

Torsten Schmidt-Baum

Konzepte für Rettungsketten in Waldarbeitssystemen

Konzepte für Rettungsketten in Waldarbeitssystemen

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von Torsten Schmidt-Baum
geboren in Wiesbaden

Göttingen, im Juli 2008

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2008
Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2008

978-3-86727-711-2

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Heribert Jacke

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Christoph Kleinn

Tag der mündlichen Prüfung: 03. Juli 2008

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2008

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2008

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86727-711-2

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in der Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie des Burckhardt-Instituts der Georg-August-Universität Göttingen und wurde durch die finanzielle Förderung des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen sowie des Landesbetriebes Wald und Holz Nordrhein-Westfalen ermöglicht. Allen beteiligten Forstbeamten und Forstwirten sei herzlich gedankt für ihre Hilfe.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Heribert Jacke, für den stetigen Rückhalt, seine Unterstützung, die familienfreundlichen Arbeitsbedingungen und vielen Anregungen, die maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Herrn Prof. Dr. Kleinn von der Abteilung Waldinventur und Fernerkundung des Burckhardt-Instituts in Göttingen danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Jutta Bielefeld, Christhilde Bobbert, Dietmar Weber und Maurice Strunk danke ich für ihr außergewöhnliches Engagement bei den „Rettungseinsätzen“ im Verlauf der Außenversuche sowie bei der Datenaufarbeitung. Die vielen gemeinsamen Erlebnisse während der Außenaufnahmen werden mir in ständiger Erinnerung bleiben.

Für die Konzeption der Programme zur Analyse der Störschalle und zur Optimierung der Signale von Meldeeinrichtungen danke ich Axel Quentin. Dr. Dirk Drewes danke ich für seine zahlreichen Hilfestellungen und Anregungen. Dem Fakultätsgrafiker, Herrn Tambour, sei gedankt für die Anfertigung der Cliparts. Ebenfalls bin ich Arne und Godela Sengpiel sowie meinen Eltern sehr dankbar für die Durchsicht des Manuskriptes. Allen Kollegen/innen sei an dieser Stelle Dank gesagt für die schöne Zeit in der Abteilung, wozu das ausgesprochen herzliche Betriebsklima entscheidend beigetragen hat.

Diese Arbeit widme ich meiner Familie. Als Vater von zwei kleinen Kindern wäre die Promotion nicht ohne die Hilfe meiner lieben Frau, Daniela Baum, möglich gewesen. Ihr danke ich besonders für die stetige Ermutigung und ihre Unterstützung. Aber auch meine Schwiegereltern und Eltern haben uns in dieser Zeit unzählige Male unter die Arme gegriffen, wofür ich ihnen von Herzen danke.

Göttingen, im Juli 2008

Torsten Schmidt-Baum

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VII
TABELLENVERZEICHNIS	XII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XVIII
1 STRATEGISCHES MANAGEMENT ZUR OPTIMIERUNG VON PROZESSEN	1
1.1 Die Rettungskette – eine logistische Herausforderung	1
1.2 Ziele des Projektes	1
2 GÜTEMERKMALE EINER RETTUNGSKETTE	3
3 ANALYSE UND BEWERTUNG DER BESTEHENDEN LOGISTIKSYSTEME	5
3.1 Ansatzpunkte einer Systemanalyse	5
3.2 Systemanalyse des Rettungsdienstes	6
3.2.1 Strukturanalyse des Rettungsdienstes	6
3.2.1.1 Der Rettungsdienst als Teil des Rettungswesens	6
3.2.1.2 Träger des Rettungsdienstes	6
3.2.1.3 Organisation und Einrichtungen	6
3.2.1.4 Notarztsystem	7
3.2.1.5 Marktverfügbare Leitstellen- und Fahrzeugtechnik	8
3.2.1.6 Datenhaltung	10
3.2.2 Prozessanalyse des Rettungsdienstes	10
3.2.2.1 Teilzeiten im Rettungsablauf innerhalb des Rettungsdienstes	10
3.2.2.2 Leistungsniveau des Rettungsdienstes	12
3.2.3 Rahmenbedingungen und Entwicklungen im Rettungsdienst	15
3.2.3.1 Abbau der notärztlichen Versorgungsqualität	15
3.2.3.2 Kartenkunde	16
3.3 Analyse der Rettungskettenkonzepte in den Landesforstverwaltungen und Landesbetrieben	16
3.3.1 Strukturanalyse der Rettungskettenkonzepte von Landesforstverwaltungen und Landesbetrieben	16
3.3.1.1 Zielgruppen der Rettungskette Forst	16

3.3.1.2	Rechtliche Vorgaben zur Rettungskette Forst	19
3.3.1.3	Vergleich der heterogenen Rettungskettenlösungen im Wald	22
3.3.2	Prozessanalyse der Rettungskettenvarianten	28
3.3.2.1	Rettungsablauf bei Unfällen der betriebszugehörigen Forstwirte	28
3.3.2.2	Rettungsablauf bei Unfällen Betriebsexterner	29
3.3.2.3	Teilzeiten im Rettungsablauf innerhalb des Forstbetriebes	30
3.4	Analyse der Rahmenbedingungen	31
3.4.1	Entwicklungen in der Forstwirtschaft	31
3.4.1.1	Das Unfallrisiko in der Waldarbeit	31
3.4.1.2	Zunehmende Unfallrisiken in Folge eines naturnahen Waldbaus	35
3.4.1.3	Verwaltungsverschlinkung und Outsourcing	36
3.4.1.4	Optimierung der Prozesskette Holz	38
3.4.1.5	Auf-/Ausbau interoperabler IT-Architekturen	39
3.4.2	Technische und regulative Rahmenbedingung hinsichtlich der Lokalisierung verunfallter Personen	42
3.4.2.1	Ortung über das GSM-Netz	42
3.4.2.2	Ortung mit Hilfe des Global Positioning System	44
3.4.2.3	Staatliche Regelungen	46
3.5	Bewertung der bestehenden Rettungskonzepte	47
3.5.1	Fehlendes Qualitätsmanagement	47
3.5.2	Ersthelferproblematik	48
3.5.3	Lotsenproblematik	50
3.5.4	Kartenproblematik	51
3.6	Resümee	52
4	KONZEPT EINER INNOVATIVEN RETTUNGSKETTE	56
4.1	Mehr Sicherheit durch multifunktionale Meldeeinrichtungen	56
4.1.1	Produktbeschreibung	56
4.1.2	Beschreibung der einzelnen Prozeduren	58
4.1.2.1	Notrufprozedur	58
4.1.2.2	Statusmitteilungen	58
4.1.2.3	Telematik-Funktionen	59
4.1.2.4	Routeneinstellung	59
4.1.3	Referenzen	59
4.2	Ausgestaltung einer Forstnotrufzentrale	60
4.2.1	Aufgabe der Forstnotrufzentrale	60
4.2.2	Datenmanagement	61
4.2.2.1	Beschaffung der rettungsrelevanten Geodaten	61
4.2.2.2	Bereitstellung der rettungsrelevanten Informationen	63

4.2.3	Notwendige Systemvoraussetzungen in der Notrufzentrale	66
4.2.4	Gewährleistung des Qualitätsstandards	67
4.3	Ausstattung der Rettungskräfte mit detaillierten analogen und digitalen Einsatzkarten	67
4.4	Ablaufschema der modifizierten Rettungskette	71
5	METHODIK ZUR PRÜFUNG DER EFFEKTIVITÄT UND EFFIZIENZ DES MODIFIZIERTEN RETTUNGSSYSTEMS	74
5.1	Ansatzpunkte	74
5.2	Gebrauchstauglichkeitsstudie zum Benefon Track Pro	76
5.2.1	Fachlicher Hintergrund zum Testverfahren	76
5.2.1.1	Neuorganisation der Rettungskette Forst	76
5.2.1.2	Zur Problematik der Gebrauchstauglichkeitsprüfung	76
5.2.2	Operationalisierung der Gebrauchstauglichkeit	80
5.2.2.1	Aufschlüsselung der Teilkomponenten	80
5.2.2.2	Zieldefinition	80
5.2.2.3	Nutzungskontext	81
5.2.3	Evaluationsmethode	84
5.3	Technische Prüfung des Benefon-Systems	85
5.3.1	Bestimmung der Messgenauigkeit des BENEFON-Systems	85
5.3.1.1	Bestandesauswahl zur Erhebung der GPS-Präzision des Benefon-Gerätes	85
5.3.1.2	Messverfahren	87
5.3.2	Widerstandsfähigkeit des <i>Track Pro</i> gegen äußere Witterungseinflüsse	88
5.3.2.1	Wasserfestigkeit	88
5.3.2.2	Temperatureinfluss auf Tastenfunktionalität	89
5.3.2.3	Temperatureinfluss auf die Spannung und Kapazität des Akkumulators	89
5.3.2.4	Stand-by-Zeiten	90
5.4	Untersuchungen zur GSM-Netzabdeckung und Netz-Versorgungsqualität im Wald	90
5.4.1	Verfügbare Informationen, Erhebungsmethoden	90
5.4.2	Eigene Erhebungen der Netzversorgung	91
5.5	Analyse charakteristischer Störschalle am Arbeitsplatz zur Optimierung der Signale von Meldeeinrichtungen	92
5.5.1	Wahrnehmbarkeit akustischer Signale während der Waldarbeit	92
5.5.2	Standards zur Gestaltung und Prüfung von akustischen Gefahrensignalen	93
5.5.2.1	Begriffsdefinition	93
5.5.2.2	Sicherheitstechnische Anforderungen	93
5.5.3	Prüfverfahren	97
5.5.3.1	Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes	97

5.5.3.2	Auswahl der zu bemessenen Maschinen	99
5.5.3.3	Anzahl der Probanden	100
5.5.3.4	Versuchsbestände	100
5.5.3.5	Auswahl der Kapselgehörschützer	101
5.5.3.6	Messung der Schallpegel-Emissionswerte am Ort der Bedienungsperson	102
5.5.3.7	Auswertung der Daten	104
5.6	Erhebungsmethodik zur Messung der Effektivität des Rettungssystems	107
5.6.1	Variantendetermination	107
5.6.1.1	Vorbemerkung	107
5.6.1.2	Beschreibung der zu simulierenden Rettungsszenarien	107
5.6.2	Zeitabschnitte im Rettungsablauf	112
5.6.2.1	Unterteilung des therapiefreien Intervalls in einzelne Ablaufabschnitte	112
5.6.2.2	Aufschlüsselung der Notrufbearbeitungszeit in der Notrufzentrale	114
5.6.2.3	Aufschlüsselung der Notrufbearbeitungszeit in der Leitstelle	116
5.6.3	Simultanstudie	116
5.6.3.1	Festlegung der Notfallorte	116
5.6.3.2	Simulation des Unfalls	116
5.6.3.3	Schaffung der technischen Voraussetzungen für die Versuchsdurchführung	117
5.6.3.4	Erfassung der Meldefrist	122
5.6.3.5	Erfassung der Notrufbearbeitungszeit in der Notrufzentrale	124
5.6.3.6	Erfassung der Notrufbearbeitungszeit in der Leitstelle	125
5.6.3.7	Erfassung der Fahrzeit und der Fahrstrecke auf der öffentliche Straße	126
5.6.3.8	Erfassung der Fahrzeit und Fahrstrecke auf den nichtöffentlichen Wegen sowie der Zugangszeit und des Zugangsweges	127
5.6.3.9	Protokollierung der Komplikationen und Rahmenbedingungen während der Anfahrt und des Zugangs	129
6	ERGEBNISTEIL	132
6.1	Ergebnisse der Gebrauchstauglichkeitsstudie	132
6.1.1	Repräsentativität der Stichprobe	132
6.1.2	Untersuchungen zur Funktionalität	133
6.1.2.1	Ausfallsicherheit	133
6.1.2.2	Signalhörbarkeit	134
6.1.2.3	Änderungen der signalspezifischen Voreinstellungen	134
6.1.2.4	Funktionsicherheit des Bewegungssensors	141
6.1.3	Bedienbarkeit	144
6.1.3.1	Bedienbarkeit der Hauptfunktionen	144
6.1.3.2	Bedienung mit Handschuhen	145
6.1.3.3	Lesbarkeit der Zeichen auf dem Display	145
6.1.3.4	Erschwernisse durch Masse (Gewicht) und Dimension der Rettungsmobiltelefone	146
6.1.4	Nutzungskontext und Bedürfnisse	146

6.1.4.1	Vergrößerung des Tastaturfeldes	146
6.1.4.2	Gewicht	147
6.1.4.3	Modifikation der Auslöse- und Voralarmzeiten	148
6.1.4.4	Private Nutzung der Diensttelefone während der Dienstzeit	149
6.1.4.5	Weitere Ursachen von Akzeptanzproblemen	151
6.1.4.6	Altersbedingte Unterschiede	153
6.1.4.7	Nutzungsakzeptanz	155
6.2	Ergebnisse der technischen Prüfung des Benefon-Systems	155
6.2.1	Messgenauigkeit	155
6.2.2	Wasserfestigkeit	157
6.2.3	Kälteresistenz	157
6.2.3.1	Tastenfunktionalität	157
6.2.3.2	Einfluss der Temperatur auf Spannung und Kapazität	158
6.2.3.3	Stand-by-Zeiten	159
6.3	Wahl eines geeigneten GSM-Netzes	160
6.3.1	Vergleich elementarer Qualitätskriterien auf Grundlage der Expertenbefragung	160
6.3.1.1	Ausbau des Base-Transceiver-Station-Netzes	160
6.3.1.2	Netzkapazität und Netzqualität	161
6.3.1.3	Sicherheit	161
6.3.1.4	Priorisierung von Rufnummern	162
6.3.1.5	SMS-Übertragung	162
6.3.1.6	Service	163
6.3.1.7	Roamingpartner	164
6.3.2	Netzabdeckung und Netzversorgungsqualität	165
6.3.2.1	Vodafone	165
6.3.2.2	T-Mobile	166
6.3.2.3	Vergleich der Varianten D1 (T-Mobile) und D2 (Vodafone)	166
6.4	Ergebnisse der Analyse charakteristischer Störschalle während der Waldarbeit	171
6.4.1	Berechnung geeigneter Signalkomponenten einer im Kapselgehörschützer integrierten Schallquelle	171
6.4.2	Berechnung geeigneter Signalkomponenten einer externen Schallquelle	176
6.4.3	Bereitstellung herstellergerechter Daten zur Gestaltung geeigneter Gefahrensignale	177
6.4.3.1	Normierte Schalldruckpegel für eine außerhalb des Gehörschutzes platzierte Schallquelle	177
6.4.3.2	Normierte Schalldruckpegel für eine in den Gehörschutz integrierte Schallquelle	181
6.5	Ergebnisse der Simultanstudie	181
6.5.1	Meldefrist	181
6.5.2	Notrufbearbeitungszeit in der Notrufzentrale	184
6.5.2.1	Teilzeiten	184
6.5.2.2	Gesamtzeit	185

6.5.3	Notrufbearbeitungszeit Leitstelle	186
6.5.4	Ausrückezeit	186
6.5.5	Vergleich der variantenspezifischen Vor-/Anlaufzeit	186
6.5.6	Variantenspezifische Erfolgsquote	188
6.5.7	Vergleich der Anfahrts- und Zugangszeiten	189
6.5.7.1	Auswertungskonzept	189
6.5.7.2	Verzögerungen während der Anfahrtzeit	189
6.5.8	Defizite der Navigationsgrundlage und des Routing-Programms	194
6.5.8.1	Navigationsfehler und Navigationsmängel	194
6.5.8.2	Routenqualität	195
6.5.8.3	Eignung des Abstellplatzes	196
6.5.9	Vergleichende Gegenüberstellung der Zugangszeiten	197
6.5.10	Regressionsanalyse zur Identifizierung der Einflussfaktoren auf die Zugangszeit	200
6.5.11	Vergleich der therapiefreien Intervalle	203
7	GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT UND OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN EINES GPS-GESTÜTZTEN RETTUNGSSYSTEMS	209
7.1	Technische Schwachstellen des Rettungsmobiltelefons und Ursachen von Akzeptanzproblemen	209
7.2	Strategieeffekt des Rettungssystems	212
7.2.1	Effektivität der modifizierten Rettungskettenvarianten	212
7.2.2	Eignung der passiven Alarmgeber	214
7.2.3	Einfluss der Notrufzentrale auf das therapiefreie Intervall	215
7.3	Ansätze zur Optimierung des Rettungssystems	216
7.3.1	Konsequenzen aus der Gebrauchstauglichkeitsstudie	216
7.3.2	Konsequenzen aus der Störschallanalyse	219
7.3.3	Effizienzsteigerung durch die Erschließung eines großen Kundenkreises	220
7.3.4	Laufenthaltung der digitalen und analogen Karten	220
7.3.5	Spezifische Navigationssysteme für Rettungsfahrzeuge	221
7.3.6	Modelle zur Lösung der Schrankenproblematik	222
7.3.7	Duale Alarmierungswege bei aktiv oder passiv ausgelösten Notrufen	223
7.3.8	Vereinheitlichung der Alarmstichworte	223
7.4	Realisierung der modifizierten Rettungskettenkonzepte	224
8	ZUSAMMENFASSUNG	226
9	LITERATURVERZEICHNIS	231
10	ANHANG	I

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zyklische Abfolge der Aufgabenkomplexe eines strategischen Prozessmanagements. Quelle: ARNOLD ET AL., 2002	2
Abbildung 2: Maßnahmen und Akteure einer Rettungskette (modifiziert nach AHNEFELD, 1981)	11
Abbildung 3: Verteilung der Eintreffzeit von Rettungswagen (RTW), Notarzteinsatzfahrzeug/Notarztwagen (NEF/NAW) und Rettungshubschraubern (RTH) in Deutschland bei Fahrten mit Sonderrechten (Werte aus SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002)	14
Abbildung 4: Ausschnitt aus der Rettungskarte Rheinland-Pfalz	26
Abbildung 5: Zahl der meldepflichtigen Unfälle im Staatswald Deutschlands pro 1.000 Waldarbeiter	32
Abbildung 6: Zahl der meldepflichtigen Unfälle im Staatswald Deutschlands pro 1 Mio. produktiver Arbeitsstunden	32
Abbildung 7: Entwicklung der relativen Unfallhäufigkeit in den einzelnen Arbeitsbereichen in den Jahren 1999–2005. Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus KWF (2007)	32
Abbildung 8: Entwicklung der Unfallzahlen im Staatswald von Niedersachsen im Vergleich zu den Beschäftigungszahlen und den produktiven Arbeitsstunden in der motormanuellen Holzernte	33
Abbildung 9: Zahl der in Folge eines Forstunfalls verletzten und getöteten Versicherten der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft	34
Abbildung 10: Prozentuale Verteilung der Unfälle in der Landwirtschaftlichen Unfallkasse (LUV) bezogen auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit (Jahr 2004)	34
Abbildung 11: Einschlagsmenge des in hochmechanisierter Holzernte von Unternehmern und eigenen Harvestern aufgearbeiteten Holzes in den Niedersächsischen Landesforsten. Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von SOHNS (2007)	37
Abbildung 12: Optionale Systemstruktur zur Bereitstellung von Geoinformationen	42
Abbildung 13: Standortbestimmung durch Triangulation	44
Abbildung 14: Das Notrufsystem Benefon Track Pro	57
Abbildung 15: Aktualisierung der Geo-Infomationen in der Notrufzentrale über einen Web-Service	62
Abbildung 16: Direkter Datenaustausch zwischen dem Server der Notrufzentrale und dem Server einer Forstorganisation (Beispiel) über einen VPN-Tunnel	62
Abbildung 17: Abruf des Rettungskontextes über einen eindeutigen Wert des Schlüsselattributes	64

Abbildung 18: Aggregation der Geoinformationen durch Objektverscheidung.....	64
Abbildung 19: Aufbau des ATKIS-Objektartenkataloges	69
Abbildung 20: Ablaufplanung der Rettungskette nach Ablauf des Voralarms	71
Abbildung 21: Komponenten der Gebrauchstauglichkeit	77
Abbildung 22: Mithörschwellen (L_T) bei Maskierung durch ein Schmalbandrauschen mit Mittenfrequenz 1 kHz und unterschiedlichen Schallpegeln (L_G) [Quelle: ZWICKER, 1982].....	94
Abbildung 23: Vor- und Nachverdeckung (mit breitbandigem Rauschen als Maskierer) [Quelle: ZWICKER, 1982].....	95
Abbildung 24: Akustische Bedingungen für die Entwicklung schalltraumatischer Gehörschäden (Quelle: modifiziert nach TRIEBIG ET AL., 2003)	96
Abbildung 25: Bewertungskurven des Schalldruckpegels (Quelle: Brüel & Kjør, 2000)..	103
Abbildung 26: Applizierung des Mikrofons über dem Kapselgehörschützer	104
Abbildung 27: Illustration der Zeitabschnitte (Sekundenintervalle), in denen die normativen Vorgaben bei dem exemplarischen Schalldruckpegelwert erfüllt sind	106
Abbildung 28: Querschnitt durch einen Kapselgehörschützer mit integrierter Schallquelle (Quelle: PFEIFFER ET AL., 1997)	106
Abbildung 29: Ablaufschema der Rettungskette bei Drei-Personen-Arbeitsgruppen.....	108
Abbildung 30: Ablaufschema der Rettungskette bei Zwei-Personen-Arbeitsgruppen und Einsatzfahrzeugen mit detaillierten analogen Rettungskarten	109
Abbildung 31: Ablaufschema der Rettungskette bei Zwei-Personen-Arbeitsgruppen und Einsatzfahrzeugen mit Navigationssystemen	110
Abbildung 32: Ablaufschema der Rettungskette bei Einzelpersonen und Einsatzfahrzeugen mit detaillierten analogen Rettungskarten	111
Abbildung 33: Ablaufschema der Rettungskette bei Einzelpersonen und Einsatzfahrzeugen mit Navigationssystemen	111
Abbildung 34: Chronologische Zusammenfassung der in den einzelnen Varianten aufeinanderfolgender Zeitabschnitte.....	112
Abbildung 35: Variantenspezifische Handlungsabfolgen in der Notrufzentrale.....	115
Abbildung 36: Kommunikationsszenario bei Forstnotrufen von Forstwirten des Landesbetriebes Wald und Holz (ausgenommen Forstnotrufe aus dem Hochsauerlandkreis) [modifiziert nach LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ, 2007].....	117
Abbildung 37: Variantenbedingte unterschiedliche Verläufe der Anfahrtsroute	127
Abbildung 38: Altersverteilung in der Stichprobe und in der Grundgesamtheit der Regiearbeiter	132

Abbildung 39: Relative Häufigkeit der Störungsursachen, die zu einem Funktionsausfall geführt haben.....	133
Abbildung 40: Modifizierungsquote der voreingestellten Signaltöne für ausgewählte Ereignisse.....	135
Abbildung 41: Anzahl der als Substitut gewählten Tonnummern, gegliedert nach Ereignissen.....	135
Abbildung 42: Relation der Mobiltelefone mit reduzierter Lautstärke zum Gesamtkollektiv, spezifiziert nach Umgebungsobjekten.....	136
Abbildung 43: Eisbergdiagramm zur Hörbarkeit der akustischen Signale bei Arbeiten ohne Gehörschutz und ohne Maschinengeräusche.....	137
Abbildung 44: Eisbergdiagramm zur Hörbarkeit der akustischen Signale unter definierten Arbeitsbedingungen mit einer forstlichen Großmaschine.....	138
Abbildung 45: Eisbergdiagramm zur Hörbarkeit der Signale unter definierten Arbeitsbedingungen mit der Motorsäge.....	138
Abbildung 46: Häufigkeitsverteilung der Bewertungen bezüglich der Hörbarkeit der Signale in den Gruppen mit und ohne Gehörschutz.....	139
Abbildung 47: Häufigkeit einer ungewollten Auslösung des Voralarms/Personen- Alarms innerhalb der letzten fünf Arbeitstage.....	142
Abbildung 48: Relative Häufigkeiten, mit der die GPS-Mobiltelefone an den ausgewiesenen Trageorte appliziert wurden.....	142
Abbildung 49: Subjektive Bewertung der Bedienbarkeit der wichtigsten Funktionen.....	144
Abbildung 50: Subjektive Bewertungen der durch das GPS-Mobiltelefon verursachten Belastungen.....	146
Abbildung 51: Analyse des Bedürfnisses nach einer Vergrößerung des Tastaturfeldes und der Akzeptanz der daraus resultierenden Nebeneffekte.....	147
Abbildung 52: Dauer des Besitzes eines privaten Mobiltelefons.....	149
Abbildung 53: Mitgeführte Mobiltelefone während der Arbeitszeit.....	150
Abbildung 54: Begründungen für die Mitführung des privaten Mobiltelefons während der Arbeitszeit.....	150
Abbildung 55: Grad der Übereinstimmung der individuellen Meinungen mit den angeführten Aussagen.....	151
Abbildung 56: Fehlerbalkendiagramm mit Altersgruppenvergleich der arithmetischen Mittelwerte bezüglich des Akzeptanzproblems „Gewicht, Bewegungseinschränkung“.....	154
Abbildung 57: Boxplots zum Empfang der beiden untersuchten Netzprovider.....	169
Abbildung 58: Degressiver Verlauf der Verhältniskurve von Schalldruckpegel und Kongruenzzeit.....	173

Abbildung 59: Mittelwerte und Streuungsspreite der Kongruenzwerte, gruppiert nach dem geforderten Grad der Übereinstimmung mit den normativen Vorgaben (Kongruenzzeiten)	173
Abbildung 60: Verlaufskurven der modellspezifischen Kongruenzwerte und die aus den Höchstwerten der Terzbänder resultierende Konformitätsgrenze bei Arbeiten mit der Motorsäge	174
Abbildung 61: Versuchsaufbau im reflexionsarmen Raum	178
Abbildung 62: Immission-Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der vertikalen Positionierung der Schallquelle und der Frequenz	179
Abbildung 63: Immission-Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der horizontalen Positionierung der Schallquelle und der Frequenz	180
Abbildung 64: Box-and-Whisker-Plots mit der Verteilung der Meldefristen in der klassischen Rettungskette, getrennt nach den Fällen, in denen der Verunfallte bewusstlos oder bei Bewusstsein war.	182
Abbildung 65: Verteilung der Meldefristen bei der klassischen Rettungskette (Szenario Verunfallter „bewusstlos“ und Verunfallter „bei Bewusstsein“) und bei den modifizierten Rettungskettenvarianten (Alarmauslösung durch einen passiven Alarmgeber)	183
Abbildung 66: Verteilung der Stichprobenwerte bei der Bemessung der Aufschaltzeit in der Leitstelle Meschede	185
Abbildung 67: Vergleich der variantenspezifischen Vor- und Anlaufzeiten	187
Abbildung 68: Verlängerung der Fahrzeit in den Kategorien „Navigationssystem“ und „Rettungskarte“ im direkten Vergleich mit der Fahrtzeit der klassischen Rettungskettenvariante	190
Abbildung 69: Box-and-Whisker-Plot mit der Verteilung der Fahrzeiten in den Kategorien der modifizierten Varianten (Navigation, Rettungskarte) und der klassischen Rettungskette (Variante klassisch)	192
Abbildung 70: Fallbeispiel, in dem die berechnete Route (gestrichelt) über einen Waldweg verläuft	194
Abbildung 71: Fehlende akustische Fahrhinweise an Weggabelungen	195
Abbildung 72: Verknüpfungsfehler – der in der Realität in den Weg A mündende Weg B weist in der Vektorkarte keinen Schnittpunkt mit dem Weg A auf.	195
Abbildung 73: Ungeeignete Routenführung über eingeschränkt befahrbare Wege	196
Abbildung 74: Vergleich der Zugangszeiten bei einer Routenführung mittels eines GPS-Handgerätes bei Verwendung einer Anwegbeschreibung	199

Abbildung 75: Anteil der Fälle, in denen die Rettungskräfte in den modifizierten Varianten schneller beim Verunfallten eintrafen als bei beiden Szenarien der klassischen Rettungskette (Verunfallter bei Bewusstsein und Verunfallter bewusstlos)	206
Abbildung 76: Anteil der Fälle, in denen die Rettungskräfte in den relativierten modifizierten Varianten mit Navigationssystem schneller beim Verunfallten eintrafen als bei den jeweiligen Szenarien der klassischen Rettungskette (Verunfallter bei Bewusstsein und Verunfallter bewusstlos).....	208

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der Eintreffzeiten des Notarztes und des ersten Rettungsmittels (Hilfsfrist)	15
Tabelle 2: Anzahl der in der Forstwirtschaft in Deutschland eingesetzten Maschinen, gegliedert nach Maschinenarten, Stand: März 2002 (Quelle: EBEL, 2006)	18
Tabelle 3: Zahl der Forstunfälle 2004 gegliedert nach Art des Betriebes	35
Tabelle 4: Musterdatensatz aus der Relation „Rettungskontext“	63
Tabelle 5: Gebietslayer mit rettungsrelevanten Daten	65
Tabelle 6: Aufgliederung der Regentage nach der Niederschlagsmenge	89
Tabelle 7: Aufstellung der zu betestenden Motorsägenmodelle	99
Tabelle 8: Aufstellung der zu betestenden Freischneider/Motorsensenmodelle	99
Tabelle 9: Daten des betesteten Rückeschleppers	100
Tabelle 10: Anwendungsbereiche der Motorsägenklassen	101
Tabelle 11: Dämmwerte [dB (A)] der am häufigsten in der Forstwirtschaft verwendeten Kapselgehörschützer, gegliedert nach den für die Konzeption von Gefahrensignalen geeigneten Terzfrequenzbändern	102
Tabelle 12: Muster einer Anfahrtsbeschreibung, erstellt durch eine Applikation der Leitstellensoftware COBRA MAP	121
Tabelle 13: U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Altersverteilung der Stichprobe und der Grundgesamtheit der Regiearbeiter	133
Tabelle 14: Voreinstellung der ausgelieferten GPS-Mobiltelefone im Untermenü „Umgebungen“	134
Tabelle 15: Favorisierte Tonnummern, die in mehr als 10 % der Fälle anstelle der Voreinstellung gewählt wurden	136
Tabelle 16: Arithmetische Mittelwerte der Signalhörbarkeit bei den Gruppen mit und ohne Gehörschutz	139
Tabelle 17: Vergleich der Durchschnittswerte der Hörbarkeit der Signale mit und ohne Gehörschutz	140
Tabelle 18: Arithmetische Mittelwerte der Signalhörbarkeit bei den Gruppen mit und ohne Modifikationen der Umgebungseinstellungen	140
Tabelle 19 : U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Hörbarkeit bei voreingestellten und modifizierten Signalen	141

Tabelle 20: Arithmetische Mittelwerte (MW) der Häufigkeit unbegründeter Alarmauslösungen (aus ordinalskalierten Werten).....	143
Tabelle 21: U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Häufigkeit unbegründeter Alarmauslösungen bei voreingestellten und modifizierten Signalen.....	143
Tabelle 22: Arithmetische Mittelwerte der wertenden Angaben zur Bedienbarkeit der wichtigsten Funktionen	145
Tabelle 23: Einstellung der Forstwirte zur Masse des GPS-Mobiltelefons.....	147
Tabelle 24: Einstellung der Forstwirte zu einer Verlängerung der Auslösezeit	148
Tabelle 25: Einstellung der Forstwirte zu einer Verlängerung der Voralarmzeit	148
Tabelle 26: U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Auffassungen bezüglich einer Verlängerung der Voralarmzeit in Abhängigkeit von der zuvor hinsichtlich der Auslösezeit eingenommenen Position.....	149
Tabelle 27: Besitzdauer eines privaten Mobiltelefons in der Altersklasse von 51-60 Jahre.....	149
Tabelle 28: KRUSKAL-WALLIS-Test zum Vergleich der Ausmaße von Akzeptanzproblemen in Abhängigkeit von der Altersgruppe.....	154
Tabelle 29: Deskriptive Statistik der im Kerbtal gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten.....	155
Tabelle 30: Deskriptive Statistik der im Fichtenbestand gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten.....	156
Tabelle 31: Deskriptive Statistik der in dem Buchenbestand gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten	156
Tabelle 32: Deskriptive Statistik der auf dem Plateau gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten.....	156
Tabelle 33: Vergleich der Durchschnittswerte der GPS-Empfänger von Garmin und dem Prototyp (neuer GPS-Empfänger).....	157
Tabelle 34: Prüfung der Tastenfunktion bei verschiedenen Umgebungstemperaturen ...	158
Tabelle 35: Spannungsabfall in Abhängigkeit von der Außentemperatur	158
Tabelle 36: Spannungszustände (V) des Akkumulators nach zweistündiger Lagerung in der Kühlkammer.....	159
Tabelle 37: Stand-by-Zeiten der Testgeräte bei einer Umgebungstemperatur von - 10 °C.....	160
Tabelle 38: Roamingpartner der Provider Vodafone und T-Mobile in den Benelux-Staaten und Frankreich.....	165

Tabelle 39: Vergleich des Anteils von versorgten Flächen	167
Tabelle 40: Vergleich der mit dem Planungstool und aus der Stichprobe berechneten Netzversorgungen.....	167
Tabelle 41: Kontingenztabelle der Empfangsstärken bei den zwei Groß-Providern auf dem Niveau der originären Balkenanzeige	168
Tabelle 42: Kontingenztabelle der Empfangsstärken bei den zwei Groß-Providern auf dem Niveau eines vergrößerten Variablenpaars	169
Tabelle 43: Deskriptive Statistik der Empfangsstärke bei den beiden untersuchten Providern.....	170
Tabelle 44: Rangvergleich der Empfangsstärke bei den untersuchten Providern.....	170
Tabelle 45: Rangvergleich der Empfangsstärke bei den beiden untersuchten Providern.....	170
Tabelle 46: Auszug aus der Ergebnisdatei des Programms MASKEDTRHES für den Kapselgehörschützer Typ Clarity C3 von Bilsom	172
Tabelle 47: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für die bemessenden Motorsägen.....	175
Tabelle 48: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für den bemessenen Schlepper	175
Tabelle 49: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für die bemessenen Freischneider.....	175
Tabelle 50: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für alle bemessenen Maschinen	175
Tabelle 51: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A)	176
Tabelle 52: Direktschalldruckpegel ($L_{S, A 1 m}$) [dB (A)] der Terzbänder, gemessen in 1 m Entfernung von der Schallquelle	180
Tabelle 53: Normierte Werte [dB (A)] in 1 m Entfernung Direktschall für eine externe Schallquelle.....	181
Tabelle 54: Normierte Werte in 1 m Entfernung Direktschall für eine integrierte Schallquelle.....	181
Tabelle 55: Anteil der Fälle in den Szenarien der klassischen Rettungskette, deren Meldefrist das Zeitlimit von 5 bzw. 10 Minuten überschreitet.....	183
Tabelle 56: Vergleich der Notrufbearbeitungszeit „Notrufzentrale“ in den Versionen „Koordinaten“ und „Rettungspunkt“	186
Tabelle 57: Anteil der in den Varianten erfolgreich aufgefunden Verunfallten	188

Tabelle 58: Zahl der Stichproben, in denen der Routenverlauf in den Kategorien „Navigationssystem“ und „Rettungskarte“ von dem Streckenverlauf der klassischen Rettungskette (Lotsensystem) abwich	191
Tabelle 59: Absolute Zahl und Anteil der Fälle, in denen der Rettungsweg durch eine Schranke versperrt war	191
Tabelle 60: Relationen zwischen der Fahrstrecke der modifizierten Varianten und der klassischen Rettungskette	192
Tabelle 61: Vergleich der Durchschnittsgeschwindigkeiten auf der gewählten Anfahrtroute	192
Tabelle 62: Verlängerungen der Fahrzeit in den Kategorien der modifizierten Varianten (Navigation, Rettungskarte) im Vergleich zur klassischen Rettungskette (Variante klassisch) mit und ohne Klassifizierungs- und Verknüpfungsfehler	193
Tabelle 63: Arithmetische Mittelwerte des kürzesten geeigneten Zugangsweges vom Abstellplatz des Rettungsfahrzeuges bis zum Verunfallten	197
Tabelle 64: Vergleich der variantenspezifischen Zugangszeiten	198
Tabelle 65: Zugangszeiten und die variantenspezifischen Relationen zur klassischen Rettungskette	199
Tabelle 66: Ergebnisausgabe des MANN-WHITNEY-U-Testes – Überprüfung der Übereinstimmung der Zugangszeiten bei Aufsuchen des Verunfallten mittels einer Anwegbeschreibung oder Verwendung eines GPS-Handgerätes	200
Tabelle 67: Mittelwerte und Standardabweichungen der variantenspezifischen Zugangszeiten	200
Tabelle 68: Treffsicherheit einer multiplen Regression (Methode „stepwise“) auf die Zugangszeit (s) der Kategorie „Navigationssystem“ (N=94)	201
Tabelle 69: Treffsicherheit einer multiplen Regression (Methode „stepwise“) auf die Zugangszeit (s) der Kategorie „Rettungskarte“ (N=94)	201
Tabelle 70: Lineares Regressionsmodell für die Erklärung der Zugangszeit (s) in der Kategorie „Navigationssystem“ (N=94)	202
Tabelle 71: Lineares Regressionsmodell für die Erklärung der Zugangszeit (s) in der Kategorie „Rettungskarte“ (N=94)	202
Tabelle 72: Relative Anzahl der in den Varianten aufgetretenen Komplikationen, separiert nach Problembereichen	203
Tabelle 73: Vergleich der therapiefreien Intervalle in den modifizierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenarien „Verunfallter bei Bewusstsein“	204

Tabelle 74: Vergleich der therapiefreien Intervalle in den modifizierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bewusstlos“.....	205
Tabelle 75: Vergleich der realistischen therapiefreien Intervalle in den navigationsbasierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bei Bewusstsein“.....	207
Tabelle 76: Vergleich der realistischen therapiefreien Intervalle in den navigationsbasierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bewusstlos“.....	207
Tabelle A_1: Bandmittenfrequenzen f_m , untere f_u und obere f_o Grenzfrequenz der Terz- und Oktavbänder (Ausschnitt aus dem für den Menschen hörbaren Frequenzbereich).....	i
Tabelle A_2: Motorsägen – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit.....	ii
Tabelle A_3: Motorsägen – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit.....	ii
Tabelle A_4: Motorsägen – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit.....	ii
Tabelle A_5: Motorsägen – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit.....	iii
Tabelle A_6: Motorsägen – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit.....	iii
Tabelle A_7: Motorsägen – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit.....	iii
Tabelle A_8: Freischneider – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit.....	iv
Tabelle A_9: Freischneider – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit.....	iv
Tabelle A_10: Freischneider – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit.....	iv
Tabelle A_11: Freischneider – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit.....	v
Tabelle A_12: Freischneider – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit.....	v
Tabelle A_13: Freischneider – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit.....	v
Tabelle A_14: Schlepper – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit.....	vi

Tabelle A_15: Schlepper – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit	vi
Tabelle A_16: Schlepper – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit	vi
Tabelle A_17: Schlepper – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit	vii
Tabelle A_18: Schlepper – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit	vii
Tabelle A_19: Schlepper – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit	vii
Tabelle A_20: Immission-Schalldruckpegel ($L_{S,A Imm}$) über dem Kapselgehörschützer in Abhängigkeit von der Positionierung der Schallquelle.....	viii
Tabelle A_21: Dämpfungsfaktoren	viii

Abkürzungsverzeichnis

AAO	Alarm- und Ausrückeordnung
ABM	Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
AGVK	Amt für Geoinformation, Vermessung- und Katasterwesen
AKS	Arbeitsgruppenkommunikationssystem
ALB	Automatisierte Liegenschaftsbuch
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ASP	Application Service Providing
ATKIS	Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem
AZ	Ausrückezeit
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BLB	Bundesverband Landwirtschaftlicher Berufsgenossenschaften e.V.
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiving Station
BZL	Notrufbearbeitungszeit Leitstelle
BZN	Notrufbearbeitungszeit Notrufzentrale
DGM	Digitales Geländemodell
DFWR	Deutscher Forstwirtschaftsrat
DHWR	Deutscher Holzwirtschaftsrat
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DRG	Diagnosis Related Groups
DTK25	Digitale Topografische Karte im Maßstab 1:25.000
EDV	Elektronisches Datenverarbeitungssystem
ELA	Alarmierungs- und Durchsageanlage
EST	Erweiterter Sortentarif
EU	Europäische Union
FCC	Federal Communication Commission
FEZ	Feuerwehreinsatzzentrale
FMS	Funkmeldesystem
FZ1	Fahrzeit öffentliche Straße

FZ2	Fahrzeit nichtöffentliche Straße
GDI-DE	Geodateninfrastruktur in Deutschland
GDF	Geographic Data File
GeoDat	Geographische Datenstandard
GIS	Geographisches Informationssystem
GK	Gauß-Krüger
GLONASS	Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (Globales Navigations-Satelliten-System)
GSM	Global System for Mobile Communication
GMSC	Gateway Mobile Switching Center
GPS	Global Positioning System
HLR	Home Location Register
HSK	Hochsauerlandkreis
ID	Identifikation
IFA	Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie am Burckhardt-Institut der Universität Göttingen
ILs	Integrierte Leitstellen
ISM	Ministerium für Inneres und Sport
IRLs	Integrierte Regionalleitstellen
KuNo	Kommunikations- und Notrufgerät
KWF	Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.
L_{Max}	Maximalpegel
L_{Smin}	mindestens erforderlicher Gefahrensignalpegel
L_T	Mithörschwelle
MAX	Maximalwert (deskriptive Statistik)
MF	Meldefrist
MIN	Minimalwert (deskriptive Statistik)
MPTP	Mobile Phone Telematics Protocoll
MSC	Mobile Switching Center
MW	Arithmetischer Mittelwert (deskriptive Statistik)
N	Anzahl
NAVSTAR-GPS	Navigational Satellite Timing and Ranging-Global Positioning System
NAW	Notarztwagen
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
NMEA	National Marine Electronics Association
NOTAN	Not-Anrufmelder von DeTeWe
NRW	Nordrhein-Westfalen

p	p-Wert (Überschreitungswahrscheinlichkeit)
PC	Personal Computer
PNA	Personen-Notsignal-Anlage
PNG	Personen-Notsignalgerät
POI	Points of Interest
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PTV	Planung Transport Verkehr
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RTH	Rettungshubschrauber
RTW	Rettungswagen
SD	Standardabweichung (deskriptive Statistik)
SGB	Sozialgesetzbuch
SIM	Subscriber Identification Module
SMS	Short Message Service (Kurzmitteilung)
SMSC	Short Message Service Center
StGB	Strafgesetzbuch
t_{Div}	Divergenzzeit
TI	Therapiefreies Intervall
TOP50	Topografische Karte im Maßstab 1:50.000
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
UTM	Universal Transverse Mercator
UVV	Unfall Verhütungsvorschriften
VdS	Verband der Sachversicherer
VK	Variationskoeffizient
VLR	Visitor Location Register
VPN	Virtual Privat Network
WGS84	World Geodetic System 1984
ZZ	Zugangszeit

1 Strategisches Management zur Optimierung von Prozessen

1.1 Die Rettungskette – eine logistische Herausforderung

Trotz intensiver Bemühungen zur Verbesserung der Arbeitsschutzmaßnahmen ist die Unfallquote in der Waldarbeit weiterhin sehr hoch (vgl. GRÖGER UND LEWARK, 2002). Neben weiteren Anstrengungen in der Prävention von Arbeitsunfällen haben die für die Arbeitssicherheit Verantwortlichen daher auch die erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen, dass im Notfall ein reibungsloser Rettungsablauf gewährleistet ist.

Aufbau- und ablauforganisatorische Konzepte zur Rettung verunglückter Personen im Wald werden gemeinhin unter dem Schlagwort *Rettungskette Forst* zusammengefasst. Der Begriff *Rettungskette* umfasst die Summe aller therapeutischen Maßnahmen zur Beseitigung eines Gesundheitsschadens vom Eintritt des Notfalles bis zur Einlieferung des Notfallpatienten in ein Krankenhaus (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2003). Ziel aller Maßnahmen ist die schnellstmögliche medizinische Rehabilitation im Sinne einer Wiederherstellung der Erwerbsfähigkeit als auch die Wiedereingliederung in das gesellschaftliche Leben (TRIEBIG ET AL., 2003). Der metaphorische Terminus *Rettungskette* soll zum einen die Notwendigkeit versinnbildlichen, dass zur Realisierung dieses Zieles die Maßnahmen der einzelnen an den Hilfsleistungen beteiligten Akteure wie die Glieder einer Kette ineinander greifen müssen, und zum anderen deren Effektivität durch das schwächste Glied im Wirkungsgefüge beschränkt wird (vgl. AHNEFELD, 1981; SCHMIEDEL ET AL., 2002; AHNEFELD, 2003).

Abstrahiert betrachtet erbringen die durch Interaktionen geprägten Handlungsstränge zusammen eine Dienstleistung für den Verletzten. Wie von STRIENING (1988) dargestellt, kann bei Vorliegen dieser Prämissen von einem Leistungsprozess gesprochen werden.

Um ein – in Abhängigkeit von der Situation – für den Patienten optimales Ergebnis zu erhalten, ist ein zielführendes Gestalten und Lenken dieses Prozesses notwendig. Das diesbezüglich anzuwendende Instrument ist die Logistik, deren Aufgabe laut GUDEHUS (2000) die „effiziente Bereitstellung der geforderten Mengen der benötigten Objekte in der richtigen Zusammensetzung zur richtigen Zeit am richtigen Ort“ ist (s. a. PFOHL, 2000). Im Sinne dieser Definition gehören zu den logistischen Objekten sowohl Material und Produkte als auch Personen oder Informationen. Das Logistikmanagement sorgt durch eine zielgerichtete Organisation und Gestaltung der Strukturen und Prozesse für eine bedarfsgerechte Bereitstellung der Logistikobjekte (vgl. GUDEHUS, 2000; ARNOLD ET AL., 2002).

1.2 Ziele des Projektes

Jede Logistikaufgabe benötigt zunächst eine konkrete Zieldefinition. Ist das Ziel durch eine Größe quantifizierbar, kann der „Wirkungsgrad“ (Strategieeffekt) der zur Erreichung der Zielvorgaben erarbeiteten Strategien direkt bemessen werden. Zur Realisierung eines maximalen Strategieeffektes gliedert sich das strategische Management in drei Aufgabenkomplexe: Auf

Grundlage einer *Analyse* der bestehenden Strukturen und Prozesse einschließlich der Rahmenbedingungen und deren anschließenden *Bewertung* erfolgt der Entwurf und die Planung eines optimierten Logistiksystems (*Struktur- und Prozessgestaltung*). Die dritte Phase bzw. der letzte Aufgabenkomplex des strategischen Managements ist die *Kontrolle*, in der die Effizienz und Effektivität der modifizierten Strukturen und Prozesse, ergo der Strategieeffekt beurteilt wird. Die stets wandelnden Rahmenbedingungen erfordern eine permanente Überprüfung bzw. Anpassung des Logistiksystems. Hinsichtlich des strategischen Managements ergibt sich demnach eine zyklische Abfolge der Aufgabenkomplexe (s. Abbildung 1).

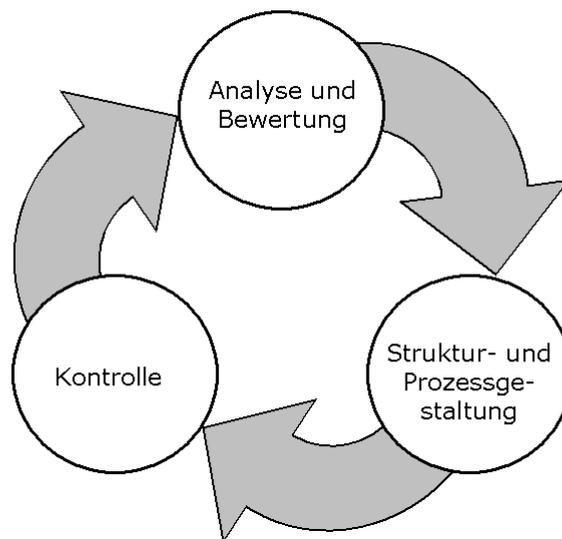


Abbildung 1: Zyklische Abfolge der Aufgabenkomplexe eines strategischen Prozessmanagements. Quelle: ARNOLD ET AL., 2002

Projiziert auf die *Rettungskette Forst* setzt eine Optimierung der Logistik zunächst eine konkrete Formulierung der Anforderungen und Ziele voraus, um die Effektivität der Rettungslogistik beurteilen zu können.

Anschließend erfolgt eine Analyse und Bewertung des Wirkungsgefüges innerhalb des präklinischen Versorgungssystems sowie der restriktiven Rahmenbedingungen, in der die Schwachstellen und Stärken der bestehenden Aufbau- und Ablauforganisationen herausgearbeitet werden. Bei der Prüfung der Optimierungspotentiale sowie der Entwicklung neuer Lösungskonzepte sind auch der technische Fortschritt, insbesondere in der Informations- und Kommunikationstechnologie, mit einzubeziehen.

Auf dieser Grundlage wird ein innovatives Rettungskettenkonzept erstellt, dessen Praxistauglichkeit in Feldstudien überprüft und beurteilt wird. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen sowohl die Möglichkeiten als auch die Problematiken aufzeigen, die bei der zukünftigen Gestaltung der Rettungskette zu nutzen, respektive zu berücksichtigen sind.

2 Gütemerkmale einer Rettungskette

Unternehmen verfolgen in erster Linie wirtschaftliche Ziele. Humanitäre Ziele wie die Arbeitssicherheit und der Gesundheitsschutz der in den Unternehmen beschäftigten Menschen werden zumeist durch gesetzliche Auflagen durchgesetzt, die durch ihre Restriktion die unternehmerische Freiheit begrenzen (GUDEHUS, 2000). Wiederum kann das Unternehmen gerade weil es wirtschaftliche Ziele verfolgt eine starke intrinsische Motivation zur Gewährleistung eines hohen Arbeitsschutzstandards aufweisen, da Arbeitsausfälle seine Flexibilität schmälern und den Organisationsaufwand erhöhen. Eine schnelle qualifizierte Versorgung von Verunglückten sorgt für eine Verkürzung des Rehabilitationszeitraums und eine schnellere Reintegration der Arbeitskraft in das Unternehmen.

Der Terminus *Rettungskette Forst* ist jedoch kein feststehender Begriff, hinter dem sich ein einheitliches Rettungskonzept verbirgt, denn so heterogen wie die Besitz- und Betriebsstrukturen in der Forstwirtschaft sind auch die Vorkehrungsmaßnahmen, die für den Notfall getroffen werden. Allen Rettungsplänen der Forstbetriebe ist jedoch gemein, dass sie in erster Linie auf eine schnelle Versorgung der im Betrieb Beschäftigten abzielen. Teilweise können aber auch die auf der Waldfläche arbeitenden Forstunternehmer oder Waldbesucher in die Pläne mit einbezogen sein. (vgl. WOSTL, 2003; ANONYMUS, 2007).

Die Leistung des Prozesses *Rettungskette* ist der Gesundheitszustand (Outcome) des Verunfallten als Resultat einer medizinischen Therapie, dessen qualitative Bewertung sich objektiv beispielsweise an der zeitlichen Dauer des Arbeitsausfalls bemessen lässt. Wie in mehreren medizinischen Studien nachgewiesen wurde, können optimale Therapieergebnisse nur dann realisiert werden, wenn der Therapiebeginn einschließlich invasiver (d.h. in den Körper eindringender) Maßnahmen noch innerhalb der ersten 30–60 Minuten erfolgt (vgl. SEFRIN, 1998; SCHLECHTRIEMEN UND ALTEMEYER, 2000).

Als therapiefreies Intervall wird die Zeitspanne zwischen dem Eintreten eines – vermutlich – akut lebensbedrohlichen Ereignisses und dem Beginn professioneller notfallmedizinischer Versorgung des Patienten bezeichnet. Erste-Hilfe-Maßnahmen durch Ersthelfer werden somit nicht der professionellen Versorgung zugerechnet (vgl. SEFRIN, 1998; BAND, 2000).

SCHWERMANN (2004) analysierte den Einfluss, des therapiefreien Intervalls bzw. der Rettungszeit (Dauer vom Unfallzeitpunkt bis zum Eintreffen des Notarztes) auf die Mortalitätsrate eines Verunfallten mit durchschnittlicher Verletzungsschwere. Demnach verschlechterte sich dessen Überlebenschance mit jeder Minute, die der Notarzt später am Unfallort eintraf, um 0,3 Prozentpunkte (vgl. a. SCHLECHTRIEMEN ET AL., 2002).

Auf der Basis prospektiv erhobener Daten des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie über Schwerverletzte (5.353 Fälle) stellen SCHWERMANN ET AL. (2003) unter anderem fest, dass Unfallopfer um so häufiger versterben, je länger der Notarzt bis zum Eintreffen am Unfallort benötigt. Vor allem ab einem therapiefreien Intervall von mehr als 25 Minuten steigt die Letalität deutlich an. Eine multivariate Analyse ergab, dass jede Minute, die der Not-

arzt länger benötigt, um den Unfallort zu erreichen, die Überlebenschance des Unfallopfers um 3,3 Promille sinkt.

Besonders gravierend wirken sich lange Rettungszeiten auf die Überlebenschance von Notfallpatienten mit einem Herz-Kreislaufstillstand aus. Entscheidend für den Grad der Rehabilitation ist ein schnelles Einleiten einer kardiopulmonalen Reanimation (Beatmung, Herzdruckmassage) innerhalb der ersten 10 Minuten. Nach Ablauf dieser Frist können die Gehirnfunktionen nicht wieder hergestellt werden. Jedoch können unter anderem wegen der allgemeinen Passivität und/oder Unkenntnis potentieller Laienhelfer lediglich 5–8 % der reanimierten Patienten aus dem Krankenhaus entlassen werden. Unter der Annahme, dass Reanimationsmaßnahmen durch Laienhelfer unterbleiben, ließe sich die Überlebenschance bei einer Verkürzung der Rettungszeit von 14 Minuten auf 5 Minuten zwar nahezu verdoppeln, die Überlebensrate läge aber selbst dann nur bei 11 % (PELL ET AL., 2001; DEUTSCHER BUNDESTAG, 2003).

Eine professionelle Rettungskettenorganisation muss folglich darauf ausgerichtet sein, dass qualifizierte Ersthelfer unmittelbar nach Eintreten eines Notfalls vor Ort sind. Sie zeichnet sich darüber hinaus durch ein kurzes therapiefreies Intervall aus, welches durch eine schnelle Notrufabgabe und geeignete Maßnahmen, die den Rettungskräften ein schnelles Auffinden des Notfallortes ermöglichen, sichergestellt wird. Die Qualität einer Rettungskettenorganisation misst sich daher vorrangig an der Rettungszeit (entspricht dem therapiefreien Intervall) aber auch an dem Zeitraum bis zum Beginn von Erste-Hilfe-Maßnahmen. Diese quantitativ konkret messbaren Zielgrößen sollen durch einen Optimierungsprozess unter Berücksichtigung der bestehenden Restriktionen weitestgehend minimiert werden.

3 Analyse und Bewertung der bestehenden Logistiksysteme

3.1 Ansatzpunkte einer Systemanalyse

Das Fundament einer Systemoptimierung bildet die Strukturanalyse. Diese konzentriert sich auf die Benennung und Vernetzung der einzelnen Leistungsstellen des Systems (Aufbauorganisation) sowie die Beschreibung der innerhalb des Systems ablaufenden Waren- und Informationsflüsse. „In einer Leistungsstelle werden nach Aufträgen oder Anweisungen unter Einsatz von Material und Ressourcen, wie Personen, Flächen, Gebäuden, Einrichtungen und Betriebsmitteln, materielle oder immaterielle Leistungen erbracht“ (GUDEHUS, 2000, S. 14 u. 15).

Hingegen ist der Untersuchungsgegenstand der Prozessanalyse die Ablauforganisation des Systems. Sie dokumentiert und bewertet die Abfolge der innerhalb des Systems ablaufenden Prozesse und die Zusammenarbeit mit externen Leistungsstellen (Schnittstellenbetrachtung). Die Abfolge von Handlungen in den einzelnen Leistungsstellen, die in ihrer Summe zu einem Leistungsergebnis führen, wird als Leistungs- oder Prozesskette bezeichnet. Hinsichtlich der Beschaffenheit der die einzelnen Leistungsstellen durchlaufenden Objekte wird zwischen den immateriellen Informationsflüssen und den materiellen Material- bzw. Warenflüssen unterschieden. Eine sich primär an den Prozessabläufen orientierende Logistik wird auch als Prozessmanagement bezeichnet. Ziel dieser zunehmend populärer werdenden Ausrichtung der Logistik ist die Prozessoptimierung mittels einer durchgängigen, die einzelnen Schnittstellen übergreifenden Planung, Modellierung und Steuerung des Waren- und Informationsflusses über die gesamte Versorgungskette (vgl. HAMMER UND CHAMPY, 1995).

Die Effizienz und die Effektivität der Kooperation mehrerer Leistungsstellen innerhalb eines Systems werden durch einen Vergleich des sich aus der Summe der Teilprozesse in diesem System ergebenden Outputs mit den vorgegebenen Zielen (bspw. Menge, Qualität) und anhand des zur Zielerreichung notwendigen Aufwandes bewertet. Die Leistung des Systems ist hierbei umso größer, je genauer und vollständiger die Ziele des Prozessmanagements (Effektivität) mit einem Mindestmaß an Aufwand (Effizienz) erreicht werden. Gleichwohl dürfen die Anpassung der Leistungsstellen und deren Netzstruktur nicht unter alleiniger Fokussierung auf einen ausgewählten Prozess erfolgen. In diesem Fall besteht die Gefahr, dass andere Prozesse gestört oder potentielle Synergieeffekte nicht genutzt werden.

Bei der Rettungskette Forst handelt es sich um eine betriebsübergreifende Logistikkette, deren Wirksamkeit sowohl von der Leistung des Forstbetriebes als auch des Rettungsdienstes abhängt. Die auf Ebene des Forstbetriebes organisierten Maßnahmen zur Rettung im Wald verunglückter Personen können nur dann bestmögliche Resultate erzielen, wenn sie an die bestehenden Strukturen und Informationsflüsse im Rettungswesen anknüpfen. Es ist daher unerlässlich zunächst die Grundzüge des Rettungswesens zu skizzieren, bevor auf die besondere Problematik der Rettungskette im Wald sowie die bereits existierenden Lösungsmodelle eingegangen werden kann.

3.2 Systemanalyse des Rettungsdienstes

3.2.1 Strukturanalyse des Rettungsdienstes

3.2.1.1 Der Rettungsdienst als Teil des Rettungswesens

Der Begriff *Rettungswesen* impliziert die Gesamtheit aller Maßnahmen und Einrichtungen sowie der jeweils gültigen Rechtsordnung zur Prävention und Bewältigung von Schadereignissen, die die Gesundheit oder das Leben gefährden (KÜHN ET AL., 2004).

Als ein Bestandteil des Gesundheitswesens gliedert es sich in eine technische und eine medizinische Komponente. Aufgabe des technischen Rettungswesens ist die Rettung von Personen aus Leben gefährdenden Situationen mit spezieller technischer Ausrüstung. Ausgeführt wird sie in Deutschland generell von der Feuerwehr, die bei größeren Schadereignissen zudem vom Technischen Hilfswerk unterstützt wird. Im unwegsamen Gelände und im Besonderen in alpinen Bereichen werden häufig auch Rettungskräfte der Bergwacht eingesetzt. Demgegenüber umfasst das medizinische Rettungswesen die Summe aller Maßnahmen zur Beseitigung eines Gesundheitsschadens. (KÜHN ET AL., 2004).

3.2.1.2 Träger des Rettungsdienstes

Der Rettungsdienst mit seinen öffentlichen Aufgabenbereichen Gesundheitsvorsorge und Gefahrenabwehr unterliegt gemäß dem Grundgesetz (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2007), Art. 30 und 70, der Gesetzgebungskompetenz der Länder (AHNEFELD, 1997). Diese legen dessen Leistungsumfang, Organisation und Durchführung in den jeweiligen Rettungsdienstgesetzen der Länder fest.

Darin werden die hoheitlichen Aufgaben gemäß dem Subsidiaritätsprinzip zumeist an die Landkreise und kreisfreie Städte übertragen, welche diese entweder in Eigenregie wahrnehmen oder ihrerseits wiederum Hilfsorganisationen oder private Unternehmen beauftragen.

3.2.1.3 Organisation und Einrichtungen

Zur bedarfsgerechten Versorgung der Menschen im gesamten Zuständigkeitsgebiet errichten und unterhalten die Träger des Rettungsdienstes eine Leitstelle, die die Einsätze (Notfallrettung und Krankentransporte) dirigiert. Aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen in den Gebietskörperschaften können die an die Leitstelle übertragenen Aufgaben dabei recht unterschiedlich sein. So existieren teils getrennte Leitstellen für den Rettungsdienst und die Feuerwehr, wobei die Rettungsleitstelle ausschließlich die rettungsdienstlichen Einsätze koordiniert. In anderen Fällen haben die Rettungsleitstellen auch die Aufgabe, die Erstalarmierung der Feuerwehr vorzunehmen. Die weitere Koordination sowie Nachalarmierungen übernimmt in diesen Fällen eine Feuerwehreinsatzzentrale, die nach der Alarmierung besetzt wird. Aber

auch der umgekehrte Alarmierungsweg ist möglich. Beispielsweise laufen im Bundesland Bayern die Notrufe unter der Notrufnummer 112 gegenwärtig noch zum überwiegenden Teil in Feuerwehrleitstellen auf, die bei medizinischen Belangen den Notruf an die zuständige Rettungsleitstelle weiterleiten. Um Zeitverluste durch die Rufweiterleitung zu vermeiden, können die Rettungsleitstellen dort auch unter der alternativen Notrufnummer 19222 direkt alarmiert werden (KARUTZ, 1999).

Aus ökonomischen, organisatorischen und einsatztaktischen Erwägungen haben viele Bundesländer die Feuerwehr- und Rettungsdienstleitstellen zusammengelegt. Diese so genannten Integrierten Leitstellen (ILs) erleichtern die Koordination von Einsätzen, bei denen sowohl Fahrzeuge der Feuerwehr als auch des Rettungsdienstes eingesetzt werden, und die Abstimmung bei Großschadensereignissen, die zusätzliche Unterstützung aus anderen Gebietskörperschaften erforderlich machen. Vorwiegend aus Kostengründen sind die Bundesländer Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein in der Zentralisierung der Leitstellen noch einen Schritt weitergegangen. Die Integrierten Regionalleitstellen sind durch die Fusion mehrerer Integrierter Leitstellen entstanden, in der nun sämtliche Notrufe der ursprünglich separierten Zuständigkeitsbereiche zusammenlaufen (KÜHN ET AL., 2004). Die Zusammenlegung der Leitstellen erleichtert die Koordination der Rettungsmaßnahmen beider Hilfsorganisationen, insbesondere bei Großschadensereignissen. Die z. T. mit der Fusion verbundene Erweiterung des Zuständigkeitsbereiches führt jedoch zu verringerten Ortskenntnissen des Disponenten, die bei der Einweisung der örtlichen Rettungskräfte von Vorteil sind.

Die Disponenten der Integrierten Leitstellen müssen die zur fachgerechten Alarmierung und Einsatzleitung notwendige Qualifikation sowohl im Bereich des Rettungsdienstes als auch der Feuerwehr aufweisen. Folglich erhalten die angehenden Leitstellendisponenten im Rahmen der Ausbildung sowohl eine Ausbildung zum Rettungsassistenten als auch zum Gruppenführer der Feuerwehr.

Die Rettungsfahrzeuge und deren Besatzung werden dezentral an so genannten Rettungswachen bereitgehalten. Die Dimensionierung und die Standortwahl der Rettungswachen erfolgt unter strategischen Gesichtspunkten, um im gesamten Zuständigkeitsgebiet möglichst kurze Anfahrzeiten der Einsatzfahrzeuge zu den Einsatzorten zu gewährleisten und somit die gesetzlichen Vorgabezeiten für den Rettungsdienst (Hilfsfrist) einhalten zu können.

3.2.1.4 Notarztsystem

Ein wesentliches Merkmal des in Deutschland praktizierten Rettungskonzeptes ist die hohe Gewichtung der präklinischen Versorgung des Patienten. Der Rettungsdienst wendet deshalb Methoden aus der Intensivmedizin bereits in diesem Stadium – also außerhalb geeigneter medizinischer Einrichtungen – an, um das therapiefreie Intervall zu reduzieren.

Erst wenn der Zustand des Patienten ausreichend stabilisiert und die Transportfähigkeit hergestellt wurde, erfolgt die Einlieferung in die Klinik. Häufig findet noch am Unfallort eine umfassende Anamneseerhebung (Aufnahme der krankheitsbezogenen Vorgeschichte des Patienten) statt, um so aus der Summe der Symptome die Art der Verletzung oder der Erkrankung zumindest eingrenzen zu können. Das Ergebnis der vorläufigen Diagnose entscheidet häufig auch darüber, in welches Krankenhaus der Notfallpatient gefahren wird, um so die optimale weitere ärztliche Versorgung zu erhalten. Die Präsenz medizinisch qualifizierter Fachkräfte am Notfallort ist folglich fester Bestandteil des Rettungskonzeptes.

Der Leitstellendisponent muss allein auf Grundlage der ihm telefonisch vom Notfallort übermittelten Informationen, die in ihrer Summe das Meldebild ergeben, entscheiden, welches Rettungsdienstpersonal zum Einsatz kommt. Generell werden bei Notfällen Rettungswagen (RTW) eingesetzt, deren Besatzung sich in der Regel aus einem Rettungssanitäter und einem Rettungsassistenten zusammensetzt. Bei mehreren Unfallbeteiligten oder der Annahme besonders schwerer Verletzungen wird das Team zumeist noch um einen Notarzt erweitert. Meldebilder, die den Einsatz eines Notarztes notwendig machen, sind in den Leitstellen in so genannten Indikationskatalogen hinterlegt. Eine allgemeingültige inhaltliche Widergabe ist jedoch aufgrund variierender Indikatoren nicht möglich. Je nachdem ob der Notarzt sofort nach Eingang des Notrufes vom Leitstellendisponenten alarmiert oder dieser vom am Notfallort eingetroffenen Rettungsteam nachgefordert wird, unterscheidet man zwischen primärer oder sekundärer Alarmierung.

In Deutschland existieren zwei verschiedene Organisationsformen des Notarzteeinsatzes: Beim Rendezvous-System wird der Notarzt in einem eigens hierfür vorgesehenen Notarztzubringer – einem Notarzteeinsatzfahrzeug (NEF) oder Rettungshubschrauber (RTH) – zum Notfallort gebracht. Hier trifft er auf die Besatzung des ebenfalls von der Leitstelle zum Unfallort beordneten RTW und bildet mit diesen ein gemeinsames Rettungsteam. Aufgrund der im Vergleich zu den Rettungswachen geringeren Anzahl der Notärzte, die zumeist in Krankenhäusern arbeiten, trifft das NEF überwiegend nach dem RTW am Unfallort ein. Im Gegensatz zum Rendezvous-System fährt der Notarzt beim Kompaktsystem im RTW mit, welches damit formalrechtlich zum Notarztwagen (NAW) wird (BREUER, 1990).

Der Vergleich der beiden Organisationsformen zeigt, dass das Rendezvous-System dem Notarzt eine wesentlich höhere Flexibilität bietet. Bedarf der Patient während der Rückfahrt zum Krankenhaus keiner ärztlichen Begleitung, steht der Notarzt schon wesentlich früher für Folgeeinsätze zur Verfügung. In Anbetracht dessen hat sich das Rendezvous-System durchgesetzt (vgl. SCHLECHTRIEMEN ET AL., 2002; SCHMIEDEL ET AL., 2002; KÜHN ET AL., 2004).

3.2.1.5 Marktverfügbare Leitstellen- und Fahrzeugtechnik

Hinsichtlich der über 300 Leitstellen in Deutschland (Stand 1994) können keine detaillierten Angaben zum aktuellen Stand der in der Praxis angewandten Technik gemacht werden. Die nachfolgende Aufstellung spiegelt daher lediglich die auf dem Markt verfügbare Leitstellen-

technik, nicht aber den Status quo des regulären Leitstelleninventars wider (SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002):

Der überwiegende Teil der Leitstellen verfügt über ein elektronisches Datenverarbeitungssystem (EDV) zur Einsatzdokumentation und Abrechnung rettungsdienstlicher Leistungen sowie zur Automatisierung sich wiederholender Prozesse. Bei einem eingehenden Notruf gibt der Disponent die Einsatzdaten in eine Annahemasken ein. Die Dateneingabe folgt einem integrierten Abfrageschema zur differenzierten Einsatzerfassung. Während des Ausfüllens wird die Eingabe laufend mit den in einer Datenbank hinterlegten Informationen abgeglichen und eine Autokomplettierung angeboten. In der Datenbank sind sowohl Straßen-, Objekt- und Ortsinformationen als auch eine Alarm- und Ausrückeordnung (AAO) hinterlegt. Die AAO legt in Abhängigkeit von der Art und dem Ausmaß des Notfalls die Reihenfolge fest in der bestimmte Rettungsmittel alarmiert werden. In der Regel werden die AAO unter Berücksichtigung der Ausrückebereiche separat für einzelne Gemeinden oder Gemeindeteile determiniert. Die Ausrückebereiche sind die Gebiete, in dem die Unfallorte von den jeweiligen Stützpunkten der Feuerwehr und des Rettungsdienstes (Feuerwehr- und Rettungswachen) innerhalb einer vorgegebenen Zeitlimits erreicht werden können (FERST, 2006).

Auf Grundlage der AAO entwirft die Programmroutine nach Prüfung der Einsatzbereitschaft der entsprechenden Einsatzmittel selbstständig einen Einsatzvorschlag. Wird dieser vom Disponenten angenommen, werden die Besatzungen dieser Fahrzeuge entweder über eine Alarmierungs- und Durchsageanlage in der Wache oder per Funkmeldesystem automatisch alarmiert. Zudem ermöglichen digitale Karteninformations- und Positionsbestimmungssysteme eine weitere Einsatzunterstützung der Rettungskräfte durch den Disponenten. Dieser kann anhand der Karteninformationen die Einsatzkräfte per BOS-Funk (BOS = Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) oder über das öffentliche Mobilfunknetz zum Einsatzort führen. Noch relativ selten sind die Rettungsfahrzeuge in ein Flottenmanagementsystem eingebunden. In diesen Fällen sind die Rettungsfahrzeuge mit einem Bordcomputer ausgestattet, der mit Hilfe der empfangenen GPS-Satellitensignale (Global Positioning System) die gegenwärtige Position des Fahrzeuges berechnet und diese Positionskordinaten über das GSM-Mobilfunknetz (Global System for Mobile Communication) an die Leitstelle versendet. Der Leitstellendisponent kann daraufhin manuell das Einsatzmittel auswählen, welches den Notfallort voraussichtlich am schnellsten erreicht (KÜHN ET AL., 2004).

Aufgrund des Föderalismus einschließlich des Subsidiaritätsprinzips (vgl. Kap. 3.2.1.2) sind allein die autark agierenden Kreise und kreisfreien Städte für die Einrichtung der Leitstellen verantwortlich. Exemplarisch wurde im Bundesland Nordrhein-Westfalen der Versuch unternommen, auf Landesebene eine Inventarliste der Leitstellen zu erhalten. Diese Informationen lagen aber den für den Katastrophenschutz und das Gesundheitswesen zuständigen Ministerien nicht vor (KORNFELD, 2002). Auch auf Regierungsbezirksebene existieren keine Daten zur technischen Ausstattung der Leitstellen (VASEN, 2003). Daher wurde auf eine Untersuchung des Instituts für Wirtschaftsgeographie der Universität Bonn zurückgegriffen, die die Leistungs-

und Organisationsstruktur von 50 der 54 Rettungsleitstellen in Nordrhein-Westfalen erfasste (KRAFFT, 1997). Demnach enthielt nur die Hälfte der Leitstellen ein integriertes Abfrageschema und lediglich ein Leitstellensystem wies die Funktion einer automatischen Standorterkennung der Rettungsfahrzeuge über GPS auf. Gemessen am damaligen technischen Stand, bestanden zum Teil erhebliche Defizite bei der technischen Ausstattung der Leitstellen.

Auf Grundlage einer Befragung von Herstellern der Rettungstechnik und Ausrüster der Rettungsfahrzeuge kann die Aussage getroffen werden, dass auch im Jahr 2007 unter 10 % der rund 4.900¹ der im öffentlichen Rettungsdienst innerhalb Deutschlands eingesetzten Rettungsfahrzeuge (RTW, NEF, NAW) mit Navigationssystemen ausgestattet ist. Nur in wenigen Leitstellen wird das Flottenmanagement angewendet (vgl. SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002, EGGENKEMPER, 2007; MÖLLER, 2007).

3.2.1.6 Datenhaltung

Die meisten Leitstellensysteme weisen eine Client/Server-Architektur auf. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsplatzrechner der Disponenten über ein lokales Netzwerk mit einer zentralen Recheneinheit (Server) verbunden sind. Netzwerkfähige Programme können somit – einmal auf dem Server installiert – auf allen Arbeitsplätzen angewendet werden. Überdies muss die umfangreiche Datenpflege nur auf dem Zentralrechner erfolgen. Zum Schutz vor Datenverlusten durch Systemausfälle sind Rückfallebenen in Form von RAID-Systemen (Redundant Array of Independent Disks) vorhanden. Ein RAID-System ist ein Verbund aus unabhängigen Festplatten, die laufend ihre Daten abgleichen.

3.2.2 Prozessanalyse des Rettungsdienstes

3.2.2.1 Teilzeiten im Rettungsablauf innerhalb des Rettungsdienstes

Im Ablauf der Rettungskette können, wie in der Abbildung 2 ersichtlich, fünf wesentliche Hilfeleistungen (Leistungsstellen) voneinander abgegrenzt werden, wobei die Effektivität des gesamten Prozesses von der Leistung jeder einzelnen Maßnahme sowie deren Koordination abhängt (AHNEFELD, 1981).

Das System fußt auf der aktiven Mithilfe von sogenannten Laien- bzw. Ersthelfern. Während Laienhelfer nur rudimentäre Kenntnisse hinsichtlich Erste-Hilfe-Maßnahmen aufweisen, nehmen Ersthelfer, die laut gesetzlichen Vorgaben in jedem Betrieb vom Unternehmer in ausreichender Zahl zu benennen sind, nach einem fundierten Erste-Hilfe-Lehrgang in zweijährigen Turnus an weiteren Fortbildungen teil. Darüber hinaus ist ihnen vom Unternehmer die erforder-

¹ Diese Zahlenangabe beruht auf einer im Jahr 2000 durchgeführten Bestandenserhebung (SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002)

liche Erste-Hilfe-Ausrüstung zur Verfügung zu stellen. Sie können daher im Notfall über allgemeine Basismaßnahmen hinausgehende Hilfe leisten.

Laien- wie Ersthelfern fällt die Aufgabe zu, nach Beendigung der lebensrettenden Sofortmaßnahmen (Wiederherstellung bzw. Erhalt der Vitalfunktionen, Abwenden von weiteren Gefahren) den Notruf an eine Leitstelle abzusetzen und bis zum Eintreffen der Rettungskräfte im Rahmen ihrer Möglichkeiten weitere Erste-Hilfe-Maßnahmen durchzuführen (KARUTZ ET AL., 1999). Der Rettungsprozess innerhalb des Rettungsdienstes wird demzufolge erst durch den eingehenden Notruf in der Leitstelle initiiert (s. Abbildung 2).

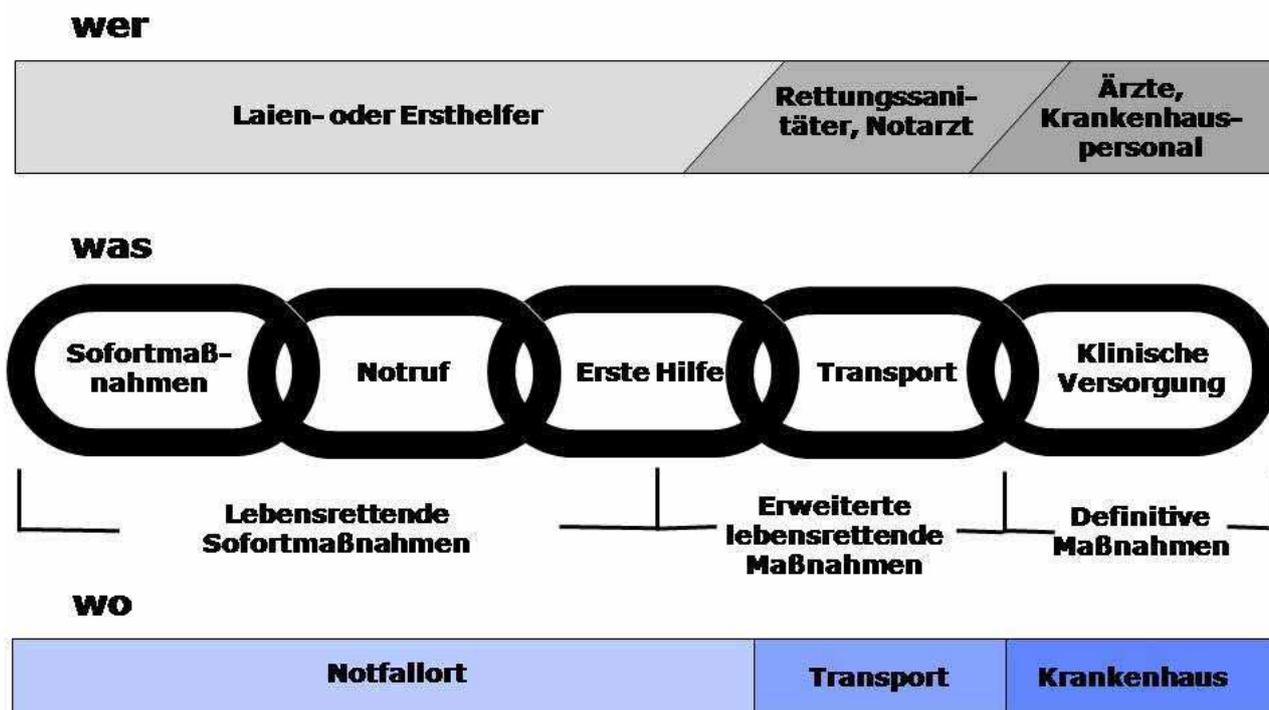


Abbildung 2: Maßnahmen und Akteure einer Rettungskette (modifiziert nach AHNEFELD, 1981)

Gemäß dieser häufig verwendeten Darstellung zur Illustration der Grundzüge einer Rettungskette fällt dem Rettungsdienst die Aufgabe des Transportes des Notfallopfers zum Krankenhaus zu. In Hinblick auf die oben definierten Anforderungen an den Rettungskettenprozess wird dessen Effektivität indes weniger durch den Transport als vielmehr durch eine kurze Rettungszeit bestimmt. Zur Aufdeckung von Verzögerungen und Schwachstellen in der Handlungsabfolge kann dieses Zeitintervall in die nachfolgenden chronologisch aufgelisteten Teilzeiten untergliedert werden (SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002):

Anrufwartezeit

Teilzeit zwischen der ersten Anrufsignalisierung und dem Gesprächsbeginn. Sind alle Leitstellenplätze belegt, wird der Anruf in eine Warteschlange eingereiht. Durch organisatorische Maßnahmen und durch eine entsprechend hohe Anzahl an Leitstellenplätze haben die Träger des Rettungsdienstes dafür Sorge zu tragen, dass die Anrufwartezeit in 95 % der Fälle nicht mehr als 10 Sekunden beträgt.

Gesprächszeit

Teilzeit zwischen Gesprächsbeginn bis zum Gesprächsende/Auflegen des Telefonhörers in der Leitstelle. In diesem Zeitraum verschafft sich der Leitstellendisponent durch die Abfrage aller für die Einleitung geeigneter Rettungsmaßnahmen erforderlichen Informationen zur Notfallsituation. Alle Informationen ergeben zusammen das Meldebild. In der Regel wird noch innerhalb der Gesprächszeit eine Einsatzentscheidung getroffen und das geeignete Rettungsmittel ausgewählt.

Alarmierungszeit

Teilzeit zwischen dem Zeitpunkt, an dem der Disponent die Alarmierung der ausgewählten Rettungsmittel auslöst und dem Zeitpunkt, an dem die rettungsrelevanten Informationen vollständig an die Besatzung des Rettungsmittels übertragen worden ist. Aufgrund der extrem kurzen Übertragungszeiten ist auch die Dauer der Alarmierungszeit verschwindend gering.

Ausrückezeit

Teilzeit vom Eingang aller rettungsrelevanter Informationen (Einsatzbeginn) bis zum Eingang der Statusmitteilung „Einsatz übernommen“ in der Leitstelle. Die Statusmitteilung wird von den Besatzungen der alarmierten Rettungsmittel versendet, wenn diese mit der Anfahrt zum Notfallort beginnen.

Anfahrtszeit

Teilzeit zwischen Eingang der Statusmitteilung „Einsatz übernommen“ in der Leitstelle und dem Eintreffzeitpunkt am Einsatzort. Auch die Ankunft wird durch Versendung einer Statusmitteilung an die Leitstelle quittiert.

Zugangszeit

Die Zugangszeit beinhaltet den Zeitbedarf der Rettungskräfte, um nach dem Abstellen des Rettungsmittels zum Notfallpatienten zu kommen.

3.2.2.2 Leistungsniveau des Rettungsdienstes

Zur Beurteilung der Effektivität und Effizienz des Rettungsdienstes werden zwei unterschiedlich definierte Zeitabschnitte, die mehrere der im vorigen Kapitel angeführten Teilzeiten enthalten, herangezogen. Die Eintreffzeit umfasst den Zeitraum vom Zeitpunkt an dem die Gesprächszeit beendet wurde bis zum Eintreffen des Rettungsmittels am Einsatzort. Entgegen der Eintreffzeit, die für jedes Rettungsmittel separat gemessen wird, endet die Hilfsfrist mit Eintreffen des ersten Rettungsmittels am Unfallort.

Die Gesetzgeber der Länder setzen in den Rettungsdienstgesetzen, den Landesrettungsplänen und den Rechtsverordnungen Zeitrahmen für die Hilfsfrist fest. Die zeitliche Bemessung

dieser Vorgabezeit ist das Ergebnis eines Abwägungsprozesses zwischen den medizinischen Erfordernissen und dem finanziell Leistbaren.

Die realisierte Hilfsfrist ist auch der wichtigste Zeitabschnitt zur Beurteilung der Effektivität und Effizienz des Rettungsdienstes. Jedoch sind die Zeitpunkte für den Beginn und das Ende der Hilfsfrist wie auch die Zeitvorgaben für den Rettungsdienst in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich definiert. Zudem wird bezüglich der Einhaltung der Vorgabezeit ein unterschiedlich hohes Sicherheitsniveau gefordert. Dieses determiniert, mit welcher Häufigkeit die realisierten Hilfsfristen innerhalb der vorgegebenen Hilfsfrist bleiben müssen. Je nach Bundesland liegt das Sicherheitsniveau zwischen 90 und 100 %. So dürfen beispielsweise bei einem Sicherheitsniveau von 95 % aufgrund von besonders widrigen Einsatzbedingungen (wetterungs- und verkehrsbedingte Ausnahmesituation oder abgelegener Notfallort) fünf Prozent der Einsätze die Hilfsfrist überschreiten. Vergegenwärtigt man sich in diesem Zusammenhang nun, dass die Hilfsfrist eine zentrale Größe bei Planung des Kapazitätsbedarfs rettungsdienstlicher Infrastruktur sowie der räumlichen Verteilung der Rettungswachen darstellt, so ist es in Hinblick auf das Sicherheitsniveau nicht zwangsläufig erforderlich, Gebiete mit geringen Einsatzaufkommen (z.B. Waldgebiete) in die Planung mit einzubeziehen (vgl. ARBEITSGRUPPE HILFSFRIST, 1997; ARBEITSGRUPPE HILFSFRIST, 2001; DIN 13050, 2002; DEUTSCHER BUNDESTAG, 2003; SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002; DIN V 14011, 2005; SACHVERSTÄNDIGENRAT, 2006).

Die Hilfsfrist ist nicht bundeseinheitlich definiert (HINKELBEIN ET AL. 2004). In neun und damit in der überwiegenden Anzahl der Bundesländer beginnt sie zu dem Zeitpunkt, an dem der Disponent die Alarmierung der ausgewählten Rettungsmittel auslöst, und endet in allen Bundesländern mit dem Eintreffen des ersten Rettungsmittels am Notfallort. Die Zeitvorgabe bezieht sich hierbei in der Regel auf Notfallorte, die an einer öffentlichen oder nichtöffentlichen Straße liegen. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass die Hilfsfrist aus haftungsrechtlichen Gründen nicht die Zugangszeit beinhaltet, weil deren Dauer von vielerlei Faktoren abhängt, die nicht vom Rettungsdienst beeinflussbar sind. Ebenfalls in neun Bundesländern wird ein Sicherheitsniveau von 95 % gefordert. (vgl. ARBEITSGRUPPE HILFSFRIST; 2001, SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002).

Die von SCHMIEDEL UND BEHRENDT (2002) in den Jahren 2000/2001 durchgeführte Analyse des Leistungsniveaus des Rettungsdienstes in Deutschland führte zu folgenden Ergebnissen: Die Eintreffzeit der Rettungswagen (RTW) beträgt bei Anfahrten mit Sonderrechten im Mittel 8,2 Minuten, bei Notarzteeinsatzfahrzeugen/Notarztwagen (NEF/NAW) 10,5 Minuten. Der Rettungshubschrauber (RTH) trifft hingegen im Mittel erst nach 14,2 Minuten am Einsatzort ein (vgl. Abbildung 3).

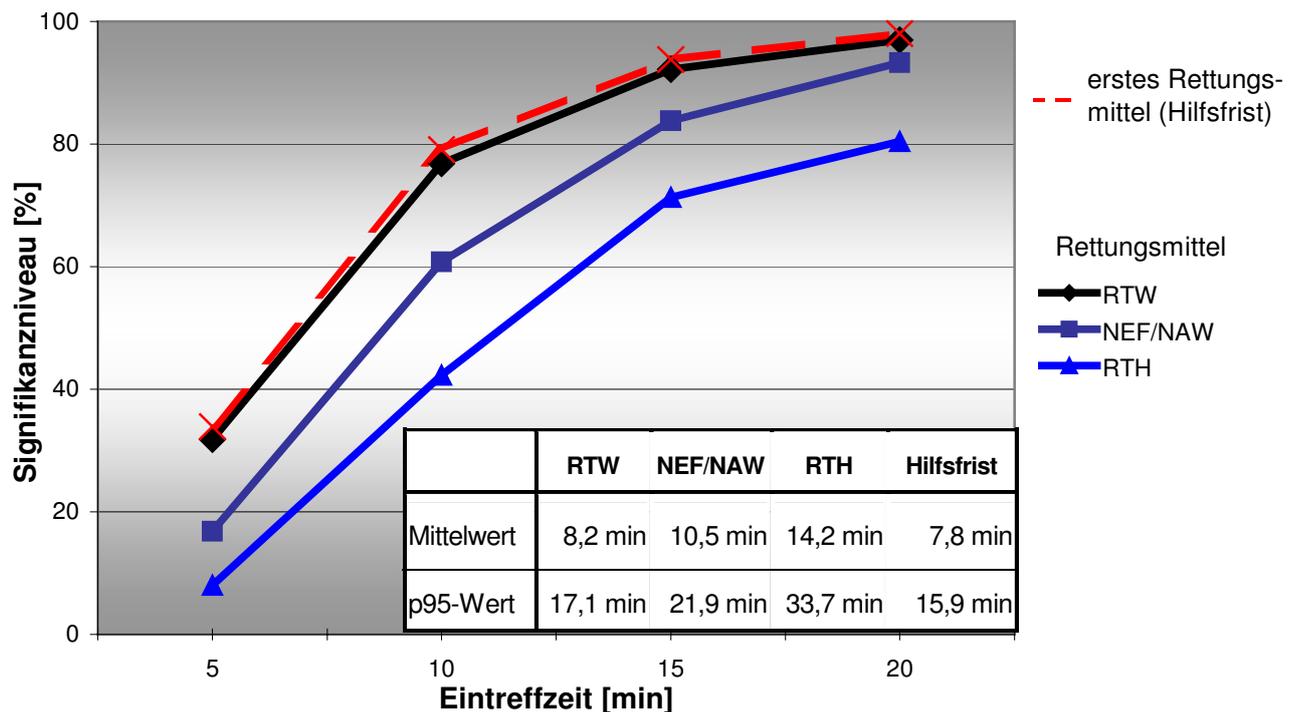


Abbildung 3: Verteilung der Eintreffzeit von Rettungswagen (RTW), Notarzteinsetzfahrzeug/Notarztwagen (NEF/NAW) und Rettungshubschraubern (RTH) in Deutschland bei Fahrten mit Sonderrechten (Werte aus SCHMIEDEL UND BEHRENDT, 2002)

Noch deutlicher werden die Differenzen der Rettungsmittel bezüglich der Eintreffzeit bei der Betrachtung der p95-Werte. Diese sind die oberen Grenzwerte eines als Konfidenzintervall bezeichneten Bereiches, in dem die tatsächlichen Eintreffzeiten mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegen. Demnach ist der Rettungswagen in 95 % der Fälle nach 8,2 Minuten, das Notarzteinsetzfahrzeug/Notarztwagen nach 21,9 Minuten und der Rettungshubschrauber (RTH) nach 33,7 Minuten am Einsatzort. Die Streuung der Eintreffzeiten nimmt folglich vom Rettungswagen über das Notarzteinsetzfahrzeug oder den Notarztwagen zum Rettungshubschrauber hin zu. Die Eintreffzeiten sind vergleichbar, da auch die Einsatzorte der Rettungshubschrauber bis auf wenige Ausnahmen an befahrbaren Straßen liegen (BEHRENDT, 2007).

Der Mittelwert der Hilfsfrist liegt mit 7,8 Minuten noch unter der mittleren Eintreffzeit der Rettungswagen. In 95 % der Fälle ist das erste Rettungsmittel in weniger als 15,9 Minuten am Notfallort.

Die Betrachtung der berechneten Mittelwerte und p95-Werte über den Zeitraum von 1994/95 bis 2000/01 zeigt sowohl bei den Eintreffzeiten des bodengebundenen Notarztes als auch bei der Hilfsfrist einen negativen Entwicklungstrend (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Entwicklung der Eintreffzeiten des Notarztes und des ersten Rettungsmittels (Hilfsfrist)

Jahr	Eintreffzeit Notarzt		Hilfsfrist	
	MW [min]	p95-Wert [min]	MW [min]	p95-Wert [min]
1994/95	9,0	18,6	7,3	15,4
1996/97	9,8	19,4	7,7	15,8
1998/99	10,0	20,2	7,8	15,9
2000/01	10,5	21,9	7,8	15,9

Demnach verlängerte sich die Eintreffzeit des Notarztes überproportional zur der Eintreffzeit des ersten Rettungsmittels. Dies hat zur Folge, dass der Notarzt immer häufiger und später nach dem ersten Rettungsmittel am Einsatzort eintrifft.

3.2.3 Rahmenbedingungen und Entwicklungen im Rettungsdienst

3.2.3.1 Abbau der notärztlichen Versorgungsqualität

Die Aufrechterhaltung der bisher gewohnten notärztlichen Verfügbarkeit als wichtiger Bestandteil der präklinischen Versorgung ist durch mehrere Prozesse im Gesundheitswesen gefährdet.

Im Rahmen der Gesundheitsreform 2000 wurde im Jahr 2004 eine modifizierte Fallpauschale eingeführt. Dieses DRG-System (Diagnostics Related Groups, zu deutsch: Diagnosebezogene Fallgruppen) unterscheidet sich von dem bis dahin praktizierten Abrechnungsmodus dadurch, dass nicht wie bislang pro Behandlungsfall eine pauschale Abrechnung erfolgt, sondern die Höhe der Vergütung von der Fallschwere – die durch entsprechende Diagnosen bestimmt wird – abhängig gemacht wird.

In Folge des neuen Vergütungssystems sind eine anhaltende Spezialisierung der stationären Versorgung und die Privatisierung vieler kommunaler Krankenhäuser zu verzeichnen. Berechnungen der Unternehmensberatung MCKINSEY & COMPANY (2006) ergaben, dass annähernd jedes dritte Krankenhaus trotz aller Bemühungen zur Effizienzsteigerung dem zunehmenden Wettbewerb zwischen den Krankenhäusern nicht standhalten kann. In der Konsequenz steht die Krankenhauslandschaft vor einer massiven Umstrukturierung durch Klinikschließungen und Fusionen. So schätzt die Deutsche Krankenhausgesellschaft, dass in Deutschland bis 2014 ungefähr 330 von derzeit 2.200 Krankenhäusern schließen werden. In strukturschwachen Gebieten bestünde dann die Gefahr, dass die flächendeckende Versorgung mit allen Leistungen nicht mehr gewährleistet werden könne (KRÜGER, 2004).

Aufgrund der kostenintensiven Bereitstellung präklinischer Intensivmedizin für Notfälle ist ein Abbau der notärztlichen Versorgungsqualität und eine Verlagerung der Notversorgung auf Kompetenzzentren zu beobachten. Hierdurch wird eine wohnortnahe Versorgung von Notfall-

patienten erschwert. Führt man sich zudem in diesem Zusammenhang vor Augen, dass 70 % der Notärzte von den Krankenhäusern gestellt werden (SEFRIN, 2003) und die Notarztstandorte vorwiegend an die Kliniken angebunden sind, so führen die geschilderten Entwicklungsprozesse zwangsläufig – insbesondere in ländlich geprägten Regionen – zu einer Verringerung sowohl des Personalstandes als auch der Stützpunkte. In Hinblick auf den hier untersuchten Abschnitt der Rettungskette wird sich in der Konsequenz der therapiefreie Intervall infolge der längeren Anfahrtszeiten vergrößern (vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG, 2003; SCHLECHTRIEMEN ET AL., 2003; BAND, 2004; KÜHNE ET AL., 2004; STRATMANN ET AL., 2004).

Die Bundesärztekammer sieht in dünn besiedelten Bereichen mit einer niedrigen Krankenhausedichte aus finanziellen Aspekten keine Möglichkeiten, eine derart hohe Dichte an Rettungswachen sicherzustellen, wie es zur Einhaltung der medizinisch noch vertretbaren Hilfsfrist erforderlich wäre. Die Hilfsfrist ließe sich lediglich durch die Einbindung örtlich niedergelassener Ärzte und eine leistungsfähige Leitstelle verkürzen (AHNEFELD, 1997).

3.2.3.2 Kartenkunde

Um die Kooperation der verschiedenen Behörden und Organisation mit Sicherheitsaufgaben (BOS) zu erleichtern, werden topographische Karten mit einem UTM- (Universal Traverse Mercator) beziehungsweise WGS84- (World Geodetic System 1984) Koordinatensystem angewendet. Das UTM-Koordinatensystem wird insbesondere bei der Bewältigung von Großschadensereignissen, bei denen auch überörtliche Kräfte angefordert werden, verwendet (SKK, 1999). In den entsprechenden Lehrgängen zur Kartenkunde wird ausschließlich im UTM-Koordinatensystem gearbeitet (AFKZV, 1999). In der Praxis finden andere Koordinatensysteme wie beispielsweise geografische Koordinaten mit der Einteilung Grad, Minuten, Sekunden keine Anwendung (HÖRNER, 2007).

3.3 Analyse der Rettungskettenkonzepte in den Landesforstverwaltungen und Landesbetrieben

3.3.1 Strukturanalyse der Rettungskettenkonzepte von Landesforstverwaltungen und Landesbetrieben

3.3.1.1 Zielgruppen der Rettungskette Forst

Die Rettungskette Forst weist kein einheitliches Schema auf. So heterogen wie die Besitz- und Betriebsstrukturen sind auch die Vorkehrungsmaßnahmen, die für den Notfall getroffen werden. So setzt sich allein der Körperschaftswald, der rund 20 % der Waldfläche in Deutschland abdeckt, aus über 8.000 Betrieben mit mehr als 10 ha Wald zusammen. Mit einem Flächenanteil von 47 % dominiert der Privatwald noch vor der Eigentumsart Staatswald (34 %) und wird – gemäß der Agrarstrukturerhebung von 2005 – von rund 19.000 privaten Forstbetrieben (mit über 10 ha) und 212.500 landwirtschaftlichen Betrieben (mit mehr als 2 ha landwirtschaftlich

genutzter Fläche) bewirtschaftet. Das Gros dieser landwirtschaftlichen Betriebe (81%) weisen allerdings nur eine Waldfläche unter 10 ha auf (vgl. BMVEL, 2002; STATISTISCHES BUNDESAMT, 2006). Darüber hinaus verfügt der weitaus größte Teil der geschätzten 1,3 Mio. Waldeigentümer über Waldbesitz, der nicht in einen land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb eingebunden ist, wobei die Zahl der Kleinstprivatwaldbesitzer mit weniger als 5 ha im Zuge des Strukturwandels stetig zunimmt (VOLZ, 2001).

Jährlich werden zur statistischen Auswertung des Unfallgeschehens im Staatswald u. a. auch die Zahlen der Regiearbeiter von den Landesforstverwaltungen/Landesbetriebe dem KWF gemeldet. Während somit für den Staatswald konkrete Zahlenangaben vorliegen, gestaltet sich eine Bezifferung der Forstwirte im Kommunal- und Privatwald ungleich schwieriger. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass in der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft als zuständiger Träger der Unfallversicherung lediglich die Land- und Forstwirtschaftlichen Betriebe sowie die Land- und Forstwirtschaftlichen Lohnunternehmen als ganzes, nicht aber jeder einzelne Betriebs- bzw. Unternehmenszugehörige versichert ist (STRACK, 2007). Deshalb können nur Schätzungen von Sachkundigen wiedergegeben oder auf Grundlage der vorliegenden Informationen taxiert werden. Demnach betrug die Zahl der Regiearbeiter im Staatswald im Jahr 2006 rund 10.600 (MORAT, 2007). Im Kommunalwald arbeiteten bundesweit etwa 4.000 Forstwirte (SCHMITT, 2007).

Angaben über die Anzahl der Forstwirte und ungelerten Waldarbeiter, die in einem festen Arbeitsverhältnis in den Privatforstbetrieben stehen, sind nicht direkt verfügbar. Die Größenordnung kann daher annähernd hergeleitet werden: So werden im jährlichen Intervall die sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten von der BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2007) erfasst und, getrennt nach Berufsordnungen, in einer Statistik ausgewiesen. So wurden im Juni 2006 rund 24.500 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte in der Berufsordnung Waldarbeiter/Waldnutzer registriert. In diese Ordnung fallen folgende Berufe: Forstwirte (Waldfacharbeiter), Holzfäller, Forst- und Waldkulturarbeiter, Waldwegewarte, Waldarbeiter und Waldnutzerhelfer, Waldfrüchtesammler und verwandte Berufe, andere Waldarbeiter und Waldnutzer. Dagegen fallen Holzfuhrunternehmer als Berufskraftfahrer in die Berufsordnung „Landverkehr“. Gemäß einer Hochrechnung von NARJES (2007) sind deutschlandweit rund 2.500 Profi-Forstunternehmen mit etwa 8.500 sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmern tätig. Profi-Forstunternehmen im Sinne dieser Statistik sind Unternehmen, deren Haupttätigkeitsfeld im Bereich Holzeinschlag, Wegeunterhaltung sowie Saat/Pflanzung und Bodenbearbeitung im Wald liegt. Darüber hinaus sind auch die Holzfuhrunternehmer in dieser Hochrechnung inbegriffen.

Fasst man die sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer der Forstunternehmen und die Forstwirte des Staats- und Kommunalwaldes zusammen, ergeben sich in der Summe 23.100 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte. Die Differenz zwischen dem mit Hilfe der Sachverständigen erhobenen Wert und der in der Statistik der Bundesagentur für Arbeit ausgewiesenen Anzahl beträgt somit 1.400 Beschäftigte, die – wenn die obigen Schätzwerte für den Kommunalwald und die in den Unternehmen Beschäftigten nicht unter den tatsächlichen Werten bleiben – vermutlich zum größten Teil im Privatwald arbeiten. Die tatsächliche Zahl der in

den Privatwaldbetrieben fest angestellten Forstwirte dürfte aber darüber liegen, da die Hochrechnung von NARJES noch die Fuhrunternehmer beinhaltet.

Auch die rund 9.000 Forstbeamten (WESTERMAYER, 2004) und die rund 4.500 in der Berufsordnung „Forstverwalter, Förster, Jäger“ (hierzu zählen: Forstberufe (Hochschule), Revierförster, Forstschützer, Forstverwaltungswirte, Revierjäger, Wildheger, Tierfänger und andere Forstberufe) erfassten sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten (vgl. BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT, 2007) profitieren von einer funktionierenden Rettungskette Forst.

Nicht erfasst werden können diejenigen Unternehmen, die lediglich im Rahmen einer Nebentätigkeit im Wald arbeiten sowie die Vielzahl der Kleinprivatwaldbesitzer, die in Eigenregie auf ihrem Besitz forstliche Maßnahmen durchführen, um ihr Einkommen zu verbessern oder ihren Eigenbedarf abzudecken (VOLZ, 2001). Ihre Zahl wird von LÖFFLER (1992) auf rund 800.000 Personen geschätzt. Hinzu kommen die als Selbstwerber bezeichneten Personen, die insbesondere Brennholz lediglich für private Zwecke aufarbeiten. Deren Zahl hat in den vergangenen Jahren bedingt durch den Anstieg des Ölpreises stark zugenommen (BOCK, 2005).

Auf Grundlage einer Marktanalyse der Reifen, die auf selbstfahrenden Forstmaschinen montiert sind, konnte EBEL (2006) die Zahl der in der Forstwirtschaft arbeitenden Maschineneinheiten in einer bis dato nicht vorhandenen Genauigkeit herleiten (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Anzahl der in der Forstwirtschaft in Deutschland eingesetzten Maschinen, gegliedert nach Maschinenkategorien, Stand: März 2002 (Quelle: EBEL, 2006)

Maschinenkategorien	Anzahl der Maschineneinheiten	Anteil am Gesamtmaschinenbestand [%]
Harvester	924	13
Forwarder	1.757	24
Skidder	1.351	19
Landwirt. Schlepper mit Forstausrüstung	3.171	44
Gesamt	7.203	100

Demgemäß wurden in Deutschland im Jahr 2002 924 Harvester, 1.757 Forwarder, 1.351 Skidder und 3.171 Landwirtschaftliche Schlepper mit Forstausrüstung eingesetzt. Berücksichtigt man den Umstand, dass mit Ausnahme der zu den staatlichen Maschinenbetrieben zählenden Maschinen auch die Harvester und Forwarder in Deutschland überwiegend im Einschichtbetrieb eingesetzt werden, können die in der Tabelle 2 aufgelisteten Zahlenwerte auch als Anhaltswerte für die Zahl der zugehörigen Maschinenführer angenommen werden (JACKE UND DREWES, 2004).

3.3.1.2 Rechtliche Vorgaben zur Rettungskette Forst

3.3.1.2.1 Allgemeine gesetzliche Bestimmungen

In Art. 2 Abs. 2 und Art. 20 Abs. 1 des Grundgesetzes ist das Recht jedes einzelnen Staatsbürgers auf Schutz seines Lebens und seiner Gesundheit verankert und ist somit öffentliche Aufgabe. Die generellen rechtlichen Rahmenbedingungen zur Gewährleistung der Ersten Hilfe werden vom Staat in Bundesgesetzen und im Speziellen durch die Unfallversicherungsträger in den Unfallverhütungsvorschriften (UVV) geregelt (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2007).

Grundsätzlich ist jede – um im juristischen Sprachgebrauch zu bleiben – natürliche Person als Träger von Rechten und Pflichten zur Ersten Hilfe verpflichtet. Unterlassene Hilfeleistung ist entsprechend § 323c Strafgesetzbuch (StGB, 1998) strafbar.

Besonders werden die Arbeitgeber vom Gesetzgeber in die Pflicht genommen. Diese haben gemäß § 618 des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) durch geeignete Maßnahmen für den Schutz ihrer Arbeitnehmer zu sorgen (BGB, 2002). Hierbei beschränkt sich laut Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) die Schutzpflicht nicht allein auf die Prävention, sondern schließt auch die Aufgabe mit ein, die notwendigen Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass im Notfall Erste Hilfe geleistet wird und eine Verbindung zur außerbetrieblichen Stellen hergestellt werden kann, die dafür Sorge tragen, dass qualifizierte Rettungs- und Hilfskräfte schnellstmöglich an den Notfallort kommen. Mit anderen Worten haben die Arbeitgeber im Rahmen ihrer Möglichkeiten dafür Sorge zu tragen, dass im Notfall die Rettungskette funktioniert. Hierfür ist im Betrieb eine in Abhängigkeit von der Anzahl der Beschäftigten angemessene Zahl von Ersthelfern mit entsprechender Ausrüstung bereitzustellen (vgl. § 10 ArbSchG, 1996). Alle Maßnahmen sind mit dem Ziel zu planen, „Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen, soziale Beziehungen und Einfluss der Umwelt auf den Arbeitsplatz sachgerecht zu verknüpfen“ wobei auch der aktuelle Stand der Technik zu beachten ist (vgl. § 4, Abs. 3 und 4 ArbSchG, 1996). In Folge der sich stets ändernden Rahmenbedingungen ist eine vorschriftsmäßige Konzeption der Rettungskette somit nur durch eine periodische Überprüfung der einzelnen Parameter und, falls erforderlich, Modifizierung der Rettungskettenorganisation zu gewährleisten.

Weiter präzisiert werden diese gesetzlichen Vorgaben noch von den für die jeweiligen Berufssparten zuständigen Unfallversicherungsträgern. Für die in forstlichen Betrieben tätigen Unternehmer und Arbeitnehmer sind vornehmlich die Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften zuständig. Die im öffentlichen Dienst Beschäftigten sind hingegen in der Regel bei den Unfallkassen des jeweiligen Landes, zum Teil auch der zuständigen Gemeinden versichert (Eigenufallversicherungsträger).

Berufsgenossenschaften und Unfallkassen sind gemäß § 29 Sozialgesetzbuch IV (SGB IV, 2006) als Körperschaften des öffentlichen Rechts mit einer Selbstverwaltung befugt, Unfallverhütungsvorschriften als autonomes Recht zu erlassen (vgl. SGB IV, 1976). Benötigt wird allerdings die Genehmigung des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (vgl. § 15 SGB VII, 1996).

3.3.1.2.2 Unfallverhütungsvorschrift *Grundsätze der Prävention*

Mit der Intention, das bestehende Regelwerk der Unfallversicherungsträger zu verschlanken sowie mit dem staatlichen Recht enger zu verzahnen und abzustimmen, wurde die bisherigen UVV „Allgemeine Vorschriften“ und „Erste Hilfe“ durch neue Basisvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (HVBG, 2004a) ersetzt. Die die Arbeitgeber zur Sicherstellung von Erste-Hilfe-Maßnahmen obliegenden Pflichten werden im vierten Kapitel, Abschnitt drei geregelt. Der Unternehmer/Arbeitgeber hat demzufolge Vorkehrungen zu treffen, damit „nach einem Unfall unverzüglich Erste Hilfe geleistet und eine erforderliche ärztliche Versorgung veranlasst wird“ (§ 24 Abs. 2). Durch entsprechende organisatorische Regelungen und die Bereitstellung der für die betrieblichen Verhältnisse geeigneten Meldeeinrichtungen ist sicherzustellen, dass „unverzüglich die notwendige Hilfe herbeigerufen und an den Einsatzort geleitet werden kann“ (§ 25 Abs. 1). Ferner sind den Arbeitnehmer in schriftlicher Form Anleitungen zur Ersten Hilfe sowie zum Notruf zur Verfügung zu stellen (§ 24 Abs. 5).

Letztlich hat der Arbeitgeber darauf zu achten, dass auch ein sachkundiger Transport des Verunfallten erfolgt.

3.3.1.2.3 Unfallverhütungsvorschrift *Forsten der Bundesunfallkasse und der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft*

Um den unverzüglichen Beginn der Erste-Hilfe-Maßnahmen zu gewährleisten, ist die sofortige Verfügbarkeit eines Ersthelfers, insbesondere während der als gefährlich eingestuften Forstarbeiten, sicherzustellen. Alleinarbeit mit der Motorsäge oder der Seilwinde sowie beim Besteigen von Bäumen ist aus diesem Grunde laut § 3 Abs. 3 der UVV „Forsten“ verboten. Im Verlauf dieser Tätigkeiten muss eine ständige Ruf-, Sicht- oder sonstige Verbindung zu mindestens einem weiteren Ersthelfer bestehen. Zu den Rufverbindungen zählen auch Funk- oder Fernsprecheverbindungen sowie akustische Signale, die vorher vereinbart wurden und nicht mit anderen Signalen oder Geräuschen verwechselt werden können (Durchführungsanweisung zu § 3 Abs. 3 der UVV „Forsten“ in BUK (1984) und BLBG (1997)).

Die Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft toleriert lediglich in Ausnahmefällen die Alleinarbeit in bäuerlichen Betrieben, wenn eine ständige Verbindung nicht zu gewährleisten ist, aber andere Sicherheitsvorkehrungen getroffen wurden. Hierzu gehört beispielsweise das Hinterlassen von Informationen zum Aufenthaltsort, dem Arbeitsweg und Zeitpunkt der Rückkehr oder eine regelmäßige Kontrolle durch weitere Personen. In allen anderen Fällen haben sich die Versicherten, die alleine eine gefährliche Arbeit ausführen, zumindest mit Funknotrufanlagen abzusichern.

Der Bundesverband der Unfallkassen schließt in Bezugnahme auf den § 3 Abs. 3 der UVV „Forsten“ Alleinarbeit in den Landesforstverwaltungen bzw. der Landesforstbetrieben grundsätzlich aus; ausschließlich bei Arbeiten mit einer Seilwinde dürfen sich die Versicherten mit einer Personen-Notsignal-Anlage (PNA) absichern, wenn es sich um einen Einzelarbeitsplatz

handelt (KOCH, 2006). BAUMGART (2002) gibt eine Übersicht zu den marktverfügbaren Forstnotrufsystemen.

3.3.1.2.4 Technische Regel 1 *Funknotruf in der Forstwirtschaft*

Die Mindestanforderungen an Bau und Ausrüstung der Funknotrufanlagen sind in der vom Bundesverband Landwirtschaftlicher Berufsgenossenschaften e.V. (BLB) herausgegebenen Technischen Regel 1 „Funknotruf in der Forstwirtschaft“ (TR1) formuliert (BLBG, 2004). Diese differenziert grundsätzlich zwischen Arbeitsgruppenkommunikationssystemen (AKS) und Personen-Notsignalanlagen (PNA). In beiden Fällen sind die Benutzer mit Personen-Notsignalgeräten (PNG) ausgestattet, die im Notfall sowohl willensabhängig als auch willensunabhängig einen Personenalarm auslöst. Eine willensabhängige (aktive) Alarmauslösung hat über einen gegen unbeabsichtigtes Betätigen gesicherten Funktionsschalter zu erfolgen. Ein willensunabhängiger (passiver) Personenalarm wird indes automatisch ausgelöst, wenn beispielsweise ein bestimmter Neigungswinkel (Lagealarm) über einen definierten Zeitraum unterschritten wird oder ein Bewegungssensor über einen festgelegten Zeitintervall keine Bewegung mehr registriert. Gemäß der TR1 beträgt die maximal erlaubte Auslösezeit bei einer passiven Alarmauslösung acht Minuten. Das Gerät muss so konzipiert sein, dass der willensunabhängige Alarm lediglich durch eine willensabhängige Bedienung bestimmter Tasten aufgehoben werden kann.

Der aktive Alarm muss unmittelbar ausgelöst werden, wenn der Benutzer die Notruftaste mehr als zwei Sekunden gedrückt hält.

Zur Vermeidung irrtümlicher Alarmierungen Dritter und womöglich daraus resultierender Kosten lösen die PNG zunächst einen Voralarm aus. Während dieser anhält, können die Benutzer der PNG den Alarm durch Bedienung bestimmter Stellteile rückstellen. Die zeitliche Dauer des Voralarms ist bei passiver Auslösung auf drei Minuten und bei aktiver Auslösung auf eine Minute beschränkt. In Folge der besonderen Einsatzbedingungen gehen die von der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft maximal zulässigen Reaktionszeiten deutlich über die Reaktionszeiten der Vornorm „Personen-Notsignalanlagen bei Alleinarbeit“ (DIN V VDE V 0825, 2007) hinaus, die von der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik) erarbeitet wurde.

Bei einem AKS tragen alle Mitglieder einer Arbeitsgruppe ein PNG, die miteinander vernetzt sind. Wird auf einem PNG ein Personen-Alarm ausgelöst, wird dieser an die übrigen Gruppenmitglieder weitergeleitet. Eine PNA setzt sich dahingegen aus mehreren Systemkomponenten zusammen. Im letzteren Fall sind die PNG häufig mit einer Windensteuerung kombiniert. Der vom Signalgeber (PNG) ausgelöste Alarm wird per Funk an eine zumeist in einem Fahrzeug befindliche Empfangsstelle übertragen. Hier werden die Positionskordinaten des Fahrzeugs von einem mit der Empfangsstelle verbundenen Globalen Positionsbestimmungssystem (GPS) berechnet und das Personennotsignal mit den genauen Standortkoordinaten

des Fahrzeugs an eine Notrufzentrale weiterleitet. Um den Helfern das Auffinden des Fahrzeugs zu erleichtern, werden automatisch das Rundumlicht und die Fahrzeughupe eingeschaltet.

Notrufzentralen sind private Unternehmen, die spezielle kostenpflichtige Dienste zur Personenabsicherung und Gebäudeüberwachung anbieten. Laut der Technischen Regel sollen die Notrufzentralen zu jeder Zeit die Einleitung von Erste-Hilfe-Maßnahmen sicherstellen. Um dies zu bewerkstelligen, müssen diese mit dem Funknotruf folgende Informationen erhalten:

- Grund (Notruf)
- Name der Person, die den Notruf ausgelöst hat
- GPS-Position des Notfallortes (Grad, Minuten, Sekunden)
- Uhrzeit und Kartendatum WGS84

Da die PNG auch unter rauen Witterungs- und Arbeitsbedingungen zum Einsatz kommen, muss deren stetige Funktionstüchtigkeit durch eine robuste und witterungsbeständige Bauweise, eine ausreichend dimensionierte Akkuleistung sowie eine technische Selbstüberwachung gewährleistet sein. Ein schwacher Akkustand oder ein Abbruch der Funkverbindung zu den weiteren Gruppenmitgliedern oder über die Empfangsstelle zur Notrufzentrale muss durch einen technischen Alarm signalisiert werden.

3.3.1.3 Vergleich der heterogenen Rettungskettenlösungen im Wald

3.3.1.3.1 Identifikation erfolgreicher Strukturen

Eine Möglichkeit zur Steigerung der Effektivität und Effizienz eines Prozesses ist der Vergleich der verschiedenen Aufbau- und Ablaufstrukturen der Prozesse mit gleichem Output in unterschiedlichen Unternehmen/Betrieben. Ziel dieser unter dem Namen „externes Benchmarking“ bekannten Methode ist die Aufdeckung von Schwachstellen und Stärken innerhalb der Prozesse der anderen Unternehmen, um so aus dem daraus gezogenen Erkenntnisgewinn den Prozess im eigenen Unternehmen optimieren zu können. Grundvoraussetzung hierfür ist jedoch eine Kennzahl, an der die Effektivität beurteilt werden kann (vgl. GUDEHUS, 2000; ARNOLD, 2002).

Projiziert auf die Rettungskette sind demzufolge durch die Gegenüberstellung der in den Forstbetrieben bereits erarbeiteten Aufbau- und Ablaufstrukturen besonders geeignete Konzepte und Techniken zu identifizieren und in die eigene Planung mit einzubeziehen. Die Landesforstverwaltungen/Landesbetriebe der jeweiligen Bundesländer wirken durch Erlasse oder Regelwerke auf einen einheitlichen Qualitätsstandard der Rettungskettenorganisation in den staatlichen und – zum Teil – den betreuten Forstbetrieben hin. Diese bieten mithin eine gute Grundlage für die vergleichende Analyse. Dagegen ist eine Herausarbeitung der unterschiedlichen Organisationsformen im Körperschafts- und Privatwald aufgrund wenig detaillierter rechtlicher Rahmenvorgaben und der Vielzahl der Forstbetriebe nicht leistbar.

Die folgende, nach Themenkomplexen gegliederte Darstellung der relevanten Unterschiede zwischen den Rettungsketten der Landesforstverwaltungen/Landesbetriebe basiert auf der Studie der existierenden Erlasse und Regelwerke sowie Gesprächen mit den zuständigen Fachkräften für Arbeitssicherheit (HMILFN, 1997; MORGENSTERN, 1998; STMELF, 1998a; STMELF, 1998b; NMELF, 1999; TMLNU 1999; FORSTDIREKTION KARLSRUHE, 1999; MLRBW, 2000; MUNF, 2000; MLUR, 2001; MUNLV 2001a; MUNLV, 2001b; BRAND, 2002; BORCHERT, 2002; MLRBW, 2002; HUWIG, 2002; LFV SACHSEN-ANHALT, 2002; NIEDER, 2002; MELFF, 2003; TRAUBOTH, 1999).

Eine adäquate Einweisung der betriebseigenen Mitarbeiter in die Rettungskettenorganisation sowie die Durchführung von Rettungsübungen werden für die Funktion der Rettungskette als selbstverständlich vorausgesetzt und sind nicht Gegenstand der Analyse.

3.3.1.3.2 Regiearbeiter

3.3.1.3.2.1 Arbeitsgruppenstärke

Unter Berücksichtigung der UVV „Forsten“, gemäß der gefährliche Alleinarbeit verboten ist, sind die Forstwirte in den staatlichen Forstbetrieben mindestens in Zwei-Personen-Gruppen organisiert. Zwei-Personen-Gruppen werden in den Bundesländern Bayern, Brandenburg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt sowie Schleswig-Holstein und Thüringen eingesetzt, wobei diese geringe Gruppenstärke in Brandenburg auf Ausnahmesituationen zu beschränken ist und in allen Bundesländern ausschließlich Bayern lediglich in Bereichen mit Mobilfunkempfang erlaubt ist.

3.3.1.3.2.2 Meldeeinrichtungen

Mit der Intention, im Notfall eine unverzügliche Alarmierung weiterer Gruppenmitglieder zu gewährleisten, wurden in Sachsen Versuche mit dem NOT-ANrufmelder (NOTAN) von DeTeWe durchgeführt. Es handelt sich dabei um ein Notsignalgerät ohne Sprachübertragung, verbunden mit einer Relaisstelle als Empfangs- und Weiterleitstation. Das bewusst oder unbewusst (von einem Lagemelder) ausgelöste Notsignal wird an alle in Funkreichweite befindlichen NOTAN weitergeleitet. Wird die Funkreichweite überschritten, wird ein Reichweitenalarm ausgelöst. In Sachsen stießen die NOTAN auf geringe Akzeptanz, da es sich hierbei ausschließlich um ein *Notrufgerät* handelt, das nicht für die allgemeine (Verbal-) Kommunikation eingesetzt werden kann. Zudem kam es häufig zu Fehlalarmierungen (MORGENSTERN, 2002). Eine weitere Schwachstelle ist die schlechte Hörbarkeit der Warntöne während der Motorsägenlaufzeiten. Zu gleichen Ergebnissen kam eine Studie der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, die sich auf gemeinsam mit den Unfallkassen durchgeführte Feldversuche stützte, um die Praxistauglichkeit verschiedener Notrufsysteme zu testen (HAPPOLD ET AL., 2000).

Da aber der Kontakt der Waldarbeiter untereinander in stark verjüngten und unübersichtlichen Beständen aus Sicherheitsaspekten unerlässlich ist, wurden die Forstwirte in Baden-

Württemberg mit dem Notrufsystem *KuNo* (Kommunikations- und Notrufgerät, MOTOROLA GP 340) ausgerüstet. *KuNo* ist ein Betriebsfunksystem und besteht aus Handsprechfunkgeräten mit integrierten Lagemeldern für den Notrufbetrieb. Der Notruf kann aktiv über eine Notruftaste oder passiv über einen Lagemelder ausgelöst werden. Die Alarmauslösung erfolgt, wenn der Neigungswinkel von 45° unterschritten wird. Die sich in Reichweite befindlichen Kollegen werden über einen Signalton alarmiert. Das Gerät schaltet nach Abgabe des Signaltons zwischen Senden und Empfang hin und her, bis der Alarm abgeschaltet wird. Hierdurch wird dem Verletzten eine Kommunikation auch ohne Bedienung der Sprechfunktaste ermöglicht. *KuNo* bietet den Vorteil, dass er dem Wunsch der Waldarbeiter nach Kommunikationsmöglichkeit untereinander nachkommt. Das System setzt aber auf Gruppenarbeit innerhalb der Funkreichweite. Jedoch verfügt das Gerät über keine Reichweitenüberwachung, so dass Funkabrisse nicht rechtzeitig erkannt werden können. Im Unterschied zu dem NOTAN wurden die Warnsignale lediglich nur dann von Störgeräuschen verdeckt, wenn die Motorsäge im Vollastbetrieb lief (HAPPOLD ET AL., 2000).

Wenn es sich auch um kein Notrufsystem handelt, so soll der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt bleiben, dass in Sachsen die Waldarbeiter vereinzelt mit dem GPS-Gerät *Garmin* ausgestattet wurden, womit bei einem Unfall die Standortkoordinaten abgelesen und an die Rettungsleitstelle telefonisch durchgegeben werden können.

In Hessen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen werden die Forstwirte mit Helmfunksprechgeräten ausgerüstet. Ihre Vorteile liegen in der gesteigerten Kommunikationsfähigkeit auch bei hohen Störschallpegeln innerhalb der Gruppe, so dass sich Arbeitsabläufe besser abstimmen lassen. Die Helmfunkgeräte verfügen jedoch über keinen aktiven oder passiven Alarmauslöser. In Schleswig-Holstein ist der Helmfunk in der Praxis nicht angenommen worden, da die dort befragten Forstwirte das Gewicht des aufgerüsteten Helmes als störend empfanden.

Als vergleichsweise primitives Notsignalgerät werden Trillerpfeifen in allen Bundesländern ausgenommen Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen verwendet. Neben der Alarmierung der Arbeitskollegen dienen die akustischen Signale auch als Orientierung für die Rettungskräfte.

Eine schnellstmögliche und direkte Alarmierung des Rettungsdienstes kann nur über das Mobiltelefon erfolgen. In Anbetracht dessen sind die Waldarbeitergruppen in allen Bundesländern mit mindestens einem Mobiltelefon ausgestattet, das vorrangig der Alarmierung der professionellen Rettungskräfte sowie weiterer Betriebsangehöriger, die als potentielle Helfer in Frage kommen, dient.

Da aber auch der Erstversorgung eine große Bedeutung innerhalb der Rettungskette zukommt, muss sichergestellt werden, dass die Notsignale des Verunfallten unverzüglich von den weiteren Gruppenmitgliedern wahrgenommen werden können.

3.3.1.3.2.3 Treffpunkte/Hubschrauberlandeplätze

Abseits des öffentlichen Straßensystems fällt eine Orientierung vielfach schwer, da eindeutige Straßen- oder Wegebezeichnungen und insbesondere innerhalb von Waldgebieten markante Geländepunkte fehlen. Zudem ist die Befahrbarkeit mancher Waldwege saisonal nicht möglich. Eine direkte Heranführung der Rettungskräfte zum Unfallort allein auf Grundlage einer Anfahrtsbeschreibung gestaltet sich daher schwierig und ist mit einem hohen Risiko behaftet, dass sich das Rettungsmittel im Wald verfährt. Um dies zu vermeiden legt das Gros der Forstbetriebe in zumeist gemeinsamer Absprache mit dem örtlich zuständigen Rettungsdienst Treffpunkte fest, von denen aus ein Lotse die Rettungskräfte zum Unfallort führen soll. Die auch als Lotsen- oder Rettungspunkte bezeichneten Treffpunkte liegen gemeinhin an dem öffentlichen Straßensystem und/oder topografisch markanten Punkten. Gleichwohl werden in Bayern, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen auch als „Anfahrtspunkte“ oder „Bergekoordinaten“ bezeichnete Punkte an Waldwegen festgelegt.

Nur in wenigen Bundesländern (Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein) werden die Treffpunkte generell vor Ort markiert. In anderen Bundesländern, wie z.B. Hessen, beschränkt sich deren Kennzeichnung auf häufig von Waldbesuchern frequentierte Waldgebiete, damit diese ebenfalls von der Rettungskettenorganisation profitieren können.

Für den Fall einer Luftrettung werden in einigen Landesforstverwaltungen/Landesbetrieben geeignete Hubschrauberlandeplätze ausgewählt und die zugehörigen Koordinaten aufgenommen. Andere überlassen es den Piloten, einen Landeplatz in der Nähe des Unfallortes zu finden.

3.3.1.3.2.4 Kartenmaterial

Die Lagen der als Treff-, Rettungs-, Lotsen- oder Anfahrtspunkte bezeichneten Orte werden grundsätzlich in Karten mit einer eindeutigen Identifikationsnummer verzeichnet. In einigen Bundesländern sind in den den Hilfsorganisationen zur Verfügung gestellten Rettungskarten auch die mit Rettungsfahrzeugen befahrbaren Wege zum Rettungspunkt gesondert gekennzeichnet. Wie in Hessen enthalten die Kartenlegenden teilweise zusätzlich Informationen wie eine Lagebeschreibung der einzelnen Punkte sowie die jeweils günstigste Anfahrtroute von der nächstliegenden Ortschaft.

In Thüringen und Rheinland-Pfalz sind die Anfahrtswege zu den Anfahrtpunkten im Wald hinsichtlich ihrer Befahrungsqualität unterschiedlich farblich gekennzeichnet. Grundsätzlich sind diese in „ganzjährig durch LKW befahrbare Feld- und Forstwege“ sowie „bedingt durch LKW befahrbare Feld- und Forstwege“ klassifiziert. Die Typisierung soll eine ungehinderte Anfahrt der Rettungsfahrzeuge auch in den Fällen sicherstellen, in denen kein Lotse zur Verfügung steht. Das Forstamt, die Revierleiter und die einzelnen Forstwirtschaftsgruppen sowie die Rettungsleitstelle erhalten für das Zuständigkeitsgebiet jeweils ein Exemplar der analogen Rettungskarte.

Wegen ihrer Bedeutung für das Rettungswesen sowie den Brand- und Katastrophenschutz wurden in Rheinland-Pfalz die ursprünglich ausschließlich zur Sicherstellung der Rettungsket-

te Forst verwendeten Informationen digitalisiert und in eine Digitale Topografische Karte im Maßstab 1:25.000 (DTK25) integriert. Die als „Rettungskarte Rheinland-Pfalz“ bezeichnete Karte soll Hilfsorganisationen als Einsatz- und Führungsmittel bei Einsätzen abseits der öffentlichen Straßen dienen. Wie aus der Abbildung 4 ersichtlich, enthält sie neben den Anfahrtpunkten mit eindeutigen Identifikationsnummern auch die farblich markierten Anfahrtswege, Höhenlinien, Gauß-Krüger-Koordinaten und Gitterlinien der Universalen Transversalen Merkatoprojektion (UTM-Gitter) in Bezug auf das Weltweite Geodätische System 1984 (WGS84).

Die in der Karte enthaltenen Anfahrtspunkte beschränken sich bislang aber auf den Staatswald, wo sie von Mitarbeitern der Landesforsten Rheinland-Pfalz im Staatswald ausgewählt und beschildert wurden (grüne Schilder mit weißem Kreuz und der vierstelligen TOP-Karten-Nummer und der dreistelligen Anfahrtpunkt-Nummer).

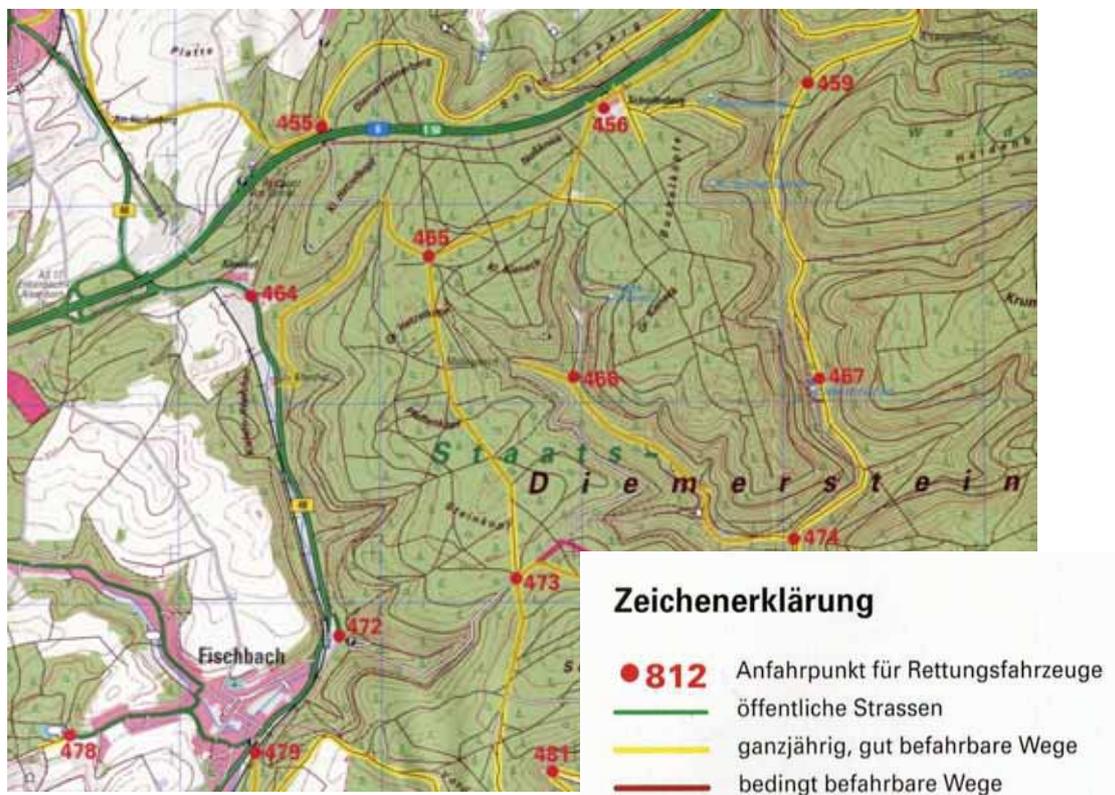


Abbildung 4: Ausschnitt aus der Rettungskarte Rheinland-Pfalz

Die Karten werden vom Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen (AfGVK) als digitale und analoge Karten für die Hilfsorganisationen ausgegeben. Hinsichtlich der im Vergleich mit den Arbeitsunfällen im Wald deutlich höheren Unfallrate im Freizeitbereich ist es erklärtes Ziel des AGVK, die Rettungskarte in der Bevölkerung noch populärer zu machen.

3.3.1.3.3 Unternehmer

3.3.1.3.3.1 Einbindung der Forstlichen Lohnunternehmer

In Baden-Württemberg werden neben den Privatwaldbesitzern und den zuständigen Organen des Kommunalwaldes auch die Forstunternehmer bei der Erstellung der Rettungskarten eingebunden. In Brandenburg werden die Forstunternehmer, die gefährliche Rückearbeiten durchführen, aber auch Harvester- und Forwarderfahrer zur Absicherung mit einem Funktelefon ausgestattet, um sie in die Rettungskette einzubinden. Vor dem Hintergrund, dass diese Dienstleister vielfach nur eine vage Ortskenntnis aufweisen, erhalten sie in Baden-Württemberg, Hessen und Saarland sowie Schleswig-Holstein mit den Verträgen auch die erforderlichen Rettungskarten mit den für sie wichtigen Treffpunkten (MEIER, 2004).

3.3.1.3.3.2 Notrufzentralen

Auch wenn die Unternehmer zeitweise in Arbeitsgruppen der Forstwirte eingebunden werden, arbeiten sie dennoch zumeist alleine und müssen sich gemäß der UVV „Forsten“ in diesem Fall bei der Durchführung der als gefährlich eingestuften Seilwinden- und Motorsägenarbeit mit einer Personennotrufanlage, die auf eine Notrufzentrale geschaltet sein muss, absichern. Dem Unternehmer steht es frei, eine Notrufzentrale, die die laut TR1 geforderten Charakteristika aufweist, auszuwählen.

Die Unternehmer können sich hier beitragspflichtig registrieren und einen Notfallplan hinterlegen, der von dem Personal bei Eingang eines Notrufes strikt einzuhalten ist. Im Alarmplan sind nur dann Rufnummern der zuständigen Leitstelle eingetragen, wenn das Einsatzgebiet des Unternehmers stark eingeschränkt ist. In diesem Fall wird von der zuständigen Leitstelle erfragt, welche Informationen diese für eine effektive Einsatzbearbeitung benötigt und in welchem Format diese übersendet werden sollen. Zur Sicherstellung eines reibungslosen Ablaufes wird gemeinsam mit der Leitstelle eine Übung durchgeführt (GÖGEL, 2007).

Sind bei Eingang eines Personennotsignals keine Informationen vom Kunden bezüglich der zu alarmierenden Leitstelle hinterlegt worden, stehen dem Disponenten zur Ermittlung der zuständigen Leitstelle mehrere Hilfsmittel zur Verfügung. Die mit dem Datentelegramm eingehenden GPS-Koordinaten werden automatisch in eine digitale Topografische Karte im Maßstab 1:50.000 (TOP50) übernommen. Zur genauen Ortsbeschreibung kann ein Kartenlayer mit den Flurstücken angezeigt werden.

Mit Kenntnis der Lage des Unfallortes kann der Disponent unter Zuhilfenahme einer kontinuierlich aktualisierten Datenbank, die die Kontaktdaten der Hilfsdienste in Deutschland enthält, die zuständige Leitstelle eruieren. GÖGEL (2007) gab an, dass die Polizeileitstellen mit Hilfe der in der Notrufzentrale vorliegenden digitalen Karten ermittelt und diese alarmiert werden.

Wie die Rettungsleitstellen verfügen die Notrufzentralen über ein Mehrplatz-Leitstellensystem, ein Einsatzdokumentationssystem sowie technische Vorkehrungsmaßnahmen zur Gewährleistung der Ausfallsicherheit.

3.3.2 Prozessanalyse der Rettungskettenvarianten

3.3.2.1 Rettungsablauf bei Unfällen der betriebszugehörigen Forstwirte

In der überwiegenden Anzahl der Bundesländer enthält der schriftlich fixierte Arbeitsauftrag auch rettungsrelevante Informationen, wie den schnellstmöglich erreichbaren Treffpunkt und eventuell zu beachtende Hindernisse auf den Zuwegen zum aktuellen Arbeitsort. In Sachsen-Anhalt ermittelt der zuständige Revierleiter einen möglichst in unmittelbarer Nähe des Arbeitsortes gelegenen Geländepunkt, der mit Rettungsfahrzeugen angefahren werden kann, und fügt dessen durch Interpolation aus der Rettungskarte bestimmte Bergekoordinaten dem Arbeitsauftrag bei.

Es muss sichergestellt werden, dass im Notfall außerbetriebliche Stellen wie der Rettungsdienst alarmiert werden können. Die Forstwirte müssen sich daher vor Aufnahme ihrer Arbeit davon überzeugen, dass örtlich ein Empfang des GSM-Netzes für das Mobiltelefon besteht. Andernfalls muss eine Stelle (Meldepunkt) lokalisiert werden, von der aus ein Notruf gegebenenfalls abgesetzt werden kann.

Während gefährlicher Tätigkeiten, wie z.B. der Holzernte, müssen die Forstwirte laut UVV *Forst* als Team zusammenarbeiten. Gerät einer der Forstwirte in eine Notsituation, kann dieser, sofern er sich in der entsprechenden Verfassung befindet, seine Arbeitskollegen durch Rufe oder akustische Signale (bspw. Trillerpfeife) auf sich aufmerksam machen, damit diese ihm Erste Hilfe leisten können. Ist jedes Arbeitsgruppenmitglied mit einem Mobiltelefon ausgestattet, kann zur Alarmierung auch diese Meldeeinrichtung genutzt werden, wenn der gemeinsame Arbeitsbereich netzversorgt ist. Funkgeräte bieten hierbei eine höhere Sicherheit bei der gruppeninternen Verständigung, da ein Funkkontakt innerhalb eines Empfangsbereiches mit bis zu drei Kilometern Radius unabhängig vom GSM-Netz möglich ist.

Ist der verletzte Forstwirt in einem derart schlechten Zustand, dass er nicht mehr aktiv auf seine Notsituation aufmerksam machen kann, ist er in den überwiegenden Fällen darauf angewiesen, dass der Unfall möglichst schnell von seinen Kollegen bemerkt wird. In Baden-Württemberg löst der passive Alarmgeber des Kommunikations- und Notrufgerätes *KuNo* in diesem kritischen Fall bei den Geräten der Kollegen ein Notsignal aus.

In der Drei-Personen-Arbeitsgruppe setzt einer der unverletzten Forstwirte nach Beendigung der gemeinsam durchgeführten Sofortmaßnahmen den Notruf ab und teilt dem Rettungsdienst die Kennnummer des Treffpunktes oder die Bergekoordinaten mit. Anschließend begibt er sich zu der vereinbarten Stelle und lotst von dort aus die Rettungsmittel zum Unfallort. Währenddessen leistet der beim Verletzten verbleibende Kollege Erste Hilfe.

Bei einer Zwei-Personen-Gruppe ist im Gegensatz zu der Drei-Personen-Arbeitsgruppe keine Arbeitsteilung bei den Rettungsmaßnahmen möglich. Die unverletzte Person muss allein die Erstversorgung, die Alarmierung der Rettungsleitstelle und die Erste-Hilfe-Maßnahmen durchführen. In den als Funklöcher bezeichneten Bereichen, in denen kein GSM-Empfang vorhan-

den ist, ist der Helfer gezwungen, den Verletzten zumindest kurzzeitig zurückzulassen, um einen Notruf abzusetzen.

Ein schwerwiegendes Problem bei der Zwei-Personen-Gruppe ist das Fehlen eines dritten Gruppenmitgliedes, das die Lotsenfunktion übernehmen kann. Der Helfer muss somit auch weitere ortskundige Personen informieren, die die Rolle des Lotsen übernehmen können. Erster Ansprechpartner ist hier meist das Forstamt, das einen Mitarbeiter zum Treffpunkt schickt. Wird keine Person erreicht, die als Lotse in Frage kommen würde, muss der Rettungsleitstelle durch den Helfer die genaue Anfahrtsroute zum Unfallort beschrieben werden. Um den Rettungskräften nach dem Abstellen des Rettungsmittels die Orientierung innerhalb der Waldfläche zu erleichtern, werden akustische Signale vom Unfallort abgegeben.

In Thüringen muss bei einer Zwei-Personen-Arbeitsgruppe der Verletzte kurzfristig zurückgelassen werden, da die unverletzte Person sich zu dem Fahrzeug begeben muss, in dem das für den Notruf vorgesehene Funktelefon sowie der Notfallkoffer aufbewahrt wird. Nach dem Absetzen des Notrufes wird die Warnblinkanlage eingeschaltet und auf dem Rückweg zum Verunfallten Farbmarkierungen auf einen geeigneten Zuweg angebracht. Diese visuellen Signale dienen als zusätzliche Orientierungshilfe für die Rettungskräfte.

3.3.2.2 Rettungsablauf bei Unfällen Betriebsexterner

Da die Arbeitszeiten der Unternehmer oftmals weit über die üblichen Arbeitszeiten in den Forstbetrieben hinausgehen und diese meist alleine und unabhängig von den sich aus Regiearbeitern zusammensetzenden Arbeitsgruppen im Wald arbeiten, ist die Organisation von Ersthelfern im Notfall nur schwerlich möglich. Die bestehenden Rettungskonzepte verfolgen daher vorwiegend das Ziel, kurzfristig die Rettungskräfte zu alarmieren und ihnen ein schnelles Auffinden des Verunfallten zu ermöglichen.

Bei einem Unfall wird von dem Notrufsystem bei einer aktiven oder passiven Alarmauslösung automatisch ein synthetisiertes Datentelegramm mit im Kapitel 3.3.1.2.4 aufgezeigten rettungsrelevanten Informationen an eine Notrufzentrale gesendet. Der Absender des Personennotsignals wird anhand seiner Kennnummer identifiziert und die vorgegebenen Kundeninformationen automatisch auf dem Monitor des Disponenten angezeigt.

Wie die in der Notrufzentrale gesammelten Praxiserfahrungen zeigen, gehen hauptsächlich passiv ausgelöste Fehlalarme ein. Um unnötige und für den Alarmauslösenden teure Rettungseinsätze zu vermeiden, versucht der Disponent der Notrufzentrale daher zunächst den Unternehmer oder einen in der Nähe befindlichen Kollegen, dessen Rufnummer im Alarmplan hinterlegt sein muss, anzurufen. Bei einem Echtalarm werden mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Mittel (s. Kapitel 3.3.1.3.3.2) die zuständigen Leitstellen ermittelt. Um diese bei der Einsatzleitung zu unterstützen, wird eine Lagekarte mit der markierten Position des Unfallortes sowie dessen UTM-Koordinaten erstellt und der zuständigen Leitstelle per Fax zugesendet. In der Regel vergehen 4–8 Minuten von dem Alarmeingang bis zum Zeitpunkt an dem die hochaufgelöste Karte bei der Leitstelle angekommen ist (GÖGEL, 2007).

Sind die Leitstellen nicht in der Lage die Informationen zu verarbeiten, da insbesondere die Handhabung der Koordinaten wegen unzureichender Sachkenntnis und der geringen Praxisrelevanz von Koordinatenangaben im üblichen Arbeitsalltag schwer fällt, kann die Notrufzentrale die Rettungskräfte logistisch unterstützen. Hierbei sind jedoch auch Grenzen gesetzt, da aus der Topografischen Karten im Maßstab 1:50.000 (TOP50) nicht ersichtlich ist, welche Wege ganzjährig befahren werden können bzw. welche gesperrt sind (GÖGEL, 2007).

Generell wird dem Disponenten der betreffenden Leitstelle zuerst eine grobe Ortsbeschreibung des Einsatzortes genannt, bevor weitere detaillierte Informationen folgen. Dies ermöglicht dem Einsatzleiter, zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt ein geeignetes Rettungsmittel auszuwählen und zu alarmieren. Die Rettungskarte von Rheinland-Pfalz hat sich hierbei als nützlich erwiesen, da Notrufzentrale und Leitstelle zum einen über die gleichen Kartengrundlagen verfügen und zum anderen die darin enthaltenen Anfahrtspunkte als grobe Zielvorgabe genutzt werden können (GÖGEL, 2007).

3.3.2.3 Teilzeiten im Rettungsablauf innerhalb des Forstbetriebes

Wie der Rettungsprozess innerhalb des Rettungsdienstes kann auch der diesem vorgelagerte Handlungsstrang innerhalb des Forstbetriebes zur Offenlegung von Verzögerungen in Teilzeiten untergliedert werden. In chronologischer Abfolge setzt sich der Zeitraum vom Eintritt des Notfalls bis zum Eingang des Notrufes in der Leitstelle aus folgenden Teilzeiten zusammen:

Entdeckungszeit

Die Entdeckungszeit ist der Zeitraum vom Eintritt der Notfallsituation bis zum Auffinden des Betroffenen durch weitere Personen.

Entscheidungszeit

Zeitraum der von den Ersthelfern benötigt wird, um sich einen Überblick über die Unfallsituation zu verschaffen und die notwendigen Sofortmaßnahmen durchzuführen.

Orientierungszeit

Orientierungsphase des Ersthelfers, um bei Abgabe des Notrufes möglichst zweckdienliche Informationen zum Notfallort geben zu können.

Melderzugangszeit

Mit Hilfe der Mobiltelefone kann in der Regel direkt vom Notfallort ein Notruf abgesetzt werden – sofern Netzempfang vorhanden ist. Anderenfalls muss eine ortsfeste Meldeeinrichtung oder ein geeigneter Ort mit Netzversorgung aufgesucht werden (Melderzugangszeit).

Aufschaltzeit

Teilzeit zwischen dem Zeitpunkt, an dem die den Notfall meldende Person den Wahlvorgang der Notfallnummer abgeschlossen hat und dem Beginn der Anrufsignalisierung in der Leitstelle. Die Dauer der Aufschaltzeit ist somit größtenteils durch die Technik bestimmt.

Die Definitionen der Teilzeiten machen begreiflich, dass sich ein bedeutsamer Teil des therapiefreien Intervalls dem Einfluss des Rettungsdienstes entzieht. Dieser als Meldefrist bezeichnete Zeitabschnitt, dessen Spanne vom Notfalleintritt bis zum Eingang des Notrufes in der Leitstelle reicht, ist situationsbedingt nur annähernd zu ermitteln, da die jeweiligen Teilzeiten bei Notfällen nicht dokumentiert werden und nur im Nachhinein näherungsweise ermittelt werden könnten. Die Erhebung dieser Daten ist jedoch nach vorliegendem Kenntnisstand nicht erfolgt. Lediglich bei vereinzelt Rettungsübungen wurden Teilzeiten bemessen, deren Anfangs- und Endpunkt jedoch differierten. Zur Herleitung des zeitlichen Anteils der Meldefrist am therapiefreien Intervall kann daher nur auf eine Schätzung von AUERBACH (2006) zurückgegriffen werden, der diese Verhältnisgröße bei Verkehrsunfällen auf circa 50 % taxiert (vgl. auch SEFRIN, 2001).

3.4 Analyse der Rahmenbedingungen

3.4.1 Entwicklungen in der Forstwirtschaft

3.4.1.1 Das Unfallrisiko in der Waldarbeit

Seit dem Jahr 1999 werden die Unfallstatistiken für die im Staatswald arbeitenden Waldarbeiter in jedem Bundesland und in der Bundesforstverwaltung in einer einheitlichen Form geführt. Das Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (KWF) stellt die landesspezifischen Statistiken gegenüber und fasst sämtliche Werte eines Kalenderjahres zu einer Bundesstatistik zusammen. Unter dem Sammelbegriff „Waldarbeiter“ werden alle meldepflichtigen Unfälle der Voll- und Teilzeitarbeiter sowie ABM-Kräfte (ABM = Arbeitsbeschaffungsmaßnahme) impliziert. Meldepflichtig sind gemäß § 193 Sozialgesetzbuch VII alle Arbeits- und Wegeunfälle, die eine über drei Kalendertage hinausgehende Arbeitsunfähigkeit zur Folge haben.

Aufgrund der beständig sinkenden Anzahl der Regiearbeiter bieten absolute Unfallzahlen in Zeitreihen keine Basis zur Beurteilung des durchschnittlichen Unfallrisikos. Aussagekräftiger sind hingegen die Unfallquoten bezogen auf 1.000 vollbeschäftigte Forstwirte oder pro einer Million produktiver Arbeitsstunden. Trotz des Rückgangs der Unfallquote von 1999 bis 2005 (letzter Stand der vom KWF geführten Statistik) wurden im Jahr 2005 immer noch 1.322 meldepflichtige Unfälle gezählt, davon drei mit tödlichen Folgen (s. Abbildungen 5 und 6).

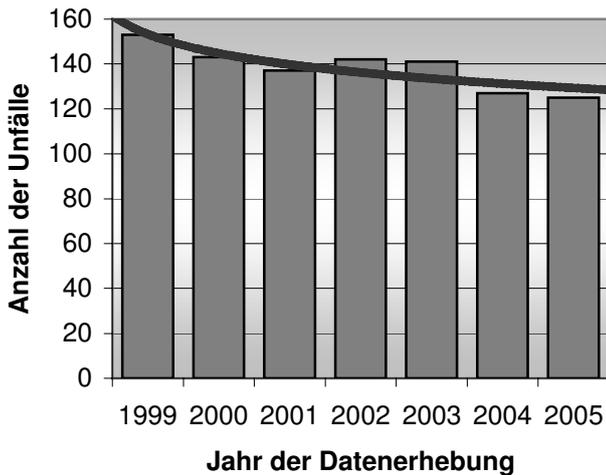


Abbildung 5: Zahl der meldepflichtigen Unfälle im Staatswald Deutschlands pro 1.000 Waldarbeiter

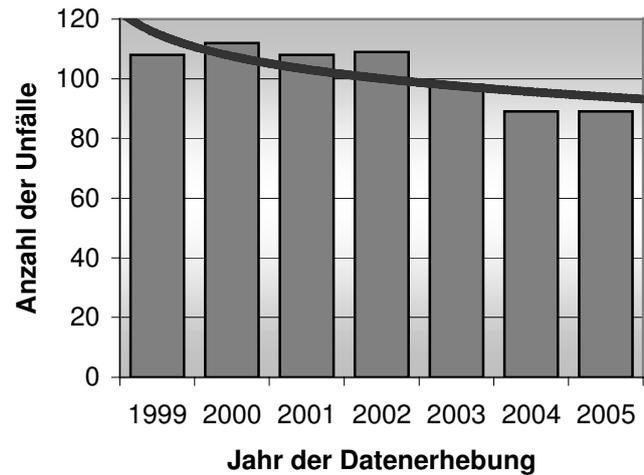


Abbildung 6: Zahl der meldepflichtigen Unfälle im Staatswald Deutschlands pro 1 Mio. produktiver Arbeitstunden

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des KWF (2007)

Der unfallträchtigste Arbeitsbereich ist die Holzernte, bei der sich rund zwei Drittel der gemeldeten Fälle ereignen. Vergewenwärtigt man sich nun, dass im Zuge des naturnahen Waldbaus sowohl die Bestandesbegründung als auch die Bestandespflege zusehends extensiviert wird und der Einsatz der Forstwirte verstärkt in der Holzernte erfolgt, wundert es nicht, dass der Anteil der Unfälle in der Holzernte steigt (vgl. Abbildung 7).

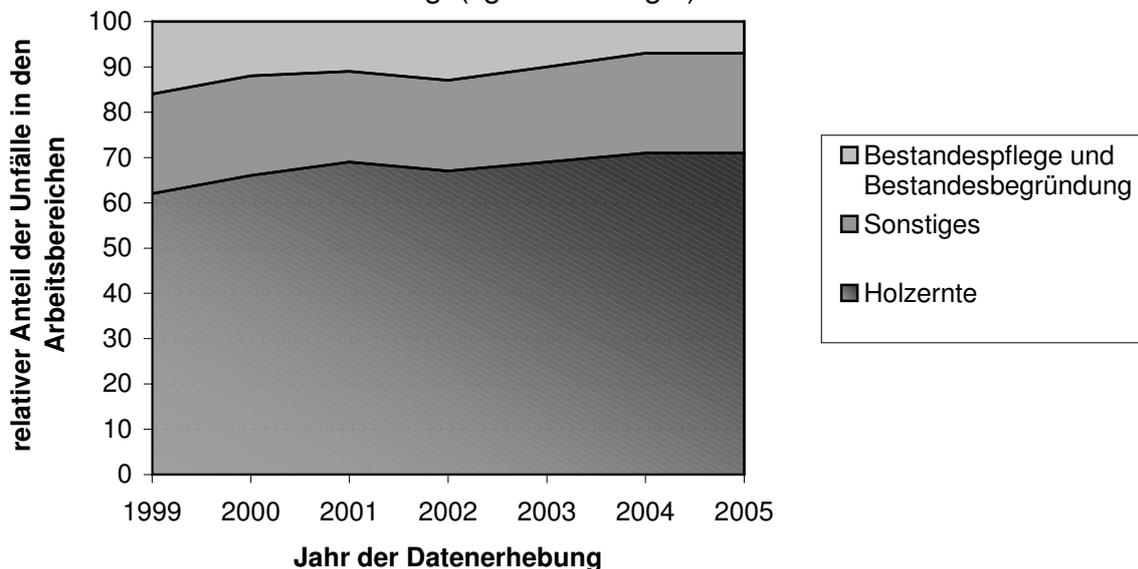


Abbildung 7: Entwicklung der relativen Unfallhäufigkeit in den einzelnen Arbeitsbereichen in den Jahren 1999–2005. Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus KWF (2007)

Die Frage, ob auch das nicht mit dem Gefährdungspotential zu verwechselnde Unfallrisiko in der Holzernte gestiegen ist, kann aber nur durch den Abgleich der absoluten Unfallzahlen mit den in der Holzernte geleisteten produktiven Arbeitsstunden beurteilt werden. Weil auf Bundesebene letztere Kennziffer nicht vorliegt, wurden exemplarisch die von den Niedersächsi-

schen Landesforsten bereitgestellten Statistiken der letzten Jahre ausgewertet. Mit der Intention, den zunehmenden Arbeitseinsatz der Forstwirte in der Holzernte zu visualisieren, wurden die in den Jahren von 2000 bis 2005 erhobenen Zahlen der produktiven Arbeitsstunden je Forstwirt, wie auch der Unfälle je einer Million produktiver Arbeitsstunden (nur Forstwirte) in Relation zu den entsprechenden Werten des Jahres 1999 wiedergegeben. Wie aus der Abbildung 8 hervorgeht, stieg die Zahl der produktiven Arbeitsstunden je Forstwirt über 30 % des Ausgangswertes.

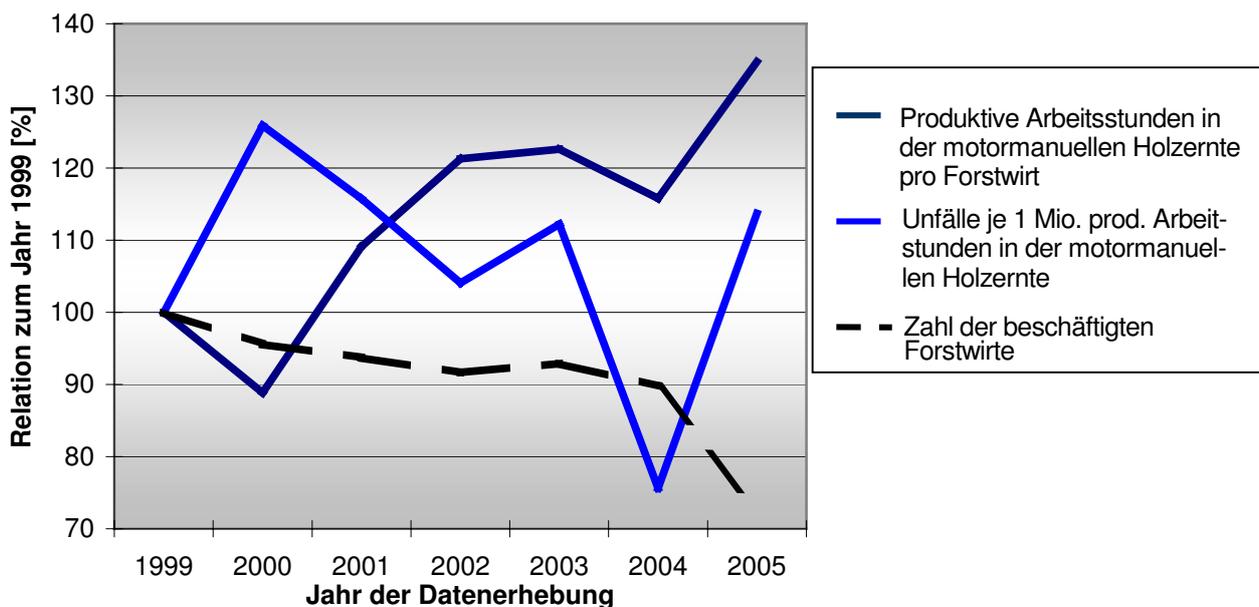


Abbildung 8: Entwicklung der Unfallzahlen im Staatswald von Niedersachsen im Vergleich zu den Beschäftigungszahlen und den produktiven Arbeitsstunden in der motormanuellen Holzernte

Die Unfallzahlen je einer Million produktiver Arbeitsstunden stiegen aber nicht synchron dazu an, sondern blieben in den Jahren 2001–2005 deutlich darunter. Die für den Arbeitsschutz zuständigen Fachkräfte führen den negativen Trend der Unfallhäufigkeit auf die intensiven Bemühungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit zurück.

Die Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft führt als zuständiger Träger der Unfallversicherung eigene Statistiken für die forstwirtschaftlichen Betriebe des Kommunal- und Privatwaldes wie auch für die Land- und Forstwirtschaftlichen Lohnunternehmen. Da die Betriebe als Ganzes und nicht jeder einzelne Betriebs- bzw. Unternehmenszugehöriger versichert ist, können die Arbeits- und Wegeunfälle nicht einzelnen Berufsgruppen, sondern nur den jeweiligen Betriebsarten zugeordnet werden. Gleichfalls sind keine Aussagen über die zahlenmäßigen Entwicklung der versicherten Forstwirte im Privat- und Kommunalwald und somit auch keine Berechnung der Unfallquote möglich. Unter der Rubrik „Forstunfälle“ werden die Unfälle aller Versicherten geführt, die sich im Wald ereigneten. Wegen der ungleich höheren Anzahl der Versicherten in der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft und der Zusammenfassung der Unfälle von professionellen Waldarbeitern und Laien, sind auch die Unfallzahlen ungleich höher als bei der für den Staatswald geführten Unfallstatistik (s. Abbildung 9).

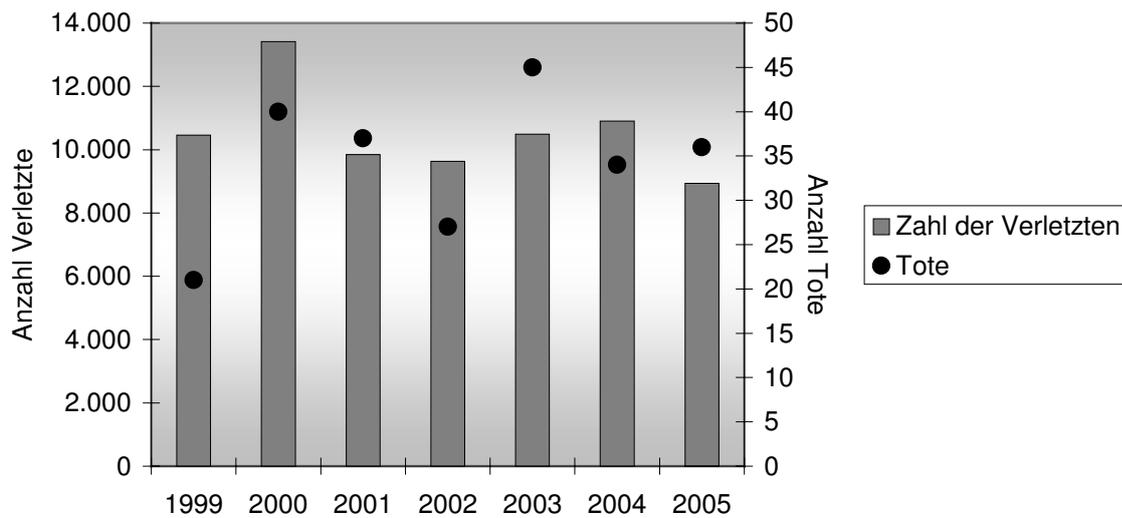


Abbildung 9: Zahl der in Folge eines Forstunfalls verletzten und getöteten Versicherten der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft

So wurden im Jahr 2005 8.939 Unfälle mit Verletzten und 36 Unfälle mit Toten registriert. Weder bei den Unfällen mit Todesfolge noch bei der Zahl der Verletzten ist für den Zeitraum 1999 - 2005 ein abgesicherter Trend nachweisbar.

Der Vergleich der Arbeitsausfalltage infolge eines Arbeits-/ Wegeunfalls weist auf eine höhere Unfallschwere bei Forstarbeiten als bei Tätigkeiten in der Landwirtschaft hin. Der Anteil der Ausfalltage über drei Tage liegt in der Gruppe „Forst“ 12 % über dem Vergleichswert der Gruppe „Landwirtschaft“ (s. Abbildung 10).

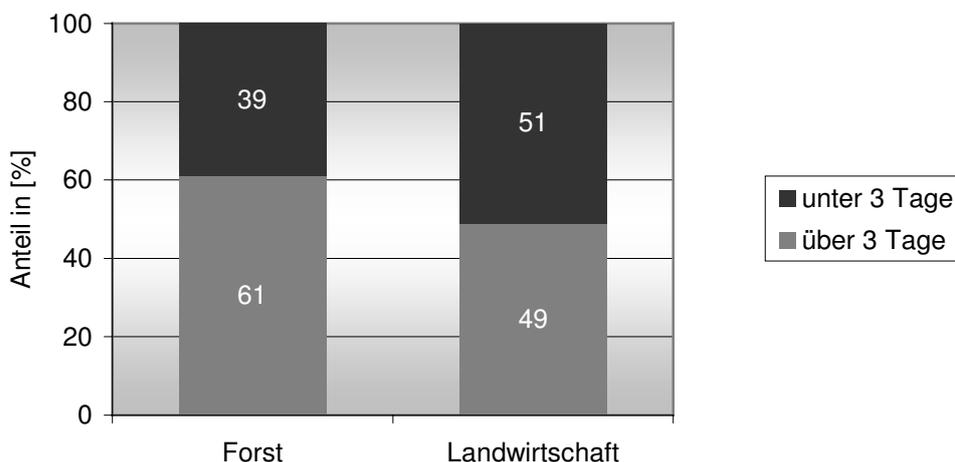


Abbildung 10: Prozentuale Verteilung der Unfälle in der Landwirtschaftlichen Unfallkasse (LUV) bezogen auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit (Jahr 2004)

Die Mehrheit der bei Arbeiten im Wald verunfallten Versicherten gehörte einem landwirtschaftlichen Betrieb an, der zudem auch über eigene Waldflächen verfügte (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Zahl der Forstunfälle 2004 gegliedert nach Art des Betriebes

Betriebsart	Zahl der Forstunfälle	
	absolut	[%]
Ackerbau/Grünlandbetrieb mit Wald	4.551	41,7
Kommunal-/Körperschaftswald	1.465	13,4
Privatwald bis 100 ha	1.433	13,1
keine Angaben	1.279	11,7
Sonst. Forstliche Lohnunternehmen*	513	4,7
Ackerbau/Grünlandbetrieb ohne Wald	505	4,6
Sonstige Unternehmen	422	4,1
Holzrückeunternehmen*	379	3,5
Holzeinschlagsunternehmen*	190	1,7
Privatwald über 100 ha	162	1,5

*Forstunternehmen

Der Kommunal-/Körperschaftswald wie auch die Privatwaldbetriebe mit bis zu 100 ha Waldbesitz weisen mit 1.465 bzw. 1.433 deutlich niedrigere Unfallzahlen auf. Vielsagend ist auch die im Vergleich zu den kleineren Privatwaldbetrieben geringere Unfallzahl von An-/Zugehörigen großer Privatwaldbetriebe (über 100 ha). Obwohl die Privatwaldbetriebe mit einer Betriebsfläche über 200 ha rund drei Viertel der Privatwaldfläche ausmachen (AID, 2005), weisen die kleineren Privatwaldbetriebe (unter 100 ha) eine neunmal höhere Unfallzahl als die größeren Privatwaldbetriebe (über 100 ha) auf.

Diesen Umstand allein einer höheren Qualität des Arbeitsschutzes oder einem besseren Ausbildungsstand der Mitarbeiter in den großen Forstbetrieben zuzuschreiben, wäre sicherlich zu leichtfertig. Es ist vielmehr zu vermuten, dass die Klein- und Kleinstprivatwaldbesitzer, wie die Landwirte mit Wald, häufig noch in Eigenregie die forstlichen Eingriffe durchführen, während in den größeren Betrieben verstärkt Dienstleistungen Dritter in Anspruch genommen werden. Diese können entweder durch professionelle forstliche Lohnunternehmer oder durch Landwirte, die im Nebenerwerb forstliche Tätigkeiten verrichten, angeboten werden.

Fasst man die Unfallzahlen der einzelnen Forstunternehmen (in Tabelle 3 mit einem „*“ gekennzeichnet) zusammen, so ergeben sich in der Summe 1.082 Unfälle. Unter der Annahme, dass die im vorigen Kapitel getroffene Schätzung der Forstunternehmer und deren Mitarbeiter annähernd zutrifft (zusammen 11.000) ergibt sich somit eine Unfallquote von rund 10 %.

3.4.1.2 Zunehmende Unfallrisiken in Folge eines naturnahen Waldbaus

Angesichts der für einen Waldumbau benötigten langen Zeiträume haben sich die mit dem Begriff „Naturgemäße Waldwirtschaft“ umschriebenen Waldbaukonzepte erst in der jüngeren Vergangenheit auf großer Fläche innerhalb von Deutschland durchgesetzt. Ziel ist ein gegen-

über Sturmereignissen und Kalamitäten widerstandsfähiger, stark- und wertholzreicher Mischwald. Diese Voraussetzungen erfüllt insbesondere ein stufig und ungleichaltrig strukturierter Waldbestand, in dem sich die autochthonen Baumarten natürlich verjüngen. In der Umbauphase von schlagweisen Hochwaldbeständen wurde und wird vermehrt der Voranbau langsamwüchsiger oder das Artenspektrum erweiternder Baumarten durchgeführt (vgl. BURSCHEL UND HUSS, 1997). Im Wesentlichen aus ökologischen Aspekten ist der Erhalt und die Förderung von Alt- und Totholz Bestandteil der naturgemäßen Waldwirtschaft (NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN, 2007; NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, 2007).

Die „neuen“ Waldbaukonzepte wirken sich auch auf die Waldarbeit aus. So weist die sich in Folge des Waldumbaus sukzessiv ändernde Erscheinungsform der Bestände ein erhöhtes Gefährdungspotential für die Forstwirte und Unternehmer auf, weil die Starkholzernte vermehrt in sich bereits verjüngenden Beständen erfolgt, in denen die Sicht innerhalb der Gefahrenbereiche stark eingeschränkt ist. Totholz ist in zunehmenden Maß die ursächliche Quelle von Unfällen während der Durchführung forstlicher Eingriffe. Besonders während der mitunter noch im belaubten Zustand stattfindenden Baumfällung können die Kronenbereiche nur unzureichend eingesehen werden, um die Gefährdung durch Totäste einzuschätzen. Eine Förderung des Totholzanteils wird das Unfallrisiko zukünftig noch forcieren. Die zunehmende Strukturierung schränkt das Arbeitsfeld der Forstwirte ein und verringert die Ausweichmöglichkeiten bei herabfallenden Baumteilen. Zudem erschwert sie die Begehrbarkeit der Bestände und das Auffinden des Unfallortes durch die Ersthelfer und Rettungskräfte (vgl. HARTFIEL, 1998; ANONYMUS, 2001; HARTFIEL, 2002; GRÖGER UND LEWARK, 2002; KWF, 2007).

Um eine gegenseitige Gefährdung der Forstwirte in unübersichtlichen Bereichen zu vermeiden, hat sich die Durchführung der Holzerntearbeiten in einem aus zwei Personen bestehenden Team gemäß dem Standard-Arbeitsverfahren des Erweiterten Sortentarifs (EST) bewährt. Bei Trocken-ästen im Kronenbereich wird u. a. eine seilunterstützte Fällung empfohlen, wobei eine Sicht- und Rufverbindung zum Schlepperfahrer durch entsprechende Kommunikationsmittel sichergestellt sein sollte (vgl. HARTFIEL, 1998; ANONYMUS, 2001; HEIL UND HARTFIEL, 2002).

3.4.1.3 Verwaltungsverschlinkung und Outsourcing

Bundesweit befindet sich die Forstwirtschaft gegenwärtig in einer Phase starken strukturellen Wandels. Politisch initiiert wurde die Neu-Konstituierung der Forstorganisationen primär aufgrund der defizitären Lage der öffentlichen Haushalte. Die noch anhaltenden Reformen zielen vor allem auf eine Verwaltungsverschlinkung durch eine Fusion der Revierförstereien und Forstämtern und auf eine Reduktion der eigenen Regiearbeiter ab. Da die Revierleiter nicht mehr in der Lage sind, ihren gewohnten Verpflichtungen in dem nach der Fusion drastisch vergrößerten Zuständigkeitsbereich nachzukommen, werden Aufgabenbereiche, die bislang nur allein dem Führungspersonal oblagen, z. T. an die Forstwirte oder auch Unternehmer delegiert (LEWARK ET AL. 1996).

Lässt sich die Bildung mehrköpfiger Arbeitsgruppen in großflächigen, arrondierten Bezirken noch relativ leicht arrangieren, kommt die vorgeschriebene Mindestbesetzung von drei Personen in kleinflächigen Bereichen schnell an ihre wirtschaftlichen Grenzen. Der Forstbetrieb wird folglich in Teilen durch die konventionelle Rettungskette in seinem Handlungsspielraum beschränkt. Ohnedies muss sich der Revierleiter angesichts der betriebswirtschaftlich bedingten Reduzierung der Regiearbeiter zukünftig immer häufiger fragen, wie er die erforderliche Gruppenstärke von drei Personen gewährleisten kann.

Auch in naher Zukunft ist mit einem weiteren Abbau der Regiearbeiterstellen in den Niedersächsischen Landesforsten wie auch in den Landesbetrieben/Landesforstverwaltungen der anderen Bundesländer zu rechnen. Deren Arbeitskapazität wird in der Holzernte mehr und mehr durch den Einsatz hochmechanisierter Maschinen kompensiert. So ist beispielsweise in den Landesforsten Niedersachsen 1999 bis 2005 die Einschlagsmenge des mit Harvestern eingeschlagenen Holzes um 71 % angestiegen (SOHNS, 2007). Die Relation zwischen der von Unternehmern und der von eigenen Forstmaschinen geernteten Holzmenge haben sich dagegen nur leicht zugunsten der Dienstleister verschoben (s. Abbildung 11).

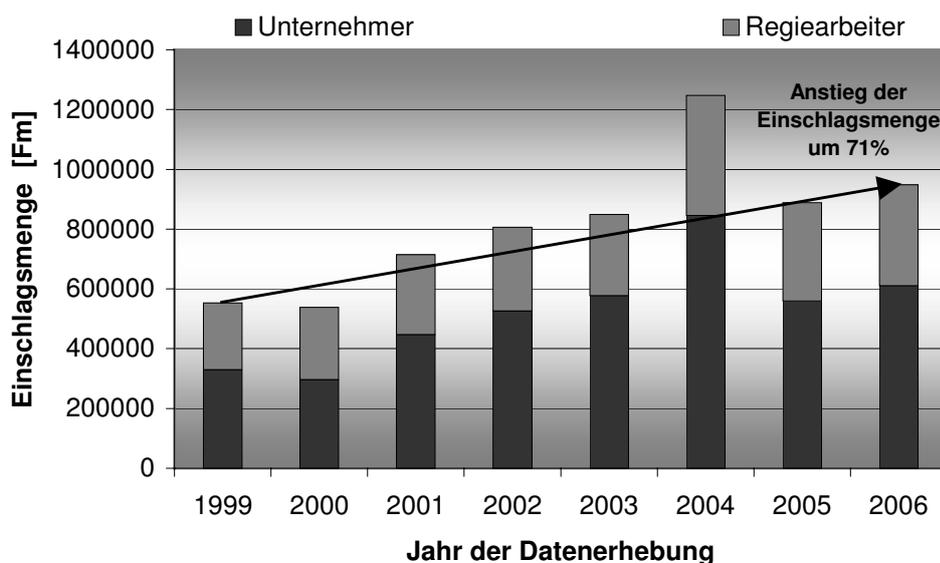


Abbildung 11: Einschlagsmenge des in hochmechanisierter Holzernte von Unternehmern und eigenen Harvestern aufgearbeiteten Holzes in den Niedersächsischen Landesforsten.
Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von SOHNS (2007)

Die Statistik belegt den andauernden Prozess des Outsourcings. Die ursprünglich weitgehend in Eigenregie durchgeführte Holzernte wird zunehmend durch Drittunternehmen abgewickelt. In der Folge steigt auch die Zahl der in der Waldarbeit tätigen Unternehmer weiter an. In diesem Zusammenhang ist auf eine weitere, unmittelbar aus der Zunahme der hochmechanisierten Holzernte abzuleitende Entwicklung hinzuweisen, die – wenn auch nicht mit Zahlen belegbar – rational leicht nachvollziehbar ist. Da sich der Einsatzbereich der Harvester in den maschinenbefahrbaren Lagen überwiegend auf das schwach- bis mittelstarke Holz konzentriert, verlagert sich die motormanuelle Holzernte vermehrt auf Waldflächen mit schwierigen Geländebedingungen und in die Starkholzernte.

3.4.1.4 Optimierung der Prozesskette Holz

3.4.1.4.1 GeoDat und Navlog

Um angesichts des internationalen Konkurrenzdruckes marktfähig bleiben zu können, müssen Forstwirtschaft und Holzabnehmer (ggf. ergänzt durch den Holzhandel) gemeinsam an der Optimierung der Rohholzlogistik arbeiten. Eine mit Hilfe von Navigationssystemen erfolgende Fahrzeugführung innerhalb des Waldes wird gemeinhin als viel versprechendes Lösungsmodell zu Optimierung der Prozesskette Holz angesehen, setzt aber eine GIS-gestützte Polterverwaltung als auch ein routingfähiges Waldwegesystem voraus (RECKLEBEN, 2007).

Um die zur Verbesserung der Rohholzlogistik notwendigen Grundlagen zu schaffen, wurde auf Beschluss des Deutschen Forstwirtschaftsrates (DFWR) und des Deutschen Holzwirtschaftsrates (DHWR) der bundeseinheitliche Geografische Datenstandard „GeoDat“ zur Klassifizierung und Digitalisierung der Waldwege erarbeitet. Mit der Intention ein um die Waldwege erweitertes durchgängig navigierbares Straßennetz zu entwickeln, wurde bei der Konzeption von GeoDat auf Kompatibilität zum standardisierten GDF-Format (Geographic Data File) geachtet, der den weltweit gültigen Standard für Straßendaten in Navigationssystemen darstellt. Als Joint Venture der Holz- und Forstwirtschaft wurde die Gesellschaft NavLog mbH vom DFWR und DHWR gegründet und mit dem Aufbau, dem Vertrieb und der Datenpflege eines sowohl das öffentliche Straßennetz als auch das Waldwegesystem umfassende Navigationsdatenbestandes betraut (Höllerl, 2004).

Bis zum Oktober 2007 hat NavLog mit Ausnahme von Hessen und Nordrhein-Westfalen mit allen Bundesländern Qualifizierungsverträge abgeschlossen, in denen verbindlich die Ersterfassung und nachhaltige Pflege des Navigationsdatenbestandes zugesichert wird. In allen Flächenländern wurde bereits mit den Datenerhebungen begonnen. In Folge des föderalistischen Systems ist deren Ausführung individuell organisiert. Während von den Landesforsten Rheinland-Pfalz extra 30 Personen geschult wurden, um landesweit und besitzartenübergreifend die Waldwege zu klassifizieren, wurden beispielsweise in Bayern von den Waldbesitzerverbänden des Kommunal- und Privatwaldes Koordinierungsstellen (Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Verein für forstliche Standortserkundung e.V.) bestimmt. In Nordrhein-Westfalen erhielten die Waldbesitzer von der Landesforstverwaltung analoge Karten, auf denen sie ihre Waldwege gemäß den vorgegebenen Spezifikationen klassifizieren konnten. Zusätzlich zu der Klassifizierung der Waldwege können auch verkehrstechnisch relevante Objekte und Rettungspunkte in die Karte eingetragen werden. Die Rettungspunkte können als Points of Interest (POI) in den digitalen Karten von Navigationsgeräten dargestellt werden. Werden ihre Identifikationsnummern und zugehörigen Koordinaten in dem Speicher des Navigationsgerätes hinterlegt, kann ein einzelner Punkt gezielt ausgewählt werden, um sich eine Anfahrtsroute berechnen zu lassen (HAUCK, 2007).

Die Digitalisierung der Daten erfolgt durch eigene GIS-Abteilungen der Landesforstorganisationen oder durch beauftragte Dienstleistungsfirmen. Die bundesweit erhobenen Daten werden auf eine zentrale Datenplattform der NavLog GmbH übertragen und sollen webbasiert

den berechtigten Kunden zur Verfügung gestellt werden. Geplant sind Dienstleistungen wie Online-Routenberechnungen sowie die Option, tagesaktuelle Updates der Navigationsdaten online auf die Navigationssysteme zu übertragen. Die hierzu notwendige IT-Architektur wird seitens der Holzindustrie finanziert (vgl. HAUCK ET AL., 2004; HAUCK UND FUNK, 2006; HAUCK, 2007).

3.4.1.4.2 Logiball

Parallel dazu entwickelte die Firma Logiball GmbH, aufbauend auf dem Amtlichen Topographisch-Kartografischen Informationssystem (ATKIS), den Forstgrundkarten und den Luftbildern sowie auf den bereits von der Firma NAVTEQ erfassten land- und forstwirtschaftlichen Wegen eine Datenbasis für Navigationsgeräte der Firmen Blaupunkt und Siemens-VDO, die neben dem öffentlichen Straßennetz auch die nichtöffentlichen Wege und weitere forstspezifische Daten enthält. Auf Grundlage eines von der Landesforstverwaltung initiierten und geförderten Projektes in Nordrhein-Westfalen (NRW) erfolgte zudem auch eine landesweite Klassifizierung und Attributierung der nichtöffentlichen Wege durch 300 Mitarbeiter aus Forstämtern und Forstbetriebsbezirken wie auch durch die Privatwaldbesitzer. Die Datenerfassung und die Klassifizierung orientierten sich hierbei an der Spezifikation des GeoDat-Standards (KWF, 2005). Unterschieden werden demnach zwei LKW-Wegetypen: dem eingeschränkt und dem uneingeschränkt befahrbaren LKW-Weg. Restriktionen im Wegeverlauf können beispielsweise eine in Abhängigkeit vom Fahrzeuggewicht oder der Witterung eingeschränkte Tragfähigkeit von Wegeabschnitten, zu geringe Kurvenradien, Steigungen oder Unterführungen mit zu geringer Durchlasshöhe sein. Die einschränkenden Kriterien wurden in enger Kooperation mit dem KWF festgelegt (BGE, 2004).

Die Holzfuhrunternehmer sollen mit Hilfe des in ein Navigationssystem integrierten navigierbaren Kartenmaterials in die Lage versetzt werden, Holzpolter auch ohne die Einweisung des Revierleiters schnell aufzufinden und die Erstellung und Versendung analoger Karten überflüssig zu machen. Durch die Klassifizierung soll sichergestellt werden, dass die Fuhrunternehmer nur über für LKW-befahrbare Wege zum Ziel geführt werden. Die von der Logiball GmbH erstellte Navigationssoftware ist somit die erste marktverfügbare Ausgabe mit großen Übereinstimmungen zum Geodat-Standard, wodurch ein erstmaliger Praxistest ermöglicht wird (STRUNK, 2005).

3.4.1.5 Auf-/Ausbau interoperabler IT-Architekturen

In der Forstwirtschaft als bodengebundener Primärproduzent bilden raumbezogene Daten von jeher das Fundament für die Planung und Durchführung von Maßnahmen und somit eine gezielte Bewirtschaftung der Waldflächen. Genaue Karten und Geo-Informationen geben plastisch Antwort auf fachspezifische Fragestellungen, ermöglichen eine effiziente Arbeitsplanung und bieten u.a. Hilfestellung bei verschiedenen logistischen Problemen (vgl. HILLMANN UND BECKSCHÄFER; 2002). Wie FRANK (2002) feststellt, sind „die Prozesse der Forsteinrichtung, der

Holzflussplanung, der Navigation von Betriebsmittel und der Erfassung von Walddaten ... ohne austauschbare Geodaten nicht vorstellbar“. Hieraus erschließt sich auch die Notwendigkeit, dass die die Waldflächen und das Erschließungsnetz betreffenden Geoinformationen keineswegs alleinig den Forstbetrieben vorbehalten werden darf. So macht es beispielsweise die Vergabe von Waldinventuraufträgen an Consulting-Unternehmen erforderlich, dass auch diese auf die Geodaten zugreifen können. Auch in der Holzlogistik spielt der Informationsfluss zwischen den an der Ablauforganisation Mitwirkenden eine wichtige Rolle. Nur durch die schnelle und frühzeitige Weitergabe präziser Informationen können nachfolgende Transportabschnitte effizient geplant und durchgeführt sowie Kosten gesenkt werden. Einer die Geschäftsbereiche und Flächenverwaltungen übergreifenden Vernetzung dieser Daten wird daher gemeinhin ein großes Rationalisierungspotential bescheinigt.

Eine bedarfsgerechte Abfrage der Informationen innerhalb einer Prozesskette wird aber erst in Verbindung mit einer zweckmäßigen IT-Systemarchitektur ermöglicht. Die Pflege und fortwährende Aktualisierung der digitalen Karten und Programme kann nur wenigen qualifizierten Fachkräften, schon wegen der Brisanz der Daten und einer eindeutigen Kompetenzzuweisung, überlassen werden. Aus diesen Einschränkungen ergibt sich ebenso wie aus der Unerlässlichkeit einer einheitlichen Verwaltung der Geo- und Sachdaten die Notwendigkeit einer zentralen Datenhaltung. Die zentrale Speicherung von Daten und Software auf einem Server bietet generell den Vorteil, dass sich im Vergleich zur klassischen internen Datenverarbeitung, in der Daten und Programme (Applikationen) im betriebseigenen System verwaltet und genutzt werden, der personelle und sächliche Aufwand reduziert, zumal auch nur sporadisch genutzte Dateien ständig vorgehalten und ggf. auch selten benötigte Programme regelmäßigen Updates unterzogen werden müssen.

Unternehmen, die auf Mietbasis dauerhaft Zugriffsmöglichkeiten auf Anwendungsprogramme und Dienste über ein Netzwerk (i. d. R. das Internet) sowie Speicherkapazitäten für die Datenhaltung bereitstellen, werden als *Application Service Provider* bezeichnet. „Anwendungsdienst-Versorgung“ lautet die von RAIMANN (2001) vorgeschlagene Übersetzung zu einem „erst seit relativ kurzer Zeit existierenden Geschäftsmodell des *Application Service Providing* (ASP)“. In der ASP-Technologie existieren mehrere Lösungsmodelle hinsichtlich der Aufgabenverteilung zwischen zentralem Server und lokalem Rechner (Client): Bei der Software-Distribution wird die Applikation auf dem Server gespeichert und zur Ausführung auf einen lokalen Rechner übertragen. Vorteil ist, dass die Applikation nur auf einen zentralen Server installiert werden muss, um von dort von den einzelnen Clients heruntergeladen und bearbeitet zu werden. Zur Laufzeit des Programms ist eine Verbindung zum Server in der Regel nicht mehr notwendig. Die Variante der Display-Umlenkung (ThinClient Computing) ist die wohl favorisierte Methode des ASP. Die Applikation wird auf dem Server gespeichert und auch dort vom Anwender gestartet. Folglich müssen die Daten an den Server übertragen oder dort selbst in einer Datenbank gespeichert werden. Der Nutzer erhält lediglich ein Ausgabefenster und kann interaktiv mit der Applikation arbeiten, ohne diese auf seiner Festplatte installiert zu haben.

Generell stellt der Transfer großer Datenmengen hohe Anforderungen bezüglich der Übertragungsbandbreite. So kann es z.B. bei dem Download von Karten zu langen Übertragungszeiten kommen. Die Wahl eines geeigneten Übertragungsprotokolls spielt hierbei die entscheidende Rolle.

Die bereits in den Landesforstverwaltungen, Landesbetrieben oder Landesanstalten realisierten oder im Ausbau befindlichen IT-Architekturen sind in der Regel Client-Server-Systeme, die nach dem Prinzip der Display-Umlenkung funktionieren (vgl. CHMARA ET AL., 2002; DUVENHORST, 2006; RECKLEBEN, 2007). So wurde beispielsweise in Thüringen ein System aufgebaut, das eine zentrale Datenhaltung sowie eine anwendungsübergreifende Nutzung von Geodaten über Inter- bzw. Intranet ermöglicht (CHMARA ET AL., 2002). Der zentrale Server gestattet den Mitarbeitern der unteren Forstbehörden und der Revierebene einen Zugang zu den digitalen Karten. Der Server setzt sich hierbei aus drei Komponenten zusammen:

1. Der Geodaten-Server stellt die raumbezogenen Daten zur Verfügung.
2. Die Fachdaten werden in einem Sachdatenserver verwaltet.
3. Ein Applikationsserver hält die Anwendungssoftware für die Client-PCs auf Forstamts- und Revierebene bereit und übernimmt die Programmausführung.

Auf den Client-Rechnern ist eine Software installiert, mit der über den Applikationsserver auf die Geodaten zugegriffen werden kann. Dies entspricht dem Prinzip der Display-Umlenkung. Die Geo- und Sachdaten wie auch die Anwendungssoftware werden zentral vorgehalten. Es werden keine Daten zum Client übertragen. Dieser kann die Karten auf dem Server erstellen und auf seinem Drucker zu Papier bringen. Dies ermöglicht das Arbeiten mit GIS-Anwendungen auch bei relativ langsamen Datenleitungen, die in vielen Landesforstverwaltungen und Landesbetrieben noch verwendet werden.

Folgende IT-Generationen werden zusehends durch Web Services (Webdienst) geprägt sein. Hinter diesem Begriff verbergen sich Applikationen, die über standardisierte Schnittstellen Geodaten und Sachdaten von Servern verschiedener Fachverwaltungen oder Dienstleistern abfragen, zusammenstellen und dem Anwender (Client) online zur Verfügung stellen. Dieses Prinzip stellt sicher, dass die Datenerhebung und -pflege in der Hand der fachlich zuständigen Organisation bleibt. Konkretisiert auf die Systemarchitektur der Forstorganisationen müssten somit zukünftig standardisierte Schnittstellen mit entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen geschaffen werden, um eine Datenabfrage Externer zu ermöglichen (vgl. MYŠIAK, 2000; NAGEL-NIEMANN UND BRÜTT, 2007, STÖCKER UND HERGERT, 2007).

Eine optionale Systemstruktur zur Bereitstellung von Geoinformationen für die Nutzer von Geoinformationen wird in der Abbildung 12 aufgezeigt.

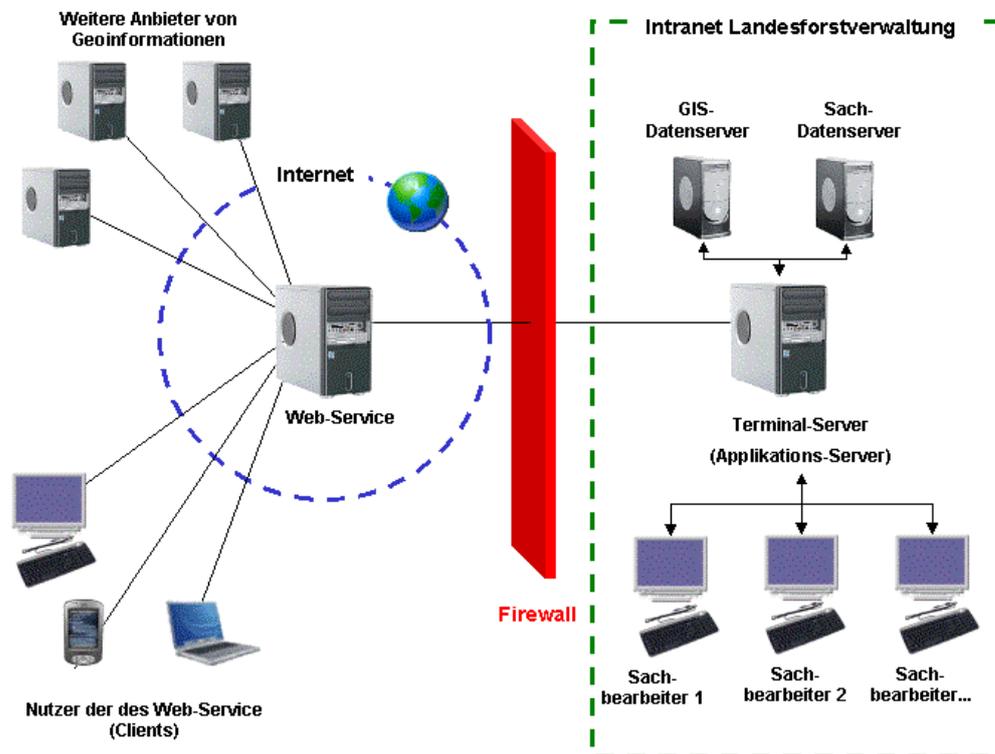


Abbildung 12: Optionale Systemstruktur zur Bereitstellung von Geoinformationen

3.4.2 Technische und regulative Rahmenbedingung hinsichtlich der Lokalisierung verunfallter Personen

3.4.2.1 Ortung über das GSM-Netz

Die beiden für die Ortung relevanten Komponenten des Mobilfunksystems sind die Mobilfunkgeräte (*Mobile Station MS*) und die von Netzbetreibern bereitgestellte Netzarchitektur. Der Mobilfunkteilnehmer ist dabei über eine Luftschnittstelle mit dem GSM-Netz verbunden. Dessen hierarchische Systemarchitektur stützt sich auf Basisstationen (*Base Transceiving Stations BTS*), besser bekannt unter dem Begriff „Mobilfunkmasten“, die als Sende- und Empfangsstationen dienen. Der von einer Basisstation versorgte Bereich wird als Funkzelle bezeichnet. Vornehmlich in dicht besiedelten Gebieten sind die Mobilfunkmasten im Regelfall mit drei Sektorantennen ausgerüstet, die jeweils einen Bereich im Kreiswinkel von 120° versorgen. Ein derart ausgerüsteter Mobilfunkmast bedient somit faktisch drei Funkzellen. Technisch bedingt ist jedoch die Bearbeitungskapazität mehrerer zeitgleich geführter Mobilfunkgespräche innerhalb einer Funkzelle beschränkt. Um die zahlreichen Mobilfunkteilnehmer in den Ballungsgebieten ausreichend versorgen zu können, haben die Funkzellen daher dort einen wesentlich geringeren Durchmesser (wenige 100 m) als in ländlichen Regionen (bis zu 35 km).

Mehrere Basisstationen sind an einen Base Station Controller (BSC) angeschlossen, der die Funkkanäle zuweist und den als Handover bezeichneten Wechsel der Basisstationen durch-

führt, wenn sich der Mobilfunkteilnehmer während des Telefonierens von einer Funkzelle in die nächste bewegt. Wiederum sind mehrere BSC mit einer als Mobile Switching Center (MSC) bezeichneten Vermittlungsstelle verbunden, die den Transfer der digitalen Daten koordiniert. Die MSC sind miteinander vernetzt, wobei ein spezielles Gateway-MSC (GMSC) mit erweiterter Funktionalität die Schnittstelle zu anderen Telefonnetzen bildet und weitere Dienste bei der Datenübertragung, wie dem Kurzmitteilungsdienst (eng. Short Message Service = SMS) leistet. Damit ein Anruf oder eine SMS schnell zu dem gewünschten Kommunikationspartner durchgestellt werden kann, werden gleichsam Wegweisern Informationen über den aktuellen Aufenthaltsort des eingebuchten (eingeschalteten) Mobilfunkgerätes in Datenbanken abgelegt. In einem mit der Rufnummer des Mobiltelefons verknüpften Home Location Register (HLR) wird die Adresse des MSC abgespeichert, in dessen Zuständigkeitsbereich sich das MS befindet. Jedes MSC verfügt über ein Visitor Location Register (VLR), in dem der genauere Aufenthaltsort (Location Area) aller sich augenblicklich vorübergehend in deren Einzugsbereich aufhaltenden Mobilfunkteilnehmer abgespeichert ist. Die Location Area beschreibt jedoch häufig ein recht großes Gebiet, da sie sich aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von Funkzellen zusammensetzt, die zumeist von demselben BSC gesteuert werden. Stets ist aber dasselbe MSC für die Location Area zuständig.

Ist das Mobiltelefon eingeschaltet, aber keine Verbindung aktiv (Stand-by-Betrieb), meldet sich dieses in einem mehrere Stunden währenden Intervall beim Netz oder auch bei einem Wechsel in eine andere Location Area. Der Netzbetreiber kann aber durch die Versendung einer so genannten „Stillen SMS“ die Funkzelle ermitteln, in dem sich ein bestimmter Mobilfunkteilnehmer aufhält. Bei Eingang einer „Stillen SMS“ wird der Empfang nicht wie üblich im Display angezeigt, sondern lediglich eine Empfangsbestätigung über die jeweilige Basisstation an das Netz gesendet. Über die Selektion der zuständigen Basisstation kann die Position beispielsweise von Personen, die einen Notruf abgesetzt haben je nach Größe der Funkzelle mit unterschiedlich hoher Genauigkeit bestimmt werden.

Neben dieser Zellortung existieren weitere präzisere, wenngleich auch technisch aufwendigere Ortungsmöglichkeiten, von denen an dieser Stelle lediglich eine Auswahl vorgestellt werden soll. Alle Methoden basieren hierbei auf einem aus der Vermessung bekannten Verfahren – der Triangulation. Demnach ist die Position eines beliebigen Punktes im zweidimensionalen Raum eindeutig bestimmbar, wenn die jeweilige Entfernung zu drei weiteren durch Koordinaten definierten Referenzpunkten bekannt ist. Die Distanz zwischen dem Mobiltelefon und den Mobilfunkmasten kann durch die Laufzeit eines vom Mobiltelefon ausgehenden Signals zu der Basisstation berechnet werden (Time Of Arrival). Ein weiteres Verfahren beruht auf der Winkelmessung des eingehenden Signals an zwei Referenzpunkten bezogen auf einen definierten Nullwinkel kombiniert mit einer Signalstärkemessung. Aus der Intensität des Signals, das unter idealen Bedingungen (Freiraum) mit zunehmender Entfernung vom Mobiltelefon um den Faktor $1/r^2$ abnimmt, kann die Distanz zur Basisstation eingeschätzt werden. Dieses Verfahren ermöglicht eine Standortbestimmung mit einer Genauigkeit über 150 m, setzt aber auch die teure Aufrüstung der Mobilfunkmasten mit einer Richtungscharakteristik aufweisenden Antennen voraus (s. Abbildung 13).

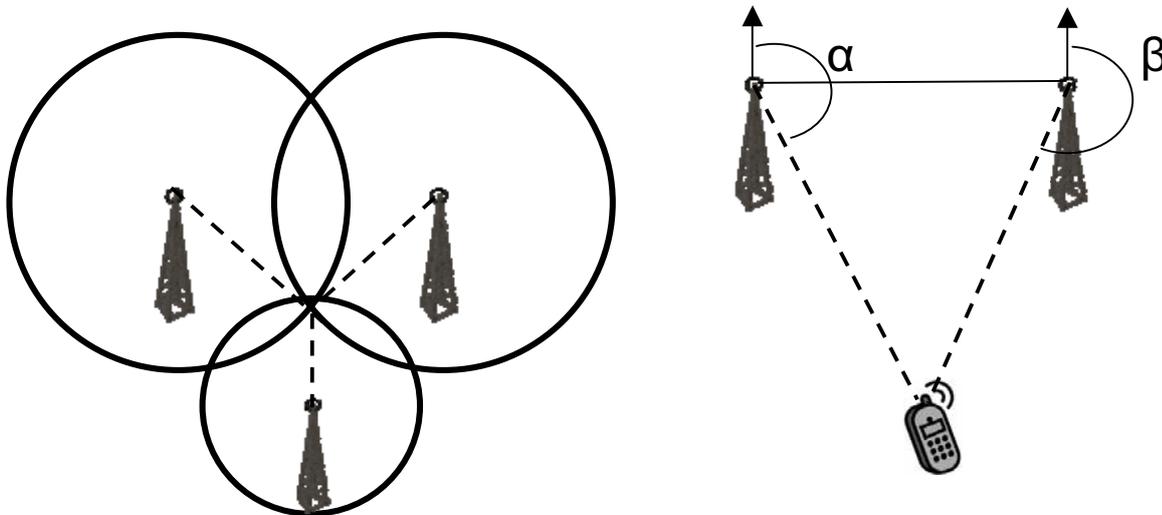


Abbildung 13: Standortbestimmung durch Triangulation

Jedoch können Signalstörungen die Präzision der Positionsbestimmung verringern. Natürliche oder anthropogene Hindernisse dämpfen und reflektieren die Funkwellen. In Abhängigkeit von der Quantität und Qualität dieser Hindernisse kann die an der Basisstation gemessene Empfangsleistung des vom Mobiltelefon emittierten Signals stark variieren und von der Formel der Freiraumdämpfung (s.o.) abweichen. Ist der direkte Pfad eines von der Basisstation ausgehenden Signals gar durch massive Barrieren verstellt (Berge, Gebäude, Erdmasse seitlich von talähnlichen Geländeausformungen), können auf der dem Sender entgegengesetzten Seite Funkschatten entstehen. In diesen auch unter dem Begriff „Funkloch“ bekannten Bereichen, ist eine Funkverbindung zwischen Sender und Empfänger nicht möglich. Die Reflexion und Beugung der Funkwellen hat wiederum zur Folge, dass die vom Mobiltelefon ausgehenden und von der Basisstation empfangenen Signale eine unterschiedlich lange Strecke zurückgelegt (Mehrwegeeffekt) haben und in unterschiedlichen Einfallswinkel beim Empfänger auftreffen. Unter ungünstigen Witterungsverhältnissen, wie Nebel, Schnee- und Regenschauer, sinkt die Signalintensität an einem definierten Punkt durch verstärkte Reflexion und Streuung an den Wassertropfen/Eiskristallen sowie den benetzten Oberflächen.

3.4.2.2 Ortung mit Hilfe des Global Positioning System

Auch die dreidimensionale Standortbestimmung mit Hilfe des Global Positioning Systems (GPS) beruht auf dem Verfahren der Triangulation. Von zwei im Betrieb befindlichen Navigations-Satelliten-Systemen NAVSTAR (Navigational Satellite Timing and Ranging), GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) wird in Deutschland das US-amerikanische NAVSTAR-GPS am häufigsten verwendet. Das europäische Satellitennavigationssystem GALILEO befindet sich zurzeit in der Aufbauphase. Voraussichtlich wird sich dessen für das Jahr 2012 anvisierte Inbetriebnahme nach gescheiterten Verhandlungen der Fachminister der beteiligten EU-Staaten mit einem Industrie-Konsortium aber verzögern.

Alle Navigations-Satelliten-Systeme weisen funktionale und konzeptionelle Analogien auf. Das Prinzip der Positionsbestimmung wird daher nur für das in Deutschland favorisierte NAVSTAR-GPS erläutert. Neben den GPS-Empfängern, die das Nutzer-Segment bilden, besteht dieses System aus einem mindestens 24 Satelliten umfassenden Raum-Segment sowie einem sich aus mehreren äquatornah postierten Steuerungsstationen zusammensetzenden Kontroll-Segment. Die Konstellation der die Erde umkreisenden Satelliten stellt sicher, dass theoretisch an jedem Punkt der Erde jederzeit die zur dreidimensionalen Positionsbestimmung erforderlichen vier Satelliten empfangen werden können.

Die Satelliten senden fortwährend Signale mit ihren Bahndaten und dem aktuellen Sendezeitpunkt (GPS-Zeit). Der GPS-Empfänger berechnet aus den Signallaufzeiten von drei Satelliten die entsprechenden Pseudoentfernungen zu deren Position zum Sendezeitpunkt. Es handelt sich deshalb um Pseudoentfernungen, weil die Zeiten der synchronisierten Satellitenuhren nicht mit der Uhrzeit des GPS-Empfängers übereinstimmen müssen. Um diesen Uhrenfehler (Bias) zu korrigieren und die Position im dreidimensionalen Raum eindeutig berechnen zu können, wird zusätzlich die Laufzeit zu einem vierten Satelliten gemessen.

Die Präzision der Positionsbestimmung ist unter Ausschluss weiterer Fehlerquellen dann am höchsten, wenn die von den Satelliten zum GPS-Empfänger gezogenen Linien im Schnittpunkt einen Winkel von 90° aufspannen. Anderenfalls wird die Schnittfläche der räumlichen Bogenschnitte und somit auch die Streuung der Messwerte/der Lagefehler größer.

Wie beim Mobilfunk können mehrere Störgrößen die Genauigkeit des Messergebnisses beeinflussen. Durch eine seitliche Verdeckung oder Überschildung des GPS-Empfängers wird der Kontakt insbesondere zu den Satelliten mit einem niedrigen Elevationswinkel (Winkel über der Horizontalebene) unterbrochen. Dies führt einerseits dazu, dass zeitweise nicht die für eine Messung erforderliche Zahl an Satelliten empfangen werden kann, und andererseits häufig nur Satelliten mit einem hohen Elevationswinkel in die Positionsberechnung eingehen. Durch die ungünstige Satellitengeometrie vergrößert sich aus den im vorherigen Absatz geschilderten Gründen der Lagefehler.

Durch die ionisierende Wirkung der Sonnenstrahlung werden in den Ionosphäre eine große Zahl an Elektronen und Ionen freigesetzt. In dieser Atmosphärenschicht können die Signale reflektiert und gebrochen werden, wodurch sich deren Laufzeit verlängert und folglich der Empfänger Distanzwerte berechnet, die nicht mit der Realität übereinstimmen.

HAMBERGER (2002) nennt als einen der dominantesten Effekte, die im Wald zu schlechten Messergebnissen führen, den Mehrwegempfang (Multipath). Die Kronenstrukturen der umstehenden Bäume reflektieren die Satellitensignale, wodurch die Positionsdaten in Folge fehlerhaft berechnet werden. Der Multipath-Effekt kann zu Positionsabweichungen bis zu 20 m führen. Dieser Effekt verstärkt sich zunehmend mit der Bestandeshöhe (s. a. GREINER ET AL., 2004).

Die Dicke der Laubschichten stellt einen entscheidenden Faktor für die Abschirmung der Satellitensignale dar. Die Dämpfung der Signale macht sich insbesondere bei feuchten Witterungsverhältnissen bemerkbar (vgl. OEFVERBERG, 1995; LEJEUNE UND HELLEMANN, 1999; SCHÖNE,

1999; GREINER ET AL., 2004). Zudem diagnostisierten LEJEUNE UND HELLEMANN (1999), dass bei diffusen kleinen Öffnungen des Kronendaches die Messgenauigkeit höher ist, als unter einer großen Überschildungslücke.

Nach OEFVERBERG (1995) kann auch die Topographie eine wesentliche Rolle spielen, „da am Fuß von steilen Nordhängen der Empfang von Signalen der zumeist aus dem Süden auftauchenden Satelliten teilweise erschwert wird“. Hingegen kommen SCHÖNE (2000) zu dem Fazit, dass Tallage und Hangrichtung die Messgenauigkeit nicht wesentlich beeinflussen, solange der Neigungswinkel unter 20° bleibt. Hingegen konnte in einer Untersuchung der Universität Dublin (HOLDEN; 2001) in 31 nach dem Grad der Überschildung und Exposition klassifizierten Sitkafichtenbeständen kein signifikanter Einfluss der Überschildung und Exposition auf die Messgenauigkeit im kinematischen Betrieb nachgewiesen werden.

3.4.2.3 Staatliche Regelungen

In Anbetracht dessen, dass die Zahl der Mobilfunknutzer in Deutschland im Jahr 2004 mindestens 86,4 % der Bevölkerung (INFRATEST, 2007) beträgt, wird der Notruf immer häufiger direkt vom Notfallort abgesetzt. Die damit verbundene Zeitersparnis im Rettungsablauf droht aber durch die mangelnde Ortskenntnis der Anrufer oder falsche Ortsangaben neutralisiert zu werden. So sind bei Unfällen außerhalb von Ortschaften die Standortangaben zu 80 % falsch, wodurch sich die Hilfszeiten verlängern (STEIGER, 2003).

Als Antwort auf diese auch in anderen Staaten bestehende Problematik wurde in Japan vom Ministerium für Öffentliche Verwaltung, Post und Telekommunikation die Einführung eines neuen Notrufsystems beschlossen. Alle ab April 2007 auf den Markt kommenden Mobilfunkgeräte müssen gemäß einer entsprechenden Verordnung mit GPS oder einem adäquaten System ausgerüstet sein, um eine schnelle Ortung des Unfallortes zu ermöglichen (PANOVSKY, 2004).

In den USA wird gegenwärtig das 1996 von der Federal Communications Commission (FCC) beschlossenen Programm E911 realisiert. In einer ersten Phase wird dem Rettungsdienst durch technische Aufrüstung der Notrufannahmestellen (Public Safety Answering Points), der Netzprovider und den Behörden für öffentliche Sicherheitsaufgaben (Public Safety Agencies) ermöglicht, die Telefonnummer und die Funkzelle, in der sich der Anrufer befindet, zu ermitteln. In einem zweiten Schritt sollen die Netzprovider eine genauere Ortung des Notfallortes ermöglichen. Hierbei bleibt diesen überlassen, ob sie zur Lokalisierung des Anrufes eine mobiltelefon- oder netzwerkgestützte Technologie verwenden. Bei einer auf dem Mobiltelefon basierenden Lösung müssen die Endgeräte über eine GPS-Funktion verfügen, wobei 67 % der Anrufer mit einer Genauigkeit unter 50 m und 95 % der Anrufer mit einer Genauigkeit unter 150 m lokalisiert werden müssen. Zur netzwerkgestützten Ortung wird das bestehende Netz der GSM-Sendemasten genutzt.

In Deutschland sind die Netzbetreiber gemäß § 98 und § 108 Telekommunikationsgesetz (TKG, 2004) dazu verpflichtet, bei einem Notruf die Standortdaten des Anrufenden an die zu-

ständige Leitstelle weiterzuleiten, nachdem der Notrufende hierzu sein Einverständnis gegeben hat. Ist dieser auf Grund der Schwere seiner Verletzungen nicht mehr selbst in der Lage, entscheidet der Disponent nach eigenem Ermessen.

Bei Anrufen aus dem Mobilfunknetz ließ sich der Aufenthaltsort des Notrufenden bislang lediglich auf eine Funkzelle eingrenzen. Allerdings wurden zwei Novellierungsprozesse initiiert, die zukünftig die Lokalisierung der Mobiltelefone entscheidend verbessern werden. Im Juni 2007 wurde vom zuständigen Fachminister eine Erklärung zur Unterstützung der europaweiten Einführung des bordeigenen Notrufsystems „eCall“ unterzeichnet. Ab 2009 sollen demnach alle Neufahrzeuge mit diesem Notrufsystem ausgestattet werden, das neben der Option der manuellen Notrufauslösung auch durch die Aktivierung spezieller Sensoren bei einem Verkehrsunfall automatisch eine Sprach- und Datenverbindung zu einer Rettungsleitstelle aufbaut. Dem Disponenten werden mit dem Datentelegramm Angaben über den Grund des Notrufes (Unfall), die Art der Notfallauslösung (aktiv, passiv), die Fahrzeugkennung sowie den genauen Zeitpunkt und Standort des Unfalls übermittelt. Die genauen Positionskordinaten werden von einem in das eCall-System integrierten GPS-Empfänger ermittelt. Wie eine Analyse ergab, können mit Hilfe des eCall-Systems in ländlichen Gebieten die Reaktionszeiten nach einem Verkehrsunfall um 50 % verkürzt und dadurch das Outcome der Verletzten verbessert werden. Die Leitstellen müssen jedoch durch Aufrüstung mit spezieller Soft- und Hardware auf diese Aufgabe vorbereitet werden.

Die Björn Steiger Stiftung hat in Kooperation mit dem Softwareunternehmen PTV (Planung Transport Verkehr AG) ein Verfahren zur Ortung von Mobiltelefonbesitzern, deren Geräte über ein GPS-Modul verfügen, entwickelt. Mobiltelefone, die über kein GPS-Modul verfügen, können nachgerüstet werden. Wurde dieser Service bisher von Notrufzentralen kostenpflichtig angeboten, stellt die Björn Steiger Stiftung dieses Verfahren nun jedermann unentgeltlich zur Verfügung. Voraussetzung ist, dass sich der GPS-Mobiltelefonbesitzer zuvor bei einer Hotline registriert, wobei unter anderem auch die Handy-Schnittstelle festgestellt wird. Bei einem Notruf wird ein Datentelegramm mit den GPS-Koordinaten an eine Alarmzentrale gesendet. Zur Absicherung der GPS-Koordinaten wird parallel eine Funkzellenortung durchgeführt. Das System wandelt automatisch die Koordinaten in eine Straßenadresse um und ermittelt daraufhin die zuständige Leitstelle, der es alle verfügbaren Daten zusendet.

3.5 Bewertung der bestehenden Rettungskonzepte

3.5.1 Fehlendes Qualitätsmanagement

Die strukturelle und prozessorientierte Planung der Rettungskette Forst soll möglichst kurze Eintreffzeiten der Rettungsfahrzeuge bzw. Hilfsfristen sicherstellen. Jedoch fehlen eindeutige Zielvorgaben in Form von nicht zu überschreitenden Zeitwerten. Grundlage des unter dem Begriff „Qualitätsmanagement“ zusammengefassten Maßnahmenkataloges zur Optimierung der Rettungskette Forst ist aber die Formulierung einer Zielvorgabe. Die Gesetzgeber der Länder haben aufgrund der vielfältigen Unwägbarkeiten bei Notfällen in schlecht erschlosse-

nen Gebieten lediglich Zeitrahmen für Einsatzorte an öffentlichen oder nicht-öffentlichen Straßen vorgegeben.

Die Effektivität und Effizienz der etablierten Rettungskettenorganisationen wurden in der Vergangenheit infolge des dafür notwendigen hohen organisatorischen und finanziellen Aufwandes nur in vereinzelt Rettungsübungen überprüft. Der geringe Stichprobenumfang der durchgeführten und dokumentierten Rettungsübungen lässt keine statistisch gesicherten Aussagen bezüglich der Länge des therapiefreien Intervalls bei Unfällen im Wald zu. Ferner kann auch kein Effektivitätsvergleich der unterschiedlichen Organisationsformen hinsichtlich dieses Qualitätsmerkmals möglich, da die wenigen Rettungsübungen unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen durchgeführt wurden. Letztlich verhindern fehlende Vergleichswerte auch die Bemessung der Effektivität von Modifizierungen innerhalb der Rettungskette.

Die bislang durch die etablierten Rettungskonzepte erreichten durchschnittlichen Zeitwerte des therapiefreien Intervalls sind jedoch durch strukturelle Änderungen im Rettungswesen und der Forstwirtschaft sowie wandelnde Arbeitsbedingungen gefährdet. Das Grundproblem besteht darin, dass die Zeitwerte des therapiefreien Intervalls bei Arbeitsunfällen im Nachhinein nur geschätzt werden können und in der Vergangenheit nicht dokumentiert und archiviert wurden. Die schleichend erfolgende Verlängerung des therapiefreien Intervalls ist somit nicht nachweisbar und wohl auch aus diesen Gründen bislang nicht thematisiert worden.

3.5.2 Ersthelferproblematik

Die Regelwerke der Träger der Unfallversicherung schreiben bei gefährlichen Arbeiten eine ständige Ruf- oder Sichtverbindung zu anderen Personen, die im Notfall Erste Hilfe zu leisten vermögen, vor. Die in erster Linie als Meldeeinrichtung verwendeten Mobiltelefone können – eine Netzversorgung vorausgesetzt – diese Rufverbindung sicherstellen. Dies ist von Bedeutung, da die Gruppenarbeit per se keine Garantie dafür bietet, dass ein Unfall unmittelbar nach Eintritt der Notsituation von einem weiteren Gruppenmitglied bemerkt wird. Die Forstwirte wahren vor allem bei der gefährlichen Holzernte einen großen Sicherheitsabstand, so dass bei unübersichtlichen Gelände- oder Bestandesbedingungen keine direkte Sichtverbindung besteht. Ferner wird die akustische Verständigung zumindest zeitweise durch laute Maschinengeräusche unterbrochen. Demnach wird faktisch auch bei gefährlichen Arbeiten vorübergehend allein gearbeitet, wenn die Forstwirte nicht – wie in der UVV *Forst* gefordert – durch eine Funk- oder Fernsprechverbindung miteinander verbunden sind. Dies ist immer dann der Fall, wenn nicht jeder Forstwirt ein eingeschaltetes Mobiltelefon mit sich führt. Obwohl in manchen Forstbetrieben die Arbeitsgruppen nur mit einem Mobiltelefon ausgerüstet sind, wird dieser den Trägern der Unfallversicherung bekannte Missstand stillschweigend toleriert.

Die Regelwerke der Träger der Unfallversicherung lassen zudem die Frage offen, wie weit sich die Forstwirte bei vorhandener (technischer) Rufverbindung voneinander entfernen dürfen, ohne dass die Bedingungen eines Alleinarbeitsplatzes erfüllt sind. Zieht man aber die Intention des Gesetzgebers mit ins Kalkül, so muss selbst bei einer räumlichen Trennung zumindest gewährleistet bleiben, dass die Gruppenmitglieder im Notfall noch innerhalb eines Zeitraumes, in

denen Erste-Hilfe-Maßnahmen effektiv durchgeführt werden können, am Unfallort eintreffen. In den Fällen, in denen eine kardiopulmonalen Reanimation erforderlich ist, beschränkt sich dieser Zeitraum auf zehn Minuten.

Wie die Ergebnisse der publizierten Rettungsübungen belegen (HOFFMANN, 2003), liegen die Eintreffzeiten der Rettungsfahrzeuge bei Forstunfällen mit über 20 Minuten deutlich über dem Bundesdurchschnitt (rund acht Minuten). Vergegenwärtigt man sich aber, dass die Eintreffzeit lediglich ein Fragment des therapiefreien Intervalls darstellt, ist ein rechtzeitiges Eintreffen der Rettungskräfte beim Notfallpatienten auch unter günstigen Bedingungen auszuschließen. Eine wirksame Hilfeleistung kann daher nur durch geschulte Ersthelfer sichergestellt werden, die unmittelbar nach dem Eintritt der Notfallsituation vor Ort sein müssen.

Eine ständige gruppeninterne Kommunikation über Helm- und Handfunkgeräte schafft gute Voraussetzungen für eine schnelle Reaktion der weiteren Gruppenmitglieder. Selbst Notfälle, in denen der Notfallpatient nicht mehr in der Lage ist, aktiv andere Personen zu alarmieren, können relativ zeitnah bemerkt werden. Die Ausstattung aller Gruppenmitglieder mit Mobiltelefonen, die über eine passive Auslösefunktion verfügen, stellt eine Alternative zu den übrigen funkbasierten Lösungen dar. Passive Alarmgeber sorgen sowohl für die Alarmierung von Ersthelfern als auch eine Alarmierung des Rettungsdienstes.

Im Gegensatz zu den betriebszugehörigen Forstwirten sind Forstunternehmer nur selten in Arbeitsgruppen eingebunden. Zudem arbeiten sie auch außerhalb der üblichen Arbeitszeiten, in denen sich keine Forstwirte als potentiell in Frage kommende Ersthelfer mehr im Wald aufhalten. In Anbetracht dessen haben sich die Forstunternehmer obligatorisch mit Personen-Notsignalgeräten abzusichern. Zweck der auf Rückeschleppern installierten Forstnotrufanlagen ist vornehmlich die Alarmierung des Rettungsdienstes und nachrangig die Alarmierung von Ersthelfern. Doch allein schon wegen der langen Auslöse- und Voralarmzeiten dieser Notrufsysteme können die zusätzlich zum Rettungsdienst alarmierten Personen, die darüber hinaus oft noch einen längeren Anfahrtsweg haben, nicht fristgerecht zum Alarmauslösenden gelangen. Das bisherige, von der Berufsgenossenschaft anerkannte Rettungskonzept für Forstunternehmer, bietet demgemäß keine Gewähr dafür, dass ein Ersthelfer noch vor den Rettungskräften am Notfallort eintrifft.

Bezüglich der allein arbeitenden Kleinstprivatwaldbesitzern oder Waldbauern können keine eindeutigen Angaben in Hinsicht auf die von ihnen getroffenen Vorsorgemaßnahmen gemacht werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass ein großer Teil sich lediglich mit einem Mobiltelefon absichert. Dieses bietet einen unzureichenden Schutz, zumal es über keine passive Alarmauslösung verfügt und keine genaue Positionsbestimmung erlaubt. Analog zu den Forstunternehmern ist ein rechtzeitiges Eintreffen von Ersthelfern aufgrund zu großer Distanzen, vager Informationen über den Unfallort oder diskontinuierlicher Erreichbarkeit der potentiellen Ersthelfer nicht sichergestellt.

Selbst Personen-Notsignalgeräte bieten somit keinen ausreichenden Schutz für die alleinarbeitenden Forstunternehmer, Privatwaldbesitzer und Selbstwerber gegen die Folgen extrem lebensbedrohlicher Gesundheitsstörungen.

3.5.3 Lotsenproblematik

Wie die Analyse ergab, müssen die Rettungskonzepte zukünftig mehr denn je das Fehlen eines ortskundigen Lotsen bei den Planungen berücksichtigen. Vornehmlich tritt diese Situation bei Notfällen im Wald auf, bei denen weniger als drei Personen am Notfallort sind. Traf dies in der Vergangenheit hauptsächlich auf die Forstunternehmer, selbständigen Kleinprivatwaldbesitzer und Selbstwerber zu, sind nun immer häufiger auch die in den Forstbetrieben beschäftigten Forstwirte betroffen, da die Arbeitsgruppen aus organisatorischen, betriebswirtschaftlichen oder auch sicherheitsrelevanten Zwängen heraus auf zwei Personen reduziert werden müssen. Der unverletzte Forstwirt muss allein die Erstversorgung, die Alarmierung der Rettungsleitstelle und die Erste-Hilfe-Maßnahmen durchführen. Weil der menschliche Beistand ein wesentlicher Faktor bei der Bewältigung von Extremsituationen ist, sollte der Notfallpatient nicht bzw. so kurz wie möglich allein gelassen werden. Die Wahrnehmung der Lotsenfunktion durch den unverletzten Kollegen wäre dem gemäß kontraproduktiv. Stattdessen sind weitere ortskundige Personen zu benachrichtigen, die als potentielle Lotsen in Frage kommen. Erster Ansprechpartner ist hier meist das Forstamt oder der Revierleiter. Liegt der Unfallort in einem Funkloch, ist der Ersthelfer auch bei dieser Variante gezwungen, den Verletzten kurzzeitig zurückzulassen, um den Notruf abzusetzen und die Lotsen zu alarmieren. Deshalb sind in nicht netzversorgten Waldbereichen Gruppen mit mindestens drei Personen anzustreben.

Weitere potentiell als Lotsen in Frage kommende Personen sind nicht stets erreichbar, da die Forstwirte auch außerhalb der üblichen Büroarbeitszeiten tätig sind, in denen die Revierförsterei oder das Forstamt nicht besetzt ist. Darüber hinaus verlängern sich durch die im Zuge der noch andauernden Reformprozesse erfolgte Fusion sowie Flächenerweiterung der Forstämter und Forstreviere die durchschnittlichen Fahrzeiten des Verwaltungspersonals zu den Treffpunkten innerhalb ihres Zuständigkeitsgebietes. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sie erst nach dem als erstes eintreffenden Einsatzfahrzeug am Treffpunkt ankommen. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass die Revierleiter auch tagsüber nicht erreichbar sind, da sie sich während des Außendienstes zeitweilig in Funklöchern befinden können. Hieraus ergibt sich bei Zwei-Personen-Gruppen ebenso wie bei den alleinarbeitenden Unternehmern, Privatwaldbesitzern und Selbstwerbern die Problematik, dass meistens kein Lotse zeitnah verfügbar ist.

Ohne ortskundige Lotsen kann sich das Auffinden abseits des öffentlichen Verkehrsnetzes in Not geratender Menschen in Folge missverständlich Anfahrsbeschreibungen sowie mangelnder Orientierungsmöglichkeiten oder ungeeigneter Kartenmaterialien verzögern. In der Konsequenz müssen den Rettungskräften geeignete Einsatzmittel bereitgestellt werden, die sie in die Lage versetzen, den Notfallort autonom und unbehindert anzufahren.

Die mitunter aufwendige Initiierung der Rettungsmaßnahmen kostet wertvolle Zeit und belastet den unter hohen psychischen Druck stehenden unverletzten Forstwirt zusätzlich. Bei Alleinarbeit muss das Notrufsystem dessen Aufgabe übernehmen und den Rettungskräften eine möglichst genaue Ortsangabe liefern. In Anbetracht der Entwicklungen in der GPS-Ortung, kann schon durch den mit geringem finanziellem Aufwand verbundenen Austausch der herkömmli-

chen Handys gegen GPS-fähige Mobiltelefone der Rettungsprozess verbessert werden. Die genaue Ortungsmöglichkeit des Notfallortes beschleunigt die Auswahl geeigneter Einsatzmittel und ist die Grundvoraussetzung dafür, dass der Rettungsdienst den Notfallort notfalls auch ohne Lotsen auffindet.

3.5.4 Kartenproblematik

Koordinaten erlauben eine äußerst genaue Bestimmung des Unfallortes in der Karte. Die Verwendung unterschiedlicher Koordinatensysteme kann jedoch zu babylonischen Verhältnissen bei der Verständigung führen. Während das UTM-Koordinatensystem vom Rettungsdienst und der Feuerwehr angewendet wird, sind in der Forstwirtschaft Gauß-Krüger-Koordinaten als geodätisches Bezugssystem gebräuchlich. Darüber hinaus versenden die von den Forstunternehmen eingesetzten Personen-Notsignalgeräte im Notfall die mit dem GPS-Empfänger berechneten Daten im WGS84-Koordinatensystem. Die Disponenten der Notrufzentrale oder der Leitstelle müssen deshalb die eingehenden WGS84-Koordinaten häufig noch in das eigene Koordinatensystem transformieren, um den Notfallort in den digitalen oder analogen Karten darstellen zu können. Obwohl die Kartenkunde ein fester Bestandteil der Ausbildung ist, können die meisten Disponenten in Folge der seltenen Anwendung dieses Wissens in der Praxis die Koordinatenübertragung nicht mehr ad hoc durchführen. Gleiches gilt für die Einsatzkräfte, die Koordinaten nur schwer und mit einem hohen Fehlerrisiko behaftet in die analogen Karten übertragen können. Die fernmündliche Durchgabe der Koordinaten an die Rettungskräfte birgt zudem die Gefahr von Übertragungsfehlern.

Das Fehlerrisiko bei der Transformation und Lokalisierung der Koordinaten auf den digitalen oder analogen Karten der Leitstelle lässt sich nur durch regelmäßige Schulungen aller Leitstellendisponenten minimieren. Andererseits könnte die Transformation der Koordinaten und deren Darstellung in einer Karte zukünftig bereits in den Notrufzentralen erfolgen, in denen sämtliche von den Personen-Notsignalgeräten gesendeten Notrufe inklusive der übersendeten Koordinaten eingehen. Die Fokussierung der Schulungen auf das Personal der Notrufzentralen ist effizienter, da durch deren Fachkompetenz Wissenslücken bei den Leitstellendisponenten geschlossen werden können. Zudem gewährleistet der konzentrierte Anfall der Forstnotrufe in den Notrufzentralen den notwendigen Übungseffekt.

Neben den Koordinaten des Notfallortes sind aber auch Karten mit detaillierten Informationen über das Straßen- und Wegenetz erforderlich, um die optimale Anfahrtsroute auswählen zu können. Bis auf wenige Ausnahmen, wie beispielsweise die Rettungskarte Rheinland-Pfalz, ist das vom Rettungsdienst verwendete Kartenmaterial unzureichend für Einsatzorte im Wald geeignet, da es das Waldwegesystem nicht oder nur grob wiedergibt. Auch die digitalen Karten der bereits in die Rettungsfahrzeuge implementierten Navigationssysteme geben, wie schon erwähnt, das Waldwegesystem nicht oder nur unzureichend wieder. Die Navigationshilfe endet somit beim Verlassen des öffentlichen Wegenetzes und stellt im Wald nur noch eine grobe Orientierungsgrundlage dar. Wie schon in Rettungsübungen nachgewiesen werden konnte (SOPPA, 2005), sind derartige Navigationskarten generell ungeeignet für Einsätze abseits öf-

fentlicher Wege. Undetailliertes Kartenmaterial ist die entscheidende Schwachstelle bei allen Rettungseinsätzen, in denen der Notfallort ohne Lotsen angefahren werden muss. Eine telefonisch übermittelte Anfahrtsbeschreibung zum Unfallort lässt sich vom Disponenten in der Leitstelle nicht oder nur ansatzweise nachvollziehen. Missverständnisse sind vorprogrammiert, zumal die Anfahrtsbeschreibung erneut fernmündlich an die Einsatzfahrzeuge weitergeleitet wird. Eine Orientierung im Wald fällt aufgrund fehlender Kennzeichnung der Waldwege und nur weniger markanter Punkte schwer. Ein Abweichen von der vorgegebenen Route wird nicht oder erst spät erkannt. Dieses kann mitunter schwerwiegende Folgen haben, wenn sich das Rettungsfahrzeug abseits der befahrbaren Waldwege festfährt oder irrtümlich in einen Stichweg ohne Wendemöglichkeiten einbiegt.

Die Einsatzkräfte benötigen daher analoge oder digitale Karten, die neben dem öffentlichen Verkehrsnetz auch die befahrbaren Waldwege abbilden. Die Ergänzung der Karteninformationen um die Abteilungsnummern einschließlich der Abteilungsgrenzen würde die Lokalisierung des Unfallortes weiter präzisieren. Innerhalb des Forstbetriebes werden die Betriebsziele auf die als Abteilungen bezeichneten forstliche Flächeneinheiten heruntergebrochen und dort in detail durch Planung, Vollzug und Kontrolle umgesetzt. Vor diesem Hintergrund haben sich Abteilungsnummern als Ortsbezeichnungen in der Forstwirtschaft durchgesetzt. Diese Ortsangaben nützten dem Rettungsdienst aber gemeinhin nichts, da Abteilungsnummern und Abteilungsgrenzen nicht in ihren digitalen und nur selten in den analogen Karten verzeichnet sind.

3.6 Resümee

Eine professionelle Rettungskettenorganisation trifft Vorsorge, dass qualifizierte Ersthelfer unmittelbar nach Eintreten einen Notfalls vor Ort sind. Sie zeichnet sich darüber hinaus durch ein kurzes therapiefreies Intervall aus, welches durch eine schnelle Notrufabgabe und geeignete Maßnahmen, die ein schnelles Eintreffen der Rettungskräfte am Notfallort ermöglichen, sichergestellt wird. Die sich maßgeblich an der Länge der Entdeckungszeit und des therapiefreien Intervalls messende Qualität der Rettungskette ist jedoch durch strukturelle Änderungen im Rettungswesen und der Forstwirtschaft sowie wandelnde Arbeitsbedingungen gefährdet. Um einer Verlängerung dieser entscheidenden Größen entgegen zu wirken, ist eine Anpassung der Rettungskettenplanung inklusive der von den einzelnen Akteuren eingesetzten Technik erforderlich.

Wie die Analyse ergab, kann das Leistungsvermögen der Rettungskette aber nur mit durchgängigen Lösungen, die eine organisationsübergreifende Abstimmung und Kooperation erfordern, gesteigert werden. Dabei sind die heterogenen Rahmenbedingungen und die daraus resultierenden Anforderungen der verschiedenen Zielgruppen sowie der am Rettungsprozess beteiligten Organisationen zu berücksichtigen. Nur so kann die erforderliche Akzeptanz der Nutzer und Akteure geschaffen werden, die zur Umsetzung des Konzeptes in der Praxis unumgänglich ist.

Maßgebliche Hemmfaktoren hinsichtlich der Einführung eines neuen Rettungssystems sind hohe finanzielle und organisatorische Aufwendungen sowie Störungen im Arbeitsfluss. Um

diese zu vermeiden, werden vorhandene Strukturen und Abläufe aber auch bereits initiierte Innovationsprozesse weitgehend in das neue Rettungskonzept integriert.

Primäres Ziel einer Neukonzeption der Rettungskette Forst ist die Abwehr einer (weiteren) schleichenden Verlängerung des therapiefreien Intervalls bei Notfällen im Wald. Zugleich soll das modifizierte Rettungskonzept sicherstellen, dass sich das therapiefreie Intervall nicht signifikant verlängert, wenn kein Lotse zur Verfügung steht. Um die betriebliche Flexibilität zu fördern, muss das Rettungskettenkonzept zudem sicherstellen, dass die Forstbetrieben situationsbedingt auch Zwei-Personen-Arbeitsgruppen einsetzen können, ohne dass die Effektivität der Rettungskette eingeschränkt wird. Auch der zunehmenden Zahl der im Wald arbeitenden Forstunternehmer und Selbstwerbern soll Rechnung getragen werden, indem ihnen offen gestellt wird, sich in das Rettungssystem einbinden zu lassen. Erreicht werden sollen diese Ziele durch die Verkürzung der Meldefrist und eine verbesserte Navigationsgrundlage für die Rettungskräfte.

Grundvoraussetzung für eine Navigation ist die Kenntnis über die genaue Lage des Zieles, sprich des Notfallortes. In diesem Zusammenhang ist ein aufgrund seiner Bedeutung für die Rettungskette Forst nicht zu versäumender Innovationsschub der in Deutschland schnell vorschreitende Ausbau der GPS-Ortungstechnik, die vermutlich schon in wenigen Jahren ganzflächig in Deutschland angewendet werden wird. Die bereits marktverfügbaren Mobiltelefone mit GPS-Empfängern bieten gegenüber den herkömmlich in Zwei-Personen-Gruppen eingesetzten Mobiltelefonen den Vorteil, dass die genauen Koordinaten des Unfallortes ermittelt werden können. Sie versetzen den Leitstellendisponenten in die Lage, den Notfallort auf wenige Meter genau einzugrenzen und liefern damit die Voraussetzung für die Auswahl eines geeigneten Einsatzmittels und die Ausarbeitung einer geeigneten Anfahrtroute.

Um zu gewährleisten, dass der Notfallort in kürzester Zeit von Rettungskräften erreicht wird, benötigt der Disponent sowohl die genaue Position des Notfallortes, wie auch die momentanen Positionen der potentiell in Frage kommenden Rettungsfahrzeuge. Mit Hilfe der bislang nur in wenigen Leitstellen verwendeten GPS-gestützten digitalen Flottenmanagementsysteme können automatisch die Positionen aller in das System eingebundenen Fahrzeuge über das GSM-Mobilfunknetz abgefragt und ein geeignetes, in der Nähe des Notfallortes befindliches Einsatzmittel vorgeschlagen werden. Die Disposition und die Anfahrzeiten lassen sich dadurch beschleunigen.

Neben dem Start- und Endpunkt wird zur Auswahl einer geeigneten Route, ebenso wie zur Orientierung bei der Anfahrt, detailliertes digitales oder analoges Kartenmaterial benötigt. Weithin werden Navigationssysteme in Kombination mit Navigationskarten, die auch das nichtöffentliche Waldwegenetz sowie die Zuwege detailliert darstellen, als geeigneter Behelf für diese Situation angesehen. Mit der von der Fa. Logiball GmbH entwickelten Navigationskarte „Forst NRW“ steht erstmalig eine solche, die Waldwege integrierende Navigationsgrundlage zur Verfügung. Doch erst im Zusammenhang mit dem Ausbau der GPS-Ortungstechnik kann das Potential der Navigationssysteme ausgeschöpft werden. Dieser Mehrnutzen stellt einen Investitionsanreiz dar und wird die Aufrüstung der Einsatzfahrzeuge mit Navigationssystemen noch beschleunigen.

Die für die Erhebung der forstspezifischen Navigationsdaten notwendige Datenspezifikation ist im Jahr 2005 vom KWF fertig gestellt worden. Zurzeit erfolgt bundesweit die Ersterfassung und Attributierung der Wald- und Feldwege. Eine Vorreiterrolle kommt dem Bundesland Nordrhein-Westfalen zu. Hier wird seit 2005 eine Navigationslösung für die Holz- und Forstwirtschaft angeboten, deren Datenspezifizierung in Anlehnung an den vom KWF entwickelten GeoDat-Standard erfolgte. Angesichts der fortschreitenden Fusion und Ausbau der Leitstellen zu integrierten Leitstellen wird eine Ortskenntnis des Disponenten speziell in den abgelegenen Bereichen immer unwahrscheinlicher. Detaillierte Karteninformationen können dieses aus der Zentralisierung resultierende Defizit auffangen. Trotz des Mehrnutzens der Navigation- und Flottenmanagementsysteme wie auch des detaillierten Kartenmaterials wird deren Integration in den Rettungsprozess wohl nur in wenigen Fällen zeitnah und kaum flächendeckend realisiert werden. Das langsame Tempo der Strukturreformen sowie die schlechte finanzielle Lage der Länder und Kommunen als Träger des Rettungsdienstes stehen den pragmatischen Lösungskonzepten im Wege.

Das modifizierte Rettungskonzept sieht daher, analog dem von der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft für die alleinarbeitenden Forstunternehmern entwickelten Rettungskonzept, die Integration einer Notrufzentrale in die Rettungskette vor, damit dort dank spezieller für den mobilen Notruf ausgelegter Leitstellentechnik und Kartensoftware der zuständigen Leitstelle die erforderlichen Informationen bedarfsgerecht zusammengestellt werden können. Für eine Bearbeitung der Forstnotrufe durch eine Notrufzentrale spricht auch der Umstand, dass durch die gehäuft eingehenden Forstnotrufe ein Übungseffekt eintritt, der dem Disponenten eine routinierte Einsatzbearbeitung ermöglicht. Im Hinblick auf den vergleichsweise geringen Anteil von Forstunfällen innerhalb des Zuständigkeitsgebietes einer Leitstelle ist ein solcher Übungseffekt nicht zu erwarten. Zudem bieten geringe Einsatzaufkommen in der einzelnen Leitstelle keinen Anreiz für die Bereitstellung einer Schnittstelle sowie spezieller Hardware- und Softwarekomponenten. Die hierfür aufzuwendenden finanziellen Mittel, müssten auf die wenigen Kunden umgesetzt werden, wodurch für diese das Konzept an Attraktivität verlöre. Die Aufschaltung der Meldeeinrichtungen auf eine überregional zuständige Überwachungszentrale ist somit eine geeignete Option, um seitens der Forstorganisationen zu vertretbaren Kosten auf eine Optimierung der Rettungskette hinzuwirken.

Durch die Erweiterung der Meldeeinrichtungen mit passiven Alarmgebern ist sichergestellt, dass weitere Personen im Notfall alarmiert werden. Zu unterscheiden ist zwischen einer direkten Alarmierung weiterer Personen über ein Gruppenkommunikationssystem oder die indirekte Alarmierung weiterer Personen durch eine Notrufzentrale. Ein Austausch der zur Zeit als Meldeeinrichtungen verwendeten Handys gegen GPS-gestützte Mobiltelefone mit integrierten passiven Alarmgebern ermöglicht eine unverzügliche Initiierung der Rettungskette und eine exakte Lokalisierung der verunfallten Personen. Die Reduzierung des therapiefreien Intervalls soll durch eine weitgehend automatisierte Informationsbearbeitung und -distribution sowie eine Einsatzunterstützung der Rettungskräfte und zuständigen Leitstellendisponenten durch eine Forstnotrufzentrale gewährleistet werden.

In dem nachfolgend vorgestellten Konzeptentwurf einer optimierten Rettungskette Forst wird die zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Jahr 2002) verfügbare bzw. umsetzbare Technik unter Berücksichtigung der sich abzeichnenden Entwicklungstrends miteinander kombiniert.

4 Konzept einer innovativen Rettungskette

4.1 Mehr Sicherheit durch multifunktionale Meldeeinrichtungen

4.1.1 Produktbeschreibung

Ein Ergebnis der Systemanalyse ist die Hypothese, dass sich durch Meldesysteme, die sowohl eine GPS-Ortung als auch eine passive Alarmauslösung erlauben und eine Schnittstelle zur Aufschaltung auf eine Notrufzentrale aufweisen, die Absicherung der im Wald arbeitenden Menschen wesentlich verbessern ließe. Notrufzentralen weisen jedoch gemeinhin kein geografisch eng begrenztes Versorgungsgebiet auf; mitunter kann sich der Wirkungskreis auch auf das ganze Bundesgebiet erstrecken. Die daraus resultierenden weiten Übertragungswege des Notrufes vom Meldesystem zur Notrufzentrale können lediglich durch GSM-Mobilfunkgeräte bewerkstelligt werden.

Einer eigenen Marktanalyse zufolge, standen derartige, speziell für die Waldarbeit konzipierte Meldesysteme aber nicht zur Verfügung. Seitens der Industrie bestand angesichts des verhältnismäßig kleinen potentiellen Nutzerkreises kein Interesse an der Entwicklung vornehmlich auf die Forstwirtschaft zugeschnittener Meldeeinrichtungen. Eine eigene Auftragsvergabe zur Entwicklung eines Prototyps wurde angesichts des hohen finanziellen Aufwandes nicht in Betracht gezogen. Stattdessen musste für die Untersuchung der Praxistauglichkeit der modifizierten Rettungskettenvarianten ein Produkt ausgewählt werden, welches die genannten Funktionalitäten aufwies und auch weitgehend den besonderen Witterungs- und Einsatzbedingungen während der Waldarbeit standzuhalten versprach.

Die finnische Firma Benefon Oyj nahm zum Zeitpunkt der Produktauswahl eine Vorreiterrolle in dem Marktsegment „GPS-Mobiltelefone“ ein und offerierte Systemlösungen für den Personenschutz. Zudem signalisierte die für die Distribution der Benefon-Produkte in Deutschland und Österreich zuständige Firma Presentec GmbH, die über eine eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung verfügt, von vornherein großes Interesse an dem Projekt sowie ihre Bereitschaft, bei ausreichend großer Nachfrage geeignete Adaptionen der Standardmodelle in Hinblick auf die besonderen Anforderungen in der Waldarbeit vorzunehmen.

Aus der Produktpalette entsprach am ehesten das Modell *Benefon Track Pro* den Anforderungen (s. Abbildung 14). Es ist das weltweit erste tragbare Dualband-GSM-Mobiltelefon mit GPS-Empfänger, das durch Bedienung einer hervorstehenden Notruftaste eine sofortige Notrufabgabe mit paralleler Versendung eines Datentelegramms mit den aktuellen Positionskoordinaten, der Zeit sowie der Geschwindigkeit und dem Kurs des Notrufenden an eine vom Nutzer des Benefon-Gerätes autorisierte Überwachungszentrale erlaubt. Die sicherheitsrelevanten Prozeduren werden in dem sich anschließenden Kapitel 4.1.2 im Einzelnen erläutert. Die Reihenfolge der dabei übertragenden Informationen ist durch ein Telematik-Protokoll (Mobile Phone Telematics Protocol, MPTP) spezifiziert, das das Format und den Austausch der Daten zwischen dem GPS-Mobiltelefon und der Zentrale regelt. MPTP ermöglicht das Verfolgen (Tracking), aber auch die einzelne Abfragen der aktuellen Standortkoordinaten des Telefons

über eine SMS-Kommunikation. Der Datenaustausch erfolgt hierbei ausschließlich an bevollmächtigte Organisationen oder Personen, deren Rufnummern in einem Untermenü vom Benutzer gespeichert worden sind. Sichergestellt werden soll die exakte Positionsbestimmung durch einen Hochleistungs-GPS-Empfänger in 12-Kanaltechnik.



Abbildung 14: Das Notrufsystem Benefon Track Pro

Laut Konstruktionsbeschreibung ist das Gerät stoß- und spritzwassergeschützt. Die großen Tasten des Bedienungsfeldes sollen auch eine Bedienung mit Handschuhen erlauben. Bei Bedarf können auch ein Bewegungssensor implementiert werden, der als willensunabhängiger Schalter die Notfallfunktion in der Meldeeinrichtung auslösen kann, wenn sich der Träger des Gerätes über einen bestimmten Zeitraum (Auslösezeit) nicht mehr bewegt. Vor Alarmierung der Zentrale oder weiterer Personen wird zunächst ein Voralarm ausgelöst, während dem der Nutzer die Alarmprozedur noch abbrechen kann. Zum Beginn der ersten Eignungstests wurde der Voralarm ausgelöst, wenn der Bewegungssensor zwei Minuten keine Bewegung registriert hatte. Dieser konnte nur auf maximal zehn Sekunden eingestellt werden. Der Bewegungssensor war über die serielle NMEA-Schnittstelle (National Marine Electronics Association) am Benefon Track Pro angeschlossen und benötigte keine eigene Batterie. Fehler in der Elektronik wurden beim Start durch einen Selbsttest erkannt.

Als Schwachstellen dieses Systems wurden von vornherein die zu knapp bemessene Voralarmzeit, die einen rechtzeitigen Abbruch eines Fehlalarms in Frage stellte, sowie die bruchgefährdete Verbindung von Mobiltelefon und Bewegungssensor moniert. Die Fa. Presentec GmbH integrierte daraufhin den Bewegungssensor in die Akkuschaule und bot beim nächsten Softwareupdate die Option, den Bewegungssensor individuell abzustimmen und die Voralarmzeit auf 30 Sekunden zu verlängern.

4.1.2 Beschreibung der einzelnen Prozeduren

4.1.2.1 Notrufprozedur

Der Notruf wird aktiv durch Betätigen der SOS-Taste oder passiv durch den Bewegungssensor ausgelöst. Die Nummer der Notrufzentrale ist zuvor zu definieren. Da die Telefonnummer der Notrufzentrale nicht der 112 entspricht, ist das Einlegen einer SIM-Karte (*Subscriber Identification Module*) erforderlich. Wenn die SOS-Taste nur für Notrufe verwendet wird, kann auch festgelegt werden, wie die Taste zu drücken ist (zweimal kurz oder einmal lang), um einen Notruf als solchen zu identifizieren. Hierdurch kann schon im Vorfeld ein ungewolltes Auslösen der Notfallprozedur verhindert werden. Wird dennoch ein Fehlalarm ausgelöst, kann während einer zuvor definierten Abbruchzeit das Senden der SOS-Mitteilung durch Tastendruck verhindert werden.

Im Menü „Einstellungen“ können individuell die Klang- und Display-Einstellungen vor und während des Notrufs eingestellt werden. Auch die Notruftöne, die Lautstärke und andere Optionen wie Rufmodus, Vibration, Freisprechen und Anzeigen lassen sich regeln. Das Mobiltelefon ist mit einem Freisprechmodus ausgestattet, der eine Gesprächsführung erlaubt, ohne dass der Hörer an das Ohr bzw. das Mikrofon in Mundnähe gehalten werden muss. Dies ermöglicht es auch der Notrufzentrale, bei einem eingehenden Notruf in die nähere Umgebung des Mobiltelefons hineinzuhören. Die Notrufzentrale kann das alarmanlösende Gerät auch zurückrufen und die Freisprechanlage automatisch anschalten.

Parallel zum Aufbau einer Sprachverbindung wird zeitgleich eine SOS-Mitteilung via SMS mit den Standortkoordinaten der aktuellen Position versandt. Ist die Satellitenverbindung zu diesem Zeitpunkt unterbrochen, werden die zuletzt berechneten Koordinaten mit einem Zeitstempel übermittelt.

Ist zuvor im Menü „Telematikeinstellung“ die Option „Notrufmeldung-Bestätigung“ aktiviert worden, sendet das *Track Pro* die SOS-Mitteilung so oft, bis es von der Notrufzentrale eine Empfangsbestätigung erhält. Das Telefon gibt einen akustischen Alarm ab, bis der Anruf entgegengenommen wurde.

In einem Untermenü lassen sich fünf Notrufnummern hinterlegen, die bei einer Alarmauslösung entsprechend der angegebenen Reihenfolge angewählt werden. Dies ermöglicht auch die Alarmierung weiterer Gruppenmitglieder per SMS oder Anruf (BENEFON OYJ, 2002).

4.1.2.2 Statusmitteilungen

Statusmitteilungen sind vorgefertigte Texte, die aus einem Menü ausgewählt und per Tastendruck im Regelfall an eine Zentrale versendet werden. Statusmitteilungen dienen der Absicherung von Personen sowie der Koordination von Arbeitsprozessen.

Voraussetzung für diese Funktion ist eine entsprechende Konfiguration des Benefon *Track Pro* als Statustelefon. Die SOS-Taste übernimmt in diesem Fall eine Doppelfunktion. Wird die Tas-

te drei Sekunden lang gedrückt, wird die Notrufprozedur ausgelöst. Wird die Taste dagegen nur kurz bedient, so wird ein Statusmitteilungs-Menü angezeigt; die entsprechende Statusmitteilung kann ausgewählt und optional noch mit einem Zusatztext versehen werden.

4.1.2.3 Telematik-Funktionen

Wenn die „Trackingfunktion“ aktiviert ist, wird die aktuelle Position regelmäßig an eine autorisierte Zentrale gesendet. Das Tracking kann wahlweise auch von der Notrufzentrale vorgenommen werden, d. h. dass der Mobiltelefonbesitzer in diesem Fall keinen Einfluss auf die Einstellungen hat. Intervall und Dauer des Trackings können definiert werden.

Die Telematikfunktion „Zustandsüberprüfung“ erlaubt eine zusätzliche Absicherung von Personen. Bei dieser Funktion handelt es sich um eine Art Zeitschaltung zur periodischen Überprüfung der Aktivitäten. Wenn die überprüfte Person nicht in der erwarteten Weise reagiert, wird das Service-Center über die fehlende oder inkorrekte Antwort informiert und verfährt dann nach einem mit dem Kunden vereinbarten Handlungsschema. Die Zustandsüberprüfung kann vom Kunden aktiviert und deaktiviert werden. Er bestimmt auch Dauer und Intervall der Zustandsüberprüfung. Über eine Zeitschaltung kann das Mobiltelefon selbst dann zu einem definierten Zeitpunkt automatisch aktiviert werden, wenn dieses ausgeschaltet ist.

Die Telematikfunktion „Zustandsüberprüfung“ ermöglicht somit eine Absicherung von Alleinarbeitern selbst für den Fall, dass das GPS-Mobiltelefon durch eine äußere Gewalteinwirkung zerstört wird. Als Zeichen der Aktivierung der Telematikfunktion erhält der Kunde eine Bestätigung von der Zentrale.

Hat der Benutzer des Benefon-Gerätes die Notrufzentrale autorisiert, wird bei einer von dieser per SMS gesendeten Positionsabfrage automatisch eine Mitteilung im Telematik-Protokoll MPTP zurückgesandt.

4.1.2.4 Routeneinstellung

Das Benefon *Track Pro* bietet zwei Möglichkeiten, eine Routenliste zu laden. Der Mobiltelefonbesitzer kann sich entweder mit Hilfe der BeneWin Pro-Software selbst eine Route am PC erstellen und diese auf das Mobiltelefon übertragen oder die Liste von Wegepunkten wird von einer autorisierten Zentrale zugesendet.

Ist die Route aktiviert, kann der Mobiltelefonbesitzer mit Hilfe von GPS-Navigationsanzeigen (Kompass und Entfernungsangabe) die einzelnen Punkte der Routingliste ablaufen.

4.1.3 Referenzen

Erfolgreich wird das Benefon *Track Pro* bereits bei der Deutschen Bahn und bei der Fa. Stora Enso eingesetzt. Die Deutsche Bahn hat ihre „Interventionskräfte“ mit Mobiltelefonen der

Fa. Benefon ausgestattet, mit denen diese im Notfall einen aktiven oder passiven Notruf absetzen oder Statusmeldungen per SMS verschicken können. Bei der Deutschen Bahn gehen alle Meldungen an eine 3-S-Zentrale (Service, Sicherheit und Sauberkeit). Die GPS-Positionsgenauigkeit liegt nach Aussage von SCHMIDT (2002) bei rund fünf Metern.

NÄRÄNEN (2002), Salesmanager bei der Firma MSLocation (Finnland) hat der Firma Stora Enso das Leitstellensystem „MobiNex-Positionierungssystem“ geliefert. Das System wird in Nord-Finnland eingesetzt, wo Forstwirte auch am Wochenende allein arbeiten. Mit den Benefon-Geräten können die Forstarbeiter Statusnachrichten oder SOS-Meldungen an die Leitstelle senden. Die Forstarbeiter melden sich jeden Tag zu Arbeitsbeginn mit einer Statusnachricht an und bei Arbeitsende wieder ab. Somit ist der Arbeitsort des Forstarbeiters bekannt und es kann sichergestellt werden, dass er wieder sicher zu Hause angekommen ist. Meldet sich der Waldarbeiter am Abend nicht ab, so wird er vom Kontrollzentrum angerufen. Die GPS-Genauigkeit gibt NÄRÄNEN mit +/-10 Meter an.

4.2 Ausgestaltung einer Forstnotrufzentrale

4.2.1 Aufgabe der Forstnotrufzentrale

Das Potential der Benefon-Geräte und der von Alleinarbeitern eingesetzten Personen-Notsignal-Anlagen kann nur in Kombination mit einer überregional zuständigen Notrufzentrale ausgeschöpft werden, die speziell auf diese Meldeeinrichtungen abgestimmte Schnittstellen bereitstellt und sich durch die speziell auf Forstnotrufe abgestimmte Funktionalitäten sowie das Datenmanagement erheblich von den bereits etablierten Notrufzentralen unterscheidet. Dieses private Dienstleistungsunternehmen übernimmt im Rettungsprozess gewissermaßen eine Maklerrolle, in der sie gemäß der schriftlichen Anweisungen seiner Kunden die für den Unfallort örtlich zuständige Leitstelle und einen vom Kunden definierten Personenkreis alarmiert und mit rettungsrelevanten Informationen bei der Einsatzbearbeitung bzw. bei den Rettungsmaßnahmen unterstützt. Generell benötigt die zuständige Leitstelle zur Einsatzbearbeitung und Auswahl geeigneter Einsatzfahrzeuge den Namen der alarmauslösenden Person sowie möglichst präzise Angaben zum Unfallort, der Anzahl der Verunfallten und der Schwere der Verletzungen.

Für eine schnelle Auswahl geeigneter Einsatzmittel müssen sich die örtlich zuständigen Leitstellendisponenten zunächst einen Überblick verschaffen, in welcher Gemeinde bzw. welchem Gemeindeteil der Unfallort liegt. Wird ihnen diese Information bereits von der Notrufzentrale übermittelt, ließe sich die Bearbeitungszeit in der Leitstelle verkürzen.

Die WGS84-Koordinaten des Unfallortes, welche die Notrufzentrale mit der eingehenden Notruf-Mitteilung erhält, geben zwar eine präzise Information über die Lage des Unfallortes, die aber aus Gründen technischer Restriktionen oder wegen unzureichender Einsatzmittel von vielen Leitstellen nur in eingeschränktem Maße genutzt werden kann. Lediglich wenn die Einsatzfahrzeuge der örtlich zuständigen Leitstelle mit Navigationssystemen inklusive einer navigationsfähigen Kartenbasis, die auch die Waldwege umfasst, versehen sind, reichen der Fahr-

zeugbesatzung für das Auffinden des Unfallortes die Koordinaten im WGS84-Format aus. Einsatzfahrzeuge ohne Navigationssystem können mit Hilfe nachfolgend beschriebenen detaillierten analogen Rettungskarten ebenfalls den Unfallort im Wald direkt anfahren. Da insbesondere die Besatzungen von Rettungsfahrzeugen nur geringe Erfahrung und Übung in der Kartenkunde aufweisen, müssen diesen neben den Koordinaten weitere Informationen durchgegeben werden, die Ihnen eine Anfahrt zum Unfallort ermöglichen. Hilfreich ist in diesem Fall eine von der Notrufzentrale erarbeitete Routenbeschreibung vom zugehörigen Rettungspunkt zum Unfallort.

4.2.2 Datenmanagement

4.2.2.1 Beschaffung der rettungsrelevanten Geodaten

Der Nutzen der in der Notrufzentrale berechneten Route ist eng an die Aktualität der als Navigationsgrundlage vorhandenen Daten gekoppelt. Es bedarf daher einer Strategie, die eine stetige oder zumindest in Intervallen erfolgende Datenaktualisierung im Geodaten- und Datenbankserver der Notrufzentrale ermöglicht.

Eine Option ist die in regelmäßigen Abständen erfolgende Aktualisierung des Datenbestandes durch ein Dienstleistungsunternehmen, das die benötigten Geo- und Fachdaten von verschiedenen Anbietern anfordert, kundengerecht zusammenstellt und auf einem Datenträger aushändigt. Diese Variante bietet sich für eine Notrufzentrale an, die aus Sicherheitsgründen mit einem autarken System ohne Schnittstellen ins Internet arbeitet.

Eine weitaus höhere Aktualität der Geo- und Fachdaten ließe sich gleichwohl durch webbasierte Lösungsmodelle erzielen. So kann der Server der Notrufzentrale beispielsweise über eine geschützte Schnittstelle mit einer als Geoportal und Sachdatenserver fungierenden Internet-Plattform verbunden werden, von der mittels eines Web-Service über internetbasierte Protokolle die benötigten Geo- und Fachdaten direkt von den Servern einzelner Geodatenanbietern abgefragt und an die Notrufzentrale übertragen werden (s. Abbildung 15).

Diese Konzeption fügt sich schlüssig in das von Bund, Länder und Kommunen protegierte Verbundvorhaben „Geodateninfrastruktur in Deutschland“ (GDI-DE) ein, das den Aufbau einer internetbasierten Architektur anstrebt, welche eine Vernetzung der dezentral gespeicherten Geodaten und Geodienste sowie die Interoperabilität der verschiedenen Systeme sicherstellen soll. Hierdurch wird es den Nutzern der Geodienste (Verwaltungen, Firmen) künftig ermöglicht werden, aktuelle raumbezogene Daten unterschiedlicher Hierarchieebenen und mit unterschiedlichem Fachbezug bedarfsgerecht miteinander zu verschneiden (GDI, 2007).

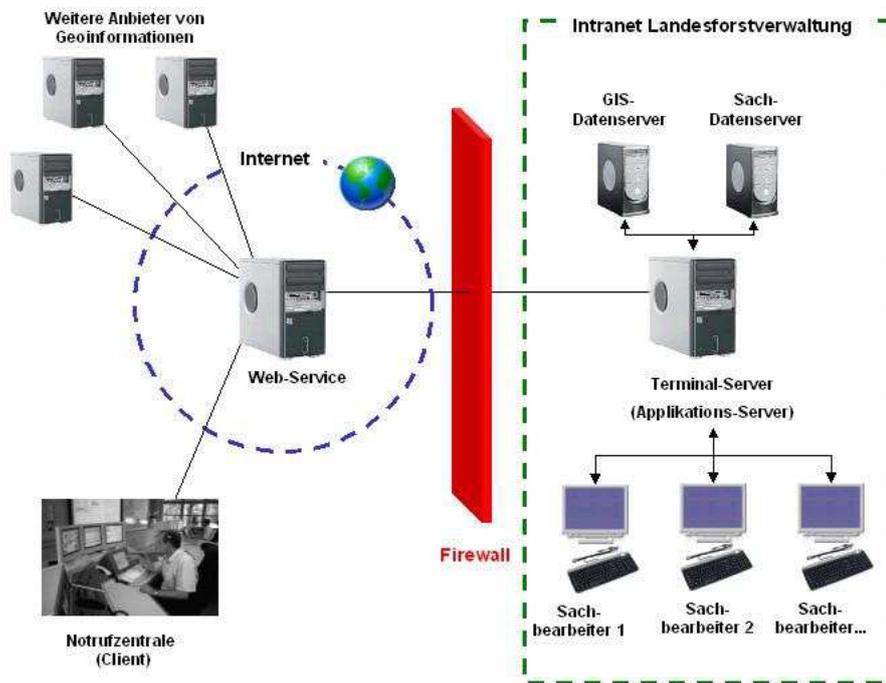


Abbildung 15: Aktualisierung der Geo-Informationen in der Notrufzentrale über einen Web-Service

Letztlich ist auch ein direkter Datenaustausch zwischen dem Server der Notrufzentrale und dem Server einer Forstorganisation über einen VPN-Tunnel (Virtual Privat Network) denkbar (s. Abbildung 16).

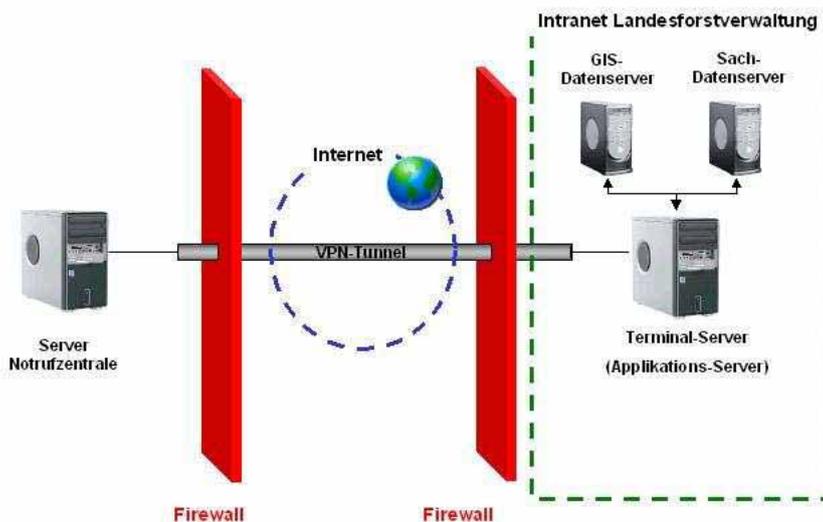


Abbildung 16: Direkter Datenaustausch zwischen dem Server der Notrufzentrale und dem Server einer Forstorganisation (Beispiel) über einen VPN-Tunnel

4.2.2.2 Bereitstellung der rettungsrelevanten Informationen

Durch die wechselnden Einsatzorte bzw. Aufenthaltsorte der Forstwirte, Forstunternehmer oder weiterer Personenkreise, die die Dienste der Forstnotrufzentrale in Anspruch nehmen, können Zuständigkeitsgrenzen des Rettungsdienstes überschritten werden. Hinzu kommt, dass infolge mitunter wechselnder Arbeitsgruppenezusammensetzungen sich auch neue Konstellationen der Personenkreise ergeben, die bei einem Notfall zu alarmieren sind. Durch das nachstehend erläuterte Datenmanagement soll sichergestellt werden, dass dem Disponenten in der Notrufzentrale immer die notwendigen Kontaktdaten der für den Unfallort zuständigen Leitstelle sowie der potentiellen Ersthelfer zur Verfügung stehen.

Die Kontaktdaten der im Notfall zu alarmierenden Personen und Organisationen, die zusammen den Rettungskontext darstellen, können von autorisierten Personen des Forstbetriebes für jeden betriebszugehörigen Forstwirt (Regiearbeiter) via Inter- oder Intranet auf einer zentralen Datenbank hinterlegt und bei Bedarf geändert werden. Die Informationen werden vom System der Notrufzentrale regelmäßig heruntergeladen und in der eigenen relationalen Datenbank als Tabelle „Rettungskontext“ abgelegt. Relationale Datenbanken sind Programme, welche die in Tabellen (Relationen) abgespeicherten Daten verwalten und die Datensätze verschiedener Relationen über Schlüsselattribute miteinander in Beziehung setzen (KNORZ, 1997).

Die Tabelle 4 enthält einen exemplarischen Datensatz aus der Relation „Rettungskontext“ für den Forstwirt „Sägestumpf“.

Tabelle 4: Musterdatensatz aus der Relation „Rettungskontext“

Attribut	Wert
Mobilfunknummer (Benutzer-ID)	01731234567
Name des Besitzers	Sägestumpf
Forstamts-ID	20
Tel. Kollege 1	01731234568
Name Kollege 1	Baumum
Tel. Kollege2	01731234569
Name Kollege2	Wildschreck
Tel. Revierleiter	01731234570
Name Revierleiter	Rombach
Tel. Forstamt	012341111
Fax Forstamt	012341110
Forstamt	Finsterwald

Bei einem in der Notrufzentrale eingehenden Notruf wird auch die Mobiltelefonnummer des Anrufenden übermittelt und eine einfache Relation erzeugt, in welche die Mobiltelefonnummer eingelesen wird. Das Relationale Datenbanksystem der Notrufzentrale ruft über das Schlüsselattribut „Mobiltelefonnummer“ denjenigen Datensatz aus der Relation „Rettungskontext“ ab,

der einen identischen Attributwert aufweist. Hierdurch stehen dem Disponenten alle Kontaktdaten potentieller Rettungshelfer für den identifizierten Anrufer zur Verfügung (s. Abbildung 17).

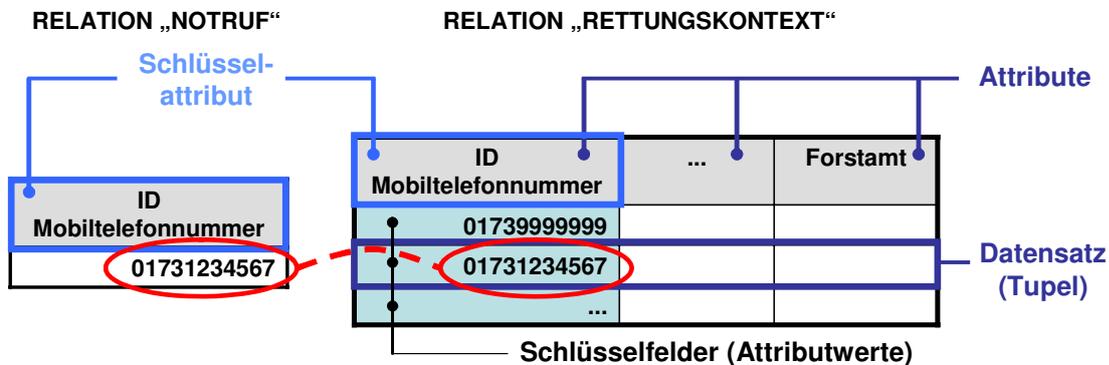


Abbildung 17: Abruf des Rettungskontextes über einen eindeutigen Wert des Schlüsselattributes

Verglichen mit den Forstwirten sind Fuhr- und Rückeunternehmer sowie Forwarder- und Harvesterfahrer nur selten in Arbeitsgruppen integriert. Durch häufige Ortswechsel ändert sich ständig der Personenkreis der potentiellen Rettungshelfer. Dies schließt eine manuelle Laufenthaltung von personenbezogenen Informationen aus und erfordert eine alternative Methode, um potentielle Rettungshelfer zu identifizieren und zu alarmieren.

Die mit einem GIS erzeugten Karten setzen sich vorwiegend aus mehreren Kartenlayern (Kartenebenen) zusammen, die jeweils spezifische thematische Inhalte haben. Durch ein als Geokodierung bezeichnetes Verfahren kann die Lage von einzelnen Objekten eines Layers innerhalb eines Koordinatensystems eindeutig verortet werden. Zudem ermöglicht es die exakte Überlagerung der einzelnen Kartenebenen.

Mit jedem Objekt eines Kartenlayers sind wiederum Sachdaten verknüpft - die Objektattribute. Die meisten Geoinformationssysteme weisen Funktionen zum Verschneiden mehrerer Layer einschließlich der zugehörigen Objekte auf. Die sich aus der Verschneidung ergebene Vereinigungsmenge enthält dann alle Attribute der verschnittenen Objekte. Veranschaulicht wird diese Methode mit Hilfe der Abbildung 18.

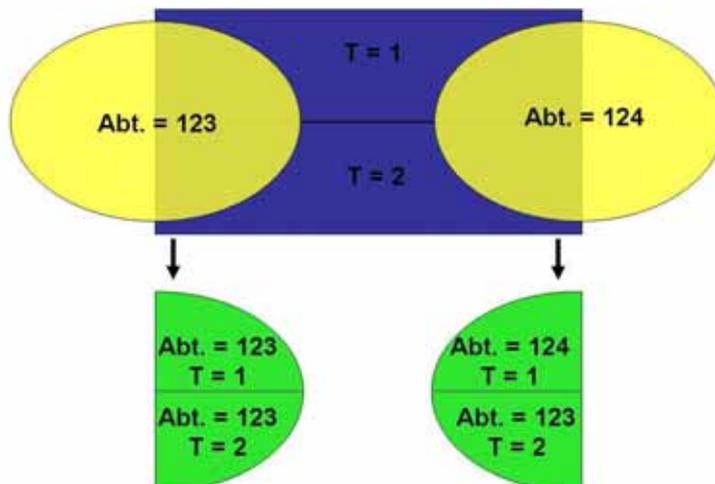


Abbildung 18: Aggregation der Geoinformationen durch Objektverschneidung

Die in der Abbildung 18 gelb hinterlegten Abteilungen (Überlagerungsthema) haben für das Attribut A die Werte 123 und 124. Diese sind mit den beiden blau dargestellten Objekten des Gebietslayers Rettungspunkt (Eingangsthema) verschnitten, die jeweils das Attribute B mit den Werten T 1 bzw. T 2 beinhalten. In die sich aus der Verschneidung ergebenden vier neuen Objekte (Ausgangsthema) werden jeweils die Attribute der beiden zur Schnittmenge gehörenden thematischen Objekte übernommen. Werden alle in der Tabelle 5 aufgeführten Layer verschnitten, stehen kleinflächig die wesentlichen rettungsrelevanten Daten zu Verfügung.

Tabelle 5: Gebietslayer mit rettungsrelevanten Daten

Gebietslayer	Rettungsrelevante Objektdaten	Lieferant der Objektdaten
Abteilung	Abteilungsnummer	Forstorganisation
Rettungspunkt	Nummer, WGS84-Koordinaten, Ortsbezeichnung, Anfahrtsbeschreibung	Forstorganisation
Ortsteil	Gemeindenname, Ortsteilname	Vermessungs- und Katasterverwaltung
Revierförsterei	Name der Revierförsterei, Festnetz- und Mobilfunknummer des Revierleiters	Forstorganisation
Forstamt	Forstamts-ID, Name des Forstamtes, Fax- und Festnetznummer	Forstorganisation
Leitstelle	Name der Leitstelle, amtliche Ruf- und Faxnummer	Geodatenanbieter

Ein Benefon-Gerät oder eine Personen-Notsignal-Anlage versendet mit der Notruf-Mitteilung auch die Koordinaten des Unfallortes. Die Position des Verunfallten lässt sich dadurch eindeutig einer aus der Verschneidung resultierenden Teilfläche zuordnen, deren Sachdaten wesentliche rettungsrelevante Informationen enthalten. Die ebenfalls zu diesen Objektattributen zählende Forstamts-ID dient wiederum als Schlüssel zur Identifikation weiterer potentieller Rettungshelfer aus dem Kreis der zum Forstamt zählenden Regiearbeiter – vorausgesetzt, die Forstwirte sind wie in dem aufgezeigten Beispiel (vgl. Tabelle 4) durch ein gleich lautendes Attribut einem Forstamt eindeutig zuzuordnen.

Durch eine von der Notrufzentrale initiierten Positionsabfrage können die aktuellen Aufenthaltsorte dieser Personen ermittelt und der Kreis der in Frage kommenden Rettungshelfer durch ein geeignetes Auswahlschema (z. B. Distanz vom Unfallort) weiter eingeschränkt werden. Nur diese ausgewählten Personen werden automatisch von dem Server der Notrufzentrale per SMS alarmiert und erhalten eine Route. Mit der Alarm-SMS wird der Empfänger auch darüber informiert, in welcher Abteilung der Unfallort liegt. Diese ihm vertraute Ortsangabe ermöglicht ihm eine schnelle Orientierung und die Bestimmung einer geeigneten Route zum Unfallort. Mit Hilfe der von der Notrufzentrale zugesendeten Zielkoordinaten und den Navigationsanzeigen auf dem Display des Benefon-Gerätes wird dem Forstwirt das Auffinden des Verunfallten innerhalb der Abteilung erleichtert.

Die Angabe der Abteilungsnummer bietet auch den Einsatzkräften der Feuerwehr und des Rettungsdienstes eine bessere Orientierung bei der Anfahrt zum Unfallort, wenn sie nicht von

einer ortskundigen Person gelotst werden. Verfügen sie über Kartenmaterial, das sowohl die Abteilungsnummern als auch Abteilungsgrenzen enthält, kann die Abteilungsnummer wie eine Zieladresse verwendet werden. Durch die Kenntnis der ungefähren Lage des Zieles lässt sich die von der Leitstelle übermittelte Anfahrtsbeschreibung wesentlich besser nachvollziehen, wodurch die Gefahr des Abweichens von der vorgehenden Route minimiert wird.

4.2.3 Notwendige Systemvoraussetzungen in der Notrufzentrale

Aus Sicherheitsgründen sind sowohl für das Leitstellensystem der Notrufzentrale als auch für den Server mit den Datenbanken Ausfallsicherungen zu schaffen. Hierzu müssen alle wichtigen Komponenten doppelt ausgelegt werden. Ein RAID-System (Redundant Array of Independent Disks) ist ein Verbund aus unabhängigen Festplatten, die laufend ihre Daten abgleichen. Werden zusätzlich redundante (d. h. funktional gleiche) Server auf verschiedenen Hosts (Rechner, auf denen die Server installiert sind) betrieben, kann die Funktionalität auch bei Ausfall einer Komponente gewährleistet werden. Zum Sicherheitskonzept gehören aber auch die Einrichtung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) und ein Ersatzstromerzeuger.

Um einen Datenaustausch mit den Benefon-Geräten zu ermöglichen, muss die Überwachungszentrale sowohl über eine Schnittstelle als auch über entsprechende Software verfügen. Eine effiziente und zügige Notrufbearbeitung erfordert neben einem zweckmäßigen Notrufabfrage- und Vermittlungssystem mit übersichtlichen Bedienmodulen auch einen Einsatzleit-rechner, der dem Disponenten standardisierte Arbeitsabläufe abnimmt.

Hierzu müssen die speziell geschulten Disponenten der Notrufzentrale durch erweiterte Datenerfassungsmasken und Programmroutinen, die eine schnellstmögliche Erfassung aller rettungsrelevanter Daten ermöglichen, unterstützt werden. Zur bedarfsgerechten und raschen Bereitstellung von Informationen müssen einige zusätzliche Hilfsmittel und Funktionen zu den standardüblichen Softwareelementen im Leitstellensystem der Notrufzentrale integriert werden. Die Systemvoraussetzungen sind nachfolgend skizziert:

- Visuelle und akustische Signalisierung eingehender Notruf-Mitteilungen
- Relationale Datenbank mit aktuellen, miteinander verschnittenen Geo- und Sachdaten sowie den personenbezogenen Rettungskontexten
- Applikation zum automatischen Einlesen aller gespeicherten rettungsrelevanten Information in die Datenerfassungsmaske gemäß dem im Kapitel 4.2.2.2 geschilderten Verfahren
- Alarmapplikation, Kommunikationssoftware und Anschluss an SMSC (Short Message Service Center) zur Benachrichtigung der potentiellen Rettungshelfer per SMS und Fax
- Funktionstaste zum automatischen Rückruf zum alarmauslösenden Notrufgerät und Aufbau einer Sprachverbindung über die Freisprecheinrichtung des Notrufgerätes
- Darstellung der Position des Notrufenden in einer digitalen Karte auf einem Monitor des für die Einsatzbearbeitung zuständigen Arbeitsplatzes

- Option zur manuellen Auswahl eines geeigneten Objektes aus dem durch die Verschneidung aller Layer (s. Tabelle 5) entstandenen Ausgangsthemas (vgl. Kapitel 4.2.2.2). Automatisches Einlesen der mit diesem Objekt assoziierten Sachdaten
- Option zur Änderung der aus der Datenbank ausgelesenen Daten
- GIS mit einem durchgängig routingfähigen Straßen- und Waldwegenetz
- Routingfunktion zur Berechnung des schnellsten Anfahrtsweges vom Rettungspunkt zum definierten Abstellplatz des Einsatzfahrzeuges
- Separates Textfeld für zusätzliche Anmerkungen des Disponenten bezüglich der Anfahrtsroute, des Anweges im Bestand oder der Lage des Unfallortes
- Programm zur Transformation der WGS84-Koordinaten in UTM- und Gauß-Krüger-Koordinaten
- Automatische Zusammenstellung aller in der Datenerfassungsmaske enthaltenen Informationen, inklusive einer automatisch generierten Anfahrtsbeschreibung, eines Kartenausschnittes, auf dem die Route erkennbar ist, und der Koordinatensätze. Über eine Funktionstaste wird die Versendung dieser Informationen per Fax an die zuständige Leitstelle initiiert

4.2.4 Gewährleistung des Qualitätsstandards

Zur Gewährleistung der Betriebsicherheit müssen die Applikationen und Datenbanksysteme der Notrufzentrale besonders geschützt werden. Die VdS Schadenverhütung GmbH – hervorgegangen aus den Technischen Abteilungen des Verbandes der Sachversicherer (VdS) und heute ein Tochterunternehmen des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft – erkennt Wach- und Sicherheitsunternehmen an und „dokumentiert deren hohe Qualität und Zuverlässigkeit von Produkten und Dienstleistungen“ (VdS, 2003). Die Richtlinien für die Anerkennung stellen hohe Anforderungen an die baulichen Einrichtungen, die kommunikationstechnische Ausstattung, die Energieversorgung und das Datenmanagement. Bei der Auswahl eines Sicherheitsunternehmens, das zukünftig als Forstnotrufzentrale fungieren soll, ist daher auf auch das Vorhandensein eines solchen oder adäquaten Sicherheitsnachweises zu achten.

4.3 Ausstattung der Rettungskräfte mit detaillierten analogen und digitalen Einsatzkarten

Für die Lokalisierung des Unfallortes im Wald sowie für eine Anfahrt ohne Lotsen benötigen die Rettungskräfte detailliertes und aktuelles Kartenmaterial, das je nach technischer Ausstattung der Einsatzfahrzeuge in analoger oder digitaler Form vorliegen muss. Bezüglich der Fertigung dieser Karten bieten sich mehrere Varianten an, die sich bereits heute oder aber kurzfristig umsetzen lassen.

So steht zu erwarten, dass im Rahmen der NavLog Initiative bereits 2008 Navigationsdaten zur Verfügung stehen, die nahezu bundesweit eine Fahrzeugführung auf dem öffentlichen Straßennetz und den nichtöffentlichen Waldwegen erlaubt (HAUCK, 2007). Mit Navigationssystemen ausgerüstete Einsatzfahrzeuge könnten dann bei Forstunfällen oder Katastrophenlagen mit Hilfe von Koordinatenangaben den Einsatzort autark anfahren.

Viele Einsatzfahrzeuge werden aber auch in naher Zukunft nicht mit Navigationssystemen bzw. mit einer erweiterten Navigationskartenbasis ausgestattet sein. In diesen Fällen sind analoge Rettungskarten in den Einsatzfahrzeugen als Einsatz- und Führungsmittel einzusetzen. Eine deutschlandweit oder zumindest innerhalb der einzelnen Bundesländer einheitliche Standardisierung der Karteninhalte ließe sich aber nur durch eine die Forstbetriebe und Waldbesitzarten übergreifende Koordinierungsstelle umsetzen. Das in Rheinland-Pfalz bereits mit der „Rettungskarte Rheinland-Pfalz“ realisierte Konzept (vgl. Kapitel 3.3.1.3.2.3) könnte den übrigen Bundesländern als Anhalt dienen. Neben der Fachthematik baut diese Rettungskarte in wesentlichen Teilen auf dem Digitalen Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) auf, das auch von den anderen Landesvermessungsämtern im Rahmen der Entwicklung eines Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) weitgehend realisiert wurde. Der noch andauernde Aufbau des ATKIS begann 1989 auf Beschluss der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) und wird von den Landesvermessungsämtern sowie dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) vorangetrieben. In Verbindung mit der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und dem Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) soll das ATKIS als drittes Kompartiment sicherstellen, dass die vormals in analogen Buch- und Kartenwerken archivierten Daten den Nutzern auch digital zur Verfügung gestellt werden können. In einer bundesweiten Ersterfassung wurde für das digitale Geländemodell (DGM) im Maßstab 1:25.000 rund 60 Objekten aus topographischen Karten digitalisiert. Jedes Objekt wird im Basis-DLM im Vektorformat durch seine räumliche Lage, seiner Geometrie, durch beigefügte Attribute sowie die Relation zu benachbarten Objekten beschrieben. Die zweite Stufe (Basis-DGM/2), in der 120 Objektarten digitalisiert werden, ist – bis auf das Bundesland Hamburg, mit einem Erfassungstand von 99 % – deutschlandweit abgeschlossen (vgl. BILL, 1999; BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE, 2007).

Neben der Erweiterung des Basis-DLM um weitere Objektarten und Attribute wird die zukünftige Hauptaufgabe in der regelmäßigen Aktualisierung der Daten im 5-Jahres-Turnus liegen. Darüber hinaus wird für ausgewählte Objektarten im Objektbereich „Verkehr“ eine Spitzenaktualität angestrebt. So sollen Bundesautobahnen, Bundesstraßen, Landstraßen und Kreisstraßen im Abstand von drei Monaten und Gemeindestraßen im Abstand von zwölf Monaten überprüft werden (AfGVK, 2008).

Die Topologien werden mittels eines als Standardisierungsgrundlage dienenden Objektartenkataloges gegliedert. Der Katalog ist hierarchisch aufgebaut und unterscheidet zwischen sieben Objektbereichen, die weiter in Objektgruppen und -arten unterteilt sind (vgl. Abbildung 19).

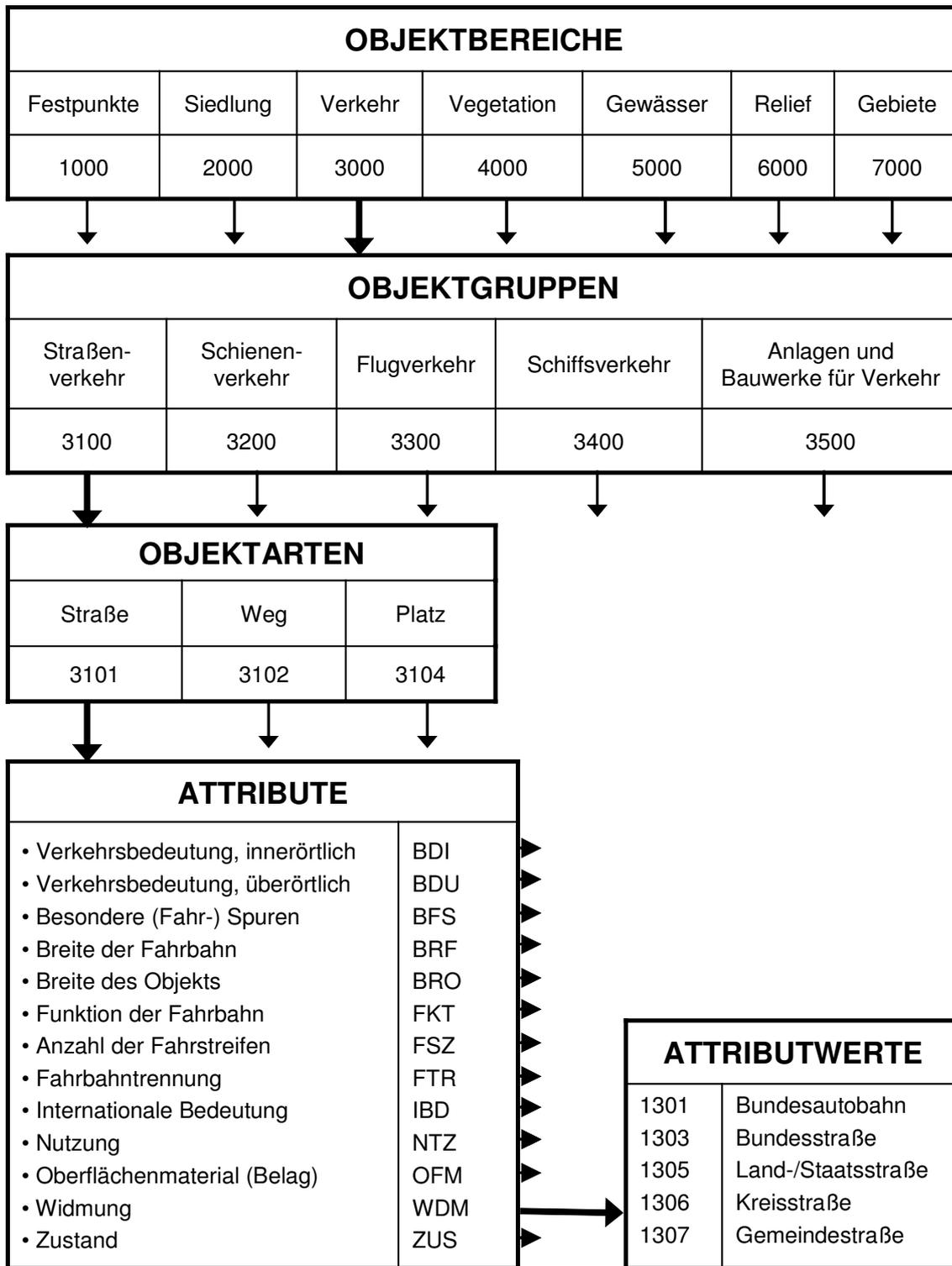


Abbildung 19: Aufbau des ATKIS-Objektartenkataloges

Die Fachthematik, die sich bislang maßgeblich auf den Staatswald von Rheinland-Pfalz beschränkt, soll in einer überarbeiteten Auflage um Anfahrtspunkte im Kommunal- und Privatwald sowie auf landwirtschaftliche Flächen erweitert werden. Die Aufsichts- und Dienstleistungsdi- rektion Rheinland-Pfalz ist diesbezüglich vom Ministerium des Innern und für Sport (ISM) be-

auftragt worden, ein Konzept für die Neukonzeption zu entwerfen. Bislang sind jedoch keine schriftlich

fixierten Entwürfe vorhanden. Angedacht ist die Erstellung eines Kriterienkataloges, anhand dessen beispielsweise die Befahrbarkeit der Anfahrtswege und die Qualität des Netzempfanges klassifiziert werden. Offen steht aber noch die Frage, welche Organisationen dereinst die potentiellen Anfahrtspunkte vorschlagen sollen und durch welche Organisationen die Abnahme erfolgt. Die Zusammenarbeit der verschiedenen Entscheidungsträger soll aber durch ein webbasiertes Management von Arbeitsabläufen erleichtert werden, das den einzelnen Akteuren genau determinierte Aufgaben innerhalb des Geschäftsprozesses zuweist (WOLF, 2007).

Die Beschaffungskosten der Rettungskarten werden in Rheinland-Pfalz von den einzelnen Verwaltungsebenen getragen. Das ISM finanziert die Ausstattung der Rettungsleitstellen und des amtlichen Rettungsdienstes mit analogen und digitalen Rettungskarten. Die Landkreise und die kreisfreien Städte statten die mit dem Katastrophenschutz betrauten Organisationen aus. Für die Ausrüstung der Feuerwehr sind die Gemeinden, die Landkreise oder die kreisfreien Städte die verantwortlich.

Ohne überregionale administrative Lenkung der Datenerhebung verbleibt den Forstorganisationen lediglich die Möglichkeit, die örtlich zuständigen Hilfsorganisationen mit selber erstellten Rettungskarten oder tabellarisch zusammengestellten rettungsrelevanten Informationen zu versorgen. Damit der Rettungs- oder der Anfahrtspunkt eindeutig identifizierbar ist, muss vor der Vergabe der Identifikationsnummer eine Absprache mit den anderen Forstorganisationen innerhalb des Zuständigkeitsgebietes der örtlichen Leitstelle erfolgen. Zusätzlich zu den Lagekoordinaten der Rettungspunkte kann auch eine Ortsbezeichnung sowie eine Anfahrtsbeschreibung hinzugefügt werden. Die meisten Leitstellensysteme erlauben die Eingabe und Hinterlegung dieser Informationen in einer Datenbank sowie die Darstellung der Rettungspunkte im digitalen Kartensystem.

Die Einsatzfahrzeuge, die über keine Navigationsgeräte verfügen, sind mit analogen Rettungskarten im Maßstab 1:25.000 auszustatten. Diese müssen mindestens folgende Informationen enthalten:

- Rettungspunkte mit eindeutigen Identifikationsnummern
- Waldwegenetz mit verschiedenfarbig hervorgehobenen eingeschränkt und unbeschränkt LKW-befahrbaren Wegen
- Höhenlinien
- Abteilungsnummern einschließlich der Abteilungsgrenzen
- UTM-Gitternetz
- Legende, mit den Ortbezeichnungen der Rettungspunkte, den zugehörigen UTM-Koordinaten sowie der jeweiligen Anfahrtsbeschreibung von der nächstliegenden Ortschaft

4.4 Ablaufschema der modifizierten Rettungskette

Die nachfolgende Modellierung und Beschreibung der Teilprozesse innerhalb der modifizierten Rettungskette soll den Informationsfluss zwischen den einzelnen Akteuren verdeutlichen:

1. Ein Notruf kann aktiv oder passiv ausgelöst werden. Bei einer aktiven Alarmauslösung betätigt der Verunfallte selbstständig die SOS-Taste am Notrufgerät. Die gespeicherte Nummer der Notrufzentrale wird automatisch gewählt und eine Sprachverbindung aufgebaut. Parallel dazu sendet das Mobiltelefon eine Notruf-Mitteilung an die SMS-Nummer der Notrufzentrale. Registriert der im Benefon-Gerät integrierte Bewegungssensor über einen vordefinierten Zeitraum keine Bewegung, wird automatisch ein Voralarm ausgelöst. Handelt es sich um einen Fehlalarm, kann der Forstwart diesen abbrechen, anderenfalls wird eine Sprachverbindung aufgebaut und eine Notruf-Mitteilung per SMS an die Notrufzentrale verschickt (passive Alarmierung). Darauf folgend versendet das Benefon-Gerät eine Notruf-Mitteilung an die Arbeitskollegen. Auch deren Rufnummern sind zuvor in einem speziellen Speicher des Mobiltelefons hinterlegt worden (s. Abbildung 20).

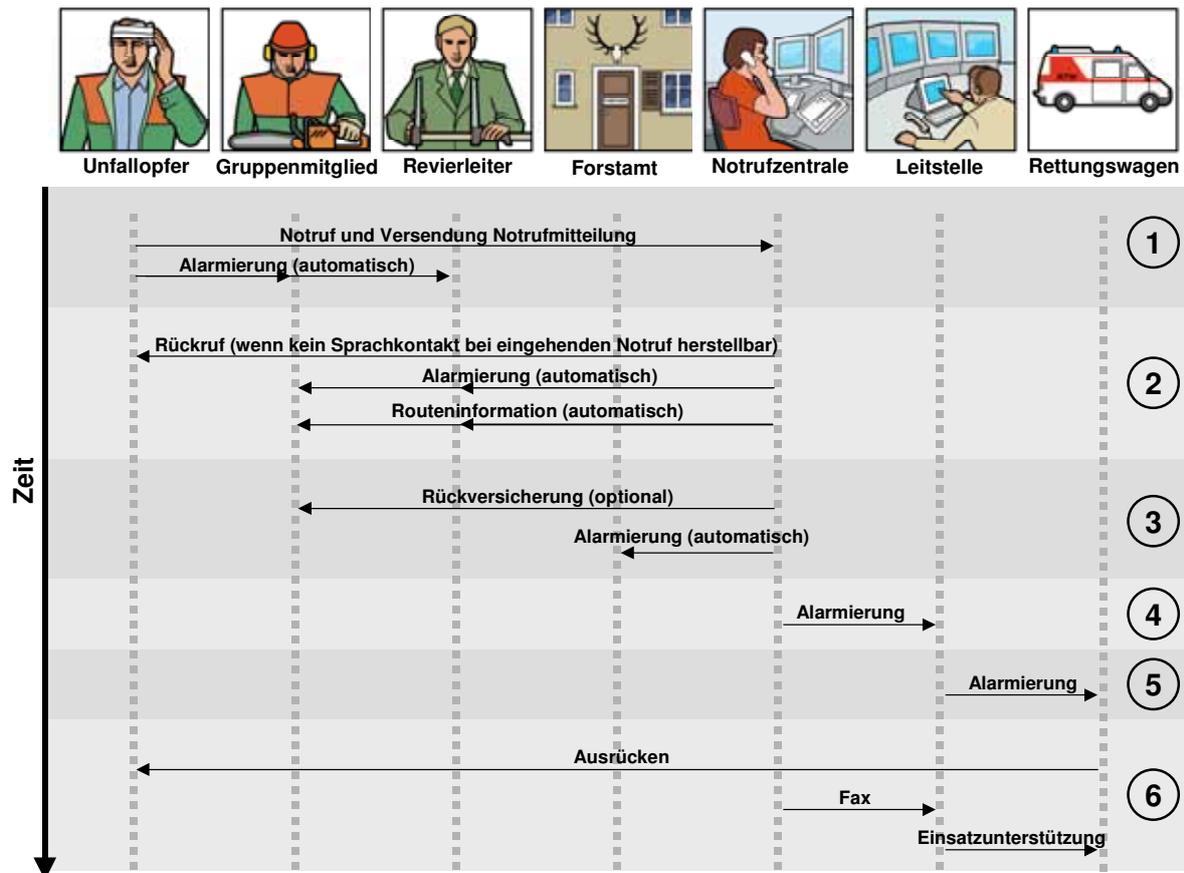


Abbildung 20: Ablaufplanung der Rettungskette nach Ablauf des Voralarms

2. Eine Applikation auf dem Server der Notrufzentrale identifiziert die in der Relation „Rettungskontext“ definierten Personen und Organisationen. Ist kein Datensatz angelegt, werden potentielle Rettungshelfer nach dem im Kapitel 4.2.2.2 näher erläuterten Verfahren ermittelt. Um festzustellen, welche dem örtlich zuständigen Forstamt zugehörigen Forstwirte sich in der Nähe des Unfallortes aufhalten, erfolgt eine programmgesteuerte Positionsabfrage. In einer ersten Eskalationsstufe werden die Arbeitskollegen oder weitere ausgewählte Rettungshelfer durch eine Kommunikationssoftware per SMS alarmiert. Die Nachricht enthält neben dem Stichwort „Notruf“ auch den Namen und die Position der alarmauslösenden Person sowie die Nummer der Abteilung, in welcher der Notfallort liegt. Den Rettungshelfern, die mit einem Benefon-Gerät ausgerüstet sind, wird eine Route zugesendet.
3. Die Position des Verunfallten wird auf einer digitalen Karte auf dem Monitor des Einsatzleitrechners visualisiert. In die dafür vorgesehenen Felder der Datenerfassungsmaske werden automatisch die Abteilungsnummer, der Ort oder der Ortsteil, dem der Unfallort zuzuordnen ist, der Name des Notrufenden, die Rufnummern potentieller Rettungshelfer und die Rufnummer der zuständigen Leitstelle eingelesen.

Geht in der Notrufzentrale nur eine Notruf-SMS ein oder ist trotz einer aufgebauten Sprachverbindung eine Kommunikation mit dem Anrufenden nicht möglich, so versucht der Disponent durch einen Rückruf die Alarm auslösende Person zu kontaktieren. Bei einem Anruf der Notrufzentrale wird die Freisprechanlage des Benefon-Gerätes automatisch eingeschaltet, so dass der Disponent sich ein „akustisches Bild“ von der Lage machen kann. Ist kein Kontakt zum Notrufenden herstellbar, kann zusätzlich noch ein weiteres Arbeitsgruppenmitglied angerufen werden, um sich von diesem bezeugen zu lassen, dass ein Notfall vorliegt. Auf diese Weise können teure Einsätze bei Fehlalarmierungen weitgehend vermieden werden. Gelingt es der Notrufzentrale, eine Sprachverbindung zu dem Notrufenden oder einem vor Ort befindlichen Ersthelfer aufzubauen, holt sie soweit möglich alle erforderlichen Informationen ein und übernimmt diese in die Datenerfassungsmaske.

In einer mit wenigen Minuten Zeitversatz startenden zweiten Eskalationsstufe wird auch das Forstamt per Fax alarmiert. Die Verzögerung soll vermeiden, dass bei einem Fehlalarm unnötig viele Akteure aktiviert werden. Das Fax spezifiziert den Unfallort sowohl durch eine Karte, auf dem der Unfallort markiert ist, als auch durch die Angabe der Abteilungsnummer. Ferner enthält es den Namen des Notrufenden samt Rufnummer, die Namen und Rufnummern der weiteren Arbeitsgruppenmitglieder oder der von der Programmroutine ausgewählten Rettungshelfer sowie die Rufnummer der zuständigen Leitstelle. Hierdurch wird das Forstamt in die Lage versetzt, in Absprache mit der zuständigen Leitstelle die betrieblichen Rettungsmaßnahmen zu koordinieren.

4. Der Disponent kann den vom System vorgeschlagenen Rettungspunkt übernehmen. Wird ihm indes von der den Unfall meldenden Person aufgrund aktueller Behinderungen auf dem Zufahrtsweg ein anderer Rettungspunkt genannt, kann auch dessen Nummer in die Einsatzdatenerfassungsmaske übernommen werden. Der Rettungs-

punkt wird als Anfangspunkt der zu berechnenden Route festgelegt. Zudem wird ein geeigneter Abstellplatz des Einsatzfahrzeuges, der zugleich Endpunkt der Route ist, vom Disponenten unter Verwendung der ihm zur Verfügung stehenden topographischen Karteninformationen ausgewählt. Eine Routingfunktion berechnet den schnellsten Anfahrtsweg vom Rettungspunkt zum Abstellplatz des Fahrzeuges.

Ist der aus der Datenbank in die Datenerfassungsmaske eingelesene Rettungspunkt geeignet, ruft der Disponent zunächst die zuständige Leitstelle an, um die bereits erfassten Einsatzdaten durchzugeben. Dabei weist er daraufhin, dass im Anschluss noch ein Fax mit rettungsrelevanten Informationen an die Leitstelle gesendet wird. Der Hinweis ist erforderlich, da die Übertragung der Daten per Fax einige Minuten benötigt und die Faxgeräte der Leitstellen nicht unter ständiger Beobachtung stehen. Das Fax enthält einen Kartenausschnitt mit dem Rettungspunkt, dem markierten Unfallort und einer Route, die in der Karte markiert und auch in Textform beschrieben ist. Darüber hinaus sind die Rufnummern der potentiellen Rettungshelfer, die Koordinaten des Notfallortes in verschiedenen Koordinatensystemen und die Nummer der Abteilung, in oder an welcher der Notfallort liegt, angegeben.

5. Während in der Notrufzentrale die Inhalte des Faxes noch zusammengestellt werden, kann in der zuständigen Leitstelle parallel schon die Alarmierung der Einsatzfahrzeuge erfolgen. Der Disponent der Leitstelle alarmiert die zuständige Rettungswache bzw. die Besatzung des Einsatzfahrzeuges. Verfügt das Einsatzfahrzeug über ein Navigationssystem und ist dieses in ein Flottenmanagementsystem der Leitstelle eingebunden, können die Koordinaten des Notfallortes direkt an das Navigationssystem übersendet und dort als Zielkoordinaten übernommen werden.
6. Der Notfallort kann daraufhin über die von der Zielführungsapplikation berechnete schnellste Route direkt angefahren werden. Sind die Einsatzfahrzeuge hingegen nur mit analogen Karten ausgestattet, fahren diese zunächst zum angegebenen Rettungspunkt. Ist kein Lotse vor Ort, navigieren sie selbständig mit Hilfe der detaillierten Rettungskarten und den von der Leitstelle durchgegebenen Routeninformationen zum Notfallort.

5 Methodik zur Prüfung der Effektivität und Effizienz des modifizierten Rettungssystems

5.1 Ansatzpunkte

Der Konzeptentwurf einer innovativen Rettungskette stellt in seiner Gesamtheit ein Leistungssystem dar, das aus miteinander vernetzten Leistungsstellen besteht. Gleichwohl darf nicht ignoriert werden, dass es sich bei diesem Konzept gleichsam um einen Rohbau handelt, dessen weiterer Ausbau noch erfolgen muss. Eine optimale Leistung des Rettungssystems wird nur durch eine funktionssichere Technologie und eine ergonomische und bedienerfreundliche Gestaltung der Schnittstellen gewährleistet. Fehlfunktionen der in der Rettungskette eingesetzten technischen Komponenten und Störungen im Rettungsablauf bzw. im Informationsfluss können verheerende Folgen für die Notfallpatienten haben. Die Modifikationen der Rettungskettenabläufe, die auch die Integration neuer technischer Komponenten implizieren, dürfen daher nicht ohne ausreichend dimensionierte Vorstudien, die die Gebrauchstauglichkeit des Systems belegen und eine Anpassung des Systems an die Kundenbedürfnisse erlauben, erfolgen.

Aufgrund geringer Absatzmengen und/oder Gewinnmargen im Nischenmarkt „Forstwirtschaft“ stellt die Investition in die Entwicklung eines speziell auf dessen Anforderungen abgestimmten Notrufgerätes für die Hersteller ein hohes finanzielles Risiko dar. Es bedarf daher Partner aus der Forstwirtschaft, die Anschubfinanzierungen leisten und die Produktentwicklung begleiten.

Die Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen erprobt mit einem beeindruckenden Forschungs- und Entwicklungsaufwand neue technische Konzepte, die zu einer Optimierung der Rettungskette für die Waldarbeiter und Forstunternehmer beitragen. In deren Auftrag wurde vom Verfasser ein Konzept zur Weiterentwicklung der Rettungskette Forst unter der Berücksichtigung neuer Arbeitssysteme und der technischen Möglichkeiten erarbeitet, das in seinem Aufbau und seinen Abläufen in weiten Teilen mit den im Kapitel 4 vorgestellten Rettungskettenkonzept übereinstimmt. Weitere Forschungsgelder wurden für die wissenschaftliche Begleitung des Pilotprojektes zur Einführung eines GPS-gestützten Rettungssystems im Staatswald von NRW zur Verfügung gestellt. Da dieses System wesentliche Elemente des Konzeptentwurfes enthält, eröffnet dies die Möglichkeit, die Gebrauchstauglichkeit der Prozesse und Strukturen unter realen Bedingungen zu überprüfen. Die meisten der nachfolgend vorgestellten Untersuchungen konzentrieren sich daher auf das Bundesland Nordrhein-Westfalen.

Gemäß der DIN EN ISO 9241-11 (1999, S. 11) gibt es zwei methodische Ansätze zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit. Objektive Messungen erlauben direkte Aussagen bezüglich der Effektivität und Effizienz des Untersuchungsgegenstandes, während die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit durch die Nutzer direkt mit dem Grad deren Zufriedenheit in Beziehung steht.

Obwohl das Rettungssystem auch Forstunternehmern, Waldbauern und Waldtouristen offen steht, ist das Rettungssystem vorwiegend für forstbetriebszugehörige Forstwirte konzipiert worden. Der Fokus der Untersuchungen liegt daher auf dieser Zielgruppe. Der Erfolg des modifi-

zierten Rettungskettensystems hängt wesentlich davon ab, ob das als Bestandteil der Persönlichen Schutzausrüstung (PSA) bereitgestellte GPS-Rettungsmobiltelefon von dieser Zielgruppe akzeptiert wird. Dank ihrer fachlichen Kompetenz, kann eine qualifizierte Beurteilung der Effektivität und Effizienz der Technologien und Hilfsmittel sowie der Vorgänge innerhalb ihres Zuständigkeitsbereiches am ehesten durch diese Nutzer erfolgen. Zu diesem Zweck wurde ein standardisierter Fragebogen, der die Gebrauchstauglichkeit hinterfragt, entwickelt und an die staatlichen Waldarbeiter in Nordrhein-Westfalen ausgegeben.

Essentieller Forschungsbedarf zur Optimierung des Rettungssystems bestand in nachfolgend kurz umschriebenen Fragestellungen, die auf Grundlage objektiver Messverfahren gelöst wurden:

1. Die Funktionssicherheit des Notrufgerätes muss selbst unter extremen Witterungsbedingungen gewährleistet sein. Um die Benefon-Geräte auf diese Voraussetzungen hin zu testen, werden sie unter extremen Minustemperaturen und Temperaturschwankungen sowie nach einer Beregnung einer Funktionsprüfung unterzogen.
2. Auch die Genauigkeit der vom GPS-Empfänger berechneten Positionskordinaten hat wesentlichen Einfluss auf die Effizienz der Rettungskette. Insbesondere im Wald kann die Genauigkeit durch mehrere Störfaktoren beeinträchtigt werden. Die Lageabweichung der vom GPS-Gerät berechneten Positionen von dem exakten Standort wird in einem gesonderten Messverfahren ermittelt und die Qualität des GPS-Empfängers anhand eines Vergleiches mit den Messergebnissen anderer GPS-Empfänger beurteilt.
3. Grundvoraussetzung für eine Notrufabgabe ist der Empfang des GSM-Netzes. Zwar sind bis zu 98 % der Bevölkerung im Empfangsbereich von Mobilfunknetzen. In ländlich geprägten Bereichen ist die Netzabdeckung schlechter als in Ballungsgebieten und die Gefahr von Versorgungslücken, sogenannten Funklöchern, deutlich höher. Eine gesonderte Untersuchung soll Aufschluss über den Grad der Netzabdeckung im Staatswald von NRW geben und klären, welcher der beiden großen Netzprovider (Vodafone und T-Mobile) die höchste Empfangssicherheit gewährleistet.
4. Vornehmlich akustische Signale garantieren kurze Reaktionszeiten bei den Signalempfängern und damit eine schnelle Informationsaufnahme und –weitergabe innerhalb der Rettungskette. Eine Analyse der charakteristischen Störschalle am Arbeitsplatz der Zielgruppe soll zur Optimierung der akustischen Signale beitragen und ihre rasche Wahrnehmbarkeit sicherstellen.
5. Wesentliches Kriterium für die Effektivität des neuen Rettungskettenkonzeptes ist die Länge des therapiefreien Intervalls. Eine Dehnung dieser Zeitspanne kommt einem Rückschritt in der notfallmedizinischen Versorgung gleich und ist daher zu vermeiden. Zeitstudien sollen die Schwachstellen in den Teilprozessen der modifizierten Rettungskette aufdecken und zu einer weiteren Optimierung des Gesamtsystems beitragen. Im Vordergrund stehen die Fragen, ob die Rettungskräfte mit den ihnen zur Verfügung gestellten Informationen und Einsatzmitteln (Navigationssystem oder detaillierte analoger Rettungskarte) den Verunfallten auch ohne Mithilfe eines ortskundigen Lotsen auffin-

den können und ob sich das therapiefreie Intervall nicht signifikant bei Rettungseinsätzen ohne Lotsen verlängert.

5.2 Gebrauchstauglichkeitsstudie zum Benefon Track Pro

5.2.1 Fachlicher Hintergrund zum Testverfahren

5.2.1.1 Neuorganisation der Rettungskette Forst

Im Rahmen des Pilotvorhabens zur Optimierung der „Rettungskette Forst“ wurde von der Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen ein Netzwerk neuer Informationstechnologie geschaffen. Das System stützt sich hierbei auf ein GPS-Mobiltelefon, mit dem die Regiearbeiter ausgerüstet wurden. Die Meldeeinrichtung verfügt über spezielle Technikkomponenten, die bei einem Unfall des Benutzers im Zusammenspiel mit einer internetbasierten „Kommunikations-Plattform“ für eine schnelle Alarmierung der Hilfskräfte sorgen sollen.

Die Einführung eines neuen Produktes in ein etabliertes Arbeitssystem erfolgt gemeinhin mit der Intention die Prozesse zu optimieren (KOLLMANN, 1998). Die Integration der Innovation fällt dabei umso leichter, je genauer sie in seiner Konzeption auf die spezifische Anwendersituation zugeschnitten wurde. Der Umstand, dass das GPS-Mobiltelefon generell für gefährdete Personen im Außenbereich entwickelt und nicht speziell auf die Forstorganisationen von Nordrhein-Westfalen zugeschnitten wurde, führte schon in der Vorbereitung der Pilotphase zu erheblichen Anpassungszwängen der übrigen in der Rettungskette eingesetzten Informationstechnologien sowie der Arbeitsorganisation.

Ziel der im Nachfolgenden weiter ausgeführten arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen ist die Aufdeckung von Bedienungsproblemen und Funktionsstörungen im Rahmen einer Gebrauchstauglichkeitsstudie, um das Eignungspotential der Meldeeinrichtung durch eine verbesserte Bedienerfreundlichkeit und Zuverlässigkeit zu erhöhen und in der Folge eine gesteigerte Akzeptanz des Produktes zu erhalten. Hierzu wurde ein standardisierter Fragebogen entworfen, in dem die im Verlauf der Pilotphase erhobenen Empirien hinsichtlich Ergonomie und Robustheit der Notrufgeräte eruiert wurden.

5.2.1.2 Zur Problematik der Gebrauchstauglichkeitsprüfung

5.2.1.2.1 Differenzierung der Begriffe „Gebrauchstauglichkeit“ und „Gebrauchswert“

Umgangssprachlich werden die Begriffe Qualität, Güte, Gebrauchstauglichkeit und Gebrauchswert häufig synonym verwendet. Eine generell akzeptierte begriffliche Trennung ist bislang jedoch nicht geglückt. Lediglich die Termini „Gebrauchstauglichkeit“ und „Gebrauchswert“ wurden in der DIN 66050 voneinander abgegrenzt (HÜTTENRAUCH, 1999). Demnach umfasst die Bewertung des Gebrauchswertes zusätzlich auch den „Anschaffungspreis, die Be-

triebs- und Unterhaltskosten, die Reparaturanfälligkeit, die Lebensdauer, die Umweltverträglichkeit, den Wiederverkaufswert, den Kundendienst, das ästhetische Design und das Sozialprestige“ (HÜTTENRAUCH; 1999, S. 738).

Konform der DIN EN ISO 9241-11 (1999, S. 4) ist die Gebrauchstauglichkeit „das Ausmaß, in dem ein Produkt durch einen bestimmten Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen“. Die Eignung des Produktes basiert hierbei auf seinen Eigenschaften. BACKHAUS (2004, S. 9) differenziert diesbezüglich zwischen „objektiv feststellbaren Größen, welche die technische Leistungsfähigkeit eines Produktes beschreiben [Funktionalität - Anm. d. Verf.] und nicht objektiv ermittelbare Größen [Bedienbarkeit, Benutzbarkeit- Anm. d. Verf.], deren Beurteilung sich aus individuellen Bedürfnissen der Nutzung ableiten“.

5.2.1.2.2 Komponenten der Gebrauchstauglichkeit

5.2.1.2.2.1 Funktionalität

Die Funktionalität eines Gerätes entspricht dessen Fähigkeit, die zur Zielerreichung erforderlichen Aufgaben erfolgreich zu lösen und schafft die Voraussetzungen, dass ein anvisiertes Ziel überhaupt erreicht werden kann (vgl. KRAISS, 1999; BACKHAUS, 2004).

Wie in der Abbildung 21 ersichtlich ist „Funktionalität“ ein Sammelbegriff für die Gesamtheit der Einzelfunktionen eines Produktes (Funktionsvielfalt), dessen Präzision bei der Aufgabenerfüllung und Wartungsfreundlichkeit (Funktionsqualität) sowie die vom Benutzer bewertete Relevanz der Funktion für den Verwendungszweck (Funktionsrelevanz). Letztere Komponente lässt sich weiter untergliedern in die Sicherheits-, Ablauf- und Anwendungsrelevanz. Sicherheitsrelevante Funktionen überwachen die technische Sicherheit des Gerätes und weisen den Benutzer auf Funktionsausfälle hin. Ablaufrelevant sind Funktionen, ohne die weitere zielgerichtete Schritte im Produktions- bzw. Arbeitsablauf nicht unternommen werden können. Die Anwendungsrelevanz ergibt sich aus der Anwendungshäufigkeit und dem Nutzen der jeweiligen Funktion (vgl. BACKHAUS, 2004).

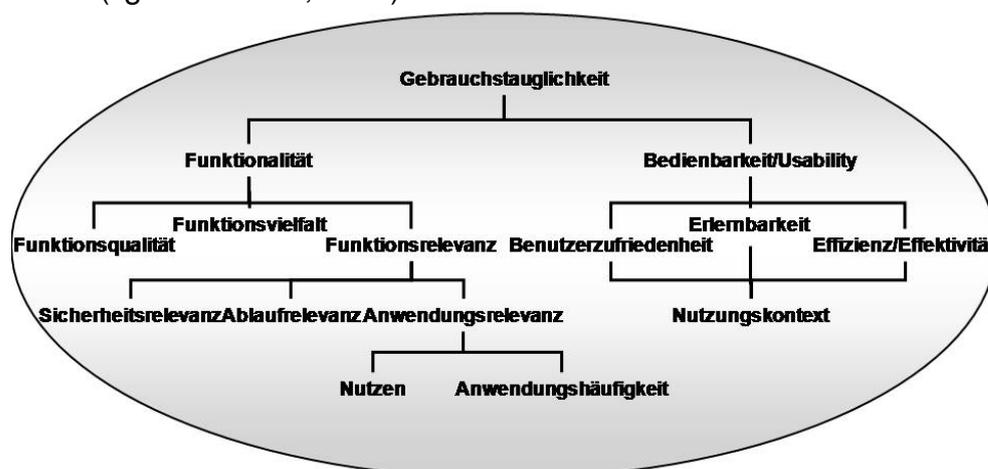


Abbildung 21: Komponenten der Gebrauchstauglichkeit (Quelle: BACKHAUS; 2004, S. 9)

Funktionsprobleme sind auf eine unzureichende Abstimmung der jeweiligen Funktionen an die Arbeitsaufgabe zurückzuführen.

5.2.1.2.2 Bedienbarkeit/Benutzbarkeit

Zu den nicht objektiven ermittelbaren Größen zählt BACKHAUS (2004) die ergonomische Leistungsfähigkeit des Produktes, für die er synonym den Begriff „Bedienbarkeit“ einführt.

Die Bedienbarkeit umfasst sowohl die Aufnahme der vom Gerät abgegebenen Signale (visuell, akustisch etc.), die mentale Verarbeitung und geeignete Reaktion sowie die Dateneingabe über die Benutzungsoberfläche (Mensch-Maschine-Schnittstelle). Diese Schnittstelle ermöglicht dem Benutzer die Interaktion mit der Funktionalität. Hierbei ist die Bedienbarkeit umso besser, je reibungsloser die Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung sowie die Dateneingabe erfolgt. Eine speziell auf den Nutzerkreis und deren Aufgaben zugeschnittene einfache und leicht bedienbare Systemarchitektur wird als benutzerfreundlich bezeichnet. Dagegen verursachen schlecht adaptierte Benutzeroberflächen Nutzungsprobleme, die zu Störungen im Informationsfluss führen können.

Neben der Konzeption der Benutzeroberfläche und der Signale beeinflusst auch die Eignung des Benutzers die Bedienbarkeit, die durch folgende Einflussgrößen determiniert ist (s. a. Abbildung 21).

Die Gebrauchstauglichkeit des Produktes ist dabei umso größer, je genauer und vollständiger die Ziele der Benutzergruppe (Effektivität) mit einem Mindestmaß an Aufwand (Effizienz) erreicht werden.

Je einfacher die Technik und verständlicher die Menüführung ist, desto leichter lässt sich die Bedienung eines neuen Gerätes erlernen. Selbsterklärungsfähigkeit und Erlernbarkeit wirken sich unmittelbar auf die Effektivität und Effizienz aus.

Während die Effektivität und Effizienz jedoch wesentlich durch die Produkteigenschaften und somit auch durch den Hersteller bestimmt werden können, entzieht sich der dritte Aspekt der Gebrauchstauglichkeit, die Zufriedenheit des Benutzers, zum Teil seinem direkten Einfluss. Die Zufriedenheit des Benutzers mit dem neuen Produkt wächst in dem Maße, in dem es seine Bedürfnisse abdeckt. Je zufriedener der Kunde/Nutzer mit dem Erzeugnis ist, desto größer ist seine Akzeptanz, d. h. seine Bereitschaft, das Produkt anzunehmen und zu nutzen.

Die Akzeptanz basiert gleichwohl nicht ausschließlich auf produktbezogene Determinanten, sondern ergibt sich auch aus dem Nutzungskontext und individuellen nutzerbezogenen Determinanten. Hinsichtlich der Vielzahl der potentiellen Einflussfaktoren, können hier nur einige Erwähnung finden, die aus Sicht des Verfassers im Zusammenhang mit der Studie von Bedeutung sind.

Mittels einer Literaturanalyse filtert KOLLMANN (1998) den *relativen Vorteil*, die *Kompatibilität*, die *Erprobbarkeit* und die *Kommunizierbarkeit* als wichtigste produktbezogene Determinanten der Akzeptanz heraus.

Der relative Vorteil ist das Ergebnis einer vergleichenden individuellen Bewertung des innovativen Produktes mit dem zuvor eingesetzten Produkt durch den Nutzer. Hierbei spielt die subjektive Wahrnehmung der Bedürfnisbefriedigung sowohl durch das neue als auch das alte Produkt eine Rolle.

Die *Kompatibilität* beschreibt den Grad der Verträglichkeit der neu eingeführten Technik mit dem etablierten Arbeitssystem. Die aufgrund der Neueinführung notwendigen Änderungen müssen sich weitgehend mit den Werten, Normen und Erfahrungen sowie mit den Bedürfnissen der Nutzer decken, damit die Innovation angenommen wird (ROGERS, 2003).

Abhängig vom Sachverstand und dem Beurteilungsvermögen des Nutzers werden die neue Technik sowie die daraus möglicherweise resultierenden geänderten Arbeitsverfahren unterschiedlich schwer erlern- und begreifbar wahrgenommen. Mit zunehmender empfundener Komplexität wächst die Abneigung des Nutzers gegenüber der Innovation (vgl. KOLLMANN, 1998; ROGERS; 2003).

Die Determinante *Erprobbarkeit* beschreibt die Intensität, mit der die Produktinnovation vor der Einführung von den künftigen Nutzern getestet werden konnte. Vortests reduzieren die mit der Produkteinführung verbundene Unsicherheit und fördern die Akzeptanz bezüglich Kauf bzw. der Einführung der Innovation.

Mit zunehmender *Kommunizierbarkeit* – oder anders ausgedrückt – Vermittelbarkeit der Vorteile eines neuen Produktes steigt auch die Bereitschaft bei den Nutzern, dieses anzunehmen.

Des Weiteren führt KOLLMANN (1998) aus, dass neben den produktbezogenen auch konsumentenbezogene Determinanten die Akzeptanz beeinflussen können. So können z. B. altersbedingte Unterschiede hinsichtlich der Nutzungsakzeptanz auftreten. Des Weiteren werden Produkte an den individuellen Erwartungen gemessen. Unerfüllte Erwartungen stellen Akzeptanzschränken dar.

Grundvoraussetzung für eine möglichst objektive Bewertung des Produktes ist jedoch ein ausgeprägtes Problembewusstsein des Benutzers. Ein Produkt wird angeschafft, um ein oder mehrere Probleme zu lösen. Erst wenn der Benutzer sich der Problematik bewusst ist bzw. sie als die seine ansieht, kann er die Effizienz und Effektivität des Produktes hinsichtlich der Problemlösung beurteilen und die Bedeutung des Produktes für ihn persönlich erkennen. Die Akzeptanz in der Nutzungsphase ist dabei umso größer, je häufiger und intensiver das Produkt genutzt wird.

Auch die Organisationsstruktur als ein Element unter den unternehmensbezogenen Determinanten übt einen maßgeblichen Einfluss auf die Nutzungsakzeptanz aus. Als akzeptanzfördernder Faktor wird insbesondere eine innovative Organisation genannt, welche sich durch einen offenen Informationsaustausch auszeichnet (vgl. HILBIG, 1984; KOLLMANN, 1998).

Die Ausführungen machen deutlich, dass die Gebrauchstauglichkeit eines Produktes nicht als absolut anzusehen ist, sondern abhängig von der jeweiligen Nutzergruppe und dem Nutzungskontext ist. Objektive und subjektive Faktoren, die die Gebrauchstauglichkeit definieren, können nicht klar voneinander abgegrenzt werden, sondern bilden vielmehr einen Komplex.

5.2.2 Operationalisierung der Gebrauchstauglichkeit

5.2.2.1 Aufschlüsselung der Teilkomponenten

Die Effektivität, Effizienz und Benutzerzufriedenheit als Teilkomponenten der Gebrauchstauglichkeit können nur überprüft werden, wenn die mit der Einführung des neuen Produktes verbundenen Ziele definiert worden sind. Zugleich müssen potentielle Einflüsse auf die Gebrauchstauglichkeit, die sich aus dem Nutzungskontext ergeben, berücksichtigt werden.

Zur Messung der Gebrauchstauglichkeit müssen für jede der Teilkomponenten geeignete interpretierbare Maße/Kriterien ausgewählt werden.

5.2.2.2 Zieldefinition

Bei der Zieldefinition ist eine klare Trennung zwischen der Gruppe der Anwender und der Gruppe der Benutzer unerlässlich. Anwender können einzelne Personen oder Organisationen sein, die die Beschaffung und Verwendung der Mobiltelefone veranlassen, und die Gruppe der Benutzer, die tatsächlich mit den Geräten arbeiten.

Die Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen ist als Arbeitgeber gemäß der UVV *Erste Hilfe* für die Sicherheit der Regiearbeiter verantwortlich. Bei der Planung einer Rettungskette gilt es, die Vorgabe des § 4 Abs. 4 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG, 1996) zu beachten. Demnach sind alle Maßnahmen „mit dem Ziel zu planen, Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen, soziale Beziehungen und Einfluss der Umwelt auf den Arbeitsplatz sachgerecht zu verknüpfen“. Auch der Stand der Technik ist zu beachten (§ 4 Abs. 3).

Die Ausrüstung der Regiearbeiter mit den neuen Mobiltelefonen und die Neuorganisation der Rettungskette wurden von der Leitung der Landesforstverwaltung initialisiert. Weil die Ziele der sich aus den Forstwirten zusammensetzende Benutzergruppe unbekannt ist, können hier nur die Ziele der Anwendergruppe formuliert werden.

Das neue GPS-Mobiltelefon soll zum einen die innerbetriebliche Kommunikation sicherstellen. Die Beschaffung erfolgte aber andererseits insbesondere in der Erwartung, dass die Geräte eine hohe Funktionssicherheit aufweisen und sich mit ihnen eine Verbesserung der Abläufe innerhalb der Rettungskette erzielen lässt.

Gewährleistet werden soll dies durch eine unverzügliche Alarmierung von Ersthelfern, um schnellstmöglich die Erstversorgung einzuleiten, sowie die Alarmierung der qualifizierten Rettungskräfte, die mit Hilfe der übersandten GPS-Koordinaten den genauen Unfallort lokalisieren und ihre Rettungsmaßnahmen entsprechend koordinieren können.

5.2.2.3 Nutzungskontext

5.2.2.3.1 Das Mobiltelefon

Um die Akzeptanz ihrer Produkte und folglich den Markterfolg sicherzustellen, beziehen die produzierenden Unternehmen prinzipiell die Anwender oder Benutzer bereits im Rahmen der Marketingforschung in den Entwicklungsprozess mit ein (vgl. KOLLMANN, 1998). Aufgrund des begrenzten Absatzmarktes für ein speziell für die Waldarbeit konzipiertes Mobiltelefon wurden aus dem Kreis der Wirtschaft keine entsprechende Forschungsarbeiten, geschweige denn Entwicklungsprozesse initiiert. Folglich konnten die Landesforstverwaltungen, die in der Vergangenheit ihre Regiearbeiter für die betriebsinterne Kommunikation und für die Notrufabgabe mit Mobiltelefonen ausstatteten, lediglich auf Massenprodukte zurückgreifen.

Das im Rahmen des Pilotprojektes in Nordrhein-Westfalen verwendete Mobiltelefon von Benefon, Typ Track Pro NT 2.0 unterscheidet sich hingegen wesentlich von herkömmlichen Mobiltelefonen. Neben der gängigen Mobilfunktechnik weist es zusätzliche sicherheitstechnische Besonderheiten auf. Insbesondere für den Notfall sind GPS-Antenne, SOS-Taste und ein Bewegungssensor integriert. Laut Herstellerangabe ist das Gerät aufgrund seines Spritzwasserschutzes und seiner Stoßfestigkeit für den rauen Außeneinsatz geeignet.

Aus Sicht der für die Produktauswahl verantwortlichen Entscheidungsträger verfügt das Gerät von *Benefon* somit über deutliche Vorteile gegenüber den bislang verwendeten Mobiltelefonen.

5.2.2.3.2 Die Benutzergruppe

Die sich aus den Regiearbeitern des Landesbetriebes zusammensetzende Benutzergruppe hat eine große Altersspreite.

Durch die obligatorische Nutzung der dienstlichen Mobiltelefone sind alle Altersgruppen mit den zur Kommunikation notwendigen Funktionen und Bedienungsschritten vertraut.

Zum Zeitpunkt der Evaluation im Februar 2006 hatten die Forstwirte im Nachgang einer durch Multiplikatoren durchgeführten Schulung die Möglichkeit erhalten, Erfahrungen im Umgang mit dem GPS-Mobiltelefon zu sammeln und sich ein Urteil von der Funktionalität und Bedienbarkeit des Gerätes zu bilden.

Der Erfolg der mit der Innovation verbundenen Unternehmensziele gründet sich maßgeblich auf die Akzeptanz der Forstwirte, die in der Pilotphase erstmalig die neue Technik – ausgenommen der Rettungsprozedur – auf ihre Praxistauglichkeit hin untersuchen konnten und andererseits ihre Arbeitsweise aufgrund geänderter Arbeitsmethoden auf die neuen GPS-Mobiltelefone abstimmen mussten (BÜCHNER, 1999). Die Bedürfnisse der Forstwirte betreffend der Funktionen und der Ausstattung eines solchen Gerätes können dabei erheblich von denen der Entscheidungsträger abweichen. Die daraus resultierenden enttäuschten Erwartungen können zur Ablehnung des neuen Gerätes sowie zur Unzufriedenheit der Benutzer führen.

5.2.2.3.3 Zielgerichtete Interaktionen zwischen Mobiltelefon und Benutzer

Die zur Realisierung der Ziele erforderlichen Abläufe sowie Interaktionen zwischen dem GPS-Mobiltelefon und dem Forstwirt sind in der „Verfahrensanleitung zur Optimierung der Rettungskette Waldarbeit nach MA 2000 im Landesbetrieb Wald und Holz NRW“ (LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ, 2005) konkretisiert; sie werden daher an dieser Stelle nur kurz skizziert:

- Die Akkus sind vor Arbeitsbeginn vollständig aufzuladen.
- An jedem neuen Arbeitsort erfolgt vor Aufnahme der Tätigkeiten die Anmeldung, beim Ortswechsel oder nach Beendigung die Abmeldung per Statusmitteilung.
- Während der Dienstzeit müssen die Regiearbeiter die Mobiltelefone im eingeschalteten Zustand tragen und bei gefährlichen Arbeiten sowie bei Alleinarbeiten gemäß UVV-Forsten zusätzlich die Funktionen *GPS* und *Aktiv-* und *Passivalarmauslösung* einschalten. Bei Aktivauslösung des Alarms durch langanhaltendes Drücken der SOS-Taste versendet das GPS-Mobiltelefon unmittelbar eine Personen-Alarm-Mitteilung an die Kommunikationsplattform. Ein im Akku integrierter Bewegungssensor löst zunächst einen Voralarm aus, wenn er über einen Zeitraum von 30 Sekunden keine Bewegung mehr registriert. Wird dieser innerhalb von weiteren 30 Sekunden nicht abgebrochen, wird eine Personen-Alarm-Mitteilung versendet.
- Die Alarmmeldung läuft auf der internetbasierten Kommunikationsplattform auf und wird von dort an die Kollegen der Arbeitsgruppe, den Revierleiter, das Forstamt und die Fachkraft für Arbeitssicherheit per SMS weitergeleitet. Nach Implementierung der notwendigen Soft- und Hardware in der Kreisleitstelle Meschede sowie der Konzeption der Schnittstelle zur Kommunikationsplattform wird zukünftig auch dort ein Alarm in Form eines Datentelegramms und Fax auflaufen. Die Kreisleitstelle Meschede wird dann in der Funktion als „Rettungsleitstelle Forst“ die örtlich zuständigen Leitstellen mit rettungsrelevanten Informationen unterstützen.
- Die weiteren Gruppenmitglieder des alarmanlösenden Forstwirtes müssen den Erhalt der Alarmierungs-SMS per Statusmitteilung quittieren, den vermeintlich Verletzten aufsuchen und konform der „Dienstweisung Mensch und Arbeit in der Landesforstverwaltung NRW (MA 2000)“ (MUNLV, 2001a) die Rettungsmaßnahmen einleiten oder gegebenenfalls die Statusmitteilung „Fehlalarm beendet“ versenden.
- Nach Eintreffen der Rettungskräfte wird die Notrufprozedur mit der Statusmitteilung „Notfall beendet“ abgeschlossen.

5.2.2.3.4 Umgebungsbedingungen

5.2.2.3.4.1 Technische Umgebung

5.2.2.3.4.1.1 Das GPS-Mobiltelefon als Teilkomponente eines Technikkomplexes

Es darf keinesfalls unberücksichtigt bleiben, dass die GPS-Mobiltelefone lediglich einen Bestandteil eines Technikkomplexes darstellen, der speziell zur Optimierung der Rettungskette errichtet worden ist. Die weiteren Komponenten sind die Internetplattform DIS und die neu konstituierte Rettungsleitstelle Forst. Die anvisierten Ziele in Bezug auf die Optimierung der Rettungskette können nur durch eine reibungslose Koordination der Einzelkomponenten bzw. des Informationsflusses gewährleistet werden.

Die Beurteilung der Effektivität der Rettungsprozedur ausschließlich bezogen auf das GPS-Mobiltelefon ist somit nicht möglich; vielmehr kann der Benutzer/Anwender nur das Ergebnis der Techniksynthese mit dem definierten Ziel vergleichen.

Jedoch waren zum Zeitpunkt der Evaluation die für den Test der optimierten Rettungskette notwendigen Hard- und Softwarekomponenten sowie die Schnittstellen noch nicht fertiggestellt. Die Forstwirte hatten demzufolge bis zu diesem Zeitpunkt keine Möglichkeit erhalten, die Effektivität des endgültigen Rettungsablaufes beispielsweise im Zuge von Rettungsübungen zu überprüfen. Beurteilt werden kann lediglich die Prozedur ohne die „Rettungsleitstelle Forst“.

5.2.2.3.4.1.2 Problematik der privaten Nutzung der Diensttelefone

Den Forstwirten ist es gestattet, das Mobiltelefon unter Verwendung von „Twin-Bill“ (Umschaltung auf private Nummer mit separater Abrechnung) auch für private Zwecke zu nutzen. Dennoch ist zu erwarten, dass dieser Anreiz nicht ausreichend ist, dass die Forstwirte auf die Mitführung der ihren individuellen Ansprüchen entsprechenden privaten Mobiltelefone verzichten.

Vor der Einführung der neuen Mobiltelefone wurde jede Arbeitsgruppe nur mit einem Mobiltelefon ausgerüstet, welches diese häufig an einem allen bekannten Ort deponierten (z.B. Personalwagen). Weil das Mobiltelefon keine Vorteile gegenüber den privaten Handys aufwies, benutzten die Forstwirte, soweit vorhanden, zum Teil auch ihre eigenen Mobiltelefone. Durch die Tragepflicht der neuen Mobiltelefone müssen die Forstwirte, die nicht auf ihre privaten Handys verzichten wollen, im Gegensatz zu früher eine Doppelbelastung in Kauf nehmen.

5.2.2.3.4.1.3 Ängste vor Datenmissbrauch

Im Vorlauf der Gebrauchstauglichkeitsstudie wurde in Projektvorstellungen und Gesprächen mit den Forstwirten vermehrt die Befürchtung geäußert, dass die aus den Statusmitteilungen gewonnenen Informationen sowie die GPS-Funktion der Mobiltelefone von Vorgesetzten auch

zur Kontrolle eingesetzt werden könnten. Genährt werden derlei Ängste vermutlich durch Unkenntnis über den Datenfluss, die Datenhaltung und den Umfang der Zugriffsrechte autorisierter Personen.

5.2.2.3.4.2 Physische Umgebung

5.2.2.3.4.2.1 Klimatische Bedingungen

In Folge der ganzjährigen Arbeit im Außenbereich ist das Mobiltelefon sowohl Hitze, Kälte als auch Nässe ausgesetzt. Je nach Art der Tätigkeit können die mechanischen Belastungen des Gerätes unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Die Funktionalität und Bedienbarkeit muss unter allen Bedingungen gewährleistet bleiben.

5.2.2.3.4.2.2 Akustische Bedingungen

Während der Arbeit sind die Forstwirte häufig einem hohen Störschalldruckpegel ausgesetzt. Die Hörbarkeit akustischer Signale des Mobiltelefons muss zur Sicherstellung der Rettungskette auch unter diesen Bedingungen gewährleistet sein.

5.2.3 Evaluationsmethode

Für die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit stehen mehrere Methoden zur Verfügung. Hierzu zählen Experten-Reviews, Befragungen der Nutzer per Fragebogen oder Interview sowie Usability-Tests.

Bei einem Usability-Test (engl. Begriff für Gebrauchstauglichkeit) wird die Benutzung des Produktes während charakteristischer Tätigkeiten bei einer kleinen, repräsentativen Nutzergruppe beobachtet.

Entsprechende Vorstudien wurden im Forstamt Bad Driburg unter Leitung von C. Henkel durchgeführt, insbesondere um die Funktionalität der Kommunikationsplattform zu testen, Schwachstellen des Systems sowie des GPS-Mobiltelefons aufzudecken und – sofern möglich – zu beseitigen.

Aufgrund der zeitnahen Einführung der GPS-Mobiltelefone ließ sich letzteres aber nur bedingt gewährleisten. Ferner besteht die Gefahr, dass die Beaufsichtigung zu Verhaltensänderungen der Probanden führt und beobachtete Einzelereignisse pauschalisiert werden. Seltene Ereignisse bzw. Arbeitssituationen können zudem nur durch langfristige und damit auch teure Usability-Tests gewährleistet werden.

Das im Auftrag der Landesforstverwaltung durchgeführte Fragebogenverfahren stellt hingegen eine kostengünstige Alternative zu den aufwändigen Evaluationsverfahren dar und eignet sich speziell für die Quantifizierung von Merkmalen und Analyse von Zusammenhängen mittels

empirischer statistischer Daten. Die schriftliche Befragung wird häufig im Rahmen von Produkttests angewendet, die in Abhängigkeit vom jeweiligen Forschungsziel einen qualitativen oder quantitativen Schwerpunkt aufweisen können. Während erstere maßgeblich die Produktschwächen dokumentieren, haben quantitative Produkttests die Intention, die Akzeptanz der Benutzergruppe zu messen.

Im vorliegenden Fall beinhaltete der Fragebogen sowohl qualitative als auch quantitative Fragestellungen.

Die Auswahl der Kriterien/Maße der Gebrauchstauglichkeit beschränkte sich hierbei auf die Funktionen, die zur Umsetzung der im Kapitel 5.2.2.1.2 definierten konkretisierten Ziele erforderlich sind.

Untersucht wurden die Interaktionen der Benutzer mit dem Mobiltelefon, Nutzungsgewohnheiten und auch die subjektiven Einstellungen der Forstwirte.

Gemäß der DIN EN ISO 9241-11 (1999, S. 11) liefern „objektive Messungen .. direkte Angaben zur Effektivität und Effizienz, während subjektive Messungen in direkter Beziehung zur Zufriedenstellung stehen“. Jedes Element der Gebrauchstauglichkeit kann aber sowohl aus objektiven als auch subjektiven Messungen gewonnen werden.

Um eine möglichst hohe Rücklaufquote der Fragebögen zu erhalten, wurden diese über den Dienstweg an die Forstwirte ausgegeben. Die anonym ausgefüllten Bögen wurden im zuständigen Forstamt gesammelt und dem IFA zugeschickt. Eine Zuordnung der Fragebögen zu einzelnen Personen ist somit nicht mehr möglich.

5.3 Technische Prüfung des Benefon-Systems

5.3.1 Bestimmung der Messgenauigkeit des BENEFON-Systems

5.3.1.1 Bestandesauswahl zur Erhebung der GPS-Präzision des Benefon-Gerätes

Die mit dem GPS-Modul des Benefon Gerätes *Track Pro* zu erzielende Messgenauigkeit im Wald kann durch mehrere Fehlerquellen, wie z. B. Uhrenfehler, atmosphärische Fehler und Multipath (ausführliche Erläuterungen hierzu finden sich in HAMBERGER, 2002) vermindert werden. Um das Spektrum der an unterschiedlichen Geländepunkten und in verschiedenen Beständen zu erzielenden Positionsgenauigkeit zu erfassen, wurden zunächst Messungen in einem dichten Fichtenbestand und in einem Kerbtal durchgeführt, wo gemäß der Ergebnisse bisheriger Studien am ehesten ein hoher Messfehler zu erwarten war (OEFVERBERG, 1995; SCHÖNE, 2000; HAMBERGER, 2002; LEYEUNE UND HELLEMANS, 2000). Verglichen wurden die unter diesen widrigen Umgebungsbedingungen erhobenen Messwerte mit den Untersuchungsergebnissen aus Arealen, die aufgrund ihrer exponierten Lage und einer durch Laubbaumarten dominierten Bestockung einen guten GPS-Empfang versprachen.

Um ein Maß für die seitliche Abschirmung der Satellitensignale zu erhalten, wurden die Oberhöhen der Bäume und die Grundfläche gemessen. Die Angabe der Grundfläche hat dabei eine wesentlich höhere Aussagekraft als der Bestockungsgrad, da sich anhand der Grundfläche verschiedene Bestände besser direkt vergleichen lassen.

Die mit der Baumart Fichte bestockte Versuchsfläche und das Kerbtal lagen in der Abteilung 440 im Staatswald des Forstbetriebsbezirkes Moosfelde, Forstamt Arnsberg. Die beiden Aufnahmegebiete mit guten Empfangsvoraussetzungen lagen im Privatwald des Freiherrn zu Fürstenberg (Abteilung 249). Alle Flächen befinden sich im Wuchsgebiet Sauerland, Wuchsbezirk Niedersauerland (Höhenlage 200–280m).

Die Beschreibungen der Untersuchungsflächen sind im Folgenden aufgeführt. Die Angaben zur Höhe über NN und Teile der Bestandesbeschreibung stützen sich auf das Forsteinrichtungswerk des Forstbetriebsbezirkes Moosfelde:

Buche

Höhe über NN:	205–255 m
Geländeform:	Ober-Mittelhang
Hangrichtung:	Nordnordwest
Hangneigung:	mäßig geneigt (12 %)
Oberhöhe:	22,5 m
Grundfläche:	18 m ²

Bestandesbeschreibung: Buchen-Fichten-Roteichen Mischbestand, geschlossen, Buche 54 - 64/59j., geringes bis mittleres Baumholz, gruppenweise Fichte 43–47/45j., geringes Baumholz und horstweise Roteiche 45j., geringes bis mittleres Baumholz

Plateaulage

Höhe über NN:	255 m
Geländeform:	Plateaulage
Hangrichtung:	keine
Hangneigung:	eben
Oberhöhe:	34,0 m
Grundfläche:	2 m ²

Bestandesbeschreibung: Freifläche mit vereinzelt stehenden Buchen ca. 160j., starkes Baumholz

Fichte

Höhe über NN:	230 m
Geländeform:	Mittelhang
Hangrichtung:	Südwest
Hangneigung:	mäßig bis stark geneigt (18 %)
Oberhöhe:	26,5 m
Grundfläche:	26 m ²

Bestandesbeschreibung: Fichten-Reinbestand, gedrängt mit einzelnen Lücken, Fichte 52-64/62j., geringes bis mittleres Baumholz aus Pflanzung

Kerbtal

Höhe über NN:	200–215 m
Geländeform:	Kerbtal
Hangrichtung:	Südwest
Hangneigung:	mäßig geneigt (12 %)
Oberhöhe:	26,5 m
Grundfläche:	19 m ²

Bestandesbeschreibung: Fichtenbestand mit horstweise eingemischter Buche und einzelnen Birken, gedrängt bis geschlossen mit einzelnen Lücken, Fichte 52-64/53j., geringes bis mittleres Baumholz aus Pflanzung

5.3.1.2 Messverfahren

Von der Firma Presentec GmbH, die die Exklusivrechte zum Vertrieb von Benefon-Produkten in Deutschland besitzt, wurden zwei Testgeräte bereitgestellt. Ein Gerät enthielt den in den marktverfügbaren Benefon-Mobiltelefon, Modell *Track Pro*, verbauten GPS-Empfänger, das andere den Prototyp eines GPS-Empfängers der nachfolgenden Generation. Daher wird zwischen zwei Varianten unterschieden. Die Variante „Track Pro“ beschreibt die Messergebnisse mit dem alten GPS-Empfänger und die Variante „Prototyp“ die Messergebnisse mit dem neuen GPS-Empfänger.

Um die Qualität des GPS-Empfängers bewerten zu können, wurde zum Vergleich das GPS-Handgerät *Garmin eTrex Summit* herangezogen, der wie das Benefon *Track Pro* über einen integrierten 12-Kanal GPS-Empfänger verfügt. Der *Garmin* kam bereits in der Forstpraxis zum Einsatz und lieferte in einem Vergleichstest zwischen fünf Low-Cost GPS-Empfängern (Preisklasse 130 bis 1.200 €) hinsichtlich der Positionsgenauigkeit im Wald die besten Ergebnisse (HOLUBA ET AL., 2004).

Die Lageabweichung der vom GPS-Modul berechneten Koordinaten von der tatsächlichen Position kann nur mit Hilfe genauer Bezugsdaten bestimmt werden. Zu diesem Zweck wurden

ausgehend von Trigonometrischen Punkten mit einem elektronischen Theodoliten (605AF der Fa. TOPCON) mehrere Punkte in den Versuchsflächen eingemessen und diese mit einem farblich markierten Pfahl vermarktet. Auf einem Lageplan wurden die einzelnen Marken beziffert und mit den zugehörigen Positions-Koordinaten versehen.

Die markierten Punkte wurden nacheinander mit den beiden Mobiltelefonen von Benefon und mit dem *Garmin eTrex Summit* aufgesucht, wobei die Testperson die Geräte in einer Mobiltelefon tasche am Werkzeuggürtel mit sich führte. Der GPS-Betriebsmodus war auf Volleistung gestellt. In diesem Modus wird die höchste Genauigkeit bei schwachen Satellitensignalen erreicht. An jedem Punkt wurden die berechneten Positionskordinaten abgelesen.

Da die mit dem Theodoliten eingemessenen Koordinaten im Gauß-Krüger Koordinatensystem vorlagen, mussten die mit den GPS-Empfängern berechneten geographischen Koordinaten (Benefon) und UTM-Koordinaten (*Garmin*) für einen Vergleich zunächst transformiert werden.

5.3.2 Widerstandsfähigkeit des *Track Pro* gegen äußere Witterungseinflüsse

5.3.2.1 Wasserfestigkeit

Die IP-Schutzarten (International Protection) nach der EN 60529 unterscheiden zwischen neun Wasserschutzgraden (von 0 - 8). Der Tropfwasserschutz mit der Kennziffer 1 ist wie folgt definiert: Senkrecht fallende Tropfen dürfen keine schädigende Wirkung haben. Der Spritzwasserschutz hat die höhere Schutzkategorie 4 mit der Definition: Wasser, das aus jeder Richtung gegen das Gehäuse spritzt, darf keine schädigenden Wirkungen haben.

Laut Herstellerangaben ist das Gehäuse vom *Track Pro* vor Spritzwasser geschützt. Der Akku ist hierzu speziell mit einer Gummierung versehen.

Trotzdem fiel bei dem ersten Praxistest das *Track Pro* bei starken Regen aus, da die Kontakte des Akkus feucht geworden waren. Um zu überprüfen, ob es sich hierbei nur um einen Materialfehler des Gerätes handelte oder der Akku nicht richtig eingelegt worden war, wurden dasselbe Gerät und ein fabrikneues Gerät in einem Laborversuch beregnet.

Hierfür wurden zunächst die im Laufe eines Regentages durchschnittlich auftretenden Niederschlagsmengen berechnet. Die Quelldaten lieferte der Witterungsreport aus dem Jahr 2001 (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2001), der die Niederschlagswerte aller Wetterstationen aus NRW enthält. Die Niederschlagswerte wurden aufsummiert und durch die Anzahl der Regentage dividiert.

Während eines Regentages fiel im Jahr 2001 durchschnittlich 4,7 mm Regen. In der Tabelle 6 erfolgt eine Aufgliederung der Regentage nach der Niederschlagshöhe.

Tabelle 6: Aufgliederung der Regentage nach der Niederschlagsmenge

Anzahl der Tage mit ... Niederschlag		
≥0,1 mm	≥1,0 mm	≥10,0 mm
208	157	28

Die Tabelle 6 zeigt, dass 28 Tagen die Niederschlagsmenge von 10 mm überschritten wurde. Es gibt aber keine Daten über die Länge der jeweiligen Regenschauer. Daher wurde in dem Laborversuch ein kräftiger Regenschauer mit einem Niederschlag von 4,7 mm simuliert. Dies entspricht einer Niederschlagsmenge von 4,7 l/m³. Die Berechnungsdauer betrug ca. 40 min.

Für den Versuch wurde ein Wasserbehälter mit der berechneten Wassermenge auf ein Fallrohr montiert. Die am Boden des Behälters angebrachten Tropfverschlüsse erlaubten eine tropfenweise Abgabe. Die Testgeräte wurden jeweils mit der Vorder- und Rückseite nach oben am Fuß des Fallrohrs auf einer perforierten Metallplatte ausgelegt.

5.3.2.2 Temperatureinfluss auf Tastenfunktionalität

Laut Betriebsanleitung wird eine Funktion des *Track Pro* bis zu einer Außentemperatur von -25 °C garantiert. In einer Kühlkammer wurde die Temperatur von +5 °C in stufenweise um 5 °C bis auf -25 °C abgesenkt und bei jeder Temperaturstufe die Funktionstüchtigkeit von vier Mobiltelefonen des Modells *Track Pro* nach zwei Stunden untersucht. Unter Funktionstüchtigkeit wird eine funktionsgerechte Reaktion auf einen Tastendruck verstanden.

5.3.2.3 Temperatureinfluss auf die Spannung und Kapazität des Akkumulators

Die Spannung ist eine Größe für die unterschiedliche Ladung zweier Spannungsquellen. Rechnerisch ergibt sich die Spannung (U) aus dem Produkt von Widerstand (R) und Stromstärke (I). Der Effekt der Temperatur auf die Zellenspannung hat seine Ursache in dem erhöhten Innenwiderstand der Zelle, der u.a. durch eine verringerte Leitfähigkeit des Elektrolyten entsteht. Der Innenwiderstand begrenzt den maximal zu entnehmenden Strom. Mit fallender Temperatur nimmt folglich auch die Kapazität ab. Die Kapazität ist die Speicherfähigkeit des Akkus. Sie wird in Amperestunden (Ah) gemessen und gibt die Ladung an, die ein Akku bei Entladung mit konstantem Strom bis zum Erreichen einer vorgegebenen Spannung (Entladeschlussspannung) in bestimmter Zeit abgeben kann. Angegeben wird die Kapazität (C) mit Ah (Amperestunden), und sie ergibt sich rechnerisch aus dem Produkt von Entladestrom (I) und Entladezeit (t).

Bei höherer Temperatur steigt die Selbstentladung an. Typischerweise verdoppelt sich der Wert je 10 °C. Große Selbstentladungen entstehen, wenn ein Akku lange in einem heißen Fahrzeug verbleibt. Hierdurch kann sich die für die eigentliche Nutzung zur Verfügung stehende Kapazität deutlich verringern (BUCHMANN, 2001).

Da das Rettungsmobiltelefon aber laut Dienstvorschrift stets „am Mann“ mitzuführen ist, lag der Fokus der Untersuchungen auf den tiefen Temperaturbereichen. Daher wurden analog dem Testverfahren zur Überprüfung des Temperatureinflusses auf die Tastenfunktionalität der Spannungszustand und der Spannungsabfall nach Ablauf von zwei Stunden an den Lithium-Ionen Akkumulatoren (1050 mAh) gemessen.

5.3.2.4 Stand-by-Zeiten

GSM-Betriebszeiten können abhängig von der Entfernung zur Basisstation, der SIM-Karte (Subscribe Identification Module) den Netzeinstellungen, der Netzbelastung sowie bei eingeschalteten GPS-Empfänger abhängig von dem eingestellten Energiesparmodus, dem Satellitenempfang und den atmosphärischen Bedingungen stark variieren.

Wie geschildert wird die Kapazität der Akkumulatoren durch die Außentemperatur beeinflusst, wodurch sich die Stand-by-Zeiten verkürzen. Die Funktion der Mobiltelefone muss aber auch bei hohem Energieverbrauch über den ganzen Arbeitstag (8-Stunden-Tag) sichergestellt sein.

Unter Verweis auf eine Untersuchung der Wärmedämmung von Übergangs- und Winterjacken für den Jagdbedarf (SYSKOWSKI, 2001) wird angenommen, dass sich der Akkumulator infolge der durch die Berufskleidung abgestrahlten Körperwärme im Praxiseinsatz nicht unter -10 °C abkühlt. Hinzu kommen Aufwärmphasen, wenn sich der Forstwirt in der beheizten Schutzhütte aufhält. Um Extremsituationen zu simulieren, wurden die Mobiltelefone im GPS-Modus *Vollleistung* bei einer Umgebungstemperatur von -10 °C in eine Klimakammer gelegt und deren Betriebszeit im Stand-by-Modus bemessen.

5.4 Untersuchungen zur GSM-Netzabdeckung und Netz-Versorgungsqualität im Wald

5.4.1 Verfügbare Informationen, Erhebungsmethoden

Im Rahmen eines Workshops wurden Experten für Netzplanung und -optimierung der beiden großen Telekommunikationsnetzbetreiber T-Mobile und Vodafone gebeten, bereits vorhandene Daten zur Netzabdeckung im Wald offen zulegen, ihre Lösungskonzepte zur Gewährleistung der Ausfallsicherheit des Mobilfunknetzes zu erläutern und Aussagen zu den künftigen Planungen zum Netzausbau zu treffen.

Den befragten Netzanbietern liegen genaue Versorgungskarten vor. Die Berechnung der Versorgungswahrscheinlichkeiten beruht auf einem Planungstool (einer Berechnungsformel), das die geomorphologischen Besonderheiten der jeweiligen Regionen berücksichtigt. Diese rechnerisch hergeleiteten Versorgungswahrscheinlichkeiten werden in der Praxis mit Hilfe von MTUs (Mobile Telekommunication Units) überprüft. Die MTU sind aber aufgrund ihrer Größe nur fahrzeuggebunden einsetzbar. Eine Kontrolle erfolgte daher nur auf öffentlichen Straßen. Waldwege und Waldflächen abseits der öffentlichen Straßen blieben bisher unberücksichtigt.

Die Qualität der Netzversorgung ist nicht statisch sondern witterungsabhängig. Bei regnerischem Wetter wird der Netzversorgung besser, da durch die verstärkte Reflexion der Funkwellen an den Regentropfen auch kleinere Funklöcher ausgeleuchtet werden können. Ebenfalls können jahreszeitliche Unterschiede festgestellt werden. Im unbelaubten Winterzustand werden größere Waldteile versorgt als im Sommer.

Um eine klare Vorstellung von der Netzabdeckung im nordrhein-westfälischen Staatswald zu erhalten, wurden die Netzbetreiber gebeten, Karten (mit Stand vom 01. Januar 2003) zur Verfügung zu stellen, aus denen die Netzabdeckung (insbesondere für den Staatswald) erkennbar ist. Ebenso sollte von den Netzbetreibern eine Berechnung des Anteils netzversorgter Staatswaldflächen vorgenommen werden.

5.4.2 Eigene Erhebungen der Netzversorgung

Um die Qualität der Netzversorgungskarten bzw. des Planungstools beurteilen zu können, wurden zwei Assessoren des Forstdienstes werkvertraglich verpflichtet, an definierten Stichpunkten im Wald die Netzversorgung von T-Mobile (D1) und Vodafone (D2) zu testen. Die Netzbetreiber erhielten eine Liste mit den Koordinaten der Stichpunkte mit der Bitte, für jeden Punkt die Netzversorgung zu berechnen. Beide Netzbetreiber sagten die Berechnung der Punkte zu.

Mit einem systematischen Raster, das mit einer Dichte von 2,5 km über die digitalisierten Staatswaldflächen von NRW gelegt wurde, konnten 92 Stichprobenpunkte festgelegt und deren Koordinaten ausgelesen werden. Analoges Kartenmaterial, Anfahrtsbeschreibungen und Schrankenschlüssel für etwaig gesicherte Zufahrten wurden von den zuvor benachrichtigten Forstämtern (insgesamt 17) zur Verfügung gestellt, woraufhin die Erhebungspunkte unter Verwendung eines GPS-Handgerätes aufgesucht werden konnten. Am Stichpunkt wurden sowohl der D1- als auch der D2-Netzempfang getestet. Hierzu wurden ein Benefon-Mobiltelefon, Typ *Track Pro*, mit einer SIM-Karte von T-Mobile und ein Gerät mit einer SIM-Karte von Vodafone verwendet.

Eine Einschätzung der Netzstärke in der eingebuchten Netzzelle erfolgte über die Balkendarstellung auf dem Display der Mobiltelefone. Diese zeigte bei einem sehr guten Netzempfang vier Balken. Bei Sprüngen zwischen zwei Balken wurde der Zwischenwert notiert. Auf diese Weise ergaben sich neun Empfangsklassen (0, 0.5, 1, 1.5, ... 4).

Bei Vorstudien hatte sich gezeigt, dass teilweise Kurzmitteilungen (SMS) versendet und empfangen werden konnten, obwohl kein Netzzugang auf dem Display angezeigt wurde. Um auch solche Fälle zu erfassen, wurde bei der Empfangsklasse „0“ versucht eine SMS zu senden.

Für die Außenaufnahmen waren die Mobiltelefone so konfiguriert worden, dass ein Wechsel zu einem Roamingpartner nur manuell vorgenommen werden konnte. Die an NRW angrenzenden Benelux-Staaten haben entlang ihrer Grenze viele Sender aufgestellt, deren Netzzellen auch Flächen in Deutschland abdecken. Bei einer Voreinstellung auf „Automatik“ hätte die

Gefahr bestanden, dass ein Wechsel zu einem Roamingpartner erfolgt, sobald das ausländische Netz stärker als das zu testende Netz ist.

5.5 Analyse charakteristischer Störschalle am Arbeitsplatz zur Optimierung der Signale von Meldeeinrichtungen

5.5.1 Wahrnehmbarkeit akustischer Signale während der Waldarbeit

Die Unfallverhütungsvorschrift „Forsten“ (BLBG, 1997) stuft die Arbeit mit der Motorsäge als gefährliche Forstarbeit ein, die nicht von einer Person ohne ständige Ruf-, Sicht- oder sonstige Verbindung zu einer weiteren Person, die in der Lage ist, in Notfällen Erste Hilfe zu leisten, durchgeführt werden darf. Zu den Rufverbindungen – im Sinne der Vorschrift – zählen auch Funk- oder Fernsprechverbindungen sowie eindeutige akustische Signale.

Akustische Signale können unter bestimmten Voraussetzungen, die im Folgenden weiter ausgeführt werden, unabhängig von der Position bzw. Blickrichtung des Empfängers unmittelbar wahrgenommen werden und eignen sich insbesondere für eine schnelle Informationsweitergabe. Die infolge des naturnahen Waldbaus zunehmende Strukturierung der Wälder führt auch zu einem unübersichtlicher werdenden Arbeitsfeld der Forstwirte und erhöht somit die Bedeutung akustischer Signale gegenüber der visuellen Verständigung.

In der Regel werden die Forstwirte mit Mobiltelefonen oder Betriebsfunkgeräten ausgerüstet, die zumindest eine betriebsinterne Kommunikation sicherstellen. Zudem dienen diese Geräte als gesetzlich geforderte Meldeeinrichtungen, um im Notfall unverzüglich die notwendige Hilfe herbeizurufen. Da der Erstversorgung eine große Bedeutung innerhalb der Rettungskette zukommt, muss sichergestellt werden, dass die Notsignale des Verunfallten unverzüglich von den weiteren Gruppenmitgliedern wahrgenommen werden können. In der Regel sind die Meldeeinrichtungen in den Arbeitsgruppen miteinander verbunden. Ein Notsignal wird an alle Meldeeinrichtungen weitergeleitet und löst dort ein akustisches Signal aus.

Die Erkennbarkeit der Signale kann jedoch durch die von Forstmaschinen verursachten lauten Störgeräusche und die schalldämmende Wirkung der in der Regel getragenen Kapselgehörschützer verschlechtert, wenn nicht sogar verhindert werden.

Das daraus resultierende sicherheitstechnische Problem, soll durch eine geeignete Gestaltung der Signaltöne unter Beachtung der während der Waldarbeit üblichen Störgeräusche und der Dämmkurven der am häufigsten während der Waldarbeit getragenen Gehörschützer weitgehend beseitigt werden.

5.5.2 Standards zur Gestaltung und Prüfung von akustischen Gefahrensignalen

5.5.2.1 Begriffsdefinition

Grundsätzlich wird bei den akustischen Gefahrensignalen zwischen Warn- und Notsignalen unterschieden. Warnsignale weisen auf eine entstehende oder auf eine schon vorhandene Gefahr hin und beinhaltet die Aufforderung an den Empfänger die Gefahr durch geeignete Maßnahmen zu verringern bzw. zu beseitigen. Bei einer akuten Gefahr oder einem bereits eingetretenen Notzustand werden die im Gefahrenbereich befindlichen Personen per Notsignal zum Verlassen desselben aufgefordert. Das Notsignal ist aber auch ein nonverbaler Hilferuf, um auf die Notsituation einer Person hinzuweisen, verbunden mit der Aufforderung geeignete Maßnahmen zu deren Rettung zu ergreifen (MALTER UND GUSKI, 2001; HVBG, 2004b; DIN EN ISO 7731, 2005).

5.5.2.2 Sicherheitstechnische Anforderungen

5.5.2.2.1 Voraussetzungen für die Erkennbarkeit der Gefahrensignale

Die Erkennbarkeit der Gefahrensignale ist nur dann gewährleistet, wenn diese sich deutlich hörbar von Störgeräuschen und anderen Signale in den Parametern Schalldruckpegel, Frequenzzusammensetzung sowie zeitlichem Verlauf unterscheiden und unmissverständlich in ihrer Bedeutung sind.

5.5.2.2.2 Schalldruckpegel

Zur Sicherstellung der Hörbarkeit muss der Schalldruckpegel des Gefahrensignals gemäß der DIN EN ISO 7731 „Ergonomie – Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale“ (2005) mindestens 65 dB (A) im gesamten Signalempfangsbereich betragen. Der Signalempfangsbereich ist der Raum, innerhalb dessen der Empfänger das Signal erkennen und in geeigneter Weise darauf reagieren soll. Bezogen auf die Arbeitsbedingungen der Forstwirte mit häufig wechselnden Arbeitsorten handelt es sich nicht um stationäre Empfangsbereiche, sondern um einen definierten Raum rings um den akustischen Signalgeber, in dem sich der Forstwirt in der Regel aufhält.

Eingeschränkt werden kann die Hörbarkeit von Signalen durch Störgeräusche. Hierzu zählt jeglicher Schall im Empfangsbereich, der nicht vom Gefahrensignalgeber selber erzeugt wird. Aus diesem Grund muss der Signalschalldruckpegel den Störschalldruckpegel mehr als 15 dB (A) übertreffen. Der mindestens erforderliche Gefahrensignalpegel (L_{Smin}) muss sich hierbei am maximal auftretenden Störgeräusch orientieren.

Eine detaillierte Oktav- oder Terzbandanalyse der Störschalle ermöglicht eine geeignete Konzeption der Gefahrensignale. Frequenzbänder fassen beieinander liegende Frequenzen zu-

sammen. Die Summe der Schalldruckpegel aller zugehörigen Frequenzen wird automatisch von den Schallanalytoren berechnet und als Schalldruckpegel der jeweiligen, international standardisierten Bandmittenfrequenz ausgegeben.

Die Bandbreite nimmt hierbei bei den Terz- und Oktavbändern mit steigender Frequenz zu, wobei die Obergrenze eines Bandes gleich der Untergrenze des nächst folgenden Frequenzbandes ist (vgl. Anhang Tabelle A_1).

Die Relation der benachbarten Mittenfrequenzen beträgt bei den Terzbändern $\sqrt[3]{2}$:1 und bei den Oktavbändern 2:1. Drei Terzbänder ergeben gemeinsam ein Oktavband.

Die Gefahrensignale sind in der Regel dann hörbar, wenn deren Schalldruckpegel die Mithörschwelle in einem oder in mehreren Oktavbändern um mindestens 10 dB (A) oder in einem oder mehreren Terzbändern um 13 dB (A) übertrifft.

Die Mithörschwelle ist der Schallpegel, bei dem das Signal noch eben bei vorhandenem Störschall hörbar ist. Lärm- oder Altersschwerhörigkeit sowie Gehörschützer führen zu einer Verschiebung der Mithörschwelle und sind bei dessen Berechnung zu berücksichtigen. (PFEIFFER ET AL., 1997).

Hinsichtlich der Verdeckung eines Signals durch ein Störgeräusch unterscheidet man zwischen spektraler und zeitlicher Verdeckung. Hinter dem Begriff der spektralen Verdeckung verbirgt sich das Phänomen, das die Höhe der Mithörschwelle (L_T) des Signals neben dem Schalldruckpegel des Störgeräusches im selben Frequenzband auch von der Intensität des Störschalls im höher- und niederfrequenten Bereich abhängt. Die Verdeckung von Sinustönen durch Schalle mit gleichen oder ähnlich hohen Frequenzen soll anhand der Abbildung 22 verdeutlicht werden. Die Ruhehörschwelle gibt den frequenzabhängigen Schalldruck wieder, bei dem die Hörempfindung bei Absenz von Störgeräuschen ausgelöst wird. Bei zeitgleicher Wiedergabe eines Störgeräusches mit der Mittenfrequenz von 1 kHz und einer Bandbreite von 160 Hz (mit verschiedenen in der Abbildung 22 ausgewiesenen Pegeln (L_G) von 20–100 dB) müssen die Schallpegel der Sinustöne erhöht werden, damit sie erneut hörbar sind. Die hierzu erforderlichen Schallpegel werden durch die Mithörschwellen ausgewiesen.

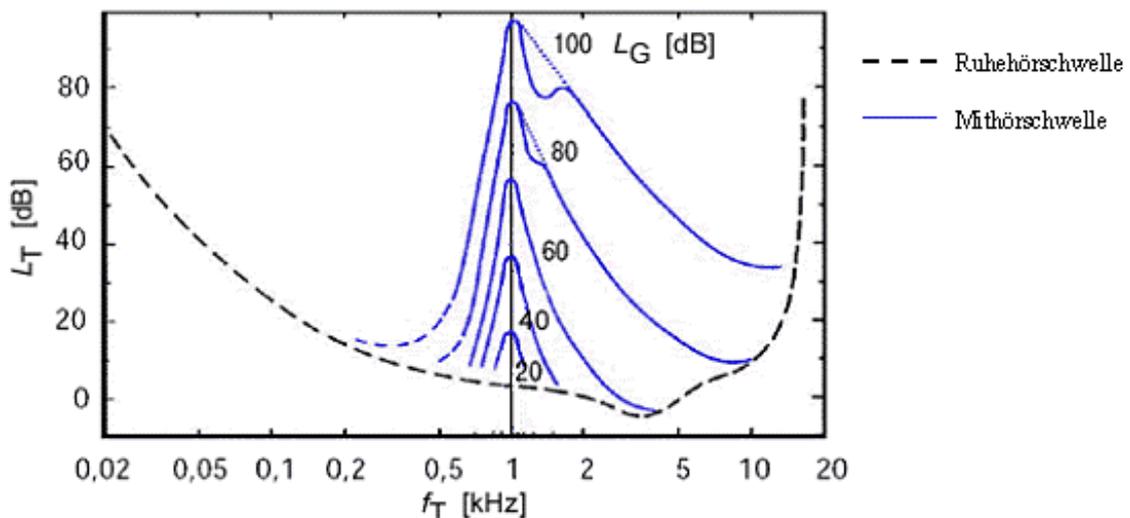


Abbildung 22: Mithörschwellen (L_T) bei Maskierung durch ein Schmalbandrauschen mit Mittenfrequenz 1 kHz und unterschiedlichen Schallpegeln (L_G) [Quelle: ZWICKER, 1982]

Demnach weisen die Mithörschwellen ein wesentlich größeres Gefälle zu den niedrigeren als zu den höheren Frequenzen auf. Folglich verdeckt (maskieren) bei zwei Sinustönen mit nahe beieinanderliegenden Frequenzen der tieferfrequente den höherfrequenten Ton wesentlich stärker.

Bei der zeitlichen Verdeckung ist vor allem die Nachverdeckung von Bedeutung. So beobachtete ZWICKER (1982), dass das Gehör nach dem Abschalten eines Störgeräusches eine gewisse Erholungsphase benötigt, bis sich die Hörschwelle wieder an die Ruhehörschwelle angepasst hat. Die Dauer dieses Prozesses kann in Abhängigkeit von der Frequenz, der Intensität und Dauer des vorhergehenden Störgeräusches bis zu 200 ms betragen (s. Abbildung 23).

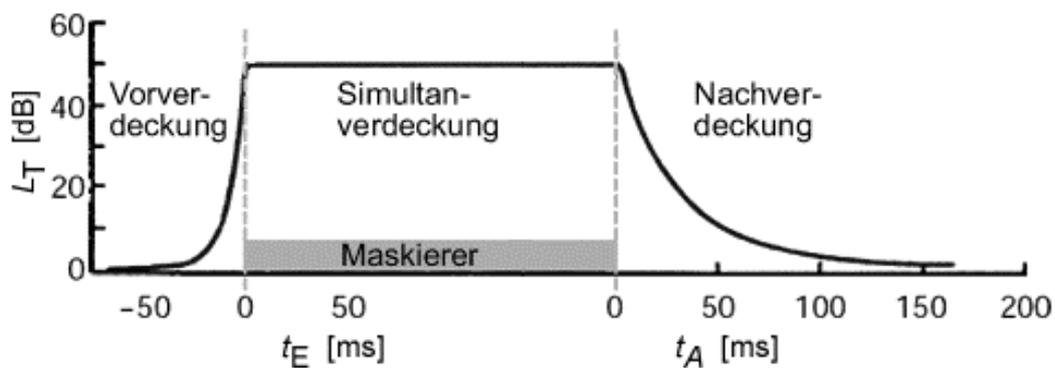


Abbildung 23: Vor- und Nachverdeckung (mit breitbandigem Rauschen als Maskierer) [Quelle: ZWICKER, 1982]

L_T : Pegel über der Ruhehörschwelle, t_E : Zeit nach Einschalten des Maskierers, t_A : Zeit nach Abschalten des Maskierers

Aus physiologischen Gründen kann der Schalldruckpegel des Signals jedoch nicht beliebig hoch gewählt werden, ohne Gehörschäden zu riskieren. Diese können laut TRIEBIG ET AL. (2003) durch akute oder chronische Lärmexposition auftreten. So können dauerhafte Hörverluste schon durch kurzzeitige schalltraumatische Ereignisse (Explosions- und Knalltrauma), die sich durch einen hohen Schallruckpegel (160-190 dB (A)) mit einer schnellen Anstiegsphase auszeichnen, entstehen. Desgleichen zählt die Arbeitsmedizin das akute Lärmtrauma und den akustischen Unfall zu den akuten Gehörschäden. Während akute Lärmtraumata aus einer mehrstündigen Einwirkzeit von Schalldruckpegeln von 130 dB (A) bis 140 dB (A) resultieren, können schon bei weitaus niedrigeren Schallpegeln (ab 90 dB (A)) nach wenigen Stunden nachhaltige Schäden auftreten, wenn der Betroffene während dieser Zeit eine Körperhaltung einnahm, die eine gute Durchblutung des Innenohrs unterband; in diesem Fall spricht man von einem akustischen Unfall (vgl. Abbildung 24).

Die Lärmschwerhörigkeit zählt hingegen zu den chronischen Gehörschäden und tritt auf, wenn die Betroffenen über längere Zeit (in der Regel Jahre) ohne die erforderlichen Erholungszeiten einem Schalldruckpegel über 85 dB (A) ausgesetzt waren.

Gemäß der DIN EN ISO 7731 (2005) sollte der Schalldruckpegel des Gefahrensignals innerhalb des Signalempfangsbereichs 118 dB (A) nicht überschreiten.

MALTER UND GUSKI (2001) empfehlen dahingegen eine Beschränkung des Schalldruckpegels von Gefahrensignalen auf 90 dB (A), weil sich ein darüber hinausgehender Schalldruckpegel bei dauernder oder häufiger Exponierung schädigend auf das Gehör auswirken würde.

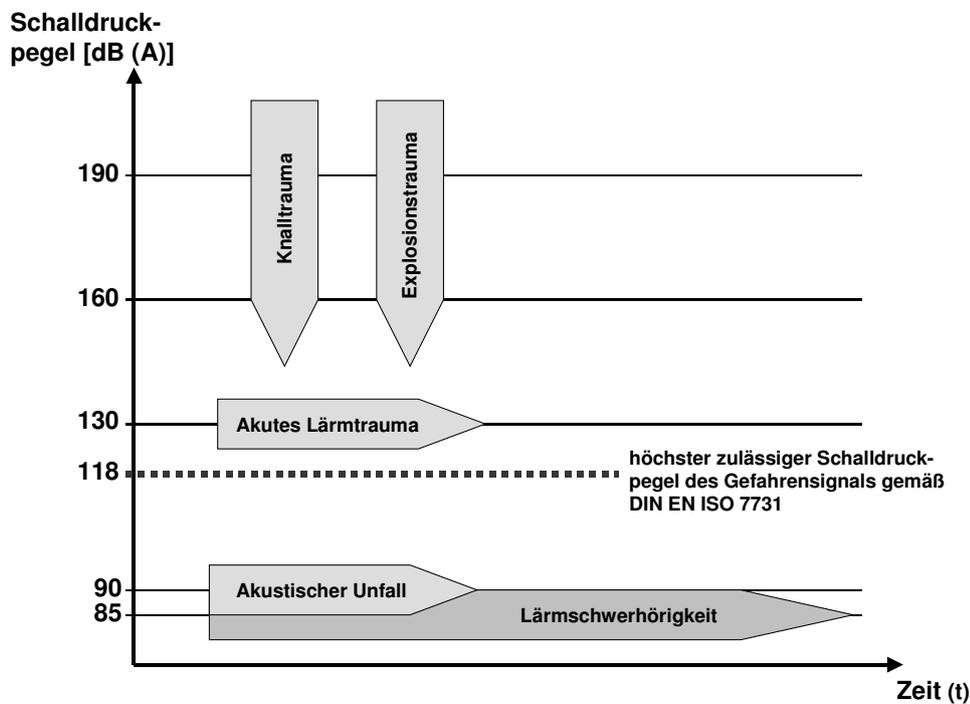


Abbildung 24: Akustische Bedingungen für die Entwicklung schalltraumatischer Gehörschäden
[Quelle: modifiziert nach TRIEBIG ET AL., 2003]

5.5.2.2.3 Frequenzspektrum

Nicht alle Frequenzen in dem für den Menschen hörbaren Bereich von 16 bis 20 000 Hz eignen sich gleichermaßen als Komponenten eines Gefahrensignals.

So ermöglicht die Beschränkung auf den Frequenzbereich unter 3 kHz auch Personen, die von Lärmschwerhörigkeit betroffen sind, die Warnsignale zu hören. Der Krankheitsverlauf der Lärmschwerhörigkeit ist dadurch gekennzeichnet, dass es zunächst zu einem Hörverlust im Bereich von 3 bis 6 kHz, mit Schwerpunkt bei 4 kHz (der sogenannten c_5 -Senke) kommt, der sich im weiteren Verlauf zu den höheren und tieferen Frequenzen ausweitet (vgl. TRIEBIG ET AL., 2003, S. 342).

Laut DIN EN ISO 7731 sollte das Gefahrensignal auch Frequenzkomponenten im Frequenzbereich von 500-2500 Hz beinhalten. Empfohlen werden zwei Hauptkomponenten des Signals im Bereich von 500-1500 Hz.

Tragen die Personen im Empfangsbereich Gehörschützer oder besteht die Gefahr, dass diese einen partiellen Hörverlust aufweisen, sollte insbesondere eine starke Komponente im Frequenzbereich unter 1500 Hz konzipiert werden.

Die als Träger der Signalkomponenten in Frage kommenden Terz- und Oktavbänder zwischen 500 und 3000 Hz werden im Anhang, Tabelle A_1, vorgestellt.

5.5.2.2.4 Zeitverlauf des Gefahrensignals

Eine der Kernaussagen des Kapitels 5.5.2.2 ist, dass sich der mindestens erforderliche Gefahrensignalpegel (L_{Smin}) an dem maximal auftretenden Störgeräusch orientieren muss. Dieses Reglement wird durch die DIN EN ISO 7731 (2005) im Passus zum Zeitverlauf des Gefahrensignals relativiert. Demnach muss das Gefahrensignal spätestens eine Sekunde nach dessen Beginn für mindestens zwei Sekunden hörbar sein. Eine kurzfristige Verdeckung des Warnsignals durch den Störschall ist demnach zulässig.

5.5.3 Prüfverfahren

5.5.3.1 Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Um die ständige Hörbarkeit von Gefahrensignalen zu gewährleisten, müssen sich die Untersuchungen auf diejenigen Störschallquellen konzentrieren, die den höchsten Immissions-Schalldruckpegel am Ohr der Personen verursachen, die durch das Signal alarmiert werden sollen. Die Höhe dieser Immissionswerte hängt in diesem Fall von der Schalleistung der Emissionsquelle als auch dessen Entfernung zum Ohr des Empfängers ab. Der Schalldruck des Störschalls reduziert sich dabei in Folge einer Distanzverdoppelung auf die Hälfte des Ausgangswertes (Abstands- oder Entfernungsgesetz). Dies entspricht einer Schalldruckpegelabnahme um 6 dB.

Angesichts der hohen Werte der Emissions-Schalldruckpegel von Motorkettensägen, Freischneidern und Motorsensen und deren unmittelbare Nähe zum Ohr des Sägenführers, können die dort gemessenen Immissionswerte über 110 dB betragen. Die Geräuschentwicklung am Ohr des Forstwirtes übertrifft somit die der anderen üblicherweise in der Forstwirtschaft eingesetzten Betriebsmittel. Die Motorkettensäge ist zudem das meistgenutzte Arbeitsgerät der Forstwirte, das gemeinhin in der Holzernte und der Jungbestandpflege eingesetzt wird. Der von KLUGMANN (2005) in einer Studie zu Motorsägenlaufzeiten aus MS-Laufzeit und Holzerntestunden gebildeten Quotient ergab ein Laufzeitprozent von rund 48 %. Darunter nahm die Motorsägenlaufzeit *unter Last* einen Anteil von rund 53 % ein. Der arithmetische Mittelwert der Lastlaufzeiten variierte hierbei in Abhängigkeit von der Baumart. KLUGMANN (2005) führt die im Vergleich zu Buche und Kiefer wesentlich höheren Lastlaufzeiten bei der Fichte auf die, infolge deren intensiveren Beastung, längeren Entastungszeiten zurück.

Aufgrund der Exponierung der Forstwirte durch außerordentlich hohe Immissions-Schalldruckpegel der Motorsägen über vergleichsweise lange Zeiträume, müssen sich die Untersuchungen auf diese Schallquellen konzentrieren. Es ist jedoch gemeinhin bekannt, dass der von leistungsstarken Motoren emittierte Schall in tieffrequenten Bereichen eine höhere

Amplitude aufweist. Es ist daher zu befürchten, dass Signalkomponenten in tiefen Frequenzbereichen zwar während der Arbeit mit der Motorsäge oder dem Freischneider, nicht aber während der Bedienung großer selbstfahrender Forstmaschinen hörbar sind. Folglich ist auch diese Maschinenkategorie bei der Optimierung von informationshaltigen akustischen Signalen zu berücksichtigen.

Das Störgeräusch ist eine Mischung von Tönen, die keine Schwingungsperiodizität aufweisen. Diese Definition macht deutlich, dass eine repetierende Messung des Hintergrundgeräusches bei der Waldarbeit zu unterschiedlichen Ergebnissen führen muss, da der „Klangteppich“ in *vi-vo* ständigen Veränderungen unterworfen ist. Ebenso können Schallreflexionen das originäre Störgeräusch – beispielsweise einer Maschine – verfälschen. Im Allgemeinen kann jedoch hinsichtlich der schallabsorbierenden Eigenschaften des laubbedeckten Bodens und der Nähe zur Schallquelle von einem reflexionsarmen (freien) Schallfeld ausgegangen werden.

Die während der Waldarbeit verwendeten Maschinen müssen in den Arbeitsschichten eine in-konstante Leistung erbringen, wodurch sich ein alternierender Störschallpegel ergibt. So wird bei der Motorsäge zwischen den Belastungszuständen *Leerlauf*, *Vollgas ohne Last* und *Vollgas mit Last* unterschieden. Vernachlässigt man die Einflussfaktoren der Maschineneigenschaften (Modell, Alter, Wartungszustand), korreliert der Schalldruckpegel insbesondere mit der Motordrehzahl und der Motorbelastung. Je nach Belastungszustand und Motordrehzahl variiert ebenso die Frequenzzusammensetzung des Störschalls wie auch der Schalldruckpegel in jedem einzelnen Frequenzbereich. Wie in den FPA-Prüfberichten ersichtlich, treten hierbei die stärksten Geräuschentwicklungen am Ohr des Sägeföhrers im Belastungszustand *Vollgas ohne Last*, dicht gefolgt vom Belastungszustand *Vollgas mit Last* auf.

Zur Realisierung der normativen Anforderungen ist es daher notwendig, den Schalldruckpegel der einzelnen Emissionsquellen (Maschinen) bei unterschiedlicher Arbeitsleistung, insbesondere in dem Frequenzbereich unter 3000 Hz zu bemessen.

KLUGMANN ET AL. (2004) wies in einer Studie nach, dass ein deutlicher Zusammenhang der MS-Laufzeit mit dem Stückvolumen besteht. Das Stückvolumen ist neben der Mittenstärke der Stammstücke auch wesentlich von den Aushaltungsvorgaben abhängig. Arbeiterindividuelle Niveauunterschiede bezüglich der Lastlaufzeiten führt KLUGMANN unter anderen auch auf die persönlichen Gewohnheiten im Umgang mit der Motorsäge zurück.

Die Ausführungen machen deutlich, dass der Störschallpegel von der Beschaffenheit der Maschine, von den baum- und bestandesbezogenen Hiebsmerkmalen sowie Aushaltungsvorgaben und der Bedienung bzw. der Arbeitsweise des Maschinenföhrers abhängig ist.

Das Versuchsdesign muss diese verschiedenen Einflussfaktoren angemessen berücksichtigen.

5.5.3.2 Auswahl der zu bemessenen Maschinen

5.5.3.2.1 Motorsägen

Angesichts der Vielzahl der bei der Waldarbeit verwendeten Motorsägenmodelle ist eine zweckmäßige Limitierung des Untersuchungsumfangs unerlässlich.

Die Messungen der Emissions-Schallpegel konzentrieren sich daher auf die Geräte im Profibereich, die hinsichtlich der Verkaufszahlen die ersten Rangplätze einnehmen (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Aufstellung der zu betestenden Motorsägenmodelle

Hersteller	Modell/Typ	Hubraum (ccm)	Leistung (kW)	Schnittlänge (cm)	Leistungs-kategorie
Stihl	MS 260	50	2,6	37	leicht
	MS 361	59	3,4	37	mittel
	MS 660	92	5,2	50	stark
Dolmar	115 i	52	2,7	38	leicht
	PS-6400H	64	3,5	38, 45, 50	mittel
	PS 7900	79	4,7	45	stark
Husqvarna	346 XP	45	2,5	33-50	leicht
	357 XP	56	3,2	33-60	mittel
	395 XP	94	4,9	45-90	stark

Diesbezüglich wurden die führenden Hersteller von Motorgeräten für die Forstwirtschaft angeschrieben (Dolmar GmbH, Husqvarna AB, ANDREAS STIHL AG & Co. KG).

Für jede Motorsägenleistungskategorie wurde jeweils das im Profibereich meistverkaufteste Modell der drei Hersteller Dolmar, Husqvarna und Stihl bemessen.

5.5.3.2.2 Freischneider

Die Auswahl der Freischneider/Motorsensen erfolgte nach den gleichen Kriterien wie bei den Motorsägen. Da sich bei der zuvor durchgeführten Schallanalyse der Motorsägen bereits gezeigt hatte, dass die Modelle aus den höchsten Leistungsklassen auch die höchsten Schalldruckpegel aufwiesen, wurden von den Freischneidern/Motorsensen gezielt nur die leistungsstärksten Modelle bemessen (s. Tabelle 8).

Tabelle 8: Aufstellung der zu betestenden Freischneider/Motorsensenmodelle

Hersteller	Modell/Typ	Hubraum (ccm)	Leistung (kW)	Schneidwerkzeug
Stihl	FS 550	56,5	2,8	Kreissägeblatt
Husqvarna	265 RX	65,1	3,0	Kreissägeblatt
Dolmar	MS 4510	45,0	2,3	Dickichtmesser

5.5.3.2.3 Selbstfahrende Maschinen

Wie eine Sichtung der KWF-Prüfberichte ergab, treten die höchsten Lärmbelastungen in der Maschinen-Gruppe „Seil-Rückeschlepper“ auf. Im Gegensatz zu den Tragschleppern muss der Maschinenführer zur Lastbildung auch die Fahrerkabine verlassen, wobei der Normzeitanteil für Arbeitsverrichtungen außerhalb der Kabine 20 % beträgt (vgl. KWF, 2003).

Für die Schallanalyse wurde eine zu der Maschinengruppe „Kranrückeschlepper“ gehörige Maschine von Timberjack, Modell 360 C, ausgewählt. Diese sehr leistungsstarke Maschine ließ laut dem Prüfbericht des KWF (2000) eine hohe Lärmbelastung des Maschinenführers im Außenbereich bzw. während der Arbeit mit geöffneter Kabine erwarten (s. Tabelle 9).

Tabelle 9: Daten des betesteten Rückeschleppers

Hersteller	Modell/Typ	Leistung (kW)	Beschreibung
Timberjack Inc.	360 C	110	Rückeschlepper mit Rückekran

5.5.3.3 Anzahl der Probanden

Um die individuellen Unterschiede im Umgang mit der Motorsäge und den Freischneidern/Motorsensen sowie deren Auswirkung auf die Laufzeiten als auch die Alternierung des Schallpegels zu berücksichtigen, wurde jedes Motorsägen- und Freischneidermodell nacheinander von drei ausgebildeten Forstwirten geführt.

Der Seil-Rückeschlepper wurden von dem verantwortlichen Maschinenführer bedient.

5.5.3.4 Versuchsbestände

Die Motorsägen wurden jeweils von drei Probanden in den typischen Anwendungsbereichen der jeweiligen Motorsägenklasse eingesetzt (s. Tabelle 10). Um die Hörbarkeit auch unter widrigsten Bedingungen zu gewährleisten, wurden für die mittlere und starke Leistungsklasse Fichtenbestände ausgewählt, da dort die längsten Lastlaufzeiten und folglich die höchsten Störschalldruckpegel zu erwarten waren (vgl. Kapitel 5.5.3.1).

Alle drei Freischneider/Motorsensen wurden schwerpunktmäßig zum Freischneiden der Waldwege eingesetzt. Während der Einsatzbereich des Dickichtmessers auf den Jungwuchs bis 7 cm Trenndurchmesser beschränkt blieb, wurden mit dem Kreissägeblatt auch stärkeres Material bis 14 cm Trenndurchmesser umgeschnitten. Der Schalldruckpegel am Ohr des Schlepperfahrers wurde während der Rückung und Polterung von starkem Fichtenlangholz bemessen. Die rund 90jährigen Fichten wurden zugefällt. In Einzelfällen mussten die nicht in Auslegerreichweite liegenden Ganzbäume mit der Seilwinde vorgeseilt werden, wobei sich der Fahrer außerhalb des Forstspezialschleppers aufhielt.

Tabelle 10: Anwendungsbereiche der Motorsägenklassen

Leistungs- klasse	Masse [kg]	Leistung [kW]	Hubraum [ccm]	Schnittlängen [cm]	Überwiegende Anwendungs- bereiche
leicht	bis ca.: 5,0	bis ca.: 3,0	bis ca.: 50	bis ca.: 40	Jungbestandspflege Fällung von schwachen Bäumen Entastung von schwachen Laub- und Nadelholz Entastung von mittleren Nadelholz
mittel	ca. : 5,0-6,5	ca. : 3,0-4,0	ca.: 50-75	bis ca.: 50	Fällen von schwachen bis mittelstar- ken Bäumen Entastung von mittelstarken und star- ken Laub- und Nadelholz Einschneiden von Schichtholz
stark	über 6,5-10	über 4 bis 6,5	über 80	Standard: 50-65	Fällen und Trennen von starken und sehr starken Bäumen und Stämmen

5.5.3.5 Auswahl der Kapselgehörschützer

Während der Arbeit mit der Motorsäge tragen die Forstwirte üblicherweise eine Kopfschutzkombination, die aus den Komponenten Helm, Gesichtschutz und Kapselgehörschützer besteht. Die Kapseln sind mit hartem Dämmstoff ausgekleidet und werden mit Hilfe eines Federbügels an das Ohr gepresst, so dass dieses vollständig abgeschirmt ist (HVBG, 1998).

Da die unterschiedlichen Dämmkurven der praxisüblichen Kapselgehörschützer ebenfalls bei der Konzeption der Gefahrensignale berücksichtigt werden müssen, wurden zur Eingrenzung des Untersuchungsumfangs mittels einer telefonische Befragung der Hersteller und Vertreiber von Kapselgehörschützern die marktführenden Modelle ermittelt.

Laut Auskunft der Firma Grube KG werden für den professionellen Einsatz schwerpunktmäßig der Kapselgehörschutz H 9 A bzw. das Nachfolgemodell H510F/H510P3 (OPTIME I) sowie der Typ H31 von der Firma Peltor verkauft. Diese Angaben wurde von der Firma Peltor bestätigt.

Auch die Firma STIHL vertreibt diese Produkte unter dem eigenen Markennamen sowie Kapselgehörschützer der Firma Hellberg Safty AB, Typ Mark 8. Letzterer wird aufgrund seines Plastikbügels und der daraus höheren Anfälligkeit im Praxisalltag aber nur im geringen Umfang nachgefragt.

Ein weiterer Anbieter von Kapselgehörschützern ist die Firma Bacou-Dalloz GmbH & Co. KG, die Gehörschutzprodukte der Marke Bilsom in Deutschland vertreibt. Das meistgefragte Modell dieser Marke ist der Kapselgehörschützer C3 bzw. als Helmkapsel C3H.

Wie der Tabelle 11 zu entnehmen ist, weisen die Kapselgehörschützer unterschiedliche Dämmeigenschaften in den einzelnen Terzbändern auf.

Tabelle 11: Dämmwerte [dB (A)] der am häufigsten in der Forstwirtschaft verwendeten Kapselgehörschützer, gegliedert nach den für die Konzeption von Gefahrensignalen geeigneten Terzfrequenzbändern

Bescheinigungs-inhaber	Typbe-zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)									
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
PELTOR AB	H9A	26,50	29,28	32,92	37,20	36,58	35,70	34,70	35,25	35,97	36,90
PELTOR AB	H510F	27,10	28,61	30,58	32,90	33,43	34,16	35,00	35,38	35,86	36,50
PELTOR AB	H510P3*	26,90	28,72	31,10	33,90	33,43	32,76	32,00	32,38	32,86	33,50
PELTOR AB	H31P3*	28,60	30,08	32,02	34,30	35,15	36,34	37,70	37,73	37,76	37,80
PELTOR AB	H31A	29,70	31,39	33,60	36,20	36,48	36,86	37,30	36,65	35,81	34,70
Hellberg Safty AB	Mark 8	27,50	28,67	30,20	32,00	32,63	33,50	34,50	33,55	32,32	30,70
Bilsom GmbH	Clarity C3	37,50	36,82	35,94	34,90	34,23	33,28	32,20	33,85	36,00	38,80
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	31,30	31,09	30,82	30,50	29,93	29,12	28,20	29,90	32,11	35,00

*Helmversionen

Die spektrale Veränderung des Schalls auf dem Weg zum Ohr aber kann die Wahrnehmbarkeit von Gefahrensignalen sowie die Sprachkommunikation einschränken. Untersuchungen zum Einfluss der Dämmkurve (Verlauf der Schalldämmung über die Frequenzen) haben ergeben, dass sich das Risiko durch die Verwendung von Gehörschützern mit einer flachen Schalldämmcharakteristik, d. h. mit einer möglichst frequenzunabhängigen Schalldämmung, reduzieren lässt. (HVBG 194; 1998; LIEDKE, 2003; DIN EN ISO 7731, 2005). Als Identifikationsmerkmal dieser Gehörschützer gilt, dass die aus einer Regressionsanalyse der Dämmwerte resultierende Trendlinie eine Steigung aufweist, die größer als $-3,60$ dB ist und somit relativ flach verläuft.

Obwohl dieses Kriterium lediglich von den beiden vorgestellten Produkten der Bilsom GmbH erfüllt wird, wurden zur Gewährleistung des Praxisbezuges alle in der Tabelle 11 aufgelisteten Modelle bemessen.

5.5.3.6 Messung der Schallpegel-Emissionswerte am Ort der Bedienungsperson

5.5.3.6.1 Frequenz und Zeitbewertung

Der gleiche Schalldruckpegel wird in den einzelnen Frequenzen vom menschlichen Gehör unterschiedlich laut wahr genommen. Insbesondere bei sehr niedrigen und sehr hohen Frequenzen ist ein höherer Schalldruck erforderlich, um die gleiche Lautstärkeempfindung zu erzielen. Hierbei werden die zum Erhalt gleicher subjektiver Lautstärke notwendigen Korrekturen mit zunehmendem Schalldruck umso niedriger.

Um die physiologische Bewertung der Frequenzen und Intensität des Schalls durch das menschliche Ohr annähernd messtechnisch widerzuspiegeln, wurden entsprechende

Dämpfungs-/Bewertungskurven erarbeitet. Am gebräuchlichsten bei Schallimmissionsmessungen ist die A-Bewertung (s. Abbildung 25) des Schalldruckpegels.

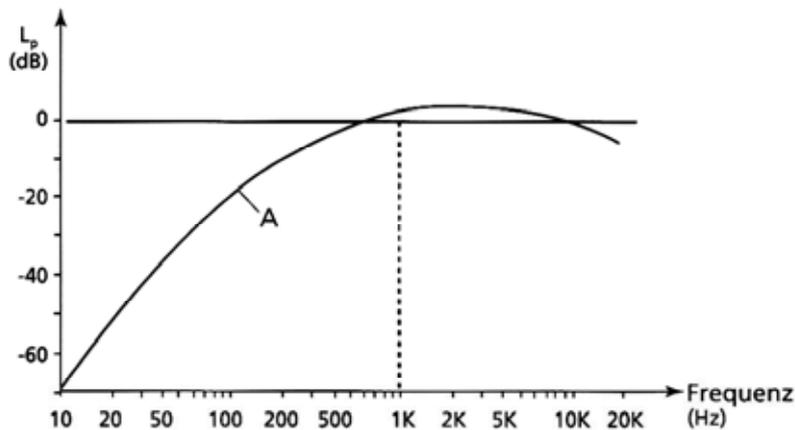


Abbildung 25: Bewertungskurven des Schalldruckpegels (Quelle: Brüel & Kjær, 2000)

Entsprechend der DIN EN ISO 7731 (2005) ist der höchste A-bewertete Störschalldruckpegel in der Zeitbewertung „Slow“ (Langsam) Grundlage der Beurteilung des Störschalls und des Gefahrensignals. Die jeweiligen Werte sind aus einer repräsentativen Anzahl repetierender Messungen zu entnehmen.

Wie das menschliche Gehör kann auch die Anzeige dem tatsächlichen zeitlichen Verlauf des Schalldruckpegels nur verzögert folgen. Hinter den Zeitbewertungen „Slow“, „Fast“ und „Impuls“ verbergen sich Zeitkonstanten, die die Trägheit des analogen Zeigersystems (bei zeitgemäßen Schallmessgeräten wird der Schallpegel digital angezeigt) bestimmen und somit erheblichen Einfluss auf das Messergebnis ausüben können. Die Einstellung „Slow“ führt zur geringen Reaktionsfreudigkeit der Anzeige und in der Folge zu einem gedämpften Verlauf des Schalldruckpegels über der Zeit. Sie ist somit vornehmlich für gleichmäßige Geräusche geeignet.

Wie die Momentanwerte ist auch der analog der DIN EN ISO 7731 entnommene Maximalwert gedämpft. Tatsächlich aber können die Pegelwerte des Störschalldrucks und die daraus resultierenden Mithörschwellen temporär weitaus höhere Werte annehmen. Eine aus dem Maximalwert der Zeitbewertung „Slow“ berechnete Mithörschwelle läge demnach in diesen Zeiträumen unter der tatsächlichen Mithörschwelle. Wird diese zu niedrig angesetzte Mithörschwelle als Konzeptionsgrundlage für das Gefahrensignal genommen, so ist dessen ständige Hörbarkeit unter Berücksichtigung der in Kapitel 5.5.2.2.4 definierten Ausnahmen nicht gewährleistet.

Eine wesentlich bessere Anpassung an den tatsächlichen zeitlichen Verlauf des Schalldruckpegels lässt sich mit der Zeitbewertung „Fast“ (Schnell) erreichen, die die Reaktionsfähigkeit des Ohres wesentlich besser wiedergibt. Bei stark schwankenden Störschallen, wie sie bei-

spielsweise auch durch die Motorsäge verursacht werden, eignet sich hierbei insbesondere das Taktmaximalpegelverfahren.

Um Aufschluss über den Verlauf des Störschalls am Ohr des Forstwirtes während der Arbeit mit der Motorsäge zu erhalten und eine unzulässige Verdeckung des Gefahrensignals (vgl. Kapitel 5.5.2.2.4) auszuschließen, wurde im Sekundentakt für jedes Terzfrequenzband der **Maximalpegel** L_{Max} des Zeitintervalls mit der Zeitbewertung „Fast“ aufgezeichnet.

5.5.3.6.2 Versuchsaufbau

Zur Messung und Analyse der Immission-Schalldruckpegel am Ohr der Bedienungsperson wurde den Probanden ein Mikrofon über den Kapselgehörschützer appliziert. Die Übertragung des analogen Signals zu dem auf dem Rücken getragenen Schallanalysator (2260 Investigator von Brüel & Kjær) erfolgte über ein Verlängerungskabel (s. Abbildung 26).



Abbildung 26: Applizierung des Mikrofons über dem Kapselgehörschützer

Begleitet wurden die Untersuchungen von einem Mitarbeiter des Instituts, der den Probanden die Messapparatur applizierte und das Versuchprotokoll führte. In diesem wurden die tatsächlichen Laufzeiten der Motoren sowie die Zeitspannen der einzelnen Arbeitsabschnitte protokolliert, um so in der anschließenden Auswertung der Daten gezielt die relevanten Phasen selektieren zu können.

5.5.3.7 Auswertung der Daten

Ziel der anschließenden Datenanalyse war es, zur Vermeidung von Gehörschäden und/oder unnötiger Lärmbelästigung, in den Terzbändern von 500 Hz bis 3000 Hz (vgl. Kapitel 5.5.2.2.3) die niedrigsten Schalldruckpegel ($L_{\text{Smin, Terz}}$) zu identifizieren, die den normativen Vorgaben für ein Gefahrensignal entsprechen. Diese Werte werden nachfolgend als Konformitätswerte bezeichnet.

Dennoch muss der Benutzer von Notsignalgeräten die akustischen Signale auch bei extremen Störgeräuschen hören können. Dies berücksichtigend, lagen die Motorsägenlaufzeiten im Fokus der Untersuchungen.

Gemäß den im Kapitel 5.5.2.2.3 konkretisierten Regelungen müssen die Gefahrensignale zur Gewährleistung der Hörbarkeit in mindestens einem Terzband 13 dB (A) über der Mithörschwelle liegen. Um aber auch die Kontinuität der Hörbarkeit entsprechend der im Kapitel 5.5.2.2.4 erläuterten Vorgaben zu garantieren, waren aus jedem der im Sekundentakt erhobenen Datensätze die Mithörschwellen der einzelnen Terzbänder ($L_{T, \text{Terz}}$) – gemäß der in der EN ISO 7731 wiedergegebenen Formel – zu berechnen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der von außen auf die Kapselgehörschützer einwirkende Schalldruck, aufgrund der spezifischen Dämmwerte in unterschiedlicher Weise gefiltert wird. Der transmittierte Schall weist folglich modellspezifische Eigenschaften auf. In der Konsequenz ergibt sich somit auch ein divergierender Verlauf der Mithörschwellen ($L_{T, \text{Terz}}$), deren Höhe stark von dem Schalldruckpegelwert des nächst niedrigeren Terzbandes abhängig ist. Die Mithörschwellen müssen dementsprechend gesondert für jeden Kapselgehörschützertyp berechnet werden.

Verständlicherweise kann der Schalldruckpegel des Gefahrensignals nicht flexibel der stets fluktuierenden Mithörschwelle angepasst werden. Daher muss derjenige Pegelwert eruiert werden, der über den gesamten Zeitverlauf die Hörbarkeit des Signals – mit den im Kapitel 5.5.2.2.4 zugebilligten Ausnahmen – ermöglicht. Die Bewältigung des daraus resultierenden Arbeitspensums konnte nur mit Hilfe einer eigens zu diesem Zweck am IFA von Herrn Quentin entwickelten Software erfolgen (Programme FILTER, TRANSMISSION, MASKEDTRHES).

Der Verlauf der Mithörschwelle wurde für jedes Gehörschutzmodell mit dem Programm MASKEDTHRES berechnet. Eine weitere, in diesem Programm implementierte Routine half, den mindest erforderlichen Schalldruckpegel, der auch den Vorgaben zum Zeitverlauf des Gefahrensignals (vgl. Kapitel 5.5.2.2.4) gerecht wird, zu ermitteln. Prüfgröße dieser Routine war ein Schalldruckpegelwert, der stufenweise von 50 dB (A) auf 100 dB (A) angehoben wurde. In jedem Zyklus wurden die Zeitabschnitte (Sekundenintervalle) herausgefiltert, in denen folgende Voraussetzungen erfüllt waren:

- A:** Prüfgröße \geq Mithörschwelle ($L_{T, \text{Terz}}$) und im folgenden Sekundenintervall Prüfgröße \geq Mithörschwelle
- B:** Prüfgröße \leq Mithörschwelle aber in den nächsten zwei folgenden Sekundenintervallen Prüfgröße \geq Mithörschwelle

Die Abbildung 27 illustriert beispielhaft die Sekundenintervalle in denen diese Bedingungen bei dem gekennzeichneten Schalldruckpegel der Prüfgröße zutreffen.

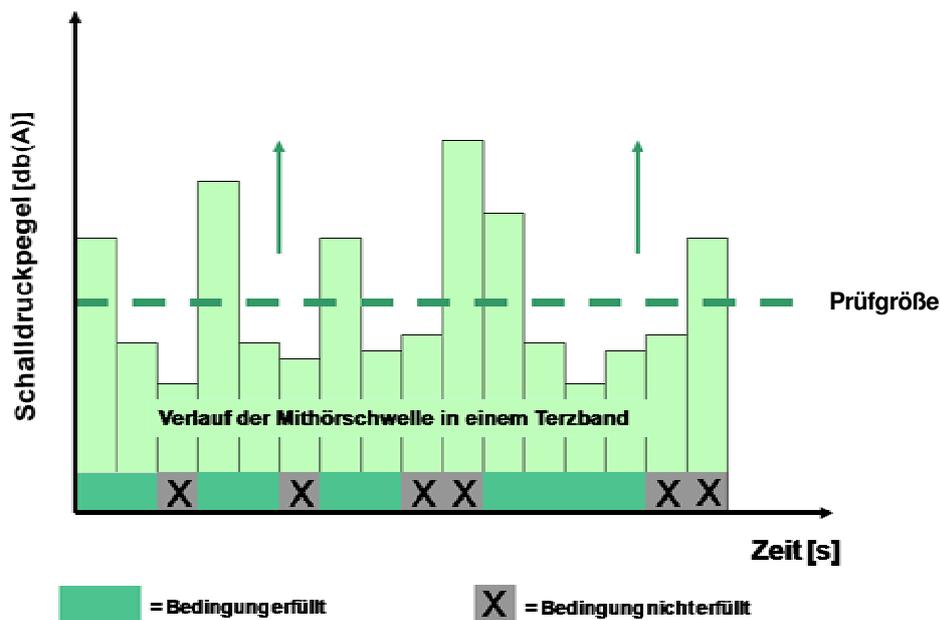


Abbildung 27: Illustration der Zeitabschnitte (Sekundenintervalle), in denen die normativen Vorgaben bei dem exemplarischen Schalldruckpegelwert erfüllt sind

Wie leicht nachvollziehbar ist, reduzieren sich bei einer Anhebung der Prüfgröße diejenigen Zeitabschnitte nach Zahl und Länge, in denen die Bedingungen A und B nicht erfüllt sind. Diese Zeitabschnitte werden nachstehend als Divergenzzeit (t_{Div}) bezeichnet. Die Prüfgröße ist hierbei durchaus vergleichbar mit einer Messlatte. Je geringer der noch tolerierte Anteil der Divergenzzeit, desto höher muss diese Messlatte angesetzt werden.

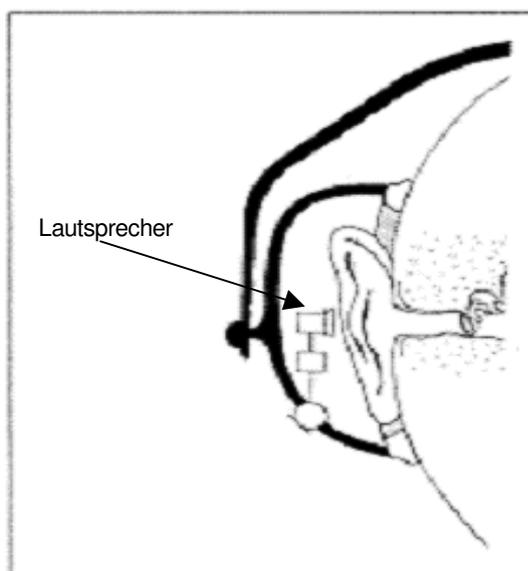


Abbildung 28: Querschnitt durch einen Kapselgehörschützer mit integrierter Schallquelle (Quelle: PFEIFFER ET AL., 1997)

Indessen dürfen beim Anlegen normenkonformer Maßstäbe keine Divergenzzeiten mehr vorhanden sein. Die Konformitätswerte der Terzbänder ($L_{Smin, Terz}$) ergibt sich in diesem Fall durch die Anhebung des Pegelwertes der Prüfgröße, bei dem die Divergenzzeit $t_{Div} = 0$ ist, um 13 dB (A) (vgl. Kapitel 5.5.2.2.2).

Eine im Kapselgehörschützer integrierte Schallquelle, respektive Signalgeber (s. Abbildung 28), muss den entsprechenden Emissions-Schalldruckpegel aufweisen.

Auf Grundlage der für jeden Kapselgehörschützertyp ausgewiesenen Datensätze können individuell passende Gefahrensignale konzipiert werden.

Dahingegen müssen für den Entwurf einheitlicher Signalkomponenten, die bei allen aufgeführten Modellen die Hörbarkeit gewährleisten sollen, die in den einzelnen Terzbänder jeweils höchsten Konformitätswerte zu Grunde gelegt werden.

Liegt die Schallquelle des Signalgebers außerhalb des Kapselgehörschützers, so muss deren emittierte Schallleistung gewährleisten, dass die Konformitätswerte unter allen Kapselgehörschützern erreicht werden. Hierzu müssen möglichst alle den Schalldruckpegel senkenden Effekte innerhalb des Signalempfangsbereiches berücksichtigt werden.

5.6 Erhebungsmethodik zur Messung der Effektivität des Rettungssystems

5.6.1 Variantendetermination

5.6.1.1 Vorbemerkung

Die Effektivität der nachfolgend vorgestellten modifizierten Rettungskettenvarianten misst sich in erster Linie an der Länge des therapiefreien Intervalls. Als Maßstab dient der Mittelwert des therapiefreien Intervalls der auf dem Lotsenprinzip aufbauenden klassischen Rettungskette, in der die Forstwirte in Arbeitsgruppen mit mindestens drei Personen organisiert sind und jedes Mitglied mit einem Mobiltelefon als Meldeeinrichtung ausgestattet ist.

Die Repräsentativität einer Vergleichstudie ist aber nur dann erfolversprechend, wenn die Zeitwerte unter praxisnahen Bedingungen erhoben werden. Darüber hinaus ist für eine unverfälschte vergleichende Bewertung der Teilprozesse ein Versuchsdesign auszuarbeiten, das nicht variantenimmanente Störeinflüsse weitgehend ausschließt.

Um nicht nur das therapiefreie Intervall als Ganzes zu erfassen, sondern auch die Ursachen von Verzögerungen und somit die Schwachstellen und Grenzen des modifizierten Rettungskonzeptes aufzudecken, wurde der Rettungsprozess in mehrere Ablaufabschnitte unterteilt und mit der klassischen Rettungskette verglichen.

5.6.1.2 Beschreibung der zu simulierenden Rettungsszenarien

Zu der Zielgruppe des modifizierten Rettungskettenkonzeptes gehören in Zwei-Personen-Arbeitsgruppen organisierte Forstwirte, die fest in einen Betrieb eingebunden sind, aber auch Einzelarbeiter, Fuhrunternehmer und Waldtouristen, für die kein Arbeitskontext definiert ist. Wie noch zu zeigen sein wird, ergeben sich daraus, auch in Hinblick auf die den Rettungskräften zur Verfügung stehenden Einsatzmitteln, unterschiedliche Anforderungen und Lösungsstrategien. Um möglichst viele Szenarien abzudecken, wurde das modifizierte Rettungskettenkonzept unter vier verschiedenen Ausgangsvoraussetzungen (Varianten 2-5) mit dem klassischen Rettungskettenablauf (Variante 1) verglichen.

Die modifizierten Rettungsvarianten gehen von ideellen Bedingungen aus. So basieren die Varianten 3 und 5 auf der Annahme, dass alle Rettungsfahrzeuge mit einem Navigationsgerät inklusive einer Kartensoftware ausgestattet sind, die auch eine Navigation auf Waldwegen erlaubt. Für das Testfahrzeug wurde die Navigationskarte „Forst NRW“ von Logiball GmbH verwendet. In den Varianten 2 und 4 wird hingegen unterstellt, dass alle Rettungsfahrzeuge mit einer detaillierten analogen Rettungskarte ausgestattet sind.

Das klassische Rettungskonzept sieht vor, dass ein Notruf von einem unverletzten Arbeitsgruppenmitglied abgesetzt wird. Um die Vergleichbarkeit der Varianten zu gewährleisten, wurden daher immer Notfälle simuliert, in denen der Verunfallte nicht mehr selbst in der Lage ist, den Rettungsdienst bzw. die Notrufzentrale aktiv zu alarmieren und mit dieser zu kommunizieren.

Variante 1 (Drei-Personen-Arbeitsgruppe)

Die Variante 1 repräsentiert die klassische Rettungskette, in der die Forstwirte in Arbeitsgruppen von mindestens drei Personen organisiert sind. Jeder Forstwirt ist mit jeweils einem Mobiltelefon als Meldeeinrichtung ausgestattet. Darüber hinaus wird jeder Arbeitsgruppe eine Kartensammlung bereitgestellt, in der zu jeder Abteilung der zugehörige Treffpunkt aufgelistet ist.

Bei einem Unfall leistet ein unverletztes Gruppenmitglied Erste Hilfe, während der andere Kollege zu dem mit dem Rettungsdienst abgestimmten Treffpunkt fährt, um die Rettungskräfte von dort zum Unfallort im Bestand zu leiten. Diese erhalten lediglich den Treffpunkt als Zielvorgabe, den sie mit Hilfe der vom Disponenten der Leitstelle übermittelten Lagebeschreibung und der im Fahrzeug mitgeführten Straßenkarten anfahren (s. Abbildung 29).

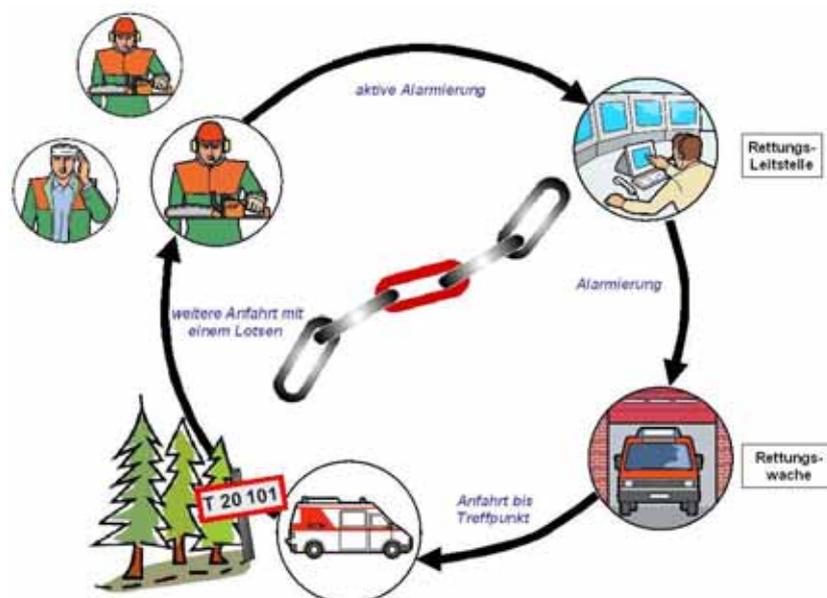


Abbildung 29: Ablaufschema der Rettungskette bei Drei-Personen-Arbeitsgruppen

Variante 2 (Zwei-Personen-Arbeitsgruppe)

Jedes Mitglied der Zwei-Personen-Arbeitsgruppe ist mit einem Benefon-Gerät ausgestattet, das auf eine Notrufzentrale geschaltet ist. Die Kontaktdaten der im Notfall zu alarmierenden Personen und Organisationen (Rettungskontext) sind auf einer zentralen Datenbank hinterlegt. Bei einem eingehenden Notruf werden diese Rufnummern automatisch in die Datenerfassungsmaske des zuständigen Arbeitsplatzes eingelesen (vgl. Kapitel 4.2.2.2). Die Organisation der Rettungskette sowie die Alarmierung der Rettungskräfte und der potentiellen Ersthelfer werden seitens der Notrufzentrale bzw. der in ihrem System hinterlegten Applikationen vorgenommen.

In dieser Variante wird allerdings die Länge des therapiefreien Intervalls unter der Annahme untersucht, dass kein weiterer gruppenexterner ortskundiger Lotse zur Verfügung steht. Die Rettungskräfte müssen den Notfallort daher selbständig mit dem ihnen zur Verfügung stehenden Einsatzmittel (Rettungskarte) und den von der Leitstelle übermittelten Informationen auffinden. Zur Unterstützung bei der Zielfindung wird den Einsatzkräften die Kennnummer der Waldabteilung mitgeteilt, in der der Notfallort liegt, und eine Anfahrtsbeschreibung vom Treffpunkt zum Notfallort durchgegeben. Der unverletzte Forstwirt betreut den verunfallten Kollegen und bietet den Rettungskräften durch lautes Rufen eine zusätzliche Orientierungshilfe (s. Abbildung 30).



Abbildung 30: Ablaufschema der Rettungskette bei Zwei-Personen-Arbeitsgruppen und Einsatzfahrzeugen mit detaillierten analogen Rettungskarten

Variante 3 (Zwei-Personen-Arbeitsgruppe)

Die Variante 3 stellt hinsichtlich der eingesetzten Fahrzeugtechnik ein progressiveres Lösungsmodell dar. Im Unterschied zur Variante 2 werden die Koordinaten des Notfallortes direkt von der Leitstelle an das Einsatzfahrzeug gesendet und automatisch in das Navigationsgerät übernommen. Die Fahrzeugbesatzung lässt sich die schnellste Route zum Unfallort berechnen, die nicht zwangsläufig über den Treffpunkt führen muss (s. Abbildung 31).



Abbildung 31: Ablaufschema der Rettungskette bei Zwei-Personen-Arbeitsgruppen und Einsatzfahrzeugen mit Navigationssystemen

Variante 4 (Einzelperson)

Im Gegensatz zu den Varianten 2 und 3 ist für die verunfallte Person kein Rettungskontext vordefiniert. In der Datenbank der Notrufzentrale sind damit nur der Name des Verunfallten und seine Rufnummer als Identifikationsnummer (ID) hinterlegt. Weitere rettungsrelevante Informationen müssen nach dem im Kapitel 4.2.2.2 näher erläuterten Verfahren eruiert werden. Da auch in diesem Fall kein weiterer ortskundiger Lotse zur Verfügung steht, müssen die Rettungskräfte den Unfallort mit den bereits unter der Beschreibung der Variante 2 aufgeführten Hilfsmitteln auffinden. Abweichend von den Varianten 1, 2 und 3 bietet sich den Rettungskräften keine akustische Orientierungsmöglichkeit beim Aufsuchen des Verunfallten im Bestand, da der Verunfallte beim Eintreffen der Rettungskräfte laut Variantendefinition nicht bei Bewusstsein ist (s. Abbildung 32).

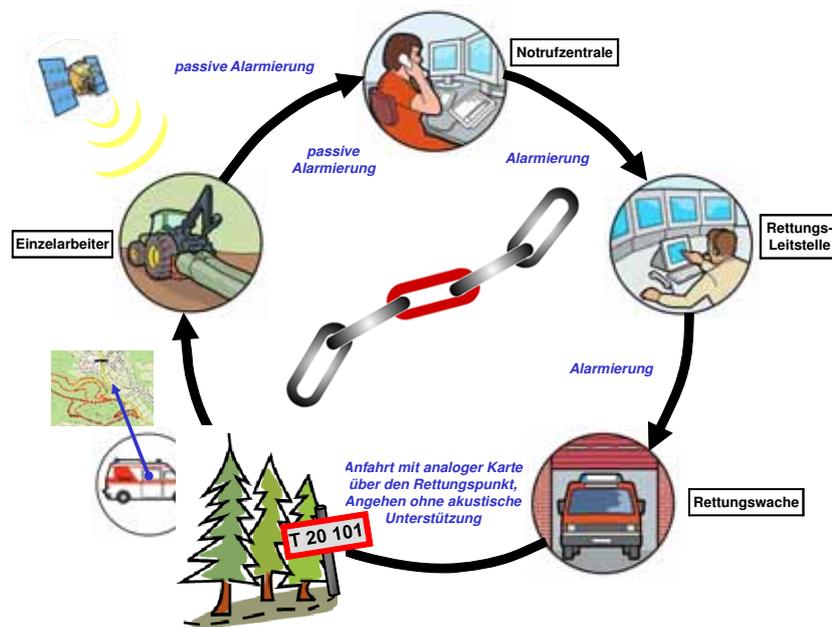


Abbildung 32: Ablaufschema der Rettungskette bei Einzelpersonen und Einsatzfahrzeugen mit detaillierten analogen Rettungskarten

Variante 5 (Einzelperson)

Das Szenario dieser Variante entspricht der Variante 4 mit dem Unterschied, dass das Einsatzfahrzeug wiederum mit einem Navigationssystem ausgestattet ist, welches auch eine Routenführung über die Waldwege erlaubt (s. Abbildung 33).



Abbildung 33: Ablaufschema der Rettungskette bei Einzelpersonen und Einsatzfahrzeugen mit Navigationssystemen

5.6.2 Zeitabschnitte im Rettungsablauf

5.6.2.1 Unterteilung des therapiefreien Intervalls in einzelne Ablaufabschnitte

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen der Ablauforganisation der modifizierten Rettungskette (Varianten 2, 3, 4, 5) sowie der klassischen Rettungskette (Variante 1) ist die Integration einer Notrufzentrale in den Informationsfluss (vgl. Abbildung 34).

Eine Aufschlüsselung der Ablaufprozesse zeigt, dass, abgesehen von dem zusätzlichen Teilprozess in der Notrufzentrale, vergleichbare Ablaufabschnitte mit zeitlich definierten Anfangs- und Endpunkten ausgewiesen werden können. Die Gliederung erfolgt in Anlehnung an die vom Rettungsdienst vorgenommene Einteilung. Die Anfahrzeit wurde in die Fahrzeit auf dem öffentlichen Straßennetz und auf den nichtöffentlichen Wegen untergliedert, um den Nutzen der detaillierten analogen Rettungskarten und des Navigationssystems mit durchgängiger Navigationsdatenbasis bei Einsätzen abseits öffentlicher Straßen zu analysieren.

Ort	Zeitpunkt	Zeitintervall	Variante 1	Varianten 2,3,4,5
Notfallort	Notfalleintritt	Meldefrist (MF)		
	Eingang des Notrufes in der Notrufzentrale			
Notrufzentrale	Eingang des Notrufes in der Rettungsleitstelle	Notrufbearbeitungszeit Notrufzentrale (BZN)		
	Alarmierung des ausgewählten Einsatzfahrzeugs	Notrufbearbeitungszeit Rettungsleitstelle (BZL)		
Rettungswache	Ausrücken des Einsatzfahrzeuges	Ausrückzeit		
Rettungswache ↓ Notfallort	Passieren Schnittpunkt öffentliche Straße/Waldweg	Fahrzeit öffentliche Straße (FZ1)		
	Abstellen des Einsatzfahrzeuges am Einsatzort	Fahrzeit nichtöffentliche Straße (FZ2)		
	Ankunft beim Patienten	Zugangszeit (ZZ)		

Abbildung 34: Chronologische Zusammenfassung der in den einzelnen Varianten aufeinanderfolgender Zeitabschnitte

Die in der Abbildung 34 ausgewiesenen Zeitintervalle sind wie folgt definiert:

Meldefrist (MF)

Zeitintervall vom Eintritt des Notfalls bis zur Signalisierung des eingehenden Notrufes in der Leitstelle bzw. Notrufzentrale.

Notrufbearbeitungszeit Notrufzentrale (BZN)

Zeitintervall von der Signalisierung des eingehenden Notrufes in der Notrufzentrale bis Annahme des weitergeleiteten Notrufes in der zuständigen Leitstelle.

Notrufbearbeitungszeit Leitstelle (BZL)

Zeitintervall von der Annahme eines eingehenden Notrufes bis zur Alarmierung des Einsatzfahrzeuges.

Ausrückzeit (AZ)

Zeitraum von der Alarmierung des Einsatzfahrzeuges bis zum Eingang der Statusmitteilung „ausgerückt“ in der Leitstelle.

Fahrzeit öffentliche Straße (FZ1)

Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt der Alarmierung und dem Zeitpunkt, an dem das Einsatzfahrzeug den Schnittpunkt zwischen dem öffentlichen Straßennetz und dem nichtöffentlichen Waldwegenetz passiert.

Fahrzeit nicht öffentliche Straße (FZ2)

Fahrt von Schnittpunkt öffentliche/nichtöffentliche Straße bis zum Abstellen des Rettungswagens.

Zugangszeit (ZZ)

Die Zeit vom Abstellen des Rettungswagens bis zum Eintreffen der Rettungskräfte am Unfallort.

Therapiefreies Intervall (TI)

Das therapiefreie Intervall (TI) setzt sich somit wie folgt zusammen:

$$\text{Variante 1:} \quad \text{TI} = \text{MF} + \text{BZL} + \text{AZ} + \text{FZ1} + \text{FZ2} + \text{ZZ} \quad (1)$$

$$\text{Varianten 2-5:} \quad \text{TI} = \text{MF} + \text{BZN} + \text{BZL} + \text{AZ} + \text{FZ1} + \text{FZ2} + \text{ZZ} \quad (2)$$

5.6.2.2 Aufschlüsselung der Notrufbearbeitungszeit in der Notrufzentrale

Für die Bemessung der Notrufbearbeitungszeit stehen primär die Vorgänge bis zur Alarmierung der Leitstelle im Vordergrund. Dieser Zeitabschnitt kann in die Teilzeiten Anrufwartezeit, Gesprächszeit, Leitstellenerreichungszeit und Aufschaltzeit untergliedert werden, die nachfolgend definiert sind:

Gesprächszeit: Teilzeit zwischen dem Zeitpunkt, an dem mit der Bearbeitung der Alarmmitteilung begonnen wird und die notwendigsten rettungsrelevanten Informationen zusammengetragen wurden, um die zuständige Leitstelle alarmieren zu können.

Erreichungszeit der örtlich zuständigen Leitstellen: Zeitpunkt vom Beginn des Anwahlvorganges bis zur Signalisierung des Notrufes in der Leitstelle

Aufschaltzeit zur örtlich zuständigen Leitstelle: Teilzeit von der Signalisierung des Notrufes in der Leitstelle bis zur Gesprächsannahme.

Während der Gesprächszeit hat die Notrufzentrale die Aufgabe, alle verfügbaren Informationen, die geeignet sind, der zuständigen Leitstelle bei der Einsatzdurchführung zu helfen, so schnell wie möglich zusammen zu stellen.

Bei einem passiv ausgelösten Alarm geht lediglich ein Notruftelogramm in der Notrufzentrale ein. Die darin enthaltenen Informationen werden automatisch in die Datenerfassungsmaske am zuständigen Arbeitsplatz eingelesen. Um sich ein Bild von der Unfallsituation zu machen, ruft der Disponent den Verunfallten zurück. Hierbei hat er die Möglichkeit, automatisch einen Sprachkanal zu öffnen und die Freisprechanlage des Rettungsmobiltelefons frei zu schalten. Über einen gewissen Zeitraum wird versucht einen Sprachkontakt mit dem Verunfallten herzustellen. Im Anschluss daran alarmiert der Disponent die zuständige Leitstelle, um ihr die Daten, die zur Einleitung der Rettungsmaßnahmen nötig sind, durchzugeben.

Bei den Varianten 3 und 5 (Rettungsfahrzeuge mit Navigationsgeräten ausgestattet) benötigt der Disponent lediglich die Zielkoordinaten, um diese per Funk an die Einsatzfahrzeuge zu senden. Die Rettungskräfte können dann autonom eine Anfahrtroute vom Navigationsgerät berechnen lassen.

Bei den Varianten 2 und 4 sind die Rettungsfahrzeuge lediglich mit Rettungskarten ausgestattet. Um den Unfallort im Wald aufzufinden, sind die Rettungskräfte auf detaillierte Informationen angewiesen. Ein elementares Hilfsmittel ist die per Fax der Leitstelle zugehende Karte mit der Route sowie die beiliegende Routenbeschreibung, der eventuell auch noch eine nähere Lagebeschreibung des Notfallortes im Bestand beigefügt ist. Die Zusammenstellung dieser Informationen ist jedoch vergleichsweise zeitaufwendig; eine erst nach der Fertigstellung des Faxes erfolgende Weiterleitung aller einsatzrelevanter Informationen würde daher den Rettungsprozess unnötig verzögern. Ohnehin werden diese Routeninformationen nur in der letzten Phase der Anfahrt zum Einsatzort benötigt. Der Disponent der Notrufzentrale ermittelt da-

her zunächst den für den Unfallort geeigneten Treffpunkt und gibt dessen Kennnummer und, falls erforderlich, auch dessen Lagebeschreibung durch. Abschließend erfolgt der Hinweis, dass im Anschluss noch ein Fax mit den Einsatzdaten, eine Karte und eine genaue Anfahrtsbeschreibung zum Notfallort an die Leitstelle gesendet werden. Diese Vorgehensweise bietet den Vorteil, dass in der zuständigen Leitstelle bereits die Besatzung des Einsatzfahrzeuges alarmiert wird und diese schon zum Treffpunkt ausrücken kann, während parallel dazu in der Notrufzentrale noch die Inhalte des Faxes zusammengestellt werden.

Durch die zusätzliche Bestimmung des Rettungspunktes ergibt sich voraussichtlich eine längere Notrufbearbeitungszeit in den Varianten 2 und 4 (vgl. Abbildung 35).

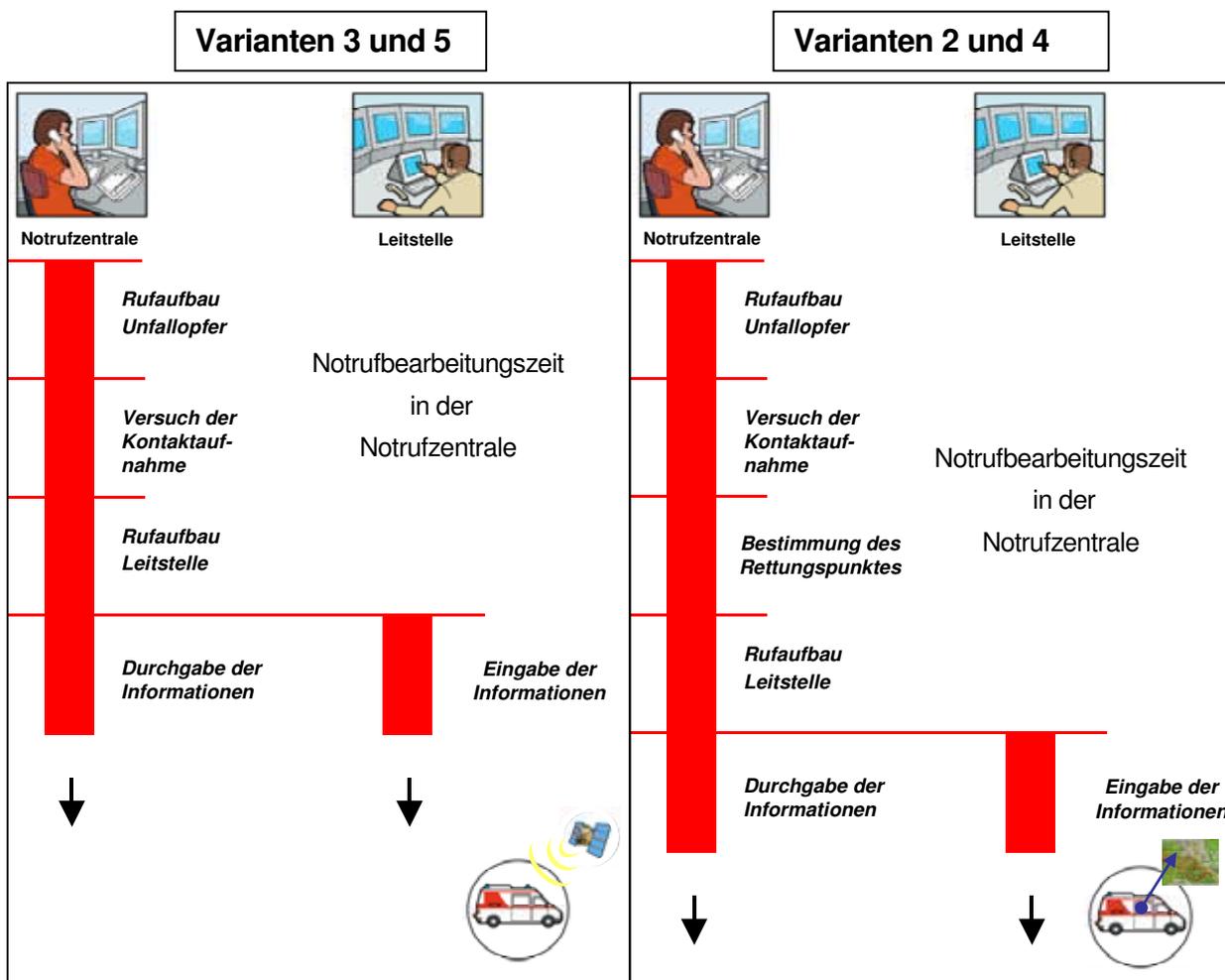


Abbildung 35: Variantenspezifische Handlungsabfolgen in der Notrufzentrale

Das Fax mit der Routenbeschreibung muss allerdings noch vor dem Eintreffen des Einsatzfahrzeuges am Treffpunkt in der Leitstelle eingehen, damit dieses mit Hilfe der Instruktionen aus der Leitstelle die Anfahrt vom Treffpunkt ohne Verzögerung fortsetzen kann. Um sicherzustellen, dass diese Grundvoraussetzung erfüllt wird, wurde sowohl der Zeitbedarf für die Zusammenstellung der Routeninformationen als auch für die Übersendung des Faxes ermittelt.

5.6.2.3 Aufschlüsselung der Notrufbearbeitungszeit in der Leitstelle

Die Notrufbearbeitungszeit in der Leitstelle erstreckt sich von der Annahme des Notrufes bis zur Alarmierung des Einsatzfahrzeuges.

Aus Sicht der Rettungsleitstelle unterscheiden sich das klassische (Variante 1) und das modifizierte Rettungskonzept (Varianten 2–5) dadurch, dass sie bei den Varianten 2–5 alle Daten von der Notrufzentrale erhält. Weil in der Notrufzentrale bereits eine Vorselektion stattgefunden und das medizinisch ausgebildete Personal zuvor aufgrund der vom Gruppenmitglied beschriebenen Symptome eine Verdachtsdiagnose gestellt hat, ist mit einer schnelleren Bearbeitung in der Rettungsleitstelle bzw. mit einer Zeitersparnis gegenüber der klassischen Variante zu rechnen.

5.6.3 Simultanstudie

5.6.3.1 Festlegung der Notfallorte

Die Notfälle wurden im Staatswald vom Forstamt Arnsberg in Nordrhein-Westfalen simuliert. Zur Festlegung der Notfallorte wurde mit der GIS-Anwendungs-Software ArcView ein Stichprobenpunktraster über die digital erfasste Staatswaldfläche gelegt und die Koordinaten der einzelnen Schnittpunkte des Rasters ausgelesen.

Die 100 Stichprobenpunkte liegen in den nördlichen Ausläufern der Mittelgebirgsregion Sauerland, das durch große Waldgebiete, eine dünne Besiedlung und ein abwechslungsreiches Relief gekennzeichnet ist. Charakteristisch sind auch die zahlreichen mehr oder weniger stark ausgeprägten Kerbtäler, die den Zugang zum Notfallort erschweren.

5.6.3.2 Simulation des Unfalls

Als Unfallopfer diente eine lebensgroße Puppe, die die typische Berufskleidung der Forstwirte trug. Das zweite Arbeitsgruppenmitglied wurde zur Simulation der Varianten 2 und 3 durch einen Versuchsteilnehmer (Person 1) gemimt. Der jeweilige Stichprobenpunkt wurde von der Person 1 mit einem GPS-Handgerät aufgesucht und an dieser Stelle die Puppe abgelegt. Anschließend wurden über Mobilfunk die beiden weiteren Versuchsteilnehmer (Person 2 und 3) informiert, die die Rettungskräfte simulierten.

Bei den Varianten 2 und 3 stand die Person 1 direkt neben der Puppe und machte durch laute Rufe auf sich aufmerksam. Bei den Varianten 4 und 5 verließ die Person 1 den Stichprobenpunkt und verblieb solange außer Sichtweite, bis die Personen 2 und 3 die Puppe selbständig gefunden hatten.

5.6.3.3 Schaffung der technischen Voraussetzungen für die Versuchsdurchführung

Leitstelle

Um die Validität der Messungen sicher zu stellen, wurden die Notrufbearbeitungszeiten in der in Meschede liegenden Kreisleitstelle Hochsauerland mit der fachlichen Beratung und Beteiligung der dortigen Disponenten erhoben.

Das System dieser Integrierten Leitstelle wird mit Software der Fa. ISE GmbH, einem der größten Ausrüster von Leitstellen im Feuerwehr- und Rettungswesen, betrieben. Die Meldungen der simulierten Unfälle wurden nach dem praxisüblichen Ablaufschema und mit der vorhandenen Leitstellentechnik bearbeitet.

Notrufzentrale

Auch bei der Bemessung der Bearbeitungszeit in der Notrufzentrale bot sich die Möglichkeit, die Zeitstudien unter praxisnahen Bedingungen durchzuführen. Das von der Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen betriebene fortschrittliche Rettungssystem weist große Parallelen mit dem vorgestellten modifizierten Rettungskonzept auf (s. Abbildung 36).

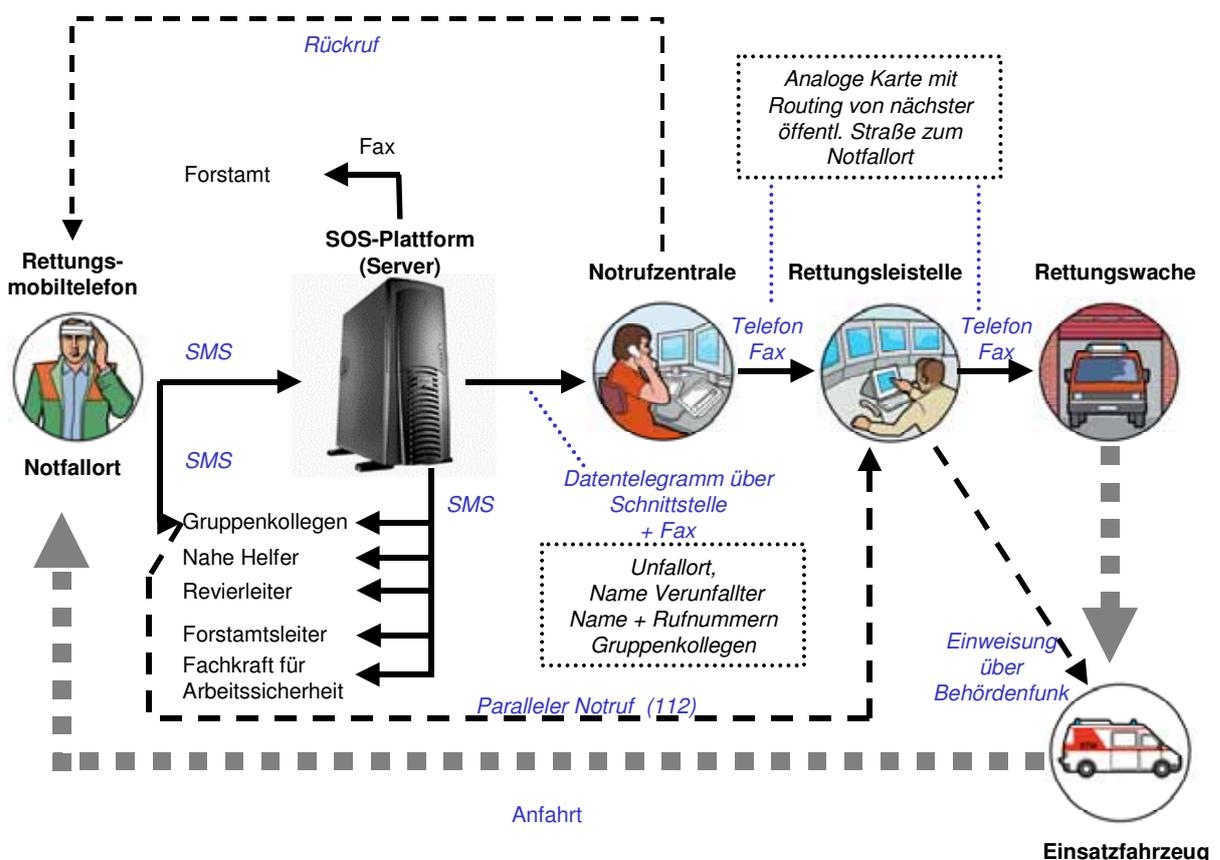


Abbildung 36: Kommunikationsszenario bei Forstnotrufen von Forstwirten des Landesbetriebes Wald und Holz (ausgenommen Forstnotrufe aus dem Hochsauerlandkreis) [modifiziert nach LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ, 2007]

Alle Benefon-Geräte der staatlichen Forstwirte sind auf eine internetbasierte SOS-Plattform in Berlin geschaltet, auf der der Rettungskontext und der Eskalationsplan bei einem Notfall für jeden einzelnen Forstwirt von autorisierten Personen im Forstamt festgelegt werden. Die SOS-Plattform ist ein von der PSI Transcom GmbH bereitgestellter Server, auf dem die für die Alarmierung und Unterstützung der Rettungskräfte notwendigen Applikationen bereitgestellt werden.

Bei einem Notruf werden von der SOS-Plattform die Gruppenmitglieder und weitere, in der Konfiguration definierte Personen in der festgelegten Reihenfolge und dem voreingestellten Zeitversatz alarmiert und ihnen eine Routing-SMS auf das Benefon-Gerät übertragen. In der Leitstelle des Hochsauerlandkreises wurde eine „Notrufzentrale Forst NRW“ errichtet, dessen System über eine gesicherte Schnittstelle mit der SOS-Plattform verbunden ist und im Intervall von fünf Sekunden überprüft, ob neue Notruftelegramme vorliegen. Das Telegramm enthält neben dem Namen und der Rufnummer des Notrufenden auch die Rufnummern der Arbeitsgruppenmitglieder und des zuständigen Forstamtes. Diese Daten sind auch in einem aus Sicherheitsgründen zusätzlich an die Notrufzentrale gesendeten Alarmfax enthalten, das ferner eine Karte mit dem markierten Notfallort sowie dessen Koordinaten enthält. Allerdings liegt dem Kartenausschnitt lediglich die Topographische Karte 1:50.000 zugrunde, in der die Waldwege nicht klassifiziert sind.

Die Notrufzentrale bearbeitet sowohl Notfälle aus dem eigenen wie auch aus den übrigen Landkreisen Nordrhein-Westfalens. Bei einem eingehenden Notruftelegramm werden alle darin enthaltenen Informationen automatisch in die Datenerfassungsmaske eingelesen. Durch Betätigen einer Funktionstaste stellt der Disponent der Notrufzentrale automatisch eine Sprachverbindung zur alarmauslösenden Person her. Die Position des Notrufenden wird auf dem Monitor des Arbeitsplatzes angezeigt. Die Zuordnung zu der örtlich zuständigen Leitstelle erfolgt über einen in der digitalen Karte integrierten Layer mit den Zuständigkeitsgebieten der einzelnen Leitstellen von Nordrhein-Westfalen. Nach Auswahl des Objektpolygons werden die Kontaktdaten der Leitstelle in die Datenerfassungsmaske am Arbeitsplatz der Notrufzentrale eingelesen.

Bei Notfällen außerhalb des Hochsauerlandkreises werden alle erforderlichen rettungsrelevanten Informationen für die zuständige Leitstelle zusammengestellt. Die WGS84-Koordinaten werden von einer Applikation in UTM- und Gauß-Krüger-Koordinaten transformiert und den übrigen Informationen beigelegt. Die zuständige Leitstelle erhält telefonisch alle verfügbaren Einsatzdaten. In einem weiteren Schritt werden diese Informationen plus den in mehrere Koordinatensysteme transformierten Positionskordinaten in einem Alarmfax zusammengestellt und diese zusammen mit dem von der SOS-Plattform erstellten Fax an die Leitstelle gesendet. Parallel zur Alarmierung der Notrufzentrale Forst werden auch die weiteren Gruppenmitglieder per SMS alarmiert. Diese wenden sich daraufhin an die unter der Notrufnummer 112 erreichbare Leitstelle, um den Treffpunkt durchzugeben.

Im Unterschied zu dem in Nordrhein-Westfalen realisierten Rettungssystem sieht das am IFA entwickelte Lösungskonzept aus Sicherheitsgründen eine Platzierung der SOS-Plattform in der

Notrufzentrale vor. Zudem ist das in NRW realisierte Rettungskettensystem in erster Linie auf die staatlichen Mitarbeiter fokussiert und stützt sich auf Drei-Personen-Arbeitsgruppen und das Lotsensystem. Für diese Zielgruppe kann ein Rettungskontext einschließlich eines Eskalationsplanes im Voraus festgelegt werden. In Situationen, in denen jedoch keine weiteren Lotsen zur Verfügung stehen, senden die Disponenten der Notrufzentrale lediglich die von der SOS-Plattform erstellte Karte der zuständigen Leitstelle zu. Diese Karte enthält keine Informationen über die Befahrbarkeit der Waldwege und über geeignete Anfahrtrouten.

Dagegen sieht das dem Variantenstudium zugrunde liegende Konzept vor, dass die Notrufzentrale gerade im Hinblick auf diese Situationen mit spezieller Software und zusätzlichen Karteninformationen ausgestattet wird. Um eine Notrufzentrale gemäß diesem Konzept simulieren zu können, wurde daher in der Kreisleitstelle Hochsauerland ein speziell hierfür vorgesehener Arbeitsplatz eingerichtet. In das System der Leitstelle HSK durfte nicht eingegriffen werden, um eventuelle Störungen des laufenden Betriebes zu vermeiden. Auf dem Rechner des vom Leitstellensystem entkoppelten Arbeitsplatzes wurde die Softwaremodule *Einsatzleitsystem* und *COBRA-MAP* von der Firma ISE GmbH installiert, die auch im Betrieb der Kreisleitstelle Hochsauerland verwendet werden. Die Leitstellensoftware wurde mit zusätzlichen Applikationen, das GIS um weitere Kartenlayer und die Datenbank um weitere Daten erweitert. Diese Modifikationen ermöglichten, dass die Abteilungsgrenzen im GIS dargestellt und die zugehörigen rettungsrelevanten Daten per Mausklick aus der Datenbank ausgelesen werden konnten. Der erzeugte Datensatz hatte folgenden Informationsinhalt:

Attribut

- Nummer der Abteilung
- Treffpunktnummer
- Rechtswert und Hochwert im Gauß-Krüger-, UTM- und WGS84-Koordinatensystem
- Bezeichnung des Ortes an dem der Treffpunkt liegt
- Anfahrtsbeschreibung zum Treffpunkt
- Name des Forstamtes
- Telefonnummer des Forstamtes
- Faxnummer des Forstamtes
- Name des Forstbetriebsbezirkes
- Telefonnummer des Forstbetriebsbezirkes
- Faxnummer des Forstbetriebsbezirkes
- Mobilfunknummer des Forstbetriebsbezirkleiters
- Gemeinde in der die Abteilung (überwiegend) liegt
- Gemeindeteil in der die Abteilung (überwiegend) liegt
- Name der Rettungsleitstelle
- Telefonnummer der Rettungsleitstelle
- Faxnummer der Rettungsleitstelle
- E-Mail-Adresse der Rettungsleitstelle

Einsatzfahrzeug

Das Rettungsfahrzeug wurde von einem VW-Bus, Modell Caravelle T4 simuliert. Für die Varianten 3 und 5 wurde das Navigationsgerät MS-5510/PRO XL der Firma Siemens VDO eingebaut. Dieses mit der Navigations-DVD der Firma Logiball GmbH kompatible hybride Navigationssystem erlaubt eine autarke on-board Navigation, kann aber auch die über den Traffic

Message_Channel (TMC) übertragenen Verkehrsinformationen bei der Routenplanung berücksichtigen.

Das MS-5510/PRO XL verfügt über einen Acht-Kanal-GPS-Empfänger. Zudem wird es an ein Gyrometer und über die Bordelektronik an das Tachometer angeschlossen, wodurch kurzfristig nach einem Abbruch der Satellitenverbindung eine Positionsbestimmung allein über die Fahrzeugausrichtung und die Fahrgeschwindigkeit – die so genannte Koppelnavigation – möglich ist. Die Koppelnavigation ist bei der Befahrung von Waldwegen von großem Nutzen, da die Satellitensignale häufig durch die Bäume und in einer Talsohle zusätzlich durch die seitlichen Geländeerhebungen abgeschirmt werden.

Die Stichprobenpunkte ließen sich anhand ihrer Koordinaten in das Navigationsgerät übernehmen und konnten bei Bedarf als Ziele übernommen werden. Der Fahrer wurde durch akustische Weisungen des Navigationsgerätes zum simulierten Notfallort geführt. Als visuelle Unterstützung diente ihm eine digitale Karte auf dem Monitor, auf dem der Routenverlauf im ausgewählten Kartenmaßstab dargestellt wurde.

Zur Simulation der Variante 2 und 4 wurde die Fahrzeugbesatzung lediglich mit einer analogen Rettungskarte ausgestattet, die vom Forstamt Arnsberg erstellt wurde und auf der topografischen Karte im Maßstab 1:25.000 basierte. Auf dem Kartenblatt sind die Kennnummern der staatlichen Waldabteilungen des Forstamtes Arnsberg (heute Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald) sowie die Abteilungsgrenzen, die Treffpunkte und die ganzjährig befahrbaren Waldwege verzeichnet.

Anfahrtsbeschreibung

Während eines ersten Sondierungsgesprächs mit der Fa. ISE GmbH wurden die technischen Möglichkeiten zur automatischen Erstellung einer Routenbeschreibung, die auch Waldwege mit einbezieht, eruiert. Dabei stellte sich heraus, dass die Leitstellensoftware bereits eine entsprechende Applikation aufwies, diese aber bislang kaum von den Leitstellendisponenten angewendet wurde. Bei Notrufen aus dem Festnetz wird die Rufnummer des Anrufers auf dem Monitor des Disponenten angezeigt. Mit Hilfe der Rufnummer kann automatisch ein Ortsbezug hergestellt und der Notfallort direkt als Zielvorgabe in die Routenberechnung übernommen werden. Die Navigationsgrundlage bilden Geodaten des öffentlichen Straßensystems, die beispielsweise von den beiden führenden Anbietern digitaler Daten, NAVTEQ und Tele Atlas, im GDF-Format vermarktet werden.

Die automatisch generierte Anfahrtsbeschreibung enthält neben den Namen der im Verlauf der Route zu befahrenen Straßen auch die Länge der einzelnen Abschnitte, die Fahrtrichtung und den anfänglichen Richtungsverlauf des neuen Routenabschnittes in Grad und Himmelsrichtung (s. Tabelle 12).

Tabelle 12: Muster einer Anfahrtsbeschreibung, erstellt durch eine Applikation der Leitstellensoftware COBRA MAP

Route				
Route für Fahrzeug: NEF Notarzteinsatzfahrzeug				
Optimiert nach: Zeit				
Straßenname	Fahrtrichtung	Entfernung	Richtung	
-----	-----	-----	-----	
-	-			
Mühlenstraße		77m	O	82°
Dorfstraße	scharf rechts	312m	SW	213°
B236	rechts	1.6km	W	261°
B57	zurück	554m	NO	45°
Marientaler Str.	scharf links	327m	SW	244°
Zum Walde	scharf links	107m	SW	216°
Gesamtdauer: 0:10:02 hms				
Gesamtlänge: 2.9 km				

Leider enthält das Gros der Waldwege keine offiziellen Namen, so dass auf dem im Wald verlaufenden Routenabschnitt die Straßennamen als eine wichtige Orientierungshilfe entfallen.

Für die Rettungskette Forst sollte die Applikation derart modifiziert werden, dass ein vom Disponenten ausgewählter Abstellplatz für das Rettungsfahrzeug automatisch als Zielpunkt in die Routenberechnung übernommen wird. Hierfür musste auch die Navigationsdatenbasis um die Waldwege erweitert werden. Die Integration der von der Fa. Logiball GmbH gestellten Geodaten in das GIS des Moduls COBRA-MAP war für die Fa. ISE GmbH aber mit unerwartet hohem Entwicklungsaufwand verbunden, so dass sich die Fertigstellung der Applikation weit über den avisierten Zeithorizont hinausshob. Der im Rahmen der Vergleichstudie durchzuführenden Bemessung der Abschnitte FZ1, FZ2 und ZZ (s. Kapitel 5.5.2.1) wurde daher die Bemessung der Notrufbearbeitungszeiten in der Notrufzentrale und in der Leitstelle vorgezogen. Infolgedessen musste notgedrungen für die Erstellung einer Anfahrtsbeschreibung mit dem gleichen Informationsgehalt wie in Tabelle 3 ein alternativer Lösungsweg gewählt werden.

Hierzu wurde zunächst für jeden Stichprobenpunkt ein geeigneter Abstellplatz für das Einsatzfahrzeug festgelegt. Als Entscheidungshilfe dienten digital vorliegende DGK5 (Deutsche Grundkarte im Maßstab 1 : 5.000), die auch eine detaillierte Beschreibung der Geländeeigenschaften enthalten, und Straßen- und Waldwegedaten als Linien-Objekte im SHAPE-Format. Die Koordinaten des festgelegten Abstellplatzes konnten direkt auf dem Display der GIS-Anwendung ArcView abgelesen werden. Für die Anfertigung einer Routenbeschreibung vom Treffpunkt zum Abstellplatz wurde der Treffpunkt mit dem Testfahrzeug angefahren und dort die Koordinaten des Abstellplatzes in das Navigationsgerät eingegeben. Beim Abfahren der Route konnte die Länge der einzelnen Streckenabschnitte über das Tachometer gemessen werden. An jedem Punkt, an dem das Navigationsgerät eine Fahrweisung gab, wurde die Abbiegerichtung und die Ausrichtung des neuen Streckenabschnittes erfasst und notiert.

5.6.3.4 Erfassung der Meldefrist

Bislang liegen keine Dokumentationen vor, die eine Einschätzung der durchschnittlichen Meldefrist innerhalb der klassischen Rettungskette erlauben. Situationsbedingt kann die Meldefrist nicht gemessen werden, sondern lässt sich im Nachgang eines Forstunfalls nur schätzen. Daher ist zur Verifizierung für ein Variantenstudium sowohl die Meldefrist in der modifizierten als auch in der klassischen Rettungskette zu bemessen.

Klassische Rettungskette

Zur Gewinnung valider Daten bezüglich der Meldefrist in der klassischen Rettungskette (Variante *klassisch*) erfolgten die Erhebungen unter Praxisbedingungen. In sechs Arbeitsgruppen des Forstamtes Arnsberg mit insgesamt 20 Forstwirten und Forstwirtschaftmeistern wurden während der Ausführung von Holzerntemaßnahmen Unfälle simuliert.

Die Länge der Meldefrist ist im erheblichen Maße davon abhängig, wie schnell der Unfall von weiteren Gruppenmitgliedern bemerkt wird. Durch Sicht- oder Rufkontakt zwischen den einzelnen Forstwirten ist in der Regel sichergestellt, dass unverzüglich die Hilfemaßnahmen anlaufen. Bei besonders schweren Unfällen besteht jedoch die Gefahr, dass der Verletzte nicht mehr in der Lage ist, auf seine Notsituation aufmerksam zu machen und sich dadurch die Reaktionszeiten der weiteren Gruppenmitglieder verlängern. Zur Erhebung der Meldefrist wurden daher zwei Unfallszenarien mit einem Stichprobenumfang von jeweils $N = 20$ simuliert.

Szenario A: Unfall mit leichten Verletzungen. Der Verunfallte ist noch in der Verfassung durch Rufe auf sich aufmerksam zu machen.

Szenario B: Unfall mit schweren Verletzungen. Der Verunfallte ist ohnmächtig.

Die Forstwirte wurden vor Beginn der Erhebungen in einer Informationsveranstaltung über die Ziele der Untersuchungen unterrichtet und die Versuchsausführung erläutert. Um die Belastung einzelner Forstwirtarbeitsgruppen möglichst gering zu halten und auch keine über das Normalmaß hinausgehende Wachsamkeit zu induzieren, wurden die Unfälle unangekündigt während eines sich über ein Jahr erstreckenden Versuchszeitraumes simuliert. Primäres Ziel war es hierbei, die Stichproben gleichmäßig auf die einzelnen Personen zu verteilen.

Bei jeder Stichprobe wurde ein Forstwirt angerufen, während dieser mit seiner Arbeitsgruppe Holzerntearbeiten ausführte, und aufgefordert einen Unfall nach vorgegebener Variante vorzutäuschen.

Beim Szenario A setzte sich der Forstwirt auf dem Boden und versuchte seine Kollegen durch Rufe aufmerksam zu machen. Bei der Szenario B setzte oder legte sich die Versuchsperson auf den Waldboden und wartete, bis die Kollegen auf sie aufmerksam wurden. Auf Rufe durfte sie in diesem Fall nicht reagieren. Die Versuchsperson musste zuvor sicherstellen, dass eine Gefährdung durch die Fällarbeiten der Kollegen ausgeschlossen werden konnte. Sobald ein weiteres Arbeitsgruppenmitglied den vorgetäuschten Unfall registrierte, rief dieser die simulierte Leitstelle an.

In der Forstpraxis wurden in Ausnahmefällen Arbeitsunfälle von Gruppenmitgliedern erst nach Stunden bemerkt. Von den Probanden konnte aus dem Aspekt der Zumutbarkeit nicht erwartet werden, dass sie über einen dermaßen langen Zeitraum regungslos am Boden verharren. Zugleich war zu befürchten, dass mit der Länge der Wartezeit auch die Hemmschwelle sinkt, vom geplanten Versuchsablauf abzuweichen. Der Versuchszeitraum wurde daher auf 30 Minuten begrenzt. Nach Ablauf dieser Frist war der Versuch durch den Probanden abzubrechen.

Die Leitstelle wurde durch einen Arbeitsplatz am IFA simuliert, dessen Rufnummer zuvor in jedem Handy der Waldarbeiter abgespeichert wurde. Die Zeitmessung begann mit Beendigung des Telefonats, in dem der Forstwirt instruiert wurde, und endete mit dem Eingang der Unfallmeldung am IFA.

Nach Beendigung jeder Stichprobenerhebung wurden diejenigen Arbeitsbedingungen am simulierten Unfallort hinterfragt, die erfahrungsgemäß Einfluss auf die Länge der Entdeckungszeit haben. Hierzu zählen unter anderem die Sichtweite und die Distanz zu den weiteren Gruppenmitgliedern zum Zeitpunkt des Unfalls. Vermerkt wurde auch, auf welche Weise die Arbeitskollegen auf den Unfall aufmerksam wurden.

Das Heraussuchen der abgespeicherten Rufnummer aus dem Telefonbuch des Mobiltelefons nimmt mehr Zeit in Anspruch als die Wahl der Notrufnummer 112. Um die Messwerte entsprechend bereinigen zu können, war die Zeitdifferenz dieser beiden Prozeduren zu ermitteln. Der Zeitbedarf wurde mit Hilfe von fünf Probanden in jeweils drei Messwiederholungen bestimmt.

Modifizierte Rettungskette

Durch die Ausrüstung der Waldarbeitergruppen mit Notrufgeräten, in denen passive Alarmgeber implementiert sind, ist auch eine Absicherung von Personen gegeben, die außerhalb der Ruf- und Sichtweite weiterer Personen arbeiten und nicht mehr in der Lage sind, aktiv einen Notruf abzusetzen. Die Meldefrist setzt sich in diesem Fall aus der Auslösezeit und der Voralarmzeit, die gemeinsam die technische Reaktionszeit ausmachen, sowie der Gesprächsaufbauzeit zusammen.

Die Auslösezeit und die Voralarmzeit können vom Anwender des Benefon-Gerätes konfiguriert werden. Zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung waren die betreffenden Zeitintervalle aller Benefon-Geräte für die staatlichen Forstwirte in Nordrhein-Westfalen auf jeweils 30 Sekunden eingestellt worden. Zur Bestimmung der Meldefrist bei den Varianten 2–5 musste somit lediglich das Zeitintervall vom Versenden der Notruf-Mitteilung bis zum Eingang des von der SOS-Plattform erstellten Notruftelegramms bei der Notrufzentrale gemessen werden. Zur Ermittlung dieses Zeitintervalls wurde ein Testgerät auf der Plattform angemeldet, mit dem anschließend 30 Notrufmitteilungen versendet wurden. Zum Zeitpunkt des Versands befand sich die alarmauslösende Person innerhalb der Forstnotrufzentrale NRW, was eine zeitliche Bemessung der Übertragungsdauer mit einer Stoppuhr ermöglichte.

5.6.3.5 Erfassung der Notrufbearbeitungszeit in der Notrufzentrale

Laut Versuchskonzept kann der Disponent der Notrufzentrale keinen Sprachkontakt mit dem Anrufenden herstellen und versucht diesen durch einen Rückruf zu erreichen, um einen Fehlalarm auszuschließen bzw. weitere Informationen zum Notfall zu erhalten. Die durchschnittliche Rufaufbauzeit zum Benefon-Gerät wurde anhand der Werte aus 30 Stichproben berechnet. Wie lange sich ein Disponent darum bemüht, mit dem Verunfallten zu kommunizieren, ist nicht geregelt und hängt allein von der Intuition des Sachbearbeiters ab. Der Zeitraum lässt sich daher unter simulierten Bedingungen nicht realitätsnah bemessen und muss stattdessen rational hergeleitet werden. So bricht der Netzbetreiber T-Mobile den infolge eines Gesprächswunsches angebotenen Vermittlungsservice respektive die Funkverbindung ab, wenn der Angerufene nach Herstellung der Verbindung (der Anrufer hört einen Freiton) nicht innerhalb einer Zeitspanne von rund 30 Sekunden das Gespräch entgegennimmt. Voraussetzung hierfür ist, dass der Angerufene sein Mobiltelefon eingeschaltet sowie die Mailbox ausgeschaltet hat und sich im netzversorgten Bereich befindet. Wie die Disponenten der Kreisleitstelle Hochsauerland bestätigten, sind 30 Sekunden eine realistische Richtgröße, die als Fixwert für diesen Vorgang übernommen wird. Nach dieser Frist schließt der Disponent den Sprachkanal und nutzt zur weiteren Fallbearbeitung die grafische Einsatzunterstützung durch das GIS.

Die Positionskordinaten des Notrufenden werden automatisch aus dem Datentelegramm in das GIS eingelesen und der Notfallort zentriert auf einer digitalen Karte dargestellt. Durch die Zuordnung des Notfallortes zu einer Abteilung und die Auswahl des entsprechenden Objektes können die damit verknüpften Attribute (s. a. Kapitel 4.2.2.2) ausgelesen werden. Der Sachbearbeiter erhält somit noch die Lageinformationen und die Anfahrtsbeschreibung zum Treffpunkt sowie die Kontaktdaten der zuständigen Leitstelle. Sobald diese Daten zusammengetragen sind, alarmiert der Disponent die verantwortliche Leitstelle.

Der für die Datenzusammenstellung durchschnittlich benötigte Zeitaufwand wurde durch die Bearbeitung von 30 Notrufen mit unterschiedlichen Positionskordinaten berechnet. Die Einsatzbearbeitung erfolgte hierbei auf dem speziell ausgestatteten und von dem Leitstellensystem abgekoppelten Arbeitsplatz. Da dieser zudem keinen Anschluss an die SOS-Plattform aufwies, konnten auch keine Notruftelegramme empfangen werden. Stattdessen wurden die Notruftelegramme auf Grundlage einer von der Fa. ISE GmbH bereitgestellten Formatdefinition synthetisch erstellt und in das entkoppelte Testsystem kopiert, um dort praxiskonform bearbeitet zu werden.

Nachdem in der Notrufzentrale alle für die Einleitung zielgerichteter Rettungsmaßnahmen notwendigen Informationen zusammengetragen sind, wird die zuständige Leitstelle telefonisch alarmiert. Die zuständige Leitstelle kann nicht unter der Notrufnummer 112, sondern nur über die Amtsnummer erreicht werden. Für die Disponenten der Leitstelle ist jedoch nicht erkennbar, ob der Anrufer die Notruf- oder die Amtsnummer gewählt hat. Alle unter der Amtsnummer eingehenden Anrufe werden daher gleichschnell wie Notrufe angenommen. Zur Bemessung der Gesprächsaufbauzeit wurde in 42 Fällen Notrufe zur Kreisleitstelle Hochsauerland abgesetzt. Der genaue Zeitpunkt des Anwahlbeginns wurde mit einer Stoppuhr festgehalten, die

zuvor mit der Uhr des Leitstellensystems synchronisiert worden war. Das Leitstellensystem registrierte und protokollierte automatisch die Zeitpunkte, an denen die Notrufe in der Leitstelle eingingen, und die Zeitpunkte, an denen das Gespräch von einem der Disponenten angenommen wurde. Die Gesprächsaufbauzeit konnte daher noch weiter in die Leitstellenerreichungszeit (Zeitpunkt vom Beginn des Anwahlvorganges bis zum Eingang des Notrufes in der Leitstelle) und die Aufschaltzeit (Zeit vom Eingang des Notrufes bis zur Gesprächsannahme) untergliedert werden.

Die Länge der Anrufwartezeit hängt davon ab, ob in der Leitstelle oder Notrufzentrale freie Arbeitskapazitäten zur Notrufbearbeitung zur Verfügung stehen. Grundsätzlich richtet sich die Personalplanung der Leitstelle nach dem zu erwarteten Einsatzaufkommen, so dass Notrufe schnell abgearbeitet werden können.

Die Dimension der Anrufwartezeit in der Notrufzentrale ist für die Varianten 2–5 gleich und wurde durch 40 Anrufe unter der Notrufnummer 112 ermittelt. Das Leitstellensystem registriert und speichert hierbei die Uhrzeit ab, an dem der Notruf aufläuft. Mittels einer mit der Systemuhr synchronisierten Stoppuhr wurde die Uhrzeit festgehalten, an dem der Disponent den Telefonhörer abnahm. Durch die Differenz dieser beiden Uhrzeiten konnte jeweils die Anrufwartezeit bestimmt werden.

Die Aufschaltzeit zur örtlichen zuständigen Leitstelle ist eine technisch bedingte Größe und demnach variantenunabhängig. Die Einzelmessungen zur Berechnung der durchschnittlichen Aufschaltzeit erfolgten im Zuge der Versuche zur Bestimmung der Anrufwartezeit. Der Beginn des Anwahlvorganges wurde mit der synchronisierten Stoppuhr festgehalten und anschließend wurde jeweils die Differenz zu der vom Leitstellensystem abgespeicherten Uhrzeit des Notrufeingangs berechnet.

Abschließend wurde auf dem Testsystem für jeden der 30 Notfallorte eine Anfahrtsbeschreibung erstellt und die hierfür benötigten Bearbeitungszeiten festgehalten. Zur Bemessung der Übertragungszeiten wurde ein Fax mit der Karte und allen vorhandenen Einsatzdaten an ein Faxgerät übertragen.

5.6.3.6 Erfassung der Notrufbearbeitungszeit in der Leitstelle

Zur Berechnung der Gesprächszeit wurden für die erste Variante 30 Unfallmeldungen an einen Disponenten der Leitstelle in Meschede durchgegeben. Um die Bearbeitungszeit nicht durch einen Gewöhnungseffekt zu verfälschen, wurden für jede Unfallmeldung eine andere Unfallsituation und ein divergierender Unfallort gewählt. Die Unfallmeldungen waren angelehnt an anonymisierte Unfallberichte der Landesforsten Niedersachsen, die dem IFA zur Verfügung gestellt worden waren.

Bei den Varianten 2 bis 5 wurden die bereits in der Notrufzentrale zusammengestellten Einsatzdaten einem Disponenten durchgegeben, der diese erneut in die Datenerfassungsmaske eingab.

5.6.3.7 Erfassung der Fahrzeit und der Fahrstrecke auf der öffentliche Straße

In der Regel wählt der Disponent das Einsatzfahrzeug aus, dessen gegenwärtige Position dem Unfallort am nächsten liegt. Das Einsatzfahrzeug befindet sich nicht zwangsläufig in der Rettungswache, wenn es den Einsatzbefehl erhält. Rettungsfahrzeuge, die einen Einsatz beendet oder abgebrochen haben und sich auf der Heimfahrt zur Rettungswache befinden, werden dem Disponenten ebenfalls als Einsatzfahrzeuge vorgeschlagen.

Derartige Situationen konnten im Verlauf der Simultanstudien aber nicht berücksichtigt werden. Um die Vergleichbarkeit der Fahrzeiten in den einzelnen Varianten sicherzustellen, wurde in jedem Fall die zuständige Rettungswache als Startpunkt angenommen.

Während der Fahrten auf den öffentlichen Straßen können sich eine Reihe von unvorhersehbaren Verzögerungen – z. B. durch Ampelanlagen oder hohes Verkehrsaufkommen – ergeben, die bezugslos zu der aktuell untersuchten Variante sind. Darüber hinaus war das Testfahrzeug nicht berechtigt zu Forschungszwecken Fahrten mit Sonderrechten (§ 35, Abs. 5a StVO) unter Einsatz von blauem Blinklicht und Martinshorn (vgl. § 37, Abs. 1, 2 StVO) vorzunehmen. Um lediglich die varianteninhärenten Unterschiede zu bemessen und zufällige Einflüsse wie z.B. Verkehrsaufkommen, Ampeln etc. auszuschließen, war ein Versuchskonzept zu entwerfen, das für eine Normierung der Ausgangsbedingungen auf den öffentlichen Straßen sorgte. Der Lösungsansatz orientiert sich an dem Funktionsprinzip der Routenplaner, die die schnellste Route zum Ziel anhand der für die einzelnen Straßenklassen programmierten Durchschnittsgeschwindigkeiten berechnen. Analog wurden auch für jede Variante die Fahrzeiten auf den öffentlichen Wegen ermittelt. Dazu wurden alle Rettungswachen, in deren Einsatzgebiet die 100 Stichprobenpunkte lagen, mit dem Testfahrzeug angefahren und dort mit Hilfe des Navigationsgerätes die schnellsten Routen zu den Stichprobenpunkten im Einsatzgebiet berechnet. Hierbei galt es zu beachten, dass in den Varianten 1, 2 und 4 jeweils die Anfahrtroute über den Treffpunkt als Zwischenziel verlief. Diese Notwendigkeit konnte zur Folge haben, dass der Routenverlauf dieser Varianten von dem der Varianten 3 und 5 abwich (s. Abbildung 37).

Die vom Navigationsgerät berechnete Fahrzeit und Fahrstrecke auf der schnellsten Route zum Treffpunkt wurde für die Varianten 1, 2 und 4 als Fahrzeit FZ1 notiert. Führte in diesen Varianten die Route nach dem Erreichen des Treffpunktes noch über eine längere Distanz weiter über das öffentlichen Straßensystem, erfolgte die Berechnung der Fahrstrecke und -zeit auf dem restlichen Routenabschnitt nach dem gleichen Verfahren. Da die Fahrer auf dem letzten Straßenabschnitt die Fahrgeschwindigkeit verringert, um die häufig schlecht ersichtliche Wegeeinmündung in den Wald nicht zu verfehlen, wurde auf kurzen Distanzen vom Treffpunkt zum Schnittpunkt zwischen öffentlicher und nichtöffentlicher Straße die tatsächliche Fahrzeit gemessen, wenn keine weiteren, nicht mit der Variante in Verbindung zu bringende Verzögerungen auftraten.

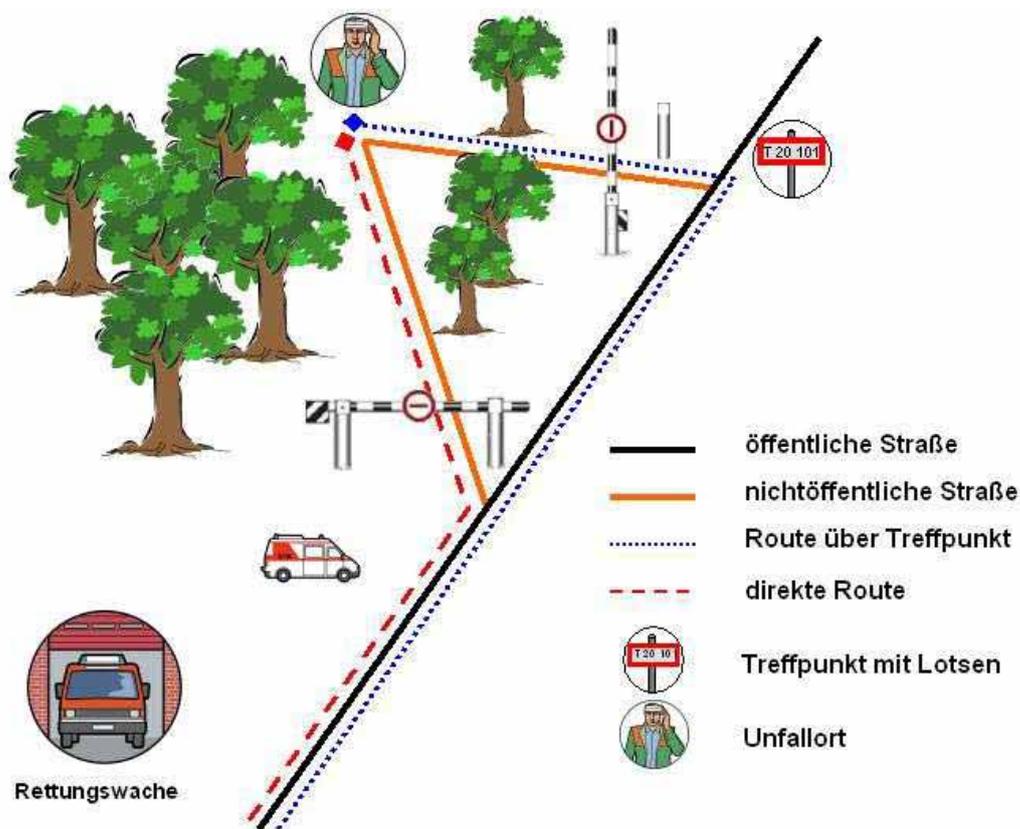


Abbildung 37: Variantenbedingte unterschiedliche Verläufe der Anfahrtsroute

5.6.3.8 Erfassung der Fahrzeit und Fahrstrecke auf den nichtöffentlichen Wegen sowie der Zugangszeit und des Zugangsweges

Um Verzerrungen der Messergebnisse durch interindividuell unterschiedliche Fahrweisen und Ausprägungen des Orientierungssinns zu vermeiden, wurde in allen Varianten der gleiche Fahrer eingesetzt.

Damit der Fahrer bei der mehrmaligen Anfahrt der einzelnen Stichprobenpunkte seine bereits erworbenen Ortskenntnisse nicht nutzen konnte, musste die 100 Stichprobenpunkte in zwei Gruppen aufgeteilt werden. In der ersten Gruppe wurde die Varianten 1, 2 und 5 in der zweiten Gruppe die Varianten 1, 3 und 4 miteinander verglichen.

Der Fahrer wurde angehalten, die Waldwege, sofern deren Beschaffenheit es zuließ, mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h zu befahren.

Gruppe 1

In der Gruppe 1 fuhr der Fahrer (Person 2) des Testfahrzeugs den Notfallort mit Hilfe des Navigationsgerätes auf direktem Wege an. Der Beifahrer (Person 3), der die Fahrzeiten auf dem nichtöffentlichen Weg protokollierte, wurde durch eine Augenklappe und Ohrenstöpsel orientierungslos gemacht. Am Abstellplatz des Fahrzeuges wurde die Zeit gestoppt und – als weiterer Parameter – die auf den nichtöffentlichen Wegen zurückgelegte Fahrstrecke notiert. Anschlie-

End erfolgte die Erhebung der Zugangszeit. Nachdem der Fahrer die Stoppuhr gestartet hatte, entnahm er dem Display des Navigationsgerätes die grobe Richtung sowie die Entfernung zum Notfallort und begab sich auf die Suche nach dem Verunfallten bzw. nach der abgelegten Puppe. Hierbei erhielt er keine akustische Hilfeleistung vom Notfallort. Beim Auffinden des Verunfallten stoppte die Person 1 die Zeit und erhielt somit die Zugangszeit für die Variante 5.

Zur Simulation der Variante 2 wurde der Treffpunkt angefahren und der Beifahrer abgesetzt. Anschließend erstellte der Fahrer die Anfahrtsbeschreibung gemäß des im Kapitel 5.6.3.3 erläuterten Verfahrens und kehrte daraufhin zum Treffpunkt zurück. Nachdem der Beifahrer erneut zugestiegen war, wurde mit der Zeitmessung begonnen. Nach einer kurzen Orientierungsphase navigierte der Beifahrer den Fahrer mit den ihm zur Verfügung stehenden Informationen und dem Kartenmaterial zu dem Unfallort. Hierbei musste durch ein klar vorgegebenes Handlungsschema vermieden werden, dass der Fahrer seine bei der ersten Anfahrt erworbenen Ortskenntnisse nutzen kann. Daher erkundigte sich der Fahrer bei dem Beifahrer an jeder Wegekreuzung und jeder Abbiegemöglichkeit nach dem weiteren Routenverlauf, bevor er seine Fahrt fortsetzte. Der Beifahrer war gehalten, die Entscheidungen so schnell zu treffen, dass möglichst keine Verzögerungen bei der Anfahrt entstanden. Primär folgte der Beifahrer bei der Auswahl des Abstellplatzes der Empfehlung des Disponenten der Notrufzentrale. In der Variante 2 konnte er sich aber zusätzlich an den akustischen Signalen vom Notfallort orientieren, wenn dieser in Hörweite lag. In diesen Fällen bestimmte der Fahrer des Einsatzfahrzeuges den Abstellplatz nach eigenem Ermessen. Beim Abstellen des Fahrzeugs wurde die der Variante 2 zuzurechnende Fahrzeit FZ2 gestoppt. Da der Fahrer bereits den Weg zum Forstwirt-Dummy kannte, suchte nun der Beifahrer mit Hilfe der Anwegbeschreibung und den Rufen des bei der Puppe verbliebenden Probanden (Person 1) den Notfallort auf. Wiederum wurde die Zeit festgehalten.

Zum Abschluss der Versuchsserie wurde die Anfahrtszeit und die Zugangszeit mit einem Lotsen ermittelt (Variante 1). Der Lotse wählt aufgrund seiner Ortskenntnis den Abstellplatz unter den Aspekten aus, ob dieser schnell vom Treffpunkt erreichbar ist und dieser einen den Umständen entsprechend guten Zugang zum Notfallort bietet. Da keine Unterschiede zwischen An- und Rückweg zu erwarten waren, begab sich der Beifahrer nach Beendigung der Zeitstudien für die Variante 2 auf dem ihm als geeignet erscheinenden Zuweg zum Fahrweg. Die hierfür benötigte Laufzeit wurde festgehalten. Sie entspricht der Zugangszeit der Variante 1. Weil ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen Hinfahrt (Treffpunkt - Unfallort) und Rückfahrt (Unfallort - Treffpunkt) zu erwarten waren, konnte die Anfahrtszeit mit einem Lotsen (FZ) auch beim Abrücken des Testfahrzeuges ermittelt werden. Gemessen wird die Fahrzeit und -strecke von dem für die Variante 1 ausgewählten Abstellpunkt bis zum Schnittpunkt öffentliche/ nichtöffentliche Straße.

Gruppe 2

Der Versuchsablauf zur Erhebung der Fahrzeiten FZ2 sowie der Zugangszeiten ZZ bei den Varianten 1, 3 und 4 erfolgt analog dem Versuchsdesign in der Charge 1 mit Ausnahme des Umstandes, dass bei der Anfahrt mit einem Navigationsgerät (Variante 3) akustische Hilfestel-

lung vom Unfallort geleistet wurde und die Probanden bei der Anfahrt mit der Rettungskarte (Variante 4) den Unfallort allein mit den von der Leitstelle übermittelten Einsatzdaten auffinden mussten.

5.6.3.9 Protokollierung der Komplikationen und Rahmenbedingungen während der Anfahrt und des Zugangs

5.6.3.9.1 Das Schrankenproblem

Das Untersuchungskonzept basiert auf der Annahme, dass im schriftlichen Arbeitsauftrag, der den Forstwirten vor Arbeitsbeginn ausgehändigt wird, ein Treffpunkt festgelegt ist, an dem sich bei einem Unfall ein potentiell vorhandener Lotse mit den Rettungskräften trifft. Die Forstwirte haben dafür Sorge zu tragen, dass der Zufahrtsweg vom Treffpunkt zum Arbeitsort frei ist. Geschlossene Schranken müssen geöffnet werden.

Wich die Anfahrtroute in einer der modifizierten Varianten von der Route der klassischen Variante ab, wurde jede geschlossene Schranke auf dem Anfahrtsweg protokolliert.

Die Zeitstudien beruhen auf der Annahme, dass die Rettungskräfte einen passenden Schlüssel im Fahrzeug mit sich führen. Durch das Öffnen von 20 Schranken mit unterschiedlichen Schließsystemen wurde eine mittlere Öffnungszeit berechnet. War der Fahrweg durch eine Schranke versperrt, wurde der ermittelte Durchschnittswert der Fahrzeit angerechnet (vgl. Abbildung 37).

5.6.3.9.2 Faktoren mit potentiellen Einfluss auf die Anfahrts- und Zugangszeit

In den einzelnen Varianten wurden während der Anfahrt und dem Angehen des Unfallortes die Rahmenbedingungen und Ereignisse dokumentiert, die mutmaßlich einen Einfluss auf die Anfahrtszeit und die Zugangszeit haben.

Bei den navigationsgestützten Varianten wurden Kriterien angesetzt, die vom ADAC bei der Überprüfung von Navigationsgeräten angewendet werden (ADAC, 2004). Im Fokus der Untersuchungen steht die eigentliche „Qualität der Navigation“. Andere Bereiche wie „Bedienung“ oder „Ausstattung“ des Navigationsgerätes spielen bei den geplanten Untersuchungen nur eine untergeordnete Rolle, da keine Geräte diverser Anbieter verglichen werden. In Anlehnung an die vom ADAC durchgeführten Tests für das öffentliche Straßen- und Wegenetz werden bei der Anfahrt der definierten Zielpunkte die Kriterien „Navigationsfehler“, „-mängel“ und „Routenqualität“ angelegt sowie deren qualitative Einschränkungen während der Untersuchungsfahrt protokolliert:

- **Navigationsfehler und -mängel:** Navigationsfehler sind definiert als Fahreranweisungen, deren Ausführung für das Testfahrzeug nicht möglich war. Sie lagen bspw. dann vor, wenn die Route über einen offensichtlich fälschlich als LKW-fähigen oder eingeschränkt LKW-fähigen Weg klassifizierten Routenabschnitt führte.

Navigationsmängel liegen hingegen vor, wenn zwar unpräzise Hinweise bzw. Anweisungen gegeben wurden, kurze Plausibilitätskontrollen jedoch die korrekte Weiterfahrt ermöglichen. Entscheidend ist, dass keine weiteren Hilfsmittel wie z.B. analoge Karten notwendig sind.

- **Routenqualität:** Mit dem Kriterium „Routenqualität“ wurde bewertet, ob die vom Navigationssystem vorgeschlagene Route optimal war oder eine Alternativroute schneller zum Unfallort geführt hätte. Eine Überprüfung sämtlicher potentieller Alternativrouten konnte aufgrund des gesetzten Zeitrahmens nicht geleistet werden. Deshalb wurde dieses Kriterium nur in den Fällen weiter überprüft, in denen sich offensichtlich Anfahrtsrouten mit kürzeren Fahrzeiten anboten.

Gesondert wurden die Vorgänge untersucht, in denen der Unfallort in oder neben einer Fahrverbotszone lag. In diesen Fällen endete die Routenführung an deren Einfahrt. Der Fahrer musste entscheiden, ob die Wegequalität eine Weiterfahrt erlaubt oder ob aufgrund einer geringen Distanz zum Unfallort auch ein Angehen des Unfallortes sinnvoll ist. Erschienen ihm beide Optionen ungeeignet, konnte der Fahrer auch von der vorgegebenen Route abweichen und einen ihm zweckmäßig erscheinenden Abstellplatz wählen. Die Beweggründe, die zur Wahl einer Alternativroute führten, wurden dokumentiert. Erwies sich dieser Abstellplatz in der retrospektiven Bewertung als vorteilhaft, wurde die vom Navigationsgerät vorgeschlagene Route als „nicht optimal“ eingestuft.

- **Eignung der Anfahrts- und Anwegbeschreibungen:** Dieses Kriterium betraf lediglich die Varianten 2 und 4, in denen die Rettungskräfte den Angaben einer von der Notrufzentrale erstellten Anfahrts- und Anwegbeschreibung folgten. Das Kriterium wurde nicht erfüllt, wenn die darin enthaltenen topografischen Informationen derart von den tatsächlich vorgefundenen Gegebenheiten abwichen oder die Beschreibungen so unzureichend waren, dass der Unfallort nicht aufgefunden werden konnte.
- **Mittlere Sichtweite:** Diese wurde von der Person 1 am Stichprobenpunkt durch zwei Messungen in orthogonal zueinander liegenden Richtungen gemessen. Die mittlere Sichtweite ist ein Maß für die Einsehbarkeit bzw. Überschaubarkeit des Bestandes.
- **Sichtbarkeit:** War der Forstwirt-Dummy bereits beim Anfahren des Unfallortes vom Fahrzeug aus erkennbar, wurde dies entsprechend vermerkt.
- **Sichtbehinderung/Signalmaskierung:** Dieses Kriterium traf zu, wenn sich die Suchzeiten aufgrund einer Verdeckung der Puppe durch die Vegetation oder durch eine Überlagerung der akustischen Signale durch Störgeräusche verlängerten.

- **Akustische Orientierungshilfe:** Wie beschrieben wurden die Rettungskräfte in den Varianten 2 und 3 zusätzlich durch akustische Signale zum Unfallort geleitet. Somit ist dieses Kriterium in jeweils einer navigationsgestützten und einer kartengestützten Variante erfüllt.
- **Eignung des Abstellplatzes:** Um den Abstellplatz, den die Rettungskräften mit Hilfe der Ihnen zur Verfügung stehenden Informationen auswählten, qualitativ bewerten zu können, wurde in jeder Variante die kürzeste Wegstrecke vom abgestellten Fahrzeug zum Unfallort gemessen. Der Zugangsweg wurde unter dem Aspekt der Begehbarkeit durch Rettungskräfte mit schlechtem Schuhwerk und Ausrüstung ausgewählt und die Wegstrecke mit einem Schrittzähler erhoben. Je kürzer die auf diese Weise ermittelten Zugangswege waren, desto mehr eigneten sich auch die gewählten Abstellplätze.
- **Hindernisse:** Unter der Überschrift „Hindernisse“ werden alle Fälle zusammengefasst, in denen natürliche Barrieren wie Gräben, Bäche, Siefen, Steilhänge und schwer zu durchdringende Verjüngungsbereiche oder anthropogene Hürden wie Zäune oder Gatter den direkten Zugang zum Verunfallten behinderten. Eine geringe Häufigkeit an natürlichen Barrieren weist beispielsweise auf eine gute Eignung der von der Notrufzentrale erstellten Anwegbeschreibung hin. Da diese wiederum auf den Karteninformationen basiert, die dem Disponenten in der Notrufzentrale vorliegen, ist die Häufigkeit natürlicher Hindernisse letztlich ein Bewertungsmaß für die Präzision und Aktualität der Karten.

6 Ergebnisteil

6.1 Ergebnisse der Gebrauchstauglichkeitsstudie

6.1.1 Repräsentativität der Stichprobe

Von 348 ausgegebenen Fragebogen wurden 158 beantwortet und an das IFA zurück gesandt. Die Rücklaufquote von 45 % ist, verglichen mit den üblichen Rücklaufquoten bei schriftlichen Befragungen, als eher hoch zu bezeichnen, angesichts der Kontrollmöglichkeiten, die seitens der Forstämter und Revierförstereien bestanden, jedoch enttäuschend gering.

Die Beurteilungen des neuen GPS-Rettungsmobiltelefons und der modifizierten Rettungskettenorganisation können in Abhängigkeit vom Alter unterschiedlich ausfallen. Um zu gewährleisten, dass bestimmte Altersgruppen in der Stichprobe nicht überrepräsentiert sind und es in der Folge zu keiner Verfälschung der Ergebnisse kommt, wurden zunächst die prozentualen Anteile der jeweiligen Altersgruppen in der Stichprobe denen der Grundgesamtheit gegenüber gestellt. Hierzu wurde eine anonymisierte Liste der Regiearbeiter mit den Geburtsdaten angefordert.

Die Abbildung 38 zeigt eine weitgehende Übereinstimmung der Altersklassenverteilung.

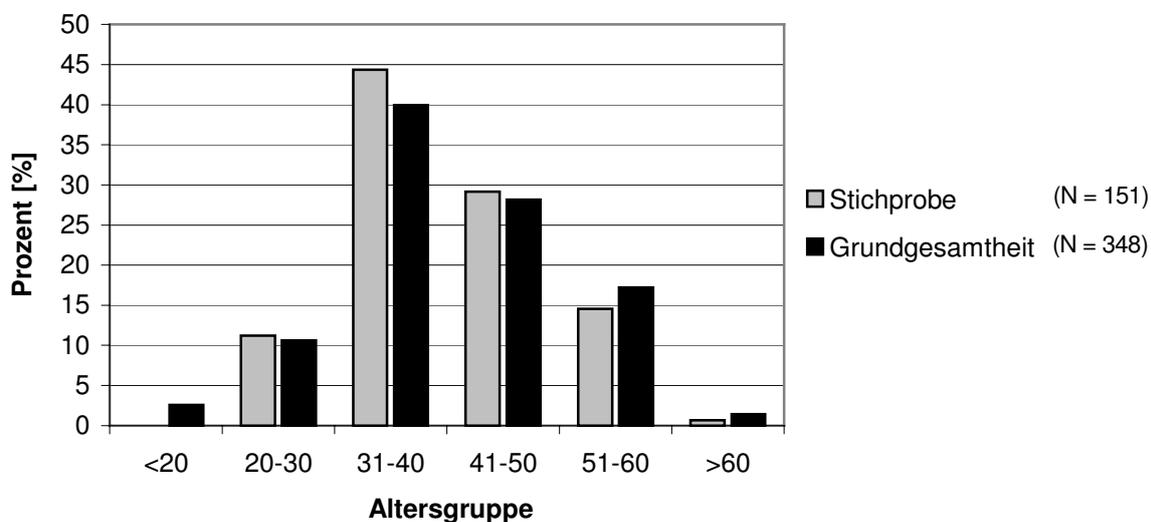


Abbildung 38: Altersverteilung in der Stichprobe und in der Grundgesamtheit der Regiearbeiter

Zum Vergleich, ob die Verteilung der Altersklassen in der Stichprobe mit der der Grundgesamtheit übereinstimmt, wurde den ordinal skalierbaren Altersgruppen die Werte 1 (Altersgruppe < 20 Jahre) bis 6 (Altersgruppe > 60 Jahre) zugewiesen und der U-Test von MANN-WHITNEY angewendet. Bei diesem Testverfahren werden den einzelnen Werten beider Gruppen, nachdem sie zu einer Einheit zusammengefasst und in aufsteigender Rangfolge geordnet worden sind (daher auch der Name „Rangfolgetest“) Rangwerte zugeordnet. Für jede der Gruppen wird separat die Summe der zugehörigen Rangwerte berechnet (vgl. Tabelle 13). Durch Division der Summe durch die Zahl der zu der Gruppe gehörigen Werte (N) ergibt sich

der mittlere Rang. Bei einer Gleichverteilung der Altersklassen in der Stichprobe und der Grundgesamtheit müssten sich folglich ähnlich hohe mittlere Ränge ergeben. Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist dieses Kriterium erfüllt. Der Vergleich ist bereits ein erstes Indiz dafür, dass die Nullhypothese (die Altersverteilungen in beiden Gruppen sind gleich) wahr ist.

Tabelle 13: U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Altersverteilung der Stichprobe und der Grundgesamtheit der Regiearbeiter

Gruppe	N	Mittlerer Rang	Rangsumme	Z	Asymp. Sig. (zweiseitig)
Grundgesamtheit	348	251,55	87540,50	-,385	0,700
Stichprobe	151	246,42	37209,50		

Bestätigt wird die Annahme durch den zweiseitigen Signifikanzwert von $\alpha = 0,7$. Wird das Signifikanzniveau auf die übliche Obergrenze von 5 % ($\alpha = 0,05$) festgelegt, so kann die Hypothese H_0 nicht verworfen werden, da die Signifikanz $0,7 \% > 0,05 \%$ ist. Die Stichprobe stimmt somit bezüglich des Kriteriums der Altersverteilung mit der Grundgesamtheit überein.

6.1.2 Untersuchungen zur Funktionalität

6.1.2.1 Ausfallsicherheit

In 44,6 % der Fälle kam es in der Testphase trotz eines noch geladenen Akkus und Netzempfangs mindestens einmal zu einem Funktionsausfall des GPS-Mobiltelefons. Die Länge der Testphase lässt sich nicht konkretisieren, da sowohl die Ausgabe der neuen GPS-Mobiltelefone wie auch der Fragebögen zu unterschiedlichen Zeitpunkten befolgte.

Befragt nach den möglichen Ursachen des Funktionsausfalls, gab der überwiegende Teil (71 % von 70 Forstwirten) an, den Grund hierfür nicht zu kennen. Jedoch konnten insgesamt sechs verschiedene potentielle Störungsursachen identifiziert werden, die gemäß ihrer zahlenmäßigen Nennung in absteigender Reihenfolge der Abbildung 39 entnommen werden können.

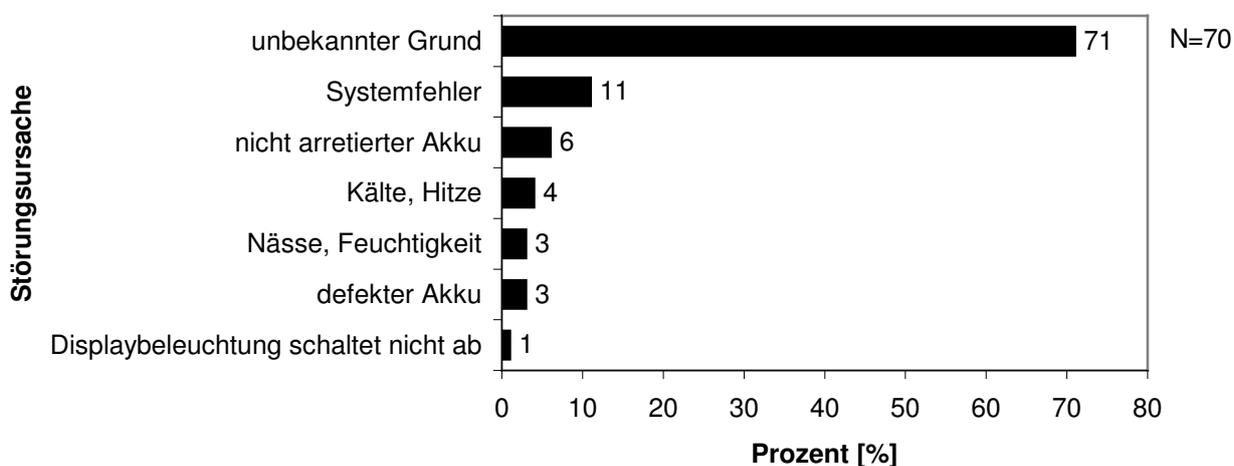


Abbildung 39: Relative Häufigkeit der Störungsursachen, die zu einem Funktionsausfall geführt haben

Demnach schaltete sich in 11 % der Fälle das Gerät infolge eines Systemfehlers unerwartet ab. Durch die Integration des Bewegungssensors in den Akku, kann dieser nur mit großen Schwierigkeiten arretiert werden, wenn das Dichtungsgummi einliegt. Bei mechanischen Belastungen kann sich die Verriegelung spontan lösen. Im Verlauf der Testphase waren 6 % der Störungen auf eine unzureichende Verriegelung des Akkus zurückzuführen.

Addiert wurden in 7 % der Fälle als Störungsursache klimatische Einflüsse (Kälte, Hitze und Nässe, Feuchtigkeit) vermutet. Ein defekter Akku konnte in 3 % der Funktionsausfälle als mutmaßliche Fehlerquelle ausgemacht werden. Die Displaybeleuchtung ließ sich in 1 % der Fälle nicht ausschalten, wodurch der Akku vorschnell entlud.

6.1.2.2 Signalhörbarkeit

6.1.2.3 Änderungen der signalspezifischen Voreinstellungen

Resümiert man die Ausführungen des Kapitels 5.2.2.1.3.3 zu den relevanten Interaktionen zwischen Benutzer und GPS-Mobiltelefon, so wird deutlich, dass zur Gewährleistung eines zuverlässigen und zügigen Verfahrensablaufes auch die **permanente** Hörbarkeit der vom Gerät ausgehenden akustischen Signale sichergestellt sein muss. Die praktische Umsetzung ist indessen vor allem während der für den Beruf charakteristischen Arbeit mit sehr schalldruckstarken Forstmaschinen gefährdet.

Eine entsprechende Auswahl der für den Verwendungszweck des GPS-Mobiltelefons geeigneten Töne, die eine zielgerichtete Reaktion des Benutzers induzieren soll, wurde bereits im Verlauf der Vorstudien (s. o.) getroffen. Jeder der Klingeltöne wurde konsequent auf die höchste Lautstärkestufe (Stufe 5) gesetzt. Die voreingestellten Parameter der ausgelieferten Mobiltelefone sind der Tabelle 14 zu entnehmen.

Tabelle 14: Voreinstellung der ausgelieferten GPS-Mobiltelefone im Untermenü „Umgebungen“

Umgebungsobjekt	Tonnummer	Lautstärkestufe
eingehender Anruf	22	5
eingehende Mitteilung (SMS)	26	5
Voralarm	2	5

Gleichwohl waren die Menüeinstellungen nicht geschützt. Demzufolge konnten die Forstwirte ihren individuellen Bedürfnissen entsprechend für jedes Umgebungsobjekt eine neue Tonnummer-Lautstärkestufe-Kombination konfigurieren. Die Abbildung 40 gibt eine Übersicht hinsichtlich des Ausmaßes der vorgenommenen Änderungen.

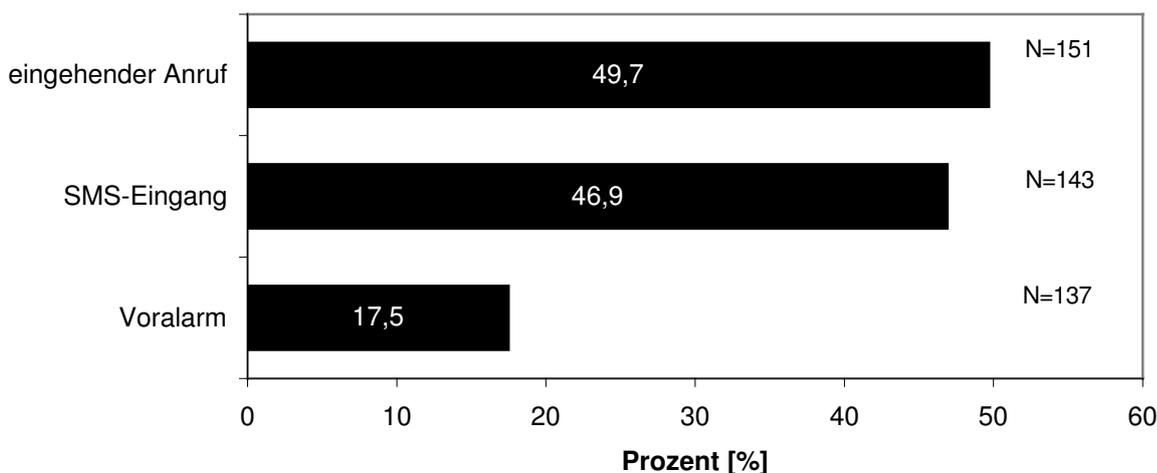


Abbildung 40: Modifizierungsquote der voreingestellten Signaltöne für ausgewählte Ereignisse

Rund die Hälfte von 151 Forstwirten hat demnach die Signale für die häufig auftretenden Ereignisse (eingehender Anruf, eingehende Kurzmitteilung) modifiziert. Die Voreinstellungen der Voralarmsignalisierung wurden hingegen deutlich seltener geändert (relativer Anteil von 17,5 %).

Die erstaunlich hohe Modifikationsrate der beiden erstgenannten Umgebungsobjekte lässt den Schluss zu, dass ein Großteil der Benutzer nicht zufrieden mit den Umgebungseinstellungen ist. Sie lässt aber die Frage offen, ob die Neukonfiguration aus Gründen der individuellen Vorliebe für einen bestimmten Rufton erfolgte und folglich das emotional gefärbte „Klangerlebnis“ im Vordergrund stand oder eine rationale Entscheidung zur Verbesserung der Hörbarkeit der Signaltöne getroffen wurde.

Die separate Untersuchung der modifizierten Tonnummern und Lautstärkestufen brachte folgende Ergebnisse: Bei der Anrufsignalisierung war die Bandbreite der als Substitut genommenen Tonnummern mit 20 verschiedenen Werten am größten. Bei der Wahl der Tonnummern für die SMS-Signalisierung wurden hingegen 14 und bei der Voralarm-Signalisierung acht verschiedene Tonnummern registriert (s. Abbildung 41).

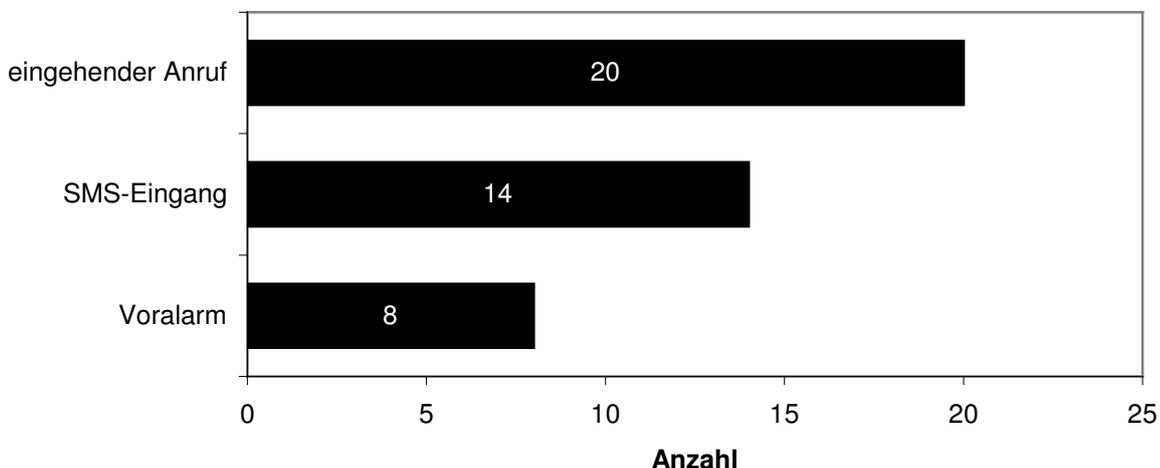


Abbildung 41: Anzahl der als Substitut gewählten Tonnummern, gegliedert nach Ereignissen

Die am häufigsten individuell eingestellten Tonnummervarianten, deren relativer Anteil die Zehn-Prozent-Hürde überstieg, wurden selektiert und in der Tabelle 15, getrennt nach Umgebungsobjekten, zusammengestellt.

Tabelle 15: Favorisierte Tonnummern, die in mehr als 10 % der Fälle anstelle der Voreinstellung gewählt wurden

Umgebungsobjekt	Tonnummer	Prozent [%]
Anrufsignalisierung	7	18,8
	1	10,4
	14	10,4
Signalisierung Mitteilungseingang (SMS)	24	50,0
	1	10,4
Voralarmsignalisierung	2	23,1
	1	15,4
	10	15,4
	31	14,4

Bei der Anruf- und Voralarmsignalisierung weisen die Favoriten nur geringe Mengenanteile auf. Im Gegensatz dazu wurde bei der Signalisierung des Mitteilungseingangs in 50 % der Fälle die Tonnummer 24 gewählt. Bei der Tonnummer 24 handelt es sich um eine „Ein-Ton-Melodie“, die gegenüber der variationsreicheren Voreinstellung eine schlechtere Hörbarkeit aufweisen dürfte.

Erstaunlicherweise wurden auch Änderungen der Lautstärkeinstellungen vorgenommen. Von den 158 befragten Forstwirten gaben 5,1 % an, die Lautstärke der Anrufsignalisierung reduziert zu haben. Immerhin 3,8 % hatten den Schalldruckpegel des Signals bei Eingang einer SMS vermindert und selbst die Lautstärke des Voralarms wurde herabgesetzt (vgl. Abbildung 42).

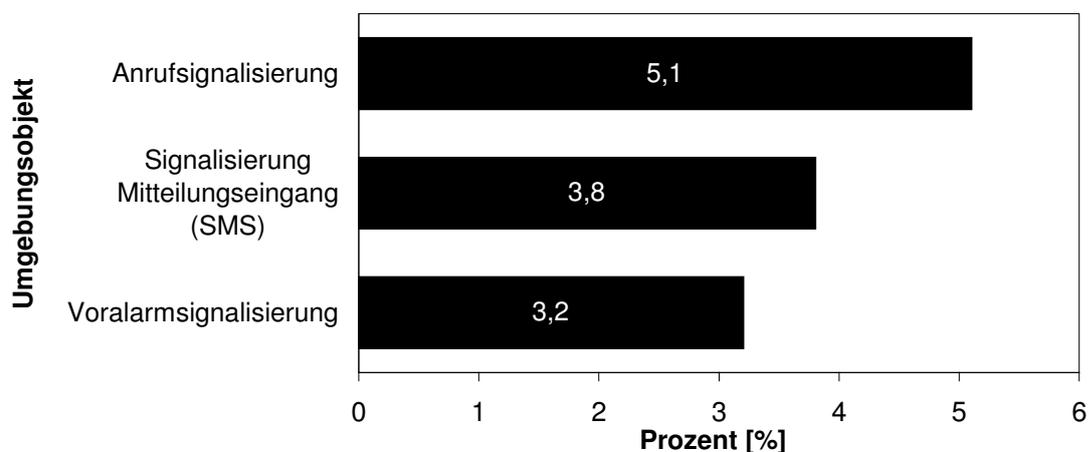


Abbildung 42: Relation der Mobiltelefone mit reduzierter Lautstärke zum Gesamtkollektiv, spezifiziert nach Umgebungsobjekten

6.1.2.3.1 Signalthörbarkeit unter definierten Arbeitsbedingungen

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen die Befürchtung aufkommen, dass die permanente Hörbarkeit der akustischen Signale unter diesen Vorbedingungen nur im eingeschränkten Maße gegeben ist. Daher wurde die Wahrnehmbarkeit dieser Signale bei berufstypischen Störgeräuschen eingehender untersucht.

Die Forstwirte wurden aufgefordert auf einer Skala von fünf (Signale immer hörbar) bis eins (Signale nie hörbar) die Wahrnehmbarkeit zu bewerten. Bezüglich der hier untersuchten Fragestellung interessiert aber vornehmlich der quantitative Anteil der Kategorie 5. Nachfolgend wurden daher die Ergebnisse der niedrigeren Skalenwerte (1-4) zusammengefasst und mit dem Skalenwert 5 verglichen.

Zunächst wurde die Hörbarkeit der einzelnen Signale unter optimalen Bedingungen hinterfragt. Wider erwarten war die ständige Hörbarkeit der Signale selbst bei Arbeiten ohne Gehörschutz und ohne störende Maschinengeräusche nicht gegeben (s. Abbildung 43).

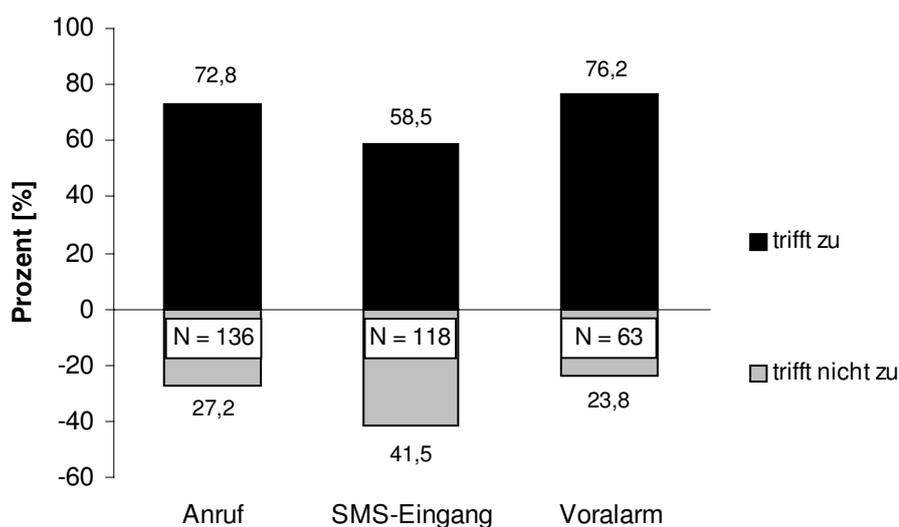


Abbildung 43: Eisbergdiagramm zur Hörbarkeit der akustischen Signale bei Arbeiten ohne Gehörschutz und ohne Maschinengeräusche

In 72,8 % der Fälle gaben die befragten Personen an, dass die Forderung der ständigen Hörbarkeit der Anrufsignale erfüllt sei. Der Eingang einer Kurzmitteilung wurde sogar nur in 58,5 % der Fälle immer sofort bemerkt. Die beste Hörbarkeit kann dem akustischen Signal des Voralarms mit einem Anteil von noch 76,2 % in der Kategorie 5 attestiert werden.

Eine geradezu dramatische Verminderung der Hörbarkeit ist zu beobachten, wenn die Signale durch Störgeräusche verdeckt werden (vgl. Abbildung 44 und 45).

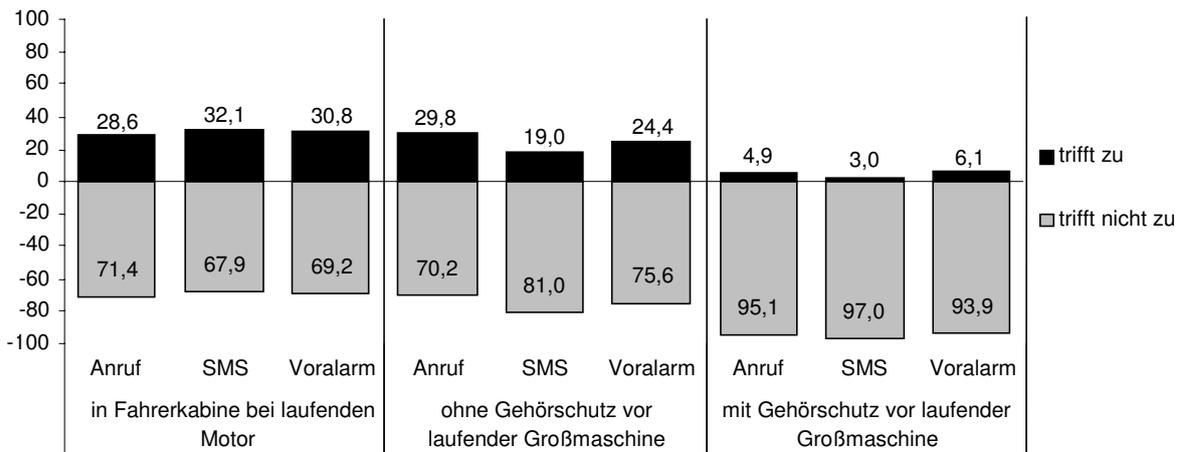


Abbildung 44: Eisbergdiagramm zur Hörbarkeit der akustischen Signale unter definierten Arbeitsbedingungen mit einer forstlichen Großmaschine

Die jeweiligen Signale wurden in Fahrerkabinen von Forstmaschinen nur zu einem Drittel stets sofort wahrgenommen. In unmittelbarer Nähe zu einer selbstfahrenden Maschine mit laufendem Motor konnten die Anrufsignale ohne Gehörschutz nur in 29,8 %, die Kurzmitteilungssignale in 19,0 % und der Voralarm nur in 24,4 % der Fälle augenblicklich bemerkt werden. Aufgrund der höheren Schallemissionswerte der Motorsäge ist die Wahrnehmbarkeit der Signale bei der motormanuellen Arbeit noch stärker eingeschränkt. Nur in den wenigsten Fällen wurde die ständige Hörbarkeit bei laufender Motorsäge (sowohl im Leerlauf als auch bei Vollgaseinstellung) und aufgesetzten Kapselgehörschützern bestätigt (vgl. Abbildung 45).

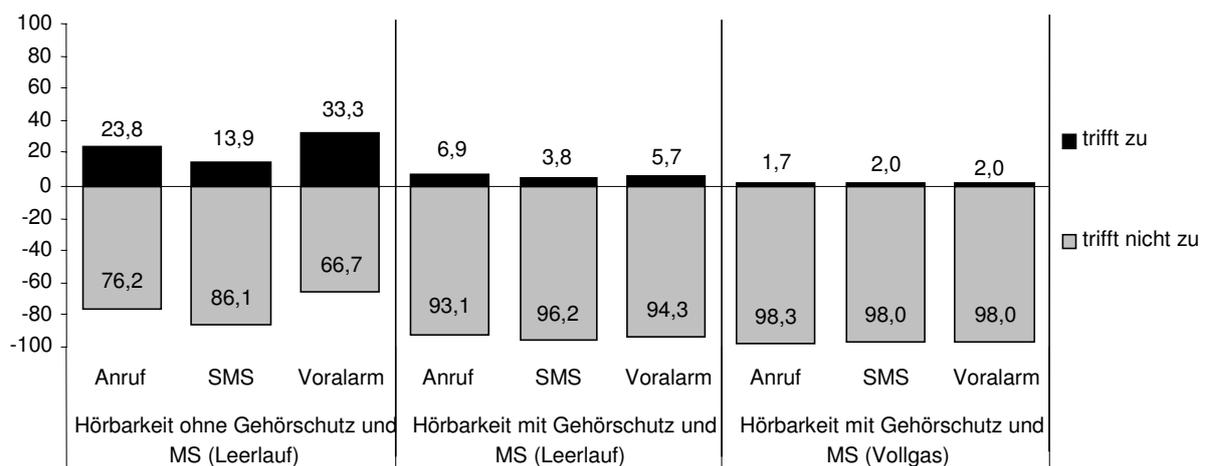


Abbildung 45: Eisbergdiagramm zur Hörbarkeit der Signale unter definierten Arbeitsbedingungen mit der Motorsäge

Eine allgemeingültige Rangfolge der Signale bezüglich ihrer Hörbarkeit lässt sich aus den Abbildungen 8 und 9 nicht ableiten. In Abhängigkeit von der jeweiligen Arbeitssituation ist mal das Anruf- oder das Voralarmsignal am besten hörbar.

6.1.2.3.2 Einfluss der Kapselgehörschützer auf die Hörbarkeit der Signale

Die Abbildungen 44 und 45 stellen jeweils in einem Fall die Hörbarkeit mit und ohne Gehörschutz unter der Ceteris-paribus-Bedingung gegenüber. Offensichtlich führen die Kapselgehörschützer der Forstwirte zu einer starken Dämpfung der akustischen Signale. Um diese Beobachtung eingehender untersuchen zu können, wurden die wertenden Angaben zur Hörbarkeit der Anruf-, Mitteilungseingang- und Voralarmssignale in Abhängigkeit von der Ausgangsvoraussetzung der *Gruppe mit Gehörschutz* und der *Gruppe ohne Gehörschutz* zugeordnet.

Bei der gewählten Bewertungsskala handelt es sich um eine Ordinalskala, d.h. die vorgegebenen Kategorien zur Quantifizierung der Hörbarkeit (nie, selten, gelegentlich, häufig, immer) können in eine Rangfolge gebracht werden. Ordnet man nun der niedrigsten Kategorie den Wert 1 und der höchsten Kategorie den Wert „5“ zu, so können die Mittelwerte der beiden oben bezeichneten Gruppen berechnet und miteinander verglichen werden (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: Arithmetische Mittelwerte der Signalhörbarkeit bei den Gruppen mit und ohne Gehörschutz

Gruppe	MW
ohne Gehörschutz	3,33
mit Gehörschutz	2,35

Der Vergleich offenbart einen deutlich höheren – und somit besseren – Mittelwert der Gruppe ohne Gehörschutz, bietet aber noch keinen Hinweis auf die Verteilung der Einzelwerte in den beiden Stichproben. Dieses Manko wird durch die Abbildung 46 kompensiert, die für jede Gruppe die relativen Häufigkeiten der in die jeweilige Kategorie fallenden Bewertungen aufzeigt.

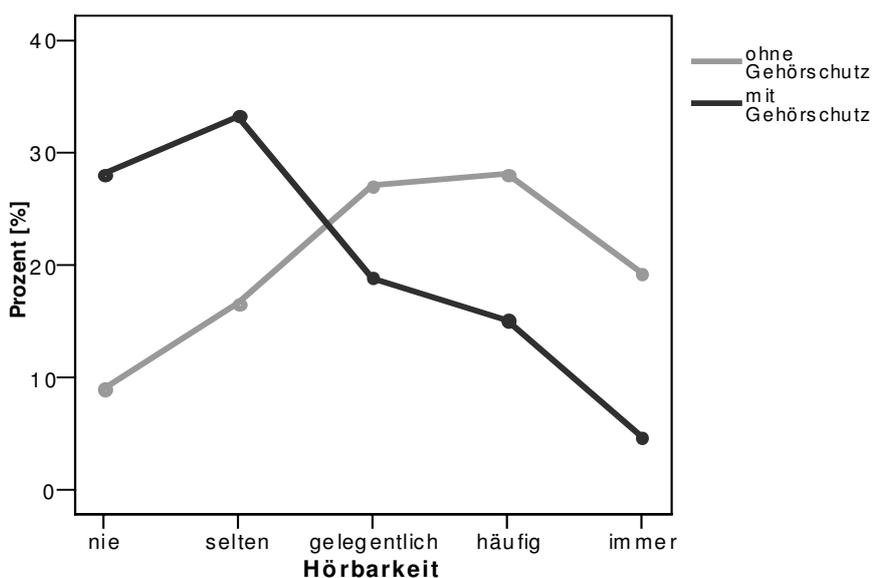


Abbildung 46: Häufigkeitsverteilung der Bewertungen bezüglich der Hörbarkeit der Signale in den Gruppen mit und ohne Gehörschutz

Die Häufigkeitskurve der Gruppe ohne Gehörschutz kulminiert demnach vergleichsweise spät bei den höheren und besseren Bewertungen.

Zur Verifizierung der Vermutung, die Hörbarkeit der Signale ist ohne Gehörschutz signifikant besser als mit Gehörschutz, wurde erneut der U-Test von MANN und WHITHNEY angewendet (s. Tabelle 17). Dieses Test-Verfahren prüft, ob eine Variable (in diesem Fall die Häufigkeit der Hörbarkeit) in zwei voneinander unabhängigen Stichproben die gleiche Verteilung aufweist (H_0 -Hypothese).

Tabelle 17: Vergleich der Durchschnittswerte der Hörbarkeit der Signale mit und ohne Gehörschutz

Gruppe	N	Mittlerer Rang	Rangsumme	Z	Asymp. Sig. (zweiseitig)
ohne Gehörschutz	411	508,43	208963,50	-10,92	0,00
mit Gehörschutz	424	330,35	140066,50		

Die Wahrscheinlichkeit liegt jedoch mit 0,00 deutlich unter der dem Signifikanzniveau von 5 % ($\alpha = 0,05$), so dass die H_0 -Hypothese abgelehnt werden muss. Die Signalhörbarkeit der beiden Testgruppen ist folglich signifikant verschieden. Der Tabelle 17 kann ferner entnommen werden, dass der mittlere Rang der Grundgesamtheit „ohne Gehörschutz“ höher ist als in der Testgruppe „mit Gehörschutz“. Dies weist darauf hin, dass die Hörbarkeit der Signale ohne Gehörschutz besser war als mit Gehörschutz.

6.1.2.3.3 Auswirkungen modifizierter Umgebungseinstellungen auf die Hörbarkeit

Gegenstand weiterer Untersuchungen waren die Gruppen mit und ohne modifizierte Umgebungseinstellungen der besagten Signale. Ausgeschlossen wurden Fälle, in denen die Lautstärke reduziert worden war. Die zugehörigen arithmetischen Mittelwerte sind in der Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Arithmetische Mittelwerte der Signalhörbarkeit bei den Gruppen mit und ohne Modifikationen der Umgebungseinstellungen

Umgebungsobjekt	Gruppe	MW
Anrufsignal	Voreinstellung	3,27
	Modifizierung	3,22
Signal Kurzmitteilungseingang (SMS)	Voreinstellung	2,61
	Modifizierung	3,03
Voralarmsignalisierung	Voreinstellung	3,15
	Modifizierung	3,80

Höhere Mittelwerte weisen auf eine bessere Hörbarkeit hin. Im Gegensatz zum modifizierten Anrufsignal haben die modifizierten Signale für Kurzmitteilungseingang und Voralarm einen besseren Durchschnittswert als die zugehörigen voreingestellten Signale.

Um die Signalhörbarkeit der Gruppen mit und ohne durchgeführte Modifikation der entsprechenden Tonnummer miteinander zu vergleichen, wurde erneut der U-Test von MANN und WHITNEY angewendet (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Hörbarkeit bei voreingestellten und modifizierten Signalen

Umgebungsobjekt	Gruppe	N	Mittlerer Rang	Rangsumme	Z	Asymp. Sig. (zweiseitig)
Anrufsignal	Voreinstellung	11	124,82	1373,00	-,139	0,89
	Modifizierung	232	121,87	28273,00		
Signal Kurzmitteilungseingang (SMS)	Voreinstellung	23	98,02	2254,50	-1,356	0,18
	Modifizierung	207	117,44	24310,5		
Voralarm-signalisierung	Voreinstellung	67	52,92	3545,50	-2,314	0,02
	Modifizierung	50	67,15	3357,50		

Die Nullhypothese H_0 lautet: Die beiden Stichproben entstammen der gleichen Grundgesamtheit und weisen keine unterschiedlichen Verteilungen auf. Die Betrachtung der zweiseitigen Signifikanzen zeigt, dass bei Berechnung der einseitigen Signifikanz sich nur bei der Voralarm-signalisierung ein Wert $\geq 0,05$ ergibt und in diesem Fall die Nullhypothese zu verwerfen ist. Der höhere mittlere Rang in der Gruppe „Modifizierung“ impliziert eine bessere Hörbarkeit im Vergleich zur Gruppe „Voreinstellung“.

6.1.2.4 Funktionssicherheit des Bewegungssensors

Irrtümliche Alarmauslösungen durch den passiven Alarmgeber sowie durch unbeabsichtigtes Betätigen der SOS-Taste führen zu einer Unterbrechung des Arbeitsflusses und können hohe Folgekosten durch die Fehlalarmierung der Rettungskräfte verursachen.

Um eine Vorstellung von der quantitativen Dimension derartiger Störfälle zu erhalten, wurden die Forstwirte befragt, wie häufig innerhalb der letzten fünf Arbeitstage eine ungewollte Auslösung eines Voralarms und/oder unbeabsichtigten Personen-Alarms erfolgte. Ausgeschlossen wurden Ereignisse, in denen das Gerät nicht am Körper getragen wurde, da bei diesen Vorkommnissen nicht systemimmanente Fehler, sondern eine unsachgemäße Benutzung die Ursache war.

In 86 % der Fälle wurde kein Voralarm ausgelöst (vgl. Abbildung 47). Im Umkehrschluss initiierte der Bewegungssensor bei 14 % der Probanden unbegründet einen Voralarm. Gravierender ist der mit 12 % ähnlich hohe Anteil der versehentlich ausgelösten Personen-Alarme.

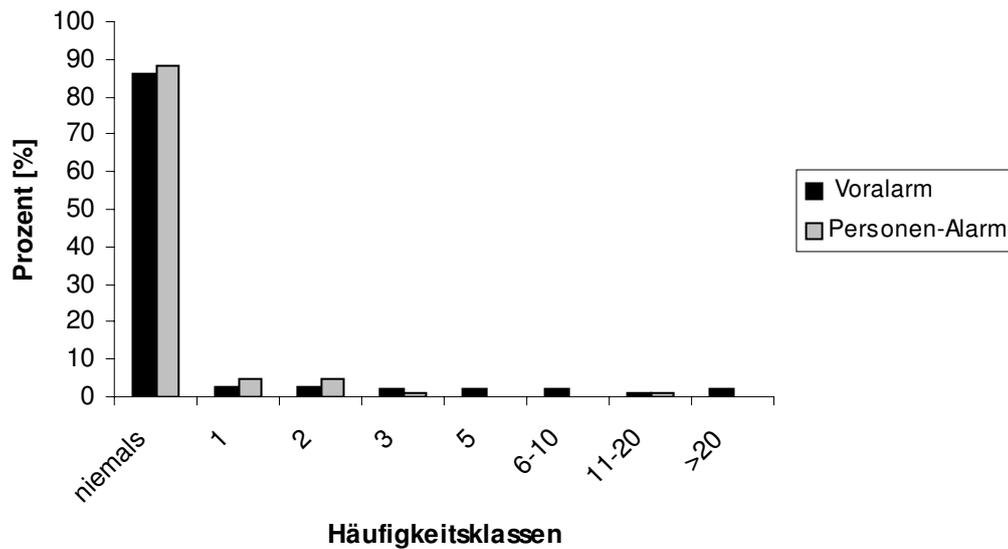


Abbildung 47: Häufigkeit einer ungewollten Auslösung des Voralarms/Personen-Alarms innerhalb der letzten fünf Arbeitstage

Die prozentuale Verteilung der Angaben über die Häufigkeitsklassen weist bei den Voralarmen und den Personen-Alarmen weitgehende Ähnlichkeiten auf.

Gleichwohl kann nicht diagnostiziert werden, wie häufig die Personen-Alarme auf eine aktive oder passive Alarmauslösung zurückzuführen sind. Dies liegt darin begründet, dass der dem passiv ausgelösten Personen-Alarm vorausgehende Voralarm nur schwer hörbar war und somit eine sichere Zuordnung der Fehlerquelle nicht möglich ist. Sicher ist hingegen nur, dass die schlechte Hörbarkeit der Voralarmsignalisierung die Zahl der Personen-Alarme forciert.

Um den etwaigen Einfluss von Tragegewohnheit auf die Fehlalarme zu untersuchen, wurden die Forstwirte gebeten, auf einem skizzierten Modell die Körperstelle zu markieren, an der sie das GPS-Mobiltelefon für gewöhnlich tragen. Das Kreisdiagramm (Abbildung 48) zeigt die relative Häufigkeit, mit der die ausgewiesenen Trageorte bevorzugt wurden.

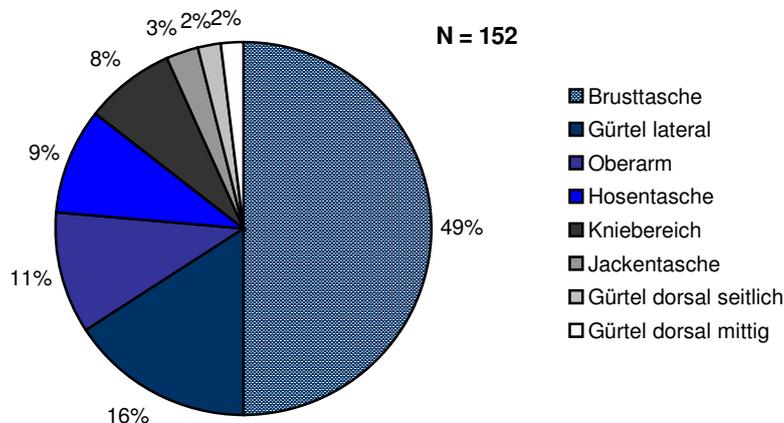


Abbildung 48: Relative Häufigkeiten, mit der die GPS-Mobiltelefone an den ausgewiesenen Trageorte appliziert wurden

Vorwiegend wurde das GPS-Mobiltelefon in der Brusttasche mitgeführt. Knapp die Hälfte (49 %) der Forstwirte positionieren das Gerät an dieser Stelle. Deutlich seltener wurde es seit-

lich (lateral) am Gürtel (16 %) sowie in der Oberarm- (11 %) und in der Hosentasche (9 %) appliziert.

Dies Ergebnis verwundert, sind die Rettungsmobiltelefone doch gemäß der „Verfahrensanweisung zur Optimierung der Rettungskette Waldarbeit nach MA 2000 im Landesbetrieb Wald und Holz NRW“ (LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ, 2005) möglichst in der hierfür speziell angefertigten Oberarmtasche der Arbeitsjacke zu tragen. Offensichtlich weichen die Forstwirte nur ungern von ihren Tragegewohnheiten ab.

Die Anweisung, das Rettungsmobiltelefon in der Oberarmtasche zu tragen, erfolgte aus Sicherheitsaspekten in der Annahme, dieser Trageort bietet die höchste Gewähr dafür, dass das GPS-Mobiltelefon auch bei schweren Unfällen, bei denen der Verletzte „zu Boden geht“, nicht vom Körper verdeckt wird und folglich die Absetzung des Personen-Alarms erfolgen kann.

Aus Sicherheitsaspekten muss jedoch auch ausgeschlossen werden, dass es an diesem Trageort vergleichsweise häufig zu Fehlalarmierungen kommt. Hierzu wurde die Fehlerhäufigkeit der am Oberarm applizierten mit denen in der Brusttasche getragenen Geräte verglichen. Ein weiteres Vergleichspaar bildeten die Trageorte *Oberarm* und *Gürtel lateral*. Die weiteren in dem Kreisdiagramm illustrierten Tragepositionen konnten nicht untersucht werden, da die entsprechenden Stichproben zu gering waren. Der Mittelwertsberechnung vorausgehend wurden den ordinalskalierten Häufigkeitsklassen (vgl. Abbildung 47) die Werte 1 (Klasse „niemals“) bis 9 (Klasse „> 20“) zugeordnet. Folglich weisen kleinere Mittelwerte auf eine geringere Rate unbegründeter Alarmauslösungen hin (s. Tabelle 20).

Tabelle 20: Arithmetische Mittelwerte (MW) der Häufigkeit unbegründeter Alarmauslösungen (aus ordinalskalierten Werten)

Vergleichspaare	N	MW
Oberarm	16	1,31
Brusttasche	76	1,39
Oberarm	16	1,31
Gürtel sagital	24	1,18

Zur Vermeidung derartiger Störungen scheint sich demnach folgende Reihenfolge mit schwindender Eignung der Trageposition zu ergeben: Gürtel lateral, Oberarm, Brusttasche.

Zur Überprüfung, ob die innerhalb der Vergleichspaare konstatierten Unterschiede signifikant oder zufällig sind, wurde abermals der U-Test von MANN und WHITNEY verwendet (s. Tabelle 21).

Tabelle 21: U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Häufigkeit unbegründeter Alarmauslösungen bei voreingestellten und modifizierten Signalen

Gruppe	N	Mittlerer Rang	Summe der Ränge	Z	Asymp. Sig. (zweiseitig)
Oberarm	98	60,94	5972,00	-,621	0,534
Brusttasche	24	63,79	1531,00		
Oberarm	24	31,21	749,00	-1,225	0,221
Gürtel sagital	34	28,29	962,00		

Die Wahrscheinlichkeitswerte liegen unter dem üblichen Signifikanzniveau von 0,05 %. Die Nullhypothesen (die Vergleichspaare entspringen der gleichen Grundgesamtheit und weisen keine Unterschiede auf) können somit nicht widerlegt werden. Hinsichtlich der Rate unbegründeter

Alarmauslösungen können anhand des vorliegenden Datenmaterials keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Trageposition festgestellt werden.

6.1.3 Bedienbarkeit

6.1.3.1 Bedienbarkeit der Hauptfunktionen

Unter Berücksichtigung des Verwendungszweckes können drei hierfür wesentliche Vorgänge unterschieden werden, die durch den Benutzer beherrscht werden müssen: Tätigung eines Anrufes, aktives Absetzen eines Notrufes und Versenden von Statusmitteilungen.

Die Befragten hatten die Möglichkeit, auf einer Rating-Skala ihren Standpunkt zum Ausdruck zu bringen, wie schwer ihnen die hierfür notwendigen Bedienungsschritte fielen. Das nachfolgende Diagramm (Abbildung 49) dokumentiert anschaulich, wie sich von der Anruffunktion über die Notrufprozedur hin zu dem Versand von Statusmitteilungen der anfangs noch sehr hohe relative Anteil der Kategorie „leicht“ zugunsten der Kategorien mit zunehmend schlechteren Bewertungen reduziert.

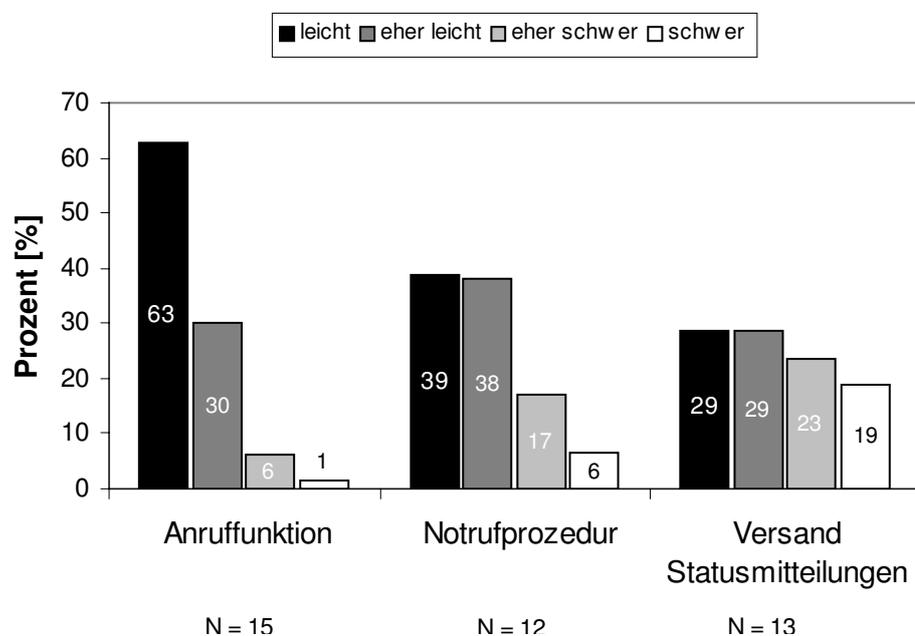


Abbildung 49: Subjektive Bewertung der Bedienbarkeit der wichtigsten Funktionen

Auch in diesem Fall liefert die Rating-Skala ordinale Daten. Den Kategorien leicht bis schwer wurden die Werte 1-4 zugewiesen und nachfolgend für jeden Vorgang der Mittelwert berechnet (s. Tabelle 22).

Tabelle 22: Arithmetische Mittelwerte der wertenden Angaben zur Bedienbarkeit der wichtigsten Funktionen

Vorgang	Statistisches Maß		Statistik
Tätigung eines Anrufes	Mittelwert		1,47
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1,35
		Obergrenze	1,59
Aktive Auslösung eines Notrufes	Mittelwert		1,92
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	1,75
		Obergrenze	2,08
Versendung von Statusmitteilungen	Mittelwert		2,34
	95 % Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	2,14
		Obergrenze	2,53

Die Betrachtung der Mittelwerte bestätigt den bereits in der Abbildung 49 beobachteten „Trend“. Am leichtesten fiel den Forstwirten das Tätigen eines Anrufes, gefolgt von der aktiven Auslösung eines Notrufes und schließlich der Versendung von Statusmitteilungen. Wie aus der Tabelle 22 ersichtlich sind die Mittelwerte signifikant voneinander verschieden, denn die jeweiligen Konfidenzintervalle überschneiden sich nicht. Obwohl der höchste (und damit schlechteste) Mittelwert noch in die Kategorie „eher leicht“ fallen würde, darf dennoch nicht der hohe Anteil der Forstwirte vernachlässigt werden, die Schwierigkeiten mit der Bedienung hatten. So gaben bei den Vorgängen „aktive Auslösung eines Notrufes“ und „Versendung von Statusmitteilungen“ rund 23 % bzw. 42 % der Befragten an, dass ihnen die hierfür notwendigen Bedienungsschritte eher schwer oder schwer fielen.

6.1.3.2 Bedienung mit Handschuhen

Obgleich das GPS-Mobiltelefon über vergleichsweise große und weit auseinanderliegende Tasten verfügt, ist eine sichere Bedienung mit Arbeitshandschuhen kaum möglich. So gaben 96,8 % der Forstwirte an, das Gerät nicht mit Handschuhen bedienen zu können.

6.1.3.3 Lesbarkeit der Zeichen auf dem Display

Eine weitere Voraussetzung für eine gute Bedienbarkeit des Mobiltelefons ist die Lesbarkeit der Zeichen auf dem Display. Von den 158 Forstwirten attestierten rund 23 % eine schlechte Lesbarkeit, 77 % bewerteten hingegen die Lesbarkeit der Zeichen als gut.

6.1.3.4 Erschwernisse durch Masse (Gewicht) und Dimension der Rettungsmobiltelefone

Aufgrund der im Vergleich zum herkömmlich dienstlich eingesetzten Mobiltelefon größeren Außenmaße und Masse des neuen Rettungsmobiltelefons wurde die subjektiv empfundene Belastung durch diese Größen hinterfragt. (s. Abbildung 50).

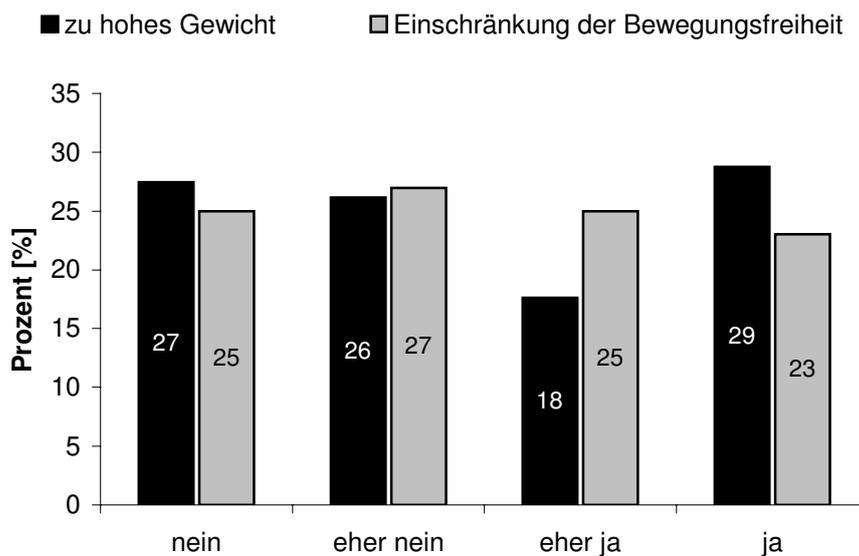


Abbildung 50: Subjektive Bewertungen der durch das GPS-Mobiltelefon verursachten Belastungen

Von den Forstwirten antworteten insgesamt 47 % auf die Frage, ob Ihnen das Gerät zu schwer sei, mit „eher ja“ und „ja“. In ihrer Bewegungsfreiheit fühlten sich 48 % der Befragten durch das GPS-Handy eingeschränkt (Summe der Antwortkategorien „eher ja“ und „ja“).

6.1.4 Nutzungskontext und Bedürfnisse

6.1.4.1 Vergrößerung des Tastaturfeldes

In den laufenden Optimierungsprozess des Rettungsmobiltelefons sind auch die Wünsche/Forderungen der Benutzer mit einzubeziehen sowie ihre Auffassung bezüglich bestimmter Merkmale zu berücksichtigen.

Insbesondere bei den Forstwirten, die das Rettungsmobiltelefon nicht mit Arbeitshandschuhen bedienen konnten, könnten das Bedürfnis nach einem größeren Tastaturfeld bestehen. Genauso wurde deshalb die Ansicht dieser Gruppe analysiert (s. Abbildung 51).

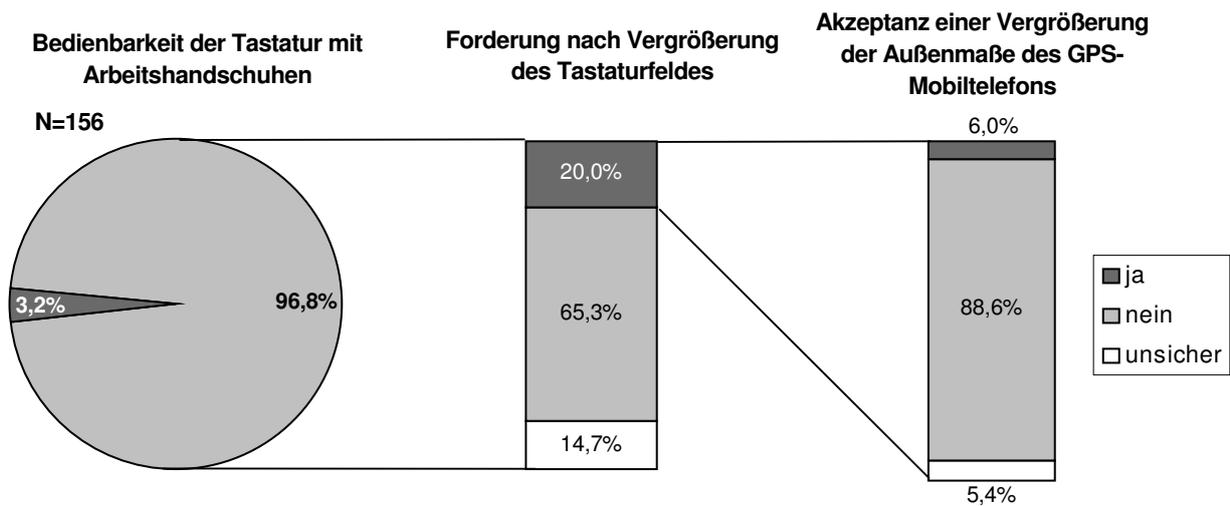


Abbildung 51: Analyse des Bedürfnisses nach einer Vergrößerung des Tastaturfeldes und der Akzeptanz der daraus resultierenden Nebeneffekte

Das mittlere Stapeldiagramm zeigt die Häufigkeitsverteilung bezüglich der Stellungnahmen dieser Gruppe. Nur ein Fünftel (20 %) forderte demnach eine Vergrößerung des Tastaturfeldes.

Zwangsläufig wirkt sich eine räumliche Dehnung des Tastaturfeldes auch auf die äußeren Dimensionen des Gerätes aus. Fokussiert man erneut die Untersuchungen auf die Angaben derjenigen Forstwirte, die ein größeres Tastaturfeld forderten, stellt sich heraus, dass nur ein sehr geringer Teil dieser Gruppe (6,0 %) auch eine Vergrößerung der Außenmaße bereit ist zu akzeptieren. Dies entspricht 1,2 % der Gruppe, die die Tastatur nicht mit Arbeitshandschuhen bedienen konnte.

Aus dieser Fragenkombination schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass trotz der eingeschränkten Bedienbarkeit des Tastaturfeldes eine Vergrößerung des Tastaturfeldes nicht gewünscht ist bzw. eine Vergrößerung nicht zu einer verbesserten Akzeptanz führen würde.

6.1.4.2 Gewicht

Von den Forstwirten, denen das Gerät eher zu schwer war oder die sich hinsichtlich der Bewegungsfreiheit eher eingeschränkt fühlten, akzeptierte der überwiegende Anteil (79,2 %, addiert aus den Angaben „eher ja“ und „ja“) die Masse, weil das GPS-Mobiltelefon zu ihrer Sicherheit dient (s. Tabelle 23).

Tabelle 23: Einstellung der Forstwirte zur Masse des GPS-Mobiltelefons

Akzeptanz der Masse	Prozent [%]
nein	12,3
eher nein	8,5
eher ja	35,4
ja	43,8

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass rund 21 % der Forstwirte in dieser gesondert betrachteten Gruppe das Gewicht nicht toleriert. Das entspricht rund 10 % des Gesamtkollektivs.

6.1.4.3 Modifikation der Auslöse- und Voralarmzeiten

Durch eine Verlängerung der Auslöse- und Voralarmzeiten könnten die unbegründeten Alarmauslösungen reduziert werden. Allerdings verlängern sich dadurch auch die Rettungszeiten bei einem Notfall. Die Mehrheit (55,6 %) der Forstwirte waren dennoch der Ansicht, dass die Auslösezeit von derzeit 30 Sekunden verlängert werden sollte (s. Tabelle 24).

Tabelle 24: Einstellung der Forstwirte zu einer Verlängerung der Auslösezeit

Verlängerung der Auslösezeit	Anzahl	Prozent [%]
nein	55	44,4
ja, auf 50 s	7	5,6
ja, auf 1 min	30	24,2
ja, auf 2 min	7	5,6
ja, >2 min	25	20,2
Gesamt	124	100,0

Von diesen sprachen sich die meisten (24,2 %) dafür aus, die Auslösezeit auf eine Minute auszudehnen. Ein weiterer großer Teil der Befragten (20,2 %) gab überdies an, die Auslösezeit gar über zwei Minuten auszudehnen.

Auch das Zeitintervall der Voralarmzeit von 30 Sekunden ist nach Einschätzung von 62,5 % der Forstwirte zu kurz gewählt (vgl. Tabelle 25).

Tabelle 25: Einstellung der Forstwirte zu einer Verlängerung der Voralarmzeit

Verlängerung der Voralarmzeit	Anzahl	Prozent [%]
nein	48	37,5
ja, auf 40 s	7	5,5
ja, auf 1 min	37	28,9
ja, auf 2 min	11	8,6
ja, >2 min	25	19,5
Gesamt	128	100,0

Mehrheitlich (28,9 % der Stichprobe) plädierten sie auch in diesem Fall für eine Verlängerung der Frist auf eine Minute. Erwähnenswert ist ferner der mit 19,5 % noch sehr hohe Anteil der Fraktion, die eine zeitliche Dehnung der Voralarmzeit auf über 2 Minuten forderte.

Mittels des Rangsummentestes (U-Test von MANN-WHITNEY) erfolgte ein Vergleich der bezüglich der Voralarmzeiten eingenommen Positionen zwischen der Gruppe, die sich für eine Verlängerung der Auslösezeit über eine Minute ausgesprochen hatte, und dem Kollektiv der Forstwirte, die keine Notwendigkeit darin sahen, diese Frist länger als eine Minute auszudehnen (s. Tabelle 26)

Tabelle 26: U-Test von MANN-WHITNEY zum Vergleich der Auffassungen bezüglich einer Verlängerung der Voralarmzeit in Abhängigkeit von der zuvor hinsichtlich der Auslösezeit eingenommenen Position

Gruppe	N	Mittlerer Rang	Summe der Ränge	Z	Asymp. Sig. (zweiseitig)
Auslösezeit ≤ 1min	61	35,89	2189,50	-8,458	0,00
Auslösezeit > 1min	62	87,69	5436,50		

Die Befragten, die sich für eine Verlängerung der Auslösezeiten über eine Minute aussprach, favorisierte auch signifikant längere Voralarmzeiten als die Vergleichsgruppe.

6.1.4.4 Private Nutzung der Diensttelefone während der Dienstzeit

Von den Regiearbeitern besaßen zum Zeitpunkt der Erhebung 96 % ein privates Mobiltelefon (vgl. Abbildung 52), 90 % konnten bereits eine über 3-jährige Praxis im Umgang mit Mobiltelefonen vorweisen.

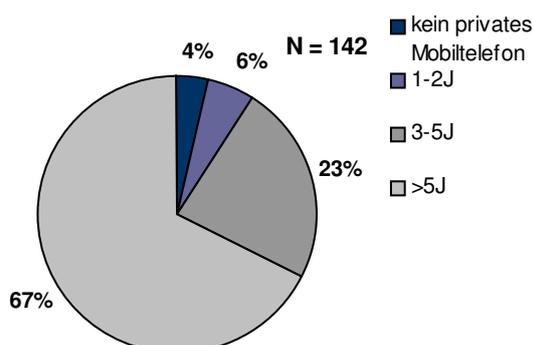


Abbildung 52: Dauer des Besitzes eines privaten Mobiltelefons

Eine Marktstudie aus dem Jahr 2001 hat ergeben, dass in der Gesamtbevölkerung der relative Anteil der Handybesitzer innerhalb der Altersgruppe von 50–59 Jahren bei nur rund 35 % liegt (STERN, 2001). Wie aus der Tabelle 27 hervorgeht besaßen dahingegen im Jahr 2001 bereits mindestens 68,42 % der Forstwirte in der vergleichbaren Altersgruppe von 51–60 Jahren ein Mobiltelefon. Zum Zeitpunkt der Erhebungen im Februar 2006 verfügten alle Forstwirte in dieser Altersgruppe über ein Mobiltelefon. Grundsätzliche Vorbehalte der Forstwirte gegenüber der Mobilfunktechnik und daraus resultierende Akzeptanzprobleme mit dem GPS-Mobiltelefon können folglich weitgehend ausgeschlossen werden.

Tabelle 27: Besitzdauer eines privaten Mobiltelefons in der Altersklasse von 51-60 Jahre

Besitzdauer [in Jahren]	Altersgruppe 51-60 Jahre	
	Anzahl	Prozent [%]
kein Mobiltelefon	0	0,00
<1	0	0,00
1-2	2	10,53
3-5	4	21,05
>5	13	68,42

Im Kapitel 5.2.2.1.3.4.1.2 wurde die Vermutung geäußert, dass die Anreize des Arbeitgebers in Hinblick auf eine privaten Nutzung der Dienstmobiltelefone wahrscheinlich zu gering sind, als dass die Forstwirte auf das Mitführen ihrer privaten Geräte verzichten würden. Dieser Verdacht bestätigte sich nur zum Teil (s. Abbildung 53).

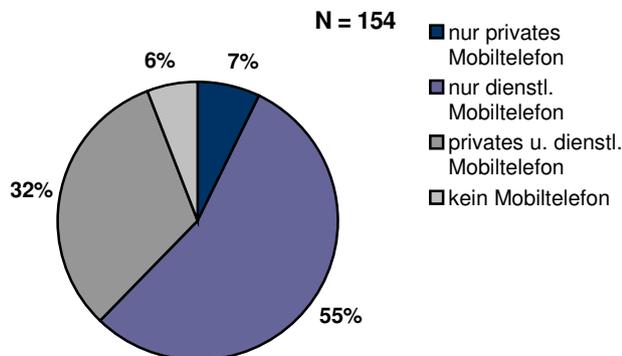


Abbildung 53: Mitgeführte Mobiltelefone während der Arbeitszeit

Während 32 % der Befragten in der Arbeitszeit sowohl das private als auch das dienstliche Mobiltelefon mit sich führten, verzichtete das Gros (55 %) ganz auf das private Mobiltelefon. Entgegen der dienstlichen Anweisung, das Dienstmobiltelefon während der gesamten Arbeitszeit zu nutzen, trugen 6 % weder das private noch das dienstlich gestellte Mobiltelefon und 7 % nur das private Handy.

Befragt nach dem Verwendungszweck der privaten Mobiltelefone, gaben 29 % der Regiearbeiter (aus dem Kollektiv der Forstwirte, die das private Mobiltelefon während der Arbeitszeit nutzen) an, diese für Privatgespräche zu nutzen (s. Abbildung 54).

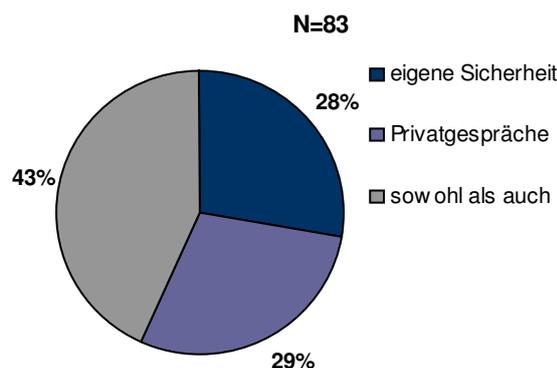


Abbildung 54: Begründungen für die Mitführung des privaten Mobiltelefons während der Arbeitszeit

Offenkundig scheut sich die Mehrheit der Forstwirte davor, ihre Sicherheit dem neuen Rettungsmobiltelefon und der damit verbundenen Technik anzuvertrauen, denn 28 % trugen das private Handy ausschließlich für ihre Sicherheiten und weitere 43 % sowohl für ihre Sicherheit als auch für Privatgespräche bei sich.

6.1.4.5 Weitere Ursachen von Akzeptanzproblemen

Zur Aufdeckung von weiteren Ursachen von Akzeptanzproblemen wurde den Forstwirten eine Phalanx ausgewählter potentieller Motive vorgelegt, zu denen sie Stellung beziehen sollten. Die Häufigkeitsverteilungen der Antworten über den einzelnen Variablen ist in dem nachfolgenden Konglomerat von Kreisdiagrammen zu entnehmen (s. Abbildung 55).

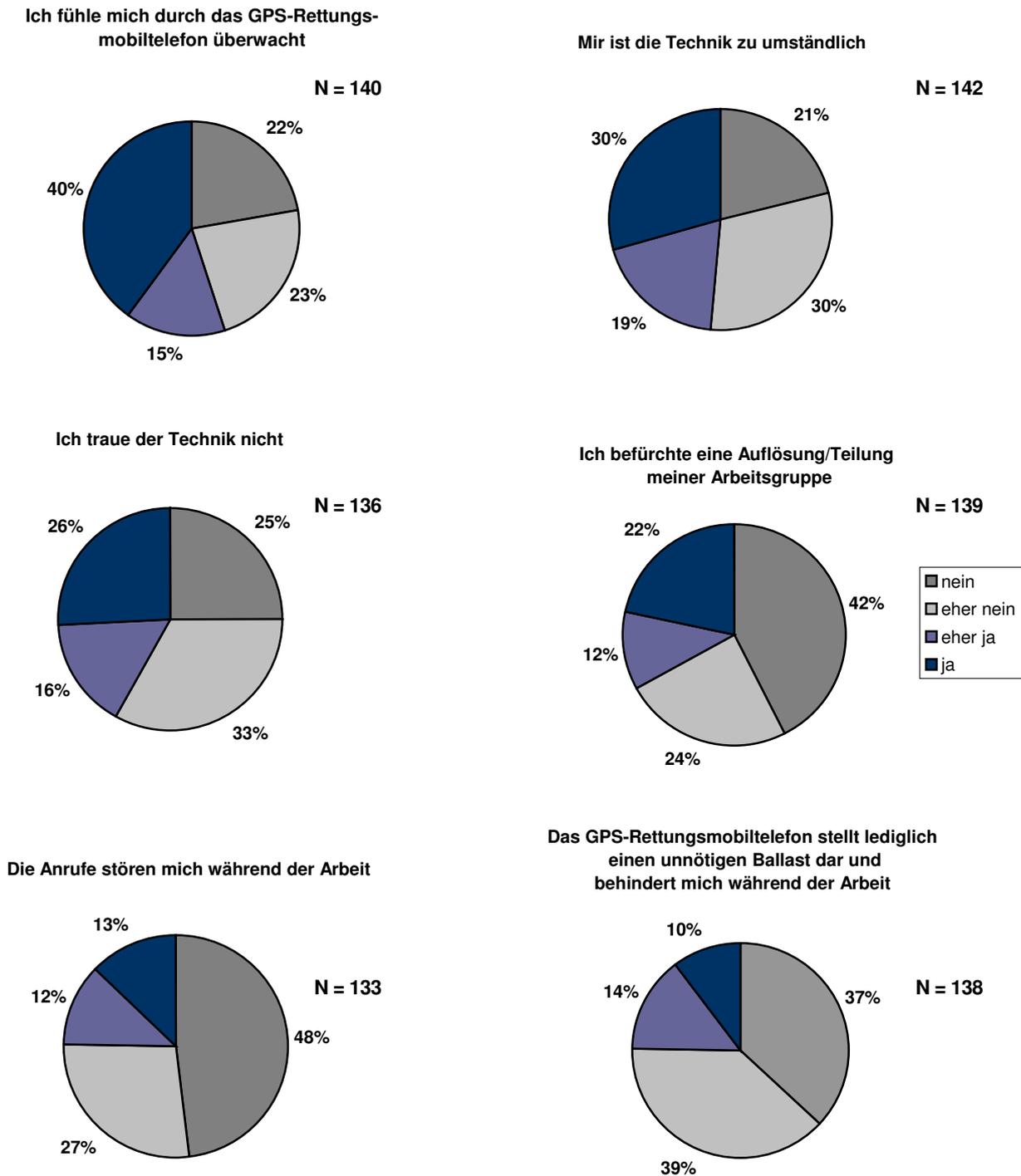


Abbildung 55: Grad der Übereinstimmung der individuellen Meinungen mit den angeführten Aussagen

Die Reihenfolge der Kreisdiagramme (zeilenweise von links nach rechts) ergibt sich aus der sinkenden Übereinstimmung der Forstwirte mit den Aussagen und basiert auf der gedanklichen Verschmelzung der Fraktion der Forstwirte, die sich durch die Antwort „ja“ klar mit der jeweiligen Aussage identifizieren konnte, mit derjenigen Fraktion, die durch ihre Wahl der Antwortvorgabe „eher ja“ zumindest eine teilweise Übereinstimmung der Aussage signalisierten.

Die Masse (Gewicht) stellt demnach das geringste Problem dar, denn „nur“ 24 % stimmen mit der Aussage überein, dass das Rettungsmobiltelefon lediglich einen unnötigen Ballast und eine Behinderung während der Arbeit darstellt. Dies Ergebnis stimmt weitestgehend mit den bereits weiter oben präsentierten Untersuchungsergebnissen zur Toleranz des Gewichtes überein.

Eher störend empfinden 25 % der Forstwirte die Anrufe während der Arbeit. Jedoch ist nicht nachvollziehbar, ob Anrufe generell oder vornehmlich dienstliche Anrufe gemeint sind. Indirekt könnte auch die dauerhafte Erreichbarkeit vom Vorgesetzten eine Rolle spielen.

Größer ist die Befürchtung vor einer Teilung/Auflösung der Gruppe (34 %). Wie aus Gesprächen mit den Forstwirten hervorgeht, wird vermutet, dass das neue Rettungsmobiltelefon Mittel zum Zweck ist Zwei-Personen-Gruppen zu legalisieren, was unter Umständen auch eine Neukonfiguration der Gruppen zur Folge haben könnte.

Ein wesentlicher Faktor bezüglich der geringen Akzeptanz ist für 42 % der Befragten die Unzuverlässigkeit und für 49 % die Umständlichkeit der Technik.

Vergegenwärtigt man sich jedoch im letzten Fall die für den Verwendungszweck erforderlichen Bedienungsschritte und vergleicht diese mit denen der handelsüblichen Mobilfunkgeräten, so können zumindest den Vorgängen „Tätigen eines Anrufes“ und „Versenden eine Kurzmitteilung“ keine wesentlichen Unterschiede ausgemacht werden, die eine derart schlechte Bewertung rechtfertigen könnten. Im Gegenteil müssen beim neuen Rettungsmobiltelefon keine Kurzmitteilungen verfasst werden, sondern nur die bereits in einem Auswahlménü hinterlegten Statusmitteilungen versendet werden. Auch das aktive Auslösen eines Anrufes kommt nach objektivem Ermessen hierfür nicht als Ursache für das schlechte Ergebnis in Betracht. Bei diesem Vorgang ist lediglich die Notruftaste zu betätigen.

Dass dennoch vielen Forstwirten der „Versand von Statusmitteilungen“ und das „Aktive Auslösen des Notrufes“ schwer oder eher schwer fielen, könnte auch auf die sich dahinter verbergende, als komplex empfundene Technik zurückzuführen sein.

Diese Vermutung wird durch folgendes Ergebnis gestützt: Die Mehrheit der Forstwirte (55 %) fühlt sich durch das GPS-Mobiltelefon überwacht, obwohl die Nutzung der Daten für derlei Zwecke in Informationsveranstaltungen von den Initiatoren stets kategorisch verneint wurde.

In einer offenen Frage hatten die Forstwirte die Möglichkeit, weitere Bedenken bezüglich der Nutzung der neuen Rettungsmobiletelefone zu äußern. Insgesamt erfolgten 31 Einträge, die der Übersichtlichkeit wegen weitestgehend in Kategorien zusammengefasst wurden.

Strahlung

Am häufigsten wurde mit 13 Nennungen die hohe Strahlung des Rettungsmobiltelefons aufgeführt, in sechs Fällen verwiesen die Befragten auf die mangelnde Netzverfügbarkeit oder auf den im Vergleich zu anderen Netzprovidern schlechteren Netzempfang.

Netzempfang

Die Benutzer werden durch das GPS-Mobiltelefon durch ein akustisches Signal wiederholt auf den schlechten Netzempfang hingewiesen, was von den Forstwirten insbesondere in Funklöchern als störend empfunden wird.

Akku

Bei schlechtem Netzempfang müssen Mobiltelefone ihre Sendeleistung erhöhen, um den Kontakt zum Sendemast (Base-Transceiver-Station) zu halten. In der Folge entleert sich der Akku dementsprechend schnell. Nach Auffassung von acht Forstwirten erfolgt die Entladung zu schnell. Auch das tägliche Aufladen des Akkus wird als Hinderungsgrund angesehen.

Ergonomie

Beanstandet werden zudem das Gewicht und die im Vergleich zu dem privaten Mobiltelefon großen Ausmaße des Rettungsmobiltelefons. Die herausragende Stummelantenne wird als Schwachstelle genannt. Ein Forstwirt hielt die Position der Notruftaste für ungeeignet, da die Gefahr der ungewollten Alarmauslösung bestünde. Die Tastaturfelder nutzen schnell ab, so dass die Ziffern nicht mehr oder nur unzureichend erkennbar sind. Des Weiteren wurde die Bedienungsanleitung und Menüführung als zu kompliziert und das Funktionsangebot als zu groß empfunden.

Favorisierung anderer Meldeeinrichtungen

Abgelehnt wird das Rettungsmobiltelefon auch mit der Begründung, dass die klassische Rettungskette mit dem privaten Handy effektiver sei. Bei der modifizierten Rettungskette herrscht Unsicherheit, ob die Notrufe nicht erst zu spät registriert würden (eine Nennung).

Zwei Forstwirte favorisieren funkbasierte Lösungen, insbesondere in empfangsschwachen Gebieten.

6.1.4.6 Altersbedingte Unterschiede

Abschließend wurde geprüft, ob die in Abbildung 55 aufgeführten Aussagen bei allen Altersgruppen auf gleiche Zustimmung trafen. Die Antwortvorgaben (nein, eher nein, eher ja, ja) weisen Ordinalskalenniveau auf und können nach dem Grad ihrer Zustimmung in eine Rangfolge gebracht werden. Der Variable „nein“ wurde der Wert 1 und der Variable „ja“ der Wert 4 zugewiesen.

Die Altersgruppen können als verschiedene Stichproben angesehen werden. Zur Prüfung, ob diese Stichproben bei den einzelnen Motiven eine unterschiedliche Tendenz aufweisen, wurde der KRUSKAL-WALLIS-Test durchgeführt. Aufgrund der berechneten Signifikanzniveaus

(s. Tabelle 28) kann bis auf die Ursache „Gewicht und Bewegungseinschränkung“ die Nullhypothese, die Altersgruppen haben gleich starke Akzeptanzprobleme“ nicht zurückgewiesen werden.

Tabelle 28: KRUSKAL-WALLIS-Test zum Vergleich der Ausmaße von Akzeptanzproblemen in Abhängigkeit von der Altersgruppe

	Ursachen der Akzeptanzprobleme					
	Gewicht und Bewegungseinschränkung	Angst vor Überwachung	Störung durch Anrufe	Kompliziertheit der Technik	Unzuverlässigkeit der Technik	Angst von Änderung der sozialen Struktur
Chi-Quadrat	7,306	1,098	1,683	0,105	4,040	1,789
df	2	2	2	2	2	2
Asymptotische Signifikanz	0,026	0,577	0,431	0,949	0,133	0,409

Eine detaillierte Betrachtung der Mittelwerte über die Altersgruppen erlaubt das Fehlerbalkendiagramm in der Abbildung 56. Dieses visualisiert neben dem Mittelwert auch die Konfidenzbereiche. Da die Mittelwerte lediglich aus einer Zufallsstichprobe berechnet worden sind, gibt der Konfidenzbereich die Grenzen wider, innerhalb derer der unbekannte Mittelwert der Grundgesamtheit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

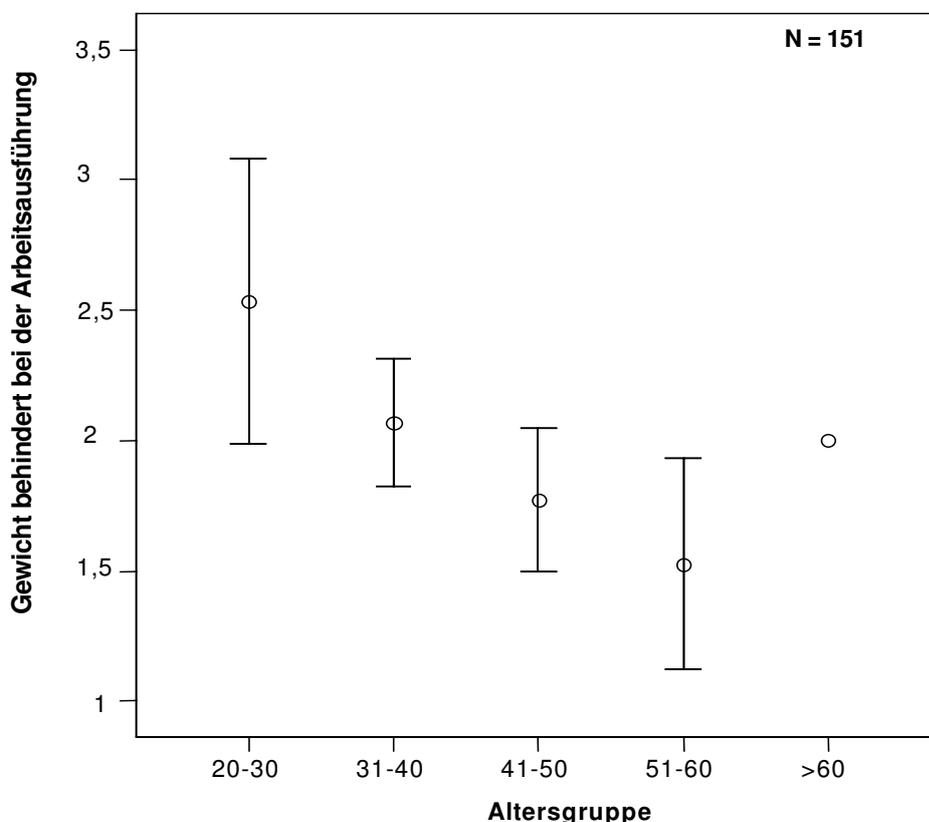


Abbildung 56: Fehlerbalkendiagramm mit Altersgruppenvergleich der arithmetischen Mittelwerte bezüglich des Akzeptanzproblems „Gewicht, Bewegungseinschränkung“

Bei der Analyse stellt sich heraus, dass die Altersgruppe von 20-30 Jahren ein signifikant höheres Akzeptanzproblem mit dem Gewicht und der durch das Gerät bedingten Bewegungseinschränkung aufweist als die Altersgruppe der 51-60jährigen Forstwirte.

6.1.4.7 Nutzungsakzeptanz

Während der Testphase hatten die Forstwirte die Möglichkeit, die Nutzungsinnovation „GPS-Mobiltelefon“ auf seine Praxistauglichkeit hin zu überprüfen und die Ergebnisse mit ihren Erwartungen zu vergleichen. Zudem konnten sie unbegründete Vorbehalte oder Akzeptanzprobleme in dieser Phase revidieren. Erst wenn der subjektiv wahrgenommene relative Vorteil des GPS-Mobiltelefons den Lernaufwand und die Bedienungsprobleme überwiegt, werden sich die Forstwirte unter dem Postulat einer freiwilligen Entscheidung für die zielkonforme Nutzung des Gerätes entschließen.

Um den Stand dieses Abwägungsprozesses zu ermitteln, wurden die Forstwirte befragt, ob sie das GPS-Mobiltelefon auch dann weaternutzen würden, wenn die Tragpflicht entfiel. Der überwiegende Teil (59 %) der Forstwirte würde die Nutzung einstellen, nur 41 % würden das GPS-Mobiltelefon weiterhin nutzen.

6.2 Ergebnisse der technischen Prüfung des Benefon-Systems

6.2.1 Messgenauigkeit

Die Tabelle 29 zeigt die statistische Auswertung zur Lageabweichung der mit den verschiedenen GPS-Empfängern berechneten GPS-Koordinaten. Die größten Abweichungen in der Positionsberechnung sind bei der Variante *Prototyp* mit 128,70 m zu finden. Wie die Standardabweichung zeigt, ist die Streuung bei der Variante *Prototyp* rund dreimal größer als in den Varianten *Track Pro* und *Garmin*. Der vergleichsweise schlechte (arithmetische) Mittelwert ist auf die Ausreißer bis zu 128,70 m zurückzuführen.

Tabelle 29: Deskriptive Statistik der im Kerbtal gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten

	N	MIN	MAX	MW	MEDIAN	SD
Prototyp	20	4,91	128,70	47,11	30,96	33,15
Track Pro	20	2,84	39,11	20,97	19,29	10,32
Garmin	14	9,88	42,12	23,40	19,83	11,03

Weniger anfällig gegen Ausreißer ist der Median. Die Varianten *Track Pro* und *Garmin* schneiden auch hier mit 19,29 m bzw. 19,83 m deutlich besser ab, als das *Prototyp* mit 33,15 m.

In der Versuchsfläche Fichte verringern sich aber diese starken Qualitätsunterschiede in der Standortberechnung (siehe Tabelle 30). Alle drei Varianten haben einen kleineren Zentralwert (gemessen an den Ergebnissen im Kerbtal), was auf geringere Störungen der Satellitensignale

hindeutet. Nach Aussagen der Fa. Presentec ist der neue GPS-Empfänger wesentlich robuster gegen Mehrwegeeffekte. Da diese unter den Fichtenkronen besonders stark auftreten, kann das *Prototyp* seinen Vorteil voll ausspielen und erzielt hier einen Median von 15,19 m, womit es in der Genauigkeit noch vor dem *Garmin* mit 17,48 m liegt.

Tabelle 30: Deskriptive Statistik der im Fichtenbestand gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten

	N	MIN	MAX	MW	MEDIAN	SD
Prototyp	22	1,73	63,18	21,60	15,19	15,68
Track Pro	22	3,83	179,53	32,74	10,49	49,3
Garmin	22	4,00	98,23	23,82	17,48	21,21

In den Versuchsfeldern „Buche“ und „Plateaulage“ (Tabelle 31) entfiel die Variante Track Pro, da sich der GPS-Empfänger nicht mehr initialisieren ließ.

Erwartungsgemäß nahmen die Lageabweichungen beim *Prototyp* und beim *Garmin* im Buchenbestand und auf der Freifläche ab, was sich in den verbesserten Medianen und Mittelwerten zeigt. Ursache hierfür ist der abnehmende Überschirmungsgrad und eine daraus resultierende geringere Störung der Satellitensignale.

Tabelle 31: Deskriptive Statistik der in dem Buchenbestand gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten

	N	MIN	MAX	MW	MEDIAN	SD
Prototyp	30	2,02	57,39	20,62	13,72	15,73
Garmin	30	4,26	30,33	15,17	14,86	15,17

Als ein weiteres Zeichen für die Abnahme der Mehrwegeeffekte können die geringeren Maximum-Werte genommen werden. Im Buchenbestand (Tabelle 32) und auf der Freifläche (Tabelle 32) weist der *Prototyp* jeweils eine höhere Lagegenauigkeit als der *Garmin* auf, wie an den Medianen abzulesen ist.

Tabelle 32: Deskriptive Statistik der auf dem Plateau gemessenen Distanzen (m) der GPS-Messungen im Vergleich zu den Referenzdaten

	N	MIN	MAX	MW	MEDIAN	SD
Prototyp	10	5,67	30,33	19,88	12,4	13,96
Garmin	10	15,55	34,12	21,82	19,78	5,65

Auffällig ist, dass sich der Median der Variante *Garmin* auf der Freifläche im Verhältnis zum Buchenbestand verschlechtert (s. Tabelle 33). Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs auf der Freifläche (N = 10) ist aber davon auszugehen, dass sich auch hier bei einem größeren Stichprobenumfang ein besseres Ergebnis im Verhältnis zum Buchenbestand nachweisen ließe.

Letztlich sollte die Frage beantwortet werden, ob die Messgenauigkeit (orientiert am Median der Abweichungsdistanz) des Garmin-Gerätes sich mehr als nur zufällig von der des Prototyps unterscheidet. Tabelle 33 beinhaltet die Grundlagen des hierauf angewandten U-Tests (nach MANN und WHITNEY). Das in der rechten Spalte gelistete Signifikanzniveau müsste kleiner als 0,05 ausfallen, um einen statistisch gesicherten Unterschied zu rechtfertigen.

Tabelle 33: Vergleich der Durchschnittswerte der GPS-Empfänger von Garmin und dem Prototyp (neuer GPS-Empfänger)

	N	Mittlerer Rang	Summe der Ränge	Z	Asymp. Sig. (zweiseitig)
Garmin	62	62,47	3873	-0,10	0,992
Prototyp	62	62,53	3877		

Das Ergebnis zeigt eindeutig: die Unterschiede in der Messgenauigkeit der GPS-Empfänger lassen sich wahrscheinlichkeits-theoretisch nicht untermauern. Der neue GPS-Empfänger vom *Track Pro* ist folglich, trotz der nicht optimierten Software, dem GPS-Empfänger von Garmin zumindest ebenbürtig.

6.2.2 Wasserfestigkeit

Bei der Beregnung der Mobiltelefonvorderseite (Display und Tastenfeld) traten keine Funktionsstörungen auf. Bei der Betropfung der Mobiltelefonrückseite drang jedoch in beiden Fällen Wasser in das Akkufach ein. Bei einem Mobiltelefon traten Funktionsstörungen auf, die nach dem Abtrocknen der Kontakte verschwanden. Bei dem zweiten Mobiltelefon kam es dagegen zu einem Totalausfall. Das Gehäuse ist somit noch nicht ausreichend wasserdicht.

6.2.3 Kälteresistenz

6.2.3.1 Tastenfunktionalität

Wie der Tabelle 34 zu entnehmen ist, traten bis zu einer Außentemperatur von -20 °C keine Störungen auf. Allerdings war schon ab Außentemperaturen von -5 °C eine zunehmende Trägheit des LCD Displays (Abkürzung für englisch *liquid cristal display*) erkennbar.

Tabelle 34: Prüfung der Tastenfunktion bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

Temperatur °C	Nummer des Testgerätes			
	1	2	3	4
5	1	1	1	1
0	1	1	1	1
-5	1	1	1	1
-10	1	1	1	1
-15	1	1	1	1
-20	1	1	1	1
-25	X	X	1	1

1 = in Betrieb, X = ausgefallen

Bei einer Umgebungstemperatur von -25 °C waren die Mobiltelefone Nr. 1 und 2 nach 2 Stunden bereits ausgefallen. Eine Überprüfung der Tastenfunktion konnte daher nicht mehr durchgeführt werden. Jedoch reagierten die Mobiltelefone Nr. 3 und 4 funktionsgerecht auf den Tastendruck. Die Balkenanzeige für den Ladezustand ließ bei den Mobiltelefonen Nr.1 und 2 vermuten, dass die Kapazität der beiden Mobiltelefone bereits erschöpft war. Nach einer kurzen Aufwärmphase zeigte sich aber, dass noch eine Restkapazität vorhanden war. Die Erklärung für diese Erscheinung ergibt sich aus dem folgenden Kapitel.

6.2.3.2 Einfluss der Temperatur auf Spannung und Kapazität

Eine Korrelationsanalyse nach Pearson ergab einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Temperatur- und dem Spannungsabfall. Eine Regressionsrechnung ergab, dass sich rund 20 % (Bestimmtheitsmaß $B = 0,197$) der Variation des Spannungsabfalls auf die sinkenden Temperaturen zurückführen lassen. Ein wesentlich größerer Einflussfaktor auf die Spannung (U) ist bei einem Akku der Stromverbrauch (s. Tabelle 35).

Tabelle 35: Spannungsabfall in Abhängigkeit von der Außentemperatur

Temperatur °C	Nummer des Testgerätes			
	1	2	3	4
5	0,12	0,12	0,01	0,11
0	0,14	0,14	0,12	0,11
-5	0,15	0,14	0,01	0,12
-10	0,17	0,15	0,02	0,13
-15	0,17	0,17	0,14	0,17
-20	0,16	0,16	0,14	0,17
-25	0,11	0,13	0,15	0,18

Der Effekt der Temperatur auf die Zellenspannung hat seine Ursache in dem erhöhten Innenwiderstand der Zelle, der u.a. durch eine verringerte Leitfähigkeit des Elektrolyten entsteht. Der Innenwiderstand begrenzt den maximal zu entnehmenden Strom. Mit fallender Temperatur nimmt folglich auch die Kapazität ab.

Bei den Kältetests fiel die Akkukapazität laut der Skala auf dem Display deutlich ab. Bei -25 °C fielen die Mobiltelefone Nr. 1 und 2 aus, da die Akkus scheinbar leer waren. Die Messung der Stromspannung (Tabelle 36) legte aber offen, dass noch nicht einmal die Nennspannung von 3,6 V erreicht war (3,94 V und 3,95 V). Zudem lag die Stromspannung höher als bei den Mobiltelefonen Nummer 1 und 2, die bei einer Temperatur von -20 °C gemessen wurde. Nicht eine Unterspannungsabschaltung, sondern eine starke Reduzierung der Akkukapazität ist somit Ursache für den Ausfall der Mobiltelefone bei tiefen Temperaturen.

Tabelle 36: Spannungszustände (V) des Akkumulators nach zweistündiger Lagerung in der Kühlkammer

Temperatur °C	Nummer des Testgerätes			
	1	2	3	4
5	3,95	3,96	4,05	4,02
0	3,91	3,94	4,03	4,02
-5	3,92	3,95	4,05	4,01
-10	3,89	3,93	4,05	3,99
-15	3,89	3,91	4,01	3,96
-20	3,88	3,89	3,98	3,94
-25	3,94	3,95	4,01	3,95

Durch die Zunahme des Innenwiderstandes war die verfügbare Kapazität des Akkus so stark reduziert worden, dass es zu einem Abbruch des Stromflusses kam. Als der Akku anschließend erwärmt und die entsprechende Reaktionstemperatur erreicht wurde, konnte die restliche chemische Energie wieder in elektrische Energie umgewandelt werden. Die Balkenanzeige auf dem Display zeigte wieder eine Restkapazität an.

6.2.3.3 Stand-by-Zeiten

Wie geschildert wird die Kapazität der Akkus durch die Außentemperatur beeinflusst, wodurch sich die Stand-by-Zeiten verkürzen. Die Funktion der Mobiltelefone muss aber den ganzen Arbeitstag über sichergestellt sein.

Es wird angenommen, dass der Akku sich durch die abgestrahlte Körperwärme im Praxiseinsatz nicht unter -10 °C abkühlt. Hinzu kommen Aufwärmphasen, wenn sich der Forstwirt in der beheizten Schutzhütte, etc. aufhält. Um Extremsituationen zu simulieren wurden die Mobiltelefone im GPS-Modus *Vollleistung* und einer Umgebungstemperatur von -10 °C in die Klimakammer gelegt.

Die Tabelle 37 zeigt die Stand-by-Zeiten der einzelnen Mobiltelefone. Während das Mobiltelefon Nr.1 schon nach sieben Stunden ausfiel, konnte mit dem Mobiltelefon Nr. 3 eine Stand-By-Zeit von 14 Stunden erreicht werden.

Tabelle 37: Stand-by-Zeiten der Testgeräte bei einer Umgebungstemperatur von -10 °C

Stand-by-Zeit (h)	Nummer des Testgerätes			
	1	2	3	4
7	X	1	1	1
8	X	X	1	1
13	X	X	1	X
14	X	X	X	X

1 = in Betrieb, X = ausgefallen

6.3 Wahl eines geeigneten GSM-Netzes

6.3.1 Vergleich elementarer Qualitätskriterien auf Grundlage der Expertenbefragung

6.3.1.1 Ausbau des Base-Transceiver-Station-Netzes

Ein GSM-gestütztes Notrufsystem ist nur dann sinnvoll, wenn ein Großteil des nordrhein-westfälischen Staatswalds netzversorgt ist. Durch entsprechende Technik ist der störungsfreie Betrieb auf diesen Flächen sicherzustellen. Zur Klärung der Sicherheitsfragen wurden Vertreter der beiden großen Netzbetreiber, T-Mobile (D1) und Vodafone (D2), zu einem Workshop eingeladen. Die Ergebnisse dieses Workshops sind nachfolgend festgehalten. Ziel der offenen Diskussion war es, die technischen Möglichkeiten und Grenzen der GSM-Technik zu eruieren.

Übereinstimmende Aussagen

Der begrenzende Faktor beim Aufbau einer Gesprächsverbindung ist die Sendeleistung der Mobiltelefone. Das Signal muss so stark sein, dass es von der nächsten BTS (Base Transceiver Station) „gehört“ werden kann.

Vodafone

Mit einem weiteren Ausbau des Base-Transceiver-Station-Netzes in ländlichen Gebieten ist nicht zu rechnen. Aus Kostengründen erfolgt zumeist nur noch eine Aufrüstung der bestehenden BTS mit leistungsstärkeren Empfängern; dadurch können auch sehr schwache Signale empfangen werden. Die Funkzelle wird dadurch quasi erweitert und größere (auch) Waldbereiche werden abgedeckt.

T-Mobile

Aus Rationalisierungsgründen wurden bisher lediglich drei von 5000 Sendern abgeschaltet. T-Mobile behält sich jedoch weitere Einsparungen vor, verspricht aber, dass durch ein geeignetes Netzmanagement die Ausfälle „angemessen ausgeglichen“ werden.

6.3.1.2 Netzkapazität und Netzqualität

Übereinstimmende Aussagen

Bei Großveranstaltungen werden Repeater (mobile Base Transceiver Stationen) von Technikern aufgestellt. Der Aufbau der Repeater kann nur von Fachpersonal vorgenommen werden, da Rückkopplungen mit den anderen Sendern vermieden werden müssen. Daher kommt eine Aufstellung dieser mobilen Base-Transceiver-Stationen aus Kostengründen nicht für die Ausleuchtung von Funklöchern im Forst in Frage.

In Städten kann es extrem selten durch Überlagerung von Wellen (Interferenzen) zu Gesprächsabbrüchen kommen, bzw. das Handy kann sich nicht einbuchen. Im Wald dämpfen Laub und Astwerk das Funkfeld. Kann die Silbenverständlichkeit aufgrund zu starker Dämpfung nicht mehr gewährleistet werden, bricht das Power Control das Gespräch ab. Das Power Control regelt die Sendeleistung des Mobilfunkgerätes und der Basisstation. Hält sich der Mobilfunkteilnehmer in der Nähe eines Funkmastes aufhält, wird die Sendeleistung des Mobilfunkgerätes automatisch reduziert, wodurch sich Stand-by-Zeit des Akkus erhöht.

Vodafone

Eine Leitstelle überwacht ständig die Netzauslastung in den Funkzellen. Kommt es lokal zu Engpässen, werden entsprechende Kapazitäten zugeschaltet. In der Leitstelle ist eine Datenbank für Großveranstaltungen hinterlegt, die es ihr ermöglicht, schon frühzeitig Vorsorge zu treffen.

T-Mobile

Die Frequenzplanung in den ländlichen Bereichen reagiert auf lokale Großveranstaltungen, indem auf Anforderung zusätzliche Kapazitäten zur Verfügung gestellt werden. T-Mobile verfügt ebenfalls über eine Leitstelle, die bei Bedarf Kapazitäten in den Funkzellen zuschalten kann.

6.3.1.3 Sicherheit

Übereinstimmende Aussagen

Die SMSC (SMS-Center) sind redundant, eine SMS geht also auch bei Ausfall eines SMSC nicht verloren.

Vodafone

Alle Basis Transceiver sind mit Akkus ausgerüstet, wodurch der Sendebetrieb auch bei Stromausfall für zwei Stunden aufrechterhalten werden kann. Besonders markante Punkte besitzen eine unabhängige Stromversorgung (USV).

T-Mobile

Bei T-Mobile sind die BTS nach Bedeutung klassifiziert (A, B, C). Nur die Sender der Klassifizierungsstufe A sind mit Akkus ausgestattet. Die Netzverfügbarkeit ist aber zu 99,9 % gewährleistet und erreicht damit die Sicherheit des Festnetzes. Bei einem Ausfall eines Senders wird zwischen drei Störklassen unterschieden:

1. Die Entstörung muss sofort erfolgen,
2. Der Sender muss erst am folgenden Morgen repariert werden
3. Die Entstörung kann erst nach 2 Tagen erfolgen.

(Anmerkung: Sender in ländlichen Gegenden sind eher der Störklassen 2 und 3 zuzurechnen)

6.3.1.4 Priorisierung von Rufnummern

Eine wesentliche Frage war, ob man die Rufnummern der Notrufzentrale priorisieren lassen kann, damit sich im Notfall selbst bei einer Netzüberlastung ein Sprachkanal öffnen lässt.

In der Telekommunikation werden drei Priorisierungsstufen des Sprachkanals unterschieden:

1. Notruf
2. priorisierte Rufnummern
3. normale Anwender.

Bei einem Notruf mit der Nummer 112 wird bei einer Netzüberlastung der Sprachkanal eines anderen Teilnehmers geschlossen, um ihn für den Notruf frei zu schalten. Den Netzbetreibern ist aber kein Fall bekannt, in dem einer weiteren Notrufnummer von der Bundesanstalt für Post und Telekommunikation die Priorisierungsstufe 1 zugesprochen wurde.

Nach Ausruf eines Katastrophenfalls durch das Innenministerium, bekommen die Kunden mit priorisierten Rufnummern bei Netzauslastung vor den normalen Anwendern eine freiwerdende Gesprächsverbindung; es werden aber hierfür keine laufenden Gespräche wie bei der Notrufnummer unterbrochen. Zielgruppe für die priorisierten Rufnummern sind vor allem Rettungskräfte.

Die Mitarbeiter der Landesforstverwaltung werden als normale Anwender eingestuft und werden aller Voraussicht nach nicht priorisiert werden.

6.3.1.5 SMS-Übertragung

Übereinstimmende Aussagen

Eine SMS wird über den Signalisierungskanal (Stand Alone Dedicated Control Channel) übertragen. Ist der Sprachkanal (Traffic-Channel) überlastet, kann dennoch eine SMS versendet werden. Zu Übertragungsfehlern bei der SMS-Sendung kann es auch bei der Netznutzung ei-

nes Roaming-Partners nicht kommen. Eine SMS kann direkt auf das Display eines Mobiltelefons geschickt werden, auch wenn der SIM-Kartenspeicher voll ist.

Bei Versendung einer SMS auf ein Faxgerät, muss über ein Gateway-Mobile-Switching-Center eine Verbindung vom Mobilfunknetz ins Festnetz hergestellt werden. Dabei kann es zu einer Verzögerung bis zu einer Minute kommen.

Vodafone

Die SMS erreicht in 95 % der Fälle innerhalb von 6 Sekunden den Empfänger. Laut Vodafone reicht die Netzkapazität immer aus, so dass es zu keiner Überlastung des Signalisierungskanals kommen kann. Diese Aussage gilt auch für Spitzenzeiten, wie z. B. die Sylvesternacht. (Anmerkung: Eigene Erfahrungen bei Jahreswechsel zeigen aber, dass es sehr wohl zu Überlastungen kommen kann.)

Wenn der Absender einer SMS sich eine Empfangsbestätigung geben lassen will, so muss vor der eigentlichen Textnachricht die Notifizierung „* N # „ eingegeben werden. Ist die SMS auf dem Speicher des Empfänger-Mobiltelefons abgelegt worden, so wird eine Empfangsbestätigung an den Sender abgeschickt. Diese bedeutet aber nicht, dass der Empfänger die Nachricht auch geöffnet hat.

T-Mobile

Auch im D1-Netz kann eine SMS innerhalb von 5-6 Sekunden zu 95 % verschickt werden. Zu Überlastungen des Signalisierungskanals (SDCCH) kommt es nur zur Sylvesternacht.

Wie D2 bietet auch D1 die Option, sich ein Übertragungsprotokoll zuschicken zu lassen. Dafür muss vor der eigentlichen Textnachricht die Notifizierung „* T # „ eingegeben werden.

6.3.1.6 Service

Vodafone

Vodafone bietet Firmen mit eigenen SMS-Applikationen eine externe Schnittstelle zur Vodafone-Kurzmitteilungszentrale an (Vodafone-Corporate Message). Dadurch kann eine größere Verarbeitungskapazität erreicht werden. Die IT-Systeme können auf zwei Wegen an das Vodafone Netz anbinden: über eine gesicherte Anbindung per Public-Internet (VPN-Tunnel) oder per Standleitung/TCP-IP.

Durch den Einsatz von VPN (Virtual-Privat-Network) wird über das Internet ein sicherer Kommunikationskanal, auch Tunnel genannt, aufgebaut. Die Informationen sind durch Chiffrierung abhörsicher und vor Manipulation geschützt.

In einem sich dem Workshop anschließenden Telefongespräch stellte sich heraus, dass Vodafone den Service *DuoBill* anbietet. *DuoBill* erlaubt eine getrennte Abrechnung der privaten und dienstlichen Gespräche und ist mit dem Service *TwinBill* von T-Mobile vergleichbar. Ebenfalls

können mit Großkunden vertragliche Vereinbarungen getroffen werden, die einen besonderen Service bei technischen Fragestellungen zusichern.

T-Mobile

Die SMS-C von T-Mobile sind ausdrücklich für den Zugang von Großkunden mit SMS-Applikation ausgelegt, die zur gleichen Zeit eine hohe Anzahl von SMS im T-D1 Netz abwickeln. Es gibt derzeit drei verschiedene Direktzugänge zu T-D1 SMS-C, die eine hohe Abwicklungsrate erlauben:

- X.21 (TCP/IP über eine Carrier Festverbindung, z.B. 64 kBit/s)
- X.25 (Datex-P)
- X.31 (Einwahl zum nächsten X.25-Knoten über ISDN)

Diese Large Accounts ermöglichen eine zweiseitige Kommunikation, was bedeutet, dass der angebundene Großkunde auch aus dem T-D1 Netz über SMS erreichbar ist. Hierzu erhält jeder Großkunde eine eigene fünfstellige Applikations-Adresse (Large Account-ID), an die SMS aus dem T-D1 Netz zugestellt werden. Auch über Roamingpartner ist die Applikation für die Kunden erreichbar.

Besonders hervorgehoben wurde der Service von T-Mobile. Die Kunden erhalten eine Servicenummer und werden bei technischen Problemen direkt von Systembeauftragten beraten.

Bisher haben sich die Mitarbeiter der Landesforstverwaltung mit dem Service *TwinBill* ihre Einheiten getrennt nach dienstlichen und privaten Gesprächen abrechnen lassen. Für die dienstliche Nutzung wird vor der PIN eine "1" und für die private Nutzung eine "2" eingegeben. Zum Wechseln der Gesprächsumgebung ist das Aus- und Einschalten des Mobiltelefons erforderlich. Unabhängig, ob ein Anrufer die dienstliche oder private Mobilfunknummer gewählt hat, wird der eingehende Anruf immer auf die derzeit aktive Nutzungsumgebung umgeleitet. Anrufe kommen demnach immer an.

Bei der *TwinCard* bekommt der Kunde eine zweite T-Mobile Karte, die in einem zweiten Mobiltelefon installiert werden kann. Alle Anrufe werden auf das jeweils zuletzt von dem Kunden aktivierte Mobiltelefon geleitet. Die *TwinCard* kann in allen GSM-Netzen, mit denen T-Mobile ein Roaming-Abkommen hat, verwendet werden. Der Einsatz der *TwinCard* kann im Ablauf der Rettungskette zu schwerwiegenden Problemen führen. Angenommen die Frau des Revierleiters hat sich als letztes in das Netz eingebucht, so wird ein eingehender Anruf an diese weitergeleitet. Im Notfall kann dadurch wertvolle Zeit verloren gehen.

6.3.1.7 Roamingpartner

Beide Netzbetreiber haben mehrere Roamingpartner in den Benelux-Ländern und Frankreich (s. Tabelle 38). Ein nahtloser Wechsel zum ausländischen Netz ist gewährleistet. Die holländischen BTS senden mehrere Kilometer nach Deutschland hinein. Wird das Handy nicht auf manuellen Netzwechsel justiert, kann der Netzwechsel zu früh erfolgen.

Bei zurückliegenden Außenarbeiten hatte sich gezeigt, dass teilweise SMS versendet und empfangen werden konnten, obwohl kein Netzzugang auf dem Display angezeigt wurde. Um auch solche Fälle zu erfassen, wurde bei der Empfangsklasse „0“ versucht, eine SMS an das andere Mobiltelefon zu senden.

Für die Außenaufnahmen waren die Mobiltelefone so konfiguriert worden, dass ein Wechsel zu einem Roamingpartner nur manuell vorgenommen werden konnte. Die Nachbarländer haben entlang der Grenze viele Sender aufgestellt, deren Netzzellen auch Flächen in Deutschland abdecken. Bei einer Voreinstellung auf „Automatik“ hätte die Gefahr bestanden, dass der Wechsel zum Roamingpartner erfolgt, sobald das ausländische Netz stärker als das zu testende ist.

Tabelle 38: Roamingpartner der Provider Vodafone und T-Mobile in den Benelux-Staaten und Frankreich

	Vodafone	T-Mobile
Belgien	– Mobistar	– Mobistar S.A. – KPN Orange – Belgacom Mobile
Niederlande	– KPN Mobile – O2 B.V. – BEN Netherlands	– KPN Telecom – O2 (Netherlands) B.V. – BEN Netherland – Dutchtone N.V. – Libertel Vodafone
Luxemburg	– P&T Luxembourg – Tango S.A.	– P&T Luxembourg – Tango S.A.

6.3.2 Netzabdeckung und Netzversorgungsqualität

6.3.2.1 Vodafone

6.3.2.1.1 Planungstool

Die Beurteilung der Netzversorgung der Staatswaldflächen durch das Netz von Vodafone (D2) beruht auf zwei verschiedenen Ansätzen:

Zum einen wurde die Netzversorgungskarte für ganz NRW genutzt, die zwischen versorgten (Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Gesprächsaufbaus $\geq 90\%$) und nicht versorgten (Wahrscheinlichkeit $< 90\%$) Waldflächen unterscheidet. Die Karte wurde hierzu mit den digitalen Staatswaldkarten verschnitten. Die Auswertung ergab, dass 71,4 % der Fläche eine Netzversorgung $\geq 90\%$ und 28,6 % eine Netzversorgung $< 90\%$ aufwiesen.

Die zweite Berechnungsgrundlage war die Punktauswertung der Abteilung Funknetzplanung von Vodafone mit deren Planungstool. Sie ergab, dass 19,4 % (7 von 36 Stichpunkten) eine

Netzversorgungswahrscheinlichkeit $< 90\%$ und $80,6\%$ (29 von 36 Stichpunkten) eine Netzversorgung $\geq 90\%$ hatten. Die starken Abweichungen von den Ergebnissen der Kartenauswertung ließe sich mit einer deutlich schlechteren Netzversorgung in der Eifel und im Bergischen Land erklären, die bei der Punktauswertung aus oben genannten Gründen nicht berücksichtigt werden konnte.

6.3.2.1.2 Stichprobe

Bei den Außenaufnahmen konnte festgestellt werden, dass ab einem angezeigten Skalenwert von 1–2 (1,5) immer ein Gesprächsaufbau möglich war und eine SMS versendet werden konnte. Daher wurde der Skalenwert von 1,5 gleich der Empfangswahrscheinlichkeit von 90% gesetzt. Resultat der Stichprobe war, dass 13 von 90 Punkten einen zu geringen Skalenwert ($< 1,5$) aufwiesen, was einem Anteil von $14,4\%$ der Staatswaldfläche gleichkommt.

6.3.2.2 T-Mobile

6.3.2.2.1 Planungstool

In die Analyse der Netzversorgung flossen insgesamt 90 Stichpunkte ein. Die Auswertung der von T-Mobile berechneten Netzversorgung an den jeweiligen Stichpunkten ergab für 75 Stichpunkte eine Netzversorgungswahrscheinlichkeit $\geq 90\%$. Dies entspricht einem Flächenanteil von $83,3\%$. An 15 Punkten berechnete T-Mobile eine Netzversorgung kleiner als 90% . Dies entspricht $16,7\%$ der Staatswaldfläche.

6.3.2.2.2 Stichprobe

Insgesamt wiesen 11 Punkte einen Skalenwert kleiner als 1,5 auf, was einem prozentualen Anteil von $12,2\%$ entspricht. Damit wiesen $87,8\%$ der Stichprobenpunkte einen Empfang größer als 90% auf.

6.3.2.3 Vergleich der Varianten D1 (T-Mobile) und D2 (Vodafone)

6.3.2.3.1 Netzversorgung

Zur Berechnung der Netzversorgung im Staatswald von NRW diente bei D1 die vollständig mit einem Planungstool berechnete Stichpunktliste (Stand Januar 2003) und für D2 die Netzversorgungskarte (Stand Mai 2002). Es muss hier deutlich herausgestellt werden, dass bei D1 aus Mangel an weiteren Bewertungsgrundlagen von punktbezogenen Auswertungen auf die Netzversorgung in der Fläche geschlossen wurde.

In Tabelle 39 sind die Ergebnisse der Stichprobe den mit dem Simulationsprogramm berechneten Empfangswahrscheinlichkeiten gegenübergestellt. Die eigenen Messungen ergaben vor allem bei D2 eine deutlich bessere Versorgung als die mit dem Planungstool berechnete Situation.

Tabelle 39: Vergleich des Anteils von versorgten Flächen

Netzanbieter	Vollständige Stichpunktliste (D1) Netzversorgungskarte (D2)	Ergebnisse der Stichprobe
D1	83,5 %	87,8 %
D2	71,4 %	86,7 %

6.3.2.3.2 Genauigkeit der Planungstools

Um die Genauigkeit der Planungstools zu bewerten, wurden 36 Punkte, für die von beiden Netzanbietern Simulationsergebnisse vorlagen, mit den eigenen Erhebungen verglichen. Die Tabelle 40 zeigt auch hier (vgl. Tabelle 40) eine wesentlich höhere simulierte Netzabdeckung im D1-Netz.

Die eigenen Untersuchungen zeigten keine großen Abweichungen von den Simulationsergebnissen. Sie lagen bei D1 3,3 % unter der mit dem Planungstool berechneten Versorgung. Bei D2 ergab sich aus den Stichprobenwerten eine um 5,6 % größere Waldfläche mit einer Versorgungswahrscheinlichkeit ≥ 90 %.

Tabelle 40: Vergleich der mit dem Planungstool und aus der Stichprobe berechneten Netzversorgungen.

Netzanbieter	Planungstool (36 Punkte)	Eigene Erhebungen
D1	86,6 %	83,3 %
D2	75,0 %	80,6 %

Doch nicht nur der Grad der Übereinstimmung in der Netzversorgung ist ausschlaggebend für die Güte der Planungstools, sondern auch die Kongruenz der Berechnungsergebnisse für jeden einzelnen Stichpunkt.

Der punktweise Vergleich der Simulationsergebnisse mit der kompletten bemessenen Stichprobe ergab eine Übereinstimmung von 88,9 % bei D2 und 83,3 % bei D1.

6.3.2.3.3 Eine analytisch-statistische Gegenüberstellung der zwei Groß-Provider

Ein analytisch-statistischer Vergleich ist zumindest mit den Daten der in Eigenregie durchgeführten Stichprobe möglich, bei der – wie dargelegt – die „Empfangsstärke“ auf den Schnittpunkten (Stichpunkten) eines objektivierten Rasters gemessen und registriert wurde. Besagte Empfangsstärke ist de facto eine per entsprechend ausgelegtem Sensor bestimmte energetische Intensität elektromagnetischer Wellen (Energie je Flächeneinheit), eine im Grunde also

metrische Variable aus statistischer Sicht. Das den meisten Lesern bekannte „Balken-Display“ bildet die Kontinuität einer solchen Variablen natürlich nur grob ab – das Gerät „ordinalisiert“ die Information über die energetische Intensität, indem es über fünf Kategorien gestaffelter Intensität Auskunft gibt: keine Spur eines Balkens entspricht keinerlei Intensität, vier eingeblendete Balkenteile entsprechen einer Spitzenintensität. Das Aufnahmeteam war gehalten, diese Kategorisierung derart zu verfeinern, dass bei sichtbarem Springen zwischen jenen Grobkategorien noch eine weitere Unterteilung getroffen werden musste, so dass die energetische Intensität eintreffender Wellen, die Empfangsstärke, in den Realisierungen zwischen „0“ und „4“ in 0,5-Stufen vorlag.

Geht es darum, den Zusammenhang zwischen ordinalen (oder auch ordinalisierten = kategorisierten) Variablen zu überprüfen, so ist die Kontingenztafelanalyse mit Vergleich über die Teststatistik Chi-Quadrat eine probate Methode. Die Zellen der Kontingenztafel müssen hierzu allerdings eine Mindestbesetzung registrierter Werte aufweisen, um statistisch gesicherte Schlüsse zuzulassen. Die folgende Tabelle 41 fasst vor diesem Hintergrund schon die erhobenen Empfangsstärken auf dem Niveau der originären Balkenanzeige (1,0-Stufen) zusammen; die erhobenen Zwischenstufen wurden hierbei rigoros abgerundet.

Selbst diese schon vergrößerte Untergliederung der Empfangsintensität führt in 85 % der Tabellenzellen zu Unterbesetzungen, denn für den statistischen Test werden „Erwartete Werte“ (expected counts) von zumindest 5 gefordert.

Um dies zu erzwingen, wurde ein weiter vergrößertes (schematisiertes) Variablenpaar berechnet: „guter Empfang“ mit registrierten Werten von 2,5 und darüber, ansonsten „schlechter Empfang“. Die sich daraus ergebende Kontingenztafel zeigt Tabelle 42.

Tabelle 41: Kontingenztafel der Empfangsstärken bei den zwei Groß-Providern auf dem Niveau der originären Balkenanzeige

D1-Empfang, grob * D2-Empfang, grob Crosstabulation

			D2-Empfang, grob					Total
			0	1	2	3	4	
D1-Empfang, grob	0	Count	34	4	4	3	5	50
		Expected Count	27,2	3,9	6,1	3,9	8,9	50,0
	1	Count	3	0	3	0	0	6
		Expected Count	3,3	,5	,7	,5	1,1	6,0
	2	Count	5	1	1	1	0	8
		Expected Count	4,4	,6	1,0	,6	1,4	8,0
	3	Count	1	2	3	0	0	6
		Expected Count	3,3	,5	,7	,5	1,1	6,0
	4	Count	6	0	0	3	11	20
		Expected Count	10,9	1,6	2,4	1,6	3,6	20,0
Total	Count	49	7	11	7	16	90	
	Expected Count	49,0	7,0	11,0	7,0	16,0	90,0	

Tabelle 42: Kontingenztabelle der Empfangsstärken bei den zwei Groß-Providern auf dem Niveau eines vergrößerten Variablenpaars

D1-Empfang, schemat. * D2-Empfang, schemat. Crosstabulation

			D2-Empfang, schemat.		Total
			schlecht	gut	
D1-Empfang, schemat.	schlecht	Count	35	9	44
		Expected Count	24,4	19,6	44,0
	gut	Count	15	31	46
		Expected Count	25,6	20,4	46,0
Total		Count	50	40	90
		Expected Count	50,0	40,0	90,0

Aus dieser 2x2-Felder-Tafel wird nunmehr die Hypothese geprüft, wonach das D1- und das D2-Netz in ihrer Empfangsintensität voneinander unabhängig verteilt sind – dies ist gleichbedeutend mit der Aussage, dass sich beide signifikant unterscheiden. Wäre das der Fall, müsste die aufsummierte Differenz zwischen beobachteten und erwarteten Häufigkeiten der Zellen letztlich zu einer Teststatistik führen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit „existiert“.

Das aus dieser Tabelle 42 berechnete Pearson'sche Chi-Quadrat lautet auf 20,065, und dies führt in der Chi-Quadrat-Verteilung mit nur einem Freiheitsgrad zu einer verschwindend kleinen ($< 0,0000$) Wahrscheinlichkeit. Die „Unabhängigkeitshypothese muss auf extrem signifikantem Niveau verworfen werden – praktikabler ausgedrückt: bei einem schlechten Empfang in einem der Netze darf man höchstwahrscheinlich keinen guten im anderen erwarten – und umgekehrt.

Man mag der Kontingenztafelanalyse (zu Unrecht!) entgegenhalten, dass die auch hier vollzogene Vergrößerung eigentlich erhobener Information ausschließlich zur ausreichenden Füllung der Matrix-Zellen bestimmte Aussagen verwässert. Auf Basis der gemessenen Empfangsintensität (in den 0,5-Stufen) ergibt sich immerhin ein sichtbarer Vorteil eines Netzproviders, wie ihn die nächste Abbildung 57 im vergleichenden Boxplot zeigt: in vergleichbaren Standardabweichungen (Boxbereiche) und plausiblerweise identischen „Ranges“ (Wertespreiten, nämlich zwischen 0 und 4) platzieren sich die *Mediane* der Empfangsintensität deutlich verschieden.

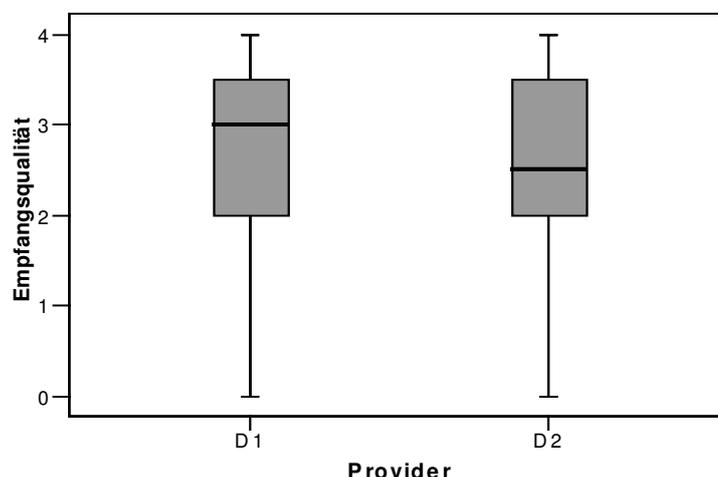


Abbildung 57: Boxplots zum Empfang der beiden untersuchten Netzprovider

Die folgende Tabelle 43 beschreibt die Illustration in Zahlen, wobei allerdings der Median (das 50 %-Quantil) durch den arithmetischen Mittelwert ersetzt erscheint.

Tabelle 43: Deskriptive Statistik der Empfangsstärke bei den beiden untersuchten Providern

Deskriptive Statistiken

	N	Arithm. Mittel	Std. Abweichung	Minimum	Maximum
D1-Empfang	90	2,622	1,071	,0	4,0
D2-Empfang	90	2,478	1,109	,0	4,0

Ein parameterfreier Test (ein solcher, der keine Anforderungen an gleichwie geartete Verteilungen der realisierten Werte der Variablen stellt), der diese Problematik in Tabelle 44 auf wahrscheinlichkeitstheoretisch gesicherte Signifikanz im Mittelwert durchleuchtet, geht zurück auf die Rangunterteilung der beobachteten Werte nach WILCOXON (s. a. SACHS, 1999).

Tabelle 44: Rangvergleich der Empfangsstärke bei den untersuchten Providern

Ränge (Ranks)

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
D2-Empfang - D1-Empfang	Negative Ranks	33 ^a	27,77	916,50
	Positive Ranks	21 ^b	27,07	568,50
	Ties	36 ^c		
	Total	90		

a. D2-Empfang < D1-Empfang

b. D2-Empfang > D1-Empfang

c. D1-Empfang = D2-Empfang

Schon der mittlere Rang der „Empfangsgüte-Differenzen“ (D1 besser oder schlechter als D2) lässt auf das Ergebnis des Tests schließen, das die nächste Tabelle 45 offeriert:

Tabelle 45: Rangvergleich der Empfangsstärke bei den beiden untersuchten Providern

Test-Statistiken für den Rang-Test ^a

	D2-Empfang - D1-Empfang
Z	-1,522 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,128

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Die aus der standardisierten Normalverteilung hergeleitete Wahrscheinlichkeit, die selbst bei einfacher Signifikanz unterschiedlicher Mittelwerte kleiner als 0,05 sein müsste, liegt mit einem mehr als doppelt so hohen Wert im Zufallsspektrum: auch der Mittelwertvergleich zwischen den metrisch skalierten Empfangsintensitäten der beiden Groß-Provider führt zur Konsequenz:

Der aus einer systematisch gerasterten Stichprobe über der Staatswaldfläche Nordrhein-Westfalens erhobene Vergleich der Empfangsintensitäten zwischen T-Mobile und Vodafone lässt keine statistisch gesicherten Unterschiede erkennen. Im Sinne dieser Erhebung ist es demnach gleichgültig, für welches Netz sich der Auftraggeber entscheidet.

6.4 Ergebnisse der Analyse charakteristischer Störschalle während der Waldarbeit

6.4.1 Berechnung geeigneter Signalkomponenten einer im Kapselgehörschützer integrierten Schallquelle

Zur Weiterverarbeitung der Messdaten wurden diese zunächst mit Hilfe des Softwarepakets Noise Explorer von der CompactFlash-Karte auf den PC transferiert. Die Exportfunktion des Programms erzeugte eine Datei im Excel-Format (.xls), so dass sich – jeweils für jeden Motorsägenführer und Motorsägentyp – der zeitliche Verlauf des Taktmaximalpegels (L_{AFMax}) in den einzelnen Terzfrequenzbändern darstellen ließ.

Während der Messdatenerhebung war es technisch nicht möglich gewesen, ohne störenden Eingriff in den Arbeitsfluss gezielt nur diejenigen Zeitabschnitte zu erfassen, in denen die Motorsäge lief. Aus diesem Grunde wurde in jeden der 27 Rohdatensätze, die getrennt nach Maschinenführer und Motorsägentyp abgespeichert worden waren, die protokollierten Start- und Stoppwerte der Motorsägenlaufzeiten eingefügt. Weil jede der dort gespeicherten Einzelmessungen über einen Zeitstempel verfügte, konnte daraufhin mit dem Programm FILTER gezielt der Verlauf des Immission-Schalldruckpegels über dem Kapselgehörschützer während der Motorsägenlaufzeiten herausgefiltert werden. Im Anschluss wurden die gefilterten Rohdatensätze zu einer Datei zusammengefügt, die folglich nur noch die reinen Motorsägenlaufzeiten aller Motorsägentypen mit unterschiedlichen Maschinenführern beinhaltete. Die Gesamtlaufzeit belief sich auf 30,2 Stunden bzw. 108735 Sekunden.

Das Programm TRANSMISSION reduzierte die Schalldruckpegel dieser Datei, getrennt nach den einzelnen im Kapitel 5.4.6.5 aufgelisteten Gehörschutzmodellen, um deren spezifische Dämmwerte. Die Ausgabedatei bildete somit den zeitlichen Verlauf der Schalldruckpegel in den Terzbändern ab.

Wie im vorigen Kapitel ausgeführt, wurden die Mithörschwellen und Konformitätspegel für jedes Terzband und jeden Gehörschutztyp mit dem Programm MASKEDTHRES berechnet.

Der Ausgabedatei des Programms MASKEDTRHES weist für jeden Schalldruckpegelwert die Summe und den relativen Anteil der Zeitabschnitte aus, in denen die Bedingungen A und B erfüllt waren (Kongruenzzeit). Die Zeitabschnitte, in denen die Bedingungen nicht eingehalten wurden (Divergenzzeiten), wurden, differenziert nach ihrer zeitlichen Dimension, quantifiziert (s. Tabelle 46).

Tabelle 46: Auszug aus der Ergebnisdatei des Programms MASKEDTRHES für den Kapselgehörschützer Typ Clarity C3 von Bilsom

Mittenfrequenz Terzband	Prüfgröße	Divergenzzeit											Kongruenzzeit		
		Ereignisse differenziert nach deren Dauer [s]											absolut [s]	Relation [%]	Relation [%]
		2 s	3 s	4 s	5 s	6 s	7 s	8 s	9 s	10 s	>10 s				
1600	62 dB	1503	622	333	205	146	106	57	56	33	164	12762	11,74	88,26	
1600	63 dB	1101	423	229	146	89	61	38	23	16	95	8209	7,55	92,45	
1600	64 dB	791	303	139	76	41	36	27	13	13	42	4990	4,59	95,41	
1600	65 dB	550	149	91	48	23	17	13	7	5	20	2895	2,66	97,34	
1600	66 dB	323	92	41	17	14	12	5	2	1	13	1571	1,44	98,56	
1600	67 dB	202	55	21	10	8	5	1	1	0	6	873	0,8	99,20	
1600	68 dB	110	21	6	5	3	2	1	1	1	2	413	0,38	99,62	
1600	69 dB	56	5	6	4	2	1	0	0	0	0	190	0,17	99,83	
1600	70 dB	31	6	3	2	0	0	0	0	0	0	102	0,09	99,91	
1600	71 dB	17	1	4	0	0	0	0	0	0	0	53	0,05	99,95	
1600	72 dB	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	25	0,02	99,98	
1600	73 dB	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	15	0,01	99,99	
1600	74 dB	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	11	0,01	99,99	
1600	75 dB	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0,01	99,99	
1600	76 dB	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0,01	99,99	
1600	77 dB	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0,01	99,99	
1600	78 dB	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0,01	99,99	
1600	79 dB	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0,01	99,99	
1600	80 dB	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	100,00	

Augenfällig ist die mit ansteigenden Schalldruckpegel (Prüfgröße) abnehmende Häufigkeit (Relation) und Länge (absolut) der Divergenzzeiten. Nachvollziehen lässt sich dieser Trend mit Hilfe der Abbildung 27. Durch Anhebung der Prüfgröße reduziert sich die Zahl und Dauer der ausgewiesenen Ereignisse, in denen die Bedingungen A und B nicht erfüllt werden.

Ab einem Pegelwert von 80 dB (A) wird zu jeder Zeit entweder die Bedingung A oder B realisiert. In keinem Fall unterschreitet dieser Schalldruckpegelwert die Mithörschwelle in dem Terzband mit der Mittenfrequenz 1600 Hz länger als eine Sekunde und liegt außerdem spätestens nach einer Sekunde für mindest zwei Sekunden über der Mithörschwelle. Um die Hörbarkeit gemäß den im Kapitel 2.2.2 konkretisierten normativen Regelungen zu gewährleisten, muss dieser Terzbandpegel um 13 dB (A) erhöht werden.

Die Auswahl des in der Tabelle 46 vorgestellten Dateiausschnitts erfolgte auch mit der Intention, folgende Problematik zu verdeutlichen: Mit steigendem Schalldruckpegel [dB (A)] der Prüfgröße wird der Wirkungsgrad immer geringer, die Verhältniskurve zwischen Schalldruckpegel und prozentualer Kongruenzzeit verläuft degressiv. Der Abbildung 58 ist der sich aus den Werten der Tabelle 46 ergebene Kurvenverlauf zu entnehmen.

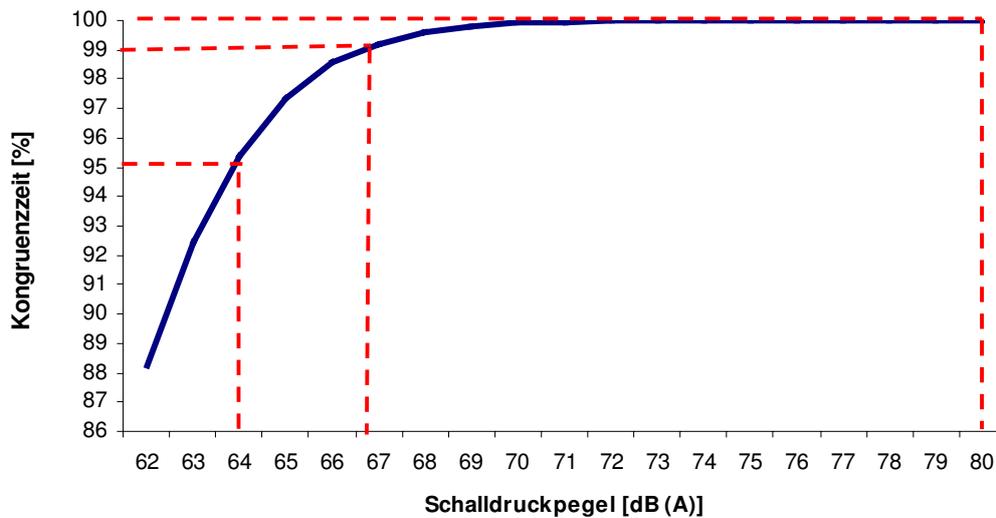


Abbildung 58: Degressiver Verlauf der Verhältniskurve von Schalldruckpegel und Kongruenzzeit

Demnach muss der Schalldruckpegel drastisch erhöht werden, um den relativen Anteil der Kongruenzzeit von 95 % auf 100 % zu steigern.

Bei einer Erhöhung der Kongruenzzeit auf 99 % ist der Schalldruckpegel jedoch lediglich um 3 dB (A) anzuheben. Zur Verifizierung dieser Beobachtung wurden die für jeden Kapselgehörtschützer ausgegebene Ergebnisdateien dahin untersucht, welche Schalldruckpegel in den einzelnen Terzbändern mindestens erforderlich sind, um eine 95 %, 99 % und 100 % Kongruenzzeit zu erhalten. Die Abbildung 59 visualisiert die Streuungsspreite und Mittelwerte dieser Mindestwerte in den einzelnen Terzbändern, differenziert nach den Genauigkeitsanforderungen (relativer Anteil der Kongruenzzeit).

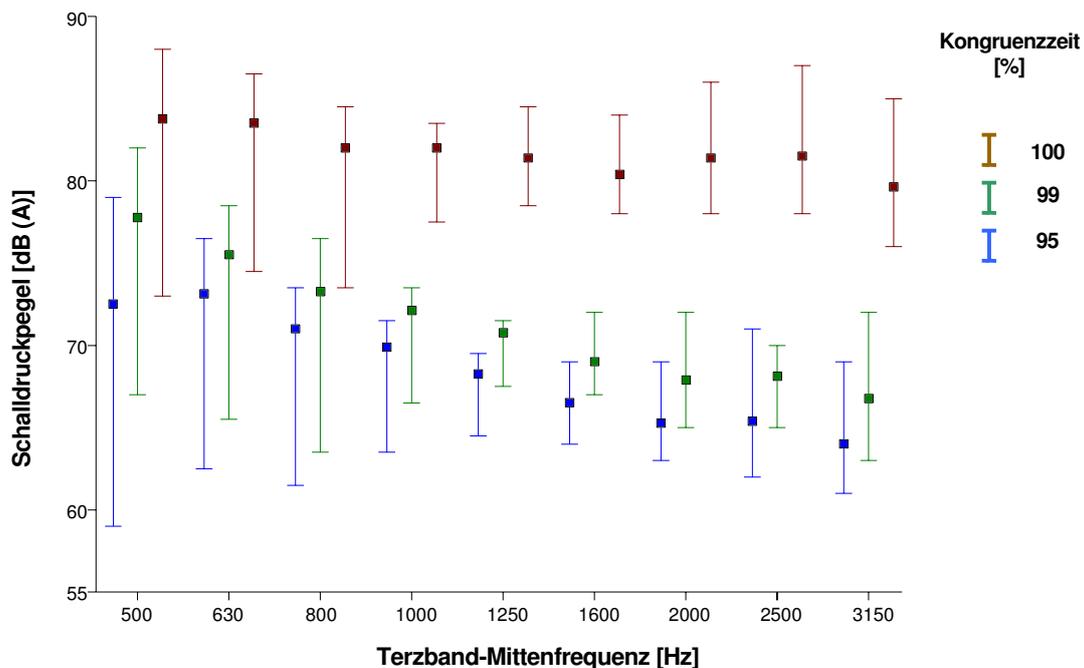


Abbildung 59: Mittelwerte und Streuungsspreite der Kongruenzwerte, gruppiert nach dem geforderten Grad der Übereinstimmung mit den normativen Vorgaben (Kongruenzzeiten)

Die Distanzen der gruppierten Mittelwerte lassen deutlich erkennen, dass bei allen Kapselgehörschützermodellen und Terzbändern ein ähnlich degressiver Verlauf der Verhältniskurve von Schalldruckpegel und Kongruenzzeit vorzufinden ist, wie exemplarisch in der Abbildung 58 vorgestellt.

Durch Addition des Summanden 13 dB (A) können aus den modellspezifischen Kongruenzwerten die Konformitätswerte berechnet werden. Letztere werden in den Tabellen A_2 bis A_4 im Anhang in Abhängigkeit von dem gewählten Genauigkeitsanspruch (Kongruenzzeit von 95%, 99% oder 100%) ausgewiesen.

Für die Gestaltung von Signalkomponenten, die sich für alle untersuchten Kapselgehörschützermodelle eignen, müssen, wie im vorigen Kapitel erläutert, in jedem Terzband die höchsten Kongruenzwerte berücksichtigt werden.

Veranschaulicht wird diese Notwendigkeit in der Abbildung 60. Diese zeigt die individuellen Grenzlinien der Gehörschützerarten, die die Kongruenzwerte der jeweiligen Terzbänder bei einer 100 %igen Übereinstimmungen mit der Norm verbinden. Die Konformitätsgrenze verläuft im Abstand von 13 dB (A) parallel oberhalb der höchsten Kongruenzwerte.

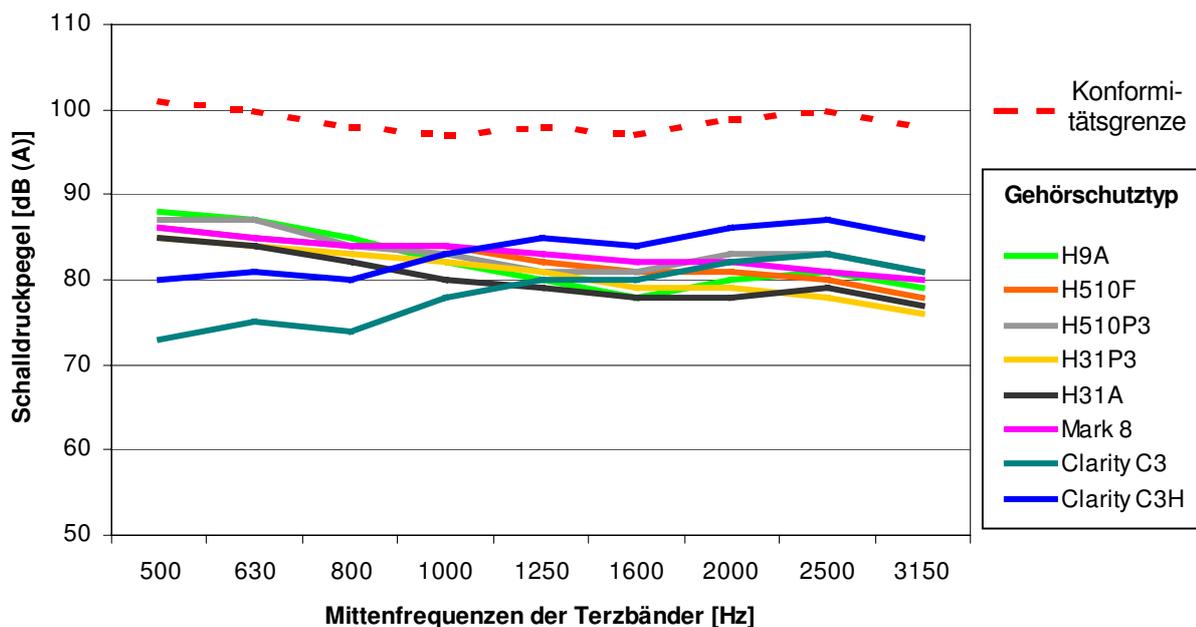


Abbildung 60: Verlaufskurven der modellspezifischen Kongruenzwerte und die aus den Höchstwerten der Terzbänder resultierende Konformitätsgrenze bei Arbeiten mit der Motorsäge

Die Tabelle 47 enthält – unter Berücksichtigung aller untersuchten Gehörschutzmodelle – die Konformitätswerte bei Motorsägearbeiten und einem relativen Anteil der Kongruenzzeit von 95 %, 99 % und 100 %.

Tabelle 47: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für die bemessenden Motorsägen

Kongruenzzeit [%]	Mittenfrequenz-Terzband f_m [Hz]								
	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
95	92	90	87	85	83	82	82	84	82
99	95	92	90	87	85	85	85	86	85
100	101	100	98	97	98	97	99	100	98

Der Vergleich mit den im selben Verfahren berechneten Konformitätswerte für die Freischneider (Tabelle 49) und den Rückeschlepper (Tabelle 48) zeigt, dass beim Rückeschlepper die Schalldruckpegelwerte deutlich unter denen der Motorsägen liegen. Die Konformitätswerte „Freischneider“ nähern sich insbesondere bei einer Kongruenzzeit von 99 % und 100 % in den Frequenzbändern 1000–1600 stark an die Ergebnisse der Motorsägenstudie, wobei sie diese im Terzband mit der Mittenfrequenz von 1250 Hz um 1 dB (A) übertreffen.

Tabelle 48: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für den bemessenen Schlepper

Kongruenzzeit [%]	Mittenfrequenz-Terzband f_m [Hz]								
	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
95	69	67	64	63	63	63	63	63	63
99	72	69	67	64	63	63	63	63	63
100	80	81	78	76	76	74	72	70	67

Tabelle 49: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für die bemessenen Freischneider

Kongruenzzeit [%]	Mittenfrequenz-Terzband f_m [Hz]								
	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
95	81	79	77	78	82	81	80	81	79
99	83	80	80	84	86	85	85	84	82
100	94	91	89	92	99	97	95	93	92

In der Tabelle 50 sind die mindest erforderlichen Schalldruckpegelwerte einzelner Signalkomponenten aufgeführt, die eine im Kapselgehörschützer integrierte Schallquelle emittieren muss, um die Signalthörbarkeit bei Arbeiten mit Motorsägen, Freischneidern und mit Rückeschleppern zu ermöglichen.

Tabelle 50: Konformitätswerte ($L_{S, A \min}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A) für alle bemessenen Maschinen

Kongruenzzeit [%]	Mittenfrequenz-Terzband f_m [Hz]								
	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
95	92	90	87	85	83	82	82	84	82
99	95	92	90	87	86	85	85	86	85
100	101	100	98	97	99	97	99	100	98

Demnach liegen auch bei einer Kongruenzzeit von 100 % die zur Hörbarkeit notwendigen Mindestwerte (Konformitätswerte) in allen Terzbändern deutlich unter dem gemäß der DIN EN ISO 7731 für ein Gefahrensignal zulässigen Höchstwert von 118 dB (A).

Daraus ergeben sich uneingeschränkte Gestaltungsoptionen für ein Gefahrensignal. Diese Wertung gründet sich auf der Berechnungsformel des Signalschallpegels aus den einzelnen Terzbändern:

$$\text{Signalschalldruckpegel} = 10 \cdot \log (10^{\text{dB}(f_1)/10} + 10^{\text{dB}(f_2)/10} + 10^{\text{dB}(f_3)/10} + \dots) \quad (3)$$

f₁, f₂, f₃=Schalldruckpegel der Terzbänder, in denen die Frequenzen, aus denen sich das Gefahrensignal zusammensetzt, liegen

Selbst wenn das Gefahrensignal Frequenzkomponenten in allen Terzbändern von $f_m = 500$ bis $f_m = 3150$ Hz mit den in der Tabelle 50 ausgewiesenen Mindestwerten enthielte, ergäbe sich gemäß dieser Formel ein Signalschalldruckpegel von rund 109 dB (A). Aufgrund des relativ flachen Verlaufs der Konformitätsgrenze, die keine nennenswerten Senken aufweist (vgl. Abbildung 60), kann der Signalschalldruckpegel bei einer Verlegung der Signalkomponenten in diejenigen Terzbänder mit den niedrigsten Mindestwerten nicht deutlich abgesenkt werden. Dies ließe sich lediglich durch die Reduzierung der Anzahl an Komponenten erreichen.

6.4.2 Berechnung geeigneter Signalkomponenten einer externen Schallquelle

Die von außen auf den Kapselgehörschützer auftreffenden Schallsignale müssen trotz der terzbandspezifischen Dämmung durch die Kapselgehörschützer mindestens noch die in Tabelle 50 zusammengefassten Schalldruckpegelwerte erreichen. Um die hierfür erforderlichen Schalldruckpegelwerte über den Kapselgehörschützern zu ermitteln, müssen nunmehr auch die einzelnen Dämmwerte der Gehörschutztypen Berücksichtigung finden. Deshalb wurden zu den bereits für eine gehörschutzinterne Schallquelle berechneten Konformitätswerten (s. Anhang, Tabellen A_2 bis A_4, A_8 bis A_10 und A_14 bis A_16) in jedem Terzband die jeweils höchsten Dämmwerte der untersuchten Gehörschutztypen (s. Tabelle 11) hinzu addiert. Die modellspezifischen Konformitätswerte sind den Tabellen A_5 bis A_7, A_11 bis A_13 und A_17 bis A_19 im Anhang zu entnehmen. Die Tabelle 51 fasst die Konformitätswerte der Terzbänder aus dem Pool der untersuchten Kapselgehörschützer unter Beachtung der gewählten Genauigkeitsklasse zusammen.

Tabelle 51: Konformitätswerte ($L_{S, A \text{ min}}$) in Abhängigkeit von Kongruenzzeit in dB (A)

Kongruenzzeit [%]	Mittelfrequenz-Terzband f_m [Hz]								
	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
95	119	119	120	122	119	116	114	114	116
99	122	121	123	124	123	118	117	117	119
100	128	129	131	132	131	129	130	130	132

Wie daraus zu entnehmen ist kann ein von außen auf den Kapselgehörschützer einwirkendes Gefahrensignal die normativen Restriktionen nicht einhalten (s. Kongruenzzeit 100%).

Auch wenn hinsichtlich der Kontinuität der Signalhörbarkeit Abstriche in Kauf genommen würden (Kongruenzzeit 95 % und 99 %), blieben die zur Hörbarkeit notwendigen Mindestwerte lediglich in den Terzband mit der Mittenfrequenz von ≥ 1600 Hz unter dem regulativ zulässigen Höchstwert von 118 dB (A).

Die hohen Mindestwerte erschweren eine normengerechte Gestaltung der Gefahrensignale. So kann das Gefahrensignal in keiner der untersuchten Genauigkeitsklassen, wie in der DIN EN ISO 7731 empfohlen, zwei Hauptkomponenten im Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 1500 Hz enthalten, ohne dass das zulässige Limit überschritten wird (vgl. Formel (1)).

6.4.3 Bereitstellung herstellergerechter Daten zur Gestaltung geeigneter Gefahrensignale

6.4.3.1 Normierte Schalldruckpegel für eine außerhalb des Gehörschutzes platzierte Schallquelle

Um ein akustisches Signal zu erzeugen, welches die über dem Kapselgehörschützer nach Kapitel 4.2 mindestens erforderlichen Schalldruckpegel aufweist, müssen sowohl die Entfernung als auch das Ausmaß weiterer Störeffekte (Reflexion, Brechung, Beugung sowie Absorption und Interferenzen) bekannt sein.

Sind die Ausmaße einer Schallquelle relativ klein gegenüber der Distanz zwischen dieser und dem Immissionspunkt, breitet sich die Schallenergie kugelförmig aus. Es gilt das Abstandsgesetz der Schallgrößen, wonach sich der Schalldruck p bei einer Abstandverdoppelung auf die Hälfte des Anfang-Schalldruckes reduziert. Die Pegelveränderung berechnet sich nach der Formel:

$$\Delta L \text{ in dB} = 20 * \log (\text{Abstand } r_2 / \text{Abstand } r_1) \quad (4)$$

Demzufolge ergibt sich eine Pegelminderung um (-) 6 dB je Abstandverdoppelung. Dieses Gesetz ist jedoch nur solange gültig, wie Boden und Luftdämpfung den Pegel nicht sichtlich beeinflussen. Die Luftdämpfung nimmt mit steigender Frequenz oder absinkenden Temperaturen zu, macht sich aber erst spürbar ab einem Ausbreitungsweg des Schalls über 200 m bemerkbar. Während der Arbeit mit der Motorsäge kommen üblicherweise jedoch nur Signalgeber in Betracht, die direkt am Körper getragen werden. Somit liegt der Signalempfangsbereich deutlich unter den 200 m; die frequenz- und temperaturabhängige Luftdämmung ist daher zu vernachlässigen.

Ausgehebelt wird das Abstandsgesetz jedoch durch die schwache Reflexion des Schalls an dem laubbedeckten Boden sowie den umstehenden Bäumen. Ist die Schallquelle des Signalgebers ferner durch eine Schutztasche oder durch darüber liegende Kleidung verdeckt, wird der Schall in Abhängigkeit von der Frequenz in unterschiedlicher Weise absorbiert. Bedingt

durch die Anatomie des menschlichen Körpers kann die Schallwelle in der Regel nicht auf direktem Weg zum Immissionspunkt gelangen. Die daraus resultierende Schallbeugung hat ebenfalls einen schalldämmenden Charakter, der umso stärker ausgeprägt ist, je näher das Hindernis an der Schallquelle liegt und je höher die Frequenzen des Emissions-Schalls sind.

Folglich treffen lage- und umgebungsabhängig unterschiedliche Anteile an Direktschall (unbeeinflusst von Reflexionen) und Diffusschall (beeinflusst durch Reflexion) sowie transmittierten Schall am Immissionspunkt (unmittelbar über dem Kapselgehörschützer) auf.

Die Distanz zwischen Schallquelle und dem Kapselgehörschützer ergibt sich aus dem Trageort des Signalgebers. Diesbezüglich wurden die Regiearbeiter des Landesbetriebes Wald und Holz von Nordrhein-Westfalen im Zuge einer Fragebogenaktion hinsichtlich ihrer bevorzugten Trageorte von Signalgebern interviewt. Demnach wurde ein Notrufgerät am häufigsten in der Brusttasche mitgeführt. Knapp die Hälfte (49 %) der Forstwirte positionieren das Gerät an dieser Stelle. Deutlich seltener wurde es seitlich (lateral) am Gürtel (16 %) sowie in der Oberarmtasche (11 %) und in der Hosentasche (9 %) appliziert (s. Kapitel 6.1.2.4).

Um die Reliabilität der Versuchsergebnisse zu gewährleisten, wurden die zur quantitativen Bewertung der schalldruckmindernden Einflüsse erforderlichen Messungen in einem reflexionsarmen Messraum der Universität Paderborn durchgeführt. Absorptionsmaterial an Decke, Boden und Wänden verringern die Reflexionen auf ein Minimum, so dass in diesem Raum mit einem Freifeld vergleichbare Bedingungen herrschen. Somit kann der ohnehin schwer bestimmbare Einfluss des von Bäumen und weiterer Vegetation reflektierten Schalls weitgehend ausgeschlossen werden. Jedoch wurde zur Simulation eines laubbedeckten Bodens ein Teppich ausgerollt, um eine schwache Reflexion zu ermöglichen. Die eingesetzte Messpuppe wurde mit der in der Forstwirtschaft praxisüblichen Arbeitsschutzkleidung ausgestattet (s. Abbildung 61).



Abbildung 61: Versuchsaufbau im reflexionsarmen Raum

Die Körperhöhe dieses Dummys beträgt 1,77 m und entspricht dem 50. Perzentil sozial und regional repräsentativer 20- bis 35-jähriger Männer aus der Bundesrepublik (DIN 33402, 2005).

Der Messpuppe wurde eine Schallquelle mit einem Durchmesser von 6 cm an den folgenden Messpunkten nacheinander appliziert: Gürtel lateral rechts, Gürtel lateral rechts in einer Schutzhülle, Hosentasche rechts, Hosentasche links, Brusttasche rechts, Brusttasche links, Armtasche rechts. In den Hosentaschen war der Signalgeber neben dem Stoff der Schnittschutzhose auch von einer Fließjacke und der Schutzjacke überdeckt. Mit Hilfe eines Sinustongenerators wurden die Mittenfre-

quenzen der Terzbänder von $f_m = 400$ Hz bis $f_m = 4000$ Hz mit der dem Gerät maximal möglichen Schalleistung erzeugt und der Immission-Schalldruckpegel mit einem Schallpegelanalysator von Brüel und Kjær (Typ Investigator 2260) über dem rechten Kapselgehörschützer gemessen (s. Abbildung 62). Die einzelnen Messergebnisse werden im Anhang, Tabelle A_20 in Abhängigkeit von der Positionierung der Schallquelle dargestellt.

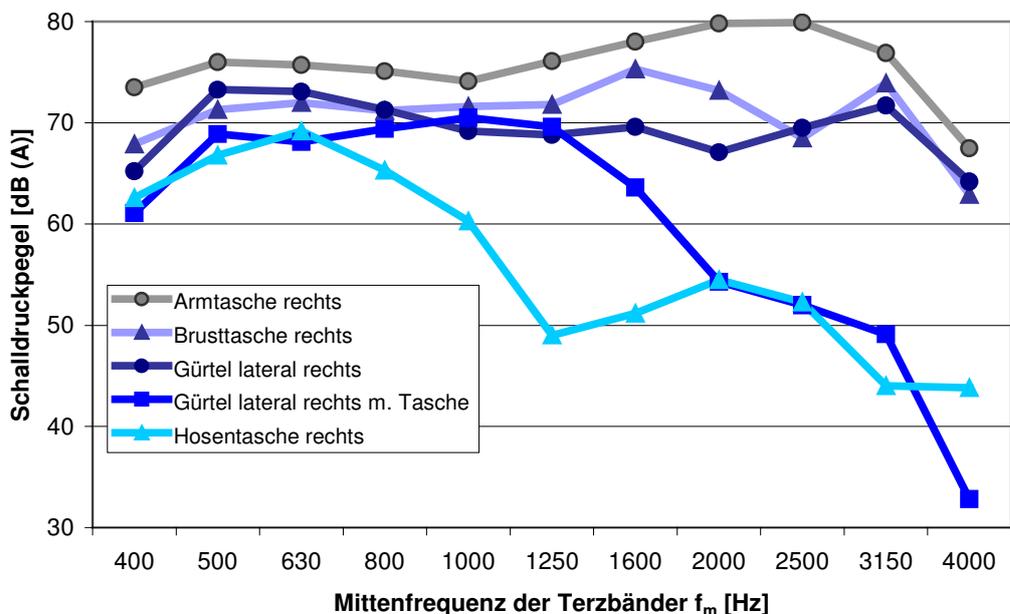


Abbildung 62: Immission-Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der vertikalen Positionierung der Schallquelle und der Frequenz

Wird die Schallquelle nicht bzw. nur mit relativ dünner Kleidung verdeckt (Gürtel lateral rechts, Arm- und Brusttasche), ist der Verlauf der Dämpfungskurve verhältnismäßig flach. Hingegen werden bei dickeren (Gürtel lateral rechts m. Schutztasche) oder mehrschichtigen Deckmaterialien (Hosentasche rechts, überdeckt mit Fließ- und Schutzjacke) die höheren Frequenzen wesentlich stärker als die tieferen Frequenzen absorbiert.

Eine Verlagerung der Trageposition zur entsprechenden gegenüberliegenden Körperstelle verursacht hingegen keine stärkeren Abweichungen als bei den vertikalen Verlegungen der Trageposition (s. Abbildung 63).

Um die Schalleistung ihrer Signalschallquellen den Erfordernissen anpassen zu können, benötigen die Hersteller entsprechend normierte Vorgabegrößen. Hierzu zählen die Oktav- oder Terzbandpegel bei den Mittenfrequenzen von 125 Hz bis 8000 Hz, die in einer Entfernung von 1 m in der Hauptabstrahlrichtung der Schallquelle gemessen werden.

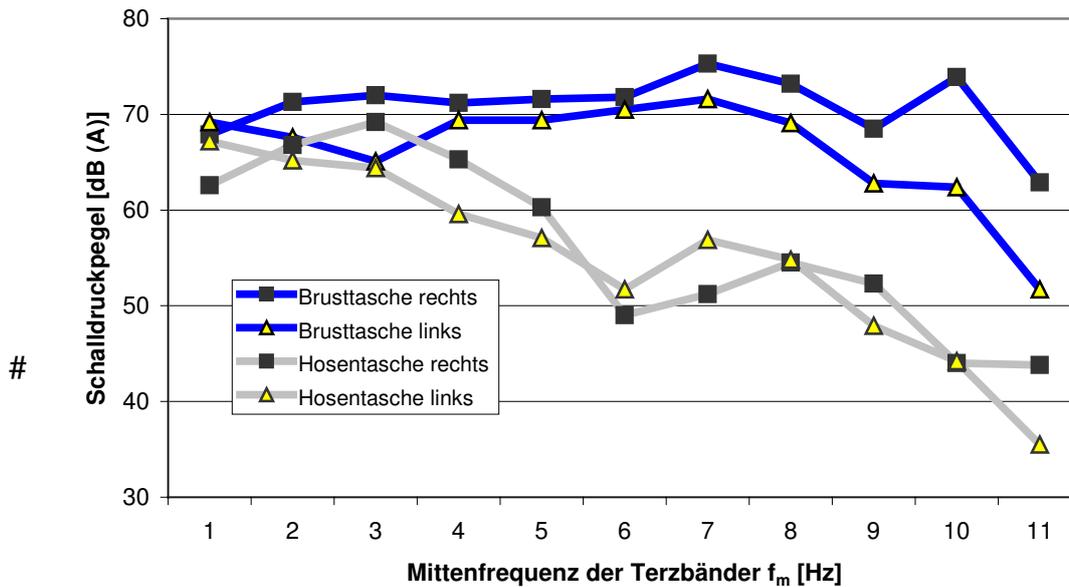


Abbildung 63: Immission-Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der horizontalen Positionierung der Schallquelle und der Frequenz

Für deren Bereitstellung wurde ein gesondertes Berechnungsschema verwendet. Zunächst wurde der Teppich und die Messpuppe aus dem reflexionsarmen Raum entfernt und die Schallquelle in genau 1 m Distanz zum Mikrophon des Schallanalysators und in 1 m Höhe über dem Boden positioniert. Mittels des Sinustongenerators wurden erneut die Mittenfrequenzen der Terzbänder $f_m = 400$ Hz bis $f_m = 4000$ Hz mit der dem Gerät maximal möglichen Schallleistung generiert und der Direktschall bemessen. Die Messergebnisse können der Tabelle 52 entnommen werden.

Tabelle 52: Direktschalldruckpegel ($L_{S, A 1 m}$) [dB (A)] der Terzbänder, gemessen in 1 m Entfernung von der Schallquelle

Mittenfrequenz der Terzbänder f_m [Hz]										
400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
65,6	68,1	68,5	69,9	68,0	68,2	72,1	71,8	74,8	80,5	78,5

Ausgehend von dem bekannten Verhältnis der in Abhängigkeit vom Trageort gemessenen Immission-Schalldruckpegel (s. Tabelle A_20, Anhang) über dem Kapselgehörschützer zu den gemessenen Direktschalldruckpegel $L_{S, A 1 m}$ (s. Tabelle 52), können nunmehr die vom Trageort abhängigen Konformitätswerte auf eine Bezugsentfernung von einem Meter umgerechnet werden (s. Tabelle 53), die im gleichen Verhältnis zu den Konformitätswerten über dem Kapselgehörschützer (s. Tabelle 50 bei einer Kongruenzzeit von 100 %) stehen.

Tabelle 53: Normierte Werte [dB (A)] in 1 m Entfernung Direktschall für eine externe Schallquelle

Trageort	Mittenfrequenz der Terzbänder f_m [Hz]										
	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
Gürtel lateral rechts o. Tasche	k.A	119	121	128	130	129	134	139	140	148	k.A
Gürtel lateral rechts m. Tasche	k.A	127	130	132	127	127	146	172	187	216	k.A
Hosentasche rechts	k.A	130	128	140	149	181	182	171	186	242	k.A
Hosentasche links	k.A	134	137	154	157	171	163	170	203	240	k.A
Brusttasche links	k.A	129	136	132	129	126	130	135	155	170	k.A
Brusttasche rechts	k.A	122	123	129	125	123	124	128	142	144	k.A
Armtasche rechts	k.A	115	117	122	121	117	119	117	122	138	k.A

6.4.3.2 Normierte Schalldruckpegel für eine in den Gehörschutz integrierte Schallquelle

Zur Berechnung der normierten Vorgabegrößen für die internen Schallquellen wurden die Werte bei einer Kongruenzzeit von 100 % ($L_{S,A \min 100}$) aus der Tabelle 50 herangezogen.

Bei einer Entfernung von 2 cm der internen Schallquelle bis zum Beginn des Gehörgangs und dem Ausschluss von Reflexion als relevante Einflussgröße berechnet sich der Schalldruckpegel in 1 m Entfernung nach dem Abstandgesetz:

$$\Delta L \text{ in dB} = 20 * \log (\text{Abstand } 100 \text{ cm} / \text{Abstand } 2 \text{ cm}) \quad (5)$$

Die Ergebniswerte werden in der Tabelle 54 ausgewiesen.

Tabelle 54: Normierte Werte in 1 m Entfernung Direktschall für eine integrierte Schallquelle

	Mittenfrequenz-Terzband f_m [Hz]								
	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$L_{S,A \min 100}$	101	100	98	97	99	97	99	100	98
$-\Delta L$	34	34	34	34	34	34	34	34	34
$L_{S,A 1 m}$	67	66	64	63	65	63	65	66	64

Über- oder unterschreitet der modellspezifische Abstand zwischen Schallquelle und Beginn des Gehörgangs den Wert von 2 cm, so müssen die normierten Größen mit den entsprechenden Abstandswerten berechnet werden.

6.5 Ergebnisse der Simultanstudie

6.5.1 Meldefrist

Bei den Zeitstudien zur Erhebung der Meldefrist in der klassischen Rettungskette (Variante 1) nahm der Anwählvorgang versuchsbedingt sieben Sekunden mehr Zeit in Anspruch als eine Notrufabsetzung unter der Nummer 112. Dieser Differenzwert wurde von den Stichprobenwerten der Meldefrist abgezogen.

Bei dem Szenario *bewusstlos* wurde der „Verunfallte“ in 10 % ($n = 2$) der Fälle nicht innerhalb des Versuchszeitraumes von 30 Minuten von einem seiner Kollegen aufgefunden. Analog des Versuchsplans gilt in beiden Stichproben der Proband als nicht gefunden; die zugehörigen Messergebnisse gehen nicht weiter in die Berechnung statistischer Kennwerte der Meldefrist ein.

Die Box-and-Whisker-Plots (s. Abbildung 64) zeigen die Häufigkeitsverteilung der Meldefrist in den beiden untersuchten Szenarien *bewusstlos* und *bei Bewusstsein*.

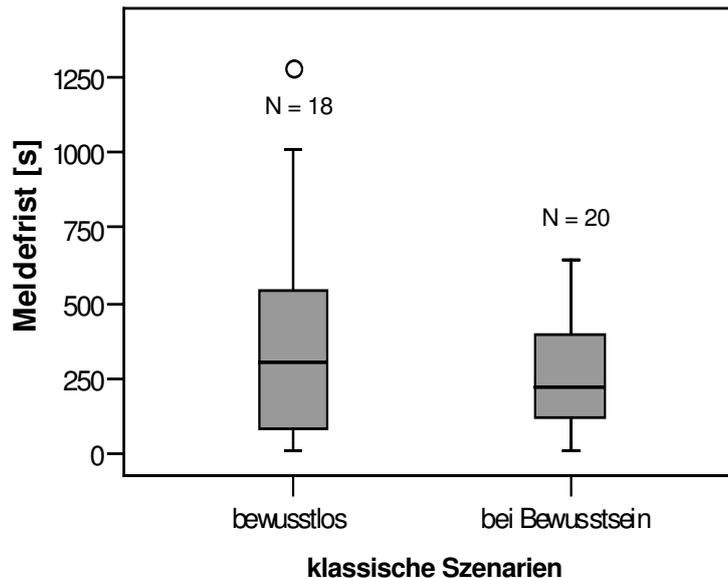


Abbildung 64: Box-and-Whisker-Plots mit der Verteilung der Meldefristen in der klassischen Rettungskette, getrennt nach den Fällen, in denen der Verunfallte bewusstlos oder bei Bewusstsein war.

Die Variabilität der Messwerte und die Rechtsschiefe ist bei dem Szenario *bewusstlos* größer als in dem Szenario *bei Bewusstsein*. In den Fällen, in denen der Verunfallte noch durch Rufe oder visuelle Signale auf sich aufmerksam machen konnte, lag das arithmetische Mittel ($MW = 252$ s) 130 s unter dem entsprechenden Wert der Messserie, in denen die Probanden eine bewusstlose Person simulierten ($MW = 382$ s). Die Unterschiede der beiden Grundgesamtheiten sind aber gemäß eines MANN-WHITNEY-U-Testes nicht signifikant ($\alpha = 0,393$).

Im Folgenden wurden die Stichprobenwerte der Szenarien *bewusstlos* und *bei Bewusstsein* mit der Meldefrist der modifizierten Rettungskettenvarianten (2, 3, 4, 5) verglichen, die sich aus der Länge der Auslösezeit (30 s), der Voralarmzeit (30 s) und der Aufschaltzeit auf die Notrufzentrale ergibt (s. Abbildung 65).

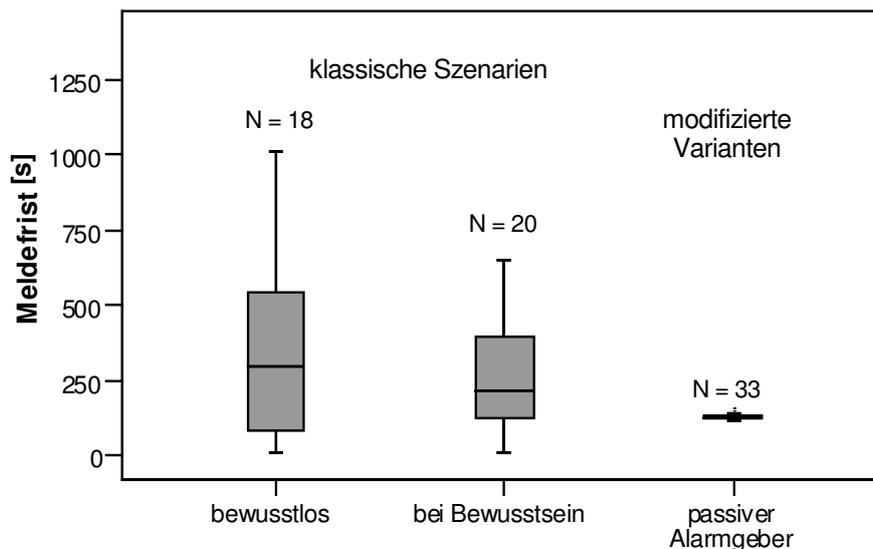


Abbildung 65: Verteilung der Meldefristen bei der klassischen Rettungskette (Szenario Verunfallter „bewusstlos“ und Verunfallter „bei Bewusstsein“) und bei den modifizierten Rettungskettenvarianten (Alarmauslösung durch einen passiven Alarmgeber)

Aus der weitgehenden Automatisierung der Notrufprozedur resultiert bei der Variante *Notrufzentrale* eine nur geringe Variabilität der Werte, die mit einem Mittelwert (MW) von 129 s und einem Median von 125 s eine deutlich niedrigere zentrale Tendenz als bei den beiden Szenarien der Variante *klassisch* aufwies. Ein MANN-WHITNEY-U-Test ergab, dass bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ die Meldefrist in den modifizierten Rettungskettenvarianten signifikant kleiner als die Meldefrist der klassischen Rettungskettenszenarien ist. Meldesysteme, die mit einem passiven Alarmgeber ausgerüstet und auf eine Notrufzentrale geschaltet sind, führen somit zu einer schnelleren Einleitung der Rettungsmaßnahmen.

In der Variante *klassisch* bemerkten die Gruppenmitglieder den von den Probanden gemimten „Verunfallten“ in rund 18 % der Fälle erst nach Ablauf des für die kardiopulmonale Reanimation effektiven Zeitraumes von zehn Minuten. Bei schweren Unfällen, die eine Bewusstlosigkeit des „Verunfallten“ zur Folge hatten (Szenario *bewusstlos*), lag dieser Wert mit 30 % noch deutlich höher (s. Tabelle 55).

Tabelle 55: Anteil der Fälle in den Szenarien der klassischen Rettungskette, deren Meldefrist das Zeitlimit von 5 bzw. 10 Minuten überschreitet

Szenarien der Variante <i>klassisch</i>		Meldefrist (min)		Anzahl gültiger Stichproben
		> 5	> 10	
Verunfallter war ...	bewusstlos	55,0 %	30,0 %	20
	bei Bewusstsein	45,0 %	5,0 %	20
Mittelwert der Variante		50,0 %	17,5 %	

In einem dieser Fälle brach die Versuchsperson den Versuch vereinbarungsgemäß nach Überschreitung des Versuchszeitraumes ab. Der „Unfallort“ lag in einem Jungwuchsbereich und war für die weiteren Gruppenmitglieder schlecht einsehbar. Auch in dem anderen Extremfall war das Blickfeld durch die Bestandesverjüngung stark eingeschränkt. Entgegen der Ab-

sprache verharrte der Proband aber auch nach Ablauf der gesetzten Versuchsfrist weiter am Unfallort. Erst nach einer Stunde und 17 Minuten wurden die Arbeitskollegen auf den „Arbeitsunfall“ aufmerksam, weil der Betroffene nicht zur Frühstückspause erschien. Ähnlich verhielt es sich bei einer weiteren Stichprobe, in der die Arbeitskollegen erst nach der Testperson zu suchen begannen, als diese nicht in die Schutzhütte kam. Ein vorgetäuschter Unfall wurde erst von einem in etwa 100 m Entfernung arbeitenden Kollegen in einer Sägepause bemerkt, ein anderer blieb aufgrund des unübersichtlichen Arbeitsplatzes im Windwurf rund elf Minuten unentdeckt. Schließlich wurde ein Forstwirt nach 17 Minuten zufällig von einem Anwärter beim Auszeichnen gefunden, als dieser den schlecht einsehbaren Unfallort passierte.

Gesondert wurde untersucht, warum die Meldefrist trotz der Hilferufe des Probanden bei der Variante *bei Bewusstsein* in 45 % (N = 9) der Fälle länger als fünf Minuten währte. In sechs von neun Fällen bemerkten die Arbeitskollegen trotz geringen Distanzen (40 m [n = 3], 50 m [n = 1], 60 m [n = 1] und 100 m [n = 1]) zunächst die visuellen Signale des Kollegen, da die Rufe durch die lauten Störgeräusche der Motorsägen verdeckt wurden. In einer Stichprobe nahm ein weiteres Gruppenmitglied erst in einer Sägepause die akustischen Signale vom „Unfallort“ wahr. Ein Forstwirt wurde von einem unregelmäßig vorbeikommenden Rucker gefunden, der mit dem Abziehen der Bäume beschäftigt war. Schließlich wurden in einem Fall die Rufe zunächst nicht von dem zweiten Gruppenmitglied gehört, da dieses von einem durch Starkwind gelösten Ast getroffen worden war und sich kurzzeitig zur Erholung in das Dienstfahrzeug zurückgezogen hatte.

6.5.2 Notrufbearbeitungszeit in der Notrufzentrale

6.5.2.1 Teilzeiten

- Rufaufbau zum Unfallopfer (Rufaufbauzeit)

Gleichzeitig mit der Annahme/Quittierung des Notruftelegramms wurden die darin enthaltenen Informationen in die Einsatzdatenerfassungsmaske des betreffenden Arbeitsplatzes übernommen. Durch Berühren einer auf dem Touchscreen projizierten Funktionstaste wurde die Person zurückgerufen, die den Alarm ausgelöst hatte. Das arithmetische Mittel des Zeitverbrauches von der Einsatzübernahme bis zum ersten Freiton betrug 18 s.

- Zeitbeschränkung für die Kontaktaufnahme (Kontaktherstellungszeit)

Für die Kontaktherstellung wurden – wie in der Beschreibung der Versuchsmethodik argumentativ hergeleitet – pauschal 30 s veranschlagt.

- Abfrage der raumbezogenen Rettungsdaten (Attributabfragezeit)

Die Zuordnung des Notfallortes zu einer Waldabteilung und das Einlesen der rettungsrelevanten Objektattribute nahm durchschnittlich 38 s in Anspruch (Maximalwert 53 s, Minimalwert 21 s). Die Spannweite der Werte ist vorrangig auf unterschiedlich hohe Schwierigkeitsgrade bei der Festlegung eines geeigneten Routenendpunktes zurückzuführen.

– Gesprächsaufbauzeit Leitstelle

Die sich aus der Leitstellenerreichungszeit und der Aufschaltzeit zusammensetzende Gesprächsaufbauzeit hatte eine durchschnittliche Länge von 21 s.

Die Leitstellenerreichungszeit betrug im arithmetischen Mittel 15 s. Da es sich um eine rein technisch beeinflusste Größe handelt, sind die Abweichungen vom Mittelwert geringfügig (Maximalwert 16 s, Minimalwert 14 s).

Die Aufschaltzeit wies hingegen eine größere Streuung auf (s. Abbildung 66). Im Mittel vergingen 6 s vom Notrufeingang in der Leitstelle bis zur Gesprächsannahme durch einen Disponenten. Die beiden in der Abbildung gekennzeichneten Extremwerte (20 s und 37 s) kamen dadurch zustande, dass zum Zeitpunkt des Notrufeinganges alle Leitungen zu den Arbeitsplätzen belegt waren. Der Anruf wurde dann auf den am nächsten frei werdenden Arbeitsplatz weitergeleitet.

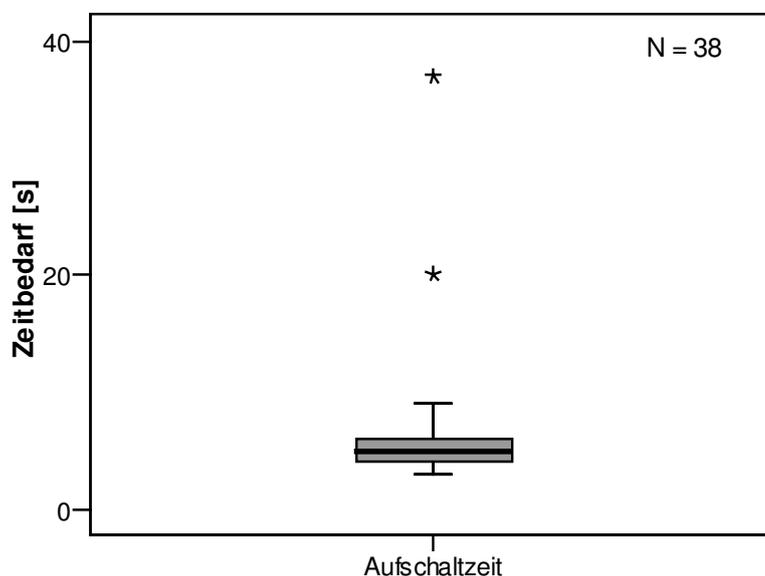


Abbildung 66: Verteilung der Stichprobenwerte bei der Bemessung der Aufschaltzeit in der Leitstelle Meschede

6.5.2.2 Gesamtzeit

Bei der Berechnung der Notrufbearbeitungszeit werden zwei Versionen unterschieden. Wird der Unfallort mit einem Rettungsfahrzeug, das über ein Navigationssystem verfügt, angefahren, muss der Disponent der Notrufzentrale lediglich die Positionskordinaten des Verunfallten an die Leitstelle weitergeben (Version *Koordinaten*). Rettungsfahrzeuge ohne Navigationssystem benötigen jedoch eine genaue Beschreibung des Unfallortes und der Anfahrtroute. Muss der Disponent der Notrufzentrale noch den für den Unfallort geeigneten Treffpunkt sowie die zuständige Leitstelle mit Hilfe des Geografischen Informationssystems bestimmen (Version *Rettungspunkt*), verlängert sich die Bearbeitungszeit im Vergleich zur Version *Koordinaten* um 38 s.

In der Version *Koordinaten* beträgt die Bearbeitungszeit im arithmetischen Mittel 69 s und in der Version *Rettungspunkt* 107 s. Diese Werte ergeben sich durch die Addition der der Version zuzurechnenden Teilzeiten. (s. Tabelle 56).

Tabelle 56: Vergleich der Notrufbearbeitungszeit „Notrufzentrale“ in den Versionen „Koordinaten“ und „Rettungspunkt“

Teilzeit	Zeitbedarf [s]	
	Version <i>Koordinaten</i>	Version <i>Rettungspunkt</i>
Rufaufbauzeit	18	18
Kontaktstellungszeit	30	30
Attributabfragezeit	–	38
Gesprächsaufbauzeit Leitstelle	21	21
Notrufbearbeitungszeit	69	107

Der durchschnittliche Zeitverbrauch von 110 s für die Erstellung einer detaillierten Anfahrt- und Anwegbeschreibung sowie die Fax-Übertragungszeit von 180 s wurde nicht der Notrufbearbeitungszeit angerechnet, da die Handlungsstränge parallel zu der Notrufbearbeitung in der Leitstelle verlaufen (vgl. Kapitel 3.2).

6.5.3 Notrufbearbeitungszeit Leitstelle

Für die Abfrage und Erfassung sowie für die Auswahl des Einsatzmittels benötigte der Disponent der Kreisleitstelle Hochsauerland bei den direkt vom Unfallort eingehenden Forstnotrufen durchschnittlich 62 s (Maximalwert 88 s, Minimalwert 50 s). Da die rettungsrelevanten Informationen in der Notrufzentrale bereits schematisiert, konzentriert und mit Termini der Fachsprache belegt wurden, ist der Zeitbedarf für die Abfrage und Erfassung bei den modifizierten Varianten mit 58 s geringfügig kleiner.

6.5.4 Ausrückezeit

Die Länge der Ausrückezeit ist unabhängig von der gewählten Variante und wird daher pauschal auf 90 s veranschlagt. Für die Kreisleitstelle Hochsauerland war dies gemäß interner Vorgaben die maximal zulässige Zeitspanne von der Alarmierung der Rettungswache bis zum Ausrücken des Einsatzfahrzeuges.

6.5.5 Vergleich der variantenspezifischen Vor-/Anlaufzeit

Die Vor- und Anlaufzeit ist in den modifizierten Rettungskettenvarianten trotz der Integration einer Notrufzentrale in den Rettungsprozess deutlich kürzer als bei der klassischen Rettungskette (vgl. Abbildung 67). Die Zeitersparnis ist maßgeblich auf die drastische Reduzierung der

Meldefrist durch die passiven Alarmgeber zurückzuführen. Rettungsmaßnahmen können so wesentlich früher eingeleitet werden.

Sind die Rettungsfahrzeuge der zuständigen Leitstelle alle mit Navigationsgeräten ausgerüstet, müssen lediglich die Koordinaten durchgegeben werden, um den Rettungskräften die Auswahl einer geeigneten Anfahrtroute zu ermöglichen. Die Summe der Vor- und Anlaufzeit weist folglich in den Varianten 3 und 5 mit jeweils 256 s die niedrigsten Werte auf. Gegenüber der klassischen Rettungskette, Szenario „Unfallopfer ohne Bewusstsein“ (445 s) weisen sie einen Zeitvorteil von 189 s und selbst im Vergleich mit dem Szenario „Unfallopfer bei Bewusstsein“ noch eine Zeitersparnis von 59 s aus.

Klassische Rettungskette (Variante 1)

 <p>Klassische Rettungskette</p>	<i>Szenario „Unfallopfer bewusstlos“</i>		Gesamtzeit
	Meldefrist	Notrufbearbeitungszeit Leitstelle	
	383 s	62 s	= 445 s
	<i>Szenario „Unfallopfer bei Bewusstsein“</i>		Gesamtzeit
Meldefrist	Notrufbearbeitungszeit Leitstelle		
253 s	62 s	= 315 s	

Modifizierte Rettungskettenvarianten (Varianten 2-5)

 <p>Modifizierte Rettungskette</p>	<i>Einsatzfahrzeuge mit Navigationssystem (Varianten 3 und 5)</i>			Gesamtzeit
	Meldefrist	Bearbeitungszeit Notrufzentrale	Bearbeitungszeit Leitstelle	
	129 s	69 s	58 s	= 256 s
<i>Einsatzfahrzeuge mit analoger Karte (Varianten 2 und 4)</i>				Gesamtzeit
Meldefrist	Bearbeitungszeit Notrufzentrale	Bearbeitungszeit Leitstelle		
129 s	107 s	58 s	= 294 s	

Abbildung 67: Vergleich der variantenspezifischen Vor- und Anlaufzeiten

In den Varianten 2 und 4 muss der Disponent der Notrufzentrale noch raumbezogene Rettungsdaten aus dem GIS abrufen. Durch den Mehraufwand verzögert sich die 294 s betragende Vor-/Anlaufzeit gegenüber den beiden anderen modifizierten Varianten (3 und 5) um 38 s. Der Zeitvorteil gegenüber den beiden Szenarien (Verunfallter bewusstlos und Verunfallter bei Bewusstsein) der klassischen Rettungskette beträgt 151 s und 21 s.

6.5.6 Variantenspezifische Erfolgsquote

In den Varianten 4 und 5 konnte in 7,7 % bzw. 8,0 % der Fälle das durch die Puppe simulierte Unfallopfer nicht aufgefunden werden (vgl. Tabelle 57). Bei jedem dieser Misserfolge wurde das für die Zugangszeit gesetzte Zeitlimit von 30 min überschritten. Spätestens zu diesem Zeitpunkt hätten die Rettungskräfte unter realen Bedingungen weitere Unterstützung angefordert. Allein mit den von der Notrufzentrale über die Leitstelle bereitgestellten Informationen wäre ein Auffinden des Verunglückten somit nicht möglich gewesen.

Tabelle 57: Anteil der in den Varianten erfolgreich aufgefunden Verunfallten

	Variante	Stichprobenumfang	Erfolgreich aufgefundene Verunfallte [%]
1	klass. Rettungskette, Lotsensystem	102	100,0
2	Rettungskarte, akustische Hilfe	50	100,0
3	Navigationssystem, akustische Hilfe	52	100,0
4	Rettungskarte, keine akustische Hilfe	52	92,3
5	Navigationssystem, keine akustische Hilfe	50	92,0

Diese Varianten unterschieden sich von den beiden übrigen Szenarien des modifizierten Rettungskonzeptes (Varianten 2 und 3) dadurch, dass vom Unfallort keine akustischen Signale ausgehen, die den Rettungskräften eine zusätzliche Orientierungsmöglichkeit boten.

Alle Fehlschläge können mit Problemen begründet werden, die beim Angehen des Unfallortes auftraten und damit der Zugangszeit zuzurechnen sind. Bei der Variante 4 waren in drei von vier Fällen die Anwegbeschreibungen unpräzise bzw. wurden diese fehlgedeutet. Dennoch lag das Suchgebiet mit einer Distanz kleiner als 100 m relativ nah am Unfallort. Der Dummy konnte aber infolge geringer Sichtweiten nicht gefunden werden. Bei einem weiteren Stichprobenpunkt lag die Puppe im hohen Gras und war trotz der Signalfarben der PSA nicht sichtbar, obwohl der Ort mehrmals in einer Entfernung von ca. 10 m passiert wurde.

Generell konnte mit dem Navigationssystem die noch zu Fuß zurückzulegende Strecke zu dem im Bestand liegenden Unfallort nur schwerlich abgeschätzt werden, da eine Maßstabsleiste im Display fehlte. Dies führte dazu, dass bei der Variante 5 in drei Fällen an der falschen Stelle gesucht wurde. Obwohl der Unfallort nicht mehr als 100 m vom Suchgebiet entfernt war, wurde die Puppe aufgrund dichter Bestände oder unübersichtlichen Terrains nicht entdeckt. Der vierte Misserfolg war offensichtlich darauf zurückzuführen, dass der Dummy aufgrund einer Fehlberechnung des GPS-Handgerätes in einer Entfernung von 170 m von dem tatsächlichen Stichprobenpunkt abgelegt worden war. Dadurch war es den Rettungskräften, die die Koordinaten des Stichprobenpunktes erhielten, nicht möglich, die Attrappe aufzufinden.

6.5.7 Vergleich der Anfahrts- und Zugangszeiten

6.5.7.1 Auswertungskonzept

Die absoluten Werte der in den einzelnen Varianten gemessenen Anfahrts- und Zugangszeiten spielen hinsichtlich des Untersuchungszieles eine nachrangige Rolle, da der benötigte Zeitbedarf von diversen Faktoren beeinflusst wird, die kleinörtlich variieren können. Die absoluten Messwerte können daher nur auf das Untersuchungsgebiet bezogen werden. Selbst ein Vergleich der absoluten Zeitwerte der Varianten beider Gruppen (Gruppe 1 mit den Varianten 1, 2, 5 und Gruppe 2 mit den Varianten 1, 3, 4) wäre nicht aussagekräftig, weil nicht variantenimmanente Faktoren, wie zum Beispiel längere Anfahrtswege in der Gruppe 2, die Fahrzeiten beeinflussen. Um dennoch auch eine Vergleichbarkeit der Varianten unterschiedlicher Gruppen zu ermöglichen, mussten deren absolute Zeitwerte zunächst in eine dimensionslose Verhältnisgröße umgerechnet werden.

Hierzu wurde in der Gruppe 1 an jedem Stichprobenpunkt der Zeitverbrauch für die Abschnitte Fahrzeit öffentliche Straße, Fahrzeit nichtöffentliche Straße und Zugangszeit sowohl in den modifizierten Varianten 2 und 5 als auch in der klassischen Rettungskette (Variante 1) gemessen. Anschließend konnte für jeden Zeitabschnitt der modifizierten Varianten die Differenz zu dem entsprechenden Wert der als Maßstab verwendeten klassischen Variante berechnet werden. Nach Abschluss der Zeitstudien wurden für jede Variante und jeden Zeitabschnitt die Mittelwerte der Differenzen berechnet. Die Differenzwerte wurden mit dem absoluten Zeitbedarf der klassischen Rettungskette der zugehörigen Gruppe in Relation gesetzt, wodurch sich eine dimensionslose Verhältnisgröße ergab.

6.5.7.2 Verzögerungen während der Anfahrzeit

Die Variantenpaare 2 und 4 (Anfahrt mit Rettungskarte) sowie 3 und 5 (Anfahrt mit Navigationssystem) unterscheiden sich lediglich dadurch, dass den Rettungskräften jeweils in einer der Varianten das Auffinden des Unfallortes durch zusätzliche akustische Signale erleichtert wird. Da aber die akustische Hilfestellung vornehmlich während des Angehens zum Unfallort wirksam wird und damit Einfluss auf die Zugangszeit ausübt, können die Variantenpaare zur Untersuchung der Fahrzeit zu Kategorien zusammengefasst werden.

Um die Frage zu klären, ob bei der Anfahrt unter Verwendung des Navigationssystems bzw. der analogen Rettungskarte Probleme auftraten und inwieweit sich diese auf die Fahrzeit auswirkten, wurden die Varianten 3 und 5 zu der Kategorie „Navigationssystem“ und die Varianten 2 und 4 zu der Kategorie „Rettungskarte“ zusammengefasst und deren Fahrzeiten mit der als Maßstab dienenden Fahrzeit der klassischen Rettungskette (Variante *klassisch*) verglichen.

Während der Anfahrt auf den öffentlichen und nichtöffentlichen Wegen wurde die Zeitdauer jedes Fahrzeughaltes, der zur Orientierung notwendig war, separat protokolliert. War die Anfahrtroute durch eine Schranke versperrt und lief die Anfahrtroute bei der klassischen Rettungskette nicht über diesen Punkt (vgl. Kapitel 5.6.3.9.1), wurde die durchschnittliche Öff-

nungszeit der Schranke der Fahrzeit angerechnet. Die durchschnittliche Aufschließzeit wurde aus 15 Einzelzeiten, die an Schranken mit verschiedenen Verschlusssystemen erhoben worden waren, berechnet. Durch die Verwendung des Mittelwertes wurden Verzerrungen beim Variantenvergleich durch die nicht variantenimmanenten unterschiedlichen Öffnungszeiten vermieden.

In der Abbildung 68 sind die Verzögerungen der Kategorien „Navigationssystem“ und „Rettungskarte“ in Relation zur Fahrzeit der klassischen Rettungskette ausgewiesen. Hierbei wird zwischen einer nicht eindeutig ersichtlichen Verzögerung (uneindeutige Gründe) und der den Orientierungsstopps und dem Zeitbedarf für die Schrankenöffnung zuzuweisenden Verzögerung unterschieden.

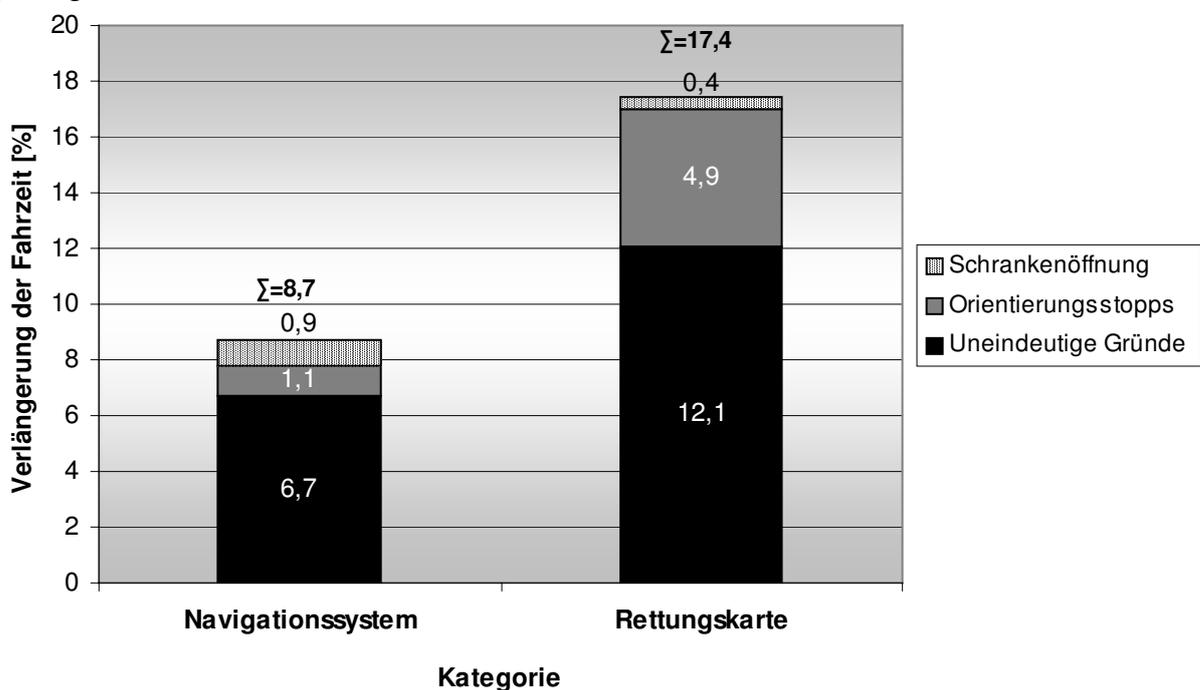


Abbildung 68: Verlängerung der Fahrzeit in den Kategorien „Navigationssystem“ und „Rettungskarte“ im direkten Vergleich mit der Fahrzeit der klassischen Rettungskettenvariante

Der zeitliche Verzug ist bei den Varianten, in denen der Unfallort mit Hilfe eines Navigationssystems angefahren wird (MW = 8,7 %), halb so groß wie bei den Varianten, in denen eine analoge Rettungskarte und die von der Notrufzentrale über die Leitstelle bereitgestellte Anfahrtsbeschreibung genutzt wird (MW = 17,4 %). Mit dem MANN-WHITNEY-U-Test wurde die Hypothese überprüft, ob die Variable „Fahrzeit“ in den beiden Grundgesamtheiten (klassische Rettungskette, Kategorie „Navigationssystem“ bzw. „Rettungskarte“) die gleiche Verteilung aufweist. Anders als bei der Kategorie „Navigationssystem“ ($\alpha = 0,525$) ist die Fahrzeit bei der Kategorie „Rettungskarte“ ($\alpha = 0,008$) signifikant länger als bei der klassischen Rettungskette.

Der Wertevergleich der beiden Kategorien innerhalb der Spalten zeigt, dass in der Kategorie „Rettungskarte“ offensichtlich häufiger und/oder länger das Fahrzeug angehalten wurde, um sich unter Zuhilfenahme der Karte Klarheit über den weiteren Routenverlauf zu verschaffen (Orientierungsstopps). Hingegen war bei den Varianten, in denen der Unfallort mit Hilfe eines

Navigationssystem angefahren wurde, der Zeitverzug durch Schranken mehr als doppelt so groß. Ursächlich hängt dies damit zusammen, dass die Anfahrtroute in der Kategorie „Navigationssystem“ häufiger von dem Streckenverlauf der klassischen Rettungskette abwich (s. Tabelle 58). In beiden Kategorien ist ein Großteil der Verzögerungen jedoch nicht erklärbar (uneindeutige Gründe).

Tabelle 58: Zahl der Stichproben, in denen der Routenverlauf in den Kategorien „Navigationssystem“ und „Rettungskarte“ von dem Streckenverlauf der klassischen Rettungskette (Lotsensystem) abwich

Kategorie	Abweichungen auf dem Abschnitt			
	nur öffentl. Straße	nur nichtöffentl. Straße	öffentl. u. nicht-öffentl. Straße	Gesamt
Navigationssystem	11	10	29	50
Rettungskarte	0	2	6	8

N = 102

In 50 von 102 Fällen (entspricht 49 % der Anfahrten) wich der Streckenverlauf von der Anfahrtroute der klassischen Rettungskette ab. Gemäß der im Kapitel 5.6.3.9.1 ausgeführten Versuchsmethodik wurde für jede geschlossene Schranke auf den differierenden Streckenabschnitten die durchschnittliche Öffnungszeit auf die Fahrzeit angerechnet. Wie aus der Tabelle 59 ersichtlich waren die Einsatzkräfte in der Kategorie „Navigationssystem“ mit 12,7 % der Anfahrten öfter durch verschlossene Schranken zum Anhalten gezwungen als bei der Kategorie „Rettungskarte“ mit 4,7 %.

Tabelle 59: Absolute Zahl und Anteil der Fälle, in denen der Rettungsweg durch eine Schranke versperrt war

Kategorie	Verzögerung aufgrund geschlossener Schranken			
	ja	[%]	nein	[%]
Navigationssystem	13	12,7	89	87,3
Rettungskarte	5	4,7	97	95,3

Um zu klären, ob längere Fahrstrecken in den beiden Kategorien zu den nicht eindeutig zuzuordnenden Verzögerungen beigetragen haben (vgl. Abbildung 68), wurden für die Fahrstrecken der modifizierten Varianten der Verhältniswert zu der für jeden Stichprobenpunkt erhobenen Vergleichsstrecke der klassischen Rettungskette gebildet. Aus der Tabelle 60 ist zu entnehmen, dass in der Kategorie "Navigation" eine unwesentlich kürzere und für die Kategorie „Rettungskarte“ eine unwesentlich längere Anfahrtsstrecke zurückgelegt wurde. Beide Abweichungen sind nicht signifikant.

Tabelle 60: Relationen zwischen der Fahrstrecke der modifizierten Varianten und der klassischen Rettungskette

Kategorien	Fahrstrecke in Relation zur klassischen Rettungskette [%]	Signifikanz
Navigationssystem	99,9	0,104
Rettungskarte	101,6	0,319

Aus der Fahrstrecke und der benötigten Fahrzeit unter Ausschluss der durch Orientierungsstopps oder geschlossenen Schranken hervorgerufenen Verzögerungen wurde die durchschnittliche Fahrzeit berechnet (Tabelle 61).

Tabelle 61: Vergleich der Durchschnittsgeschwindigkeiten auf der gewählten Anfahrtroute

Kategorien	Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]
Navigationssystem	43,2
Rettungskarte	41,7

Da das Navigationsgerät bei der Einstellung „schnellste Strecke“ eine Route berechnet, die in der kürzesten Zeit zum Ziel führt, wäre in der Kategorie „Navigationssystem“ auch die höchste Durchschnittsgeschwindigkeit zu erwarten gewesen. Unter gleicher Prämisse wurden die von der Notrufzentrale über die Leitstelle übermittelten Routenvorschläge in der Kategorie „Rettungskarte“ von einem Routenplaner entworfen. Die im Vergleich zur klassischen Rettungskette geringeren Durchschnittsgeschwindigkeiten müssen daher auf zusätzliche Schwierigkeiten während der Anfahrt zurückgeführt werden.

Einen Erklärungsansatz liefern die Box-and-Whisker-Plots (Abbildung 69), die die Verteilung und Struktur der gemessenen Fahrzeiten in der jeweiligen Kategorie wiedergeben.

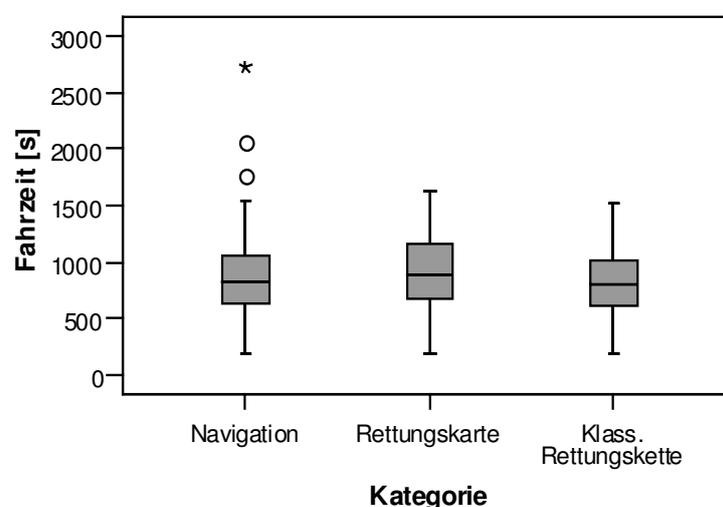


Abbildung 69: Box-and-Whisker-Plot mit der Verteilung der Fahrzeiten in den Kategorien der modifizierten Varianten (Navigation, Rettungskarte) und der klassischen Rettungskette (Variante klassisch)

In der Variante "Navigation" wurden ein Extremwert und zwei Ausreißer ausgewiesen. In beiden Fällen kann für die deutlich höheren Fahrzeiten eine fehlerhafte Routenberechnung infolge einer fehlerhaften Datenbasis verantwortlich gemacht werden. Die festgestellten Defizite bei einer Anfahrt mit dem Navigationssystem oder einer Rettungskarte werden im nachfolgenden Kapitel ausführlich dargestellt.

Insgesamt konnte bei der Anfahrt mit dem Navigationssystem in zehn von 102 Fällen (entspricht einem Anteil von 9,8 %) aufgrund von Mängeln der Navigationsgrundlage nicht die optimale Anfahrtroute berechnet werden. In fünf von 102 Fällen (4,9 %) traten entsprechende Komplikationen in den der Kategorie „Rettungskarte“ zuzuordnenden Varianten auf.

Der abschließende Vergleich der einzelnen Kategorie erfolgt daher unter der Annahme, dass keine Klassifizierungs- und Verknüpfungsfehler vorliegen. Hierzu wurden alle zu einem Stichprobenpunkt gehörenden Fallgruppen, bei deren Anfahrt entsprechende Mängel der Navigationsgrundlage entweder bei der Kategorie Navigationssystem und/oder der Kategorie „Rettungskarte“ auftraten (N = 12), vor dem Vergleich ausgeschlossen. Wie die Tabelle 62 zeigt, kann durch den Fallausschluss die zunächst nicht eindeutig zu begründende Verzögerung während der Anfahrt in der Kategorie „Navigationssystem“ von 6,7 % auf 3,6 % um nahezu die Hälfte reduziert werden.

Tabelle 62: Verlängerungen der Fahrzeit in den Kategorien der modifizierten Varianten (Navigation, Rettungskarte) im Vergleich zur klassischen Rettungskette (Variante klassisch) mit und ohne Klassifizierungs- und Verknüpfungsfehler

Kategorien	Verlängerung der Fahrzeit durch uneindeutige Gründe	
	mit Klassifizierungs- u. Verknüpfungsfehlern [%]	ohne Klassifizierungs- u. Verknüpfungsfehler [%]
Navigationssystem (N = 102)	6,7	3,6
Rettungskarte (N = 102)	12,1	10,1

Die Reduktion in der Kategorie „Rettungskarte“ ist weniger stark ausgeprägt, da die besagte Problematik in dieser Kategorie lediglich bei fünf von den zwölf ausgeschlossenen Fallgruppen vorlag. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass mit den Einsatzmitteln „Navigationssystem“ und „Rettungskarte“ die durchschnittlichen Anfahrzeiten selbst in dem – unwahrscheinlichen – Fall, dass die Beschränkung der Waldwege entfielen und die Schwächen in der Navigationsgrundlage restlos beseitigt würden, nicht unter den entsprechenden Wert der klassischen Rettungskette verringert werden könnten.

6.5.8 Defizite der Navigationsgrundlage und des Routing-Programms

6.5.8.1 Navigationsfehler und Navigationsmängel

Die nachfolgenden Ausführungen bezüglich der bei der Anfahrt festgestellten Defizite der Navigationsgrundlage beziehen sich auf die erste Version der Navigationskarte „Forst NRW“ (Logiball GmbH). In der aktuellen zweiten Version dürften diese Mängel infolge der zuvor erfolgten Datenqualifizierung durch speziell geschulte Mitarbeiter der Landesbetriebes Wald und Holz weitgehend beseitigt worden sein. Die Ergebnisse können aber Erkenntnisse liefern, die bei der Umsetzung einer bundesweiten forstspezifischen Navigationsdatenbasis (GeoDat) einschließlich der darauf aufbauenden Logistikleistungen genutzt werden können.

Klassifizierungsfehler

Viele offensichtlich ganzjährig befahrbare Waldwege waren auf der Logiball-Navigationskarte als i. d. R. nicht befahrbare Wirtschaftswege klassifiziert. In Diskrepanz zur Realität wiesen größere Waldflächen infolgedessen laut Navigationskarte keine Erschließung mit LKW-fähigen Wegen auf. Dies hatte u.a. zur Folge, dass sich die Fahrer nach der heuristischen Methode „Versuch und Irrtum“ eigenständig eine geeignete Anfahrtroute suchen mussten. Zum Teil führte die berechnete Route über unpassierbare Waldwege. So erfolgte bspw. in einem Fall die Routenführung über eine 1 m breite Fußgängerbrücke. Theoretisch wären Fußmärsche bis zu 2,6 km notwendig gewesen, um zum Notfallort zu gelangen.

In Ausnahmefällen kommt es vor, dass die vom Navigationssystem berechnete schnellste Route abschnittsweise über Waldwege führt, um dann weiter auf einer öffentlichen Straße weiter zu verlaufen (s. Abbildung 70). Aufgrund der Beschränkung und der für Rettungsfahrzeuge eingeschränkten Befahrbarkeit vieler Waldwege erhöht sich dadurch die Gefahr von Verzögerungen.

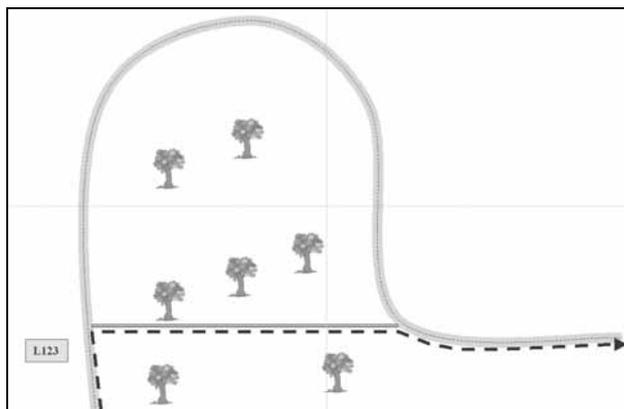


Abbildung 70: Fallbeispiel, in dem die berechnete Route (gestrichelt) über einen Waldweg verläuft

Navigationsmängel

Bei Weggabelungen, an denen die beiden Scheidewege in einem geringen Winkel auseinander liefen, erfolgt keine akustische Fahrhinweisung (s. Abbildung 71).

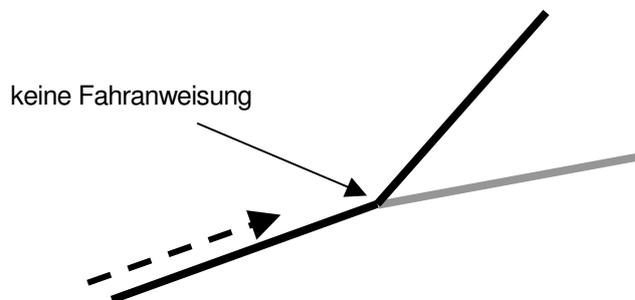


Abbildung 71: Fehlende akustische Fahrhinweisungen an Weggabelungen

Dem Display konnte aber in diesen Fällen der weitere Wegeverlauf entnommen werden.

6.5.8.2 Routenqualität

Verknüpfungsfehler

Bei der Anfahrt mit dem Navigationssystem wurden in fünf Fällen (entspricht 4,9 % der Anfahrten) Verknüpfungsfehler festgestellt. In Kreuzungsbereichen waren die entsprechenden Vektordaten der Waldwege nicht miteinander verbunden (s. Abbildung 72) worden.

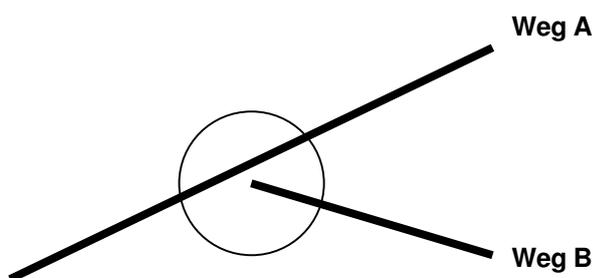


Abbildung 72: Verknüpfungsfehler – der in der Realität in den Weg A mündende Weg B weist in der Vektorkarte keinen Schnittpunkt mit dem Weg A auf.

Daraus resultierend war eine Navigation über diese Kreuzungspunkte nicht möglich. Das Routing-Programm berechnete demzufolge eine Strecke, die eine deutlich längere Wegelänge und Fahrzeit aufwies. In vielen Fällen war bei Verknüpfungsfehlern der Abstand zweier Wege derart klein, dass er auf der Navigationskarte auch bei maximal möglicher Vergrößerung nicht erkennbar war.

Eignung der Fahrverbotszonen als letzter Routenabschnitt

I.d.R. gehen eingeschränkt befahrbare Wirtschaftswege mit einer sehr geringen Durchschnittsgeschwindigkeit in die Routenberechnung ein. Kann aber die Fahrzeit durch eine Streckenführung über einen eingeschränkt befahrbaren Waldweg verkürzt werden, wird das Navigationssystem diese Route vorschlagen. Zumindest für die Staatswaldflächen des Forstamtes Arnsberg kann die Aussage getroffen werden, dass die als eingeschränkt befahrbar klassifizierten Wirtschaftswege in mehr als 80 % der Fälle für Rettungsfahrzeuge unbefahrbar waren. Die Routenführung über einen eingeschränkt befahrbaren Waldweg würde das Rettungsfahrzeug daher zumeist in eine Sackgasse führen.

War der dem Unfallort in Luftlinie am nächsten gelegene Weg eine Fahrverbotszone, führte der letzte Abschnitt der berechneten Route stets über eben diesen Weg (s. Abbildung 21). Am Schnittpunkt zwischen uneingeschränkt und eingeschränkt befahrbarem Weg kam die Navigationsansage „Ziel erreicht. Das Ziel liegt in Fahrverbotszone“. Zudem wurde der empfohlene Abstellpunkt auf der digitalen Karte dargestellt und die Länge der noch bis dorthin zurückzulegenden Fahrstrecke auf dem Display angezeigt.

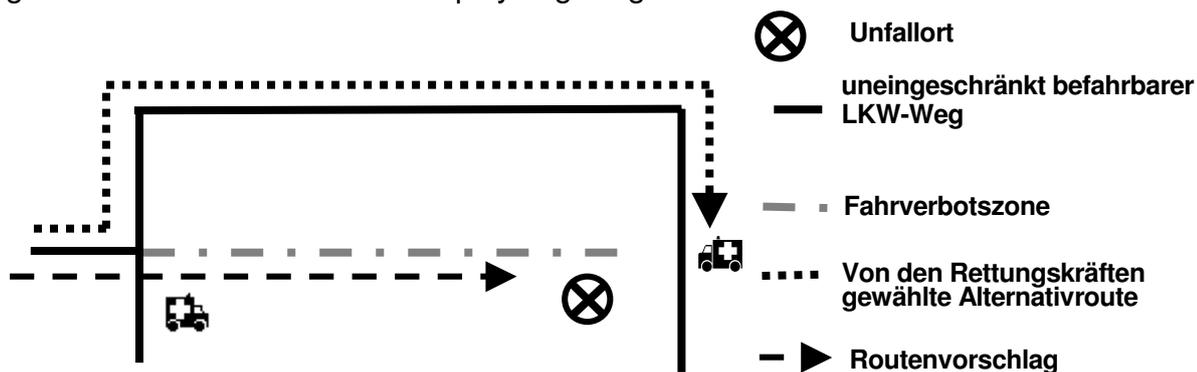


Abbildung 73: Ungeeignete Routenführung über eingeschränkt befahrbare Wege

Wie bereits oben erwähnt, waren die als eingeschränkt befahrbar klassifizierten Wege aber zum überwiegenden Teil für Rettungsfahrzeuge ungeeignet. In zwölf Fällen – dies entspricht 11,8 % der Anfahrten – mussten daher Alternativrouten ausgearbeitet werden, weil der Anweg zu Fuß über 500 m betragen hätte. Die Besatzung des „Einsatzfahrzeuges“ arbeitete die Alternativroute mit Hilfe der digitalen Karte selber aus, da jede mit dem Navigationsgerät berechnete Route wiederum über den eingeschränkt befahrbaren Weg geführt hätte. Die Distanz von dem autonom gewählten Abstellplatz zum Unfallort war wesentlich geringer und erlaubte darüber hinaus einen direkten Abtransport des Verunfallten mit dem Rettungsfahrzeug.

6.5.8.3 Eignung des Abstellplatzes

Um Aufschluss über die Frage zu erhalten, ob die mit den Hilfsmitteln „Navigationsgerät“ und „Rettungskarte“ gewählten Abstellplätze die gleiche Eignung wie die in der klassischen Rettungskette vom Lotsen definierten Abstellplätze aufwiesen, wurde in jeder Variante die kürzest mögliche Anwegstrecke vom Abstellplatz zum Unfallort gemessen (s. Tabelle 63).

Tabelle 63: Arithmetische Mittelwerte des kürzesten geeigneten Zugangsweges vom Abstellplatz des Rettungsfahrzeuges bis zum Verunfallten

Kategorie	MW Strecke Zugangsweg [m]	Signifikanz
Navigation	147	0,253
Rettungskarte	145	0,337
Klass. Rettungskette	121	–

Von den mit Hilfe des Navigationssystems ausgewählten Abstellplätzen hatten die Rettungskräfte durchschnittlich einen um 26 m längeren Anweg als von Abstellplätzen, die von einer ortskundigen Person (klassische Rettungskette) festgelegt worden wären. Bei der Kategorie „Rettungskarte“ lag die durchschnittliche Länge des Zugangsweges um 24 m über der als Maßstab dienenden Strecke. Wie der MANN-WHITNEY-U-Test ergab, waren die Unterschiede in beiden Fällen jedoch nicht signifikant.

Das Navigationssystem legte bei einem abseits der befahrbaren Wege gelegenen Unfallort einen Routenendpunkt fest, von dem die Zielkoordinaten auf dem kürzesten Weg (Luftlinie) zu erreichen waren. Folglich lag der Unfallort im rechten Winkel zu der Fahrriichtung. Wie die Ergebnisse zeigen, führt diese starre Berechnungsroutine aber nicht zwangsläufig zu der kürzesten Anwegstrecke, da sich der Laufweg aufgrund von zu umgehenden Hindernissen verlängern kann.

Objektiv betrachtet, sind die Hilfsmittel Navigationssystem und Rettungskarte (in Kombination mit der Anfahrtsbeschreibung) aber durchaus geeignet, um die Rettungskräfte nahe an den Unfallort heranzuführen. Bei einer angenommenen Schrittgeschwindigkeit von 3 km/h ergäben sich durch die längeren Zuwege theoretisch nur um 31 s (Kategorie „Navigation“) bzw. 29 s (Kategorie „Rettungskette“) längere Laufzeiten für die Rettungskräfte.

6.5.9 Vergleichende Gegenüberstellung der Zugangszeiten

An jedem der Stichprobenpunkte wurden jeweils die Zugangszeit einer Variante der Kategorie „Navigationssystem“ und der Kategorie „Rettungskarte“ protokolliert und mit der ebenfalls erfassten Zugangszeit der klassischen Rettungskette verglichen. Der Tabelle 64 können die arithmetischen Mittelwerte der Zugangszeiten, nach Varianten gegliedert, entnommen werden. Aus den Mittelwerten der modifizierten Varianten wurde die Verhältnisgröße zum gruppenspezifischen Mittelwert der klassischen Rettungskette gebildet. Der als Maßstab gesetzte Mittelwert der klassischen Rettungskette wurde auf 100 % normiert.

Bei den Varianten, in denen die Rettungskräfte sich nach den akustischen Signalen richten konnten, verlängerte sich die mittlere Zugangszeit um das 1,2- (Variante 2) bzw. das 1,5-fache (Variante 3). Die ausgemachten Unterschiede der Zugangszeiten sind bei beiden Varianten aber nicht signifikant.

Tabelle 64: Vergleich der variantenspezifischen Zugangszeiten

		Variante	MW Zugangszeit [s]	Relation zur klass. Rettungskette [%]	SD	Signifikanz
Gruppe 1	5	Navigation ohne akust. Hilfe	269	312,8	43,8	0,000*
	2	Rettungskarte mit akust. Hilfe	105	122,1	19,1	0,696
	1	Klass. Rettungskette	86	100,0	13,5	–
Gruppe 2	3	Navigation mit akust. Hilfe	132	153,5	24,2	0,164
	4	Rettungskarte ohne akust. Hilfe	255	296,5	49,2	0,004*
	1	Klass. Rettungskette	86	100,0	13,8	–

*signifikant bei einem Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (MANN-WHITNEY-U-Test)

Entfiel die Orientierungsoption anhand der akustischen Signale, verlängerten sich die Zugangszeiten signifikant. Bei der Variante 1 benötigten die Rettungskräfte die 3,1-fache Zeit, um den Verunfallten aufzufinden. Vor dem Verlassen des Einsatzfahrzeuges legten sie anhand der auf dem Display angezeigten Informationen eine ihnen geeignet erscheinende Anwegroute fest. Bei der Variante 3, in der die Rettungskräfte auf eine Anwegbeschreibung zurückgreifen konnten, betrug die Zugangszeit noch das 2,9-fache.

In beiden Gruppen waren die absoluten Zugangszeiten bei der klassischen Rettungskettenvariante mit 86 s identisch. Wie eine gesonderte Auswertung ergab, lag der entsprechende Mittelwert der Anwegstrecke bei der Gruppe 1 mit 111 m nur geringfügig über dem Durchschnittswert der Gruppe 2 (103 m). Die vergleichbaren Ausgangsvoraussetzungen in beiden Gruppen ermöglichen auch eine direkte Gegenüberstellung der Varianten.

Die Varianten, in denen den Einsatzkräften eine Rettungskarte in Kombination mit einer Anfahrtsbeschreibung zur Verfügung stand, wiesen unabhängig von dem Vorhandensein oder Fehlen einer akustischen Unterstützung jeweils eine geringfügig kürzere Zugangszeit auf.

In der zweiten Gruppe der simulierten Unfallorte wurden zusätzlich auch die Zugangszeiten erfasst, die die Rettungskräfte benötigten, um mit Hilfe eines GPS-Handgerätes den Verunfallten aufzufinden. Um einen direkten Vergleich mit der klassischen Rettungskette, aber auch mit den anderen modifizierten Varianten ziehen zu können, wurden nur die Fälle ausgewählt, in denen die Abstellplätze in allen Varianten identisch waren (N=32). In der Tabelle 65 sind die absoluten Zugangszeiten und die variantenspezifischer Relationen zur klassischen Rettungskette aufgeführt.

Tabelle 65: Zugangszeiten und die variantenspezifischen Relationen zur klassischen Rettungskette

Variante	MW Zugangszeit [s]	MEDIAN Zugangszeit [s]	Relation zur klass. Rettungskette [%]
Navigation, mit akust. Hilfe	101	55	114,8
Rettungskarte, ohne akust. Hilfe	249	88	283,0
GPS-Handgerät ohne akust. Hilfe	166	129	188,6
Klass. Rettungskette	88	44	100,0

Die Variante „GPS-Handgerät“ weist demnach eine um 83 s kleineren Mittelwert der Zugangszeit auf als die Variante 4 (Rettungskarte, ohne akustische Hilfe). Der Median dieser Variante liegt mit 129 s jedoch deutlich über dem Median der Variante 4. Deren Mittelwert ist offensichtlich stark von einzelnen Ausreißern beeinflusst, die auch im entsprechenden Box-and-Whisker-Plots der Abbildung 74 zu erkennen sind.

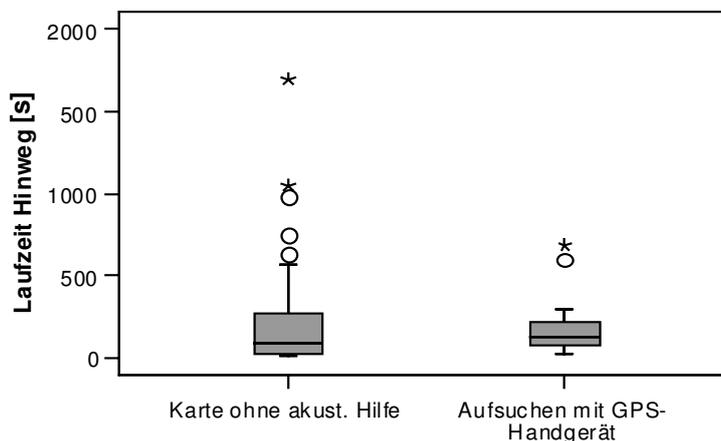


Abbildung 74: Vergleich der Zugangszeiten bei einer Routenführung mittels eines GPS-Handgerätes bei Verwendung einer Anwegbeschreibung

Wie der Boxplot zeigt, ist die Streuung im oberen Bereich bei der Variante „Rettungskarte, ohne akustische Hilfe“ wesentlich stärker als bei der Variante „GPS-Handgerät“.

Neben dieser grafischen Darstellung der Streuung wurde auch mittels des MANN-WHITNEY-U-Testes untersucht, ob es unterschiedliche zentrale Tendenzen in den beiden Grundgesamtheiten der Varianten gibt. Das Ergebnis dieses Testes ist der Tabelle 66 zu entnehmen. Die Variante 4 (Rettungskarte, ohne akust. Hilfe) weist demnach eine geringere Rangsumme als die Variante „GPS-Handgerät“ auf. Dies deutet auf kürzere Zugangszeiten in der Variante 4 hin. Bei einem angenommenen Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ sind die Unterschiede zwischen den Varianten jedoch nicht signifikant.

Tabelle 66: Ergebnisausgabe des MANN-WHITNEY-U-Testes – Überprüfung der Übereinstimmung der Zugangszeiten bei Aufsuchen des Verunfallten mittels einer Anwegbeschreibung oder Verwendung eines GPS-Handgerätes

Neue Variantenbezeichnung		N	Mittlerer Rang	Rangsumme	Signifikanz
Laufzeit Hinweg (s)	Rettungskarte, ohne akust. Hilfe	32	29,77	952,50	0,240
	Aufsuchen mit GPS-Handgerät, ohne akust. Hilfe	32	35,23	1127,50	
	Gesamt	64			

6.5.10 Regressionsanalyse zur Identifizierung der Einflussfaktoren auf die Zugangszeit

Die Tabelle 67 weist die arithmetischen Mittelwerte (MW), die Standardabweichungen (SD) und die Variationskoeffizienten (VK) der variantenspezifischen Zugangszeiten aus. Die durchweg unter 0,2 liegenden Werte der Variationskoeffizienten weisen auf eine geringe Varianz der Zugangszeiten hin.

Tabelle 67: Mittelwerte und Standardabweichungen der variantenspezifischen Zugangszeiten

Variante		MW Zugangszeit [s]	SD	VK
5	Navigation ohne akust. Hilfe	269	43,8	0,16
2	Rettungskarte mit akust. Hilfe	105	19,1	0,18
1	Klass. Rettungskette	86	13,5	0,16
3	Navigation mit akust. Hilfe	132	24,2	0,18
4	Rettungskarte ohne akust. Hilfe	255	49,2	0,19
1	Klass. Rettungskette	86	13,8	0,16

Mit einer multiplen Regressionsanalyse, Methode „Schrittweise“, wurde der Einfluss mehrerer Faktoren auf die Zugangszeiten untersucht. Nähere Ausführungen zu diesem statistischen Analyseverfahren finden sich unter anderem in JANSSEN UND LAATZ (2005).

Als potentiell erklärende Einflussfaktoren wurde die Variable „Strecke optimaler Zugangsweg“ sowie die Dummy-Variablen „Komplikation“, „Sichtbarkeit“ und „Akustische Orientierungsmöglichkeit“ für die Berechnung der Regressionsgleichung bereitgestellt. Bei Vorhandensein der Merkmalsausprägungen „Komplikation“, „Unfallort vom Rettungsfahrzeug sichtbar“ und „Unterstützung der Rettungskräfte durch akustische Signale“ wurde für die jeweilige Dummy-Variable der Wert „1“, ansonsten der Wert „0“ vergeben. Die in das Modell aufgenommenen Variablen sind gemeinsam mit den zugehörigen Bestimmtheitsmaßen in der Tabelle 68 (Kategorie „Navigationssystem“) und Tabelle 69 (Kategorie „Rettungskarte“) aufgeführt. Die Reihenfolge der aufgenommenen Variablen richtet sich hierbei nach der Größe des Bestimmtheitsmaßes (ΔR^2), welches den Anteil der durch die Variable erklärten Streuung an der Gesamtvarianz der Zugangszeit wiedergibt.

Tabelle 68: Treffsicherheit einer multiplen Regression (Methode „stepwise“) auf die Zugangszeit (s) der Kategorie „Navigationssystem“ (N=94)

Schritt	Variable	R ²	Δ R ²
1	Strecke optimaler Zugangsweg	0,433	0,433
2	Akustische Orientierungsmöglichkeit	0,523	0,09
3	Komplikation	0,555	0,027
-	Sichtbarkeit		

Tabelle 69: Treffsicherheit einer multiplen Regression (Methode „stepwise“) auf die Zugangszeit (s) der Kategorie „Rettungskarte“ (N=94)

Schritt	Variable	R ²	Δ R ²
1	Strecke optimaler Zugangsweg	0,340	0,340
2	Komplikation	0,502	0,162
3	Akustische Orientierungsmöglichkeit	0,529	0,027
-	Sichtbarkeit		

In beiden Modellgleichungen wurde die Variable „Sichtbarkeit“ wegen des vorgegebenen Schwellenwertes ausgeschlossen. Sie hat demnach keinen signifikanten Einfluss auf die Streuung der Zugangszeit. Hingegen wurden in beide Regressionsmodelle die Variablen „Strecke optimaler Zugangsweg“, „Akustische Orientierungsmöglichkeit“ und „Komplikation“ aufgenommen. Wie rational leicht nachvollziehbar ist, hat die Variable „Strecke optimaler Zugangsweg“ einen wesentlichen Einfluss auf die Zugangszeit. Je weiter der Unfallort vom Abstellplatz des Einsatzfahrzeuges entfernt ist, desto länger ist auch die Strecke des kürzest möglichen Zugangsweges und damit auch die Zeit, die zur Bewältigung dieser Strecke benötigt wird. Aufgrund ihrer Bedeutung wurde die Variable „Strecke optimaler Zugangsweg“ daher bereits in dem ersten Schritt in beide Regressionsmodelle (Tabellen 68 und 69) einbezogen. Der Vergleich der weiteren autoselektiven Schrittfolgen zur Konzeption eines Regressionsmodells zeigt, dass die Variable „Akustische Orientierungsmöglichkeit“ in der Kategorie „Navigationssystem“ einen höheren Einfluss auf die Zugangszeit aufweist, als in der Kategorie „Rettungskarte“. In Letzterer kann die Streuung der Zugangszeit deutlich besser durch aufgetretene Probleme auf dem Hinweg erklärt werden, weshalb die entsprechende Variable bereits im zweiten Schritt aufgenommen wurde. Insgesamt können mit Hilfe der drei genannten Variablen rund 56 % (Kategorie „Navigationssystem“) bzw. rund 53 % (Kategorie „Rettungskarte“) der Streuung erklärt werden.

Die Koeffizienten (b_i), in den Tabellen 70 und 71 quantifizieren den Effekt, den die Erhöhung und die Reduzierung der in das Modell integrierten Variablen um eine Einheit auf die Länge der Zugangszeit haben.

Tabelle 70: Lineares Regressionsmodell für die Erklärung der Zugangszeit (s) in der Kategorie „Navigationssystem“ (N=94)

Schritt	Variable (x_i)	Koeffizient (b_i)
	Konstante (a)	109,97€
1	Strecke optimaler Zugangsweg (km)	1093,107
2	Akustische Orientierungsmöglichkeit	-138,71€
3	Probleme auf Hinweg	126,64€
-	Sichtbarkeit	

Tabelle 71: Lineares Regressionsmodell für die Erklärung der Zugangszeit (s) in der Kategorie „Rettungskarte“ (N=94)

Schritt	Variable (x_i)	Koeffizient (b_i)
	Konstante (a)	54,38€
1	Strecke optimaler Zugangsweg (km)	975,25€
2	Probleme auf Hinweg	248,53€
3	Akustische Orientierungsmöglichkeit	-98,38€
-	Sichtbarkeit	

Die Vorzeichen der Koeffizienten (b_i), entsprechen den Erwartungen. Der hohe Wert bei der Variablen „Strecke optimaler Zugangsweg“ kommt daher zustande, dass die Wegstrecken in Kilometern angegeben wurden.

Die Dummy-Variable „Komplikation“ nahm immer dann den Wert „1“ an, wenn eine Schwierigkeit aus einem der folgenden vier Problembereiche auftrat:

- Hindernisse (s. Kapitel 5.6.3.9.2)
- Sichtbehinderung/Signalmaskierung: Das Auffinden des Forstwirt-Dummys wurde sowohl durch dichte Verjüngungsflächen und Pflanzungen im Dickungsstadium, aber auch durch unübersichtliche Windwurfflächen erschwert. Trotz der Signalfarben der persönlichen Schutzausrüstung konnte die Puppe im hohen Gras oder in der Wegebegleitflora auch aus einer geringen Entfernung nicht ausgemacht werden.
- Schlechter Satellitenempfang: Durch einen schlechten Satellitenempfang am Unfallort wurden vom GPS-Empfänger Koordinaten berechnet, die von der tatsächlichen Situation abwichen. Dadurch lag auch das primäre Suchgebiet der „Rettungskräfte“ zunächst abseits der Unfallstelle. Die registrierten Fälle wurde unter dem Kennwort „GPS-Fehler“ zusammengefasst.
- Ungeeignete Anweg- oder Anfahrtbeschreibung: Karteninformationen, auf denen die Anwegbeschreibungen basierten, wichen z. T. von der Realität ab. So waren beispielweise Schneisen, die in der Anwegbeschreibung als Orientierungsmarken dienten, zwischenzeitlich zugewachsen und nicht mehr erkennbar. In einem anderen Fall war ein auf der DGK5 eingezeichneter Waldparkplatz schon seit einem längeren Zeitraum gesperrt und nicht mehr als solcher auszumachen.

Die Tabelle 72 zeigt wie häufig und welche Schwierigkeiten in den einzelnen Varianten während des Angehens des Unfallortes auftraten.

Tabelle 72: Relative Anzahl der in den Varianten aufgetretenen Komplikationen, separiert nach Problembereichen

Variante		Problembereiche				
		Hindernisse [%]	Sichtbehinderung/ Signalmaskierung [%]	GPS-Fehler [%]	Anweg- beschreibung [%]	Gesamt [%]
5	Navigation ohne akust. Hilfe ¹	6,5	8,7	4,3	0	19,5
3	Navigation mit akust. Hilfe ²	12,5	0	0	0	12,5
4	Rettungskarte ohne akust. Hilfe ²	8,3	6,3	2,1	8,3	25,0
2	Rettungskarte mit akust. Hilfe ¹	4,3	4,3	2,2	0	10,8

¹ N=46, ² N = 48

In den Varianten ohne akustische Hilfe traten mit 19,5 % bzw. 25 % deutlich mehr Komplikationen auf als bei den Varianten mit akustischer Orientierungsmöglichkeit (12,5 % und 10,8 %). Bei der Variante 4 (Rettungskarte ohne akustische Hilfe) fallen vor allem die fehlerhaften Anwegbeschreibungen ins Gewicht. Bei der Variante 5 (Navigation ohne akustische Hilfe) wurde das Auffinden überwiegend dadurch erschwert, dass der Fortwirt-Dummy durch die Vegetation verblendet war.

Wurde die Orientierung durch akustische Signale erleichtert (Variante 2 und 3), traten Komplikationen am häufigsten in Form von natürlichen oder anthropogenen Hindernissen auf. In der Variante 2 konnten die Rufe vom Unfallort an zwei Stichprobenpunkten (4,3 %) nicht wahrgenommen werden, da der Unfallort in einem Fall in einem tiefen Kerbtal lag und in dem zweiten Fall Störgeräusche durch eine nahegelegene vielbefahrene Straße die Signale überdeckten.

6.5.11 Vergleich der therapiefreien Intervalle

Abschließend werden die therapiefreien Intervalle der modifizierten Rettungsvarianten mit dem entsprechenden therapiefreien Intervall der klassischen Rettungskette verglichen. Da sich durch die Gruppierung der Stichprobenpunkte unterschiedliche Fahrzeiten ergeben, können nicht die absoluten Werte aus unterschiedlichen Gruppen, sondern immer nur die relativen Werte zweier Varianten verglichen werden.

Bei der klassischen Rettungskette wurde bezüglich der Meldefrist zwischen zwei Unfallsituationen unterschieden (Verunfallter bei Bewusstsein, Verunfallter ohnmächtig). Bei dem Szenario „Verunfallter ohnmächtig“ war der Zeitraum vom Unfalleintritt bis zum Eingang des Notrufes in die Leitstelle deutlich länger. Dies berücksichtigend wurden die therapiefreien Intervalle der modifizierten Varianten zum einen dem therapiefreien Intervall mit dem Szenario „Verunfallter bei Bewusstsein“ und zum anderen dem Szenario „Verunfallter ohnmächtig“ gegenübergestellt (s. Tabellen 73 und 74).

Tabelle 73: Vergleich der therapiefreien Intervalle in den modifizierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenarien „Verunfallter bei Bewusstsein“

	Variante	therapiefreies Intervall [min]	Relation zur klassischen Rettungskette [%]	Signifikanz
Gruppe 1	5 Navigation, ohne akust. Hilfe	22,82	121,8	0,026
	2 Rettungskarte, mit akust. Hilfe	21,21	113,2	0,035
	1 klass. Rettungskette	18,73	100,0	
Gruppe 2	3 Navigation, mit akust. Hilfe	25,01	99,3	0,605
	4 Rettungskarte, ohne akust. Hilfe	29,43	116,8	0,03
	1 klass. Rettungskette	25,19	100,0	–

In Bezug auf die klassische Rettungskette, in der der Verunfallte noch durch Rufe auf sich aufmerksam machen kann, weisen die Varianten 2, 4 und 5 ein signifikant höheres therapiefreies Intervall auf. Die größten Verzögerungen (21,8 %) traten in der Variante 5 auf, in der die Rettungskräfte den Unfallort auf einer vom Navigationssystem berechneten Route anfahren und ohne akustische Orientierungssignale zum Verunfallten finden mussten. Mit 16,8 % waren die Verzögerungen bei der Variante 4, in der den Rettungskräften im Unterschied zur Variante 5 eine Rettungskarte sowie eine Anfahrts- und Anwegbeschreibung zur Verfügung stand, etwas geringer.

Die Varianten 2 und 3 divergieren von den Varianten 4 und 5 lediglich in dem Punkt, dass den Rettungskräften das Auffinden durch eine zusätzliche akustische Orientierungshilfe erleichtert wird. Während durch diesen Umstand das therapiefreie Intervall in der Variante 2 verglichen mit der Variante 4 lediglich um 3,5 % verkürzt werden kann, verringert sich die Verhältnisgröße des therapiefreien Intervalls von der Variante 5 (121,8 %) auf die Variante 3 (99,3 %) um insgesamt 22,5 %. Durch die Reduzierung unterscheidet sich das therapiefreie Intervall der Variante 3 nicht mehr signifikant von dem Vergleichswert der klassischen Rettungskette. Die akustischen Signale haben folglich einen sehr hohen Einfluss auf die Effizienz der navigationsgestützten Rettungskette.

In der Tabelle 74 wird der Zeitbedarf der modifizierten Varianten mit dem etwas längeren Szenario „Verunfallter bewusstlos“ der klassischen Rettungskette verglichen. Wie die Tabelle zeigt, verringern sich dadurch alle Verhältniswerte der modifizierten Varianten.

Tabelle 74: Vergleich der therapiefreien Intervalle in den modifizierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bewusstlos“

	Variante	therapiefreies Intervall [min]	Relation zur klassischen Rettungskette [%]	Signifikanz
Gruppe 1	5 Navigation, ohne akust. Hilfe	22,82	109,2	0,922
	2 Rettungskarte, mit akust. Hilfe	21,21	101,5	0,963
	1 klass. Rettungskette	20,89	100,0	–
Gruppe 2	3 Navigation, mit akust. Hilfe	25,01	91,4	0,022
	4 Rettungskarte, ohne akust. Hilfe	29,43	107,6	0,265
	1 klass. Rettungskette	27,35	100,0	–

Die Rangfolge der Varianten bezüglich der Länge des therapiefreien Intervalls deckt sich mit der in der Tabelle 73 vorgefundenen Hierarchie. Im Vergleich zur klassischen Rettungskette, Szenario „Verunfallter bewusstlos“, weisen die modifizierten Varianten 2, 4, und 5 bezüglich des therapiefreien Intervalls keine signifikanten Unterschiede auf. Die Variante 3 (Navigation, mit akustischer Hilfe) hat hingegen ein signifikant kürzeres Intervall.

Neben dem Vergleich des therapiefreien Intervalls wurde auch die Fragestellung untersucht, wie häufig die Rettungskräfte eher beim Verletzten eintrafen als in der klassischen Rettungskettenvariante (getrennt nach den Szenarien „Verunfallter bei Bewusstsein“, „Verunfallter bewusstlos“). Das Diagramm in der Abbildung 75 gibt den relativen Anteil derjenigen Fälle wieder, in denen die Rettungskräfte schneller beim Verunfallten eintrafen. Zur Erstellung dieses Diagramms wurden für jeden der gültigen Stichprobenpunkte die therapiefreien Intervalle der modifizierten Varianten mit dem entsprechenden Werten der beiden – in der Abbildung 75 farblich unterschiedlich dargestellten – klassischen Rettungskettenszenarien verglichen. Vom Berechnungsverfahren ausgeschlossen waren die Stichprobenpunkte, in denen in einer Variante der Forstwirt-Dummy nicht aufgefunden wurde.

Ab der bei 50 % liegenden Scheidelinie treffen die Rettungskräfte im Vergleich zu der klassischen Rettungskette durchschnittlich früher am Unfallort ein. Unter diesem betrachteten Aspekt weisen Variante 5 (Navigation ohne akust. Hilfe), Variante 2 (Rettungskarte mit akust. Hilfe) und Variante 3 im Vergleich zur klassischen Variante 1, Szenario „Verunfallter bewusstlos“, eine vergleichbare oder bessere Leistung als der Bewertungsmaßstab auf. Im direkten Vergleich mit der klassischen Variante 1, Szenario „Verunfallter bei Bewusstsein“, trafen die Rettungskräfte nur in der Variante 3 (Navigation, akustische Hilfe) häufiger in einem kürzeren Zeitraum am Unfallort ein.

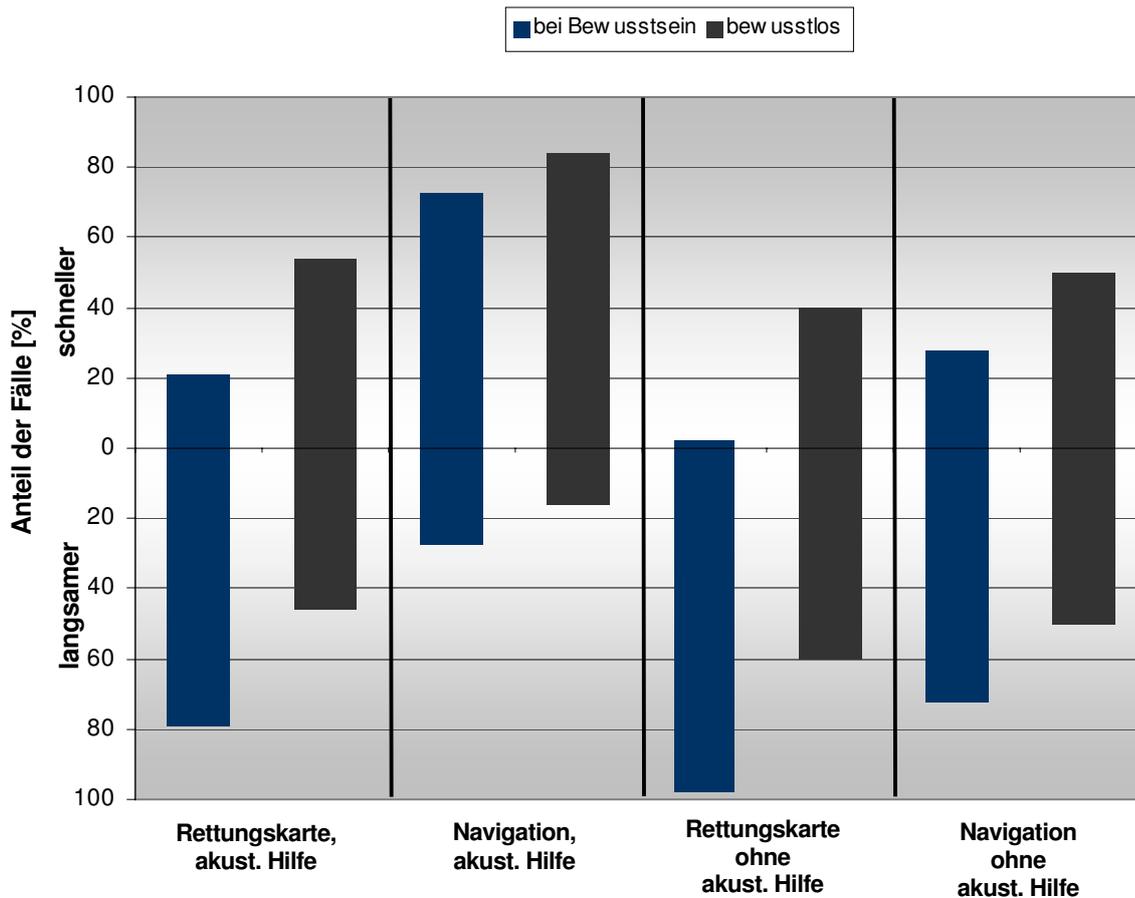


Abbildung 75: Anteil der Fälle, in denen die Rettungskräfte in den modifizierten Varianten schneller beim Verunfallten eintrafen als bei beiden Szenarien der klassischen Rettungskette (Verunfallter bei Bewusstsein und Verunfallter bewusstlos)

Das Versuchskonzept für die navigationsbasierten Varianten (Varianten 3 und 5) basiert auf der rein hypothetischen Annahme, dass alle Rettungsfahrzeuge mit einem Navigationsgerät ausgerüstet sind. In naher Zukunft wird aber allenfalls nur ein Teil der Rettungsfahrzeuge entsprechend ausgestattet sein. Es ist somit nicht gewährleistet, dass das Einsatzfahrzeug immer über diese Technik verfügt. Daher muss der Disponent in der Notrufzentrale neben den Koordinaten des Unfallortes auch immer die weiteren rettungsrelevanten Daten abrufen, die eine Anfahrt mit einer analogen Rettungskarte ermöglichen.

Durch die Abfrage der rettungsrelevanten Daten erhöhen sich die therapiefreien Intervalle der navigationsbasierten Varianten (Varianten 3 und 5) um jeweils 38 s. In den Tabellen 75 und 76 werden diese realitätsnäheren Mittelwerte erneut mit den durchschnittlichen therapiefreien Intervallen der beiden Szenarien der klassischen Rettungskettenvariante verglichen.

Tabelle 75: Vergleich der realistischen therapiefreien Intervalle in den navigationsbasierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bei Bewusstsein“

	Variante	therapiefreies Intervall [min]	Relation zur klassischen Rettungskette [%]	Signifikanz
Gruppe 1	Navigation ohne akust. Hilfe	23,45	125,2	0,004
	Klass. Rettungskette	18,73	100,0	–
Gruppe 2	Navigation mit akust. Hilfe	25,64	101,79	0,942
	Klass. Rettungskette	25,19	100,0	–

Tabelle 76: Vergleich der realistischen therapiefreien Intervalle in den navigationsbasierten Rettungskettenvarianten mit dem klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bewusstlos“

	Variante	therapiefreies Intervall [min]	Relation zur klassischen Rettungskette [%]	Signifikanz
Gruppe 1	Navigation ohne akust. Hilfe	23,45	112,23	0,598
	Klass. Rettungskette	20,89	100,0	–
Gruppe 2	Navigation mit akust. Hilfe	25,64	93,75	0,081
	Klass. Rettungskette	27,35	100,0	–

In Divergenz zu der Tabellen 74 weist das kürzere therapiefreie Intervall der Variante „Navigation, akustische Hilfe“ keinen signifikanten Unterschied zu dem klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bewusstlos“ mehr auf.

Vervollständigt wird der Variantenvergleich wiederum durch einen Rangvergleich der navigationsbasierten Varianten mit den klassischen Rettungskettenszenarien. Das Balkendiagramm in Abbildung 76 belegt, dass die Rettungskräfte in der Variante 3 (Navigation, mit akustischer Hilfe) trotz der hinzugerechneten zusätzlichen Arbeitszeit in der Notrufzentrale dennoch in 79 % der Fälle schneller beim Verletzten eintreffen als die Rettungskräfte bei einer klassischen Rettungskettenorganisation (Szenario „Verunfallter bewusstlos“).

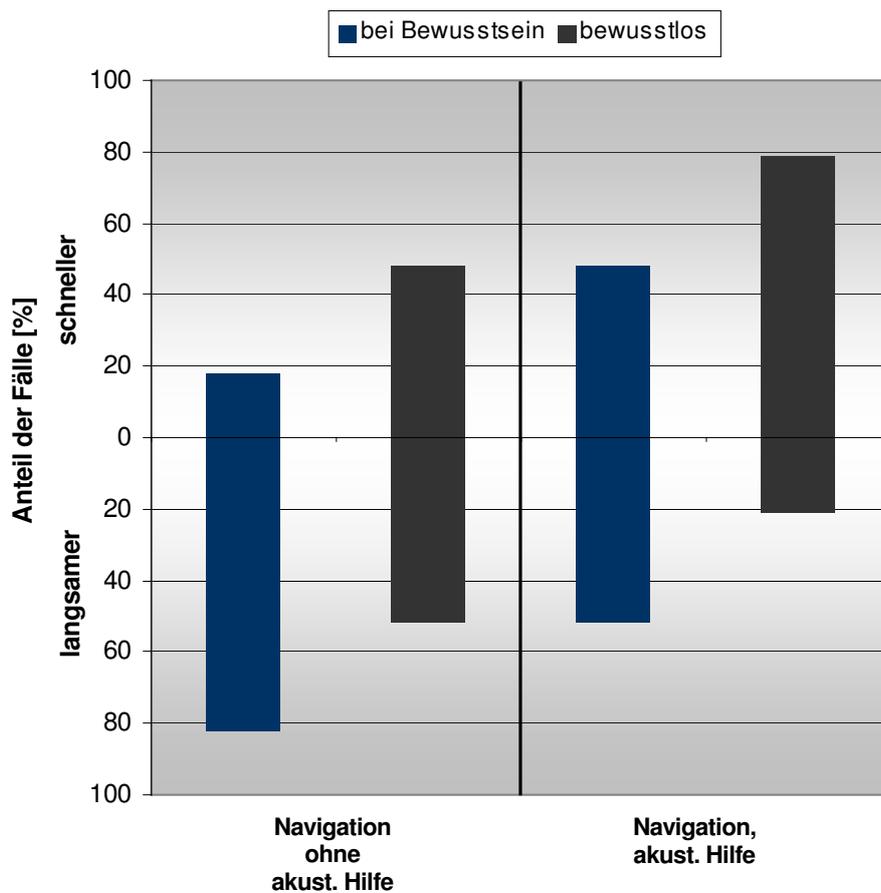


Abbildung 76: Anteil der Fälle, in denen die Rettungskräfte in den relativierten modifizierten Varianten mit Navigationssystem schneller beim Verunfallten eintrafen als bei den jeweiligen Szenarien der klassischen Rettungskette (Verunfallter bei Bewusstsein und Verunfallter bewusstlos)

In Opposition zum klassischen Rettungskettenszenario „Verunfallter bei Bewusstsein“ ist die Variante 3 (Navigation, mit akust. Hilfe) in 48 % der Fälle schneller.

7 Gebrauchstauglichkeit und Optimierungsmöglichkeiten eines GPS-gestützten Rettungssystems

7.1 Technische Schwachstellen des Rettungsmobiltelefons und Ursachen von Akzeptanzproblemen

Die vom Landesbetrieb Wald und Holz NRW an alle staatlichen Waldarbeiter ausgegebenen Rettungsmobiltelefone sind die Schnittstellen zwischen den Nutzern und dem von der oberen Forstbehörde errichteten GPS-gestützten Rettungssystem. Die Rettungsmobiltelefone wurden vom Arbeitgeber beschafft, um den gesetzlich verankerten Pflichten bezüglich des Arbeitsschutzes nachzukommen. Die Neuorganisation der Rettungskette und die Investition in die hierfür nötige innovative Technik erfolgte in der Intention, den Informationsfluss sowie die Abläufe innerhalb der Rettungskette zu verbessern und in der Folge die Rettungszeiten zu verkürzen.

Eine Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit des GPS-Mobiltelefons muss sich an seinen Funktionen sowie deren Zuverlässigkeit und Bedienbarkeit unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse und Ziele der Benutzer orientieren. Zur Analyse der Gebrauchstauglichkeit wurden die Produkteigenschaften „Funktionalität“ und „Bedienbarkeit“ sowie die Nutzerzufriedenheit untersucht.

Die Funktionalität wurde durch objektive technische Prüfungen zur Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit bestimmt. In der Studie zur Lagegenauigkeit der Positionskoordinaten konnten sowohl GPS-Module der zum Zeitpunkt der Erhebungen marktverfügbaren Benefon-Geräte als auch der Prototyp des in der aktuellen Version des *Track Pro* implementierten GPS-Moduls getestet werden. Beide Generationen wiesen unter Bedingungen, die auch hinsichtlich des GPS-Empfangs als ungünstig einzustufen sind (enge Talsohle und Fichtenbestand), die größten Lageabweichungen auf und bestätigen damit die Ergebnisse früherer Studien (OEFVERBERG, 1995; SCHÖNE, 2000; HAMBERGER, 2002; LEYEUNE UND HELLEMANS, 2000). Die mittlere Abweichung vom Ist-Wert betrug unter Extrembedingungen beim GPS-Modul der marktverfügbaren Geräte 32,74 m und beim Prototyp sogar 47,11 m. Beim Prototyp konnte zudem ein sprunghafter Wechsel der berechneten Position festgestellt werden. Die Ergebnisse wurden im Nachgang der Untersuchungen der Fa. Presentec, Distributor der Benefon-Geräte in Deutschland, präsentiert. Wie sich herausstellte war die im Prototyp eingesetzte Software nicht kompatibel mit dem neuesten GPS-Empfänger. Es handelt sich somit um ein Übergangsprodukt zwischen zwei Entwicklungsstufen. Der Geschäftsführer führt die Positionssprünge und die größere mittlere Lageabweichung beim Prototyp auf diese unzureichende Kompatibilität zurück. Mit der aktuellen Softwareversion soll diese Schwachstelle aber bereits ausgeräumt und die Genauigkeit der berechneten Positionskoordinaten weiter verbessert worden sein. Aufgrund der Streuung der Werte um die tatsächliche Position und in Hinsicht auf die vereinzelt Ausreißer kann jedoch allein durch die Übermittlung der Positionskoordinaten nicht gewährleistet werden, dass verunfallte Personen in unübersichtlichen Waldbereichen rasch durch alarmierte Ersthelfer oder den Rettungsdienst aufgefunden werden.

In der Praxisanwendung kam es in der Testphase bei rund 45 % der befragten Forstwirte trotz eines noch geladenen Akkus und vorhandenen Netzempfangs mindestens einmal zu einem Funktionsausfall des GPS-Mobiltelefons. Die eigenen Untersuchungen zur Betriebssicherheit unter verschiedenen Witterungseinflüssen ergaben, dass das *Track Pro*, obwohl das Gehäuse laut Herstellerangaben einen Schutz vor Spritzwasser sicherstellen sollte, offensichtlich Schwachstellen am Akkufach aufwies. Der Grund hierfür ist vermutlich der nach Einlage der Gummidichtung schwergängige Verschluss des Akkufaches. Wie die Auswertungsergebnisse des standardisierten Fragebogens ergaben, waren sechs Prozent der Betriebsausfälle auf einen nicht arretierten Akku und drei Prozent auf eingedrungenes Wasser zurückzuführen.

Das *Track Pro* ist sehr robust hinsichtlich tiefer Außentemperaturen. Erst ab einer Temperatur von -25 °C war die Tastenfunktion gestört. Wird das Rettungsmobiltelefon jedoch vorschriftsgemäß mit sich geführt, sinkt die unmittelbare Umgebungstemperatur des Gerätes infolge der abgestrahlten Körperwärme nicht unter -10 °C (vgl. Kapitel 5.3.2.4). Bei dieser Temperatur reichte die Akkukapazität nur bei zwei von vier Testgeräten für eine über achtstündige Laufzeit im Stand-by-Betrieb. Die Laufzeiten wurden allerdings unter Bedingungen erhoben, die zu einem extremen Energieverbrauch führten. Zum einen war der GPS-Betriebsmodus auf Volleistung gestellt, der zwar im Wald die höchste Lagegenauigkeit der berechneten Position gewährleistet, dafür aber auch den höchsten Energieverbrauch aufweist. Zum anderen waren die Testgeräte durch die Wände der Klimakammer hermetisch von den Satellitensignalen und dem GSM-Netz abgeschirmt, was zur Folge hatte, dass das GPS-Mobiltelefon unter hohem Energieverbrauch fortwährend versuchte, eine Verbindung zur nächsten Basisstation aufzubauen. Diese Situation ist vergleichbar mit Funklöchern, die vornehmlich in großen bergigen Waldgebieten wie bspw. dem Sauerland oder der Eifel auftreten. Bei langen Aufenthalten in diesen Bereichen ohne GSM-Empfang garantiert die Akkukapazität somit keine Laufzeit über den ganzen Arbeitstag. Durch Telefongespräche außerhalb der Funklöcher kann sich die Betriebszeit noch weiter verkürzen.

Da die Eignung des Mobiltelefons für den Einsatz im Staatswald untrennbar mit der Netzversorgung in diesem Gebiet verbunden ist, wurde auch diese, der Funktionalität zuzurechnende Komponente berücksichtigt. Eine landesweit durchgeführte Stichprobe im Staatswald von Nordrhein-Westfalen ergab trotz der großen Waldgebiete, in denen ein schlechter Netzempfang befürchtet wurde, eine durchschnittliche Netzversorgung von rund 87 % (D2) und 88 % (D1). Der überwiegende Teil der Staatswaldfläche liegt somit im netzversorgten Bereich, wodurch sich gute Ausgangsbedingungen für ein GSM-gestütztes Notrufsystem ergeben.

Die vorschriftskonforme Verwendung der Benefon-Geräte und das Erreichen der vom Arbeitgeber gesetzten Ziele hängen jedoch davon ab, ob diese von den Nutzern akzeptiert werden. Die Akzeptanz resultiert im Wesentlichen aus der subjektiv empfundenen Bedienbarkeit des Mobiltelefons und wächst in dem Maße, in dem es die Bedürfnisse der Forstwirte abdeckt. Die objektiv nicht zu ermittelnden Größen „Bedienbarkeit“ und „Akzeptanz“ wurden mit einem standardisierten Fragebogen erhoben. Wie die Auswertung der Fragebögen ergab, werden die vom Benefon *Track Pro* emittierten akustischen Warn- und Alarmsignale nur unzureichend vor den im Arbeitsalltag typischen Hintergrundgeräuschen wahrgenommen. Aufgrund der

schlechten Signalhörbarkeit ist nicht sichergestellt, dass der Nutzer unverzüglich der Situation entsprechend reagiert. Berücksichtigt man in diesem Zusammenhang auch die hohe Rate der unbegründeten Alarmauslösungen, so besteht die Gefahr, dass blinde Voralarme nicht abgebrochen werden und es bei einer Weiterleitung des Personen-Alarms an die „Leitstelle Forst“ zu häufigen, kostenintensiven Fehlalarmierungen kommt. Auch die Alarmierung der als Ersthelfer in Frage kommenden Kollegen der Arbeitsgruppe per Kurzmitteilung muss häufig an der unzureichenden Wahrnehmbarkeit der Signale, insbesondere bei Tätigkeiten mit maschinellen Arbeitsmitteln, scheitern oder erfolgt mit unvermeidbar großer Verzögerung. Statt den Informationsfluss zu beschleunigen, wird das neue Rettungsmobiltelefon beim gegenwärtigen Entwicklungsstand in vielen Fällen einen „Informationsstau“ herbeiführen.

Die Funktionsvielfalt des GPS-Mobiltelefons wird von den Forstwirten nicht genutzt, wodurch das Erlernen der Bedienung gehemmt wird. Speziell das An- und Abmeldeverfahren per Statusmitteilungen wird von den Befragten als kompliziert empfunden.

Inwieweit sich das GPS-Mobiltelefon bezüglich seiner Funktionalität, Bedienbarkeit und die vorgeschriebene Verwendung innerhalb des Arbeitssystems mit den Vorstellungen der Forstwirte deckt, kann nur anhand ihrer subjektiven Äußerungen/Stellungnahmen unter Zuhilfenahme objektiver Daten, etwa dem quantitativen Auftreten bestimmter Ereignisse, beurteilt werden.

Generelle Akzeptanzprobleme mit der Mobilfunktechnik können weitestgehend ausgeschlossen werden, da 96 % der Regiearbeiter auch privat ein Mobiltelefon besitzen. Das Vertrauen in das GPS-Mobiltelefon einschließlich der daran gekoppelten Technik ist hingegen gering, denn 39 % sichern sich zusätzlich mit ihrem privaten Mobiltelefon während der Arbeitszeit ab. Vermutlich ist die im neuen Rettungssystem eingesetzte Technik und der Verfahrensablauf aufgrund seiner Komplexität schwer begreifbar für die Forstwirte, woraus Unsicherheiten und Ängste entstehen, die auf das GPS-Mobiltelefon projiziert werden. Offenbar liegt auch ein Informations- oder Vertrauensdefizit hinsichtlich der Datenverwendung, der Zugriffsrechte sowie der Maßnahmen zur Gewährleistung des Datenschutzes vor.

Der relative Vorteil, als Ergebnis einer vergleichenden individuellen Bewertung des GPS-Mobiltelefons mit dem zuvor eingesetzten Mobiltelefon, ist eine wichtige Determinante zur Förderung der Akzeptanz von innovativen Produkten. Die Relevanz der neuen Komponenten, Bewegungssensors und GPS-Antenne, zeigt sich jedoch erst in konkreten Verwendungssituationen – sprich Notfällen – oder in Rettungsübungen. Durch die geringe Anwendungshäufigkeit dieser unkonventionellen Funktionen dürften sich die Bewertungen der Benutzer daher eher auf die Eignung des GPS-Mobiltelefons als Kommunikationsgerät fokussieren. Da viele der Benutzer ein privates Mobiltelefon mit sich führen, welches entsprechend den individuellen Bedürfnissen ausgewählt wurde, hält das GPS-Mobiltelefon diesem Vergleich aus nachvollziehbaren Gründen nicht stand.

Das Bedürfnis nach Sicherheit bildet gemeinsam mit den Grundbedürfnissen und den sozialen Bedürfnissen den Unterbau für die soziale Anerkennung und Selbstverwirklichung des Menschen (wie von Maslow im Modell der Bedürfnispyramide visualisiert). Das durch den Wegfall der bisher verwendeten dienstlichen Mobiltelefone entstandene Sicherheitsvakuum kann aber

offenbar nicht durch die GPS-Mobiltelefone gefüllt werden, denn im Gegensatz zu HILBIG (1984), der keinen unmittelbaren Zusammenhang zwischen (nicht-) akzeptierender Einstellung und dem Grad der aufgabenbezogenen Techniknutzung nachweisen konnte, verweigern 13 % der Forstwirte – entgegen der Dienstanweisung – die Nutzung des GPS-Mobiltelefons; 59 % der Befragten würden gar die Nutzung einstellen, wenn die Tragepflicht entfiel.

Zum Zeitpunkt der Erhebungen stieß das neue GPS-Mobiltelefon folglich auf massive Akzeptanzprobleme, wodurch dessen geplante Nutzung in Frage gestellt werden muss. Aufgrund des großen Misstrauens gegenüber der Technik ist anzunehmen, dass die Forstwirte im Notfall häufig auf ihr privates Mobiltelefon zurückgreifen werden.

Die Bemühungen des Arbeitsgebers (Landesbetrieb Wald und Holz) um eine Verbesserung der Kommunikationsvoraussetzungen werden somit durch die noch zu geringe Zuverlässigkeit der Technik und die daraus resultierende hohe Ausfallquote der Geräte sowie einer aus Informations- und Vertrauensdefiziten resultierenden Ablehnung des neuen Rettungssystems konkurrenziert.

7.2 Strategieeffekt des Rettungssystems

7.2.1 Effektivität der modifizierten Rettungskettenvarianten

Allen modifizierten Rettungsvarianten gemeinsam ist die Einbindung einer Notrufzentrale in den Rettungsprozess, die die Einsatzkräfte über die zuständige Leitstelle mit rettungsrelevanten Daten versorgt und die Arbeitskollegen des Verunfallten sowie weitere potentielle Ersthelfer alarmiert. Dadurch können Erste-Hilfe-Maßnahmen insbesondere in den Fällen, in denen ein Gruppenmitglied in Folge eines Unfalls ohnmächtig ist, früher eingeleitet werden.

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Varianten ist die verwendete Navigationshilfe bei der Anfahrt zum Unfallort. Bei der einen Variante erfolgte die Routenführung mit einem Navigationsgerät, dessen Navigationsgrundlage neben einem Straßendatenbestand auch das Forstwegenetz beinhaltete. In der anderen wurde die Eignung von Rettungskarten, in denen neben den Rettungspunkten auch das klassifizierte Waldwegenetz und die Waldabteilungen verzeichnet waren, untersucht. In Kombination mit einer von der Notrufzentrale erstellten Anfahrt- und Anwegbeschreibung sollten die Karten das Auffinden des Verletzten erleichtern. Das navigations- und das kartengestützte Rettungskonzept wurde in jeweils zwei Varianten untergliedert. Diese unterschieden sich durch das Vorhandensein oder Fehlen einer akustischen Hilfestellung vom Unfallort.

Sowohl in der navigations- als auch in der kartengestützten Variante ohne akustische Orientierungshilfe konnte der Verunfallte in jeweils rund 8 % der Fälle nicht gefunden werden. Akustische Positionssignale sind daher in der modifizierten Rettungskette unerlässlich. In den Fällen, in denen der Verunfallte nicht mehr selbst in der Lage ist, aktiv durch Rufe oder anderweitige akustische Signale auf seinen Standort hinzuweisen, muss entweder ein weiteres Gruppenmitglied oder eine technische Anlage diese Aufgabe übernehmen.

Die therapiefreien Intervalle der modifizierten Varianten wurden mit der klassischen Rettungskette verglichen. Bei dieser wurde zwischen den Szenarien „Verunfallter bewusstlos“ und „Verunfallter bei Bewusstsein“ unterschieden. Die Untersuchungen ergaben, dass die bewusstlose Personen vergleichsweise spät von den Kollegen gefunden und die Rettungsmaßnahmen demzufolge mit einem größeren zeitlichen Verzug eingeleitet werden.

Die Zeitstudien der navigationsbasierten Varianten basieren auf der Annahme, dass alle Einsatzfahrzeuge mit einem dem Testnavigationsgerät vergleichbaren System und einer die Waldwege einschließenden Navigationskartengrundlage ausgestattet sind. Werden die Rettungskräfte in der navigationsbasierten Variante nach dem Abstellen des Einsatzfahrzeuges durch Rufe oder vergleichbar laute Signale zum Unfallort gelenkt, ist das therapiefreie Intervall nicht signifikant verschieden von dem therapiefreien Intervall der klassischen Rettungskette, Szenario „Verunfallter bei Bewusstsein“. Gegenüber der klassischen Rettungskettenvariante, Szenario „Verunfallter bewusstlos“, wurde sogar ein signifikant kürzeres therapiefreies Intervall nachgewiesen. Durch Homogenitätstests konnte aufgezeigt werden, dass weder die Fahrzeiten noch die Zugangszeiten dieser navigationsbasierten Variante signifikant von den entsprechenden Werten der klassischen Rettungskette abwichen. Wären alle Rettungsfahrzeuge mit der geschilderten Technik ausgestattet, könnte die notfallmedizinische Versorgung der in Arbeitsgruppen organisierten Forstwirte somit generell verbessert werden. Zudem ermöglichte dieses Rettungskonzept auch den Einsatz von Zwei-Personen-Arbeitsgruppen, ohne dass sich durch das Fehlen eines Lotsen das therapiefreie Intervall verlängerte und sich somit die Qualität der Rettungskette verschlechterte. Forstbetriebe gewännen durch diese Option eine höhere Flexibilität im Personaleinsatz. Auch die Empfehlung der Berufsgenossenschaft, zur Vermeidung einer gegenseitigen Gefährdung bei der Holzernte lediglich Zwei-Personen-Arbeitsgruppen einzusetzen (HARTFIEL, 1998), könnte dann ohne Gefährdung der medizinischen Versorgungsqualität umgesetzt werden.

Die allein arbeitenden Personen, die sich gemäß der Technischen Regel 1 (BLBG, 2004) mit einer Personen-Notrufanlage (PNA) absichern, hätten durch den Ausbau der Informationstechnik in der Notrufzentrale und die Modernisierung der Rettungsfahrzeuge einen deutlichen Mehrnutzen. Löst der Alarmgeber der PNA im Notfall zusätzlich auch die Fahrzeughupe aus, können die Rettungskräfte den verunfallten Alleinarbeiter mit dieser akustischen Unterstützung ebenso schnell auffinden, wie einen verletzten Forstwirt in der klassischen Drei-Personen-Arbeitsgruppe. Bei vorliegender Autorisation durch den Forstbetrieb können Forstunternehmer, Selbstwerber etc. in die innerbetriebliche Alarmierungskette eingebunden werden, so dass im Notfall auch Betriebszugehörige benachrichtigt werden, um gegebenenfalls die Funktion eines Ersthelfers zu übernehmen. Hierdurch kann nicht nur eine schnellere Einleitung der qualitativen medizinischen Versorgung gewährleistet, sondern auch die Wahrscheinlichkeit einer Erstversorgung durch Dritte erhöht werden.

Anders als die Navigationsgeräte können Rettungskarten den Lotsen aus der Drei-Personen-Gruppe nicht adäquat ersetzen und rechtfertigen keine systematische Reduzierung der Gruppenstärke auf zwei Personen. Lediglich bei ohnmächtigen Verunfallten sind die Zeitspannen bis zum Eintreffen der Rettungskräfte in Zwei- und Drei-Personen-Arbeitsgruppen nicht signifi-

kant verschieden, wenn das unverletzte Gruppenmitglied der Zwei-Personen-Arbeitsgruppe noch vor dem Eintreffen des Rettungsdienstes alarmiert wurde und die Rettungskräfte von diesem durch laute akustische Signale zum Unfallort dirigiert werden. Dieses „Patt“ ist allein auf die Verkürzung der Meldefrist mittels der passiven Alarmgeber zurückzuführen. Können die Verletzten dagegen ihre in der Nähe arbeitenden Kollegen noch durch Rufe aufmerksam machen, ist die Zeitersparnis durch die passiven Alarmgeber nur gering. In der Folge treffen die mit Rettungskarten ausgerüsteten Einsatzkräfte im Vergleich zu den von Lotsen geleiteten Rettungskräften durchschnittlich 2,4 Minuten später am Unfallort ein. Unter diesen Voraussetzungen sollte die Arbeitsausführung in Zwei-Personen-Gruppen daher auf Ausnahmesituationen begrenzt bleiben.

Für die alleinarbeitenden Forstunternehmer müssen hingegen andere Wertungsmaßstäbe angesetzt werden. Bislang erhielt die Leitstelle von der Notrufzentrale lediglich die Koordinaten des Unfallortes. Ohne ortskundige Lotsen und ohne detailliertes Kartenmaterial gestaltete sich das Auffinden einer geeigneten Anfahrtroute oft schwierig. Die festgestellte Verkürzung des therapiefreien Intervalls bei verunfallten Alleinarbeitern auf ein annähernd vergleichbares Maß der klassischen Rettungskettenvariante ist daher ein Fortschritt. In welchem Ausmaß die Rettungskarte die bisherige Versorgungssituation der Forstunternehmer verbessert, kann jedoch auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht angegeben werden. Die verwendeten GPS-Handgeräte sind für sich allein kein probates Mittel um die Zugangszeit signifikant zu verkürzen. Sie sind jedoch eine wichtige Ergänzung zu den übrigen Hilfsmitteln (Rettungskarte und Anwegbeschreibung, Navigationssystem), um bei auftretenden Unsicherheiten das Suchgebiet einzuschränken.

7.2.2 Eignung der passiven Alarmgeber

Unter Beachtung der gesetzlichen Vorgaben wird in den Forstbetrieben die motormanuelle Holzernte in Gruppenarbeit durchgeführt, die im Notfall eine unverzügliche Einleitung von Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie die Alarmierung des Rettungsdienstes gewährleisten soll. Jedoch belegen die unter realen Bedingungen erhobenen Werte der Meldefrist, dass die ständige Sicht- oder Rufverbindung zwischen den Gruppenmitgliedern nicht ohne technische Zusatzausrüstung aufrechtzuerhalten ist. So wird z.B. eine akustische Verständigung temporär durch die lauten Störgeräusche unterbunden. Auch dichte Verjüngungsbereiche und weite Sicherheitsabstände verhindern einen ständigen Sichtkontakt. In der Folge blieben zwei von 40 Unfällen (5 %) innerhalb der für den Versuch gesetzten Frist von 30 Minuten unentdeckt. In 30 % der Fälle wurden „bewusstlose“ Verunfallte nicht innerhalb der für eine kardiopulmonale Reanimation effektiven Frist von zehn Minuten gefunden. Demzufolge bietet die Gruppenarbeit unter den realen Arbeitsbedingungen eine trügerische Sicherheit und ist für sich allein keine Garantie für eine schnelle Einleitung von Hilfemaßnahmen.

Passive Alarmgeber in Personen-Notrufgeräten sind ein geeignetes Instrument zur Optimierung des Rettungsprozesses. Sie verkürzen die Meldefrist signifikant und ermöglichen eine schnellere Alarmierung der Arbeitsgruppenmitglieder. Die Kollegen können daher eher mit den Sofort- und Erste-Hilfe-Maßnahmen beginnen und der Rettungsdienst kann frühzeitiger Rettungsmaßnahmen initiieren. Durch die starke Reduzierung der Meldefrist (253 s im Vergleich mit der klass. Variante, Verunfallter bewusstlos und 123 s im Vergleich mit der klass. Variante, Verunfallter bei Bewusstsein) kann trotz der zusätzlichen Einbindung der Notrufzentrale der Zeitraum vom Notfalleintritt bis zum Ausrücken der Rettungsfahrzeuge signifikant verringert werden.

Voraussetzung für eine unverzügliche Benachrichtigung der weiteren potentiellen Helfer per SMS oder Anruf, ist die Hörbarkeit der Signaltöne. Wie in einer Studie nachgewiesen werden konnte, (SCHMIDT-BAUM, 2007) können aber auch diese durch Störgeräusche verdeckt und durch Gehörschützer gedämmt werden. Eine schnelle Informationsaufnahme ist nur dann sichergestellt, wenn die Signaltöne mit einer in der Studie näher definierten Schalldruckpegel über einen im Kapselgehörschützer applizierten Lautsprecher ausgegeben werden.

Eine Option für die Signalwiedergabe sind die vermehrt in der Holzernte eingesetzten Helm-funkgeräte, die über eine Schnittstelle mit dem Rettungsmobiltelefon verbunden werden können. Der Einsatz von Helmfunkgeräten ist ohnehin zu empfehlen, da diese den Rufkontakt von Zwei- oder Drei-Personen-Arbeitsgruppen deutlich verbessert und in der Konsequenz voraussichtlich auch die Meldefrist verkürzen kann.

7.2.3 Einfluss der Notrufzentrale auf das therapiefreie Intervall

Primäres Ziel der Notrufzentrale ist es, die für die Initiierung des Rettungsprozesses notwendigen Informationen an die zuständige Leitstelle weiterzugeben. Weitere Informationen können auch noch während des Einsatzes über die Leitstelle den Einsatzkräften zur Verfügung gestellt werden. Um Störungen im Ablauf zu vermeiden, ist lediglich sicherzustellen, dass die Einsatzkräfte gegebenenfalls notwendige Anfahrtsbeschreibungen noch vor dem Erreichen des Rettungspunktes bzw. Anwegbeschreibungen noch vor dem Erreichen des Einsatzortes erhalten.

Im Untersuchungsgebiet lagen die durchschnittlichen Fahrzeiten zum Rettungspunkt einschließlich der Ausrückezeit über zwölf Minuten.

Die Bearbeitungszeiten in der Notrufzentrale betragen aufgrund der weitgehenden Automatisierung der Prozesse und der routinierten Disponenten weniger als zwei Minuten, um eine Anfahrts- und Anwegbeschreibung zusammenzustellen und der Leitstelle per Telefax zu übersenden. Auch bei einer Übertragungsdauer von drei Minuten bliebe der Leitstelle somit genügend Zeit, die Informationen an die Einsatzkräfte weiterzuleiten. In der Regel beträgt die Übermittlung aber nur 60 s. Aus rationellen Aspekten sollte die Faxübertragung über das IP (Internet Protocol) nach dem T.38-Standard erfolgen, der eine direkte Faxübertragung vom Arbeitsplatz der Notrufzentrale zum Faxgerät der zuständigen Leitstelle ermöglicht.

Das geschilderte Ablaufverfahren gewährleistet, dass sich lediglich ein Teil der Bearbeitungszeit in der Notrufzentrale auf das therapiefreie Intervall auswirkt, gleichzeitig aber der weitere Rettungsprozess mit Hilfe der von der Notrufzentrale bereitgestellten Informationen deutlich vereinfacht werden kann.

7.3 Ansätze zur Optimierung des Rettungssystems

7.3.1 Konsequenzen aus der Gebrauchstauglichkeitsstudie

Um die Gebrauchstauglichkeit des Rettungsmobiltelefons zu verbessern, muss sowohl eine technische Überarbeitung des Produktes als auch eine Intensivierung der Überzeugungsarbeit bei den Forstwirten erfolgen, um die Nutzerakzeptanz zu erhöhen. Aufgrund des Prozesscharakters der Akzeptanzbildung kann beispielsweise in Folge geänderter Nutzungsvorgaben oder neuer Informationen auch die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit novelliert werden. Die schlechte Bewertung des GPS-Mobiltelefons durch die Benutzer ist somit nur eine Momentaufnahme. Überdies bieten die Ergebnisse der Gebrauchstauglichkeitsstudie auch Hinweise darauf, wie die Funktionalität und Bedienbarkeit des GPS-Mobiltelefons verbessert werden kann. Das Rettungsmobiltelefon ist selbst in den dynamischen Prozess mit einzubeziehen, indem die Hard- und Softwarekomponenten sowie das Design der Benutzeroberfläche den Anforderungen der Forstpraxis angepasst werden.

Ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Betriebssicherheit ist die Modifizierung des Akkuverschlusses und die Verwendung eines Akkus mit höherer Speicherkapazität als 1050 mAh. Die an die staatlichen Forstwirte von NRW ausgegebenen Benefon-Geräte haben zwar eine Speicherkapazität von 1200 mAh, doch sind in diesen – im Gegensatz zu den Testgeräten – noch Bewegungssensoren als zusätzliche Stromabnehmer integriert. Um den Stromverbrauch zu reduzieren werden die Geräte im GPS-Betriebsmodus „Niederleistung“ betrieben. Bei dieser Einstellung werden die Satellitendaten in größeren Zeitintervallen als beim Modus „Vollleistung“ verarbeitet. Dies ist dann vertretbar, wenn der Aktionsradius des Nutzers sehr gering ist. In Anbetracht der schon im Betriebsmodus „Vollleistung“ gemessenen Lageabweichungen der berechneten Position vom tatsächlichen Standort, ist ein rasches Auffinden verunfallter Personen im Wald nur durch zusätzliche akustische oder visuelle Signale zu gewährleisten.

Um die Kompatibilität der Technik an das Arbeitssystem zu erhöhen, böte sich als Zwischenlösung zur Verringerung bzw. Vermeidung von unbegründet passiv ausgelösten Personen-Alarmen eine Verlängerung der Auslöse- und Voralarmzeit auf je eine Minute an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Wunsch der Forstwirte nach einer zeitlichen Dehnung der Auslöse- und Voralarmzeit unter dem Eindruck häufiger Fehlalarmen entstanden ist, wobei sich infolge der Maßnahme auch die Rettungszeiten verlängern. Erst durch die Adaption des passiven Alarmgebers bzw. der Algorithmen an die typischen Bewegungs- und/oder Lagemuster ließen sich Fehlalarme weitestgehend ausschließen und die Auslöse-/Voralarmzeiten auf ein Minimum reduzieren.

Der Trageort „Oberarm“ weist hinsichtlich der Fehlalarmquote keine signifikanten Unterschiede zu den Trageorten „Gürtel lateral“ und den von den Forstwirten bevorzugten Trageort „Brusttasche“ auf. Aus den im Kapitel 5.6.3.9.1 genannten Sicherheitsaspekten ist jedoch die Oberarmtasche als Trageort zu favorisieren. Den Forstwirten sollte die Notwendigkeit, das Gerät an dieser Stelle zu tragen, verdeutlicht werden.

Entscheidend für die Hörbarkeit der akustischen Warn- und Alarmsignale ist deren konzeptionelle Adaption an die arbeitsplatztypischen Störgeräusche. In einem ersten Schritt ist aber zunächst darauf hinzuwirken, dass für Signale mit einer bestimmten Bedeutung die gleiche Tonnummer verwendet wird, um die Erkennbarkeit sicherzustellen. Dies betrifft in erster Linie das Voralarmsignal. Da die Kollegen des Verunfallten aber auch per Kurzmitteilung alarmiert werden, ist das Signal „Eingang Kurzmitteilung“ ebenfalls zu vereinheitlichen. Um die Wahrscheinlichkeit der Signalhörbarkeit zu erhöhen, ist dafür Sorge zu tragen, dass für alle Signale die höchste Lautstärke eingestellt wird.

Ein repetierendes Warnsignal, welches einen Abbruch des GSM-Netzempfangs meldet, wirkt sich akzeptanzhemmend aus. Eine Beseitigung dieser Funktion ist wegen deren hohen Sicherheitsrelevanz jedoch nicht zielführend. Daher sind Überlegungen anzustellen, ob z.B. in einer neuen Version das Warnsignal nicht durch die Quittierung des Hinweises abgeschaltet werden kann. Der Benutzer sollte erst dann, wenn über einen längeren Zeitraum wieder sicherer Netzempfang vorhanden war, erneut durch ein (anders geartetes) akustisches Signal benachrichtigt werden, um seine Sicherheitsvorkehrungen entsprechend darauf abstellen zu können.

Die Bedienbarkeit des GPS-Mobiltelefons kann durch eine Vergrößerung der Ziffern auf dem Display und eine höhere Verschleißresistenz der Tastenfelder verbessert werden.

Insbesondere das Versenden der Statusmitteilungen zur An- und Abmeldung führt zu Änderungen des gewohnten Arbeitsablaufes und stößt auf Akzeptanzprobleme. Es sollte daher geprüft werden, ob nicht alternative Lösungsmodelle gefunden werden können, welche die An- und Abmeldeprozedur unnötig machen. In dem im Landesbetrieb Wald und Holz realisierten Ablaufkonzept werden mit der Anmeldung auch die aktuellen Standortkoordinaten des Forstwirtes an die internetbasierte SOS-Plattform gesendet, damit dort im Notfall mit einer speziellen Software potentielle Ersthelfer im definierten Radius um den Unfallort ermittelt und alarmiert werden können.

Ein alternatives Lösungsmodell, das auf An- und Abmeldungen verzichtet, wurde im Kapitel 4 aufgezeigt. Dort wird zunächst von einem Programm festgestellt, in welchem Forstamt sich der Unfallort befindet und daraufhin eine automatische Positionsabfrage aller zu diesem Forstamt gehörigen Forstwirte vorgenommen. Erst im Anschluss daran werden die nicht zur Arbeitsgruppe des Verunfallten gehörigen Forstwirte alarmiert, die aufgrund der geringen Distanz zum Unfallort als Ersthelfer in Frage kommen. Die gruppenzugehörigen Forstwirte werden in jedem Fall alarmiert. Durch die zwischenzeitlich erfolgte Zusammenlegung der Forstämter zu sogenannten Regionalforstämtern in NRW ist eine Positionsabfrage aller zum Forstamt gehörigen Forstwirte nicht mehr zweckdienlich. Stattdessen wäre eine Untergliederung der Belegschaft in lokale Gruppen ratsam. Der zusätzliche Zeitbedarf für die Positionsabfrage dürfte angesichts

der SMS-Übertragungsdauer von etwa acht Sekunden unter einer halben Minute liegen und liegt damit durchaus im vertretbaren Rahmen. Bei einem geringen Notrufaufkommen können durch das alternative Lösungsmodell die Kosten für den Austausch von Kurzmitteilungen deutlich reduziert werden.

Die Netzversorgungsqualität einzelner GSM-Provider kann lokal stark differieren. Es sollte daher jedem Forstbetrieb überlassen bleiben, einen für seine Mitarbeiter geeigneten Provider auszuwählen. Die mit einem GSM-Netzscanner stichprobenartig erhobenen Daten bieten hierbei eine sichere Entscheidungsgrundlage. GSM-Netzscanner erfassen neben der geografischen Position für jeden Provider die Zahl der vor Ort zu empfangenen Basisstationen sowie die Feldstärke des jeweiligen Netzes. In Verbindung mit einem entsprechenden Auswerteverfahren lässt sich ein Waldgebiet bezüglich der Qualität von GSM-Netzen mit Echt-Daten topologisch ausmessen und kartographieren.

Bei Notrufen unter der Nummer 112 sucht sich das Mobiltelefon automatisch den Provider mit dem besten Netzempfang. Dahingegen können die Notrufe in dem vorgestellten Rettungssystem nicht priorisiert werden, so dass nur der Provider genutzt werden kann, dessen SIM-Karte eingelegt wurde. Demzufolge kann nur durch die gleichzeitige Nutzung mehrerer Provider die Netzverfügbarkeit erhöht werden. Eine technische Lösung bieten Dual-SIM-Mobiltelefone, die sich im asiatischen Raum zunehmender Beliebtheit erfreuen und sich in Europa momentan in der Einführungsphase befinden (DIESTELBERG, 2007; TELTARIF.DE, 2007). Dual-SIM-Mobiltelefone enthalten zwei Sende- und Empfangseinrichtungen, so dass der Nutzer gleichzeitig über zwei verschiedene Netzprovider, deren SIM-Karten er eingelegt hat, erreichbar ist. Auch bei abgehenden Gesprächen stehen ihm wahlweise beide Netze zur Verfügung.

Gesteigert werden kann die Akzeptanz des GPS-Mobiltelefons durch eine Erweiterung der Verwendungsmöglichkeiten und der daraus resultierenden Steigerung der Anwendungshäufigkeit. So wird das GPS-Mobiltelefon in Privatforstbetrieben beispielweise zur Polterverwaltung sowie zur Datenerfassung und ortsbezogenen Datenabfrage im Rahmen des operativen Geschäftsalltags eingesetzt (ELBS et al., 2003). Hierbei erfolgt die Versendung und Abfrage von Geoinformationen über das Statusmitteilungs-menü, was – übertragen auf die Anwendungssituation im Staatswald von Nordrhein-Westfalen – den positiven Nebeneffekt hätte, dass dem Bedürfnis der Nutzer nach konsistenten Arbeitsabläufen entsprochen wird (gleiche Bedienungsschritte wie bei dem An- und Abmeldeverfahren) und diese durch die repetierende Nutzung Routine im Umgang mit dem Rettungsmobiltelefon bekommen. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass das Versenden der Statusmitteilungen den Forstwirten zum Zeitpunkt der Erhebungen Schwierigkeiten bereitet hat.

Die Akzeptanz ist in hohem Maße von dem subjektiv wahrgenommenen Vorteil des Systems abhängig. Das Potential des GPS-Mobiltelefons kann jedoch nur dann in vollem Umfang registriert werden, wenn zuvor ein entsprechendes Problembewusstsein geschaffen wurde. So konnte bislang die Effektivität des neuen Rettungssystems im Vergleich zur klassischen Rettungskette von den Forstwirten nicht abgeschätzt werden, da verwertbare Vergleichswerte fehlten. Um Misstrauen abzubauen und die Begreifbarkeit der neu eingeführten Technik zu fördern, sollten Ziele und Abläufe in der Rettungskette sowie die Ergebnisse und Folgen der

im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien mittels geeigneter Medien den Forstwirten kommuniziert werden. Dabei sollte die Einführungsphase des GPS-Mobiltelefons als Probe-phase deklariert werden, um den Forstwirten zu signalisieren, dass sie in den Entwicklungsprozess mit eingebunden sind.

7.3.2 Konsequenzen aus der Störschallanalyse

Es stellte sich heraus, dass in Folge der von den Motorsägen und Freischneiden erzeugten hohen Schalldruckpegel keine normenkonformen Signale für eine außerhalb der Kapselgehörschützer liegende Schallquelle konzipiert werden können; die minimal erforderlichen Schalldruckpegel (Grenzwerte) in den für ein Signal in Frage kommenden Frequenzbändern lagen über den maximal erlaubten Signalschalldruckpegel von 118 dB (A).

Außerhalb des Kapselgehörschützers liegende Schallquellen kommen nur dann in Betracht, wenn – entgegen den normativen Vorgaben – eine Verdeckung des Signals in über 5 % der Motorsägenlaufzeit toleriert würde. Wollte man dennoch eine längerfristige Verdeckung in Kauf nehmen, wäre die Trageposition der Schallquelle zwingend auf den Oberarm fixiert, um den im Empfangsbereich maximal zulässigen Schalldruckpegel nicht zu überschreiten. Allerdings wächst mit der daraus resultierenden Verlängerung der Signalmaskierung auch die Gefahr, dass Fehlalarme der Notrufgeräte nicht mehr rechtzeitig wahrgenommen und abgebrochen werden können. Vor diesem Hintergrund sind externe Schallquellen grundsätzlich abzulehnen und die Verwendung von Kapselgehörschützern mit integrierter Schallquelle zu empfehlen. In Anbetracht der Höhe der mindestens erforderlichen Schalldruckpegel unter dem Kapselgehörschützer könnten bei mehrstündiger Schallexposition unter besonders widrigen Umständen (z. B. Ohnmacht, kombiniert mit schlechter Durchblutung des Innenohrs) Gehörschädigungen auftreten (akustischer Unfall). Die Rettungszeiten liegen jedoch in der Regel auch im Wald deutlich unter einer Stunde, so dass derart lange Expositionszeiten nicht zu erwarten sind. Zudem kann der Signalgeber so konzipiert werden, dass das akustische Signal nach einer angemessenen Frist abgebrochen wird. Bei einer im Kapselgehörschützer integrierten Schallquelle, bleiben die Grenzwerte in den für die Konzeption der Signale elementaren Frequenzbändern (500 Hz bis 3000 Hz) deutlich unter dem erlaubten Höchstwert. Bei dem Design der Signale haben die Konstrukteure in diesem Frequenzbereich nahezu unbeschränkte Gestaltungsfreiheit.

Um die Hörbarkeit der Signale auch in den Sägepausen zu gewährleisten, in denen keine Kapselgehörschützer getragen werden, muss eine weitere Schallquelle direkt im Notrufgerät implementiert sein, die über eine ausreichende Schallleistung verfügt.

Die Signale eines Notrufgerätes können entweder per Kabel oder Funk an einen Kapselgehörschützer mit integriertem Lautsprecher übertragen werden. Bei einer Kabellösung böte die Verbindung jedoch insbesondere während Läuterungsarbeiten dem Buschwerk eine Angriffsfläche. Daher ist eine funkbasierte Lösung (bspw. Bluetooth) zu favorisieren, um Behinderungen während der Arbeit und ein Abreißen der Verbindung zu vermeiden.

7.3.3 Effizienzsteigerung durch die Erschließung eines großen Kundenkreises

Eine Notrufzentrale als privater Dienstleister wird nur dann in zusätzliche Hard- und Software investieren, wenn diese Investition auf Dauer Gewinn verspricht. Bei einem kleinen Kundenkreis wäre dies nur durch hohe Nutzungsgebühren zu erreichen, die aber wiederum potentielle Interessenten abschrecken könnten. Demgemäß ist das Konzept von vornherein auf einen breiteren Nutzerkreis abzustellen. Da der Disponent für seine Aufgabenerfüllung keine persönliche Ortskenntnis benötigt, kann die Notrufzentrale überregional tätig werden und so neue Kunden gewinnen. Erst mit einem großen Kundenkreis ist ein hinreichendes Einsatzaufkommen gewährleistet, das eine routinierte Bearbeitung ermöglicht.

Profiteure und damit potentielle Nutzer eines solchen Rettungssystems sind, abgesehen von den betriebszugehörigen Forstwirten, auch Forst- und Fuhrunternehmer, Waldbauern und Brennholz-Selbstwerber sowie Privatpersonen, die unfallträchtigen Freizeitaktivitäten im Wald nachgehen.

7.3.4 Laufenthaltung der digitalen und analogen Karten

Um das Rettungssystem auch für überörtlich agierende Kunden interessant zu machen und die Dienstleistungen im vollen Umfang erbringen zu können, benötigt die Notrufzentrale detaillierte Waldwegeinformationen für das gesamte Versorgungsgebiet. Die schon vorhandenen und kommerziell vertriebenen Vektordaten des öffentlichen Straßennetzes bilden hierbei die Ausgangsbasis einer auch die Waldwege mit einschließenden Navigationsgrundlage. Die Vermessungsämter liefern die Waldwegedaten aus dem Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS), die aus Gründen der Qualitätssicherung noch durch fachkundiges Personal der Forstbetriebe begutachtet und qualifiziert werden müssen. Die Organisation einer betriebsübergreifenden Datenqualifizierung, das Vektorisieren der klassifizierten Waldwege und deren Einbindung in einen Navigationsdatenbestand kann nur von einem auf Navigationslösungen spezialisierten Unternehmen vorgenommen werden. Um möglichst alle Waldgebiete erfassen zu können, ist die aktive Unterstützung der staatlichen, kommunalen und privaten Forstverwaltungen unumgänglich.

Um Navigationsfehler zu vermeiden, muss die Kartensoftware in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Durch die schnellen Weiterentwicklungen in der Navigationssystemtechnik sind bei der Erstellung der Kartensoftware Standardformate zu verwenden, die eine Kompatibilität mit möglichst vielen Navigationssystemen sicherstellen und zukünftig nur geringfügige Modifikationen zur Anpassung erwarten lassen.

Auch für die Notrufzentrale steigt mit überregionalem Einzugsbereich der zur Laufenthaltung der digitalen Karteninformationen erforderliche Aufwand. Da sich eine Vernetzung der dezentral gespeicherten Geodaten in Deutschland erst in der Initialisierungsphase befindet, müssen viele Karteninformationen noch mühsam von den einzelnen Fachverwaltungen eingeholt und miteinander verschnitten werden. So liegen beispielsweise die Kontaktdaten der einzelnen Leitstellen eines Bundeslandes in dem Lagezentrum des jeweils zuständigen Innenministeri-

ums nur in einer Datei vor. Diese Sachdaten müssen dann den Verwaltungsgrenzen manuell zugeordnet werden, die als Vektordaten vom Landesvermessungsamt erworben werden können (KOZLOWSKY; 2007).

7.3.5 Spezifische Navigationssysteme für Rettungsfahrzeuge

Auf dem Display des für die Studie verwendeten technisch hochwertigen Navigationssystems MS-5510/PRO XL wurde zwar eine Maßstabsangabe gemacht, mit der aber die Entfernungen zu bestimmten Punkten nur schwer eingeschätzt werden konnten. Maßstabsleisten, die auf vielen Navigationssystemen standardmäßig angezeigt werden, erleichtern den Rettungskräften eine genauere Beurteilung der Wegstrecke, die von dem abgestellten Einsatzfahrzeug zu dem abseits eines befahrbaren Weges liegenden Unfallort zurückgelegt werden muss.

Navigationssysteme stellen mehrere Auswahlmöglichkeiten bezüglich der Routeneigenschaft bereit. Um in einem möglichst kurzen Zeitraum zum Unfallort zu gelangen, wählen die Rettungskräfte die Option „schnellste Route“. Der Berechnungsalgorithmus stützt sich in diesem Fall auf die für die einzelnen Straßenklassen vordefinierten Durchschnittsgeschwindigkeitswerte. Damit Waldwege nur dann in die Route integriert werden, wenn durch ihre Benutzung die Streckenlänge entscheidend verkürzt wird, werden ihnen Geschwindigkeitswerte von 30 km/h zugewiesen. Demnach sind sie verkehrsberuhigten Zonen innerhalb von Ortschaften gleichgestellt. Werden Waldwege in Ausnahmefällen gleichsam einer Transitstrecke zwischen zwei Straßenklassen höherer Ordnung in die Route eingebunden, ist dies laut FABENDER (2008) auf eine fehlerhafte Widmung der eingebundenen Waldwege zurückzuführen. Der Berechnungsalgorithmus ist so konzipiert, dass Waldwege nur in der Start- und Endphase der Route einbezogen werden.

Die zugeordneten Geschwindigkeitswerte sind für die ganzjährig und die eingeschränkt befahrbaren Waldwege gleich (30 km/h). Durch eine weitere Reduzierung der zugeordneten Geschwindigkeitswerte könnten die eingeschränkt befahrbaren Waldwege weitgehend aus den Anfahrtrouten ausgeschlossen werden. Eine niedrige Gruppierung der Waldwege ist aber systembedingt (noch) nicht möglich bzw. machte einen Eingriff in die Systemsoftware (Firmware) notwendig. Eine spezielle Systemanpassung für einen kleinen Kundenkreis war aber für die Fa. Siemens VDO Automotive AG (heute VDO Automotive AG) unwirtschaftlich und wurde daher abgelehnt.

Die Untersuchungen zu Rettungseinsätzen im Wald zeigen, dass ein optimal auf die Bedürfnisse des Rettungsdienstes und der Feuerwehr zugeschnittenes Navigationssystem nur zu erreichen ist, wenn die Kartengrundlage und Firmware aufeinander abgestimmt sind. Durch eine tiefergehendere Analyse der Rettungsabläufe und der Bedürfnisse des Rettungsfachpersonals ließen sich weitere spezifische Funktionalitäten von Navigationssystemen definieren, mit denen die Einsätze erleichtert werden könnten.

7.3.6 Modelle zur Lösung der Schrankenproblematik

Trotz etwaig beschränkter Waldwege brauchen die Einsatzkräfte bei einer navigationsgestützten Rettungskette nicht signifikant länger als bei der klassischen Rettungskette (Lotsensystem), um zum Einsatzort zu gelangen. Allerdings basierte die Versuchsmethodik auf der Annahme, dass die zu den Schrankenschlössern passenden Schlüssel im Einsatzfahrzeug mitgeführt werden. Die Schaffung dieser Voraussetzung ist in Nordrhein-Westfalen durch die verschiedenartigen Schließsysteme, die schon innerhalb eines Forstbetriebsbezirkes variieren können, erschwert. Ein einheitliches Schließsystem, wie bspw. von den Landesforsten Niedersachsen verwendet, wird aus Sorge, dass sich Unbefugte leichter Zutritt bzw. Zufahrt verschaffen könnten, abgelehnt. Es sollte jedoch darauf hingewirkt werden, zumindest auf Forstamts-ebene ein einheitliches Schließsystem zu nutzen.

Wo diese Voraussetzungen nicht realisierbar sind, ist ein anderes Verfahren anzuwenden. In der Kreisleitstelle Hochsauerland wie auch in weiteren Leitstellen (FLECKENSTEIN, 2006) ist in der Alarm- und Ausrückeordnung (AAO) festgelegt, dass bei eingehenden Forstnotrufen neben einem Rettungswagen (RTW) und evtl. eines Notarzteinsetzfahrzeuges (NEF) immer auch ein Rüstwagen (RW) eingesetzt wird. Rüstwagen sind Allradfahrzeuge der Feuerwehr, die über umfangreiche Ausrüstung für die technische Hilfeleistung verfügen, mit der sowohl Schranken geöffnet als auch Unfallopfer geborgen werden können.

In ländlichen Gegenden sind die Rüstwagen aber zumeist bei einer Feuerwache stationiert, die im Gegensatz zu einer Rettungswache nicht ständig besetzt ist. Wegen der daraus resultierenden längeren Ausrückzeit treffen die Rüstwagen ebenso wie die Notarztwagen vorwiegend nach dem Rettungswagen am Einsatzort ein. Ist dem Rettungswagen der Zuweg durch eine Schranke versperrt, sind die Rettungskräfte gezwungen, auf das Eintreffen des Rüstwagens zu warten. Dieser kann aber nur dann schnell herangeführt werden, wenn beide Fahrzeuge den Unfallort von derselben Richtung aus anfahren, was aufgrund der unterschiedlichen Stationierung nicht zwangsläufig der Fall sein muss. Eine Vorgabe der Anfahrtsrichtung durch die Leitstelle kann aber dazu führen, dass die individuellen Anfahrtrouten der Fahrzeuge von der idealen Anfahrtsstrecke abweichen und sich so die Eintreffzeit des ersten Fahrzeuges am Einsatzort verlängert. Der Nutzen eines Navigationsgerätes wird durch diese Verfahrensweise eingeschränkt, da unter Umständen nicht die aufgrund der Navigationsgrundlage berechnete schnellste Route gewählt werden kann. Angesichts der im Versuch häufig registrierten Wegesperrungen bei den Anfahrten ist die Lenkung der Einsatzfahrzeuge über eine gemeinsame Waldeinfahrt aber durchaus zweckmäßig. Wählte die Besatzung des NEF einen anderen Anfahrtsweg als die Besatzung des RTW, erhöhte sich damit auch die Gefahr, dass eines der Fahrzeuge von einer Schranke oder einem anderweitigen Hindernis aufgehalten wird. Die Koordination des Einsatzes zwischen Rettungswagen, Rüstwagen und Notarzteinsetzfahrzeug würde dadurch nur unnötig erschwert.

Bei navigationsgestützten Einsatzfahrzeugen können die geeigneten Waldeinfahrten als Zwischenziele in die Routenberechnung mit aufgenommen werden, um eine Streckenführung

über diese Punkte zu erzwingen. Die Koordinaten könnten von der Notrufzentrale mit einem sehr geringen Zeitaufwand ermittelt und an die zuständige Leitstelle durchgegeben werden.

Bei der kartengestützten Rettungskette ist ohnehin sichergestellt, dass alle Einsatzfahrzeuge die gleiche Anfahrtsroute nehmen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Rettungskräfte laut Variantendefinition von der Notrufzentrale eine Anfahrtsbeschreibung erhalten, die stets nur einen Routenvorschlag für die Anfahrt vom Rettungspunkt zum Unfallort enthält. Alle Einsatzfahrzeuge müssen somit den Unfallort über den vorgegebenen Rettungspunkt anfahren, der zumeist am Schnittpunkt öffentliche/nichtöffentliche Straße liegt.

7.3.7 Duale Alarmierungswege bei aktiv oder passiv ausgelösten Notrufen

Die durchschnittliche Notrufbearbeitungszeit in der Notrufzentrale wurde unter der Annahme erhoben, dass bei passiv ausgelösten Notrufen lediglich ein Notruftelegramm über einen ASP-Server an die Notrufzentrale weitergeleitet wird. Eine direkte Sprachverbindung wird erst durch einen Rückruf des Disponenten hergestellt. Dieses Ablaufschema wird bei der bereits etablierten Rettungskette „Waldarbeit“ des Landesbetriebes Wald und Holz in NRW praktiziert.

Die SMS-Übertragungsdauer vom Rettungsmobiltelefon zum ASP-Server beträgt zwar nach einvernehmlichen Angaben der Netzprovider T-Mobile und Vodafone in 95 % der Fälle weniger als 6 s, kann aber in Ausnahmefällen auch deutlich größere Dimensionen einnehmen. Aus Sicherheitsaspekten ist daher neben der Versendung einer SMS an den ASP-Server auch ein paralleler Aufbau einer Sprachverbindung zu empfehlen, wodurch der Notruf früher bei der Notrufzentrale als das Notruf-Telegramm eingeht, so dass eher mit der Einsatzbearbeitung begonnen werden kann.

7.3.8 Vereinheitlichung der Alarmstichworte

Die Alarm- und Ausrückeordnungen (AAO) werden von den Leitstellen festgelegt, um auf die verschiedenen Unfall- oder Notsituationen abgestimmte Maßnahmen in einer zweckmäßigen Reihenfolge ergreifen zu können. Dabei werden die möglichen Notfallszenarien in Kategorien eingeteilt und mit einem Alarmstichwort betitelt. Bei Auswahl des Alarmstichwortes wird automatisch auch die zugehörige AAO abgerufen. Diese Vorgehensweise trägt zur Entlastung des Disponenten bei und ermöglicht eine schnelle und professionelle Reaktion auf einen eingehenden Notruf.

Ein einheitliches in den Leitstellen verwendetes Alarmstichwort wie beispielsweise „Forstnotruf“ würde die Informationsübermittlung von der Notrufzentrale zur zuständigen Leitstelle wie auch die dort stattfindende Informationsverarbeitung beschleunigen.

7.4 Realisierung der modifizierten Rettungskettenkonzepte

Standortbasierte Dienste und Navigationslösungen auf Mobiltelefonen und PDAs haben weltweit Konjunktur. Vermehrt werden von den marktführenden Herstellern auch Handymodelle mit integrierten GPS-Empfängern für den europäischen Markt entwickelt. Laut einer Studie des Marktforschungsunternehmens iSuppli soll sich allein im Jahr 2011 der weltweite Absatz von GPS-Mobiltelefonen auf 444 Millionen belaufen (vgl. HERKNER, 2008; BERGERT, 2007; LIST, 2007; WIDMANN, 2007).

Mit der steigenden Zahl der Besitzer von GPS-Handys wird sich auch die Zahl der Kunden des LifeService der Björn-Steiger-Stiftung erhöhen, die die Koordinaten registrierter verunfallter Personen an die zuständige Leitstelle weiterleitet. Durch die Ausstattung der Neufahrzeuge mit einem eCall-System ab 2009 werden den Leitstellen zukünftig automatisch koordinatenscharfe Ortsangaben von Verkehrsunfällen übermittelt. Doch ohne entsprechende Schulung und detailliertes Kartenmaterial in den Leitstellen können die Koordinaten nur unzureichend verwertet werden. Die Herausforderungen zur Optimierung der Rettungskette werden zukünftig somit nicht mehr die Verkürzung der Meldefrist oder die Präzisierung der Position des Verunfallten, sondern die Optimierung der Informationsverarbeitung in der Leitstelle und die Informationsweiterleitung an die Rettungskräfte sein. Durch die Ausstattung der Fahrzeugflotte mit Navigationsgeräten ist der Rettungsdienst in der Lage, die Koordinaten sekundenschnell per Funk an die Einsatzfahrzeuge weiterzuleiten, die allein mit diesen Informationen Unfallorte an öffentlichen Straßen und – bei entsprechender Kartensoftware – auch abseits des öffentlichen Straßennetzes in kürzest möglicher Zeit anfahren können. Navigationssysteme sind somit eine geeignete und verhältnismäßig kostengünstige Option, um die Versorgungsqualität insbesondere in ländlich geprägten Bereichen zu verbessern.

Die Entwicklung von Navigationsgeräten mit speziell auf die Anforderungen des Rettungsdienstes zugeschnittenen Funktionalitäten ist seitens der Hersteller nur dann wirtschaftlich vertretbar, wenn ein entsprechend großer Absatzmarkt vorhanden ist oder ein Auftraggeber die Entwicklungskosten trägt. Navigationsgeräte sind gemäß der europaweit geltenden Norm DIN EN 1789 („Rettungsdienstfahrzeuge und deren Ausrüstung – Krankenkraftwagen“) nicht vorgeschrieben. Eine über die normativen Standards hinausgehende technische Ausrüstung der Feuerwehr obliegt den Gemeinden; die kreisfreien Städte und Kreise sind verantwortlich für die Ausstattung der Leitstellen und der Rettungsfahrzeuge. Diese kommen ihrer Aufgabe entweder mit eigenem Personal nach oder beauftragen Hilfsorganisationen wie z.B. das Deutsche Rote Kreuz oder die Johanniter-Unfall-Hilfe mit der Durchführung des Rettungsdienstes. Die Autonomie der Gemeinden, der kreisfreien Städte und Kreise sowie die föderalen Strukturen der Hilfsorganisationen erschweren die einvernehmliche Formulierung eines Anforderungskataloges und die gemeinschaftliche Anschaffung von Navigationsgeräten. Dennoch bedarf es einer strategischen Planung, um die Rettungskräfte sowohl bereits heute durch Aus- und Fortbildungen auf die zukünftigen Herausforderungen vorzubereiten als auch deren Organisationsstrukturen und technischen Hilfsmittel anzupassen. Zur Vermeidung von Einzellösungen sowie der sich daraus ergebenden Reibungsverluste bei überörtlichen Einsätzen ist eine Zusammenarbeit der verantwortlichen Organisationen unumgänglich. Geeignete Initiatoren für

diese Kooperation sind die kommunalen Spitzenverbände bzw. die Bundesvereinigung der kommunalen Spitzenverbände.

Die Rettungskette „Forst“ kann von navigationsgestützten Rettungs- und Feuerwehrfahrzeugen profitieren, wenn die Kartensoftware der Navigationssysteme auch die Waldwege enthält. Da diese Kartensoftware nicht nur bei Unfällen von Waldarbeitern, sondern auch bei Freizeitunfällen, Unglücken oder Störfällen eine schnelle Zuführung der Einsatzkräfte gewährleistet, ist die Erstellung entsprechender Karten keine rein auf die forstlichen Berufssparten beschränkte, sondern eine gesellschaftliche und damit öffentliche Aufgabe. Die Notwendigkeit einer Modernisierung der Rettungsfahrzeuge, aber auch die Verwendung detaillierter analoger und digitaler Rettungskarten muss daher über die berufsständischen Interessenvertretern von Anfang an der Politik vermittelt werden, damit die Belange der Forstwirtschaft sowie weiterer Wirtschaftsbereiche, in denen Mitarbeiter häufig abseits öffentlicher Wege arbeiten (Bahn, Betreiber von Windenergieanlagen, Energieversorger etc.) beachtet werden. Durch ein planvolles Erhebungs- und Digitalisierungsverfahren können die Wegeinformationen sowohl in eine analoge Rettungskarte als auch in eine Kartensoftware für die Navigation eingebunden werden.

8 Zusammenfassung

Die strukturelle und prozessorientierte Planung der Rettungskette Forst soll ein möglichst kurzes therapiefreies Intervall (Zeit zwischen Unfall und Eintreffen der Rettungskräfte) sicherstellen. In der Vergangenheit durchgeführte und dokumentierte Rettungsübungen ließen aber aufgrund des geringen Stichprobenumfangs und der unterschiedlichen Rahmenbedingungen keine statistisch gesicherten Aussagen bezüglich der Dimension des therapiefreien Intervalls zu, wodurch ein Vergleich unterschiedlicher Rettungskonzepte von vornherein vereitelt wurde. Letztlich mangelt es allen Rettungskettenkonzepten in der Forstwirtschaft an zeitlichen Richtwerten als Grundvoraussetzung für ein Qualitätsmanagement. Zudem weisen die konventionellen Rettungslösungen für die auf zwei Personen reduzierte Arbeitsgruppen und für die verstärkt zum Einsatz kommenden Forstunternehmer Schwachstellen auf.

Unabhängig davon, dass die mittels der etablierten Rettungskonzepte erzielbaren Zeitwerte des therapiefreien Intervalls nicht konkretisiert werden können, ist der Status quo der rettungsdienstlichen Versorgungsqualität nach Forstunfällen durch strukturelle Änderungen im Rettungswesen und in der Forstwirtschaft sowie durch die sich wandelnden Arbeitsbedingungen im Wald gefährdet.

Auf Grundlage einer Analyse der bestehenden Strukturen und Prozesse einschließlich der Rahmenbedingungen und deren anschließenden Bewertung erfolgte der Entwurf und die Planung eines optimierten Logistiksystems (Struktur- und Prozessgestaltung). Ziel des im Rahmen dieser Arbeit entworfenen Konzeptes ist es, Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen, die ein schnelleres Eintreffen der Rettungskräfte am Unfallort sicherstellen. Berücksichtigt werden hierbei auch die besonderen Anforderungen, die sich aus der Alleinarbeit von Forstunternehmern oder aus dem Einsatz von Forstwirten in Zwei-Personen-Arbeitsgruppen ergeben.

Die Prozessoptimierung der Rettungskette soll durch einen Austausch der zurzeit als Meldeeinrichtungen verwendeten Handys gegen GPS-gestützte Mobiltelefone mit integrierten passiven Alarmgebern erfolgen. Die Geräte werden auf eine Notrufzentrale aufgeschaltet, die durch eine weitgehend automatisierte Informationsbearbeitung und -distribution eine unverzügliche Initiierung der Rettungskette und eine exakte Lokalisierung der verunfallten Personen sicherstellt. Die Notrufzentrale leistet den örtlich zuständigen Rettungsleitstellen logistische Hilfestellung, um die Rettungskräfte zum Unfallort zu führen. Sind die Rettungsfahrzeuge mit Navigationssystemen ausgestattet, deren Navigationskarten auch das nichtöffentliche Waldwegenetz detailliert darstellen, können die Einsatzkräfte auch ohne einen Lotsen zum Unfallort im Wald finden. Ebendies ermöglicht auch eine in der Notrufzentrale automatisiert erstellte und an die zuständigen Rettungskräfte übermittelte Anfahrtsbeschreibung, wenn der Fahrzeugbesatzung zusätzlich eine detaillierte analoge Rettungskarte vorliegt. In diesen Rettungskarten sind neben dem öffentlichen Straßennetz auch die Rettungspunkte, die Waldwege sowie die Kennnummern und Grenzen der Waldabteilungen verzeichnet.

Der Umstand, dass der Landesbetrieb Wald und Holz NRW ein in Struktur und Ablauf an das erarbeitete Rettungskettenkonzept angelehntes Pilotprojekt einer GPS-gestützten Rettungskette initiierte, ermöglichte es, die Effizienz und Effektivität des entworfenen Konzeptes unter praxisnahen Bedingungen mit Hilfe von Zeitstudien zu überprüfen.

Auf Basis einer Marktanalyse favorisierte der besagte Landesbetrieb ein Rettungsmobiltelefon der Fa. Benefon Oyj und rüstete alle Forstwirte im Staatswald von NRW mit diesen GPS-Geräten aus. Die Gebrauchstauglichkeit dieser Geräte konnte mit einem standardisierten Fragebogen, den alle Waldarbeiter erhielten, und mit eigenen technischen Prüfungen evaluiert werden, um so in den Folgeversionen eine bessere Anpassung der Rettungsmobiltelefone an die Forstpraxis zu erreichen.

Zur Beurteilung der Funktionalität der Geräte wurde die Lagegenauigkeit der vom GPS-Modul berechneten Koordinaten unter verschiedenen Bestandesbedingungen mit präzisen Bezugskoordinaten verglichen, die mit einem digitalen Theodoliten eingemessen worden waren. Eine weitere Untersuchung widmete sich der GSM-Netzabdeckung im Staatswald von Nordrhein-Westfalen, um eine Vorstellung von der Größe der Waldfläche zu bekommen, in der ein GSM-basiertes Rettungsmobiltelefon eingesetzt werden kann.

Während des Einsatzes von motorangetriebenen Betriebsmitteln in der Forstwirtschaft besteht die Gefahr, dass blinde Voralarme und weitere für den reibungslosen Ablauf der Rettungskette notwendigen akustischen Signale überhört bzw. erst mit unvermeidbar zeitlichem Verzug wahrgenommen werden. Eingeschränkt wird die Hörbarkeit der Signale ferner durch die modellabhängigen Dämmeigenschaften von Gehörschützern sowie durch die von der Entfernung und Platzierung der Schallquelle abhängigen Dämpfungseffekte. Neben der Minderung der Effektivität und Effizienz der Rettungskette führen die aus der Maskierung der Signale resultierenden kostenintensiven Fehlalarmierungen generell zu einer Verminderung der Akzeptanz. Zur Beseitigung des daraus resultierenden sicherheitstechnischen Problems erfolgte eine Schallanalyse der bei der Waldarbeit typischen Störschallquellen, die den höchsten Immissions-Schalldruckpegel am Ohr der Waldarbeiter verursachen. Berücksichtigt wurden dabei auch die Dämmkurven der am häufigsten während der Waldarbeit getragenen Gehörschützer. Die Forschungsergebnisse sollen den Herstellern von Signalgebern als normierte Schalldruckwerte zur Verfügung gestellt werden, damit diese die minimal erforderliche Schallleistung ihrer Schallquellen in den Frequenzbändern bestimmen und deutlich erkennbare Signale komponieren können. Die Mindestwerte werden für jedes Gehörschützermodell sowohl für externe als auch interne Schallquellen tabellarisch aufgeführt, um so auch die spezielle Abstimmung der Signale auf einzelne Gehörschützermodelle zu ermöglichen.

Schließlich wurden vergleichende Zeitstudien zwischen der konventionellen Rettungskette und den modifizierten Varianten bei 100 simulierten Unfällen im Staatswald des Forstamtes Arnshausen (heute Lehr- und Versuchsforstamt Arnshausen) durchgeführt, um auszuschließen, dass sich das therapiefreie Intervall verlängert. Als Maßstab diente das therapiefreie Intervall der auf dem Lotsenprinzip aufbauenden klassischen Rettungskette mit Drei-Personen-Arbeitsgruppen. Zur Herausarbeitung von Schwachstellen und zur Eingrenzung von Verzögerungsursachen im Rettungsablauf wurde der Rettungsprozess in mehrere Ablaufabschnitte unterteilt.

Zur Gewinnung valider Daten wurde die Meldefrist unter Praxisbedingungen erhoben. In sechs Arbeitsgruppen des Forstamtes Arnsberg mit insgesamt 20 Forstwirten und Forstwirtschaftsmeistern wurden während der Ausführung von Holzernemaßnahmen Unfälle vorgetäuscht. Die Einsatzbearbeitungszeiten der Rettungsleitstelle konnten in der Kreisleitstelle Hochsauerland in Meschede gemessen werden. Die Simulation der Notrufzentrale erfolgte in der genannten Leitstelle an einem separaten und vom Leitstellensystem entkoppelten Arbeitsplatz, der eine eigens für die Studie entwickelte Software mit speziellen Funktionen enthielt. Die Funktion eines Rettungswagen übernahm ein Testfahrzeug, welches mit einem autarken Navigationsgerät inklusive der Navigationskarte „Forst NRW“ sowie einer detaillierten analogen „Rettungskarte Forst“ ausgestattet war.

Die Auswertung der Fragebögen und die eigenen technischen Prüfungen ergaben, dass zur Erhöhung der Betriebssicherheit des Rettungsmobiltelefons noch weitere Anpassungen an die rauen Einsatzbedingungen vorzunehmen sind. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit wurden z.T. schon bei der weiteren Modifikation des Gerätemodells berücksichtigt.

Insgesamt war die mit dem neuen Rettungssystem verbundene Technik aufgrund ihrer Komplexität für die Forstwirte nicht transparent genug, woraus Unsicherheiten und Ängste, insbesondere hinsichtlich der Datensicherheit und -verwendung entstanden. Zur Verbesserung der Akzeptanz sind daher seitens des Arbeitgebers noch Informations- und Vertrauensdefizite abzubauen.

Ein weiteres bedeutsames Ergebnis der Fragebogenauswertung war die Bestätigung, dass während des Einsatzes von motorangetriebenen Betriebsmitteln in der Forstwirtschaft die akustischen Signale des Rettungsmobiltelefons aufgrund der intensiven Störgeräusche häufig überhört werden. In Zusammenhang mit der Störschallanalyse und unter Berücksichtigung der normativen Vorgaben wird daher die Verwendung von Kapselgehörschützern mit integrierten Schallquellen empfohlen, um die Hörbarkeit der Signale zu gewährleisten. Zur Vermeidung von Behinderungen des Arbeitsflusses und Störungen des Übertragungsweges vom Notrufgerät zum Kapselgehörschützer wird eine funkbasierte Lösung befürwortet. Außerhalb des Kapselgehörschützers liegende Schallquellen kämen dahingegen nur dann in Betracht, wenn – entgegen den normativen Vorgaben – eine Verdeckung des Signals in über 5 % der Motorsägenlaufzeit toleriert würde.

Die Tests zur Lagegenauigkeit ergaben, dass aufgrund der Abschattung der Satellitensignale im Wald die Lagegenauigkeit der mit dem GPS-Modul berechneten Koordinaten nicht hoch genug ist, um den Rettungskräften im unübersichtlichen Gelände ein rasches Auffinden des Verunfallten zu ermöglichen. Diese sind daher durch ein zusätzliches weithin hörbares akustisches Signal zum Unfallort zu leiten.

Durch die Stichproben zur Beurteilung der Netzabdeckung konnte nachgewiesen werden, dass der überwiegende Teil der Staatswaldfläche in NRW im netzversorgten Bereichen liegt, wodurch sich gute Ausgangsbedingungen für ein GSM-gestütztes Rettungssystem ergeben.

Wie die Zeitstudien zur Meldefrist zeigten, bieten die klassischen Drei-Personen-Arbeitsgruppen für sich allein keine Gewähr für eine schnelle Einleitung der Erste-Hilfe-

Maßnahmen. Rund 30 % der verunfallten Personen wurden nicht innerhalb der für die kardiopulmonale Reanimation effektiven Frist von zehn Minuten von weiteren Gruppenmitgliedern bemerkt. Betrachtet man nur die Gruppe der bewusstlosen Unfallopfer, so wurden diese in 10 % der Fälle nicht innerhalb von 30 Minuten von einem der weiteren Gruppenmitglieder aufgefunden. Durch die Verwendung von passiven Alarmgebern können aber Rettungsmaßnahmen signifikant früher eingeleitet werden, wobei die Alarmierung der weiteren Gruppenmitglieder über die miteinander vernetzten Rettungsmobiletelefone erfolgt.

Die Vermutung, die Fahrzeiten der Einsatzfahrzeuge ließen sich mit Hilfe der Navigationsgeräte verkürzen, konnte nicht bestätigt werden. Mit der technischen Unterstützung durch Navigationsgeräte samt der Navigationsgrundlage „Forst NRW“ benötigten die Rettungskräfte die gleiche Anfahrzeit wie bei dem klassischen Rettungskettenkonzept, welches vorsieht, dass der Rettungsdienst von einem ortskundigen Lotsen zum Unfallort geführt wird.

Die mit den modifizierten Rettungskettenvarianten realisierten therapiefreien Intervalle wurden jeweils dem therapiefreien Intervall der klassischen Rettungskettenvariante, in der die Szenarien „Verunfallter bewusstlos“ und „Verunfallter bei Bewusstsein“ unterschieden wurde, gegenübergestellt. Werden die nur von einem Navigationsgerät geleiteten Rettungskräfte nach Abstellen des Einsatzfahrzeuges durch weithin hörbare akustische Signale zu dem im Bestand liegenden Verletzten dirigiert, ist das therapiefreie Intervall im Vergleich zu der klassischen Rettungskettenvariante, Szenario „Verletzter bei Bewusstsein“, nicht signifikant länger. Hingegen konnte das therapiefreie Intervall im Vergleich zur klassischen Rettungskettenvariante, Szenario „Verletzter bewusstlos“, infolge der schnelleren Alarmierung des Rettungsdienstes durch den passiven Alarmgeber signifikant verkürzt werden.

Die mit Rettungskarten ausgerüsteten Einsatzkräfte trafen bei Unfällen, in denen der Verletzte bei Bewusstsein war, später als die von einem Lotsen geleiteten Rettungskräfte am Unfallort ein. Rettungskarten sind daher im Gegensatz zu den Navigationsgeräten kein adäquater Ersatz für den Lotsen aus der Drei-Personen-Arbeitsgruppe und rechtfertigen keine systematische Reduzierung der Gruppenstärke auf zwei Personen. Das therapiefreie Intervall für verunfallte alleinarbeitende Unternehmer oder Selbstwerber kann hingegen durch die Rettungskarten im Vergleich zur gegenwärtigen Situation verkürzt werden.

Durch den Ausbau der Informationstechnik in der Notrufzentrale und die Modernisierung der Rettungsfahrzeuge mit der geschilderten Technik kann somit die notfallmedizinische Versorgung der in Arbeitsgruppen organisierten Forstwirte, aber auch der alleinarbeitenden Forstunternehmer, die sich mit einer Personen-Notrufanlage auf die Notrufzentrale aufschalten lassen, verbessert werden. Zudem könnten Zwei-Personen-Arbeitsgruppen eingesetzt werden, ohne dass sich infolge eines fehlenden Lotsen das therapiefreie Intervall signifikant verlängert und sich somit die Qualität der notfallmedizinischen Versorgungsqualität verschlechtert. Forstbetriebe gewinnen durch diese Option eine höhere Flexibilität im Personaleinsatz.

Durch die steigende Nutzung von GPS-Ortungstechniken in Automobilen und Mobiltelefonen ist der Rettungsdienst gefordert, seine Einsatzfahrzeuge und Leitstellentechnik so anzupassen, dass zukünftig die mit Notrufen eingehenden Koordinaten schnellstmöglich in Ortsinformationen umgesetzt werden können. Navigationsgeräte mit einer Kartengrundlage, die sowohl das

öffentliche als auch das nichtöffentliche Straßen- und Wegesystem umfasst, versetzen den Rettungsdienst in die Lage, Unfallorte auch abseits des öffentlichen Straßennetzes in kürzest möglicher Zeit anzufahren. Da nicht nur Forstwirte und Forstunternehmer, sondern auch weitere Wirtschaftsbereiche und Privatpersonen von einer Modifizierung der Rettungstechnik profitieren würden, ist der Aufbau einer GPS-gestützten Rettungskette von öffentlichem Interesse. Seitens der berufsständischen Interessenvertreter muss dies den politischen Entscheidungsträgern vermittelt werden, denn nur durch eine überörtliche Koordination ließe sich die notfallmedizinische Versorgung bei Unfällen abseits öffentlicher Wege entscheidend verbessern.

9 Literaturverzeichnis

- ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) (2004):** Praxistest Navigationssysteme zum Nachrüsten. Testbericht 12/2003. In: ADACmotorwelt 2004 (2).
Quelle: www.vdodayton.com/sycomax/uis/media/files/8117_Sonderdruck%20ADAC%202003.pdf (Zugriffsdatum: 01. April 2008).
- AfGVK (Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen) (2007):** Quelle: www.laiv-mv.de/land-mv/LAiV_prod/LAiV/AfGVK/_atkis/atkis_spitzenaktualitaet.jsp (Zugriffsdatum: 10. Mai 2008).
- AFKZV (Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten Katastrophenschutz und zivile Verteidigung) (1999):** Führung und Leitung im Einsatz; Feuerwehr-Dienstvorschrift. Runderlass des Innenministeriums vom 23.12.1999. Quelle: www.idf.nrw.de/download/normen/fwdv100.pdf (Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- AHNEFELD, F. W. (1981):** Sekunden entscheiden. Notfallmedizinische Sofortmaßnahmen. 2. Aufl.. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- AHNEFELD, F. W. (1997):** Grundlagen und Grundsätze zur Weiterentwicklung der Rettungsdienste und der notfallmedizinischen Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland, erstellt im Auftrag des Vorstandes der Bundesärztekammer. Quelle: www.bundesaerztekammer.de/downloads/41grundrett.pdf (Zugriffsdatum: 19. April 2007).
- AHNEFELD, F. W. (2003):** Die Rettungskette – eine Idee wurde Wirklichkeit. In: Notfall & Rettungsmedizin. Vol. 6 (7). Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York: S. 520–525.
- ANONYMUS (2001):** Weilburger Laubstarkholz-Erntesystem, Forst & Technik. 13. Jg. (3). S. 4–7.
- ANONYMUS (2007):** Sicherheitsnetz für Waldbesucher. In: Frankfurter Rundschau vom 21. Juni 2007.
- ArbSchG (Arbeitsschutzgesetz) (1996):** Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit. Bundesministerium der Justiz (Hrsg.). BGBl I. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH. Bonn. S. 1246.
- ARNOLD, D.; ISERMANN, H.; KUHN, A.; TEMPELMEIER, H. (2002):** Handbuch Logistik. Tempelmeier, H. (Hrsg.). Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- AUERBACH, HOLGER (2006):** Gesundheitsökonomische Evaluation eines Telemedizinssystems für die präklinische Notfallrettung bei Verkehrsunfällen in Deutschland. Dissertation an der Medizinischen Universität Berlin.
- AUSSCHUSS RETTUNGSWESEN (1997):** Bericht der Arbeitsgruppe „Hilfsfrist“ des Ausschusses „Rettungswesen“. In: Handbuch des Rettungswesens. BIII. O.5.3. MENDEL, K. und HENNES, P. (Hrsg.). Mendel Verlag GmbH und Co. KG. Witten.
- AUSSCHUSS RETTUNGSWESEN (2001):** Abschlussberichte der Arbeitsgruppen Strukturfragen, Hilfsfrist, Massenansturm von Verletzten, Ministerium des Inneren und für Sport in Rheinland-Pfalz (Hrsg.). Aachen.

- BACKHAUS, C. (2004):** Entwicklung einer Methodik zur Analyse und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Medizintechnik. Dissertation an der Techn. Univ. Berlin.
- BAND (Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands e.V.) (2000):** Stellungnahme der BAND zur ‚Hilfsfrist‘ im Rettungsdienst (Notfallrettung). Quelle: www.band-online.de/imageordner/index.php?sessionid=leer&aktiv=34&inhaltvon=34&menuoffen=34X (Zugriffsdatum: 15. Juni 2007).
- BAND (Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands e.V.) (2004):** Stellungnahme der BAND, DIVI und der Ständigen Konferenz für den Rettungsdienst zu Auswirkungen der DRG auf die präklinische Akutversorgung. In: Der Notarzt. Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaft Notärzte Deutschlands (Hrsg.). Bd. 20. Georg Thieme KG Verlag. Stuttgart, New York. S. 89.
- BAUMGART, J. (2002):** Notrufsysteme bei der Waldarbeit. In: AFZ-Der Wald. 57. Jg. (13). S. 672.
- BEHRENDT, H. (2007):** mündliche Mitteilung. Hr. Behrendt ist Mitarbeiter der Fa. Forplan Dr. Schmiedel GmbH, die u.a. Strukturanalysen, Bedarfsplanungen und Wirtschaftlichkeitsprüfungen für den Rettungsdienst durchführt.
- BENEFON OYJ (2002):** Benefon Track Pro 1.1 Bedienungsanleitung. Quelle: www.presentec.de/fileadmin/img/trackone/Track_One_NT_manual_deutsch.pdf (Zugriffsdatum: 05. April 2008).
- BERGERT, D. (2007):** Studie: Nachfrage für GPS-Handys ist groß. In: PC-Welt. Quelle: www.pcwelt.de/start/mobility_handy_pda/archiv/68897/index.html vom 14.01.2007 (Zugriffsdatum: 29. Februar 2008).
- BGB (2002):** Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH. Bonn.
- BGE (2004):** Navigationslösung für den Wald. AFZ-Der Wald. 59. Jg. (4). S. 178–179.
- BILL, R. (1999):** Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 2: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg .
- BLBG (Bundesverband der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften e. V.) (2004):** Funknotruf in der Forstwirtschaft – Technische Regel 1. Bundesverband der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften e. V. (Hrsg.). Kassel.
- BMVEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2002):** Die zweite Bundeswaldinventur–BW I². Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.). Berlin.
- BOCK, O. (2005):** Heizen mit Holz wird wieder interessant. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 18. Oktober 2005.
- BORCHERT, H. (2002):** mündliche Mitteilung am 05.09.2002. Hr. Borchert ist Fachkraft für Arbeitssicherheit in Schleswig-Holstein.

- BRAND, H. (2002):** mündliche Mitteilung am 05.09.2002, Hr. Brand ist Fachkraft für Arbeitssicherheit an der Waldarbeitschule Buchenbühl in Bayern.
- BREUER, W. A. (1990):** Planungs- und Entscheidungskriterien zur effizienten Organisation von Notarztsystemen - Eine theoretische und empirische Analyse als Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Rettungs- und Gesundheitswesens. Dissertation an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln.
- BRÜEL & KJÆR (2000):** Umweltlärm. Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S.
- BUCHMANN, I. (2001):** Was begrenzt die Betriebszeit eines Akkus? Quelle: www.buchmann.ca/Article8-page2-german.asp (Zugriffsdatum: 29. März 2008).
- BÜCHNER, M.-G. (1999):** Marktorientiertes Management technologischer Innovationen im Handel. Dissertation. St. Gallen.
- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2007):** Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Berufsordnungen - Jahresheft 30.06..Quelle: www.pub.arbeitsamt.de/hst/services/statistik/detail/b.html (Zugriffsdatum: 10. Mai 2008).
- BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE (2007):** Produktinformation Basis-DLM. Quelle: www.geodatenzentrum.de/isoinfo/Iso_Prod_Ueber.iso_ueber_produk_t?prodid=1&iso_spr_id=1 (Zugriff am 29. Oktober 2007).
- BUK (Bundesverband der Unfallkassen) (1984):** Unfallverhütungsvorschrift Forsten (Stand 1997), Bundesverband der Unfallkassen (Hrsg.). Verlag Technik & Information e.K.. Bochum.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1997):** Grundriß des Waldbaus. Paul Parey Buchverlag. Berlin.
- CHMARA, S.; HIRSCHFELD, H.; KREMMERS, TH. (2002):** Einführung eines Forstamts-GIS in der Thüringer Forstverwaltung. AFZ-Der Wald. Jg. 57 (13). S. 686–688.
- DIESTELBERG, M. (2007):** Samsung bringt Dual-Sim-Handy bald nach Europa. Quelle: <http://winfuture.de/news,34871.html> (Zugriffsdatum: 01. April 2008).
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2003):** Gutachten 2003 des Sachverständigenrates für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen. Deutscher Bundestag (Hrsg.). Drucksache 15/530 vom 26.03.2003.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2007):** Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Bundestag, Koelblin-Fortuna-Druck. Baden-Baden.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2001):** Witterungsreport. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.). Offenbach a. M..
- DIN 13050 (2002):** Rettungswesen – Begriffe. Beuth Verlag. Berlin.
- DIN 14011 (2005):** Begriffe aus dem Feuerwehrwesen. Beuth Verlag. Berlin.
- DIN EN 1789 (2007):** Rettungsdienstfahrzeuge und deren Ausrüstung – Krankenkraftwagen. Beuth Verlag. Berlin.

- DIN 33402 (2005):** Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte. Beuth Verlag. Berlin.
- DIN EN ISO 7731 (2005):** Ergonomie – Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale. Beuth Verlag. Berlin.
- DIN EN ISO 9241 (1999):** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit; Leitsätze (ISO 9241-11:1998): Deutsche Fassung EN ISO 9241-11:1998. Beuth Verlag. Berlin.
- DIN V VDE V 0825 (2007):** Überwachungsanlagen - Drahtlose Personen-Notsignal-Anlagen für Alleinarbeiten - Teil 11: Geräte- und Prüfanforderungen für Personen-Notsignal-Anlagen unter Nutzung öffentlicher Telekommunikationsnetze. Beuth Verlag. Berlin.
- DUVENHORST, J. (2006):** InFoGIS – das GIS-Modul von FOKUS 2000. AFZ-Der Wald. 61. Jg. (9). S.465–466.
- EBEL, A. (2006):** Druckverteilung auf Kontaktflächen unter Forstreifen. Dissertation an der Universität Göttingen. 108 S.
- EGGENKEMPER (2007):** mündliche Mitteilung. Frau Eggenkemper ist im Vertrieb der Firma Elektronik-Labor Carls GmbH & Co. KG, Entwicklung und Fertigung elektronischer Geräte für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben.
- ELBS, A.; TOPF, M.; SCHINDELE, G. (2003):** Navigations-Auftragsmanagement und Notrufsystem mit GPS-Handy. AFZ-Der Wald. 58. Jg. (20). S. 1023–1025.
- FAßBENDER, H. (2008):** Mündliche Mitteilung. Hr. Faßbender ist Key Account Manager der VDO Automotive AG.
- FERST, A. (2006):** mündliche Mitteilung. Hr. Ferst ist Leitstellendisponent in der Leitstelle des Hochsauerlandkreises.
- FLECKENSTEIN, W. (2006):** Handbuch Forstnotruf. Quelle: www.feuerwehr-aschaffenburg.de/Downloaddateien/Handbuch_Forstnotruf.pdf (Zugriffsdatum: 07. Februar 2008).
- FORSTDIREKTION KARLSRUHE (1999):** Notfallrettung bei Unfällen im Forstbetrieb – Erfahrungen und Hinweise zur Optimierung der Rettungskette (Stand 1999). Karlsruhe.
- FRANK, A. (2002):** Anforderungen an eine Geodaten-Infrastruktur. In: AFZ-Der-Wald. 57. Jg. (13). S. 697–699.
- GDI (Geodateninfrastruktur in Deutschland) (2007):** Geodateninfrastruktur Deutschland – Version 1.0 im Auftrag des Lenkungsgremiums GDI-DE vom Arbeitskreis Architektur der GDI-DE in Zusammenarbeit mit der Firma con terra GmbH erarbeitet. Quelle: www.gdi-de.org/de/download/GDI_ArchitekturKonzept_V1.pdf (Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- GÖGEL (2007):** mündliche Mitteilung am 05.03.07. Hr. Gögel ist Prokurist bei der Alix Security GmbH.

- GREINER, P.; HUML, G.; FRITZ, R. (2004):** Einsatz von GPS-Geräten in der Bayrischen Staatsforstverwaltung. AFZ-DerWald. 59 Jg. (21). S. 1155–1157.
- GRÖGER, V.; LEWARK, S. (2002):** Der arbeitende Mensch im Wald – eine ständige Herausforderung für die Arbeitswissenschaft. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Fb 970. Wirtschaftsverlag NW. Bremerhaven.
- GUDEHUS, T. (2000):** Logistik 1 – Grundlagen, Verfahren und Strategien. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- HAMBERGER J. (2002):** GPS als Mittel zum umweltschonenden Maschineneinsatz: Navigation von Forstmaschinen und Dokumentation ihrer Fahrtbewegungen. Schriftenreihe des Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Nr. 188. Dissertation. München.
- HAMMER, M.; CHAMPY, J. (1995):** Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen. Campus Verlag. Frankfurt, New York.
- HAPPOLD, M.; HOFFMANN, U.; ULRICH, K. (2000):** Kann Funktechnik die Arbeitssicherheit bei der Waldarbeit verbessern. In: AFZ-Der Wald. 55. Jg. (6). S. 283–285.
- HARTFIEL, J. (1998):** Auswirkungen naturnaher Waldbewirtschaftung auf die Arbeitssicherheit. Forsttechnische Informationen (FTI). 50. Jg. Heft 1+2. S. 4–7.
- HARTFIEL, J. (2002):** Auswirkungen naturnaher Waldbewirtschaftung auf die Arbeitssicherheit. AFZ-DerWald. 57 Jg. (13). S. 667–669.
- HAUCK, B.; STÖCKER, M.; FUNK, M. (2004):** NavLog GmbH soll Waldwegenavigation deutschlandweit realisieren. Forsttechnische Informationen (FTI). 56. Jg. Heft 11+12. S. 156–158.
- HAUCK, B.; FUNK, M. (2006):** Aktuelle Sachstandinformationen. Quelle: www.kwf-online.de/navlogcms/downloads/070416_newsletter.pdf (Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- HAUCK, B. (2007):** mündliche Mitteilung vom 30. Oktober 2007. Hr. Hauck ist Geschäftsführer der NavLog GmbH.
- HEIL, K.; HARTFIEL, J. (2002):** Auf der Suche nach dem Konsens: Das Spannungsfeld Waldbau, Naturschutz, Waldarbeit und Arbeitssicherheit im naturnahen Wald, www.kwf-online.de/deutsch/mensch/dokumente/seminarbericht_neuhaus.pdf (Zugriffsdatum: 03. August 2007).
- HERKNER, L. (2008):** Die Handy-Trends des Jahres. Quelle: www.focus.de/digital/handy/tid-8838/mobilfunk_aid_236844.html (Zugriffsdatum: 29. Februar 2008).
- HILBIG, WINFRIED (1984):** Akzeptanz neuer Bürotechnologien, Ergebnisse einer empirischen Fallstudie. In: Office Management, Heft 4, 32, S. 320–323.
- HILLMANN, M., BECKSCHÄFER, M. (2002):** Rundholzlogistik im forstwirtschaftlichen Zusammenschluss. AFZ-Der Wald. 52. Jg. (13). S. 700–702.

- HINKELBEIN, J.; GRÖSCHEL J.; KRIETER H. (2004):** Zeitpunkte und Zeitabschnitte zur Beschreibung der Struktur- und Prozessqualität im organisatorischen Rettungsablauf. In: Der Notarzt. Bd. 20. Georg Thieme KG Verlag. Stuttgart, New York. S. 125–132.
- HÖLLERL, H. (2004):** Waldnavigation leicht gemacht für jedermann? Forst & Technik 16. Jg. (9). S. 14–16.
- HÖRNER (2007):** mündliche Mitteilung am 17. Oktober 2007. Hr. Hörner ist Mitarbeiter an der Landesfeuerweherschule Kassel.
- HOFFMANN, J. K.-H. (2003):** Rettungskette Hessenforst – Grundlagen, Organisation, Analyse und praktische Umsetzung im Forstamt Bad Karlshafen. Diplomarbeit an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) in Göttingen.
- HOLDEN, N.; DELGADO, F.; OWENDE, P., WARD, S. (2001):** Performance of a Differential GPS in Dynamic Mode Under Sitka Spruce Canopies. In: International Journal of Forest Engineering. Vol. 13 No. 1. S. 33–40.
- HOLUBA, K.H.; SCHWIEGER, V.; RAMM, K. (2004):** Low-Cost GPS-Empfänger im praktischen Reviereinsatz. AFZ-DerWald. 59. Jg. (23). S. 1243–1246
- HMILFN (Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz) (1997):** Unfallverhütung in der Waldarbeit, Erlass AZ III/LFN4-V41-7087. Wiesbaden.
- HÜTTENRAUCH, R. (1999):** Gebrauchstauglichkeit und Gebrauchswert. In: Handbuch Qualitätsmanagement, MASING, W. (Hrsg.). Hanser Verlag. München, Wien. S. 737–744.
- HUWIG, F. (2002):** mündliche Mitteilung vom 05. September 2002. Hr. Huwig ist Fachkraft für Arbeitssicherheit im Saarland, Telefonat vom 05.09.2002.
- HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften) (2004a):** Grundsätze der Prävention. Unfallverhütungsvorschrift – BGV A1. Carl Heymanns Verlag KG. Köln.
- HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften) (2004b):** Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit; Einsatz von Personen-Notsignal-Anlagen – BGR 139. Carl Heymanns Verlag KG. Köln.
- HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften) (1998):** Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit; Einsatz von Kapselgehörschützern – BGR 194. Carl Heymanns Verlag KG. Köln.
- JACKE, H.; DREWES, D. (2004):** Zur Nutzungsdauer selbstfahrender Arbeitsmaschinen in der Forstwirtschaft. Forst und Holz. 59. Jg. (12). S. 587–592.
- JANNSEN, J.; LAATZ, W. (2005):** Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. 5. Aufl.. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- KARUTZ, H.; BUTTLAR VON, M. (1999):** Erste Hilfe. Deutscher Taschenbuch Verlag. München.

- KLUGMANN, K.; RUPPERT, D.; DUMMEL, K. (2004):** Drehzahl bezogene Echtzeitmessung von MS-Laufzeiten in der motormanuellen Holzernte. Forsttechnische Informationen (FTI) 11+12, Groß-Umstadt. S. 150–152.
- KLUGMANN, K. (2005):** Motorsägenlaufzeiten und -kosten in der motormanuellen Holzernte. In: AFZ-Der Wald. 55. Jg. (8). S. 414–417.
- KNORZ, G. (1997):** Datenbank-Entwurfsmethoden. In: Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation. BUDER, M.; REHFELD, W.;-SEEGER, TH.; STRAUCH, D. (Hrsg.). 4. Ausg., 1997, K.G. Sauer Verlag. München. S. 664–687.
- KOCH, G. (2006):** Erste Hilfe (Alleinarbeit und Notruf). PPT-Präsentation auf der Interforst 2006. Quelle: www.kwf-online.de/deutsch/interforst_2006/freitag_1407/f5_koch.pdf (Zugriffsdatum: 19. April 2007).
- KOLLMANN, T. (1998):** Akzeptanz innovativer Nutzungsgüter und –systeme, Konsequenzen für die Einführung von Telekommunikations- und Multimediasystemen. Gabler Verlag. Wiesbaden.
- KORNFELD, J. (2002):** mündliche Mitteilung am 12. November 2002. Hr. Kornfeld ist Inspekteur für Feuerschutz und Hilfeleistung im Innenministerium von NRW (ranghöchster Feuerwehr-Beamter in Nordrhein-Westfalen).
- KOZLOWSKY, KH. (2007):** mündliche Mitteilung am 08. Februar 2008. Hr. Kozlowsky ist Mitarbeiter im Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen, Abteilung 7 – Gefahrenabwehr.
- KRAFFT, T. (1997):** Rettungsdienst in Nordrhein-Westfalen. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt PN 06536. Institut für Wirtschaftsgeographie der Universität Bonn.
- KRAISS, K.-F. (1999):** Mensch-Maschine Dialog. In: Ergonomie. SCHMIDTKE, H. (Hrsg.). Hanser Verlag. München, Wien. S. 446–458.
- KRÜGER, J. (2004):** Gesundheitsreform führt zu Krankenhaussterben. In: Welt am Sonntag vom 4. April 2004.
- KÜHN, D.; LUXEM, J.; RUNGALDIER, K. (2004):** Rettungsdienst, 3. Aufl., Elsevier GmbH. München.
- KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.) (2000):** Prüfbericht Rückeschlepper Timberjack 360 mit Rückekran. FPA-Verzeichnis-Nr.1.09.37. KWF. Groß Umstadt.
- KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.) (2003):** Prüfgrundlage zur FPA-Prüfung-Rückeschlepper mit Seilwinde. Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.. Groß Umstadt.

- KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.) (2005):** Formatbeschreibung zur Erstellung einer forstspezifischen Navigationsdatenbasis – Shape Forst und GDF Forst. Quelle www.kwf-online.de/web2005_rus/deutsch/arbeit/geodat/-Spezifikation_Forst_2_0.pdf (Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.) (2007):** Positionspapier des KWF-Arbeitsausschusses „Mensch und Arbeit“ zum Thema „Arbeitschutz im naturgemäßen Wald“, Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. Quelle: www.kwf-online.de/deutsch/mensch/dokumente/positionspapier_aamua_2.pdf (Zugriffsdatum: 03. August 2007).
- LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ (2005):** Verfahrensanweisung zur Optimierung der Rettungskette Waldarbeit nach MA 2000 im Landesbetrieb Wald und Holz NRW. Vorläufige Ergänzung DA MA 2000 AZ. III-2 32-50-92.00.
- LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ (2007):** Rettungskette Waldarbeit technisch optimiert durch Satelliten-gesteuerte Navigation und SOS-Plattform im Internet. Quelle: www.wald-und-holz.nrw.de/10Aktuelles/Sonderseite_Kyrill/010_arbeitssicherheit/30_03_2007b/index.php (Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- LANDESFORSTVERWALTUNG SACHSEN-ANHALT (2002):** Hilfe in der Not? – Empfehlungen für das Verhalten bei Unfällen im Wald (Rettungskette Forst). Arbeitskreis Rettungskette der Landesforstverwaltung Sachsen-Anhalts. Magdeburg.
- LEWARK, S.; STRÖMQUIST, L.; KASTENHOLZ, E.; MEIER, D. (1996):** Mit teilautonomen Gruppen zu höherer Effizienz und Qualität der Waldarbeit? Forsttechnische Informationen (FTI). 48 Jg. (11). S. 109–115.
- LEYEUNE, PH.; HELLEMANS, PH. (2000):** Effet du couvert forestier sur la précision d'un système de positionnement global différentiel (dGPS). *Biotechnology Agronomy Society and Environment*, Vol. 4 (1). Presses agronomiques de Gembloux. S. 41-49.
- LIEDKE, M. (2003):** Neue Entwicklungen zum Gehörschutz, Technische Überwachung. Bd. 44. Nr. 3. Springer VDI-Verlag, Düsseldorf. S. 50–53.
- LIST, A. (2007):** Navigationsmarkt: 200 Anbieter sind zuviel. Quelle: www.pressestext.de/pte.mc?pte=071124004 (Zugriffsdatum: 29.02.2008).
- LÖFFLER, H. (1992):** Manuskript zu den Lehrveranstaltungen. Arbeitswissenschaft für Studierende der Forstwirtschaft - Prof. Dr. Hans Löffler.
- MALTER, B.; GUSKI, R. (2001):** Gestaltung von Gefahrensignalen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). Fb 935. Wirtschaftsverlag NW. Dortmund.
- MAROHN, H. (2007):** Schnellere Hilfe für Waldbesucher – Hessen-Forst stellt neues Rettungspunkte-Konzept vor. Presseinformation Hessen-Forst. Quelle: www.hessenforst.de/service/pressemitteilungen/F51_20070522_PM_Rettkette_157_E.pdf (Zugriffsdatum: 06. April 2008).

- MCKINSEY&COMPANY (2006):** McKinsey: Krankenhausreform weitestgehend ausgereizt. Pressemitteilung. Quelle: www.mckinsey.de/_downloads/Presse/060502_pm_perspektiven_der_krankenhausversorgung_in_deutschland.pdf (Zugriffsdatum: 23. Juni 2007).
- MEIER, J. (2004):** Analyse und Vergleich der Rettungsketten Forst in den Landesforstverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland. Diplomarbeit an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK).
- MELFF (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern) (2003):** Erste Hilfe für Waldarbeiter nach Unfällen – Rettungskette. Erlass Az.:VI-230 a/7422.2. Schwerin.
- MNRLB (Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg) (2000):** Erste Hilfe nach Unfällen in der Waldarbeit-Rettungskette; Migration vom C-Netz in das D1-Netz. Az. 53-260.2. Stuttgart.
- MNRLB (Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg) (2002):** Richtlinie Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Forstbetrieb. Stuttgart.
- MLUR (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung) des Landes Brandenburg (2001):** Erlass zur Gestaltung und Umsetzung der Rettungskette in der Brandenburgischen Landesforstverwaltung. AZ F2. Potsdam.
- MÖLLER (2007):** mündliche Mitteilung am 20. Juni 2007. Hr. Möller ist Geschäftsleiter der Firma Funktronic, Entwicklung und Fertigung elektronischer Geräte für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben.
- MORAT, J. (2007):** schriftliche Mitteilung vom 21. Juni 2007, Hr. Morat ist Leiter des Sachgebiets "Aus-, Fort- und Weiterbildung" im Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.. Groß Umstadt.
- MORGENSTERN, E. (1998):** Notfallvorsorge und Erste Hilfe im Forstamt. Grundlagen für die Rettungskette Forst im Staatswald von Sachsen. Rundschreiben an die Forstämter vom 13.05.1998.
- MORGENSTERN, E. (2002):** mündliche Mitteilung am 11.09.2002. Hr. Morgenstern ist Fachkraft für Arbeitssicherheit in der Landesforstverwaltung Sachsen.
- MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2001a):** Vorläufige Dienstanweisung Mensch und Arbeit in der Landesforstverwaltung NRW(MA 2000). Erlass AZ III-1 13-19-00.10. Düsseldorf.
- MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2001b):** Handbuch zur vorläufigen Dienstanweisung Mensch und Arbeit in der Landesforstverwaltung NRW (MA 2000). AZ III-1 13-19-00.10. Düsseldorf.
- MUNF (Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein) (2000):** Rettungskette Forst/Notfallmaßnahmen, Erlass Az.: V374-0313.0. Kiel.
- MYŠIAK, J. (2000):** Räumliche Entscheidungsfindung mit Hilfe raumbezogener Informationssysteme – Konzepte und Anwendungsmöglichkeiten für geographische Informationen zur Lösung von räumlichen Entscheidungsproblemen am Beispiel der Forstwirtschaft. Dissertation an der Universität Göttingen.

- NÄRÄNEN (2002):** E-Mail. Salesmanager bei der Firma MSLocation (Finnland).
- NAGEL-NIEMANN, M.; BRÜTT, A. (2007):** Service-orientierte Architektur und Web Services als IT-Strategie. AFZ-DerWald. 62. Jg. (18). S. 974-975.
- NIEDER, S. (2002):** mündliche Mitteilung am 04. September 2002. Hr. Nieder ist Fachkraft für Arbeitssicherheit in Rheinland-Pfalz.
- NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN (2007):** Das LÖWE-Programm. 15 Jahre langfristige ökologische Waldentwicklung. Braunschweig. Quelle: www.landesforsten.de/fileadmin/doku/Infomaterial/loewe_programm.pdf (Zugriffsdatum: 03. Januar 2008).
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2007):** Langfristige, ökologische Waldentwicklung in den Niedersächsischen Landesforsten (LÖWE-Erlass). RdErl. d. ML v. 20.03.2007 - 405 – 64210-56.1 - VORIS 79 100 - Im Einvernehmen mit dem MU. Hannover.
- NMELF (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1999):** Erste Hilfe für Waldarbeiter nach Unfällen - Rettungskette Forst. Erlass WA 6.1. Hannover.
- OEFVERBERG T. (1995):** Zur Genauigkeit des GPS für die Forstvermessung. AFZ-DerWald. 60. Jg. (22). S. 1207–1208.
- OSTERWALDER, J.J. (1992):** Der Einfluss von Rettungs-Versorgungszeiten auf den klinischen Verlauf und die Behandlungsergebnisse bei Polytrauma. In: Schweiz. med. Wschr. EMH Swiss Medical Publishers Ltd (Hrsg.). Nr. 122. Schwabe AG. Muttenz. S. 1571.
- PANOVSKY, G. (2004):** Pflicht: Ab 2007 alle japanischen Handys mit GPS. Presstext Nachrichtenagentur GmbH . Quelle: <http://pte.at/pte.mc?pte=040521020> (Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- PELL, J.P.; SIREL, J.M.; MARSDEN, A.K.; FORD, I.; COBBE, SM. (2001):** Effect of reducing ambulance response times on deaths from out of hospital cardiac arrest: cohort study. BMJ. London. S.1385–1388.
- PFEIFFER, B. H.; HOORMANN, H.-J.; LIEDKE, M. (1997):** Lärmarbeitsplätze in und auf Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr. BIA-Report 5/97. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.). Sankt Augustin.
- RAIMANN, J. (2001):** Lexikon der Wirtschaftsinformatik. MERTENS, P. (Hrsg.). 4. Aufl. Berlin e. a..
- RECKLEBEN, EBERHARD (2007):** Prozessmanagement aus betriebsstrategischer Sicht. AFZ-DerWald. 62. Jg. (18). S. 979–981.
- ROGERS, EVERETT M. (2003):** Diffusion of Innovation. Free Press. New York.

- SACHS, L. (2002):** Angewandte Statistik – Anwendung statistischer Methoden. 10. Aufl.. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT ZUR BEGUTACHTUNG DER ENTWICKLUNG IM GESUNDHEITSWESEN (Hrsg.) (2006):** Koordination und Qualität im Gesundheitswesen, Bd. 1: Kooperative Koordination und Wettbewerb, Sozioökonomischer Status und Gesundheit, Strategien der Primärprävention. Kohlhammer Verlag. Stuttgart.
- SCHLECHTRIEMEN, T.; ALTEMEYER, K.H. (2000):** Primat in der Notfallmedizin – Zeitdefinitionen im Rettungsdienst. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York: Notfall & Rettungsmedizin 2000 (3). S. 375–380.
- SCHLECHTRIEMEN, TH.; REEB, R.; ALTEMEYER K.H. (2003):** Rettungsdienst in Deutschland – Bestandsaufnahme und Perspektiven, Bericht über ein Symposium der DGAI. Reisenburg 02.–04.10.2002. Notfall & Rettungsmedizin. Vol. 6 (2). Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- SCHMIDT (2002):** mündliche Mitteilung 29. April 2002. Hr. Schmidt ist Mitarbeiter der 3S-Zentrale (Service, Sicherheit und Sauberkeit) der Deutschen Bahn in Frankfurt a. M..
- SCHMIDT-BAUM, T. (2007):** Warnsignale bei der Waldarbeit. AFZ-DerWald. 62. Jg. (14): S. 742–744.
- SCHMIEDEL, R.; BEHRENDT, H.(2002):** Leistungen des Rettungsdienstes 2000/01 – Zusammenstellung von Infrastrukturdaten zum Rettungsdienst und Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2000 und 2001. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen – Mensch und Sicherheit. Bundesanstalt für Straßenwesen. (Hrsg.), Heft M 147. Wirtschaftsverlag NW. Bergisch Gladbach, Bremerhaven.
- SCHMIEDEL, R.; MOECKE, H.,; BEHRENDT, H, (2002):** Optimierung von Rettungsdiensteinsätzen – Praktische und ökonomische Konsequenzen. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen – Mensch und Sicherheit. Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). Heft M140. Wirtschaftsverlag NW. Bergisch Gladbach, Bremerhaven.
- SCHMITT, M. (2007):** schriftliche Mitteilung vom 19.06.2007. Hr. Schmitt ist Fachreferent für Tarifpolitik Forstwirtschaft bei der IG Bauen-Agrar-Umwelt.
- SCHÖNE M.(2000):** Untersuchung von verschiedenen GPS-Empfängern in Waldgebieten. Diplomarbeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.
- SCHWERMANN, T.; PAPE, H.C.; GROTZ, M.; BLANKE, M.; GREINER, W.; TRÖGER, M.; STALP, M.; GRAF V. D. SCHULENBURG, J.M.; KRETTEK, C. UND AG POLYTRAUMA DER DGU (2003):** Einflussfaktoren auf die Überlebenschancen beim Polytrauma. In: Gesundheitsökonomie & Qualitätsmanagement 2003. Vol. 8. Georg Thieme KG Verlag. Stuttgart, New York. S. 285–289.
- SCHWERMANN, T. (2004):** Datenbasierte Erhebung und statistische Bewertung der Behandlungskosten und des Outcomes von Polytraumapatienten, Dissertation an der Universität Hannover.
- SEFRIN, P.; DISTLER, K. (2001):** Stellenwert der Zugangszeit in der Rettungskette. In: Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie. Vol. 36, Heft 12. S. 742–748.

- SEFRIN, P. (1998):** Kosten und Nutzen des Rettungsdienstes. In: Handbuch des Rettungswesens. A3 31. MENDEL, K. und HENNES, P. (Hrsg.). Mendel Verlag GmbH. Witten.
- SEFRIN, P. (2003):** Notarztmangel gefährdet Notfallversorgung. Pressemitteilung der Arbeitsgemeinschaft der in Bayern tätigen Notärzte (AGNB). Würzburg. Quelle: www.notaerzte-ilmenau.de/presse.htm (Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- SGB (1996):** Sozialgesetzbuch Siebtes Buch – Gesetzliche Unfallversicherung – Bekanntmachung im August 1996. BGBl. I. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH. Bonn. S. 1254.
- SGB (1997):** Viertes Buch Sozialgesetzbuch – Gemeinsame Vorschriften für die Sozialversicherung – Bekanntmachung vom 23. Januar 2006. BGBl. I, ber. 466. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH. Bonn. S. 86.
- SGB (2006):** Sozialgesetzbuch Viertes Buch – Gemeinsame Vorschriften für die Sozialversicherung – Neubekanntmachung vom 26. Januar 2006. BGBl. I., Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Bonn. S. 86–466
- SKK (Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz) (1999):** Führung und Leitung im Einsatz. Köln.
- SOHNS (2007):** Mitarbeiter in der Abteilung Produktion und Markt, Niedersächsische Landesforsten.
- SOPPA, R. (2005):** Rettungsübung im Forst. AFZ-DerWald. 60. Jg. (14). S.734–735.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (HRSG.) (2006):** Statistisches Jahrbuch 2006. Wiesbaden.
- STEIGER, S. (2003):** Die Notruftelefone – Verkürzung des therapiefreien Intervalls – eine Erfolgsgeschichte. Kurzbeitrag bei der 67. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, der 89. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und 44. Tagung des Berufsverbandes der Fachärzte für Orthopädie am 11.-16.11.2003, Berlin.
Quelle: www.egms.de/en/meetings/dgu2003/03dgu0364.shtml
(Zugriffsdatum: 05. Dezember 2007).
- STERN (2001):** Mobile Telekommunikation, Studie zur Gewinnung aktueller Informationen über Markenpräferenzen und Einstellungen der Verbraucher. Quelle: www.gujmedia.de/_components/markenprofile/pdf_download/MaPro9_Mobile-Telekomm.pdf (Zugriffsdatum: 22. November 2006).
- StGB (1998):** Strafgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. November 1998, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 11. März 2008. BGBl. I. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH. Bonn. S. 3322.
- StMELF (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1998):** Unfallverhütung in der Bayerischen Staatsverwaltung; Rettungspläne und Rettungsübungen. Erlass Nr. 5-A 605 a-250. München.

- StMELF (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1998):** Unfallverhütung in der Bayrischen Staatsforstverwaltung; Rettungspläne und Rettungsübungen (Ergänzende Hinweise zum Erlass Nr. 5-A 605 a-250). München.
- STÖCKER, M.; HERGERT, A. (2007):** Service-basiertes Web-GIS des Staatsbetriebes Sachsenforst – FGIS-online. AFZ-DerWald. 62. Jg. (18). S. 972–973.
- STRACK, J. (2007):** mündliche Mitteilung. Hr. Strack ist Mitarbeiter beim Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften in Kassel. In seinen Aufgabenbereich fällt die Aufstellung der Unfallstatistiken.
- STRATMANN, D.; SEFRIN, P.; WIRTZ, S.; BARTSCH, A.; ROSOLSKI, T. (2004):** Stellungnahme zu aktuellen Problemen des Notarztdienstes (Ärztmangel, Arbeitsgesetz, DRG). In: Der Notarzt. Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaft Notärzte Deutschlands (Hrsg.). Bd. 20. Georg Thieme KG Verlag. Stuttgart, New York. S. 90–93.
- STRIENING, H.-D. (1988):** Prozeß-Management, Versuch eines integrierten Konzeptes situationsadäquater Gestaltung von Verwaltungsprozessen - dargestellt am Beispiel in einem multinationalen Unternehmen - IBM Deutschland GmbH. In: Europäische Hochschulschriften. Frankfurt a. M.. S. 57.
- STRUNK, M. (2005):** Zur Präzision einer softwaregestützten Navigation im Staatswald NRW's. ifa-Mitteilungen Reihe A 2/2005. Masterarbeit. Göttingen.
- STVO (2007):** Straßenverkehrs-Ordnung vom 16. November 1970 (BGBl. I, S. 1565), zuletzt geändert durch die Verordnung vom 28. November 2007. BGBl. I. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft. Köln. S. 2774.
- SYSKOWSKI, H. (2001):** Teils frostig – teils heiter. Die Pirsch. Heft 21. Deutscher Landwirtschaftsverlag. München. S. 92.
- TELTARIF.DE (2007):** Das Dual-SIM-Handy von CECT im Test. (Quelle: www.teltarif.de/arch/2007/kw19/s25913.html (Zugriffsdatum: 01. April 08)).
- TKG (2004):** Telekommunikationsgesetz vom 22. Juni 2004. BGBl. I. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft. Köln. S. 1190.
- THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (TMLNU) (2003):** Forstbericht 2003. Druckhaus Gera GmbH. Gera.
- TRAUBOTH, V. (1999):** Erste Hilfe für Waldarbeiter nach Unfällen. Erlass der Landesforstdirektion Oberhof.
- TRIEBIG, G.; KENTNER, M.; SCHIELE, R. (2003):** Arbeitsmedizin. Gentner Verlag. Stuttgart.
- VASEN, I. (2003):** mündliche Mitteilung vom 05. September 2002. Feuerschutzdezernentin der Bezirksregierung Düsseldorf.
- VDS (Verband der Sachversicherer) (2003):** Quelle: www.vds.de/vds/vds_allgem/portrait1.htm (Zugriffsdatum: 15. April 2003).

- VOLZ, K.-R. (2001):** Wem gehört eigentlich der Wald? Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg. In: Der Bürger im Staat – Der deutsche Wald. Jg. 51. (1). Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg. S. 51–58.
- WESTERMEYER, T. (2004):** Werkstattbericht: forstliche Dienstleistungsunternehmen. In: Wald-Arbeitspapier, Lewark, S., Kastenholz, E. (Hrsg.). Nr. 8.
Quelle: [www.fobawi.uni-freiburg.de/pdf-awi/wald-ap/wald-ap-8 m](http://www.fobawi.uni-freiburg.de/pdf-awi/wald-ap/wald-ap-8.m)
(Zugriffsdatum: 06. April 2008).
- WIDMANN, B. (2007):** Absatz von GPS-Handys soll sich bis 2011 vervierfachen. Quelle: www.zdnet.de/news/tkomm/0,39023151,39158833,00.htm vom 05.11.02007
(Zugriffsdatum: 29. Februar 2008).
- WOLF, F. (2007):** Telefongespräch am 29. Oktober 2007, zuständiger Sachbearbeiter für die Neukonzeption der Rettungskarte Rheinland-Pfalz in der Aufsicht- und Dienstleistungsdirektion Rheinland-Pfalz.
- WOSTL, S. (2003):** Rasche Rettung mit T-Punkt. In: Bote vom Untermain vom 23.03.2004.
- ZWICKER, E. (1982):** Psychoakustik. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.

10 Anhang

Tabelle A_1: Bandmittenfrequenzen f_m , untere f_u und obere f_o Grenzfrequenz der Terz- und Oktavbänder (Ausschnitt aus dem für den Menschen hörbaren Frequenzbereich)

Terzen			Oktaven		
f_m [Hz]	f_u [Hz]	f_o [Hz]	f_m [Hz]	f_u [Hz]	f_o [Hz]
400	355	447	500	355	708
500	447	562			
630	562	708			
800	708	891	1000	708	1413
1000	891	1122			
1250	1122	1413			
1600	1413	1778	2000	1413	2818
2000	1778	2239			
2500	2239	2818			
3150	2818	3548	4000	2818	5623
4000	3548	4467			
5000	4467	5623			

* Frequenzkomponenten von Gefahrensignalen sollten bevorzugt in den grau hinterlegten Frequenzbändern liegen.

Tabelle A_2: Motorsägen – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	72	90	87	85	82	80	78	78	76
PELTOR AB	H510F	90	88	86	84	82	80	78	77	76
PELTOR AB	H510P3*	92	90	87	85	83	80	79	80	79
PELTOR AB	H31P3*	89	87	85	83	81	79	76	75	74
PELTOR AB	H31A	89	87	85	82	80	78	76	75	74
Hellberg Safty AB	Mark 8	90	88	86	84	82	80	79	78	77
Bilsom GmbH	Clarity C3	78	76	75	77	78	77	78	80	78
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	84	83	81	83	82	82	82	84	82

Tabelle A_3: Motorsägen – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	95	92	90	87	85	82	80	80	79
PELTOR AB	H510F	93	90	88	86	84	82	81	80	79
PELTOR AB	H510P3*	94	92	90	87	85	83	82	83	81
PELTOR AB	H31P3*	92	90	87	85	83	81	79	78	76
PELTOR AB	H31A	92	90	87	85	82	80	78	78	77
Hellberg Safty AB	Mark 8	93	90	88	86	85	83	81	81	80
Bilsom GmbH	Clarity C3	80	79	77	80	81	80	81	83	81
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	87	85	83	85	85	85	85	86	85

Tabelle A_4: Motorsägen – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	101	100	98	95	93	91	93	94	92
PELTOR AB	H510F	99	98	97	97	95	94	94	93	91
PELTOR AB	H510P3*	100	100	97	96	94	94	96	96	94
PELTOR AB	H31P3*	98	97	96	95	94	92	92	91	89
PELTOR AB	H31A	98	97	95	93	92	91	91	92	90
Hellberg Safty AB	Mark 8	99	98	97	97	96	95	95	94	93
Bilsom GmbH	Clarity C3	86	88	87	91	93	93	95	96	94
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	93	94	93	96	98	97	99	100	98

Tabelle A_5 Motorsägen – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)									
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
PELTOR AB	H9A	99	119	120	122	119	116	113	113	112	
PELTOR AB	H510F	117	117	117	117	115	114	113	112	112	
PELTOR AB	H510P3*	119	119	118	119	116	113	111	112	112	
PELTOR AB	H31P3*	118	117	117	117	116	115	114	113	112	
PELTOR AB	H31A	119	118	119	118	116	115	113	112	110	
Hellberg Safty AB	Mark 8	118	117	116	116	115	114	114	112	109	
Bilsom GmbH	Clarity C3	116	113	111	112	112	110	110	114	114	
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	115	114	112	114	112	111	110	114	114	

Tabelle A_6: Motorsägen – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)									
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
PELTOR AB	H9A	122	121	123	124	122	118	115	115	115	
PELTOR AB	H510F	120	119	119	119	117	116	116	115	115	
PELTOR AB	H510P3*	121	121	121	121	118	116	114	115	114	
PELTOR AB	H31P3*	121	120	119	119	118	117	117	116	114	
PELTOR AB	H31A	122	121	121	121	118	117	115	115	113	
Hellberg Safty AB	Mark 8	121	119	118	118	118	117	116	115	112	
Bilsom GmbH	Clarity C3	118	116	113	115	115	113	113	117	117	
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	118	116	114	116	115	114	113	116	117	

Tabelle A_7: Motorsägen – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)									
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
PELTOR AB	H9A	128	129	131	132	130	127	128	129	128	
PELTOR AB	H510F	126	127	128	130	128	128	129	128	127	
PELTOR AB	H510P3*	127	129	128	130	127	127	128	128	127	
PELTOR AB	H31P3*	127	127	128	129	129	128	130	129	127	
PELTOR AB	H31A	128	128	129	129	128	128	128	129	126	
Hellberg Safty AB	Mark 8	127	127	127	129	129	129	130	128	125	
Bilsom GmbH	Clarity C3	124	125	123	126	127	126	127	130	130	
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	124	125	124	127	128	126	127	130	130	

Tabelle A_8: Freischneider – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	81	79	77	76	76	75	74	75	73
PELTOR AB	H510F	79	77	76	78	80	78	77	75	73
PELTOR AB	H510P3*	81	79	77	77	79	78	77	77	75
PELTOR AB	H31P3*	78	76	74	77	78	77	75	73	71
PELTOR AB	H31A	78	76	74	75	77	75	74	73	71
Hellberg Safty AB	Mark 8	79	77	75	78	81	79	78	76	74
Bilsom GmbH	Clarity C3	67	67	67	72	77	76	76	77	75
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	73	73	72	77	82	81	80	81	79

Tabelle A_9: Freischneider – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	83	80	80	82	81	79	79	78	76
PELTOR AB	H510F	81	79	80	84	85	82	81	79	77
PELTOR AB	H510P3*	83	80	80	83	84	82	82	80	79
PELTOR AB	H31P3*	80	78	79	82	83	81	79	77	75
PELTOR AB	H31A	80	78	77	81	81	79	78	77	75
Hellberg Safty AB	Mark 8	81	79	80	84	85	83	82	80	78
Bilsom GmbH	Clarity C3	68	68	71	78	82	80	81	80	78
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	75	74	77	83	86	85	85	84	82

Tabelle A_10: Freischneider – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	94	91	89	89	93	90	88	87	87
PELTOR AB	H510F	92	90	89	92	97	95	92	90	87
PELTOR AB	H510P3*	93	91	89	91	96	94	91	89	90
PELTOR AB	H31P3*	91	89	87	90	96	93	91	88	86
PELTOR AB	H31A	91	88	86	89	94	91	89	86	85
Hellberg Safty AB	Mark 8	92	90	89	92	98	95	93	90	88
Bilsom GmbH	Clarity C3	79	80	81	86	95	93	91	89	88
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	86	86	86	91	99	97	95	93	92

Tabelle A_11: Freischneider – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	108	108	110	113	113	111	109	110	109
PELTOR AB	H510F	106	106	107	111	113	112	112	110	109
PELTOR AB	H510P3*	108	108	108	111	112	111	109	109	108
PELTOR AB	H31P3*	107	106	106	111	113	113	113	111	109
PELTOR AB	H31A	108	107	108	111	113	112	111	110	107
Hellberg Safty AB	Mark 8	107	106	105	110	114	113	113	110	106
Bilsom GmbH	Clarity C3	105	104	103	107	111	109	108	111	111
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	104	104	103	108	112	110	108	111	111

Tabelle A_12: Freischneider – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	110	109	113	119	118	115	114	113	112
PELTOR AB	H510F	108	108	111	117	118	116	116	114	113
PELTOR AB	H510P3*	110	109	111	117	117	115	114	112	112
PELTOR AB	H31P3*	109	108	111	116	118	117	117	115	113
PELTOR AB	H31A	110	109	111	117	117	116	115	114	111
Hellberg Safty AB	Mark 8	109	108	110	116	118	117	117	114	110
Bilsom GmbH	Clarity C3	106	105	107	113	116	113	113	114	114
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	106	105	108	114	116	114	113	114	114

Tabelle A_13: Freischneider – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	121	120	122	126	130	126	123	122	123
PELTOR AB	H510F	119	119	120	125	130	129	127	125	123
PELTOR AB	H510P3*	120	120	120	125	129	127	123	121	123
PELTOR AB	H31P3*	120	119	119	124	131	129	129	126	124
PELTOR AB	H31A	121	119	120	125	130	128	126	123	121
Hellberg Safty AB	Mark 8	120	119	119	124	131	129	128	124	120
Bilsom GmbH	Clarity C3	117	117	117	121	129	126	123	123	124
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	117	117	117	122	129	126	123	123	124

Tabelle A_14: Schlepper – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	69	67	64	63	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H510F	66	65	63	63	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H510P3*	69	67	64	63	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H31P3*	67	64	63	63	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H31A	68	64	63	63	63	63	63	63	63
Hellberg Safty AB	Mark 8	67	65	63	63	63	63	63	63	63
Bilsom GmbH	Clarity C3	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	63	63	63	63	63	63	63	63	63

Tabelle A_15: Schlepper – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	72	69	67	64	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H510F	70	67	65	64	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H510P3*	72	69	67	64	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H31P3*	69	67	64	63	63	63	63	63	63
PELTOR AB	H31A	70	67	64	63	63	63	63	63	63
Hellberg Safty AB	Mark 8	70	67	65	64	63	63	63	63	63
Bilsom GmbH	Clarity C3	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	64	63	63	63	64	63	63	63	63

Tabelle A_16: Schlepper – Konformitätswerte unter den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)								
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
PELTOR AB	H9A	80	81	78	76	73	71	68	66	63
PELTOR AB	H510F	78	80	77	75	74	72	69	67	64
PELTOR AB	H510P3*	80	80	78	75	74	72	69	66	63
PELTOR AB	H31P3*	77	78	76	73	73	70	68	66	63
PELTOR AB	H31A	77	77	75	72	71	68	66	63	63
Hellberg Safty AB	Mark 8	78	80	77	75	75	72	69	67	65
Bilsom GmbH	Clarity C3	67	70	67	65	72	70	67	66	63
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	72	76	73	71	76	74	72	70	67

Tabelle A_17: Schlepper – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 95 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)									
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
PELTOR AB	H9A	96	96	97	100	100	99	98	98	99	
PELTOR AB	H510F	93	94	94	96	96	97	98	98	99	
PELTOR AB	H510P3*	96	96	95	97	96	96	95	95	96	
PELTOR AB	H31P3*	96	94	95	97	98	99	101	101	101	
PELTOR AB	H31A	98	95	97	99	99	100	100	100	99	
Hellberg Safty AB	Mark 8	95	94	93	95	96	97	98	97	95	
Bilsom GmbH	Clarity C3	101	100	99	98	97	96	95	97	99	
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	94	94	94	94	93	92	91	93	95	

Tabelle A_18: Schlepper – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 99 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)									
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
PELTOR AB	H9A	99	98	100	101	100	99	98	98	99	
PELTOR AB	H510F	97	96	96	97	96	97	98	98	99	
PELTOR AB	H510P3*	99	98	98	98	96	96	95	95	96	
PELTOR AB	H31P3*	98	97	96	97	98	99	101	101	101	
PELTOR AB	H31A	100	98	98	99	99	100	100	100	99	
Hellberg Safty AB	Mark 8	98	96	95	96	96	97	98	97	95	
Bilsom GmbH	Clarity C3	101	100	99	98	97	96	95	97	99	
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	95	94	94	94	94	92	91	93	95	

Tabelle A_19: Schlepper – Konformitätswerte über den Gehörschutzmodellen bei 100 % Konvergenzzeit

Bescheinigungs- inhaber	Typbe- zeichnung	Mittenfrequenzen der Terzbänder f_m (Hz)									
		500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
PELTOR AB	H9A	107	110	111	113	110	107	103	101	99	
PELTOR AB	H510F	105	109	108	108	107	106	104	102	100	
PELTOR AB	H510P3*	107	109	109	109	107	105	101	98	96	
PELTOR AB	H31P3*	106	108	108	107	108	106	106	104	101	
PELTOR AB	H31A	107	108	109	108	107	105	103	100	99	
Hellberg Safty AB	Mark 8	106	109	107	107	108	106	104	101	97	
Bilsom GmbH	Clarity C3	105	107	103	100	106	103	99	100	99	
Bilsom GmbH	Clarity C3H*	103	107	104	102	106	103	100	100	99	

Tabelle A_20: Immission-Schalldruckpegel ($L_{S,AImm}$) über dem Kapselgehörschützer in Abhängigkeit von der Positionierung der Schallquelle

Trageort	Mittenfrequenz der Terzbänder f_m [Hz]										
	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
Gürtel lateral rechts o. Tasche	65,2	73,3	73,1	71,3	69,2	68,8	69,6	67,1	69,5	71,7	64,2
Gürtel lateral rechts m. Tasche	61,1	68,9	68,1	69,4	70,5	69,6	63,6	54,3	52,0	49,1	32,8
Hosentasche rechts	62,6	66,8	69,2	65,3	60,3	49,0	51,2	54,5	52,3	44,0	43,8
Hosentasche links	67,2	65,2	64,4	59,6	57,1	51,7	56,9	54,8	47,9	44,2	35,5
Brusttasche links	69,2	67,6	65,1	69,4	69,4	70,5	71,6	69,1	62,8	62,4	51,7
Brusttasche rechts	67,9	71,3	72,0	71,2	71,6	71,8	75,3	73,2	68,5	73,9	62,9
Armtasche rechts	73,5	76,0	75,7	75,1	74,1	76,1	78,0	79,8	79,9	76,9	67,5

Tabelle A_21: Dämpfungsfaktoren

Trageort	Mittenfrequenz der Terzbänder f_m [Hz]										
	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
Gürtel lateral rechts o. Tasche	1,01	0,93	0,94	0,98	0,98	0,99	1,04	1,07	1,08	1,12	1,22
Gürtel lateral rechts m. Tasche	1,07	0,99	1,01	1,01	0,96	0,98	1,13	1,32	1,44	1,64	2,39
Hosentasche rechts	1,05	1,02	0,99	1,07	1,13	1,39	1,41	1,32	1,43	1,83	1,79
Hosentasche links	0,98	1,04	1,06	1,17	1,19	1,32	1,27	1,31	1,56	1,82	2,21
Brusttasche links	0,95	1,01	1,05	1,01	0,98	0,97	1,01	1,04	1,19	1,29	1,52
Brusttasche rechts	1,01	0,93	0,94	0,98	0,98	0,99	1,04	1,07	1,08	1,12	1,22
Armtasche rechts	1,07	0,99	1,01	1,01	0,96	0,98	1,13	1,32	1,44	1,64	2,39

Lebenslauf

Persönliche Daten

Torsten Schmidt-Baum
geboren am 15.08.1972 in Wiesbaden
verheiratet, zwei Kinder

Schulbildung, Zivildienst

1979 - 1983	Grundschule Flintbek
1983 - 1992	Gymnasium Humboldt-Schule Kiel Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
Juli 1992 - September 1993	Zivildienst

Hochschulstudium

Oktober 1993 - März 1994	Praktikum im staatlichen Forstamt Neumünster (Schleswig-Holstein)
April 1994 - Januar 1999	Studium der Forstwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen Abschluss: Diplom-Forstwirt

Berufliche Erfahrungen

Januar - Mai 1999	Auslandspraktikum in Chile
Juni 1999	Ausführung von Forstschutzarbeiten im Auftrag des Forschungsinstituts für schnellwachsende Baumarten in Hann. Münden
Juli 1999 - Juni 2001	Forstreferendariat in der Landesforstverwaltung Hessen Abschluss: Forstassessor
August 2001 - Februar 2002	Werkvertrag am Institut für Forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Georg-August-Universität Göttingen
seit März 2002	Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie im Burckhardt-Institut der Universität Göttingen

