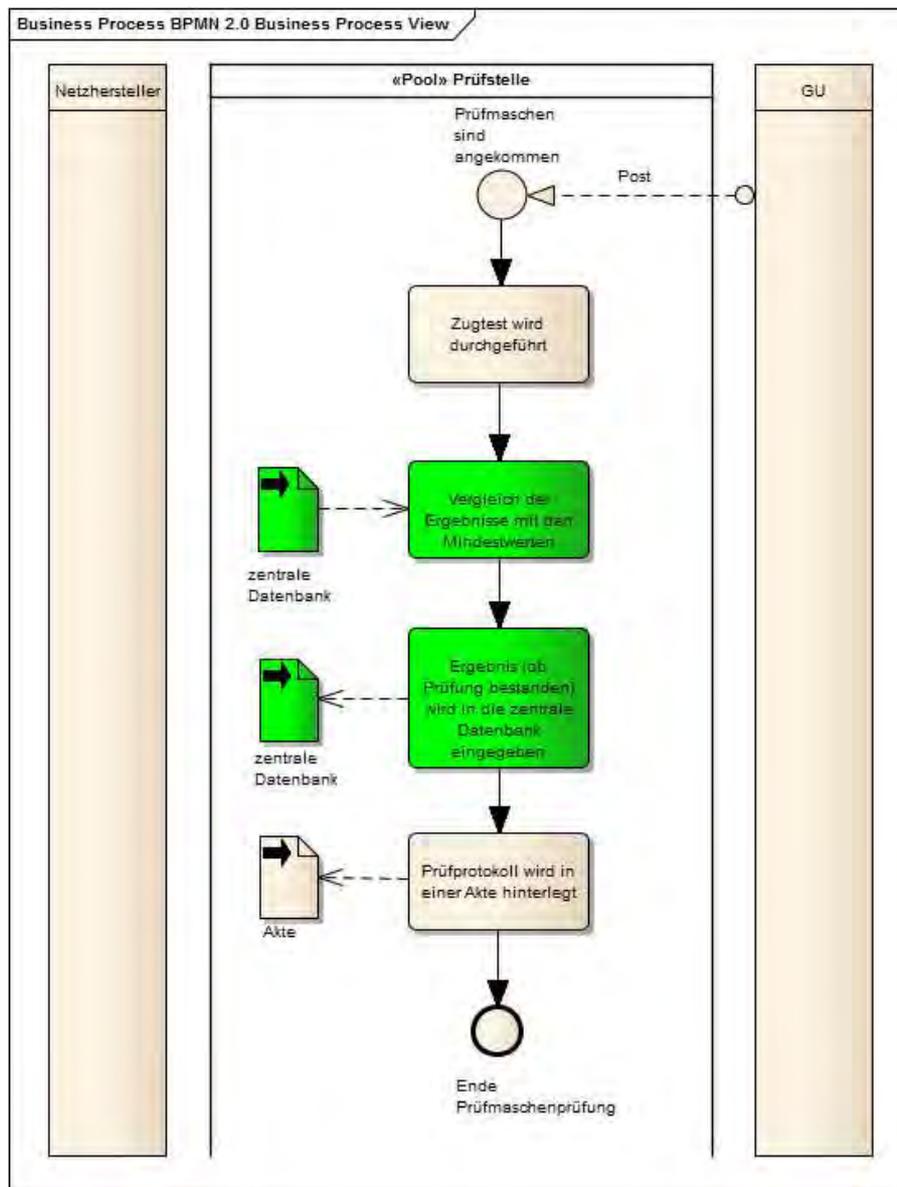


Abbildung 162: Soll-Prozess "Prüfung der Prüfmaschen"

Nutzenpotenzial

Der Vorteil liegt in dem eigentlichen Prozess der Durchführung einer Kontrolle der Prüfmasche durch einen Zugtest. Die Prüfstelle kann durch den Zugriff auf die Soll-Werte in der zentralen Datenbank die Kontrolle (Soll/Ist-Vergleich) selber durchführen. Hierdurch kann ein möglicher Täuschungsversuch durch den Netzhersteller unterbunden werden.

6.4.7.3 Prozess - Akteur BG BAU: „Sichtprüfung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschenprüfung auf der Baustelle“

Zu den Aufgaben der BG BAU gehört u.a. die Durchführung der Kontrolle von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen auf den Baustellen. Dabei werden nicht nur der allgemeine Zustand der Netze und deren richtige Montage, sondern auch die Etiketten von der BG BAU in Bezug auf regelmäßige Wartungszyklen kontrolliert.

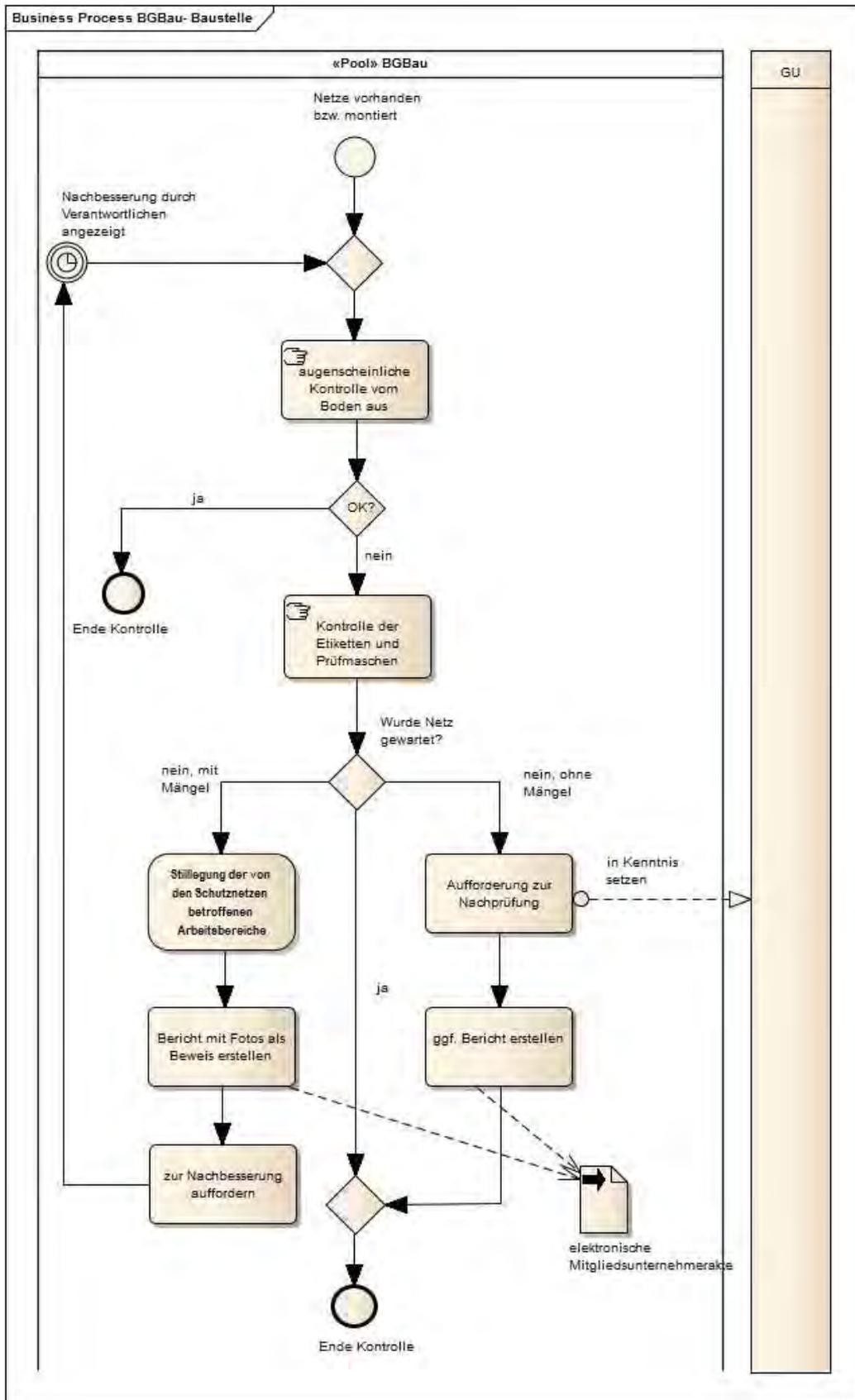


Abbildung 163: Ist-Prozess "Sichtprüfung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschenprüfung auf der Baustelle durch die BG BAU"

Sobald Schutz- oder Arbeitsplattformnetze auf der Baustelle montiert wurden, beginnt der Prozess „Sichtprüfung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschenprüfung auf der Baustelle durch die BG BAU“. Beim Eintreffen des Kontrolleurs auf der Baustelle untersucht dieser die Schutznetze augenscheinlich vom Boden aus. Wenn er keine Mängel feststellen kann, beendet er die Kontrolle der Netze. Falls Mängel bzw. Unregelmäßigkeiten augenscheinlich erkannt werden, werden Etiketten und Prüfmaschen der jeweiligen Netze kontrolliert. Dabei wird untersucht, ob die Netze gewartet wurden. Sind die Mängel nicht gravierend und das Netz hat eine gültige Prüfplakette wird auch hier die Kontrolle beendet. Falls das Netz nicht rechtzeitig gewartet wurde, wird der Bauleiter oder sein Vertreter aufgefordert, die Prüfmasche des Netzes einem Zugtest zu unterziehen. Er wird die Baustelle nicht stilllegen, solange es keine gravierenden Mängel gibt. Gegebenenfalls wird ein Bericht erstellt. Die Bescheinigung über die bestandene Alterungsprüfung muss dem Kontrolleur nachgereicht werden.

Bei schweren Mängeln kann der Kontrolleur die von den Schutz- und Arbeitsplattformnetzen betroffenen Baustellenbereiche stilllegen. Das bauausführende Unternehmen wird daraufhin beauftragt die Mängel zu beseitigen bzw. neue Schutz- oder Arbeitsplattformnetze anzubringen. Sobald dies geschehen ist, beginnt der Prozessablauf erneut mit einer neuen Kontrolle.

Als Beweis wird immer ein Bericht erstellt und mit mehreren Fotos der Etiketten und der schadhaften Stellen der Netze belegt. Der Bericht wird in der internen elektronischen Mitgliedsunternehmerakte der BG BAU gespeichert. Bei mehreren Verstößen kann ebenfalls ein Bußgeld verhängt werden.¹¹⁵

Analyse der Schwachstellen

Die BG BAU verfügt über eine eigene Datenbank, in der alle Baustellen für definierte Bezirke hinterlegt werden. In dieser Datenbank werden jedoch keine Information bezüglich des Einsatzes von Schutz- bzw. Arbeitsplattformnetzen auf Baustellen hinterlegt. Die Mitarbeiter der BG BAU erfahren in der Regel nur während der Baustellenbegehung, ob dort Schutz- oder Arbeitsplattformnetze montiert wurden oder noch montiert werden sollen. I.d.R. verlassen sich die Kontrolleure auf die eigene Erfahrung. Große Baustellen mit großen Höhen weisen auf den Einsatz von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen hin. Schlimmstenfalls kommt es sogar vor, dass der Kontrolleur erst zur Besichtigung der Baustelle erscheint, nachdem die Schutz- und Arbeitsplattformnetze abmontiert wurden. Dieser Fall tritt regelmäßig auf, da die Schutznetze erfahrungsgemäß nur ein bis zwei Wochen auf der Baustelle vorhanden sind.¹¹⁶

Ein weiteres Problem ist die Erreichbarkeit der Schutz- und Arbeitsplattformnetze während der Kontrolle der Etiketten, da die Netze in großen Höhen montiert werden. Laut DIN 1263-1 müssen die Netze so angebracht werden, dass die Etiketten am Rand eines begehbaren und standsicheren Tragwerks liegen.

¹¹⁵ Laut Aussage von Herrn Schweniger, BG BAU am 24.01.2012

¹¹⁶ Laut Aussage von Herrn Schweniger, BG BAU am 24.01.2012

In einigen Fällen sind die Etikette jedoch schlecht erreichbar angebracht. Um die Etikette einsehen zu können, sind die Mitarbeiter der BG BAU auf eine Hebebühne oder ein Gerüst angewiesen.

In vielen Fällen kommt es vor, dass die Etiketten gefälscht werden. Dabei wird beispielsweise ein neueres Datum für den nächsten Zugtesttermin von einer dazu nicht befähigten Person eingestanz, obwohl keine Alterungsprüfung durchgeführt wurde. Ein solches Fehlverhalten kann nur aufgedeckt werden, wenn man Maschenanzahl mit durchgeführten Zugtest vergleicht.¹¹⁷

In seltenen Fällen kommt es vor, dass der Monteur ein falsches Schutznetz anbringt, das nach DIN 1263-1 für die Absturzsicherung gar nicht in Frage kommt.¹¹⁸

Konzeptionierung des Soll- Prozesses

Die Begehung der Baustelle beginnt beim Soll-Prozess „Sichtprüfung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschenprüfung auf der Baustelle durch die BG BAU“ wie beim Ist-Prozess mit einer augenscheinlichen Kontrolle der bereits montierten Schutz- und Arbeitsplattformnetze vom Boden aus. Werden von dem Prüfer keine Mängel erkannt, wird die Kontrolle der Schutz- oder Arbeitsplattformnetze beendet. Sind jedoch kleine Mängel zu erkennen, kann der Kontrolleur das RFID-System nutzen um sich die Kontrolle zu erleichtern.

Dabei muss der Kontrolleur die mit RFID-Tags versehenen Etiketten mit seinen Handscanner scannen. Sobald der RFID-Reader den Transponder erfasst hat, erscheint auf dem Handleser die zum Schutznetz gehörige Netz-ID und die aktuellen Wartungsdaten, die vorab vom Netzhersteller in der zentralen Datenbank abgelegt wurden. Des Weiteren können auf dem Handleser alle nötigen Netzproduktinformationen, die ebenfalls vorab in einer zentralen Datenbank vom Hersteller oder Besitzer abgelegt wurden, erscheinen.

Falls das kontrollierte Schutz- bzw. Arbeitsplattformnetz korrekt gewartet wurde, wird die Kontrolle beendet. Falls das kontrollierte Netz nicht gewartet wurde und keine augenscheinlichen Mängel zu erkennen sind, kann der Kontrolleur auf eine Nachprüfung bestehen.

Bei groben augenscheinlichen Mängeln verfährt der Kontrolleur auf dieselbe Weise, wie im Ist-Prozess. Die entsprechenden Baustellenbereiche werden stillgelegt. Der Prüfer erstellt daraufhin einen Bericht und macht einige Fotos als Beweis. Die Daten werden in der eigenen Mitgliedsunternehmerakte gespeichert. Stellt er jedoch fest, dass es mehrere Verstöße des Bauunternehmers gegeben hat, kann die BG BAU ein Bußgeld verhängen. Die Baustelle wird erst wieder frei gegeben, sobald der Bauunternehmer neue, sichere Netze montiert hat.

Das Ergebnis der „Sichtprüfung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschenprüfung auf der Baustelle durch die BG BAU“ kann ebenfalls in der zentralen Datenbank hinterlegt werden.

¹¹⁷ Laut Aussage von Herrn Schweniger, BG BAU am 24.01.2012

¹¹⁸ Laut Aussage von Herrn Schweniger, BG BAU am 24.01.2012

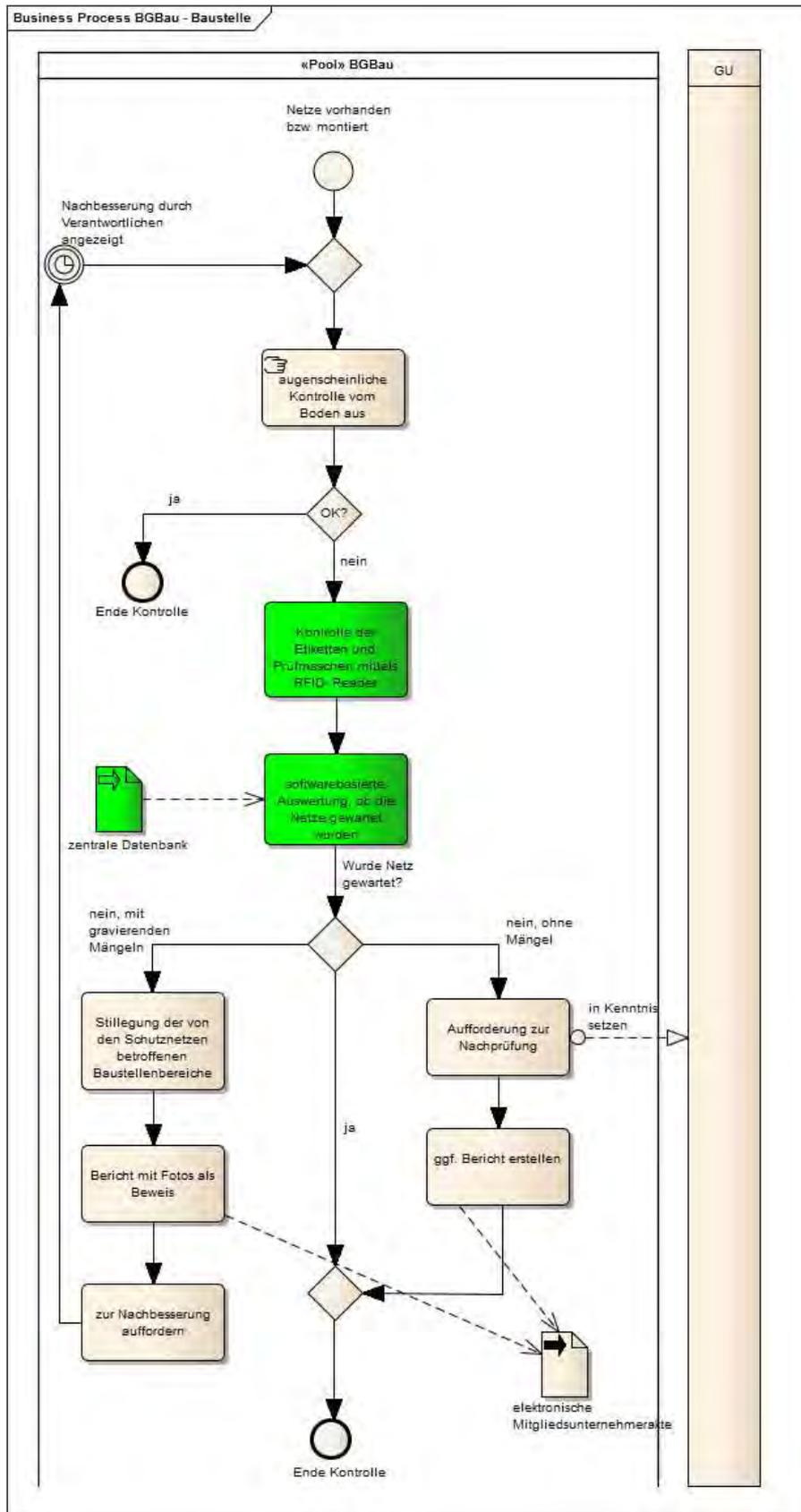


Abbildung 164: Soll-Prozess "Kontrolle der Schutz- und arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschenprüfung auf der Baustelle durch die BG BAU"

Nutzenpotenzial

Ein erster Vorteil liegt in dem Prozess der Kontrolle der Etiketten. Beim Ist-Prozess fällt es dem Prüfer häufig schwer das Etikett zu erreichen und die erforderlichen Daten zu lesen. Das Unfallrisiko ist erhöht. Durch den Einsatz der RFID-Technik wird ihm die Kontrolle erleichtert. Er kann den RFID-Tag des Schutznetzes aus sicherer Entfernung scannen ohne sich das Etikett ansehen zu müssen (vgl. nachfolgende Abbildung).



Abbildung 165: Kontrolle eines Etiketts mittels Handleser

Mittels des Handlesers kann der Kontrolleur alle erforderlichen Daten, wie durchgeführte Wartung und Netzproduktinformationen, aus der zentralen Datenbank abrufen. Die Kontrolle der Netzklasse könnte durch eine zusätzliche Integration der Klassifizierungsnummer auf dem Transponder der am Netz befestigt wird, gewährleistet werden. Des Weiteren könnte das Ergebnis der augenscheinlichen Sichtprüfung des Netzes mit Hilfe des Handlesers ebenfalls als Datensatz einer zentralen Datenbank hinzugefügt werden.

6.4.8 Definition der Anforderungen an das RFID-System zum Nachweis der technischen Machbarkeit

Im Folgenden werden die Anforderungen an die RFID-Technik zur Umsetzung eines sog. „intelligenten Etiketts (Etikett inklusive RFID-Transponder)“ sowie der Kennzeichnung der Plakette und der Plomben aufgezeigt. Dabei wird zwischen Anforderungen aus den Wartungs- bzw. Kontrollprozessen, Ziff. 6.4.7 und den Anforderungen aus Umgebungseinflüssen unterschieden. Die Basis bietet die passive RFID-Technik im UHF-Frequenzbereich, vgl. Ziff. 4.2.2.

6.4.8.1 Anforderung an die Beschreibbarkeit von Transpondern

Um die Prozesse der Wartung und Kontrolle von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen zu unterstützen, müssen die Etiketten, die Plaketten und die Plomben der Prüfmaschinen der Netze mit RFID-Transpondern ausgestattet werden, die beschreibbar sind.

Die Transponder zur Kennzeichnung der Netze wurden vorab mittels der in Kap. 6.2 beschriebenen Kennzeichnungs- und Klassifizierungssystematik beschrieben. Die Transponder zur Kennzeichnung der Plomben und der Plakette wurden mit der Kennzeichnungssystematik beschrieben. Durch diese Art der Kennzeichnung können das Netz, die Plakette und die Prüfmaschinen eindeutig identifiziert werden. Durch den klassifizierenden Teil der Nummer auf den Transpondern zur Kennzeichnung der Netze kann die Netzart jederzeit, auch unabhängig von der zentralen Datenbank, festgestellt werden.

6.4.8.2 Anforderungen an den RFID-Reader

Das Erfassen der Transponder erfolgt mit einem mittels spezieller Software ausgestatteten RFID-Reader. Diese Software wird benötigt, um Daten an ein entsprechendes IT-System zu versenden bzw. Daten von ihm zu empfangen, wie z.B. einer zentralen Datenbank und diese für beispielsweise Soll/Ist-Vergleiche zu nutzen, vgl. Ziff. 6.4.8.4.

Für das Einscannen mit dem Handleser muss eine Reichweite von einigen Metern gewährleistet werden, damit die Kontrolle der Schutz- und Arbeitsplattformnetze auf der Baustelle erleichtert werden kann.

6.4.8.3 Anforderungen an das RFID-System aus den Umgebungseinflüssen

Im Hinblick auf Umgebungseinflüsse wird zwischen Witterungseinflüssen und den Einflüssen beim Transport von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen unterschieden. Dabei spielt die Kapselung des RFID-Tags eine große Rolle, da sie aufgrund der Verwendung im Freien der natürlichen Witterung ausgesetzt ist und dieser widerstehen muss. Sie ist die Hauptgrundlage, damit der RFID-Tag einwandfrei und vor allem dauerhaft funktionieren kann.

Zu den Witterungseinflüssen im Sommer gehören Sonneneinstrahlung und die damit verbundenen Temperaturen.

Dieselben Anforderungen gelten auch für den Winter, bei denen die RFID-Tags dauerhaften Temperaturen im Minusbereich ausgesetzt sein können. Sie müssen bei Temperaturen von bis zu -20°C funktionsfähig bleiben. Zwar ist die Gewährleistung eines Lesevorgangs bei solch extremen Temperaturen nicht unbedingt notwendig, der Transponder sollte allerdings über entsprechende Temperaturtoleranzen hinsichtlich der zerstörungsfreien Lagerung verfügen. Aufgrund von starken Niederschlägen, muss die Kapselung zusätzlich wasserdicht sein, damit die Feuchtigkeit die Transponder nicht beschädigt. Neben den Witterungseinflüssen müssen die RFID-Tags ebenfalls den Transport und die Montage schadensfrei überstehen können. Da die Schutz- und Arbeitsplattformnetze in der Regel in einer Transportbox oder in einem Container transportiert werden, kann es dazu kommen, dass die Etiketten zusammengedrückt bzw. geknickt werden.

Dieses Knicken darf die Transponder ebenfalls nicht beschädigen. Dasselbe gilt auch für den Fall, wenn das Netz fallengelassen bzw. über den Boden geschleift wird. Neben der Schadensfreiheit muss die Kapselung ebenfalls aus einem Material bestehen, das sich leicht und dauerhaft an das Etikett anbringen lässt. Der RFID-Tag darf sich auf keinen Fall, in den oben genannten Fällen, von dem Etikett lösen können.

6.4.8.4 Anforderung an die zentrale Datenbank

Die zentrale Datenbank könnte beispielsweise bei der BG BAU eingerichtet sein. In dieser Datenbank sollten alle Kennzeichnungs- und Klassifizierungsnummern der Etiketten, Plaketten und Plomben der Schutz- und Arbeitsplattformnetze von den Netzherstellern abgelegt werden.

Zusätzlich sollte die Datenbank um die Produktinformationen durch die Hersteller ergänzt werden.

Ergebnisse der Prüfmaschenprüfung durch die Prüfstellen oder die Hersteller sowie die Ergebnisse der Sichtprüfung und der Etiketten- bzw. Plakettenkontrolle sollten durch die BG BAU ergänzt werden.

Jeder an den Prozessen beteiligte unternehmensübergreifende Akteur sollte auf die Datenbank zugreifen können. Der Zugriff auf die Informationen in der Datenbank hängt vom Berechtigungsprofil der Akteure ab, daher müssen dem Zugriff entsprechende Berechtigungsprofile hinterlegt werden können.

Folgende Abbildung zeigt einen Überblick der Akteure, die am Prozess der Wartung, der Sichtprüfung und Kontrolle der Schutz- und Arbeitsplattformnetze beteiligt sind.

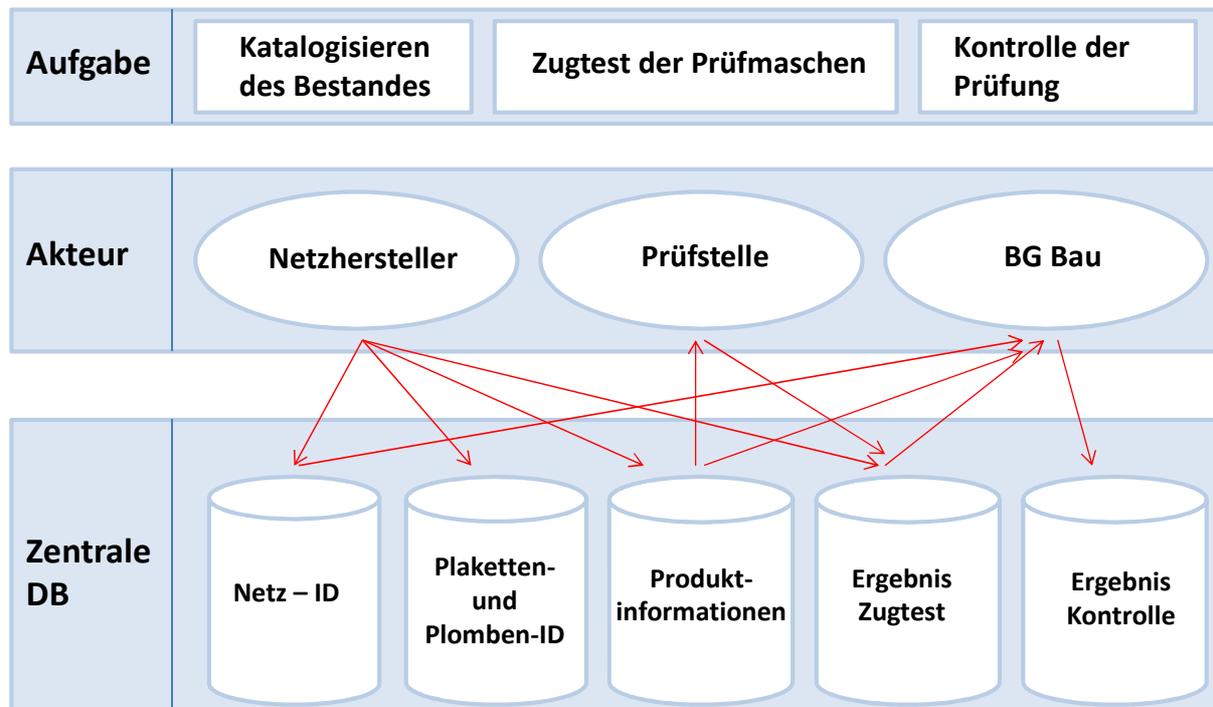


Abbildung 166: Zentrale Datenbank

6.4.9 Untersuchungen zum Nachweis der technischen Machbarkeit

Um die technische Machbarkeit nachzuweisen wurden Reichweitentests unter Berücksichtigung verschiedener Witterungseinflüsse durchgeführt. Hierzu erfolgten die Auswahl eines geeigneten Handlesers und eine Vorauswahl möglicher RFID-Transponder.

6.4.9.1 Auswahl Handleser

Für die Reichweitentests wurde ein Smart Terminal AT870 als Handleser gewählt. Folgende Funktionen zeichnen dieses Gerät aus:

- Geringes Gewicht garantiert hohe Mobilität
- Windows CE 5.0 als Betriebssystem
- 1D /2D Barcode Scanner
- HF / UHF RFID Gun
- WLAN / Bluetooth /GPS
- GSM / GPRS /EDGE



Abbildung 167: RFID-Reader

6.4.9.2 Auswahl RFID- Transponder

Bei der Auswahl geeigneter Transponder wurde vor allem auf die Lesereichweite und die Möglichkeit einer 3D-Erfassung geachtet. Die 3D- Erfassung erlaubt das Einscannen der Transponder aus verschiedenen Winkeln, so dass das Anbringen der Transponder auf dem Etikett möglichst lageunabhängig erfolgen kann. Es wurden zwei Transponder mit der 3D-Erfassung (Frog 3D und Apparel 3D) untersucht. Des Weiteren wurden noch andere RFID-Transponder ausgewählt, um ein breites Spektrum an Daten aus den Reichweitentests zu bekommen. Von jedem Transpondertyp wurden jeweils drei Exemplare unter verschiedenen Bedingungen einem Reichweitentest unterzogen.

In den folgenden Abbildungen sind die getesteten Transponder aufgeführt.

UPM Raflatac



Abbildung 168: Frog



Abbildung 169: Frog 3D



Abbildung 170: Webx



Abbildung 171: DogBone

Invengo



Abbildung 172: Apparel 3D

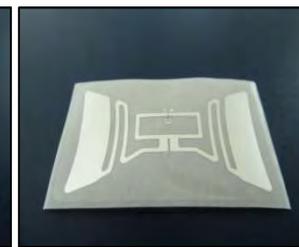


Abbildung 173: Butterfly

Alien



Abbildung 174: ALN-9662 SHORT



Abbildung 175: ALN-9634 2x2 (TIE)



Abbildung 176: ALN-9654 G



Abbildung 177: ALN-9627 H

6.4.9.3 Durchführung des Reichweitentests

Umgebungseinflüsse

Um ein breites Feld an Messdaten zu erhalten, wurden die Reichweiten unter drei verschiedenen Witterungsbedingungen gemessen. Dazu gehören die Messungen bei durchschnittlichen Sommertemperaturen (ca. 19°C ohne Regen), kalten Wintertagen (Lagerung der Transponder in Tiefkühltruhe bei -18°C für drei Tage) sowie Messungen bei starkem Niederschlag (Lagerung der Transponder im Regen für zwei Tage, 7°C).

Versuchsaufbau und Versuchsbeschreibung

Die Transponder wurden jeweils an die Innenseite des Etiketts der Netze geklebt (siehe folgende Abbildung).



Abbildung 178: Etikett mit Transponder

Das Schutznetz inklusive Etikett wurde von einem Dach, mit dem Etikett nach unten aufgehängt. Um die Reichweiten messen zu können, wurde ein Maßband auf dem Boden ausgelegt, sodass die Null unterhalb des Etiketts lag. Anschließend begann die Messung der Reichweite. Dabei stellte sich eine Versuchsperson mit dem RFID-Reader in einer Entfernung von 10 Metern zum Netz auf.

Das Handlesegerät wurde in Richtung des Transponders auf das Etikett ausgerichtet und die Versuchsperson näherte sich langsam dem Schutznetz. Sobald der RFID-Tag erfasst wurde, wurde der Abstand mittels Maßband abgelesen und dokumentiert.



Abbildung 179: Versuchsaufbau - Reichweitentest

Versuchsauswertung

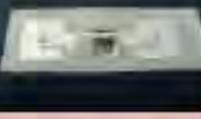
Die aus den Reichweitentests resultierenden Ergebnisse wurden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass die gemessenen Reichweiten bei den verschiedenen Witterungseinflüssen zum Teil sehr stark voneinander abweichen. Die Transponder UPM Frog, UPM Frog 3D, UPM Web sowie der ALN-9654-G ergaben bei beiden Messungen unter normaler Temperatur die größten Reichweiten. Von diesen 4 Transpondern jedoch haben nur der UPM Frog sowie der ALN-9654-G ihre Lesereichweiten bei den beiden übrigen Witterungseinflüssen einigermaßen halten können. Die Lesereichweite des UPM Frog 3D verringerte sich bei Niederschlag um fast 50%. Dasselbe gilt ebenfalls für den UPM Web. Dieser verliert bei Niederschlag und Frost ebenfalls ca. 50% seiner Lesereichweite.

Anhand dieser Ergebnisse kann festgestellt werden, dass der UPM Frog von der Firma UPM Raflatrac, sowie der ALN-9654-G von der Firma Alien, am ehesten für die Kontrolle von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen auf der Baustelle geeignet erscheinen, da sie die größten Lesereichweiten, bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen, bieten. Die aus den Anforderungen formulierten Reichweiten in Höhe von einigen Metern konnten nicht erzielt werden.

Um eine konkrete Auswahl geeigneter Transponder treffen zu können, sollten weitere Witterungseinflüsse, wie starke Hitze, Nebel und Schneefall getestet werden. Aufgrund der Beendigung der Projektlaufzeit im Oktober 2012 konnten entsprechende Witterungsverhältnisse nicht getestet werden.

Tabelle 26: Ergebnisse Reichweitentest

Transponder	Probe	Reichweite (m)			Beispielfoto
		Normal 19° C	Regen 7° C	Frost -18° C	
1. UPM Frog	1	1,8	1,8	1,5	
	2	1,7	1,2	1,5	
	3	1,7	1,2	1,2	
2. UPM Frog 3D	1	1,7	0,4	1,7	
	2	1,7	0,5	2,3	
	3	1,3	0,3	1,9	
3. UPM Web	1	1,7	0,7	0,8	
	2	1,6	0,8	0,7	
	3	1,5	0,7	0,8	
4. UPM DogBone	1	1,1	0,9	1,5	
	2	1,2	0,7	1,4	
	3	1,3	0,8	1,2	
5. Invengo Apparel 3D	1	0,9	1,1	0,7	
	2	0,8	1,2	0,8	
	3	0,7	1,1	0,8	
6. Invengo Butterfly	1	1,2	1,2	0,9	
	2	1,2	1,7	1,1	
	3	1,2	1,1	0,7	
7. ALN-9662 SHORT	1	1,4	1,4	0,9	
	2	1,2	1,1	0,9	
	3	1,3	1,6	0,8	
8. ALN-9634 2x2(TIE)	1	1,2	0,9	0,9	
	2	1,2	0,7	1,1	
	3	1,3	0,9	1,5	
9. ALN-9654 G	1	1,5	1,5	1,4	
	2	1,8	1,9	1,2	
	3	1,8	1,1	1,2	
10. ALN-9627 H	1	1,1	1,1	0,8	
	2	1,1	0,5	0,9	
	3	1,1	0,5	0,8	

6.4.10 Entwicklung einer standardisierten Nummernstruktur zur RFID-basierten Kennzeichnung und Klassifizierung von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen

In Anlehnung an Kap. 6.2 wurde zur Identifizierung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze im Lebenszyklus ebenfalls eine standardisierte Nummernstruktur zur Kennzeichnung und Klassifizierung entwickelt. Die allgemeine Nummernstruktur zur uneindeutigen Kennzeichnung sowie Klassifizierung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze kann Anhang 5 entnommen werden.

Mittels der uneindeutigen Nummer zur Kennzeichnung sollten Transponder zur Kennzeichnung von Netz, Plakette und Plombe beschrieben werden. Mittels der Nummer zur Klassifizierung sollten die Transponder zur Kennzeichnung der Netze beschrieben werden.

6.4.11 Entwicklung einer Demonstrationssoftware

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde eine Software für die Prozesse „Sichtprüfung und Kontrolle durch BG BAU“ und „Kontrolle der Zugfestigkeit / Prüfung der Prüfmaschinen“ auf Demonstrationsniveau entwickelt.

Unter den folgenden Ziffern wird die Funktionsweise der Software beschrieben.

6.4.11.1 Prozess - Akteur Prüf- und Zertifizierungsstelle: Prüfung der Prüfmaschinen

In diesem Kapitel wird die Anwendung der Software zur Prüfung der Prüfmaschinen beschrieben.

Als ersten Schritt meldet sich ein Mitarbeiter der Prüf- und Zertifizierungsstelle bzw. eines Netzherstellers mit seinem Namen und Passwort im Anmeldefenster an. Im Anschluss wird er in das Hauptmenü weitergeleitet.

Abbildung 180: Anmeldefenster „Prüfstelle“



Abbildung 181: Hauptmenü „Prüfstelle“

Das Hauptmenü der Prüfstelle enthält einen „Abmelden“ Button mit dem der Mitarbeiter zum Anmeldefenster zurückkehren kann. Der zweite Button leitet den Mitarbeiter in das Untermenü „Prüfung Prüfmaschine“ weiter.

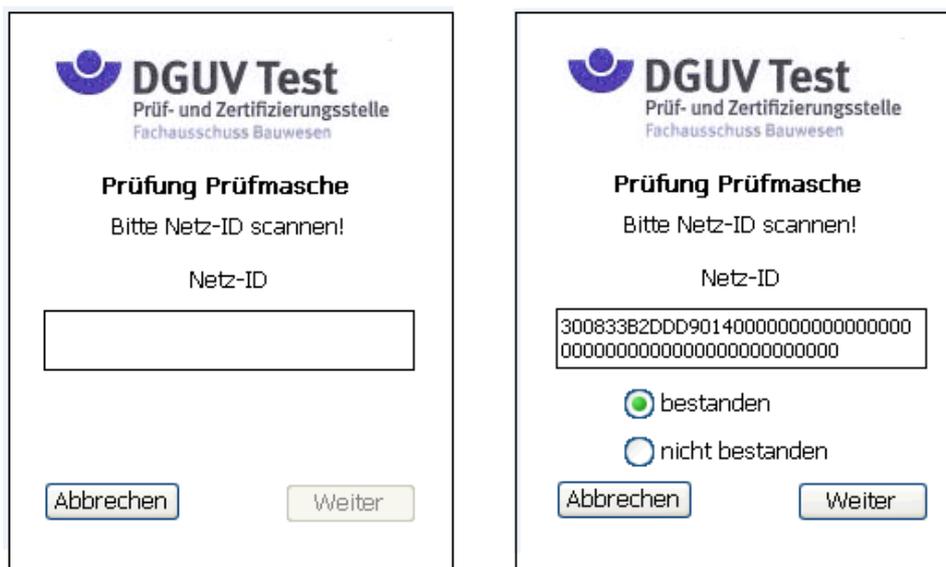


Abbildung 182: Untermenü „Prüfung Prüfmaschine“

Sobald der Mitarbeiter beim Untermenü „Prüfung Prüfmaschine“ angekommen ist, muss er den Transponder, der an der Plombe der Prüfmaschine befestigt ist, einscannen. Daraufhin wird die Identifikationsnummer der Prüfmaschine (identisch mit der Kennzeichnungsnummer des Netzes) angezeigt.

Anhand der Kennzeichnungsnummer kann jede Prüfmaschine dem jeweiligen Schutznetz zugeordnet werden. Als nächstes kann das Ergebnis des Zugtests („bestanden“ oder „nicht bestanden“) eingegeben werden.

Nach Betätigung des Buttons „Weiter“ wird der Mitarbeiter entsprechend weitergeleitet:

- Nicht bestanden: Mitarbeiter wird ins Hauptmenü weitergeleitet.
- Bestanden: Mitarbeiter wird in das Untermenü „Statusänderung“ weitergeleitet.



Prüfdatum abspeichern

Vorangegangene Prüfung:
26.09.2012

Neues Prüfdatum:
01.10.2012

Abbrechen Speichern

Abbildung 183: Untermenü „Statusänderung“

In diesem Untermenü wird das Datum der vorangegangenen Prüfung angezeigt. Wurde das jeweilige Schutz- bzw. Arbeitsplattformnetz noch nicht einem Zugtest unterzogen, steht in dem obigen Feld die Meldung „noch nicht geprüft“. Der Mitarbeiter wird aufgefordert das Datum der bestandenen Zugtestprüfung einzugeben. Im Anschluss wird das Ergebnis über den Button „Speichern“ bestätigt. Der Status des Netzes wird aktualisiert und es folgt eine Weiterleitung zum Hauptmenü „Prüfstelle“. Hier kann der Mitarbeiter die Ergebnisse der Kontrolle der Prüfmaschinen für weiteren Schutz- bzw. Arbeitsplattformnetze aktualisieren oder sich abmelden.

6.4.11.2 Prozess – Akteur BG BAU: „Kontrolle der Schutz- und Arbeitsplattformnetze und Kontrolle der Prüfmaschinenprüfung auf der Baustelle“

Durch das Starten der Software erscheint ein Anmeldefenster, in der der Kontrolleur der BG BAU aufgefordert wird, seinen Namen und sein Passwort einzugeben. Das Betätigen des Buttons „Anmelden“ leitet ihn in das Hauptmenü weiter.

Abbildung 184: Demonstrationssoftware „Anmeldung“

Sobald er im Hauptmenü angekommen ist, wird er durch das Anklicken des „Kontrolle BG“ – Buttons in das Untermenü „Kontrolle BG BAU“ weitergeleitet. Er kann jedoch die Kontrolle ebenfalls abbrechen, indem er den entsprechenden Button anklickt.

Abbildung 185: Hauptmenü „BG BAU“

Sobald das Untermenü „Kontrolle BG BAU“ aufgerufen wird, kann die Kontrolle der Schutz- und Arbeitsplattformnetze auf der Baustelle beginnen.

Netzinformationen

Netz-ID:

300833B2DDD901400000000000000000
00000000000000000000000000000000

DIN Norm: DIN EN 1263-1
Hergestellt am: 01.01.2000
Netzgröße: 5 x 10 m x m
Mindestbruchkraft: 2,15 kN
Mindestbruchenergie: 38 J
Netzsystem: T
Netzklasse: B2
Maschengröße: M100
Maschenanordnung: D

Abbildung 187: Untermenü „Netzinformationen“

Im Untermenü „Netzinformationen“ werden neben der Netz-ID ebenfalls dieselben Informationen angezeigt, die sich nach DIN EN 1263-1 auf einem Etikett befinden müssen. In dem in Abbildung 187 gezeigten Beispiel, handelt es sich um ein 5 m x 10m großes Schutznetz der Klasse B2 und System T etc. Anhand dieser Daten kann der Kontrolleur erkennen, ob das Schutznetz für die vorgesehene Anwendung genutzt werden darf.

Mittels des nächsten Untermenüs „Sichtkontrolle BG BAU“ erhält der Kontrolleur die Möglichkeit zusätzliche Angaben, wie z.B. das Ergebnis der Sichtprüfung hinzuzufügen. Dieses Untermenü stellt eine Zusatzfunktion dar, die die Sicherheit der Baustellenbereiche mit Einsatz von Netzen unabhängig von der Prüfmaschenprüfung weiter verbessern soll. Sie ist vor allem dann von Vorteil, wenn ein Netz die Prüfmaschenprüfung bestanden hat, aber dafür Mängel, wie Maschenrisse etc. besitzt. Sobald der Kontrolleur das Untermenü öffnet, kann er den optischen Eindruck (kleine Mängel, große Mängel oder einwandfrei) eingeben bzw. bisherige Einträge ansehen.

Die Dokumentation der Sichtprüfungsdokumentation kann dazu beitragen den Lebenszyklus des Netzes im Hinblick auf die entsprechende Mangelhistorie zu unterstützen.

Abbildung 188: Untermenü „Sichtkontrolle BG BAU“

Das Anklicken des „Speichern“- Buttons leitet den Kontrolleur wieder zurück zum „Hauptmenü BG BAU“, von wo er entweder eine weitere Prüfung starten oder die Prüfung beenden kann.

6.4.11.3 Bewertung der Demonstrationssoftware

Die Entwicklung einer Demonstrationssoftware hatte als Ziel möglichst praxisnah und anwenderfreundlich den Einsatz der RFID-Technik zur Unterstützung der Wartungs- und Kontrollprozesse durch Prüf- und Zertifizierungsstellen sowie durch die BG BAU abzubilden.

Da es sich um eine Demonstrationssoftware handelt, konnte die zur Verfügung Stellung der Daten über zentrale Datenbanken bzw. die entsprechende Dokumentation der Ergebnisse nur nachgebildet werden.

Die Demonstrationssoftware ist sinnvoll um der Öffentlichkeit das Potenzial des Einsatzes der RFID-Technik für vorab abgesprochene Prozesse aufzuzeigen.

6.4.12 Darstellung weiterer Anwendungsmöglichkeiten entlang des Lebenszyklus von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen

Neben den Wartungs- und Kontrollprozessen können auch weitere Prozesse entlang des Lebenszyklus von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen durch den Einsatz der RFID-Technologie i.V.m. standardisierten Kennzeichnungs- und Klassifizierungssystemen optimiert werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine weitere Ist- Prozessanalyse bezüglich der Logistikprozesse eines Schutznetzherstellers und -vermieters durchgeführt.

Wie bereits in Kap. 6.4.7.2 dargestellt wurden auch hier die Ist-Prozesse sowie die Soll-Prozess mit der Modellierungssoftware Enterprise Architect modelliert.

Zu den Kernprozessen der Logistik zählen hier die Bearbeitung der Anfrage eines Kunden, der Warenausgang und der Wareneingang nach Beendigung der Mietdauer.

6.4.12.1 Prozess – Akteur Netzvermieter: Bearbeitung einer Anfrage

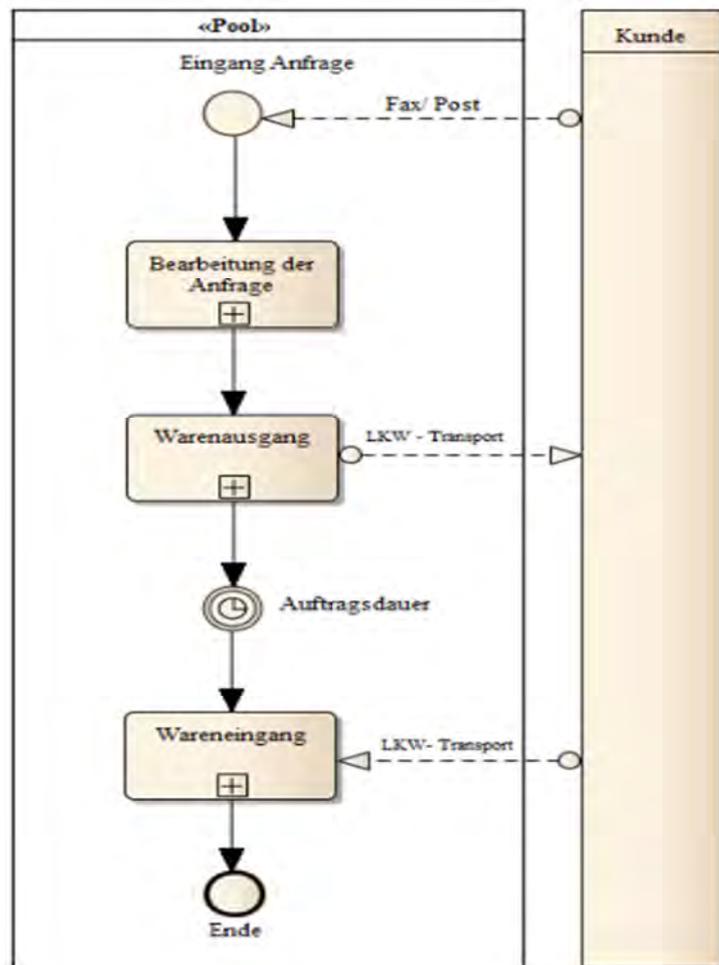


Abbildung 189: Logistikprozesse Netzhersteller und Netzvermieter¹¹⁹

¹¹⁹ Eigene Abbildung mit Enterprise Architect

Analyse des Ist-Prozess

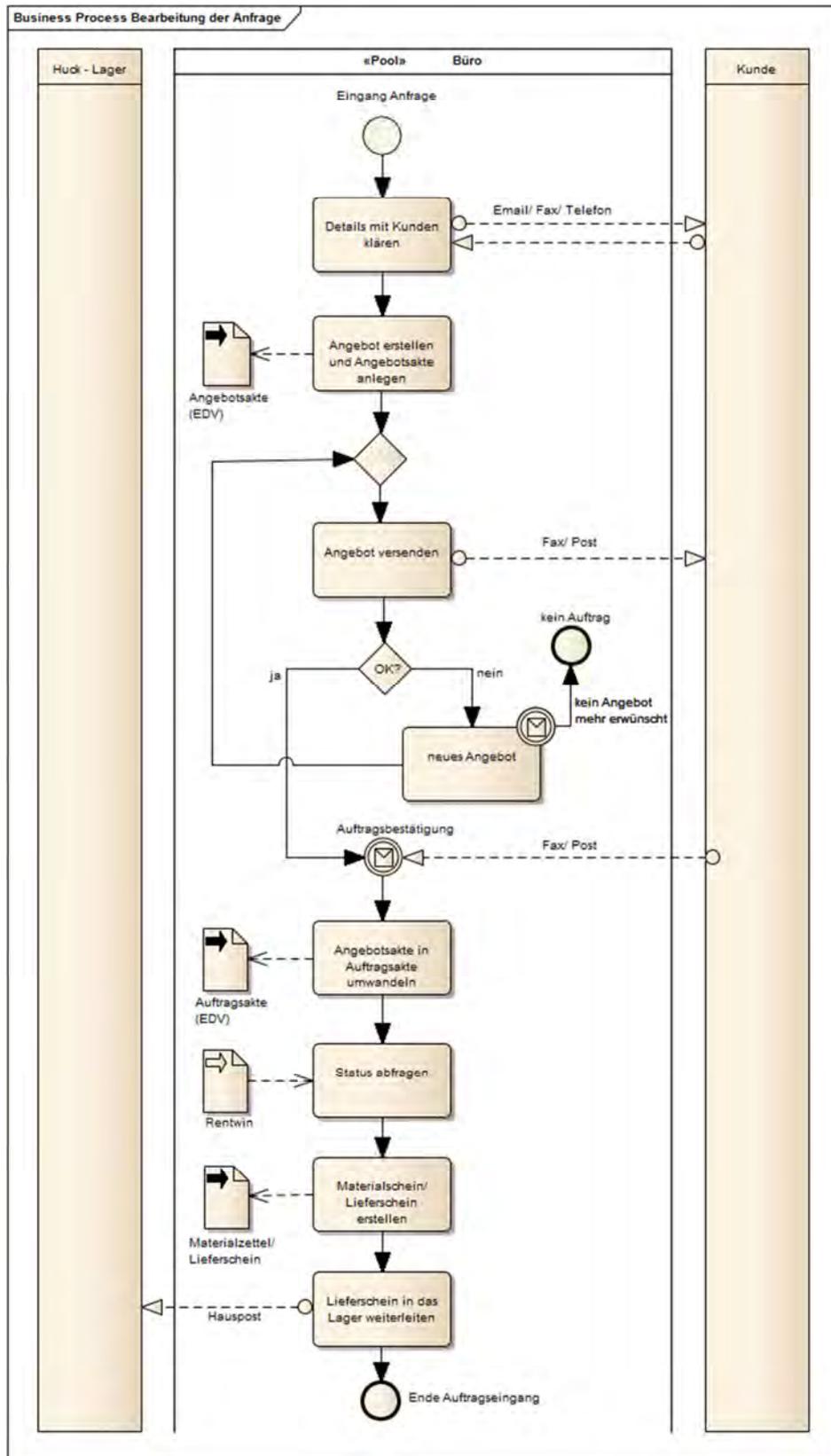


Abbildung 190: Ist-Prozess „Bearbeitung einer Anfrage“

Der Ist- Prozess „Bearbeitung einer Anfrage“ stellt die Bearbeitung einer Anfrage des Kunden zur Vermietung von Netzen dar.

Mit der Anfrage wird gleichzeitig die Planung des Bauvorhabens an den Netzhersteller bzw. Netzvermieter übermittelt und die benötigte Menge der Schutznetze ermittelt. Ungeklärte Details werden mit dem Kunden per Telefon, Fax und E-Mail abgesprochen. Das Angebot sowie eine Angebotsakte werden mit Hilfe eines EDV- Programmes erstellt. Die Angebotsakte wird intern abgelegt.

Ist das Angebot nicht in Ordnung, kann der Kunde ein nachgebessertes Angebot anfordern. Falls es zur Erstellung eines verbesserten Angebots kommt, wird dieses wieder an den Kunden verschickt. Wenn er damit einverstanden ist, erteilt er die Auftragsbestätigung per Fax oder Post.

Sobald die Bestätigung des Auftrags eintrifft, wird die Angebotsakte per EDV- Programm in eine Auftragsakte umgewandelt. Mit dem nächsten Schritt wird der Status aller im Vermietungspool liegenden Netze abgefragt. Daraufhin kann der Mitarbeiter im Büro einsehen, ob genügend Netze auf dem Lagerplatz sind. Das Abfragen des Status geschieht mit der eigenen Software, in der alle Netze verzeichnet sind. Auf der Basis dieser Informationen wird ein Materialschein bzw. Lieferschein erstellt. Der Materialzettel wird per Hauspost in das Lager weitergeleitet.

Analyse der Schwachstellen

Aktuell werden zur Dokumentation verschiedene Softwaresysteme sowie eine Dokumentenweitergabe per Hauspost genutzt. Hierdurch kann es zu Zeitverzögerungen im Prozess und zu Übertragungsfehlern durch manuelle Eingaben kommen.

Konzeptionierung des Soll- Prozess

Der Soll- Prozess „Bearbeitung einer Anfrage“ verläuft von der Anfrage bis zur Auftragsbestätigung auf dieselbe Art und Weise, wie beim Ist- Prozess. Sobald die Auftragsbestätigung erfolgt, wird der Status der benötigten Schutznetze automatisch von der Vermietungssoftware überprüft. Dieser Vorgang wird näher im Teilprozess „Vermietungssoftware“ beschrieben.

Bei der Statusabfrage kann zwischen drei Möglichkeiten unterschieden werden:

- Netz auf Lager
- Netz auf Lager, Wartung erforderlich
- Netz beim Kunden

Mittels der Software kann angezeigt werden, welche der geforderten Netze im Lager vorhanden bzw. noch gewartet werden müssen und es wird ein Materialschein erstellt. Sobald dieser Vorgang abgeschlossen wurde, bekommt der Mitarbeiter im Lager eine elektronische Meldung. Er kann daraufhin den Materialschein durch die Vermietungssoftware abrufen und nach entsprechender Wartung die Kommissionierung starten.

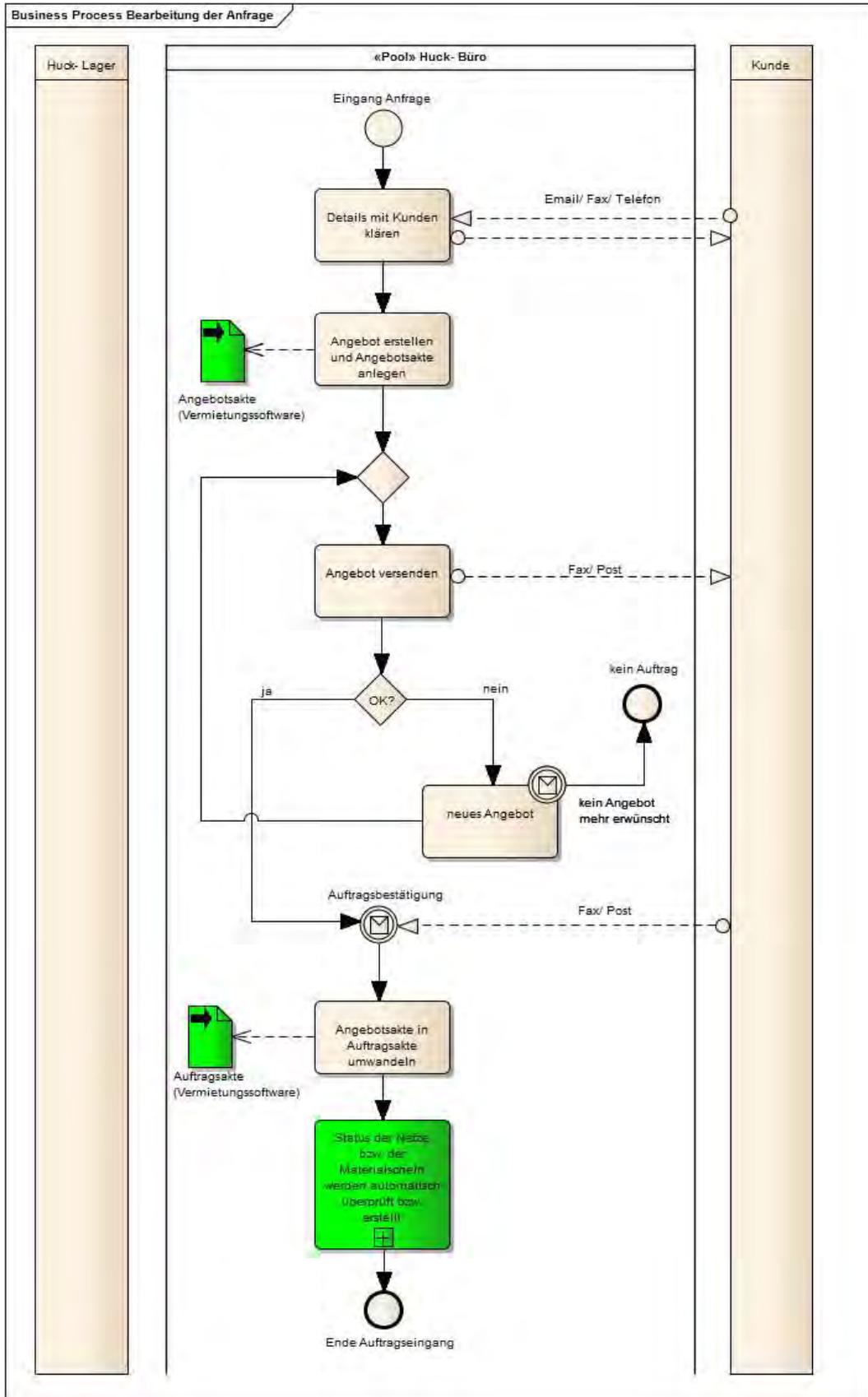


Abbildung 191: Soll-Prozess „Bearbeitung einer Anfrage“

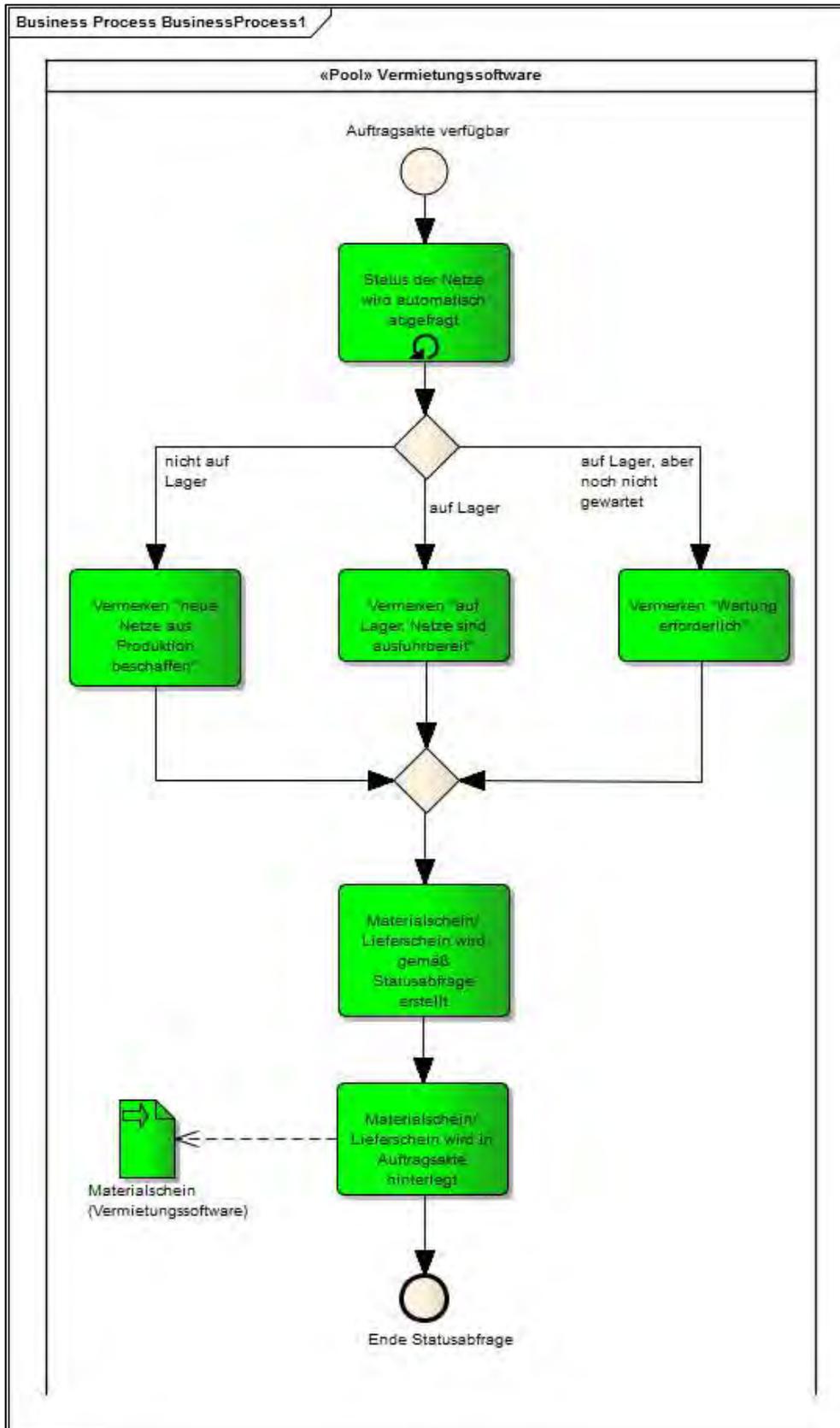


Abbildung 192: Vermietungssoftware

Nutzenpotenzial

Ein erster Vorteil bezüglich des Einsatzes eines RFID- Systems und dem Einsatz einer durchgängigen Software kann bei der Statusabfrage der Schutznetze gesehen werden. Während beim Ist-Prozess ein Mitarbeiter im Büro die Status der Netze mittels der internen Vermietungssoftware einzeln abfragen muss, erfolgt dies im Soll-Prozess automatisch. Der Mitarbeiter gibt die benötigten Schutznetze in die Vermietungssoftware ein. Das Programm zeigt den aktuellen Status der Netze an und filtert entsprechend. Es wird automatisch ein Materialschein erstellt, anhand dessen der Mitarbeiter im Lager sofort einsehen kann, welche Schutznetze vorhanden bzw. welche noch zu warten sind. Dasselbe gilt auch für Schutznetze, die nicht auf dem Lager vorhanden sind. In diesem Fall wird auf dem Materialschein vermerkt, dass das entsprechende Schutznetz aus der Produktion beschafft werden muss.

Der nächste Vorteil liegt bei der Tatsache, dass kein Materialschein als Zettel erstellt und per Hauspost ins Lager geschickt werden muss. Durch den automatisch erstellten elektronischen Materialschein erfolgt eine schnellere Bearbeitung eines Auftrages. Des Weiteren könnte es passieren, dass der Materialschein mit der Hauspost verloren geht. Das Erstellen und Verschicken eines neuen Materialscheins würde zusätzliche Zeit und Arbeit in Anspruch nehmen.

Durch den Einsatz der RFID-Technik können die Status der Netze nahezu in Echtzeit in die zentrale Vermietungssoftware eingetragen werden, so dass alle Beteiligten informiert werden.

6.4.12.2 Prozess – Akteur Netzvermieter: Warenausgang beim Vermieter

Analyse des Ist-Prozesses

Der Prozess Warenausgang beginnt, sobald der Materialzettel bzw. Lieferschein im Lager angekommen ist.

Daraufhin beginnt der Mitarbeiter mit der manuellen Sichtung des Lagerbestandes gemäß der Materialanforderung. Laut Materialzettel sieht der Mitarbeiter, welche Netze er im Lager schon ausfuhrbereit hat und welche er sich noch aus der Produktion beschaffen muss. Sind die Netze zwar vorhanden, müssen jedoch noch gewartet bzw. kontrolliert werden, wird dies durchgeführt, so dass keine zusätzlichen Netze aus der Produktion beschafft werden müssen. Sobald der Mitarbeiter alle Netze im Lager hat, wird der Versand eingeleitet und das Büro wird über die Hauspost über die auszuliefernden Netznummern informiert.

An diesem Punkt erfolgt der Teilprozess „Statusänderung (Ist)“. Sobald der Zettel im Büro angekommen ist, wird der Status der entnommenen Netze von einem Mitarbeiter mittels der internen Vermietungssoftware manuell auf „nicht im Lager“ geändert.

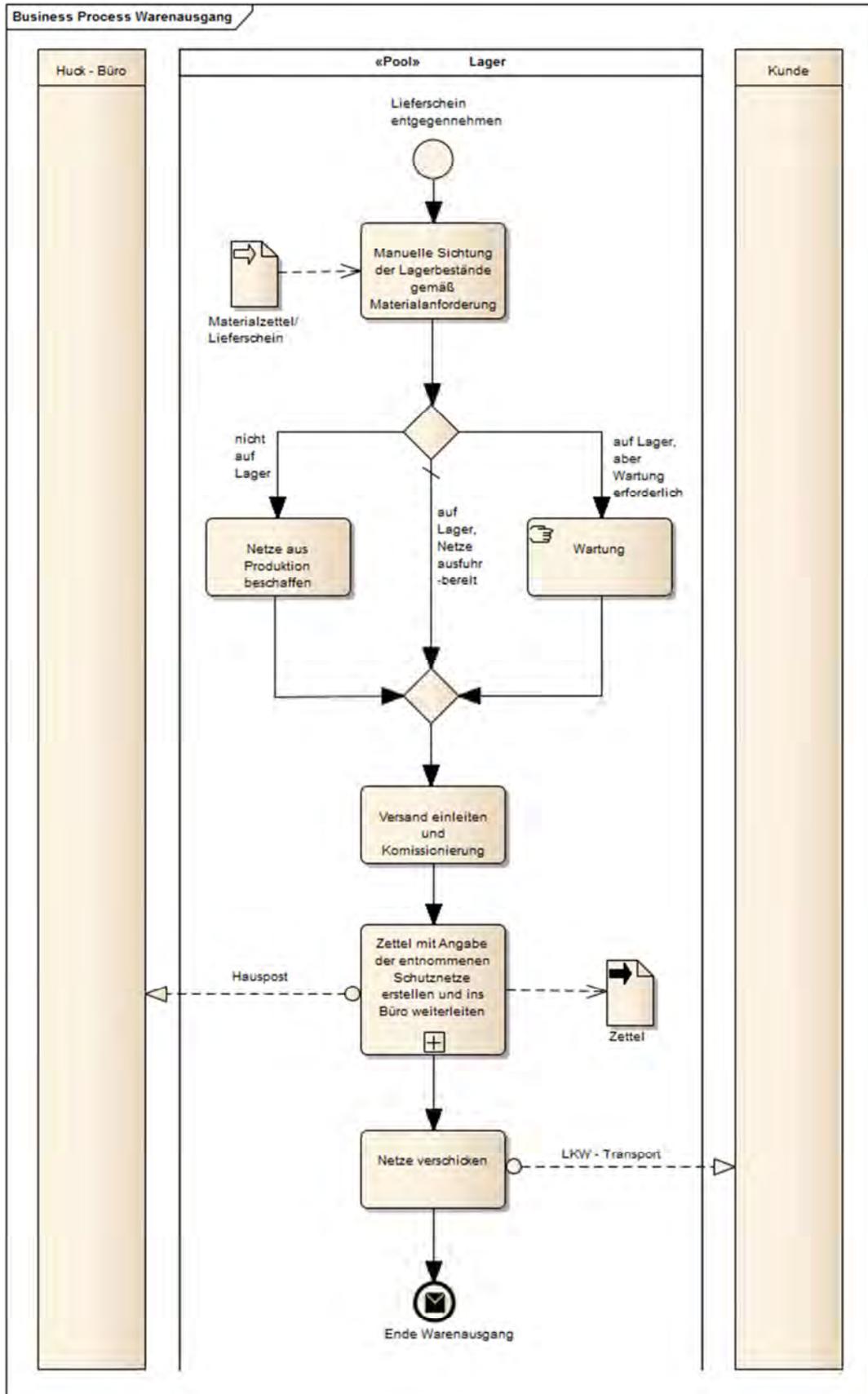


Abbildung 193: Ist-Prozess „Warenausgang“

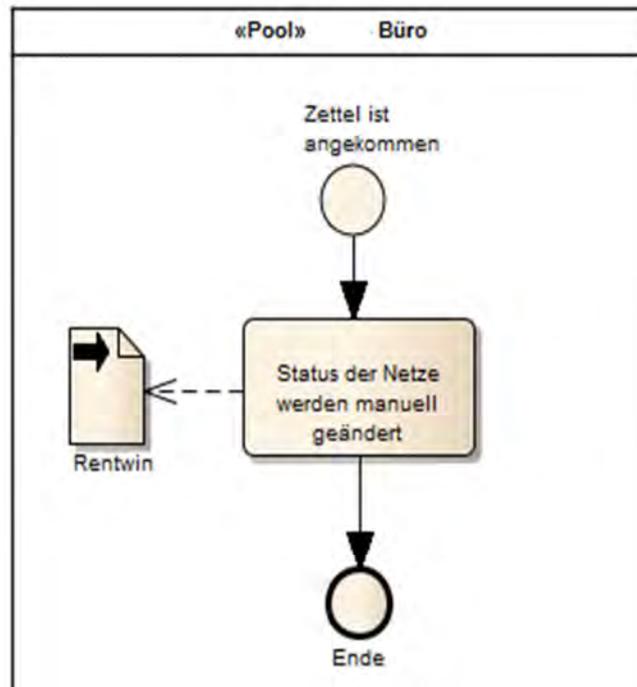


Abbildung 194: Statusänderung (Ist)

Analyse der Schwachstellen

Durch den Einsatz unterschiedlicher Softwaresysteme und die manuelle Eingabe der Status der Netze kann es zu Übertragungsfehlern und Zeitverzögerungen kommen.

Konzeptionierung des Soll-Prozess

Der Soll- Prozess „Warenausgang“ startet, sobald der Mitarbeiter aus der Vermietungssoftware die Meldung bekommt, dass eine neue Auslieferung ansteht. Die Status der Netze werden angezeigt und die Kommissionierung beginnt. Während der Entnahme der Netze aus dem Lager, der Produktion etc. erfolgt der RFID-basierte Soll-/Ist-Vergleich durch Scannen der Etiketten der Schutznetze mittels eines RFID- Readers. Ist die Ware vollständig und korrekt kommissioniert erfolgt der Warenausgang indem der Lieferschein ausgedruckt wird, der Status der Netze wird automatisch auf „beim Kunden“ geändert und der Transport beginnt.

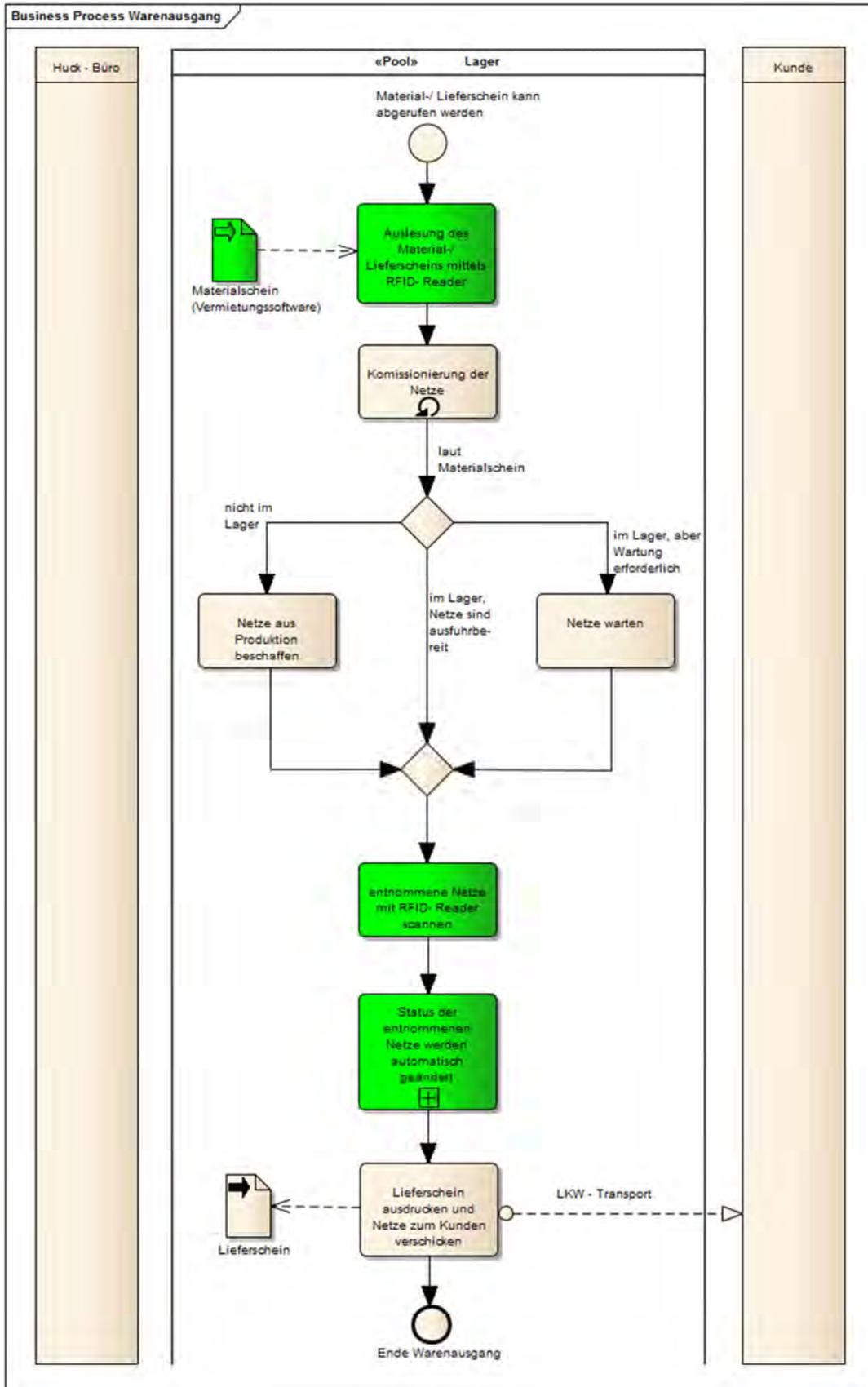


Abbildung 195: Soll-Prozess „Warenausgang“

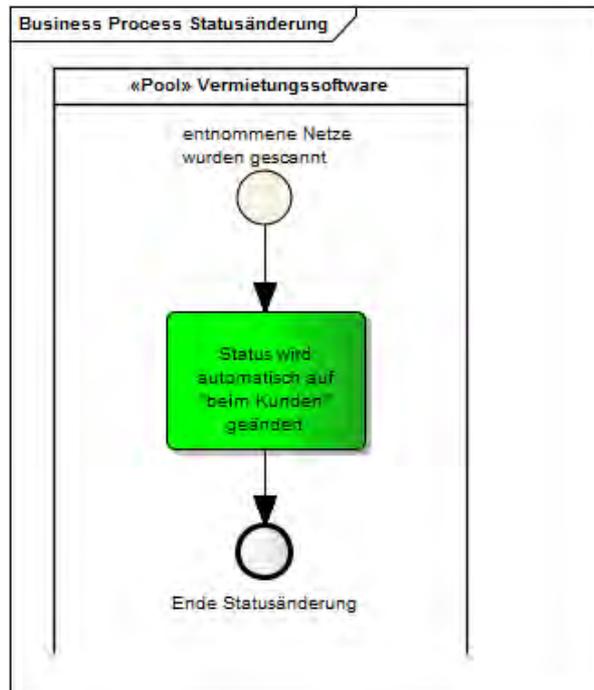


Abbildung 196: Statusänderung (Soll)

Nutzenpotenzial

Der Vorteil einer durchgängigen Software und des Einsatzes eines RFID- Systems beim Logistikprozess „Warenausgang“ liegt bei der schnelleren Abwicklung durch einen optimierten Informations- und Dokumentenfluss sowie die Datenerfassung, Kontrolle und Steuerung von Prozessen in Echtzeit. Manuelle Fehler können reduziert werden.

6.4.12.3 Logistikprozess „Wareneingang“

Analyse des Ist-Prozesses

Der Ist- Prozess „Wareneingang“ beginnt, sobald die vermieteten Schutznetze von dem Kunden zurück geschickt werden. Ein Mitarbeiter im Lager kontrolliert die Lieferung manuell anhand des Rücklaufscheins auf Vollständigkeit.

Sobald die Vollständigkeit der Lieferung bestätigt wurde, wird der Rücklaufschein per Hauspost in das Büro weiter geleitet. Der Mitarbeiter im Büro erfasst die Lieferung in der internen Vermietungssoftware. Der Status wird auf „im Lager, muss gewartet werden“ geändert.

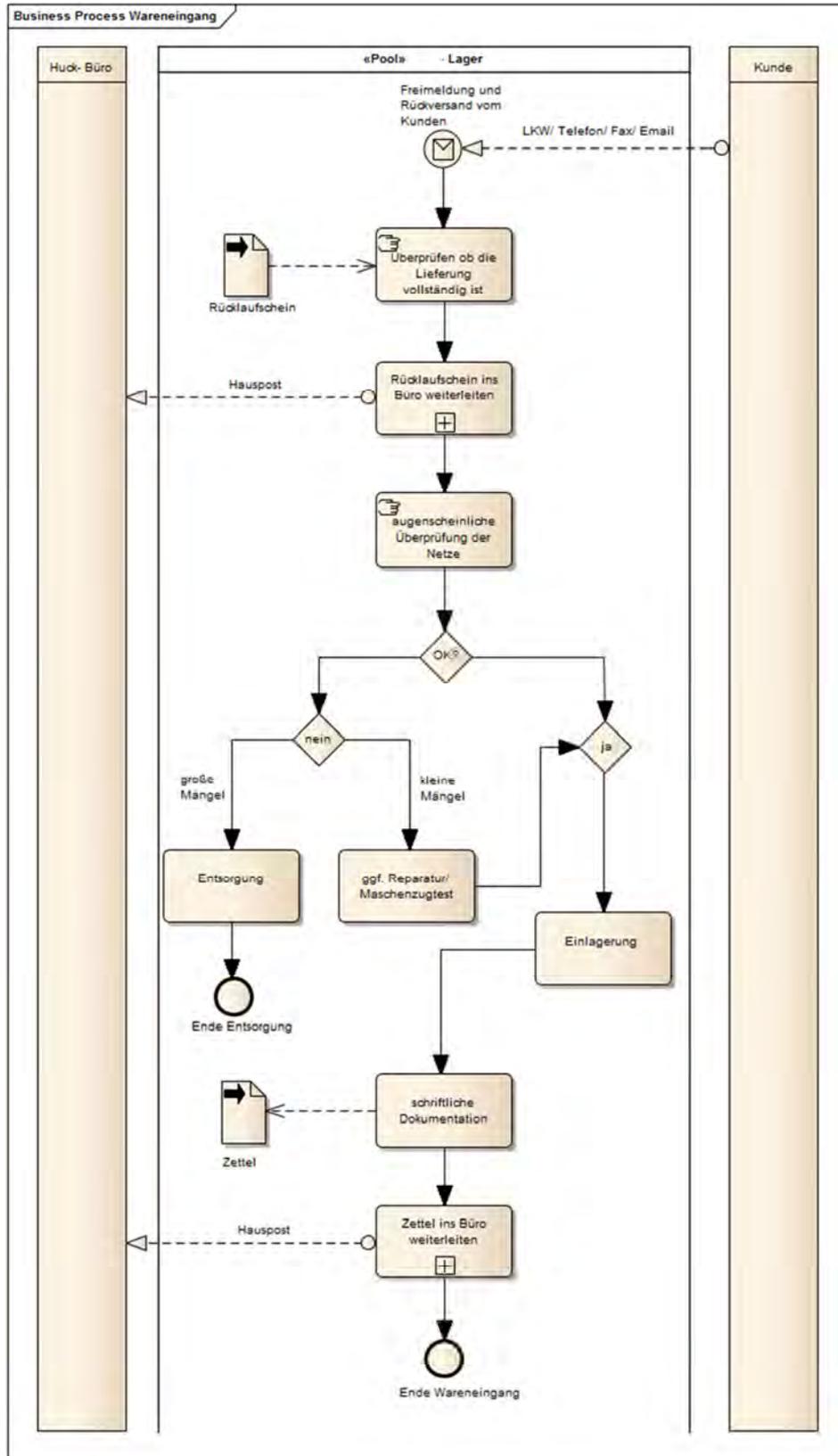


Abbildung 197: Ist-Prozess „Wareneingangskontrolle“

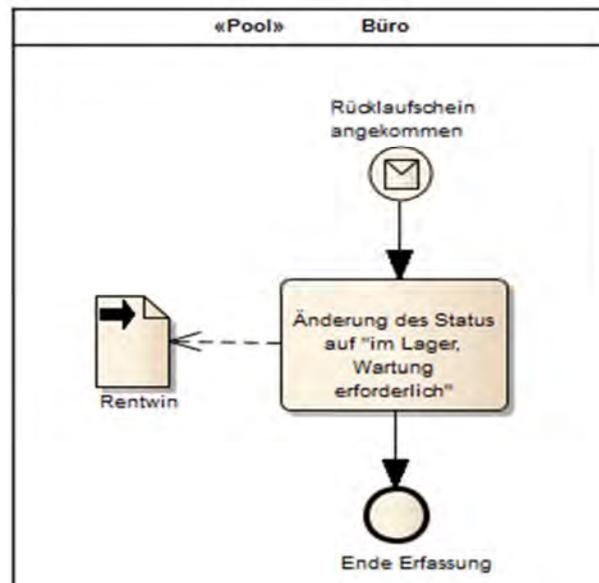


Abbildung 198: Statusänderung mit Rücklaufschein

Während dessen beginnt der Mitarbeiter im Lager mit der Wartung der Lieferung auf Qualität. Wenn keine Mängel vorhanden sind, wird das jeweilige Netz eingelagert. Falls Mängel an einem Netz erkennbar, aber nicht schwerwiegend sind, wird das Netz repariert und eingelagert. Schutznetze mit gravierenden Schäden, bei denen sich eine Reparatur nicht lohnt, werden entsorgt. Alle Vorgänge werden vom Mitarbeiter schriftlich dokumentiert. Dieses Dokument wird dann per Hauspost ins Büro weitergeleitet und der Status der Netze wird in der internen Vermietungssoftware erneut entsprechend aktualisiert.

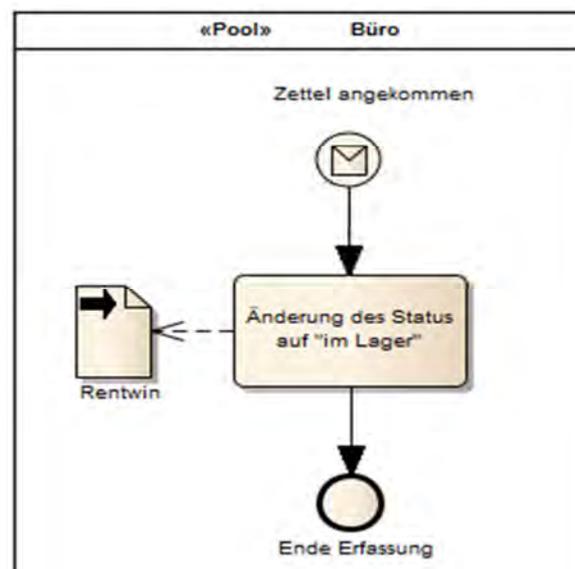


Abbildung 199: Statusänderung mit Zettel

Analyse der Schwachstellen

Die manuelle Kontrolle durch den Mitarbeiter beim Wareneingang sowie die Aktualisierung der Status in der Vermietungssoftware bietet Fehlerpotenzial und ist zeitaufwendig.

Konzeptionierung des Soll-Prozesses

Der Soll- Prozess „Wareneingang“ beginnt wie im Ist-Prozess sobald der Rückversand der vermieteten Netze erfolgt ist und der Rücklaufschein inklusive Netze eingeht. Der Mitarbeiter im Lager scannt nun die Auftragsnummer, die auf dem Rücklaufschein steht, mittels RFID-Handleter ein. Daraufhin erscheint eine Liste der Soll- Schutznetze und die Ist-Erfassung wird mittels Handleter gestartet.

Ist die Ware vollständig wird der Status der erfassten Netze automatisch auf „im Lager, Wartung erforderlich“ geändert und über z.B. W-LAN an die Vermietungssoftware übermittelt. Der Mitarbeiter im Lager beginnt daraufhin die augenscheinliche Qualitätskontrolle der Netze. Sind die Netze weitestgehend in Ordnung, werden sie mittels Handleter erfasst und eingelagert. Der Status des Netzes wird daraufhin automatisch auf „im Lager“ geändert.

Bei gravierenden Mängeln, bei denen eine Reparatur unwirtschaftlich ist, wird das Netz eingescannt und der Status auf „entsorgen“ geändert.

Bei geringen Mängeln führt der Mitarbeiter im Lager eine Reparatur durch. Gegebenenfalls erfolgt ein Zugtest an den Prüfmaschinen. Die Ergebnisse des Zugtests werden an die zentrale Datenbank, vgl. Ziff. 6.4.8 weitergeleitet. Die durchgeführte Wartung (Datum und Ergebnis) wird vom Mitarbeiter mittels Handletersoftware den Netzkennzeichnungsnummern zugeordnet und die Status der Netze werden in der Vermietungssoftware entsprechend aktualisiert. Die Einlagerung des Schutznetzes durch den Mitarbeiter kann erfolgen.

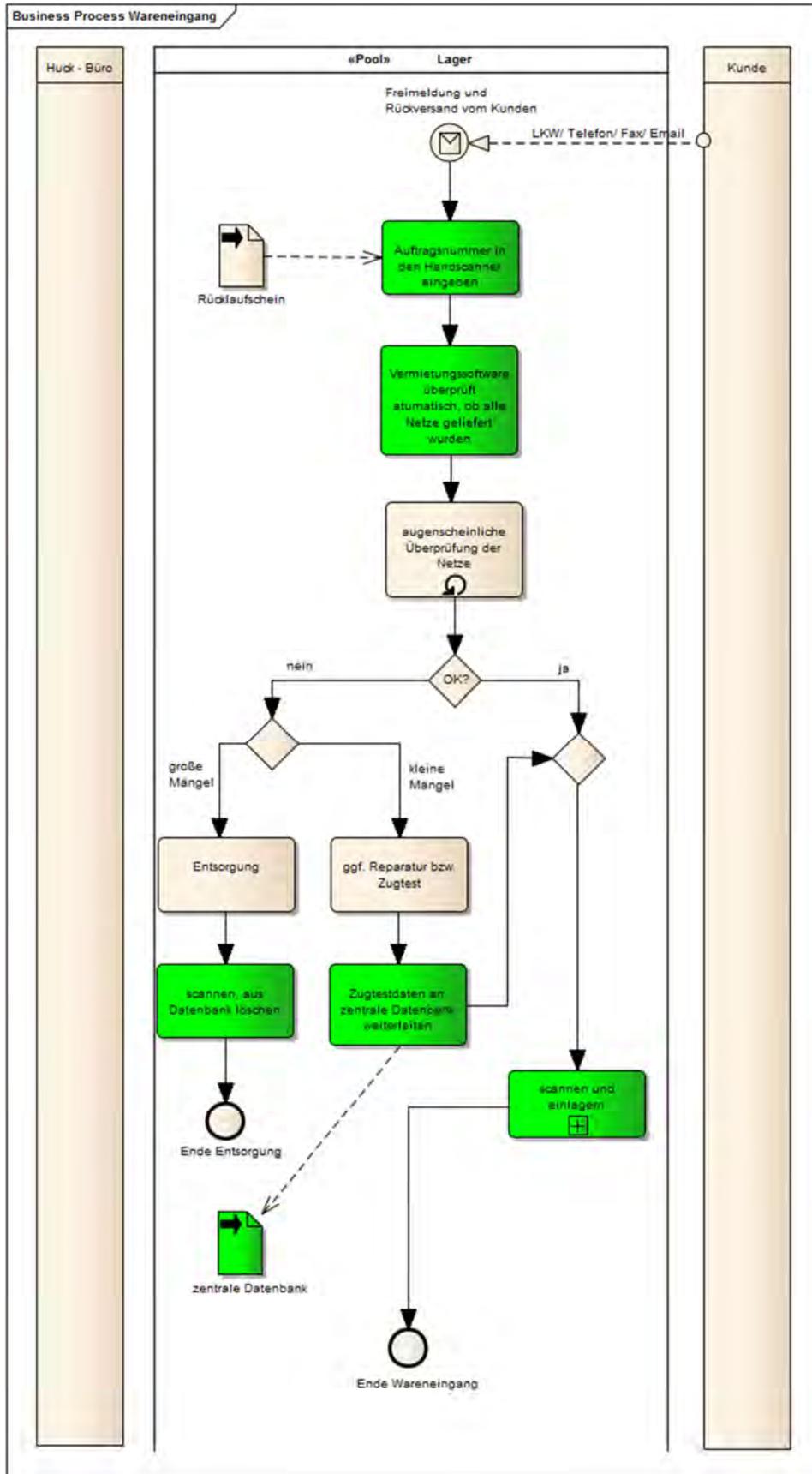


Abbildung 200: Soll-Prozess „Wareneingang“

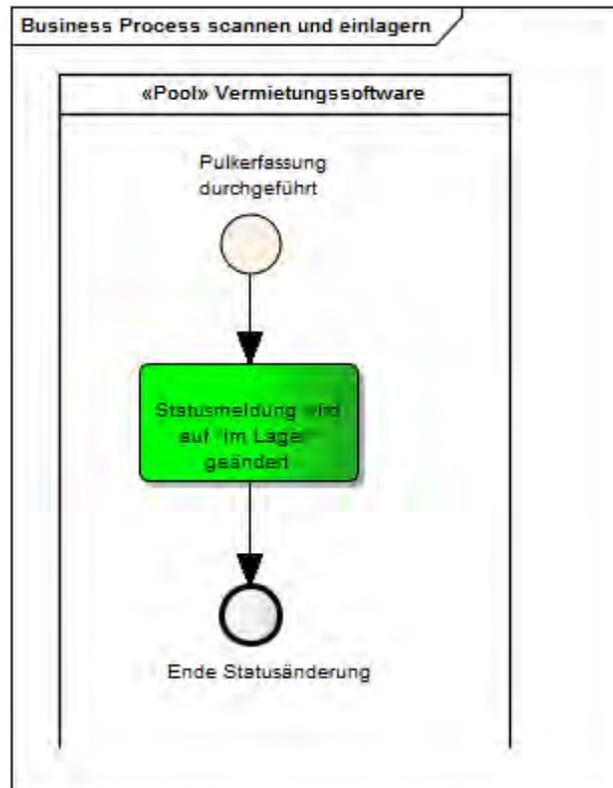


Abbildung 201: Teilprozess „Statusänderung“

Nutzenpotenzial

Durch den Einsatz einer durchgängigen Software und den Einsatz der RFID-Technik können Prozessdaten in Echtzeit erfasst werden, Prozesse wie die Wareneingangskontrolle automatisiert durchgeführt werden und die Status zeitnah und fehlerfrei aktualisiert werden.

Die Folge sind sicherere Prozesse und Zeitersparnis.

6.4.13 Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde zunächst als Ziel die Erfassung von Lebenszyklusdaten von Schutz- und Arbeitsplattformnetzen mittels der RFID-Technik formuliert.

Hierzu wurden zunächst für die Prozesse „Prüfung der Prüfmaschen durch Prüf- und Zertifizierungsstellen“ und „Durchführung der Sichtprüfung und der Kontrolle des Zugtests durch die BG BAU“ eine Ist-Prozessanalyse und eine Schwachstellenanalyse durchgeführt, da hier erhebliches Verbesserungspotenzial vermutet wurde. Im Anschluss erfolgte ein Vorschlag für ein Prozessredesign unter Einsatz der RFID-Technik und durchgängiger Softwaresysteme. Das hieraus resultierende Nutzenpotenzial wurde aufgezeigt.

Zu den analysierten Schwachstellen zählen im Wesentlichen Medienbrüche im Informations- und Dokumentationsfluss, die zu Zeitverzögerungen und Fehlern in der Erfassung von Prozessdaten, der Kontrolle, der Steuerung und Dokumentation von Prozessen führen. Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass die Basis für die Umsetzung des formulierten Ziels, der Erfassung von Lebenszyklusdaten, in der standardisierten und somit unternehmensübergreifenden Kennzeichnung und Klassifizierung der Netze mittels der RFID-Technik i.V.m. der Nutzung durchgängiger Softwaresysteme und der Nutzung zentraler Datenbanken liegt.

Hieraus resultierend wurden die Anforderungen an das RFID-System, insbesondere Transponder, Lesegeräte, standardisierte Nummernstruktur zur Beschreibung der Transponder und einen möglichen Aufbau für die zentrale Datenbank definiert.

Unter Berücksichtigung der Umgebungseinflüsse Regen und Frost zeigten die Transponder UPM Frog und ALN 9654 G die besten Ergebnisse mit Reichweiten zwischen 1,20 m und 1,80m. Die geforderten „mehreren“ Meter konnten nicht nachgewiesen werden. Insbesondere für die Kontrolle der Plaketten in Bezug auf die Einhaltung der Termine zur Zugfestigkeitsprüfung durch die BG BAU, die häufig in großen Höhen durchgeführt werden, sind jedoch auch schon Reichweiten von 1,20m hilfreich. Aufgrund der Witterungsverhältnisse während der Projektlaufzeit konnten weitere Umgebungseinflüsse, wie Schnee und Nebel nicht untersucht werden. Hier besteht Forschungsbedarf. Für die Kapselung der Transponder zur Kennzeichnung bzw. Klassifizierung der Etiketten und Plakette werden PVC-Kapselungen vorgeschlagen. Für die Kapselung der Plomben können beliebige robuste Kapselungen genutzt werden.

Die Entwicklung der Nummernstruktur zur Kennzeichnung und Klassifizierung basiert auf den Entwicklungen aus Kap. 6.2. Die hier entwickelte Systematik wurde auf die Identifizierung der Schutz- und Arbeitsplattformnetze übertragen. Durch die eindeutige Kennzeichnung kann jedes Netz inklusive Etikett und Plakette sowie die zugehörige Plombe der Netzmaschen auf Seriennummerebene im Prozess identifiziert werden. Durch die zusätzliche Klassifizierung der Netze kann die Netzart sofort vor Ort erkannt werden.

7 Ergebnisse nicht beteiligter Forschungsstellen

Verfasser: M.Sc. Agnes Kelm

7.1 Stand der Forschung und Entwicklung RFID – PSA

7.1.1 Nutzung RFID-gekennzeichneter PSA als Mitarbeiterausweis für die Zutrittskontrolle und das Tracking von Personen in einer Werft

In einer finnischen Werft setzte die Aker Yards AKA aus Sicherheitsgründen ein Zutrittskontrollsystem ein, das die Mitarbeiter, die oft keine Hand zum Vorzeigen von Mitarbeiterausweisen frei haben, quasi im Vorbeigehen identifiziert und somit eine bereichsweise Verfolgung der Mitarbeiter auf dem Werftgelände gewährleistet (sog. Bereichswechselkontrolle). Hierzu wurden die Helme der Mitarbeiter mit passiven UHF-RFID-Transpondern versehen und 23 Lesestationen installiert.



Abbildung 202: Nutzung eines UHF-RFID-Tags auf dem Helm zur Zutrittskontrolle in einer finnischen Werft der Aker Yards ASA¹²⁰

7.1.2 Kennzeichnung persönlicher Schutzausrüstung und Spanngurte: Das System „EPIS“ der SpanSet GmbH & Co.kg

Ein RFID-basiertes elektronisches Produktverwaltungs- und Identifikationssystem „EPIS“ wird auch von der SpanSet GmbH & Co.kg genutzt, ebenfalls für Absturzsicherungen, aber auch für Ladungssicherungsgurte etc.

¹²⁰ Hild, Niklas (2007): Reliable RFID-based tracking in a demanding environment, in: RFID.nordic.se Sep. 2007, S.1, Online: <http://www.rfidnordic.se/pdf/RFIDnr3ENG07.pdf>, Stand: 30.04.2008); vgl. auch Kalliokoski, Sami (2007): The Possibilities of RFID – the current situation in Finland, Vortrag vom 03.12.2007, Online: http://www.elin.ttu.ee/elikohei/index.php?get_file=1&files_id=112&id=1035, Stand: 30.04.2008)



Abbildung 203: RFID-System „EPIS“ der SpanSet GmbH & Co.kg¹²¹

7.1.3 Kennzeichnung persönlicher Schutzausrüstung: Das System „iSafe“ der Capital Safety Group

Die Capital Safety Group ist ein Hersteller im Bereich Absturzsicherungen. Damit Absturzsicherungen jederzeit die nötige Sicherheit bieten, müssen sie in regelmäßigen Abständen überprüft und gewartet werden. Im „iSafe“-System nutzt auch die Capital Safety Group die RFID-Technik, um das Wartungs- und Servicemanagement zu optimieren. In die Absturzsicherungen werden passive RFID-Transponder eingearbeitet. Dadurch ist jedes Produkt eindeutig identifizierbar. Mit einem Handlesegerät werden bei der Wartung die Daten aus dem Transponder abgeglichen und an einen tragbaren Computer weitergeleitet. In der zugehörigen Software erscheinen sofort alle relevanten Servicedaten zu dem jeweiligen Produkt. Eine Verwechslung kann ausgeschlossen werden. Das Unternehmen will Kunden damit die Sicherheit bieten, über den Zustand der Ausrüstung genauestens Bescheid zu wissen.¹²²

¹²¹ SpanSet GmbH & Co KG [Hrsg.] (2006): Online-Pressinformationen zum System „EPIS“, Online: http://www.spanset.de/presse/pressemitteilungen/docs/PI132EPIS/ Pressebild_EPIS_HST.jpg, Stand: 20.02.2008)

¹²² Vgl. Capital Safety [Hrsg.] (o. J.): Produktbeschreibung „iSafe – Fall Protection Enters the Information Age: Introducing RFID-equipped Personal Protective Equipment Combined with Web-Enabled Information management“, Online: http://www.capitalsafety.com/Portals/0/BRO_9700118_C_isafe_EN.pdf, Stand: 20.02.2008)



Abbildung 204: RFID-System „iSafe“ von Capital Safety¹²³

7.1.4 Hothead Technologies und das H.O.T. system¹²⁴

Dem „National Center for Catastrophic Sport Injury Research“ an der University of North Carolina zufolge, sterben jährlich bis zu 4 High-School Footballspieler an den Folgen eines Hitzschlags. Seit 1995 wurden in diesem Zusammenhang 117 Todesfälle dokumentiert, die auf Überhitzung zurückzuführen sind.

Die Heat Observation Technology, kurz H.O.T wurde von Hothead Technologies, in Zusammenarbeit mit verschiedenen Praxispartnern, darunter auch 3M, entwickelt. Das System besteht aus einem RFID-Sensor-Tag, der alle 10 Sekunden die Temperatur im Inneren eines Footballhelms misst, und mittels eines RFID-Readers am Spielfeldrand ausgelesen werden kann. Überschreitet die Temperatur eines Sportlers einen Grenzwert, so werden die Betreuer auf die Anzeichen einer möglichen Überhitzung aufmerksam gemacht und können entsprechend eingreifen.

Das System wird seit Mitte 2009 in Kooperation mit amerikanischen College-Football- Teams getestet. Da es sich um eine neue Technologie handelt, will man positives Feedback, so der Hothead Gründer Jay Buckalew.

Nach eigenen Angaben hofft man bis 2011 400.000 Exemplare an High-School- und College-Teams verkauft zu haben. Der Preis für die Technik beläuft sich auf ca. 75 Euro/Einheit. Buckalew sieht aber Football längst nicht als einzigen Anwendungsbereich für H.O.T.. Er plant mit Bedarf bei Feuerwehr, SWAT, Militär, Arbeitsschutz und Rennfahrt.

¹²³ Capital Safety [Hrsg.] (o.J.): Produktbeschreibung „iSafe – Fall Protection Enters the Information Age: Introducing RFID-equipped Personal Protective Equipment Combined with Web-Enabled Information management“, Online:http://www.capital-safety.com/Portals/0/BRO_9700118_C_isafe_EN.pdf, Stand: 20.02.2008

¹²⁴ Moens, Rik: Gekühlt und sicher unterwegs, Online: www.melexis.com, veröffentlicht am 27.05.2009, 13.12.2010

7.1.5 HITS¹²⁵

Ebenfalls vom Football inspiriert ist die HITS Technology von Riddell. Der Footballausrüster beauftragte 2004 die Firma Simbex mit der Entwicklung des Head Impact Telemetry Systems.

Herzstück ist der MX Encoder der in jeden Standardhelm von Riddell eingesetzt werden kann. Mit sechs 1-achsigen Beschleunigungssensoren des Typs ADXL193 ausgestattet, ist das Inlay in der Lage, Intensität, Richtung, Ort und Dauer eines Zusammenstoßes zu erfassen. Ein eingebauter HF-Verstärker gewährleistet, dass das Signal über eine ausreichende Reichweite verfügt, um am Spielfeldrand über das Sideline Response System empfangen und ausgewertet zu werden. Bei signifikanten Messwerten, die beispielsweise auf eine Gehirnerschütterung hindeuten, wird das betreuende Personal über einen Pieper informiert und kann eingreifen.

Seit Dezember 2007 vertreibt Riddell das System in Verbindung mit seinen Helmen für umgerechnet 750 Euro, eine entsprechende Empfängerantenne, über die bis zu sechs Helme ausgelesen werden können, ist für 225 Euro erhältlich.

7.1.6 U.S. Militär^{126 127}

Neben dem kommerziellen Einsatzes des HIT Systems in mittlerweile verschiedensten Sportarten, wie Eishockey, Ski, Fußball und Boxen, wurde die Technik auch zum Einsatz im Advanced Combat Helmet (ACH) und dem Combat Vehicle (CVx) angepasst¹²⁸.

Parallel zu den Zielen der, in der Projektskizze bereits beschriebenen, Studie des Palo Alto Research Center (PARC), zu der den Verfassern keine neuen Erkenntnisse vorliegen, soll auch der ACH dazu beitragen komplexe Kopf- und Gehirnverletzungen besser zu verstehen. So wurden seit März 2009 über 7000 Soldaten mit der ersten Generation (Gen I) dieser Helme ausgestattet.

Im Juli dieses Jahres erteilte die U.S. Army Aufträge mit einem Volumen von über 17 Millionen US Dollar an die BAE Systems in Phoenix, und die Allen-Vanguard Corp. in Ashburn zur Entwicklung und Herstellung eines Sensors der zweiten Generation (Gen II). Die Gen II Sensoren sollen nicht nur in der Lage sein die Risiken von Kopfverletzungen zu definieren. Nach Angabe von Sprechern der U.S. Army ist es geplant, mit Hilfe der Sensoren detaillierte Erkenntnisse darüber zu erlangen, wie die Helme und die Helmpolster die externen Einwirkungen verteilen.

¹²⁵ Best, Siegfried W.: IQ Helm: Football-Helm zählt Anzahl und Härte der Einschläge, Online: www.imperia.mi-verlag.de, elektronik industrie 7/2008, 13.12.2010

¹²⁶ Delphus, Ann: U.S. Military to Purchase Improved Combat Helmet Sensors for Gathering Blast Exposure Data, Online: news.inventhelp.com, veröffentlicht am 22.09.2010, 13.12.2010

¹²⁷ Robinson, Jeniffer: BAE Systems Unveils Its Heads Generation II Helmet Sensor, Online: www.baesystems.com, veröffentlicht am 19.07.2010, 13.12.2010

¹²⁸ Beckwith, Jonathan: Versatile Field Technology for Many Uses, Online: www.simbex.com, 13.10.2010

Außerdem werden die Gen II Sensoren ein kabelloses Auslesen der Daten ermöglichen, sind kleiner und leichter als Ihre Vorgänger und verfügen über eine verdoppelte Akkulebensdauer von bis zu einem Jahr. Als weiteres „feature“ soll, sobald das System Messdaten aufgenommen hat, die auf traumatische Hirnverletzungen (traumatic brain injuries, TBIs) hinweisen, via LED Lampe ein Warnsignal abgegeben werden, um auf die eventuelle Verletzung aufmerksam zu machen.

Auf diese Weise will man vermeiden, dass betroffene Soldaten trotz einer Verletzung, wie beispielsweise einer leichten Gehirnerschütterung, die zeitverzögert zu Bewusstseinsverlust und Orientierungsstörungen führen kann, weiter am Kampfgeschehen teilnehmen.

BAE Systems taufen ihre Entwicklung die Headborne Energy Analysis and Diagnostic Systems - HEADS. Die Kosten für eine Sensoreinheit belaufen sich auf ca. 300 U.S. Dollar. Laut Hersteller werden die ersten Modelle ab April 2011 ausgeliefert, bis Juli des Jahres sollen 6000 U.S. Soldaten mit den neueren Sensoren in ihren Helmen ausgestattet sein.

7.1.7 90129¹²⁹

Die Kombination sensortechnischer Datenerfassung mit Funkübertragung findet mittlerweile vielseitig Anwendung in der Praxis. Die erfassten Daten dienen nicht lediglich der Dokumentation sondern werden auch zur Simulation, Analyse und Weiterentwicklung der entsprechenden Produkte verwendet.

Das Potential von Sensor-RFID haben auch längst die Hersteller für Komponenten entsprechender Systeme erkannt. So schlossen sich 2010 Melexis und Phase IV Engineering zusammen um drahtlose RFID Sensorlösungen zu konzipieren. Das MLX90129 schließt eine vielseitige Sensorschnittstelle mit einem internen Temperatursensor zusammen, um Umweltparameter zu erfassen. „Der Melexis Sensor-Tag IC kann die meisten der gewünschten Features und Funktionen, die in Datenerfassungsanwendungen benutzt werden, in sich vereinen und ersetzt damit teure Multi-Chip-Lösungen. Der sehr niedrige Energieverbrauch verlängert die Lebensdauer der Batterie und die RFID-Schnittstelle vereinfacht die Datenerfassung. Als wir uns dazu entschlossen haben, unseren ScemTag Data Logger zu entwickeln, war es ganz selbstverständlich, den MLX90129 zu benutzen.“ So Joachim Uhl, Geschäftsführer der Scemtec Sensor Technology GmbH. Das entsprechende Entwicklungssset DVK90129, erschien im Oktober 2009 und bildet die Basis der Hardwarearbeit im Forschungsprojekt „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönlichen Schutzausrüstung mit Auto- ID-Systemen“.

7.2 Stand der Forschung RFID – Schutznetze

Während der projektbegleitenden Recherchen zum Thema des RFID-Einsatzes im Zusammenhang mit Schutz- und Arbeitsplattformnetzen wurde eine entsprechende Aktivität der Firma CORERFIDLtd aufgetan.

¹²⁹ Moens, Rik: Gekühlt und sicher unterwegs, Online: www.melexis.com, veröffentlicht am 27.05.2009, 13.12.2010

Die folgenden Ausführungen beruhen auf einer Veröffentlichung des RFID-Systemintegrators mit dem Titel „Reliable, Efficient, Safety Checking for Structural Metal Decks“¹³⁰, welche unter dem angegebenen Link einzusehen ist.

Partner beziehungsweise Auftraggeber des erarbeiteten Systems ist die Firma SMDLtd (Structural Metal Desc Ltd), mit einer Jahresleistung von rund 1 Million m² der führende britische Anbieter für die Herstellung und Montage von Compositböden. Da entsprechende Systeme oft in großer Höhe zu montieren sind, ist in der Regel ein entsprechender Einsatz von Schutz- oder Arbeitsplattformnetzen für die Ausführungsarbeiten notwendig. Bei der angesprochenen Montageleistung benötigt SMDLtd einen Pool mit ca. 500 Netzen verschiedener Größen, um die Arbeiter zu sichern.

Die einzusetzenden Netze unterliegen der britischen Norm BSEN1263-2 die, wie auch die deutsche Normung, eine regelmäßige Überprüfung der Netze vorsieht. Ziel des Projektes mit dem Systemintegrator CORERFIDLtd war es die unternehmensinternen Prozesse im Hinblick auf die angesprochene Sicherheitsüberprüfung zu unterstützen und zu optimieren.

Prinzipiell wurde angestrebt den Aufwand für die Überprüfung der Netze im Hinblick auf die normativ vorgeschriebene Zustandsprüfung zu verringern, die Sicherheit der Mitarbeiter zu erhöhen, eine automatische Nutzungs- und Prüfungshistorie zu erstellen und das Risiko einer Baustellenbehinderung durch nicht einsatzbereite Netze zu minimieren.

Die Netze werden hierzu getagt und können somit mit den sicherheitsrelevanten Eigenschaften bezüglich der durchzuführenden Prüfung verknüpft werden. Checkpunkt zum Auslesen der Netze ist der Ein- und Ausgang im Lager. Hier werden die an den Netzen befestigten Tags mittels Handleser gelesen und beschrieben. Eine individuell anpassbare Anzeige der GUI-Software, auf der die entsprechend hinterlegten Informationen einsehbar sind, ist in Abbildung 205 dargestellt.

¹³⁰ vgl. Online: <http://www.corerfid.com/Files/Case%20Studies/037%20SMD%20Case%20Study%20Fact%20Sheet.pdf>, Stand 03/2013

Site Nets History
Select Site: 0001 Test Job1

Date: 1/22/2008

Site #	Site Ref	Site Name	Address	Town	County	Postcode
0001	ref1	Test Job1	add3 (-, add2 (-, add3 (-	city1	county1	postcode1

Net ID	Size	Date Manufactured	Manufacturer	Job Number	Job Title
1234	70 x 70	15 Apr 00	HRDC		
1	7 x 8	01 Feb 06	HRDC		

Site #	Site Ref	Site Name	On Hire Date	Off Hire Date
0001	ref1	Test Job1	06 Jan 08	
net.3				

Items Booked To Site

- Rope Ties: 001
- Grippers (Medium): 2
- Grippers (Large): 10
- Hercules 25mm: 5
- Hercules 45mm: 5
- Risk (Walls): 5

Abbildung 205: Beispielhafte Darstellung der GUI-Software der Firma SMDLtd¹³¹

Im Gegensatz zum ganzheitlichen Ansatz bei der Beforschung des Themengebietes durch die BUW legte die SMDLtd den Fokus bei der Entwicklung des RFID-Systems auf eigene, unternehmensinterne Mehrwerte vor allem im Hinblick auf logistische Prozesse. Die unter Kapitel 6.4 dargestellten Ziele, Vorgehensweisen, Untersuchungen und auch Ergebnisse fokussieren alle am Dachprozess der Schutznetze Beteiligten und fokussieren dabei vor allem den Mehrwert für die Berufsgenossenschaften und Unfallversicherungsträger. So wurde innerhalb des Forschungsprojektes „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen“ ein Demonstrator für die Kontrollprozesse der BG und exemplarisch für die Prüfinstitute entwickelt und die mehrwertbildenden Prozesse der Netzhersteller und Vermieter, zu deren Gruppe auch die SMDLtd mit eigenem Netzbestand zählt, lediglich peripher betrachtet.

Die dargestellten Ergebnisse einer nichtbeteiligten Forschungsstelle ergänzen sich somit durch die inhaltliche Abgrenzung. Die Überschneidungspunkte belegen nach Meinung der Verfasser dabei eine Notwendigkeit der Beforschung, da die Firma SMDLtd aufzeigt, dass durch den Einsatz der RFID-Techniken bei Schutznetzen entsprechende Mehrwerte zu erzielen sind. Der individuelle Nutzen der Beteiligten wird allerdings erst dann ihr maximales Niveau erreichen, wenn die RFID-Systematik einem ganzheitlichen Konzept unterliegt. An diesem Punkt setze die Grundidee des Forschungsschwerpunktes RFID-Schutznetze an.

¹³¹ vgl. ebenda

8 Bewertung der Ergebnisse / Fazit

Verfasser: *B.Sc. Agnes Kelm*

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde die technische Umsetzung zum Einsatz von Auto-ID-Techniken zur Erfassung von Lebenszyklusdaten von persönlicher Schutzausrüstung erforscht und exemplarisch umgesetzt. In diesem Zusammenhang wurden Vorschläge zur Auswahl geeigneter RFID-Transponder und RFID-Sensor-Systeme, sowie zur Art, dem Ort und des optimalen Zeitpunkts zur Integration des Datenträgers in das PSA-Produkt erarbeitet. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass insbesondere der Einsatz von RFID-Transpondern bereits in naher Zukunft, auch bei kostengünstigerer PSA, zu erwarten ist. RFID-Sensorsysteme hingegen werden aufgrund ihrer derzeit noch relativ hohen Beschaffungskosten erst mittel- bis langfristig eingesetzt werden.

Im Laufe des Forschungsprojektes ergab sich weiterhin die Beforschung einer prozessintegrativen Nutzung der Auto-ID-Techniken im Hinblick auf lebenszyklusrelevante Eigenschaftsdokumentation der Produktgruppe Schutznetze, Sachgebiet 10 des Fachausschusses „Persönliche Schutzausrüstung“ der BG. In diesem Zusammenhang wurden Untersuchungen der entsprechenden Prozesse und der erzielbaren Mehrwerte, durch den Einsatz von Auto-ID-Systemen, für die Beteiligten, wie Hersteller und Vermieter, BG und Unfallversicherungsträger, mit Fokus auf die zeitabhängigen Leistungsmerkmale durchgeführt.

Auf Basis der intensiven Begleitung der Normungsarbeit des Arbeitskreises „RFID bei PSA“, der als Sonderausschuss unter dem Beirat des Normenausschuss PSA im DIN geführt wird, wurde in Rahmen des Forschungsprojektes eine Methode zur standardisierten Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA erarbeitet.

Diese Methode bildet die Basis, um das volle Nutzenpotenzial auch unternehmensübergreifend entlang der Wertschöpfungskette von PSA-Produkten, d.h. vom PSA-Hersteller über den Anwender, die Berufsgenossenschaften bis zu den Unfallversicherern und zum Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand, ausschöpfen zu können und eine Etablierung der RFID-Technik auf dem Markt zu gewährleisten.

In diesem Zusammenhang zeigt sich weiterer Forschungsbedarf. Die stetige Aktualisierung des Klassifizierungscodes Verlangt nach einer zentralen verwaltenden Stelle (Vergabestelle), deren Aufbau, Aufgaben, Rechte und Pflichten im Detail noch zu arbeiten sind.

9 Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

Verfasser: *M.Sc. Agnes Kelm*

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Anica Meins-Becker

9.1 Konzept zur Einführung einer PSA-Kontrolle im Mischwerk in Oberhausen

9.1.1 Ausgangssituation

Auf dem gesamten Gelände des Mischwerks ist das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung, i.d.R. Sicherheitsschuhe, -weste und -helm, sowohl für die Mitarbeiter, als auch für Besucher vorgeschrieben.

Gemeinsam mit einem Straßenbau-Unternehmen wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens ein Konzept für die automatische Kontrolle mit RFID gekennzeichnete PSA auf dem Gelände des Mischwerks für die Mitarbeiter und die Besucher erarbeitet, das nach letzter Aussage des Kooperationspartners im Laufe des Jahres 2013 umgesetzt werden soll.

9.1.2 Darstellung der Prozesskette der PSA-Kontrolle bei Mitarbeitern

1. Mitarbeiter-Raum
 - Umkleide der Mitarbeiter
 - jeder MA hat seine persönliche Arbeitskleidung
 - vorhandene Arbeitskleidung wird mit RFID-Transpondern getackt, diese dienen der anschließenden Zuordnung der jeweiligen PSA zur entsprechenden Arbeitskleidung
 - auch die PSA wird getackt und anschließend auf dem zentralen Server zur Arbeitskleidung des MA zugeordnet
 - MA zieht seine Arbeitskleidung sowie die entsprechende PSA an (Helm, Schuhe und Weste)
2. PSA-Portal 1
 - MA (mit Arbeitskleidung und PSA) durchschreitet auf dem Weg ins Werk das PSA-Portal 1
 - über den Transponder in der Arbeitskleidung erkennt das PSA-Portal, welche PSA dieser Kleidung zugeordnet ist

- Überprüfung, ob der MA seine zugeordnete PSA trägt (Überprüfung anhand der getackten Arbeitskleidung)
 - o PSA unvollständig: rote Ampel leuchtet auf und Warnsignal ertönt, es wird eine Fehlermeldung (Datensatz) an den zentralen Server geschickt
 - o ein zuständiger MA sitzt im MA-Raum und überwacht das PSA-Portal 1, Einschreiten bei Fehlermeldungen
- nach erfolgreichem Durchschreiten des PSA-Portals kann sich der MA frei auf dem Mischwerkfeld bewegen

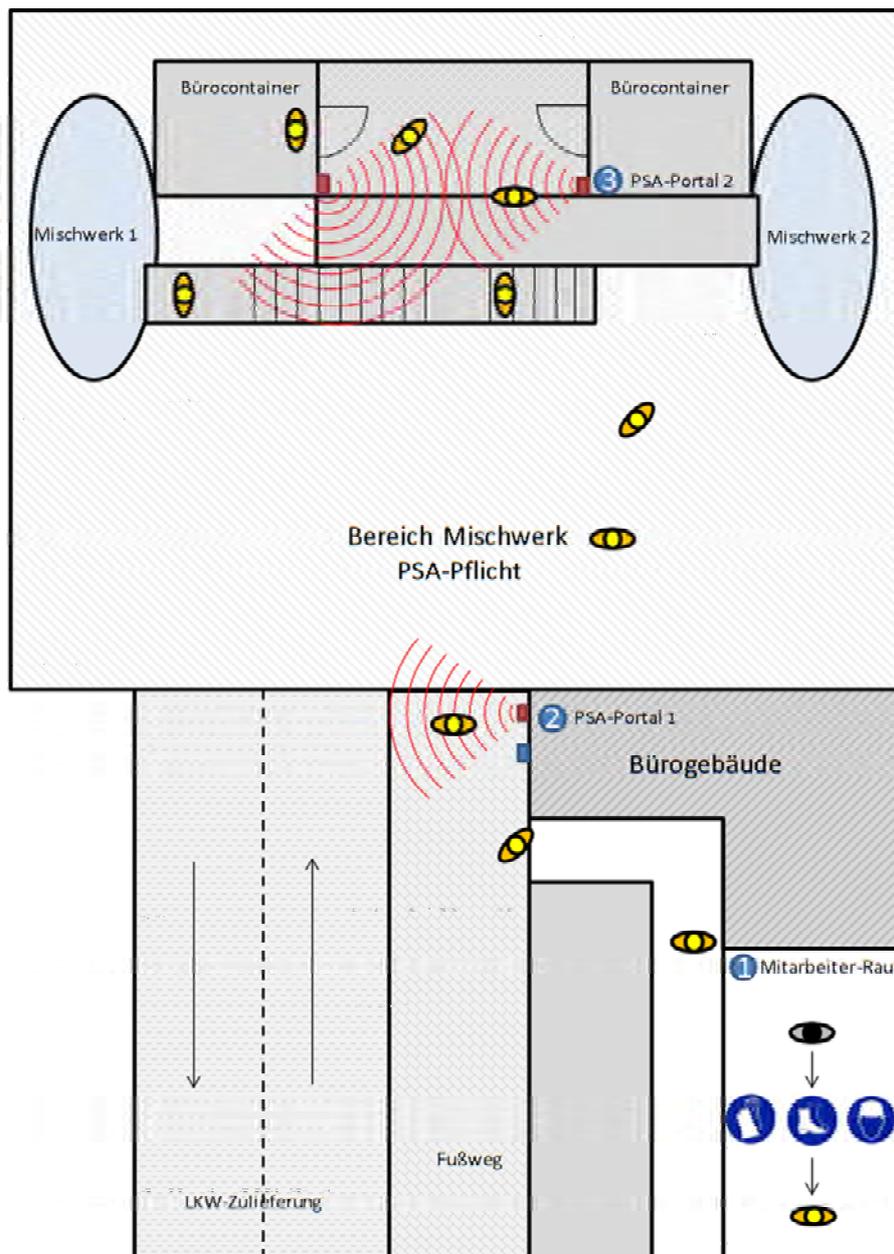


Abbildung 206: Schematische Darstellung der PSA Kontrolle bei Mitarbeitern



Abbildung 207: Schematische Darstellung des PSA-Portals 1 für Mitarbeiter

3. PSA-Portal 2

- angeordnet im Bereich der Bürocontainer
- dient der erneuten Überprüfung, ob MA die PSA tragen, da im Büro die PSA häufig abgelegt wird
- PSA-Portal 2 ist so angeordnet, dass sowohl MA erfasst werden, die die Treppe benutzen, als auch die MA, die aus ihren Büros herauskommen
- Überprüfung erfolgt – wie auch am PSA-Portal 1 – über die getackte Arbeitskleidung und der entsprechend zugeordneten PSA

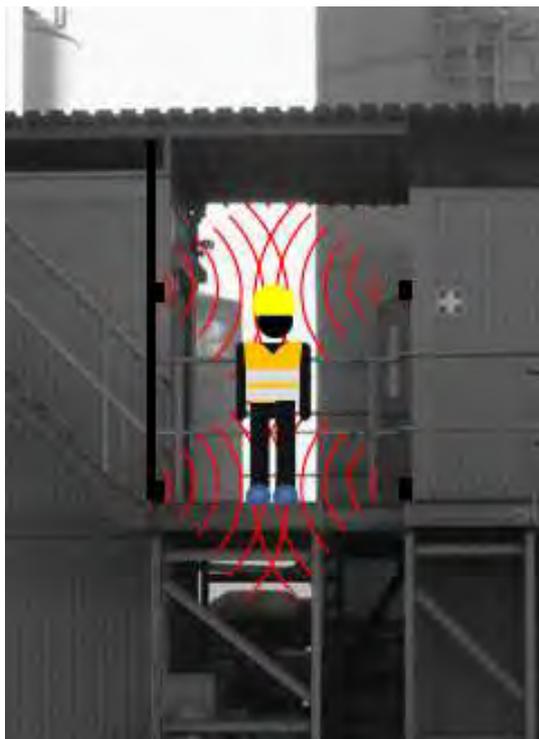


Abbildung 208: Schematische Darstellung des PSA-Portals 2 für Mitarbeiter

9.1.3 Darstellung der Prozesskette der PSA-Kontrolle bei Besuchern

Prozessübersicht PSA-Kontrolle bei Besuchern

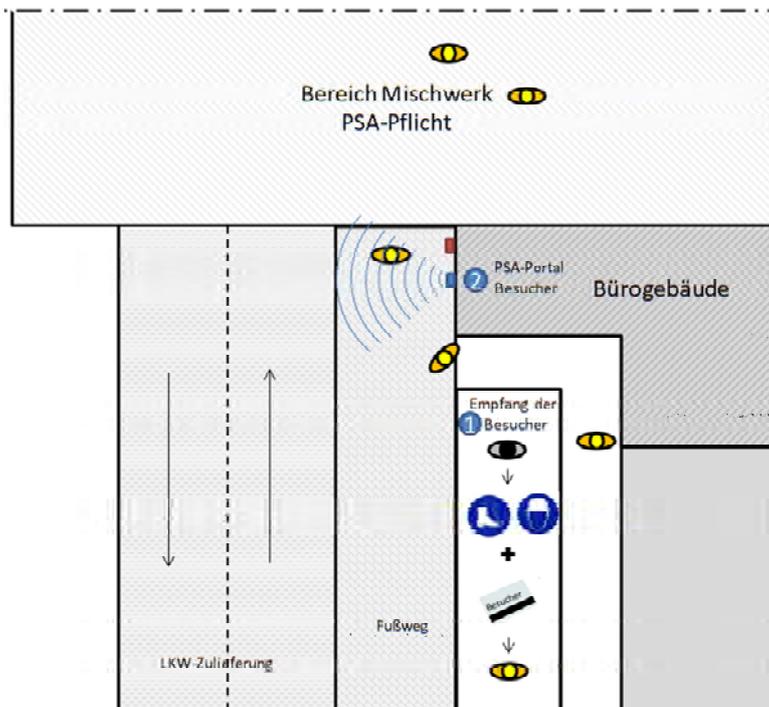


Abbildung 209: Schematische Darstellung der PSA Kontrolle bei Besuchern

Beschreibung der Prozesskette PSA-Kontrolle bei Besuchern

1. Empfang der Besucher
 - Besucher werden empfangen und erhalten die notwendige PSA (Helm, Schuhe und Weste) sowie eine – zur entsprechenden PSA zugeordnete Besucherkarte
 - Besucher ziehen die getagte PSA über
2. PSA-Portal Besucher
 - Besucher passieren das PSA-Portal, wobei – anders als bei den eigenen MA nicht die Arbeitskleidung als Identifikation dient, sondern die Besucherkarte
 - Besucherkarte dient zum Abruf und Überprüfen der zugeordneten PSA
 - o PSA unvollständig: rote Ampel leuchtet auf und Warnsignal ertönt, es wird eine Fehlermeldung (Datensatz) an den zentralen Server geschickt
 - o ein zuständiger MA sitzt im MA-Raum und überwacht das PSA-Portal für Besucher, Einschreiten bei Fehlermeldungen
 - nach erfolgreichem Durchschreiten des PSA-Portals kann sich der Besucher auf dem Mischwerkfeld bewegen
 - anders als bei den eigenen MA erfolgt keine erneute Überprüfung der PSA im Bereich des PSA-Portals

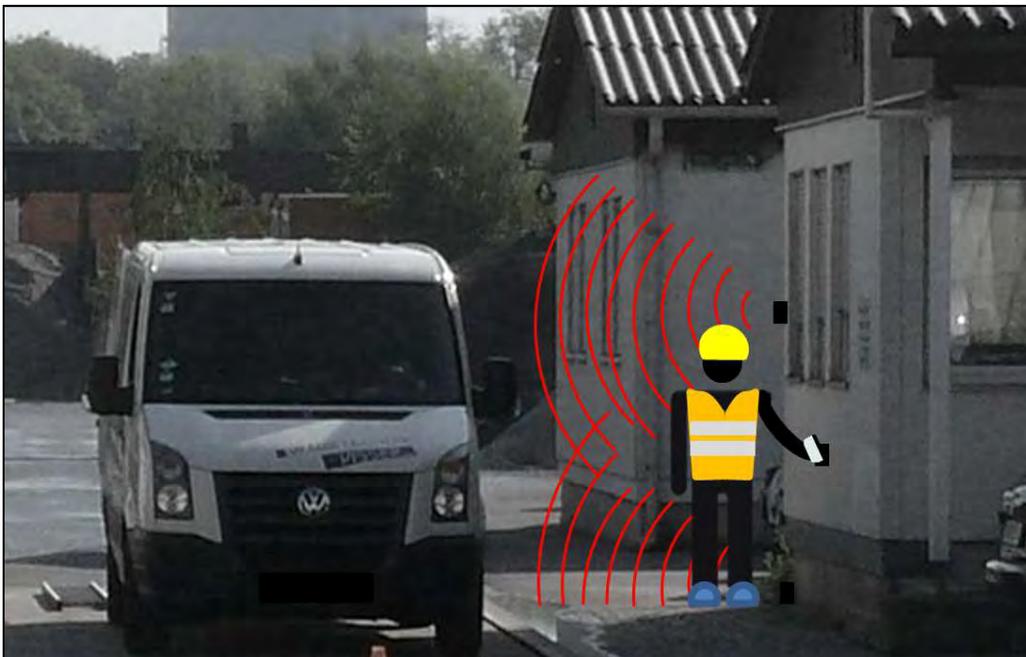


Abbildung 210: Schematische Darstellung des PSA-Portals für Besucher

10 Ansprechpartner

10.1 Forschende Stelle

Für weitere Fragen zum Projekt „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Techniken“ stehen wir Ihnen gerne unter folgender Adresse zur Verfügung:

Herr

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus

Bergische Universität Wuppertal

Fachbereich D

Lehr- und Forschungsgebiet

Baubetrieb und Bauwirtschaft

Pauluskirchstr.7

42285 Wuppertal

Telefon (0202) 439 - 41 14

Fax (0202) 439 - 43 14

E-Mail helmus@uni-wuppertal.de

Frau

M.Sc. Agens Kelm

Bergische Universität Wuppertal

Fachbereich D

Lehr- und Forschungsgebiet

Baubetrieb und Bauwirtschaft

Pauluskirchstr.7

42285 Wuppertal

Telefon (0202) 439 - 4378

Fax (0202) 439 - 43 14

E-Mail kelm@uni-wuppertal.de

Herr

B.Sc. Daniel Platz

Bergische Universität Wuppertal

Fachbereich D

Lehr- und Forschungsgebiet

Baubetrieb und Bauwirtschaft

Pauluskirchstr.7

42285 Wuppertal

Telefon (0202) 439 - 4378

Fax (0202) 439 - 43 14

E-Mail dplatz@uni-wuppertal.de

Frau

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Anica Meins-Becker

Bergische Universität Wuppertal

Fachbereich D

Lehr- und Forschungsgebiet

Baubetrieb und Bauwirtschaft

Pauluskirchstr.7

42285 Wuppertal

Telefon (0202) 439 - 4109

Fax (0202) 439 - 43 14

E-Mail meinsbec@uni-wuppertal.de

10.2 Praxispartner

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Fachausschuss
Persönliche Schutzausrüstungen, Haan



3M Deutschland GmbH, Neuss



Klebl Baulogistik GmbH, Neumarkt



11 Glossar

Bit:	kleinste Kodierungseinheit
Cutter:	eingedeutschter Begriff für Teppichmesser
Datenlogger:	prozessorgesteuerte Speichereinheit, welche Daten in einem bestimmten Rhythmus über eine Schnittstelle aufnimmt
Drag and Drop:	Verfahren der Maussteuerung zum Verschieben von Dateien
Drop-Down-Menü:	Softwareseitige Technik zur Auswahlsteuerung
DVK90129:	RFID-Development-Kit der Firma Proxima/Melexis
G-Kräfte:	Belastungen, die aufgrund starker Änderung von Größe und/oder Richtung der Geschwindigkeit auftreten, Einheit [g]
G-Wert:	Wert einer G-Kraft
IDS-SL900A:	RFID-Development-Kit der Firma Microchip AG
Imager:	Ein Modul zum Erzeugen von Bildern
Jumper:	eingedeutschter Begriff für Steckbrücke (Elektrotechnik)
Reset:	engl., Zurücksetzen
Samples:	engl., Probe; hier: Speicheraktion eines Datenloggers
Kit:	eingedeutschter Begriff für Test-Set
SensLO-TS:	RFID-Datenlogger der Firma Talk-ID
Supply Chain:	eingedeutschter Begriff für Lieferkette
Tab:	eingedeutschter Begriff für Registrierkarte (softwareseitig)
Tag:	Transponder (Kurzform)
Tagging:	Mit einem Tag Kennzeichnen
Transponder:	Funk-Kommunikationsgerät, das eingehende Signale aufnimmt und automatisch beantwortet

12 Literaturverzeichnis

Fachbücher

- Lehder, Günter: Taschenbuch Betriebliche Arbeitssicherheit. 5. Aufl., Berlin: Schmidt-Verlag, 2007
- Lehder, Günter; Skiba, Reinald: Taschenbuch Arbeitssicherheit. 11.Aufl., Berlin: Schmidt-Verlag, 2005
- Helmigh, Martin; Hustadt, Jan: Ein_uss von Metallen und Flüssigkeiten auf RFID-Systeme. In: Hebezeuge Fördermittel. (<http://www.hebezeuge-foerdermittel.de/einfluss-von-metallen-und-fluessigkeiten-auf-rfid-systeme/2010/02/04>) Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH, 2007
- Finkenzeller, Klaus: RFID-Handbuch. 5. Aufl., München: Hanser-Verlag, 2008
- Pieper, Ralf; Vorath, Bernd-Jürgen (Hrsg.): Handbuch Arbeitsschutz. 2. Aufl., Frankfurt am Main: Bund-Verlag, 2005
- Melski, Adam; Schumann, Matthias (Hrsg.): Konzeptuelles Modell zur objektbegleitenden Datenspeicherung in RFID-gestützten Logistiknetzwerken. Arbeitsbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Georg-August-Universität Göttingen, 2008
- Fürstenberg, Frank; Truschkin, Eugen: Status quo des RFID-Einsatzes. In: RFID in der Logistik - Empfehlungen für eine erfolgreiche Einführung. Straube, Frank (Hrsg.), Sonderband 2, Schriftenreihe Logistik, Technische Universität Berlin, 2009
- Rhensius, Tobias: Typisierung von RFID-Anwendungen. Aachen: Apprimus Verlag, Band 102, 2010
- Helmus M., Nisancioglu S., Offergeld B., Sachs O. [Hrsg.] (2010) Arbeitsschutz im Bauwesen mit RFID, 1.Auflage. Vieweg/Teubner- Verlag, Wiesbaden
- Helmus M., Meins-Becker A., Laußat L., Kelm A. [Hrsg.] (2009) RFID in der Baulogistik. Forschungsbericht zum Projekt „Integriertes Wertschöpfungsmodell mit RFID in der Bau- und Immobilienwirtschaft“, 1.Auflage. Vieweg/Teubner- Verlag, Wiesbaden
- Kelm A., Laußat L., Meins-Becker A., Schriftreihe Bauwirtschaft, Tagungsband des 20. Assistententreffens der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, (2009)

Verordnungen, Vorschriften und Normen

- DIN EN 167:2001 Persönlicher Augenschutz Optische Prüfverfahren
- DIN EN 169:2002 Filter für das Schweißen und verwandte Techniken, Trans-missionsanforderungen und empfohlene Anwendung
- DIN EN 379:2003+A1:2009, Persönlicher Augenschutz – Automatische Schweißerschutzfilter
- DIN EN 397:1995+A1:2000 Industrieschutzhelme
- DIN EN 1263-1 (2002) Schutznetze (Auffangnetze), Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren; ICS 13.340.99
- DIN EN 1263-2 (2002) Schutznetze (Sicherheitsnetze), Teil 2: Sicherheitstechnische Anforderungen für die Errichtung von Schutznetzen; ICS 13.340.99
- DIN EN ISO 1806 (2002) Bestimmung der Maschen- Höchtzugkraft von Netztuchen, ICS 65.150
- BGR 179 (Juli 2000) Einsatz von Schutznetzen
- BGI 662 (Januar 2007) Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeitsplattformnetzen

Bachelor- und Master-Arbeiten

- Wilke T. (2011), Bachelor-Thesis: Untersuchung der Funktions- und Einsatzfähigkeit von Sensor RFID-Systemen zur Lebenszyklusdatenerfassung von PSA im Bauwesen
- Kneib W. (2012), Bachelor-Thesis: Einsatz der RFID- Technologie zur Optimierung der Logistik- und Wartungsprozesse im Zusammenhang mit Arbeitsplattform- und Schutznetzen
- Quappe D. (2013), Master-Thesis: Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts für eine Vergabestelle zur Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA-Produkten

Internetquellen

- Glaser, T. (2008) Aktuelles zum Einsatz von Schutznetzen
(<http://www.arbeitsschutzdigital.de/ce/das-sachgebiet-schutznetze-im-fachausschuss-persoенliche-schutzausruestungen-fa-psa-informiert-aktuelles-zum-einsatz-von-schutznetzen/detail.html>, Stand 18.08.2012)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Tödliche Arbeitsunfälle 2001 2010.
(<http://www.baua.de/de/Informationenfuer-die-Praxis/Statistiken/Unfaelle/toedliche-Arbeitsunfaelle/toedliche-Arbeitsunfaelle.html>, Stand: 06/2012)
- Dr.-Ing. K. Schories (2003) Aus der Arbeit des BIA – Nr.0024 Verwendungsdauer von Schutznetzen
(<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/abia0024.pdf>, Stand 24.08.2012)

- BITKOM e.V.: White Paper RFID - Technologie, Systeme und Anwendungen.
(http://www.bitkom.org/_les/documents/white_paper_r_d_deutsch_11.08.2005___nal.pdf, Stand: 7.12.2012)
- Fachausschuss Persönliche Schutzausrüstung (2011) Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Persönlichen Schutzausrüstungen (http://www.dguv.de/dguv-test/de/produktsicherheit/pruefgrundlagen/pruefgrundsaeetze/pg_pdf/gs_ps_01.pdf, Stand 24.08.2012)
- BG Bau
(<http://www.bgbau.de>, Stand 23.07.2012)
- BPMN 2.0
(http://de.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Model_and_Notation, Stand 25.09.2012)
- Dost Netz
(<http://www.dost-netze.de/matinfo.html?L=0>, Stand 25.07.2012)
- RFIDIOM
(<http://www.rfidiom.com/images/portal.png>, Stand 18.09.2012)
- ADC Nordic
(<http://www.adcnordic.com/img/produktnyheter/intermec-ip30.jpg>, Stand 18.09.2012)
- Online-Informationen zu: Europäische Komitee für Normung
(<https://www.cen.eu/cen/AboutUs/Pages/default.aspx>, Stand: 20.11.2012)
- Clasen, Michael: Das EPCglobal-Netzwerk - Ein Werkzeug zur Rückverfolgung in Echtzeit. In: elektronische Zeitschrift für Agrarinformatik (eZAI). Nr. 1, 2006. - S. 1-14.
(<http://www.preagro.de/ezai/index.php/eZAI/article/viewFile/9/6>, Stand: 7.12.2012)
- Dienelt, Sven: RFID-Standards für o_ene Systeme
(http://www.ec-ruhr.de/system/_les/vortraege/dienelt-081107.pdf, Vortrag vom 07.11.2008, Stand: 22.11.2012)
- Deutsches Institut für Normung e.V. - NA 075 Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS): Jahresbericht 2011
(http://www.nps.din.de/sixcms_upload/media/2509/Jahresbericht%202011%20NPS%20Web.pdf, Stand: 14.12.2012)

- GS1 Germany GmbH: Informationswelt der Zukunft - Informationspapier.
(http://www.gs1-germany.de/internet/common/downloads/epc_r_d/3002_informationswelt_der_zukunft.pdf, 07/2009, Stand:21.11.2012)
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV): Radio Frequency Identification (RFID) - Identifizierung von Packstücken.
(http://www.tis-gdv.de/tis/verpack/r_d/r_d.htm, Stand:13.11.2012)
- Global Industry Analysts, Inc.: Global Personal Protective Equipment Industry
(<http://www.reportlinker.com/p092516-summary/World-Personal-Protective-Equipment-Market.html>, Stand: 14.03.2013)

Zeitschriften

- Huck GmbH (2011), Bauschutznetze. Baukatalog 2011/2012, S. 22

Experteninterviews

- BG Bau – Zentrum für Sicherheitstechnik (ZS), Prüf- und Zertifizierungsstelle des Fachbereichs Persönliche Schutzausrüstung
Herr Johann Peter Bautz
Zwengenberger Straße 68
42781 Haan
Tel.: 02129 / 576-442
Email: Johann-Peter.Bautz@bgbau.de
- BG Bau – Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Herr Michael Schweniger
Email: michaelshweniger@bgbau.de

Kürzel

Hrsg., Titel, Jahr

BGR 193

Fachausschuss „Persönliche Schutzausrüstungen“ der BGZ, *Benutzung von Kopfschutz*, 2002

DIN EN 397

CEN, *Industrieschutzhelme; Deutsche Fassung EN 397:2012*, 02/2012

Handbücher

- Handbuch des MLX90129; MLX90129_Datasheet 6.pdf , <http://www.melexis.com/Assets/MLX90129-DataSheet-5193.aspx>

13 Anlagen

13.1 Anlage 1

13.1.1 Liste der Veröffentlichungen

Veröffentlichungen				
Autor	Titel	in	Jahr	Art
Christoph Berger	RFID in der Baubranche schafft Transparenz	ILM Forum	2010	Internetblog
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker	Supply Chain Management im Bauwesen – heute und morgen	GS1 Network	2010	Artikel (Magazin)
Rhea Wessel	RFID Helps Control and Organize Construction Sites	RFID Journal	2010	Artikel (Online-Magazin)
Manfred Helmus / Agnes Kelm / M. Javad Khazaei / Lars Laussat	Einsatz von Baustellenausweisen, Auto-ID-Technik und Sensorik und dessen Wirkung auf Bausicherheit und Baukultur	2nd National Congress on Building Safety (Tehran, Iran)	2010	Paper (Kongress)
Manfred Helmus / Agnes Kelm / M. Javad Khazaei / Mohammad Mostafa Soltani	Entwicklung eines Modells zur automatisierten Unfallanzeige in der Bauwirtschaft	2nd National Congress on Building Safety (Tehran, Iran)	2010	Paper (Kongress)
Manfred Helmus / Agnes Kelm	Automatische Kontrolle von Persönlicher Schutzausrüstung mit RFID	Gefahr/gut (S. -)	2011	Artikel (Magazin)
Manfred Helmus / Agnes Kelm / M. Javad Khazaei / Lars Laussat	Using AutoID-Systems for Life Cycle Data Management of Personal Protective Equipment to improve occupational health & safety	ISEC 6 (Zürich)	2011	Paper (Kongress)
Manfred Helmus / Agnes Kelm / M. Javad Khazaei	Deployability evaluation of personal protective equipment using RFID technique for more efficient construction health and safety	Global Innovation in Construction Conference 2011	2011	
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker	Automatische digitale Erfassung, Kontrolle sowie medienbruchfreie Dokumentation von Lebenszyklusdaten bei persönlicher Schutzausrüstung mittels RFID	Festschrift	2011	Festschrift
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker/Daniel Platz	Rütteln an der Integrität	Gefahrgut	2012	Artikel
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker/Daniel Platz	Einsatz der RFID-Technologie zur Verbesserung des Arbeitsschutzes - Prozessunterstützung entlang der Supply Chain beim Einsatz Persönlicher Schutzausrüstung	Sicher ist sicher - Persönliche Schutzausrüstung	2012	Artikel (Magazin)
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker/Daniel Platz	Sicherheitstechnik mit RFID - eine Verbesserung im Einsatz von Persönlicher Arbeitsschutzausrüstung (PSA)	ASU Protect - Das Magazin für Arbeitsschutzmanagement	2012	Artikel
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker/Daniel Platz	RFID: Automatische digitale Erfassung, Kontrolle und Dokumentation von lebenszyklusdaten bei Persönlicher Schutzausrüstung	BPUVZ	2012	Artikel
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker / Platz / Khazaei	Life cycle data of PPE with RFID sensors - New research results	11th EUROPEAN SEMINAR ON PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT Conference Paper	2012	Paper (Kongress)
Manfred Helmus / Agnes Kelm / Anica Meins-Becker/Daniel Platz	Einsatz der RFID-Technologie zur Verbesserung des Arbeitsschutzes	Sicher ist sicher - Arbeitsschutz Aktuell	2013	Artikel (Magazin)

13.1.2 Liste der Präsentationen

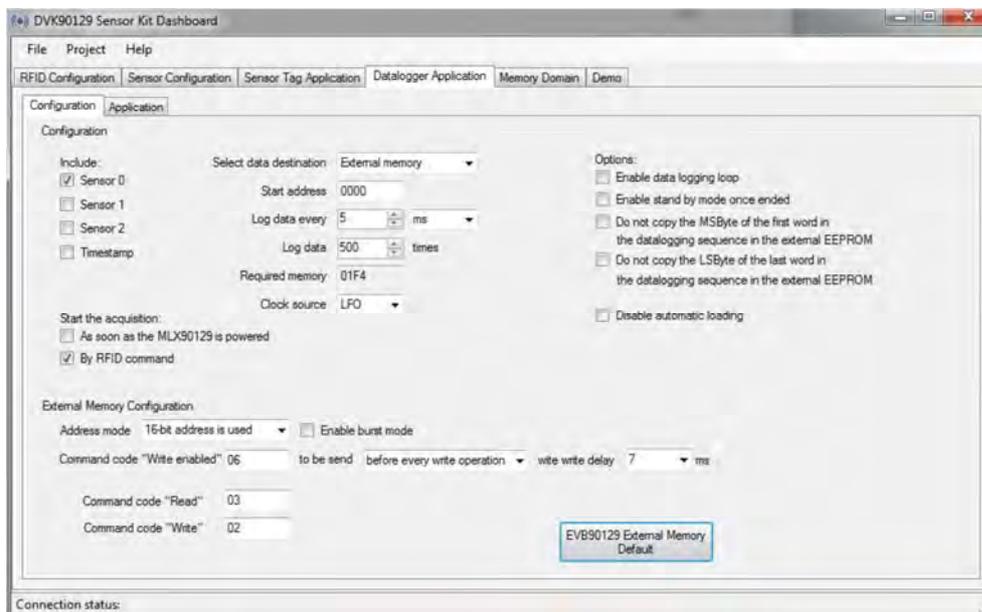
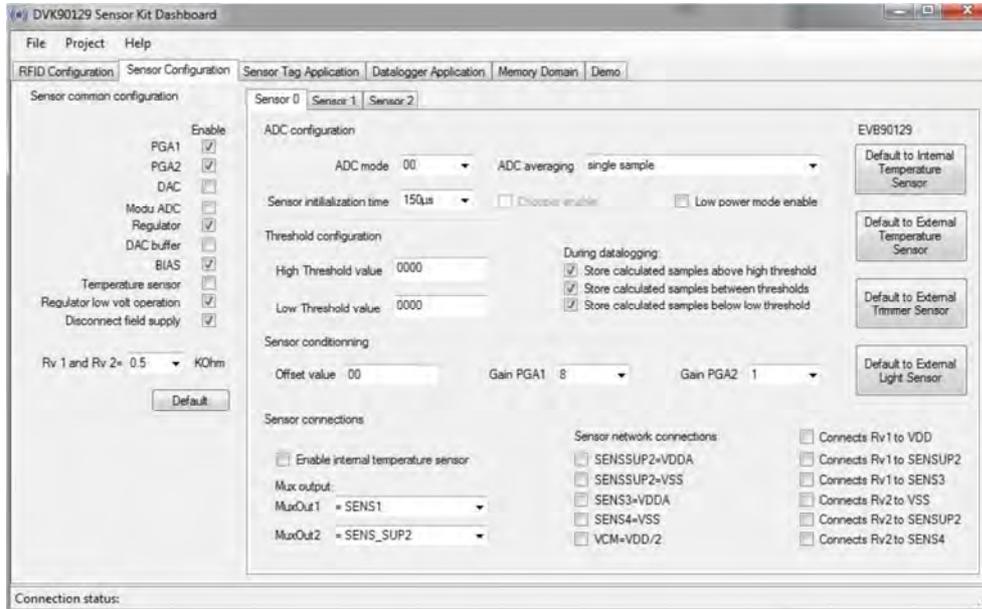
Präsentationen		
Titel	Veranstaltung / Gastgeber	Datum
PSA und RFID – Eine Zukunftsidee?	Challenges and Innovations of Personal Protective Equipment	19.06.2009
Lebenszyklusdatenerfassung von Persönlicher Schutzausrüstung mit Auto-ID-Systemen	Fa. Schümer	23.11.2009
Auftaktgespräch zum Projekt „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mit Auto-ID-System“	Fa. Schümer	23.08.2010
NFC Handy	Fa. virtic GmbH	21.09.2010
RFID-Technologie in der Wertschöpfungskette der Bauwirtschaft	Vortrag im Rahmen des Berufungsverfahren	14.04.2010
Auftaktgespräch zum Forschungsprojekt „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mit Auto-ID-Systemen“	Fa. 3M	30.04.2010
Forschung zum Auto-ID-Einsatz in der Baubranche am Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft	Fa. Schubert	07.05.2010
Elektronische Material- und Werkzeugnachverfolgung sowie Personenidentifizierung (RFID / Auto-ID)	Fa. Hochtief	18.05.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	Fa. C+S, Fa. Strabag	29.06.2010
INNOVATION DURCH INTERDISZIPLINARITÄT	NRW Stipendiaten	13.07.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	Fa. C+S, Fa. SitexOrbis	28.07.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	Herrn Moltke	05.08.2010
Auftaktgespräch zum Projekt „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mit Auto-ID-System“	Fa. Schümer	24.08.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	VDMA	07.09.2010
RFID-unterstütztes Steuerungs- und Dokumentationssystem für die erweiterte Baulogistik am Beispiel "RFID-Baulogistikleitstand" für die Baustelle	ABZ Kerpen Workshop "Digitale Baustelle"	22.09.2010
Projektbesprechung „Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mit Auto-ID-System“ - Sensorrecherche -	Fa. 3M	27.09.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	EXPO	04.10.2010
Workshop Potentiale von RFID für HOCHTIEF	HOCHTIEF	29.10.2010

Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen

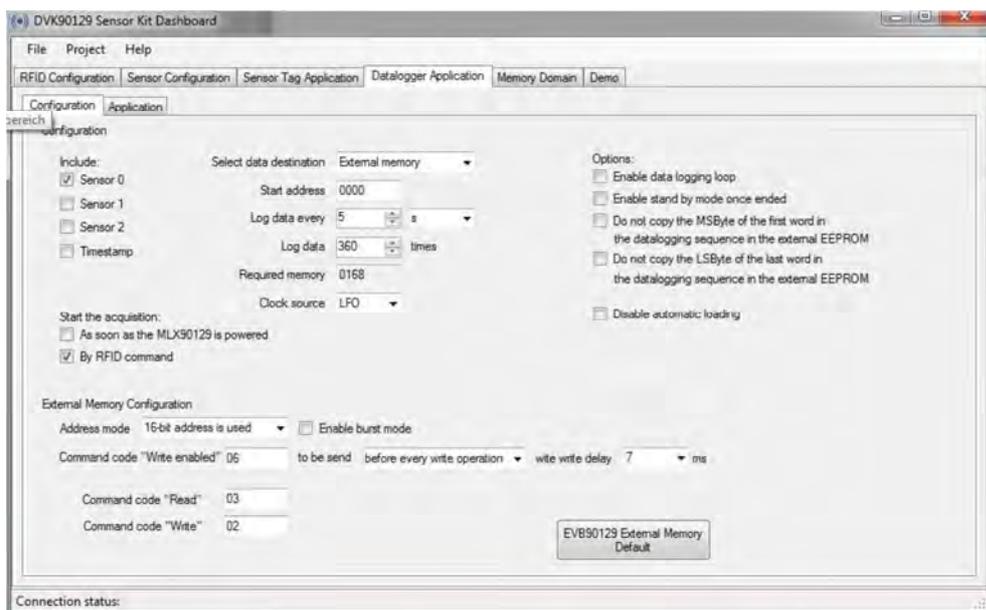
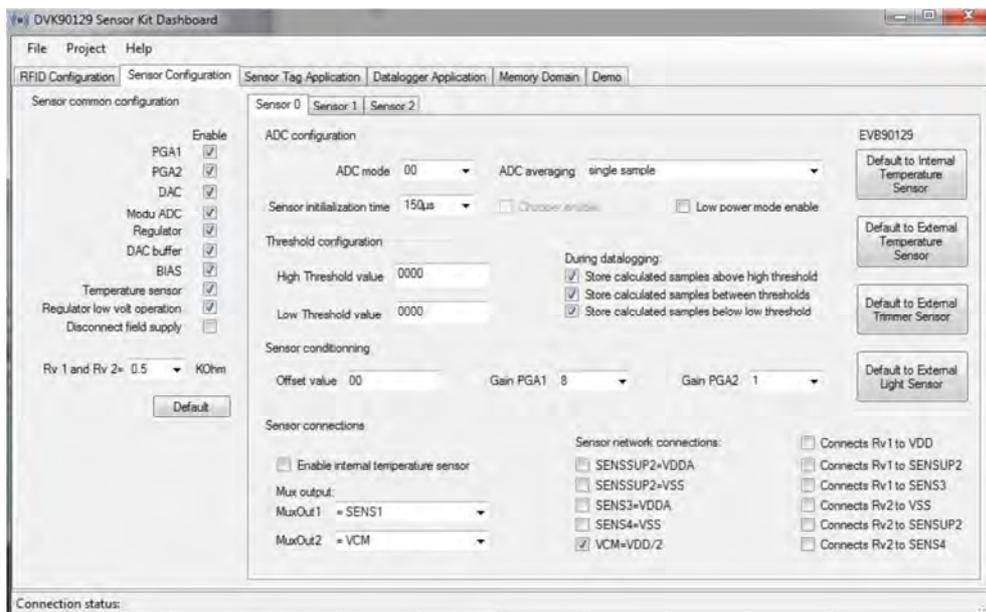
Elektronische Material- und Werkzeugnachverfolgung	Ehrhardt	04.11.2010
(RFID-Technik auf Baustellen (Sicherheit und Logistik)) در کارگاه های ساختمانی RFID فناوری	Iran Kongress 2nd National Congress on Building Safety	11.11.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	Telekom	15.11.2010
Einsatz von RFID im Bereich der Persönlichen Schutzausrüstung	26. Münchener Gefahrenstoff-Tage	24.11.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	BG Bau	17.12.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	Pro Waste	21.12.2010
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	EOROVIA	24.01.2011
Forschungsprojekt Lebenszyklusdatenerfassung von persönlicher Schutzausrüstung mittels AutoID-Techniken	DIN 7. Sitzung des NA 075 BR-01 SO "RFID bei PSA"	25.01.2011
RFID in der Baulogistik am Beispiel des „RFID-Baulogistikleitstands“	STRABAG	11.02.2011
Baustellenlogistik: Einsatz von AutoID-Techniken (insbes. RFID) auf Großbaustellen	VDMA 2. Informationstag Baustellenmanagement	17.02.2011
Use of RFID to improve safety at work Einsatz von RFID zur Verbesserung des Arbeitsschutzes	Symposium „Arbeits- und Gesundheitsschutz – vom Problem zur praktischen Lösung“ türkische Arbeitsschutzwoche	05.05.2011
Using AutoID-Systems for Life Cycle Data Management of Personal Protective Equipment to improve occupational health & safety	The Sixth International Structural Engineering and Construction Conference (ISEC-6)	22.06.2011
Forschung zum Einsatz von RFID zur Verbesserung des Arbeitsschutzes - ein Blick in die Zukunft -	Heidelberg Cement Treffen der deutschen HC- Sicherheitsingenieure und- fachkräfte	29.06.2011
AutoID-gestützte Materiallogistik für Sicherheitsnetze - Vorstellung von AutoID- Lösungsansätzen, die Bau- und Informationsflussprozesse verbessern und so die Nachvollziehbarkeit von Abläufen und Kosteneinsparungen ermöglichen	JH NETZMONTAGEN GmbH	13.07.2011
Forschung zum Einsatz von RFID zur Verbesserung des Arbeitsschutzes - ein Blick in die Zukunft -	Schuberth Praxisparter-Sitzung	07.09.2011
„Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mit Auto-ID-System“	3M Praxisparter-Sitzung	12.09.2011
Life cycle data of PSE with RFID sensoric – new research results	11th EUROPEAN SEMINAR ON PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT	25.02.2012
Kennzeichnung und Klassifizierung von PSA - Vorschlag eines Demo-Software-Tools für Vergabestellen zur automatisierten Ausgabe von Klassifizierungsnummern für PSA	DIN Sitzung des NA 075-BR-01 SO	01.02.2012

13.2 Anlage 2

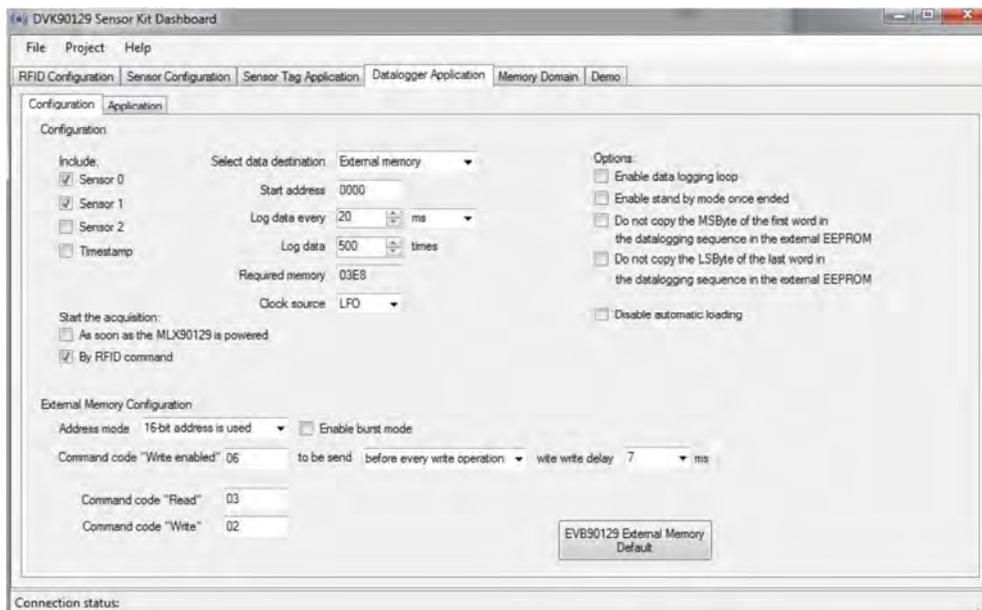
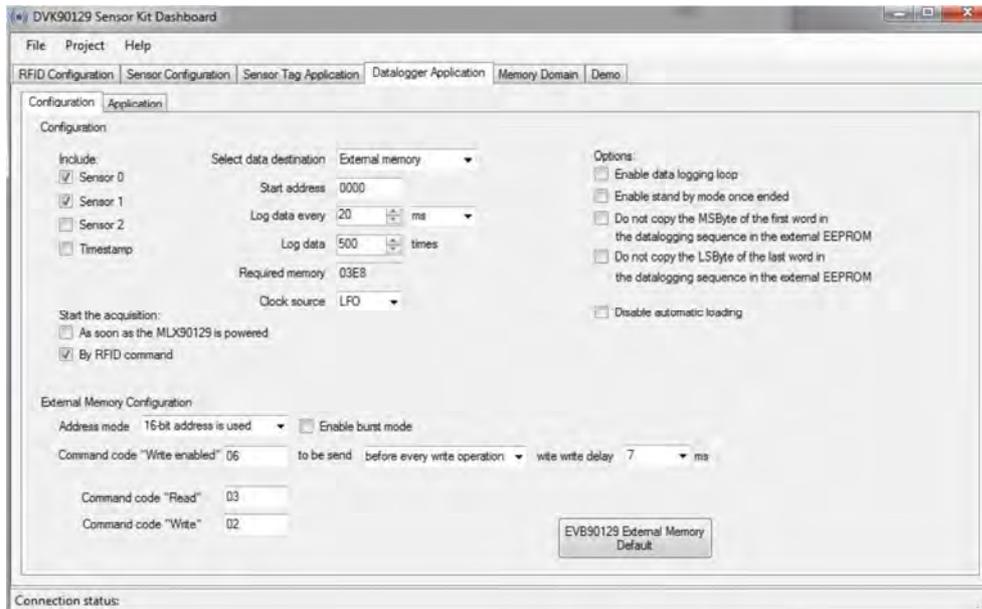
13.2.1 Softwareeinstellungen Bauhelm



13.2.2 Softwareeinstellungen Atemschutz



13.2.3 Softwareeinstellungen Schweißmaske

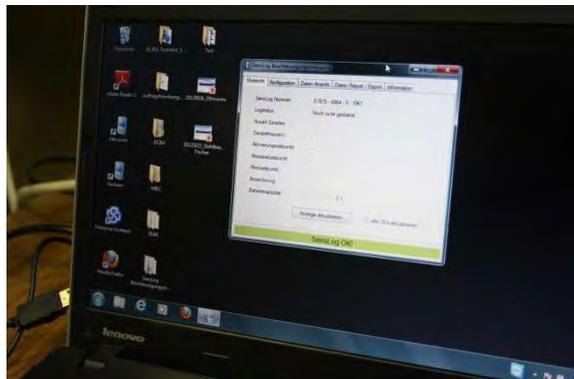
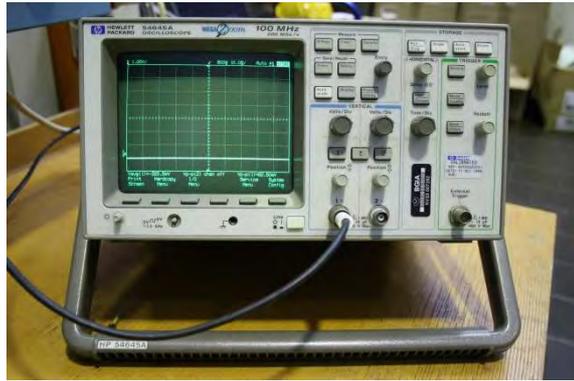


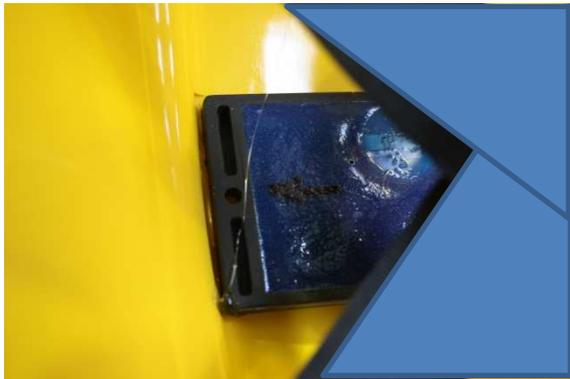
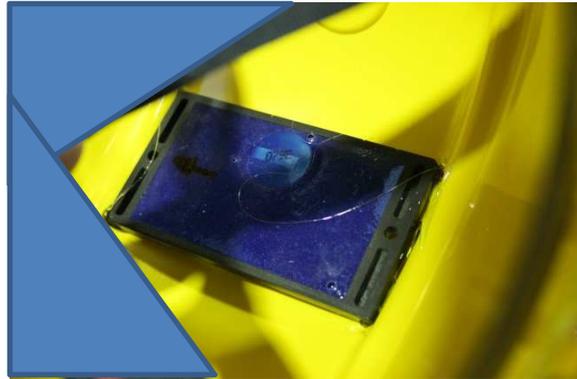
13.3 Anlage 3

13.3.1 Testreihe Bauhelm 2

13.3.1.1 Versuchsaufbau

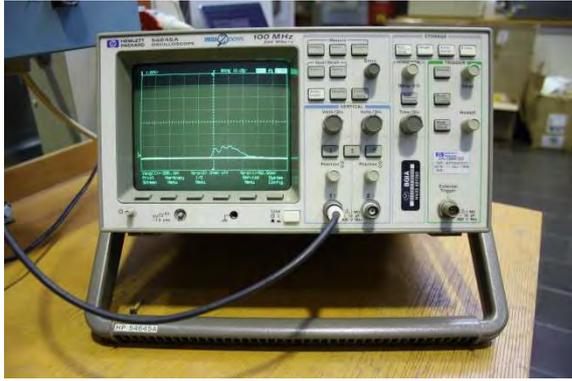


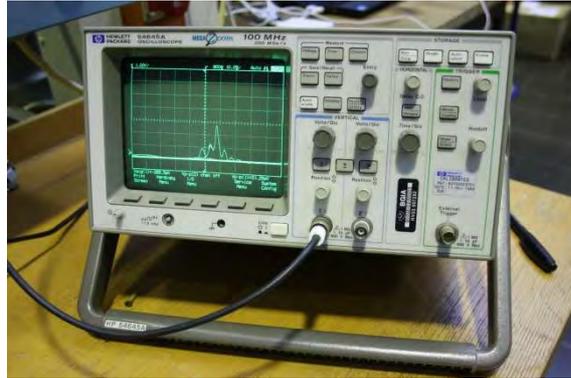


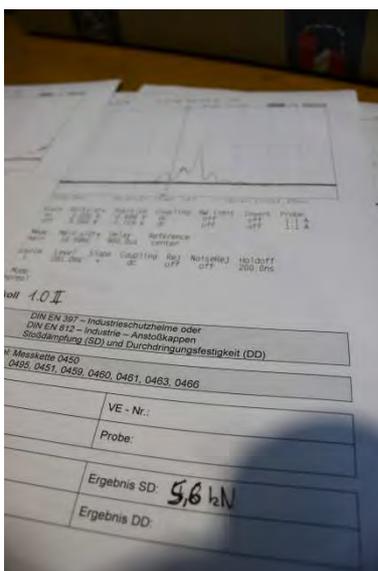
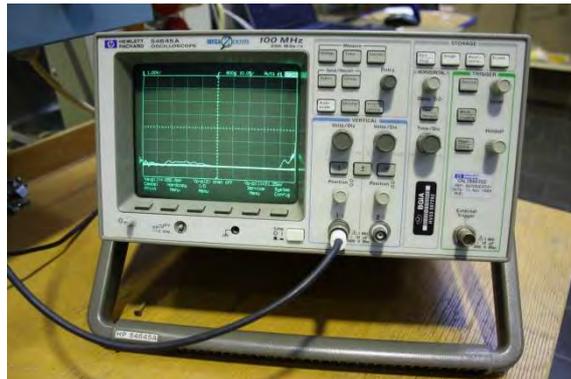


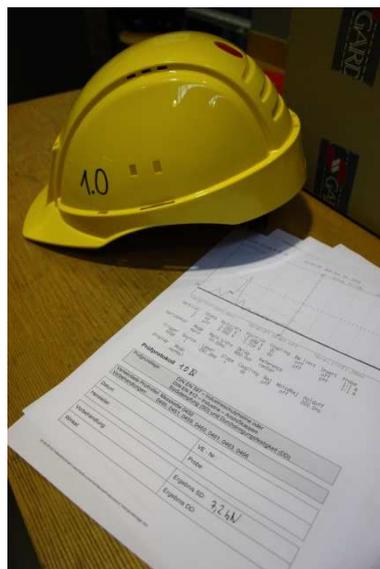
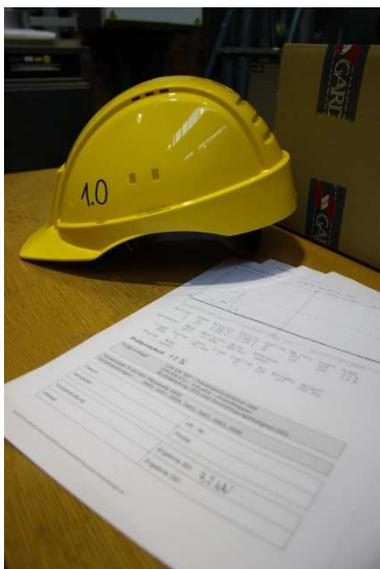
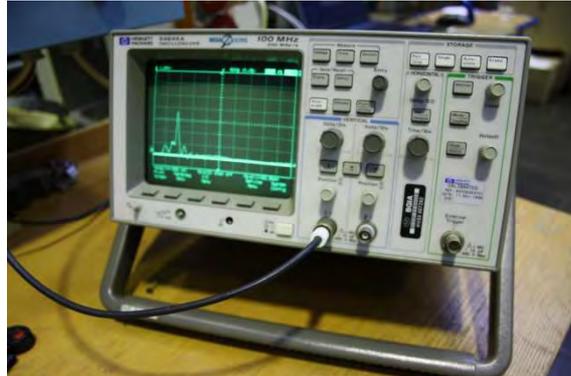
13.3.1.2 Helm 1.0



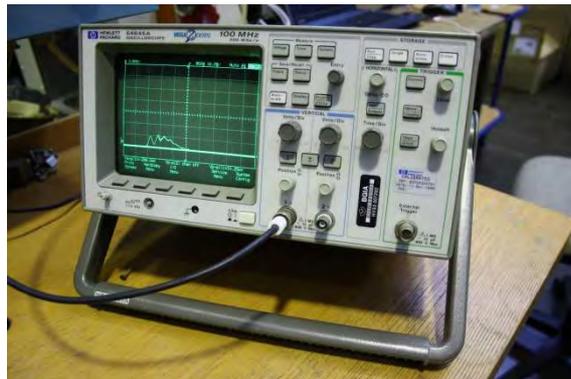
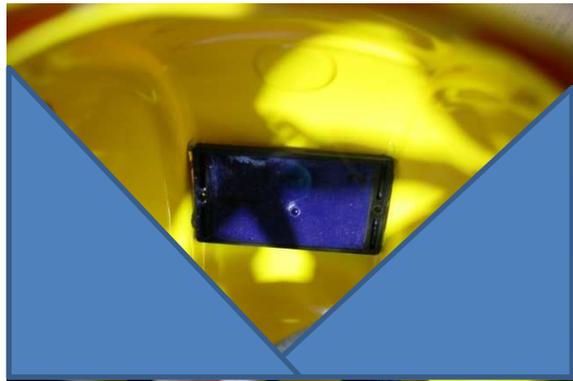
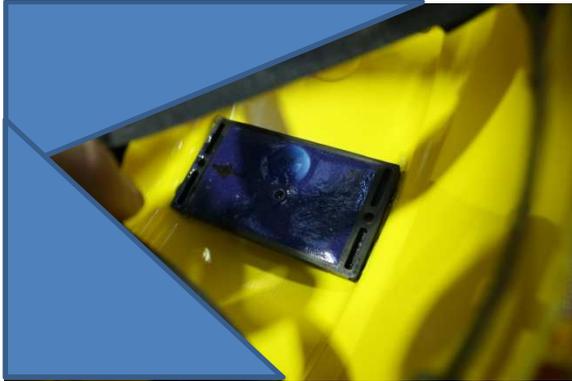


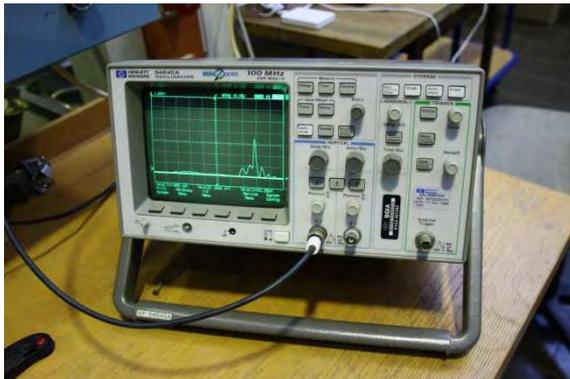






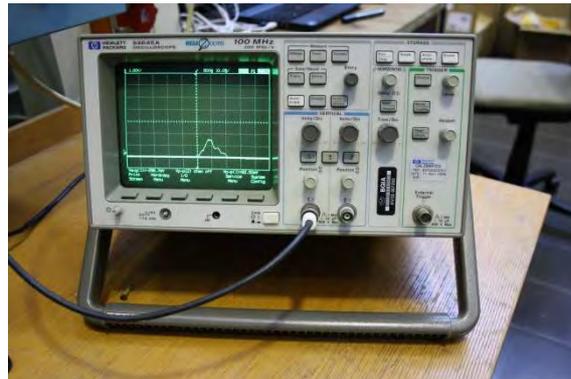
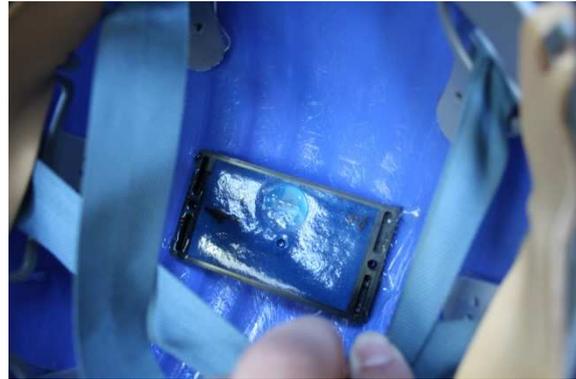
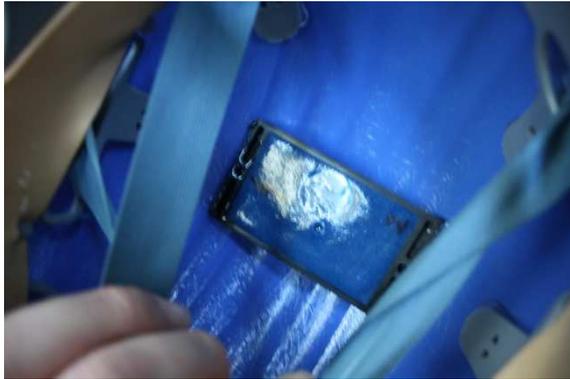
13.3.1.3 Helm 1.UV

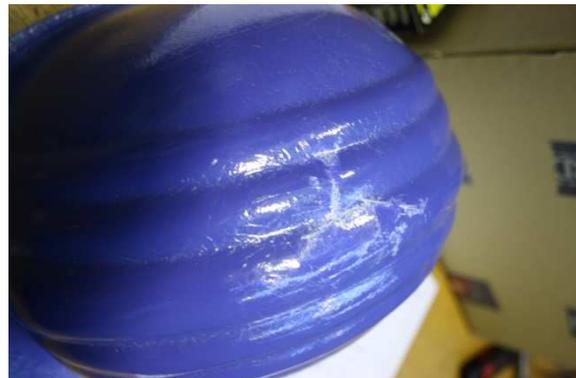
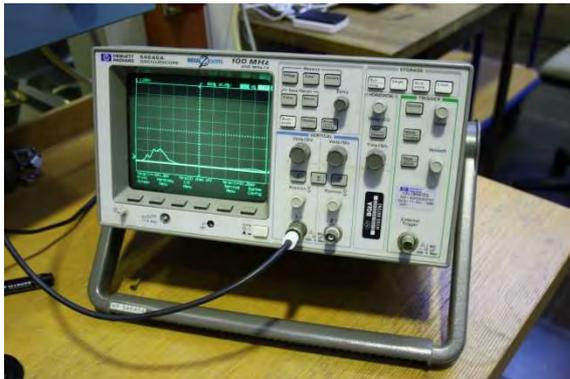


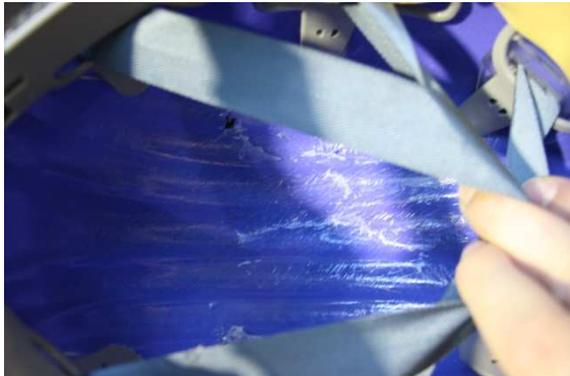
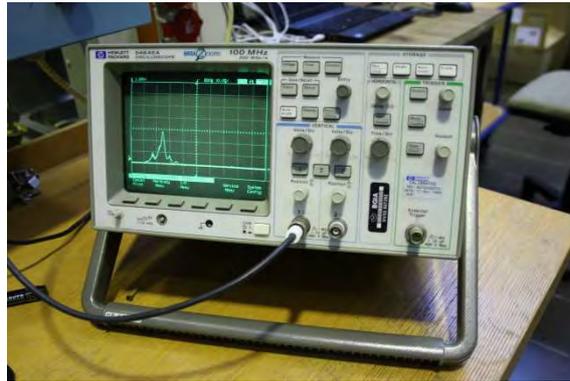




13.3.1.4 Helm 2.0

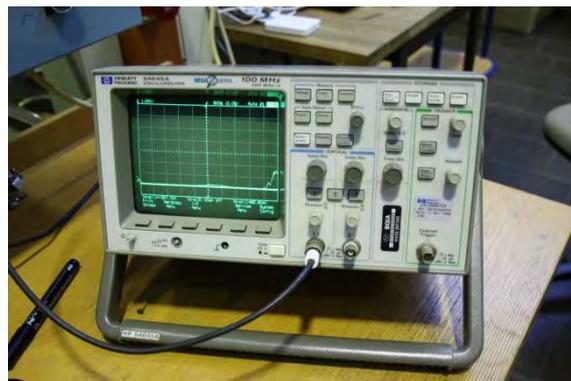


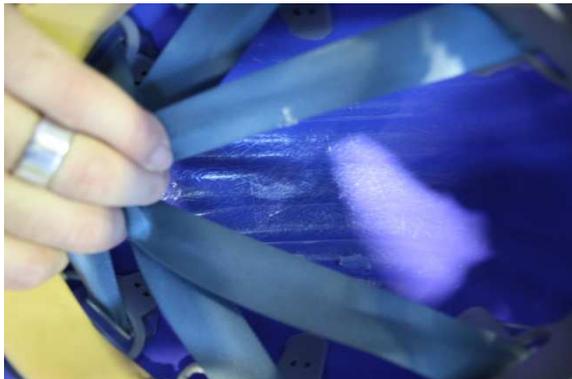


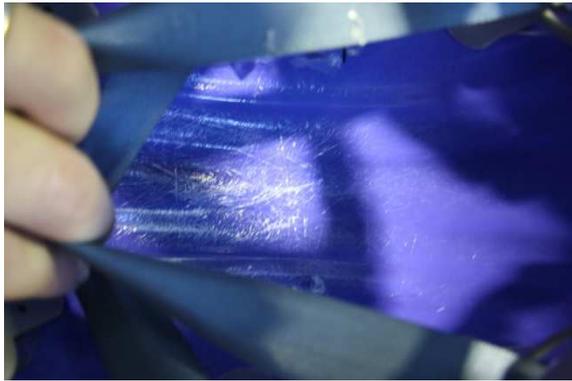


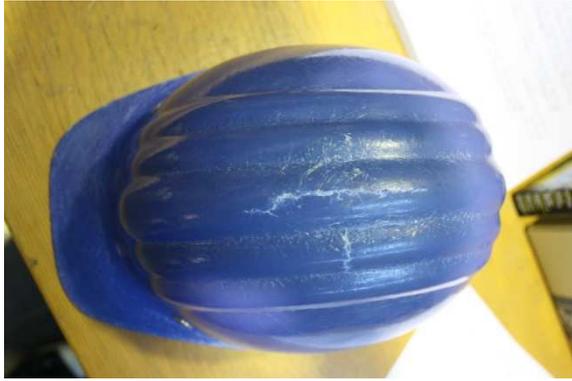


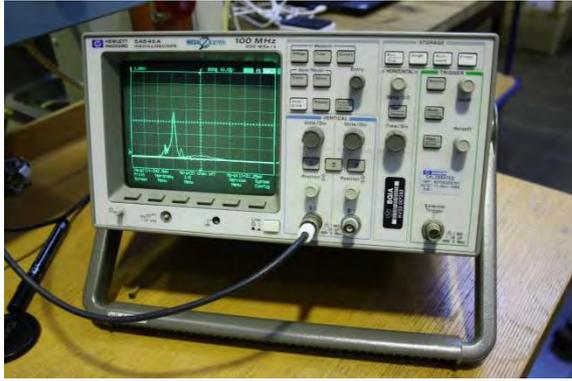
13.3.1.5 Helm 2.UV











13.3.1.6 Helm 3.0

Schlagbild fehlt





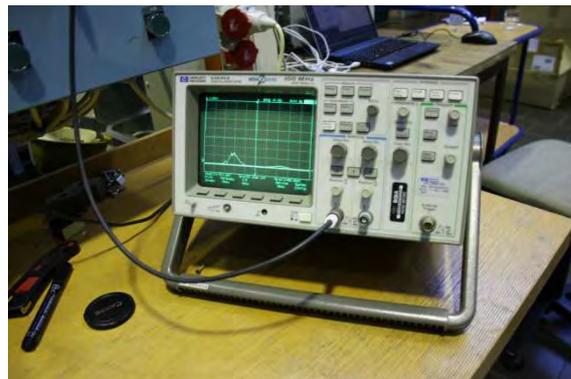
Schlagbild fehlt





Schlagbild fehlt



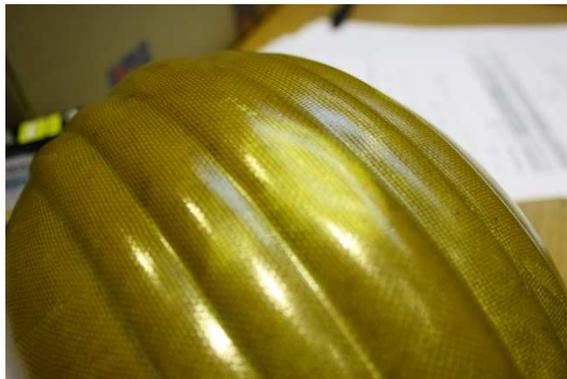
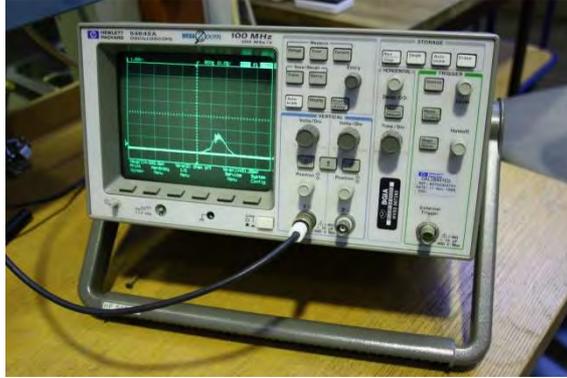


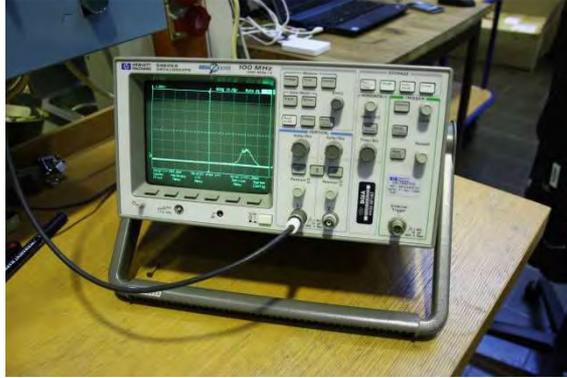


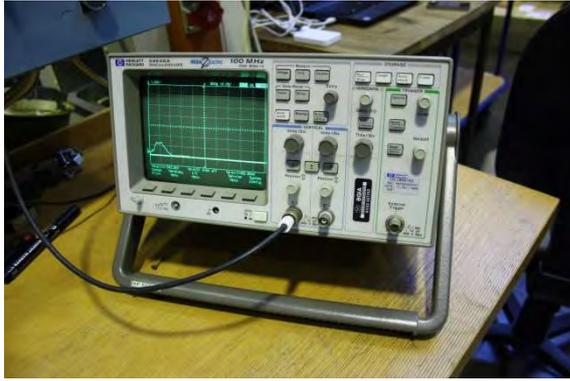


Schlagbild und Oszilloskop fehlen

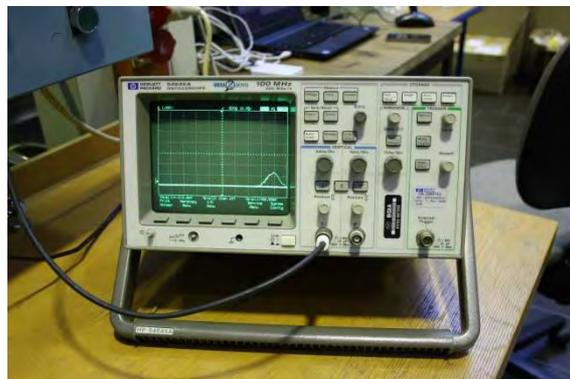


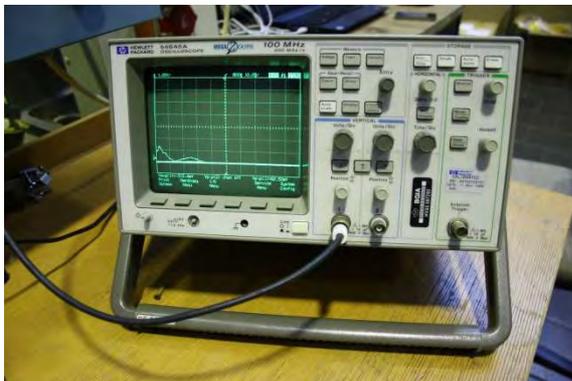
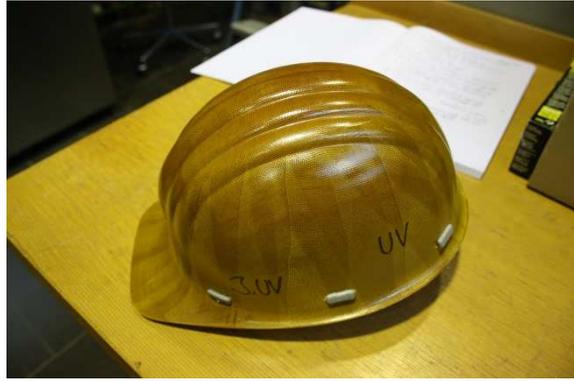




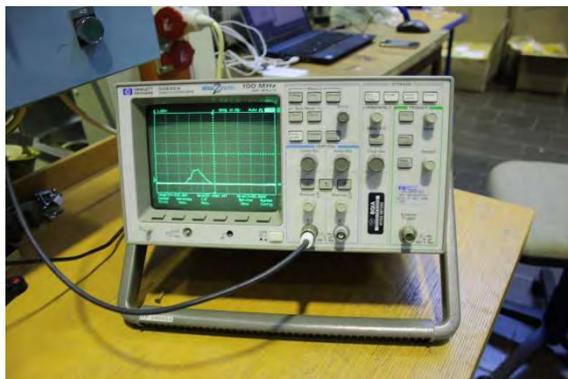
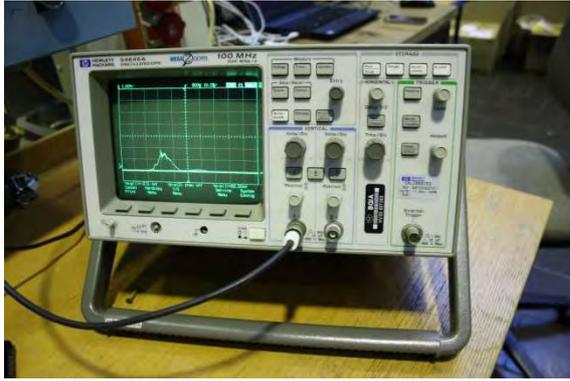


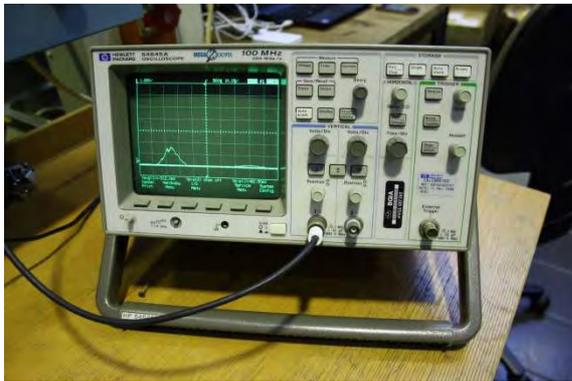
13.3.1.7 Helm 3.UV





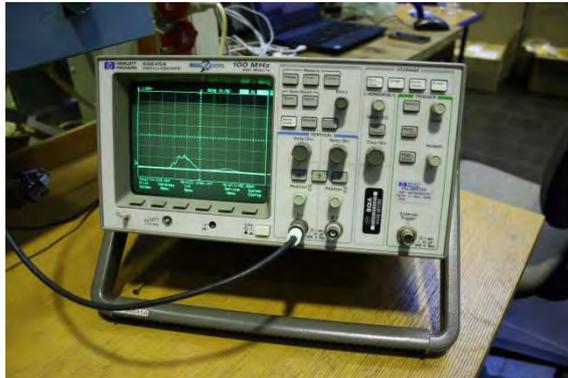


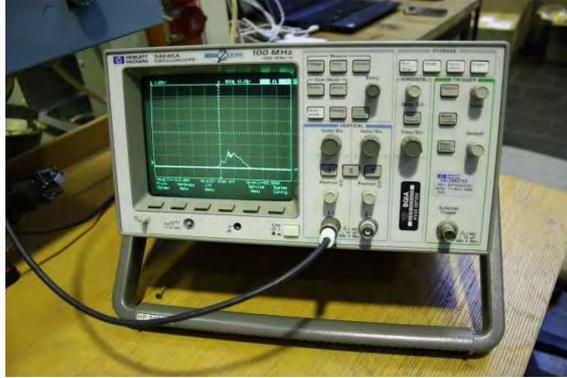




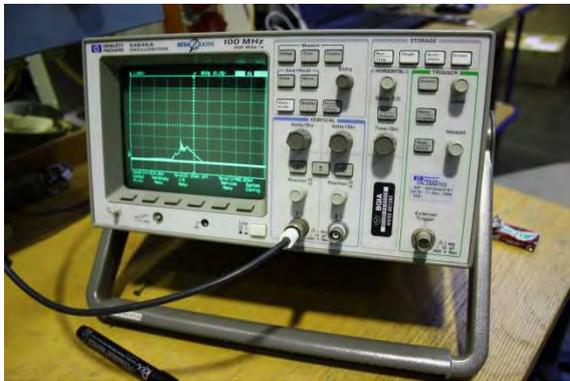


13.3.1.8 Helm 4.0









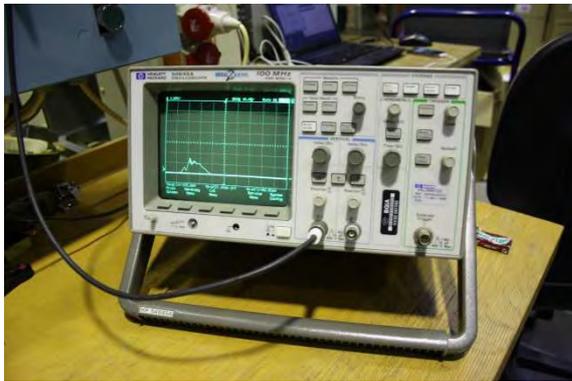
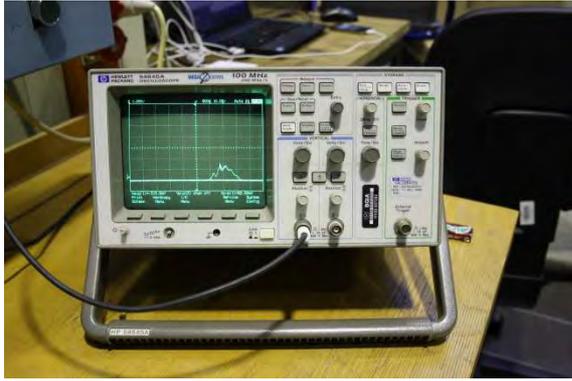


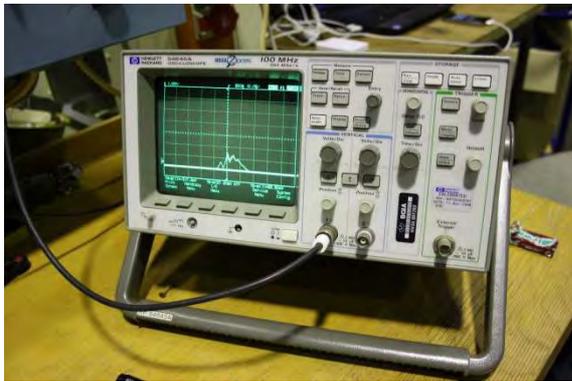
Schlagbild fehlt



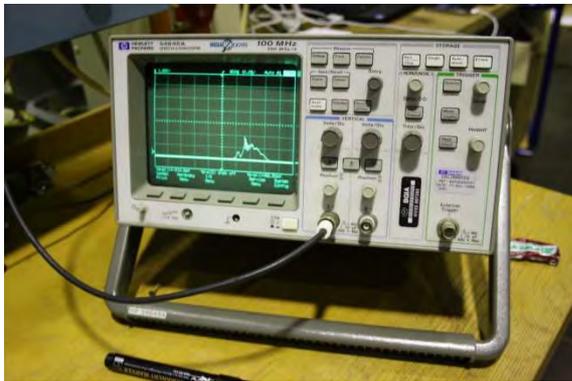
13.3.1.9 Helm 4.UV













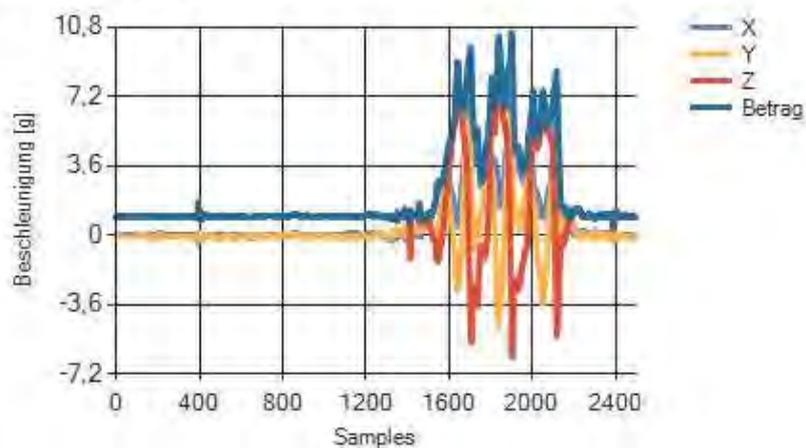
13.3.2 Automatisch generierte PDF-Ergebnisansicht

SensLog Auswertung

Kurzinformation

SensLog Nummer: 57875 - 4864 - 0 - 1961
gespeicherte Werte: 2500
Aktivierungsdatum: 31.10.2012 10:32:00

Beschleunigungsverlauf

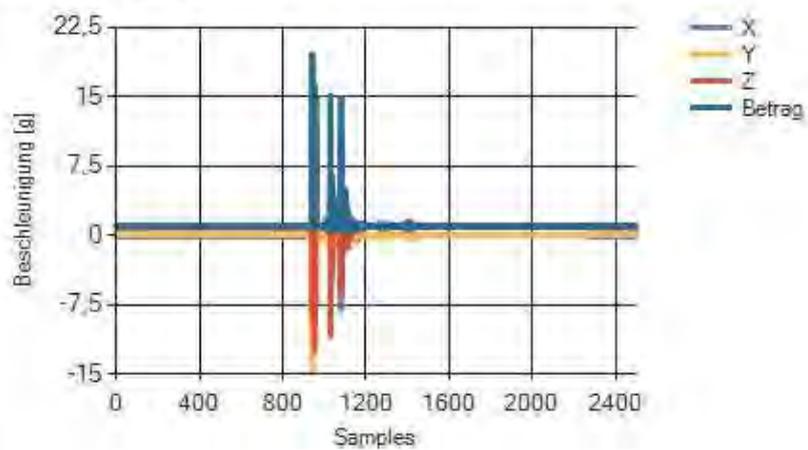


SensLog Auswertung

Kurzinformation

SensLog Nummer: 57875 - 4864 - 0 - 1961
gespeicherte Werte: 2500
Aktivierungsdatum: 31.10.2012 09:37:00

Beschleunigungsverlauf

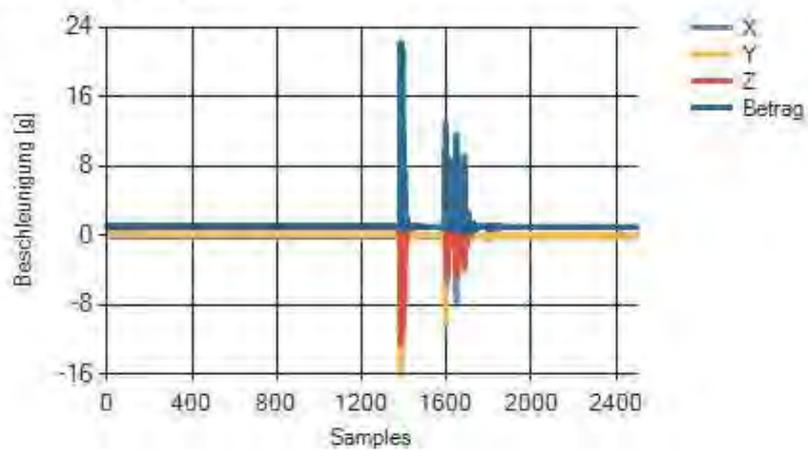


SensLog Auswertung

Kurzinformation

SensLog Nummer: 57875 - 4864 - 0 - 1961
gespeicherte Werte: 2500
Aktivierungsdatum: 31.10.2012 09:52:00

Beschleunigungsverlauf

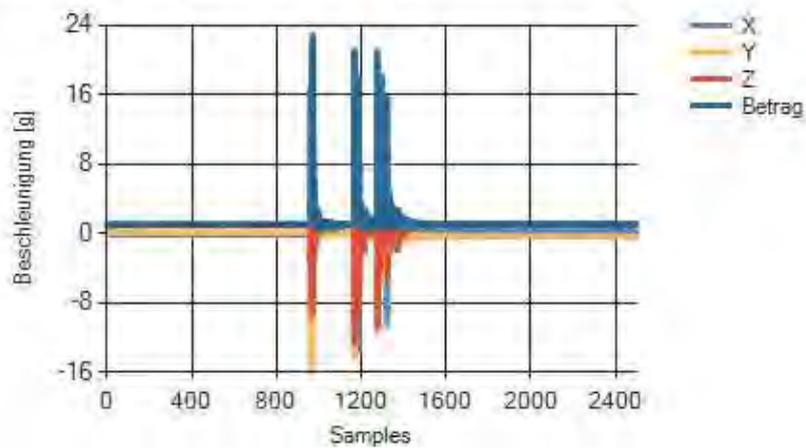


SensLog Auswertung

Kurzinformation

SensLog Nummer: 57875 - 4864 - 0 - 1961
gespeicherte Werte: 2500
Aktivierungsdatum: 31.10.2012 10:03:00

Beschleunigungsverlauf

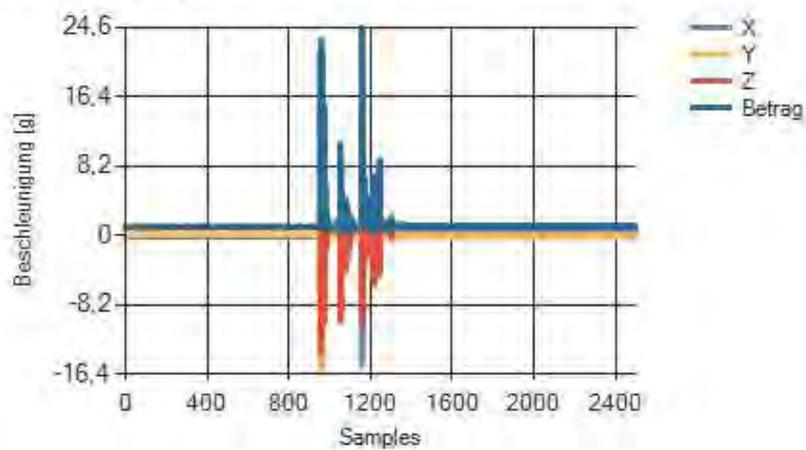


SensLog Auswertung

Kurzinformation

SensLog Nummer: 57875 - 4864 - 0 - 1961
gespeicherte Werte: 2500
Aktivierungsdatum: 31.10.2012 10:12:00

Beschleunigungsverlauf



13.4 Anlage 4

13.4.1 Vorabtests

Vortests zur Kennzeichnung von Sicherheitsschuhen mit RFID-Transpondern				
RFID-TagID	Versuchsschuh	linker/rechter Schuh	RFID-Tag Position im Versuchsschuh	RFID-Erfassung bis zu 20 cm
1	A	links	Position 1	✓
2	A	links	Position 2	✓
3	A	links	Position 3	✓
4	A	links	Position 4	✓
5	B	rechts	Position 1	✓
6	B	rechts	Position 2	✓
7	B	rechts	Position 3	✓
8	B	rechts	Position 4	✓
9	C	rechts	Position 1	✓
10	C	rechts	Position 2	✓
11	C	rechts	Position 3	✓
12	C	rechts	Position 4	✓
13	D	links	Position 1	✓
14	D	links	Position 2	✓
15	D	links	Position 3	✓
16	D	links	Position 4	✓

13.4.2 Leseversuche Verpackungseinheit

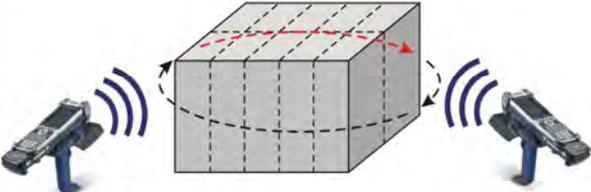
Vortests zur Kennzeichnung von Sicherheitsschuhen mit RFID-Transpondern

RFID-TagID	RFID-Tag Position im	Erfassung im 10er Karton			Erfassung einzeln		
		A	B	C	A	B	
17	Position 4	✓	-	✓	✓	-	✓
18	Position 4	-	-	-	✓	-	✓
19	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
21	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
22	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
25	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
27	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
29	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
31	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
32	Position 4	-	✓	-	✓	-	✓
33	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
34	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
35	Position 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
36	Position 4	✓	✓	✓	✓	-	✓
Erfassung		A			B	C	
Abstand		ca. 5-10 cm			20 cm		

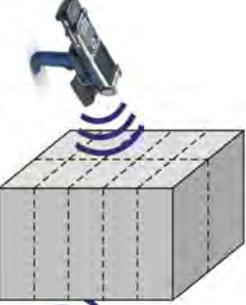
RFID-Tag
 Position 1: Schuh-Innenseite
 Position 2: Schuh-Außenseite
 Position 3: Lasche
 Position 4: Fersenbereich



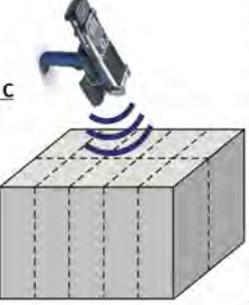
Erfassung A



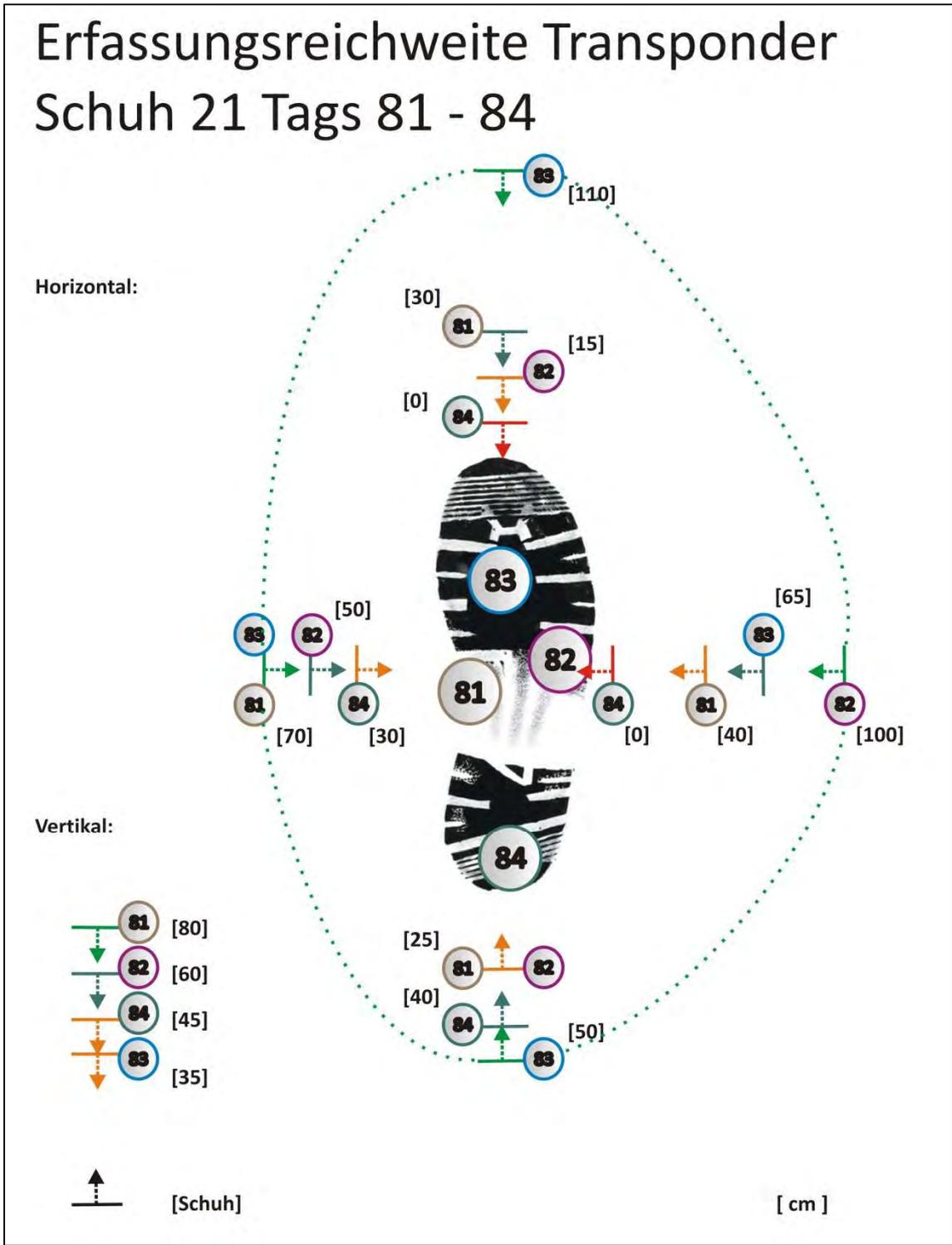
Erfassung B



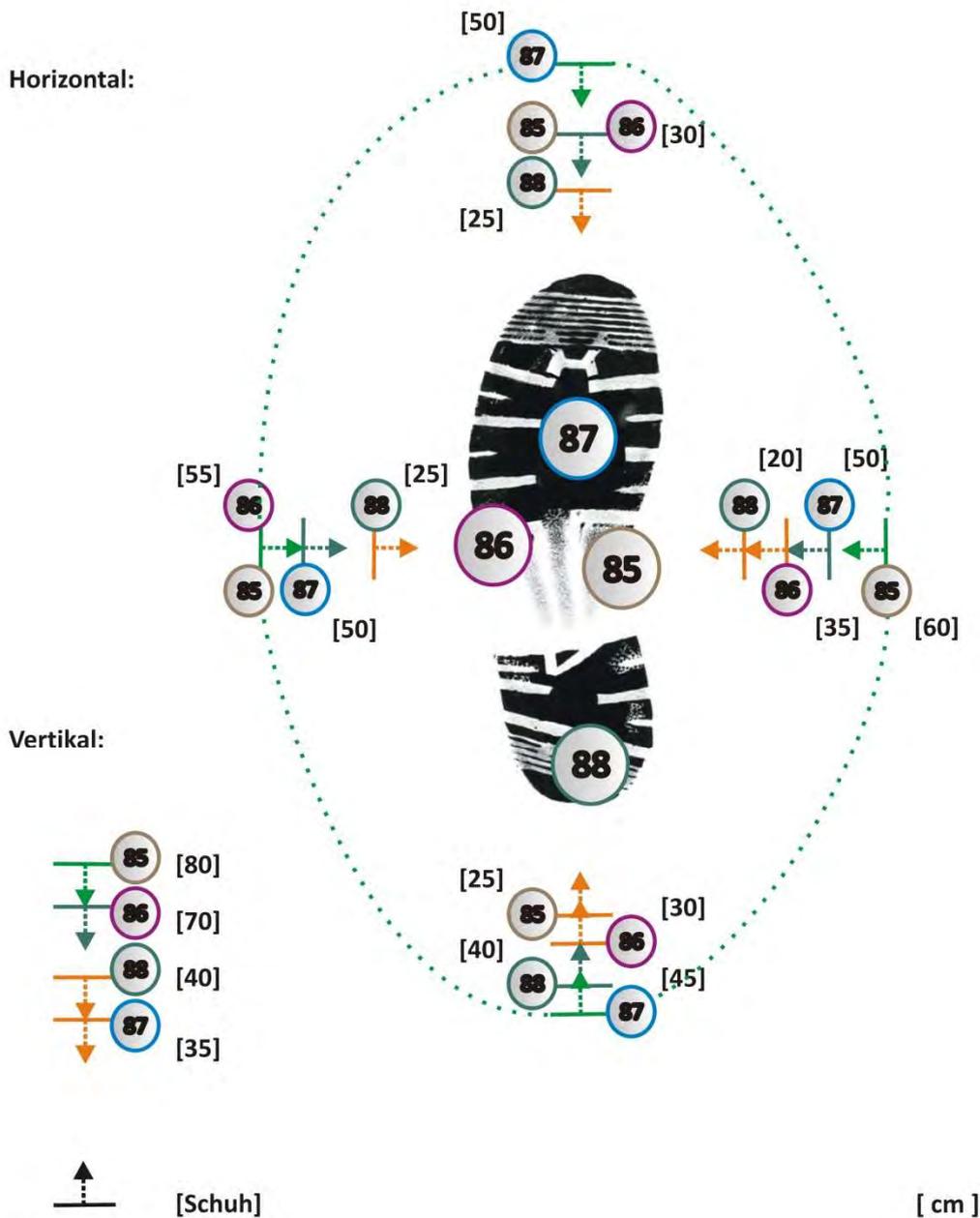
Erfassung C



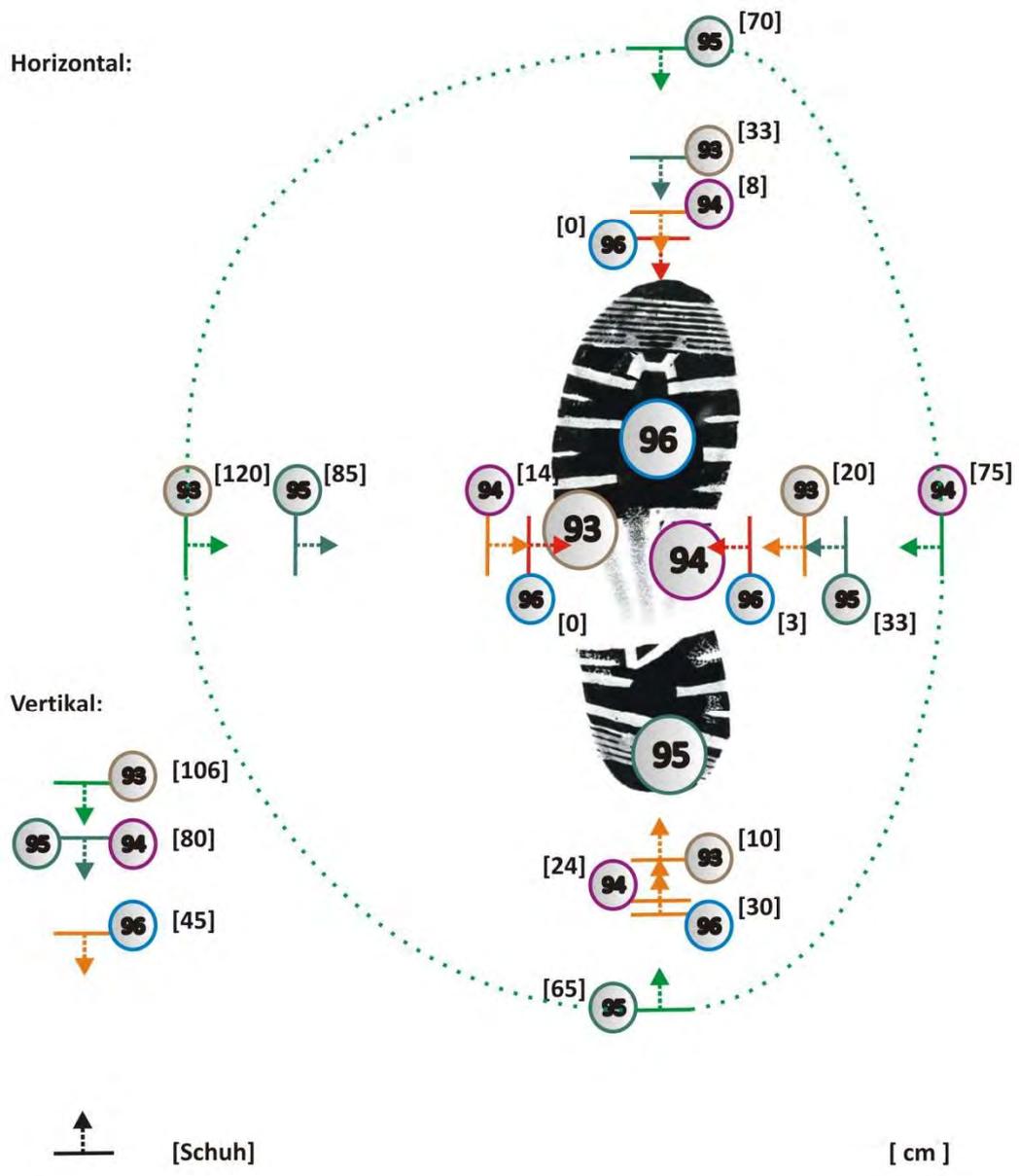
13.4.3 Erfassungsreichweiten Sicherheitsschuhe



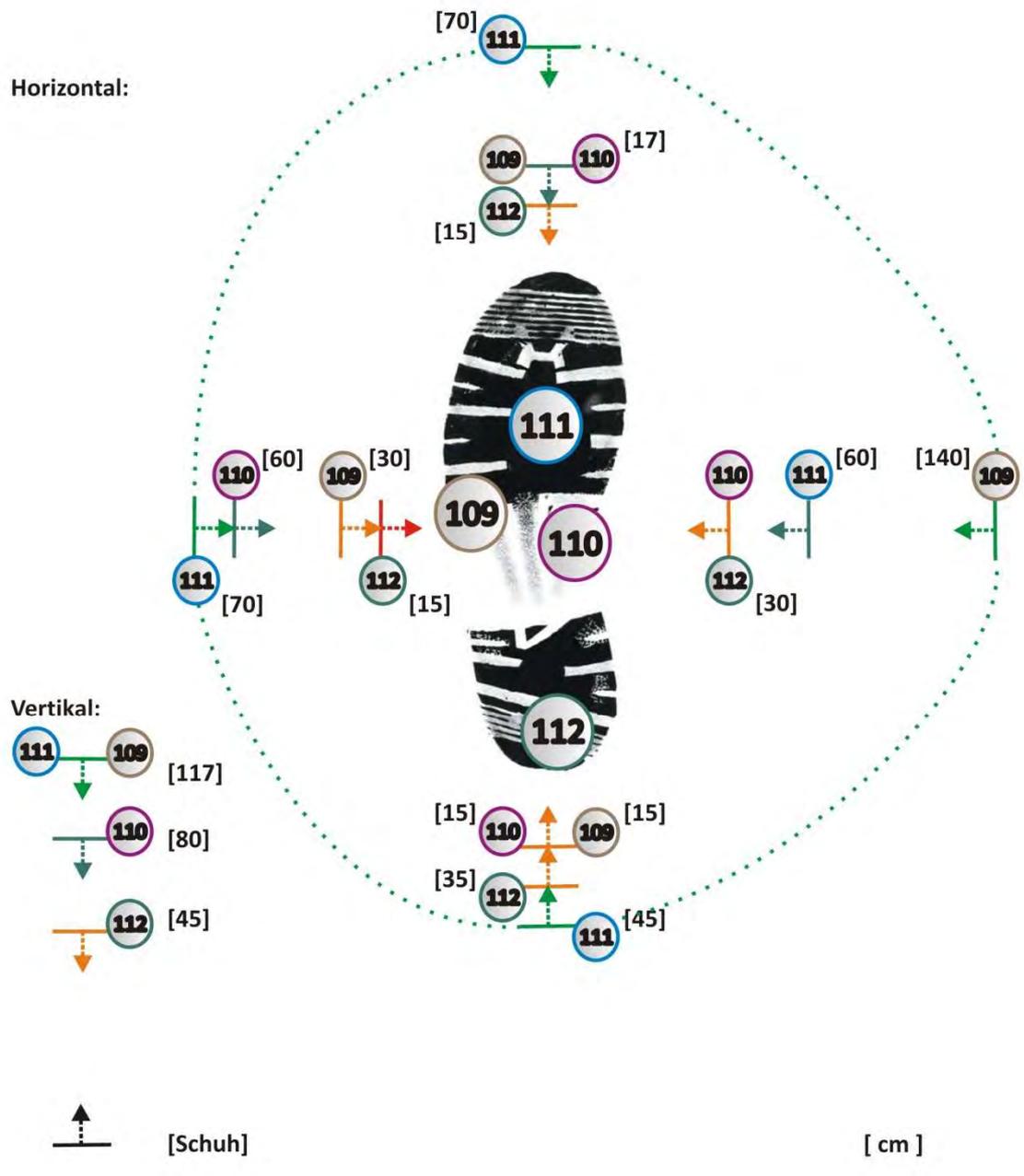
Erfassungsbereich Transponder Schuh 22 Tags 85 - 88



Erfassungreichweite Transponder Schuh 24 Tags 96 - 96

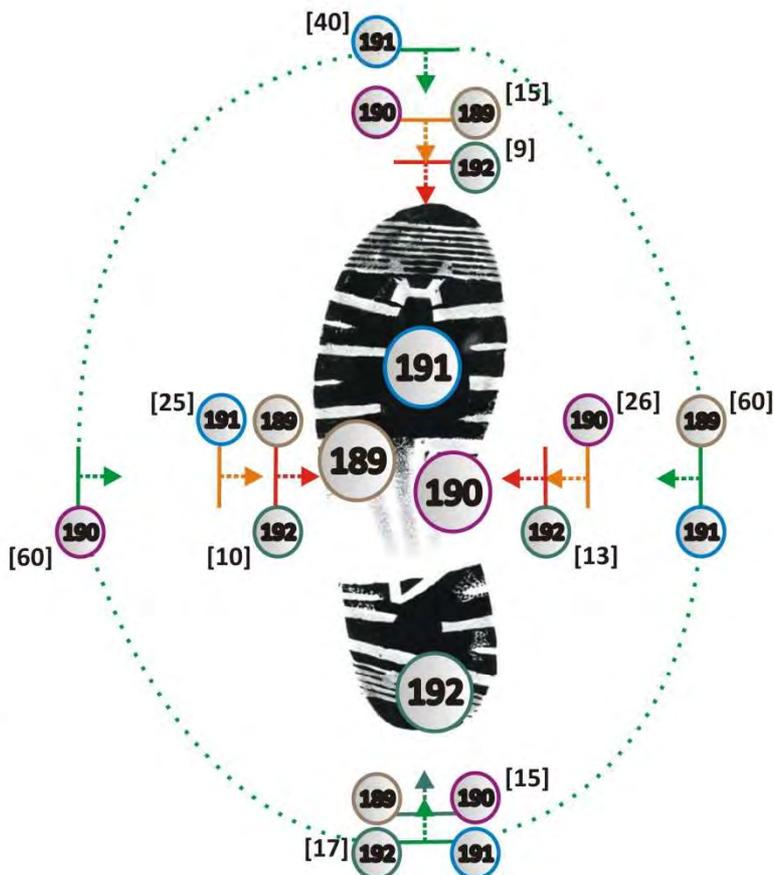


Erfassungsbereich Transponder Schuh 28 Tags 110 - 113

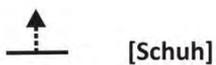
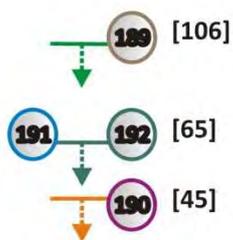


Erfassungreichweite Transponder Schuh 48 Tags 189 - 192

Horizontal:

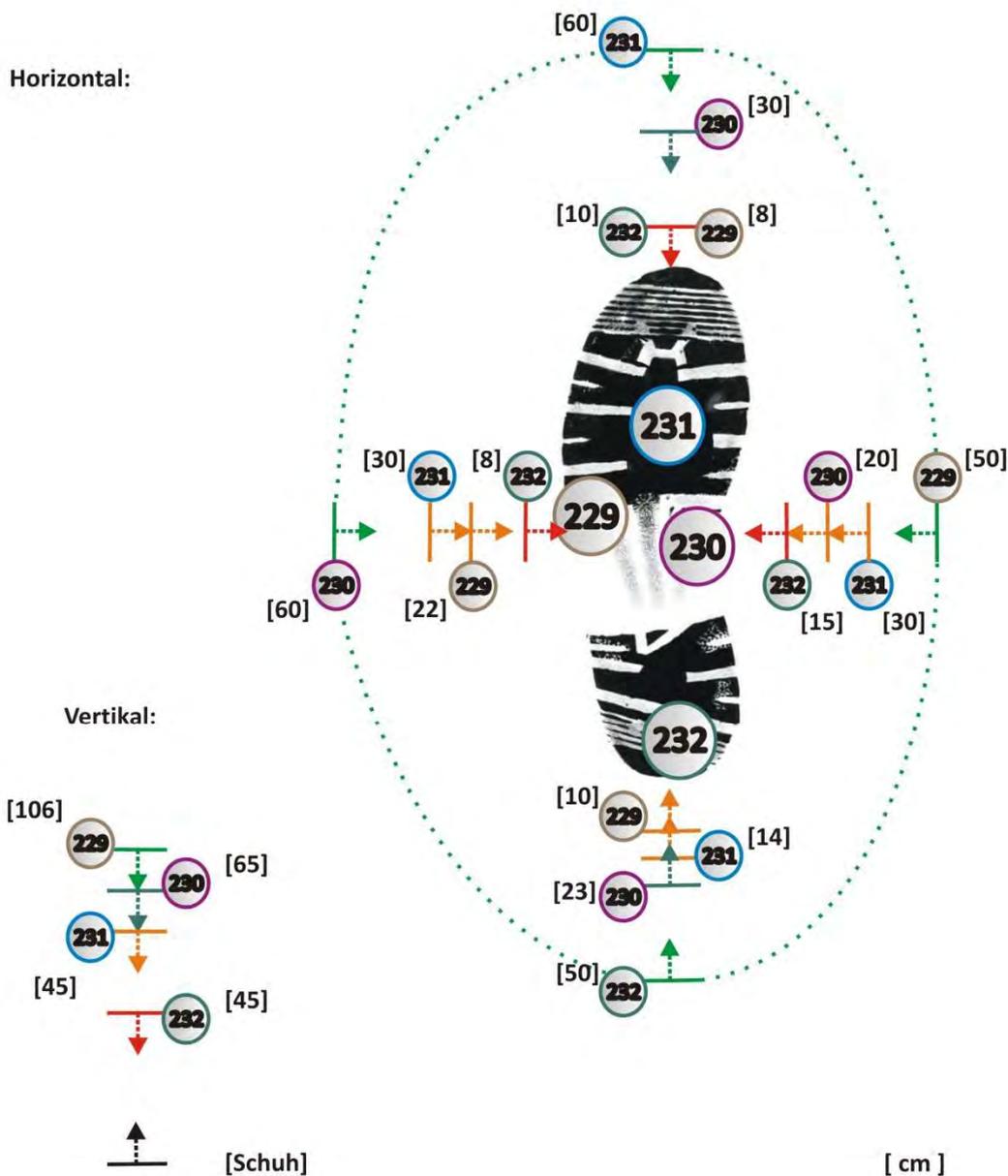


Vertikal:

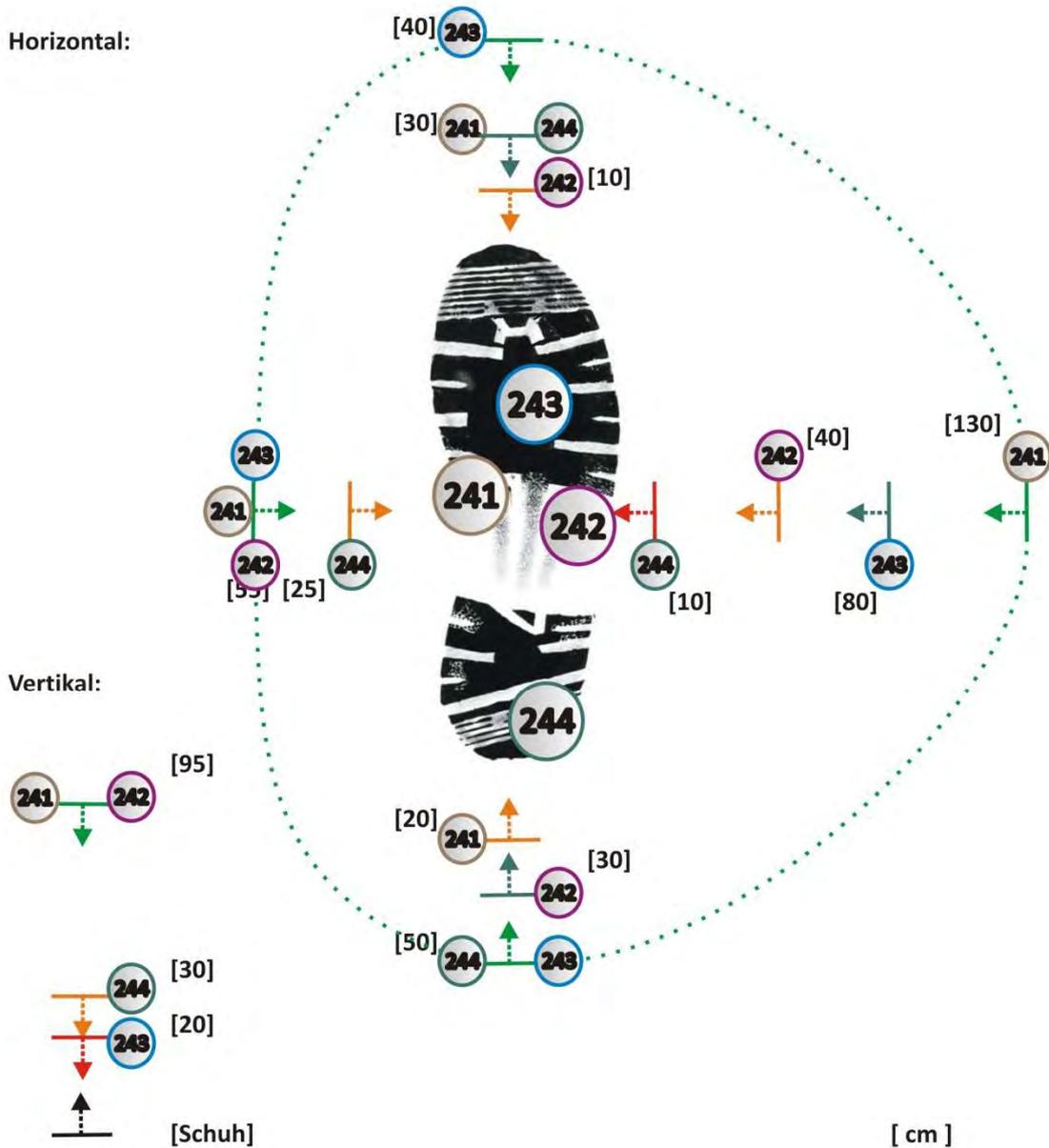


[cm]

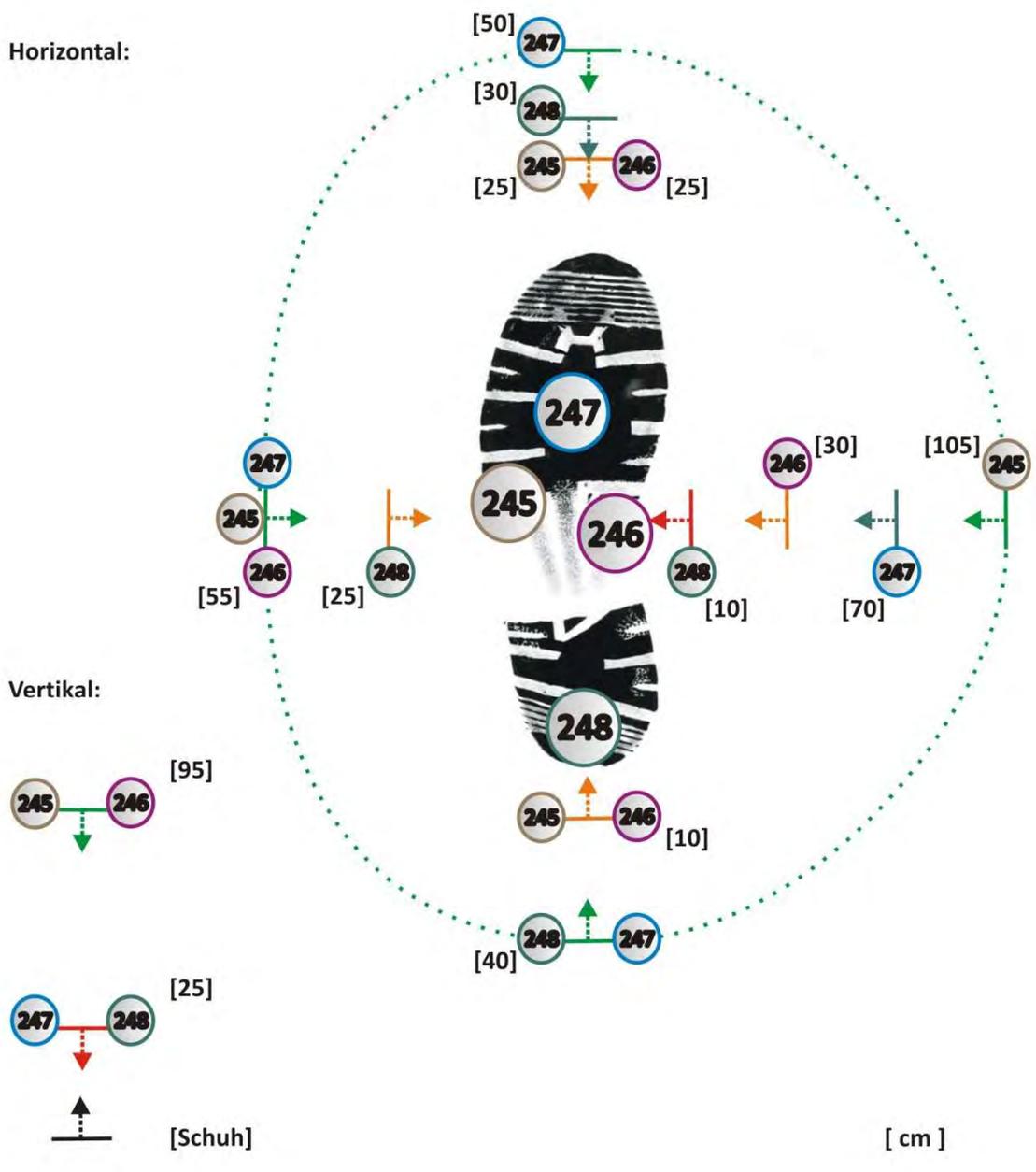
Erfassungreichweite Transponder Schuh 58 Tags 229 - 232



Erfassungsreichweite Transponder Schuh 61 Tags 241 - 244



Erfassungsbereich Transponder Schuh 62 Tags 245 - 248



13.4.4 Fotodokumentation Transponder nach Tragetests

13.4.4.1 Paar 1



13.4.4.2 Paar 2



13.4.4.3 Paar 3

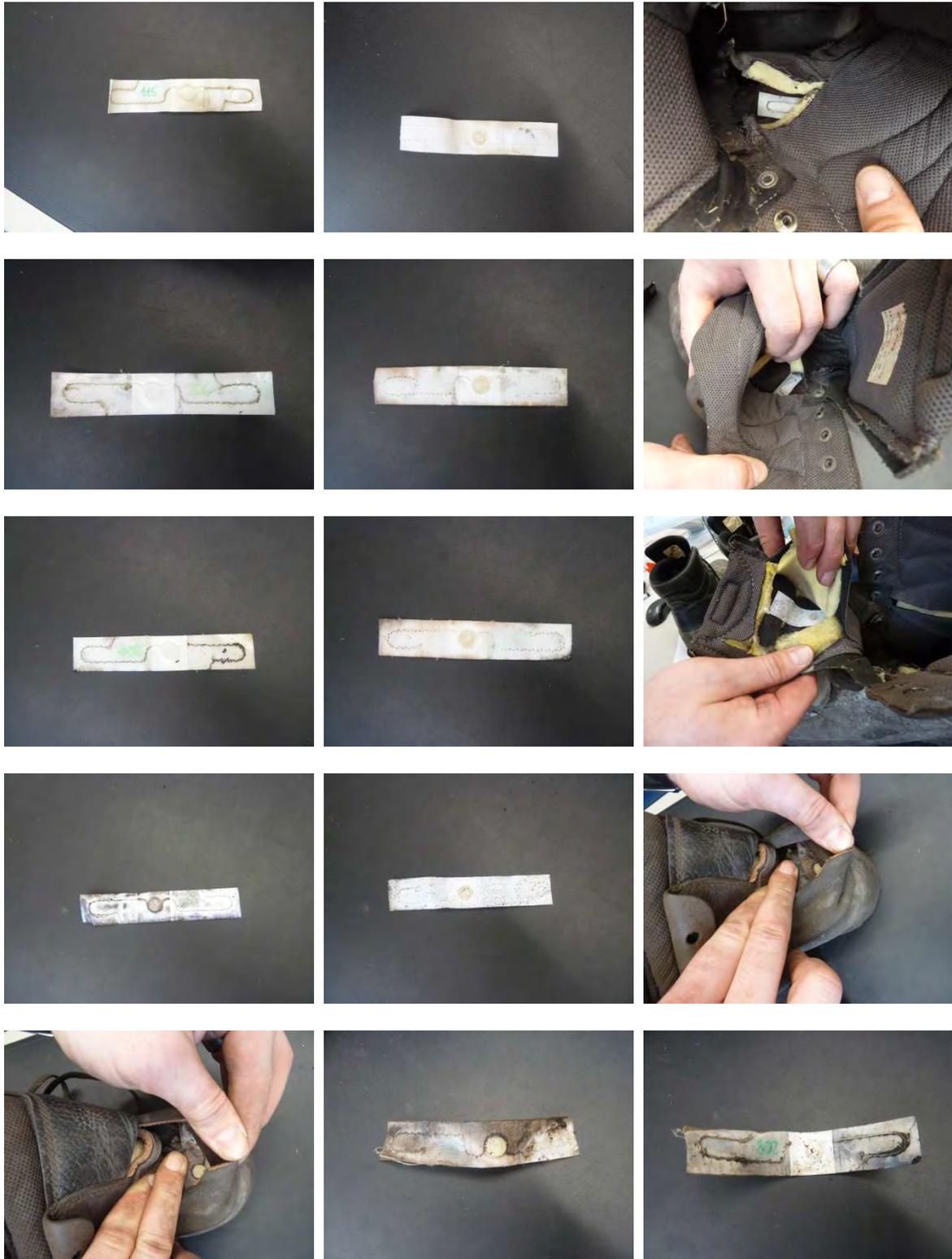


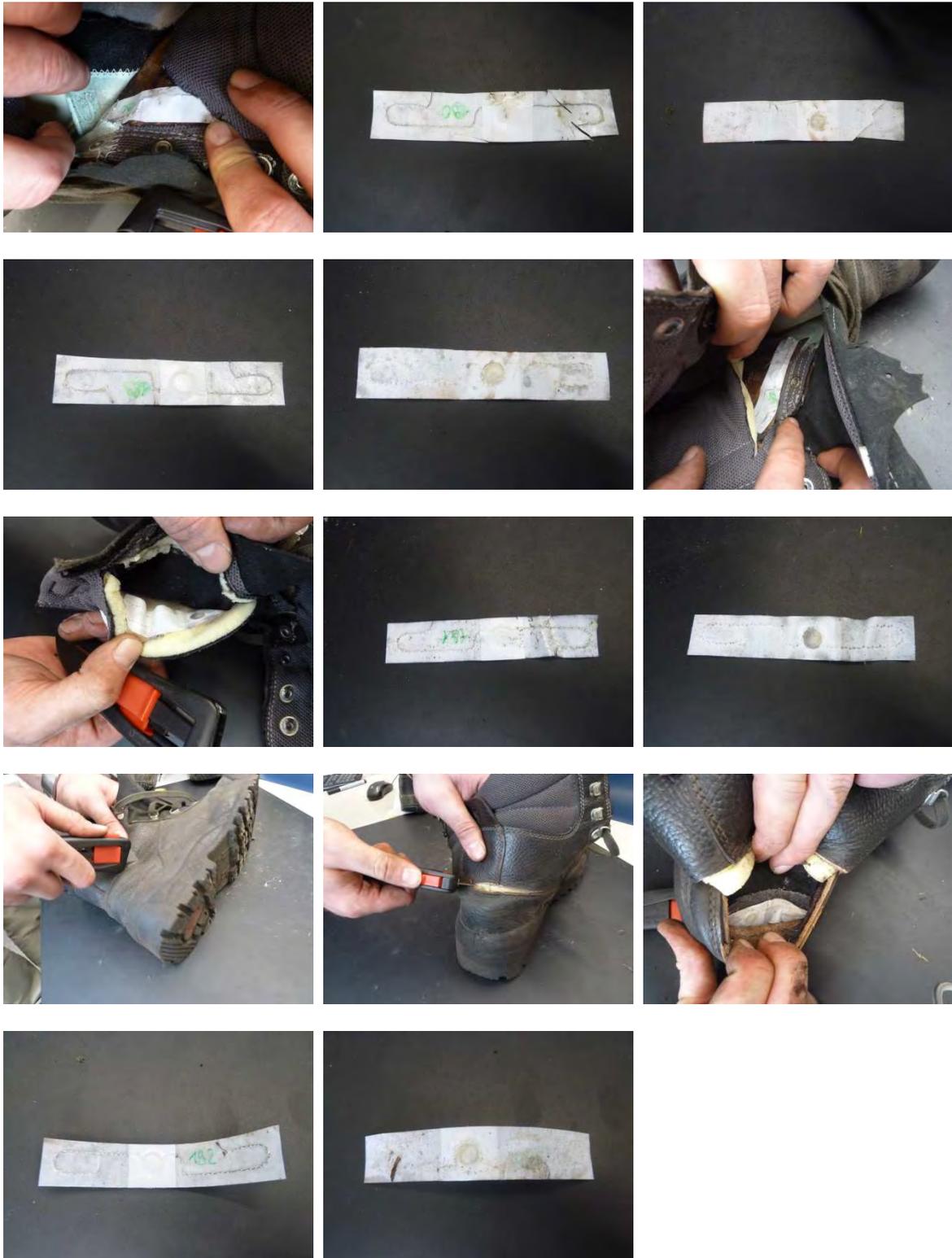
13.4.4.4 Paar 4



13.4.4.5 Transponderausbau







13.5 Anlage 5

13.5.1 Klassifizierungstabellen

13.5.1.1 Tabelle 1 – Schutz gegen Absturz

		Produktgruppe	Schutzart											Ex-Schutzgeprüft		
		Bitposition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	##	##	##	..	50
1	Schutz gegen Absturz (Kurz: C)		0	0	0	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x
2-9	Art	Mitlaufende Auffanggeräte	0	0	0	0	1	1	0	0	1	x	x	x	x	x
		Falldämpfer	0	0	0	0	1	1	0	1	0	x	x	x	x	x
		Haltegurte	0	0	0	0	1	1	0	1	1	x	x	x	x	x
		Auffanggurte	0	0	0	0	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x
		Höhensicherungsgeräte	0	0	0	0	1	1	1	0	1	x	x	x	x	x
		Verbindungsmitel	0	0	0	0	1	1	1	1	0	x	x	x	x	x
		Verbindungselemente	0	0	0	0	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x
		Anschlageinrichtungen	0	0	0	0	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x
		10	Systembestandteile mitlaufender Auffanggeräte einschließlich fester Führung	EN353-1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
11	Systembestandteile mitlaufender Auffanggeräte einschließlich beweglicher Führung	EN353-2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	x
12	Mitlaufende Auffanggeräte einschließlich fester und/oder beweglicher Führung	EN353-1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	x
EN353-2		0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	x	
EN353-1 u. EN353-2		0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	x
15-22	Art	Mitlaufende Auffanggeräte	0	0	0	0	1	1	0	0	1	x	x	x	x	x
		Falldämpfer	0	0	0	0	1	1	0	1	0	x	x	x	x	x
		Haltegurte	0	0	0	0	1	1	0	1	1	x	x	x	x	x
		Auffanggurte	0	0	0	0	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x
		Höhensicherungsgeräte	0	0	0	0	1	1	1	0	1	x	x	x	x	x
		Verbindungsmitel	0	0	0	0	1	1	1	1	0	x	x	x	x	x
		Verbindungselemente	0	0	0	0	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x
		Anschlageinrichtungen	0	0	0	0	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x
		23-27		Aufreiß-Falldämpfer	0	0	0	0	1	1	0	1	0	x	x	x
Reibungs-Falldämpfer	0			0	0	0	1	1	0	1	0	x	x	x	x	x
Verbindungsmitel mit energieabsorbierenden Eigenschaften	0			0	0	0	1	1	0	1	0	x	x	x	x	x
23	Falldämpfer ohne Verbindungsmittel	EN355	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	x	
24	Falldämpfer mit zusätzlicher Verbindung	EN355	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	x
25	Falldämpfer in ATEX-Ausführung		0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	x
26	Falldämpfer mit Scharfkantentest	EN355	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	x
27	Falldämpfer in Arc-Flash-Ausführung		0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	x
28-35	Art	Mitlaufende Auffanggeräte	0	0	0	0	1	1	0	0	1	x	x	x	x	x
		Falldämpfer	0	0	0	0	1	1	0	1	0	x	x	x	x	x
		Haltegurte	0	0	0	0	1	1	0	1	1	x	x	x	x	x
		Auffanggurte	0	0	0	0	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x
		Höhensicherungsgeräte	0	0	0	0	1	1	1	0	1	x	x	x	x	x
		Verbindungsmitel	0	0	0	0	1	1	1	1	0	x	x	x	x	x
		Verbindungselemente	0	0	0	0	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x
		Anschlageinrichtungen	0	0	0	0	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x
		36	ohne Steigschutzöse	EN358	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
37	mit Steigschutzöse	EN358 und EN813	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	x

Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen

38	Art	Mitlaufende Auffanggeräte		0 0 0 0 1 1	0 0 1	x	x	x	x	x	x	
39		Falldämpfer		0 0 0 0 1 1	0 1 0	x	x	x	x	x	x	
40		Haltegurte		0 0 0 0 1 1	0 1 1	x	x	x	x	x	x	
41		Auffangurte		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
42		Höhensicherungsgeräte		0 0 0 0 1 1	1 0 1	x	x	x	x	x	x	
43		Verbindungsmittel		0 0 0 0 1 1	1 1 0	x	x	x	x	x	x	
44		Verbindungselemente		0 0 0 0 1 1	1 1 1	x	x	x	x	x	x	
45		Anschlageinrichtungen		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
46		Haltgurt	ohne	in ATEX-Ausführung	EN361	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	0	0	1	x
47	in Arc-Flash-Ausführung			EN361	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	0	1	0	x	x
48	mit		in ATEX-Ausführung	EN361 u. EN813	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	0	1	1	x	x
49			in Arc-Flash-Ausführung	EN361 u. EN813	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	1	0	0	x	x
50	Art	Mitlaufende Auffanggeräte		0 0 0 0 1 1	0 0 1	x	x	x	x	x	x	
51		Falldämpfer		0 0 0 0 1 1	0 1 0	x	x	x	x	x	x	
52		Haltegurte		0 0 0 0 1 1	0 1 1	x	x	x	x	x	x	
53		Auffangurte		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
54		Höhensicherungsgeräte		0 0 0 0 1 1	1 0 1	x	x	x	x	x	x	
55		Verbindungsmittel		0 0 0 0 1 1	1 1 0	x	x	x	x	x	x	
56		Verbindungselemente		0 0 0 0 1 1	1 1 1	x	x	x	x	x	x	
57		Anschlageinrichtungen		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
58		HSG mit Stahlseil	mit Scharfkantentest		0 0 0 0 1 1	1 0 1	0	0	0	1	x	x
59	Normalausführung mit Stahlseil		0 0 0 0 1 1	1 0 1	0	0	1	0	x	x		
60	HSG mit Abseilfunktion		EN360 u. EN341	0 0 0 0 1 1	1 0 1	0	0	1	1	x	x	
61	Gekapselt		0 0 0 0 1 1	1 0 1	0	1	0	0	x	x		
62	gekapselt mit Rettungswinde		EN360, EN341 u. EN1496	0 0 0 0 1 1	1 0 1	0	1	0	1	x	x	
63	gekapselt mit Rettungswinde und Abseilfunktion		(EN360, EN341 und EN1496)	0 0 0 0 1 1	1 0 1	0	1	1	0	x	x	
64	ATEX-Ausführung		EN360	0 0 0 0 1 1	1 0 1	0	1	1	1	x	x	
65	ATEX-Ausführung mit Rettungswinde		EN360, EN341 u. EN1496	0 0 0 0 1 1	1 0 1	1	0	0	0	x	x	
66	ATEX-Atex-Ausführung mit Rettungswinde und Abseilfunktion		EN360, EN341 u. EN1496	0 0 0 0 1 1	1 0 1	1	0	0	1	x	x	
67	HSG mit textilem Seil		EN 360	0 0 0 0 1 1	1 0 1	1	0	1	0	x	x	
68	HSG mit Gurtband		EN360	0 0 0 0 1 1	1 0 1	1	0	1	1	x	x	

Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen

69	Art	Mitlaufende Auffanggeräte		0 0 0 0 1 1	0 0 1	x	x	x	x	x	x	
70		Falldämpfer		0 0 0 0 1 1	0 1 0	x	x	x	x	x	x	
71		Haltegurte		0 0 0 0 1 1	0 1 1	x	x	x	x	x	x	
72		Auffangurte		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
73		Höhensicherungsgeräte		0 0 0 0 1 1	1 0 1	x	x	x	x	x	x	
74		Verbindungsmittel		0 0 0 0 1 1	1 1 0	x	x	x	x	x	x	
75		Verbindungselemente		0 0 0 0 1 1	1 1 1	x	x	x	x	x	x	
76		Anschlageinrichtungen		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
77			aus textilem Seil (gedreht oder Kernmantel)	EN 354	0 0 0 0 1 1	1 1 0	0	0	0	1	x	x
78			mit Scharkantentest (Stahl- oder textilem Seil)	EN 354	0 0 0 0 1 1	1 1 0	0	0	1	0	x	x
79		ATEX-Ausführung	EN 354	0 0 0 0 1 1	1 1 0	0	0	1	1	x	x	
80		aus Stahlseil	EN 354	0 0 0 0 1 1	1 1 0	0	1	0	0	x	x	
81		aus Stahlkette	EN 354	0 0 0 0 1 1	1 1 0	0	1	0	1	x	x	
82		Arc-Flash-Ausführung	EN 354	0 0 0 0 1 1	1 1 0	0	1	1	0	x	x	
83	Art	Mitlaufende Auffanggeräte		0 0 0 0 1 1	0 0 1	x	x	x	x	x	x	
84		Falldämpfer		0 0 0 0 1 1	0 1 0	x	x	x	x	x	x	
85		Haltegurte		0 0 0 0 1 1	0 1 1	x	x	x	x	x	x	
86		Auffangurte		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
87		Höhensicherungsgeräte		0 0 0 0 1 1	1 0 1	x	x	x	x	x	x	
88		Verbindungsmittel		0 0 0 0 1 1	1 1 0	x	x	x	x	x	x	
89		Verbindungselemente		0 0 0 0 1 1	1 1 1	x	x	x	x	x	x	
90		Anschlageinrichtungen		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
91		Klasse B	Basisverbindungselement	EN 362	0 0 0 0 1 1	1 1 1	0	0	0	1	x	x
92		Klasse M	Multiverbindungselement manuell	EN 362	0 0 0 0 1 1	1 1 1	0	0	1	0	x	x
93	Klasse M	Multiverbindungselement auto	EN 362	0 0 0 0 1 1	1 1 1	0	0	1	1			
94	Klasse T	Endverbindungselement	EN 362	0 0 0 0 1 1	1 1 1	0	1	0	0	x	x	
95	Klasse A	Anschlagsverbindungselement	EN 362	0 0 0 0 1 1	1 1 1	0	1	0	1	x	x	
96	Klasse Q	Schraubverbindungselement	EN 362	0 0 0 0 1 1	1 1 1	0	1	1	0	x	x	
97	Art	Mitlaufende Auffanggeräte		0 0 0 0 1 1	0 0 1	x	x	x	x	x	x	
98		Falldämpfer		0 0 0 0 1 1	0 1 0	x	x	x	x	x	x	
99		Haltegurte		0 0 0 0 1 1	0 1 1	x	x	x	x	x	x	
100		Auffangurte		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
101		Höhensicherungsgeräte		0 0 0 0 1 1	1 0 1	x	x	x	x	x	x	
102		Verbindungsmittel		0 0 0 0 1 1	1 1 0	x	x	x	x	x	x	
103		Verbindungselemente		0 0 0 0 1 1	1 1 1	x	x	x	x	x	x	
104		Anschlageinrichtungen		0 0 0 0 1 1	1 0 0	x	x	x	x	x	x	
105			Anschlageinrichtung Typ A	EN795	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	0	0	1	x	x
106			Anschlageinrichtung Typ B	EN795	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	0	1	0	x	x
107		Anschlageinrichtung Typ C	EN795	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	0	1	1	x	x	
108		Anschlageinrichtung Typ D	EN795	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	1	0	0	x	x	
109		Anschlageinrichtung Typ E	EN796	0 0 0 0 1 1	1 0 0	0	1	0	1	x	x	
110	Ex	Ex-Schutz-Geprüft	EN797	0 0 0 0 1 1	x	x	x	x	x	x	0	
111			EN798	0 0 0 0 1 1	x	x	x	x	x	x	1	

Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen

42	Schutzstufe			Vorzahl	1,2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 0 0 0 1	x x x x x			
43					1,4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 0 0 1 0	x x x x x			
44					1,7	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 0 0 1 1	x x x x x			
45					2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 0 1 0 0	x x x x x			
46					2,5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 0 1 0 1	x x x x x			
47					3	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 0 1 1 0	x x x x x			
48					4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 0 1 1 1	x x x x x			
49					5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 0 0 0	x x x x x			
50					6	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 0 0 1	x x x x x			
51					7	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 0 1 0	x x x x x			
52					8	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 0 1 1	x x x x x			
53					9	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 1 0 0	x x x x x			
54					10	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 1 0 1	x x x x x			
55					11	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 1 1 0	x x x x x			
56					12	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	0 1 1 1 1	x x x x x			
57					13	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	1 0 0 0 0	x x x x x			
58					14	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	1 0 0 0 1	x x x x x			
59					15	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	1 0 0 1 0	x x x x x			
60					16	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 0	1 0 0 1 1	x x x x x			
61					2	Vorzahl	1,2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 1	0 0 0 0 1	x x x x x	
62							1,4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 0 1	0 0 0 1 0	x x x x x	
63					3	Vorzahl	1,2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 0 0 0 1	x x x x x	
64							1,4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 0 0 0 1	x x x x x	
65							1,7	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 0 0 1 1	x x x x x	
66							2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 0 1 0 0	x x x x x	
67							2,5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 0 1 0 1	x x x x x	
68							3	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 0 1 1 0	x x x x x	
69							4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 0 1 1 1	x x x x x	
70							5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 0	0 1 0 0 0	x x x x x	
71							1,2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 0 0 0 1	x x x x x	
72							1,4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 0 0 1 0	x x x x x	
73					1,7	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 0 0 1 1	x x x x x			
74					2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 0 1 0 0	x x x x x			
75					2,5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 0 1 0 1	x x x x x			
76					3	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 0 1 1 0	x x x x x			
77					4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 0 1 1 1	x x x x x			
78					5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 1 0 0 0	x x x x x			
79					6	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 1 0 0 1	x x x x x			
80					7	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 1 0 1 0	x x x x x			
81					8	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 1 0 1 1	x x x x x			
82					9	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 1 1 0 0	x x x x x			
83					10	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	0 1 1	0 1 1 0 1	x x x x x			
84					5	Vorzahl	1,2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 0	0 0 0 0 1	x x x x x	
85							1,4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 0	0 0 0 1 0	x x x x x	
86							1,7	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 0	0 0 0 1 1	x x x x x	
87							2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 0	0 0 1 0 0	x x x x x	
88							2,5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 0	0 0 1 0 1	x x x x x	
89							3,1	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 0	0 0 1 1 0	x x x x x	
90					4,1	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 0	0 0 1 1 1	x x x x x			
91					6	Vorzahl	1,2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 1	0 0 0 0 1	x x x x x	
92							1,4	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 1	0 0 0 1 0	x x x x x	
93							1,7	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 1	0 0 0 1 1	x x x x x	
94							2	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 1	0 0 1 0 0	x x x x x	
95							2,5	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 1	0 0 1 0 1	x x x x x	
96							3,1	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 1	0 0 1 1 0	x x x x x	
97					4,1	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x	1 0 1	0 0 1 1 1	x x x x x			
98					Korrektionsschutz		nein	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x			0	x x x x x
99							ja	0 0 0 1 1 0	0 x x	1	x x x x x x x x x x x x				1

Lebenszyklusdatenerfassung für Persönliche Schutzausrüstung mittels AutoID-Systemen

138				1,2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	1	x	x	x	x
139				1,4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1	0	x	x	x	x
140				1,7	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1	1	x	x	x	x
141				2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1	0	0	x	x	x
142				2,5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1	0	1	x	x	x
143				3	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1	1	0	x	x	x
144				4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1	1	1	x	x	x
145				5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	0	0	x	x	x
146				6	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	0	1	x	x	x
147				7	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	1	0	x	x	x
148				8	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	1	1	x	x	x
149				9	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	1	0	0	x	x	x
150				10	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	1	0	1	x	x	x
151				11	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	1	1	0	x	x	x
152				12	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	1	1	1	x	x	x
153				13	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	0	0	x	x	x
154				14	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	0	1	x	x	x
155				15	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	1	0	x	x	x
156				16	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	0	1	1	x	x	x
157		2	Vorzahl	1,2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1	0	0	0	1	x	x	x
158				1,4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1	0	0	1	0	x	x	x
159				1,7	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	0	1	1	x	x	x
160				2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	1	0	0	x	x	x
161				2,5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	1	0	1	x	x	x
162				3	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	1	1	0	x	x	x
163				4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	1	1	1	x	x	x
164				5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	1	0	0	x	x	x
165				1,2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	0	0	1	x	x	x
166				1,4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	0	x	x	x
167				1,7	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	1	x	x	x
168				2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	0	x	x	x
169				2,5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	0	x	x	x
170				3	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	1	x	x	x
171				4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	1	x	x	x
172				5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	1	0	0	x	x	x
173				6	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	1	1	1	x	x	x
174				7	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	1	0	1	x	x	x
175				8	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	1	0	1	x	x	x
176				9	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	1	1	0	x	x	x
177				10	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	1	0	1	1	0	x	x	x
178				1,2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	0	1	x	x	x	x
179				1,4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	1	0	x	x	x	x
180				1,7	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	1	1	x	x	x	x
181				2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	1	0	0	x	x	x
182				2,5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	1	0	1	x	x	x
183				3,1	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	1	1	0	x	x	x
184				4,1	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	1	1	1	x	x	x
185				1,2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	0	0	1	x	x	x
186				1,4	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	0	1	0	x	x	x
187				1,7	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	0	1	1	x	x	x
188				2	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	0	1	0	x	x	x
189				2,5	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	0	1	0	x	x	x
190				3,1	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	0	1	1	x	x	x
191				4,1	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	1	0	0	1	1	x	x	x
192				nein	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	x
193				ja	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	x
194				nein	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	x
195				ja	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	x
196				nein	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	x
197				ja	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	x
198				nein	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	x
199				ja	0 0 0 1 1 0	1 0 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	x

13.5.1.6 Tabelle 6 – Kopfschutz

				Produktgruppe		Schutzart																												En- schutts- gepfliff																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		Bitposition		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468

13.5.1.8 Tabelle 8: Schutznetze

		Produktgruppe				Schutzart																	Ex-Schutz-Geprüft				
		Bitposition				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	50
Schutznetze (Auffangnetze) (DIN 1263)		1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Netzsystem	S	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	T	1	1	1	1	0	1	0		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	U	1	1	1	1	0	1	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	V	1	1	1	1	1	0	0		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Netzklasse	A1	1	1	1	1	0	0	1		0	0	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	A2	1	1	1	1	0	0	1		0	1	0		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	B1	1	1	1	1	0	0	1		0	1	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	B2	1	1	1	1	0	0	1		1	0	0		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Maschengröße [mm]	M45	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x		0	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	M60	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x		1	0		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	M100	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x		1	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Maschenanordnung	quadratisch (Q)	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x					0		x	x	x	x	x	x	x	x	
	rhombisch (D)	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x					1		x	x	x	x	x	x	x	x	
Seil	K	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		0	0	0	1		x	x	x	x	x	
	L	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		0	0	1	0		x	x	x	x	x	
	M	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		0	0	1	1		x	x	x	x	x	
	N	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		0	1	0	0		x	x	x	x	x	
	O	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		0	1	0	1		x	x	x	x	x	
	R	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		0	1	1	1		x	x	x	x	x	
	Z	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		1	0	0	0		x	x	x	x	x	
Anzahl Prüfmaschen	1	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	0	0	0	1	x	
	2	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	0	0	1	0	x	
	3	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	0	0	1	1	x	
	4	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	0	1	0	0	x	
	5	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	0	1	0	1	x	
	6	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	1	0	0	0	x	
Netzsystem	S	1	1	1	1	0	0	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	T	1	1	1	1	0	1	0		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	U	1	1	1	1	0	1	1		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	V	1	1	1	1	1	0	0		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Netzklasse	A1	1	1	1	1	0	1	0		0	0	1		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	A2	1	1	1	1	0	1	0		0	1	0		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	B1	1	1	1	1	0	1	0		0	1	1		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	B2	1	1	1	1	0	1	0		1	0	0		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Maschengröße [mm]	M45	1	1	1	1	0	1	0		x	x	x		0	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	M60	1	1	1	1	0	1	0		x	x	x		1	0		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	M100	1	1	1	1	0	1	0		x	x	x		1	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Maschenanordnung	quadratisch (Q)	1	1	1	1	0	1	0		x	x	x					0		x	x	x	x	x	x	x	x	
	rhombisch (D)	1	1	1	1	0	1	0		x	x	x					1		x	x	x	x	x	x	x	x	

	Seil	N	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	0	x x x x x x x x	x x x x x x x x
		O	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	1	x x x x x x x x	x x x x x x x x
	Anzahl Prüfmaschen	1	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	0	0 0 0 1	x x x x x x x x
		2	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	0	0 1 0	x x x x x x x x
		3	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	0	0 1 1	x x x x x x x x
		4	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	0	1 0 0	x x x x x x x x
		5	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	0	1 0 1	x x x x x x x x
		6	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	1	0 0 0	x x x x x x x x
Netzsystem	S	1 1 1 1	0 0 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	T	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	U	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	V	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
Netzklasse	A1	1 1 1 1	0 1 1	0 0 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	A2	1 1 1 1	0 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	B1	1 1 1 1	0 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	B2	1 1 1 1	0 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
Maschengröße [mm]	M45	1 1 1 1	0 1 1	x x x	0 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	M60	1 1 1 1	0 1 1	x x x	1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	M100	1 1 1 1	0 1 1	x x x	1 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
Maschenanordnung	quadratisch (Q)	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x	0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	rhombisch (D)	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x	1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	Seil	N	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	0	x x x x x x x x	x x x x x x x x
		O	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	1	x x x x x x x x	x x x x x x x x
	Anzahl Prüfmaschen	1	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	0	0 0 0 1	x x x x x x x x
		2	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	0	0 1 0	x x x x x x x x
		3	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	0	0 1 1	x x x x x x x x
		4	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	0	1 0 0	x x x x x x x x
		5	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	0	1 0 1	x x x x x x x x
		6	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	1	0 0 0	x x x x x x x x
Netzsystem	S	1 1 1 1	0 0 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	T	1 1 1 1	0 1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	U	1 1 1 1	0 1 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	V	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
Netzklasse	A1	1 1 1 1	1 0 0	0 0 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	A2	1 1 1 1	1 0 0	0 1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	B1	1 1 1 1	1 0 0	0 1 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	B2	1 1 1 1	1 0 0	1 0 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
Maschengröße [mm]	M45	1 1 1 1	1 0 0	x x x	0 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	M60	1 1 1 1	1 0 0	x x x	1 0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	M100	1 1 1 1	1 0 0	x x x	1 1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
Maschenanordnung	quadratisch (Q)	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x	0	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	rhombisch (D)	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x	1	x x x x x x x x	x x x x x x x x	
	Seile	F	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	0	0 0 0 1	x x x x x x x x
		G	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	0	0 1 0	x x x x x x x x
		H	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	0	0 1 1	x x x x x x x x
		J	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	0	1 0 0	x x x x x x x x
		N	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	0	1 0 1	x x x x x x x x
		O	1 1 1 1	1 0 0	x x x x x x x x	0	1 1 1	x x x x x x x x

	P	1	1	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	x	x	x	x	x
Anzahl Prüfmaschen	1	1	1	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	1	x
	2	1	1	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1	0	x
	3	1	1	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	1	1	x
	4	1	1	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	0	x
	5	1	1	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	1	0	1	x
	6	1	1	1	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	x
EX	Ex- Schutz geprüft	ja	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0
		nein	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x