



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Science

GIS-gestützte Analyse von Fahrgeschwindigkeiten unter Sonder- und Wegerecht

Bachelor-Arbeit im Studiengang Gefahrenabwehr / Hazard Control

vorgelegt von

Mark Steinvoord

Hamburg,
am 21. Juni 2012

Gutachter

Prof. Dr. Peter Berger (HAW Hamburg)
Dipl.-Geogr. Daniel Batlle (Feuerwehr Hamburg)

Vorwort

Die Idee zu dieser Bachelor-Arbeit entstand, als ich anfang mich verstärkt mit der Brandschutz- und Rettungsdienstbedarfsplanung zu befassen. Dabei fiel mir auf, dass die Abdeckungen der Standorte oftmals sehr einfach durchgeführt und großzügig ausgelegt wurden. Als ich im Rahmen eines Studienprojektes mit geographischen Informationssystemen in Berührung kam, wurde mir klar, dass die Simulation der Reichweiten auch genauer durchgeführt werden kann und sollte.

Ich möchte mich an dieser Stelle auch bei einigen Personen bedanken, die mich während meines Studiums begleitet und unterstützt haben. Beginnen möchte ich mit Herrn Warner, der mir damals das Studienprojekt im Rahmen der Strukturuntersuchung bei der Feuerwehr Hamburg ermöglichte und mich so zum einen in die Materie der geographischen Informationssysteme brachte und zum anderen den Kontakt zu Herrn Buschendorf und Herrn Battle herstellte.

Herrn Buschendorf möchte ich danken, da er meine verwegene Idee gar nicht so abwegig fand und nun in der Tat etwas Großes daraus wird. Darüber hinaus waren seine Eingebungen und Ideen immer wieder hilfreich.

Meine Fähigkeiten im Umgang mit geographischen Informationssystemen verdanke ich zum größten Teil Herrn Battle. Während meines Studienprojektes und meiner Bachelor-Arbeit fand er immer wieder Zeit, mir bei meinen Fragen weiterzuhelfen und mir immer wieder neue Tricks beizubringen.

Dank geht an dieser Stelle auch an Frau Zander und ihre Mitarbeiter der Rettungswache Bad Oldesloe und Reinfeld die mir die Umsetzung der Untersuchung ermöglicht haben.

Erwähnen möchte ich auch die 2. Wachabteilung der Feuerwache Billstedt. Da ich während des Studiums in Teilzeit gehen musste, haben meine Kollegen meine Abwesenheiten abgedeckt. Es herrscht dort ein toller Zusammenhalt, den man so schnell woanders nicht wiederfindet.

Großen Dank möchte ich auch meinen Eltern aussprechen, die mich auf meinem Lebensweg immer unterstützt haben. Sie haben großen Anteil daran, dass ich das Studium überhaupt aufnehmen und durchführen konnte.

Abschließend möchte ich der wichtigsten Person meines Lebens ganz besonders danken. Meine Freundin Katrin hat in den letzten neun Jahren immer zu mir gestanden und mich durch alle Höhen und Tiefen begleitet. Vor allem während der Doppelbelastung durch Arbeit und Studium hat sie mich immer wieder aufgebaut und an mich geglaubt.

Inhaltverzeichnis

Vorwort	III
Inhaltverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	X
Einleitung	11
1 Rechtliche Grundlagen	12
1.1 Zuständigkeit.....	12
1.2 Feuerwehr	12
1.3 Rettungsdienst	12
1.4 Straßenverkehrsordnung.....	13
2 Geographische Informationssysteme	14
2.1 Geodaten	14
2.2 ArcGIS	14
3 Bedarfsplanung	16
3.1 Feuerwehr	16
3.2 Rettungsdienst	17
4 Von der Hilfsfrist zur Fahrzeit	19
4.1 Hilfsfrist	19
4.1.1 Feuerwehr	19
4.1.2 Rettungsdienst.....	23
4.2 Fahrzeit.....	26
5 Methoden der Fahrzeitanalyse	28
5.1 Zirkelmethode	28
5.2 Einfache Fahrzeitisochronen	29
5.3 Fahrversuche	30
5.4 Fahrzeitsimulationen mit GPS-Daten.....	33
6 Untersuchungsumgebung	34
6.1 Rettungsdienst-Verbund Stormarn	34
6.2 Standorte der Untersuchung	34
6.3 Fahrzeuge	37
6.4 Zeitraum.....	38
6.5 Hard- und Software	38

7 Datenaufbereitung	41
7.1 Auslesen, filtern und aufbereiten der Messdaten	41
7.2 Straßennetz.....	41
7.3 Zuordnung der Messdaten zum Straßennetz.....	42
8 Datenauswertung.....	44
8.1 Allgemein	44
8.2 Unterschiede nach Aufzeichnungsort	44
8.3 Unterschiede nach Straßenkategorien	45
8.4 Unterschiede nach Fahrzeugtyp (RTW/NEF)	47
8.5 Unterschiede nach Wochentag.....	48
8.6 Unterschiede nach Uhrzeit	49
8.7 Unterschiede nach Witterung	51
9 Fazit	53
10 Diskussion	57
Literaturverzeichnis	58
Anhang 1.....	64
Anhang 2.....	66
Anhang 3.....	76
Anhang 4.....	82
Eidesstattliche Erklärung	86

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erträglichkeits- und Reanimationsgrenze in Abhängigkeit der Zeit (Porsche AG, Wibera AG, 1978).....	19
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Hilfsfrist-Definition.....	20
Abbildung 3: Auswirkung der Hilfsfrist-Definitionen.....	23
Abbildung 4: Auswirkung der Hilfsfrist-Definitionen.....	26
Abbildung 5: Bestandteile der Hilfsfrist	26
Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung der Zirkelmethode an der Rettungswache Bad Oldesloe	28
Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung der einfachen Fahrzeitisochronen an der Rettungswache Bad Oldesloe.....	30
Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung der Fahrversuche.....	32
Abbildung 9: Standort der Rettungswache Bad Oldesloe (Hintergrundkarte: OpenStreetMap; abgerufen am: 18.04.2012)	35
Abbildung 10: Standort der Rettungswache Reinfeld (Hintergrundkarte: OpenStreetMap abgerufen am: 18.04.2012)	36
Abbildung 11: Stadtwappen Bad Oldesloe (Stadt Bad Oldesloe, 2012)	37
Abbildung 12: Stadtwappen Reinfeld (Stadt Reinfeld, 2012)	37
Abbildung 13: GPS-Logger Wintec WBT-202 (Wintec, 2012)	38
Abbildung 14: Software zur Aufbereitung der GPS-Daten	40
Abbildung 15: GPS-Punkte vor der Straßenkategoriezuordnung	43
Abbildung 16: GPS-Punkte nach der Straßenkategoriezuordnung	43
Abbildung 17: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort	45
Abbildung 18: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Straßenkategorie	46
Abbildung 19: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Fahrzeugtyp.....	47
Abbildung 20: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag.....	48
Abbildung 21: Geschwindigkeit nach Uhrzeit.....	50
Abbildung 22: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Witterung	51

Abbildung 23: GIS-Simulation mit den Untersuchungsergebnissen im Vergleich zur Zirkelmethode.....	55
Abbildung 24: GIS-Simulation mit den Untersuchungsergebnissen im Vergleich zu den einfachen Fahrzeitisochronen.....	56
Abbildung 25: GIS-Simulation mit den Untersuchungsergebnissen im Vergleich zu den Fahrversuchen.....	56
Abbildung 26: LOG-Modus des Wintec WBT-202.....	64
Abbildung 27: GPS-Einstellungen des Wintec WBT-202.....	64
Abbildung 28: GPS-Parameter des Wintec WBT-202.....	65
Abbildung 29: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie.....	76
Abbildung 30: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp.....	76
Abbildung 31: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Fahrzeugtyp.....	77
Abbildung 32: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort, Straßenkategorie und Fahrzeugtyp.....	77
Abbildung 33: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Wochentag.....	78
Abbildung 34: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Wochentag.....	78
Abbildung 35: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Wochentag.....	79
Abbildung 36: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (innerorts) und Wochentag.....	79
Abbildung 37: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (außerorts) und Wochentag.....	80
Abbildung 38: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Uhrzeit.....	80
Abbildung 39: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag und Uhrzeit.....	81
Abbildung 40: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Uhrzeit.....	81
Abbildung 41: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum.....	83
Abbildung 42: Tagestiefsttemperatur im Untersuchungszeitraum.....	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Hilfsfristdefinitionen und Zeitvorgaben der Bundesländer im Brandschutz.....	22
Tabelle 2: Übersicht über die Hilfsfristdefinitionen und Zeitvorgaben der Bundesländer im Rettungsdienst.....	25
Tabelle 3: RTW-Planungsgeschwindigkeiten nach Schmiedel, Betzler und Behrendt (Gauger, 2011).....	31
Tabelle 4: Standorte und Fahrzeuge des RVS (Rettungsdienst-Verbund Stormarn GmbH, 2012).....	34
Tabelle 5: Übersicht über die eingesetzten Fahrzeuge im Untersuchungszeitraum (Krüger, 2012).....	38
Tabelle 6: Auszug aus den technischen Daten des GPS-Loggers Wintec WBT-202 (Wintec, 2012).....	39
Tabelle 7: Verteilung der GPS-Punkte auf die Fahrzeuge	44
Tabelle 8: Verteilung der GPS-Punkte auf Autobahnen auf die Wochentage.....	49
Tabelle 9: Empfohlene Geschwindigkeiten für die Simulation der Hilfsfristabdeckung	54
Tabelle 10: Zeitverluste durch Abbiegevorgänge (Price, 2008).....	54
Tabelle 11: Durchschnittsgeschwindigkeit aller GPS-Punkte	66
Tabelle 12: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort	66
Tabelle 13: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie	66
Tabelle 14: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Straßenkategorie	66
Tabelle 15: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp	66
Tabelle 16: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Fahrzeugtyp.....	67
Tabelle 17: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Fahrzeugtyp	67
Tabelle 18: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort, Straßenkategorie und Fahrzeugtyp	67
Tabelle 19: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag.....	68
Tabelle 20: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Wochentag.....	68
Tabelle 21: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Wochentag	68

Tabelle 22: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Wochentag.....	69
Tabelle 23: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (innerorts) und Wochentag	70
Tabelle 24: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (außerorts) und Wochentag	71
Tabelle 25: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Uhrzeit	72
Tabelle 26: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag und Uhrzeit.....	73
Tabelle 27: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Uhrzeit	74
Tabelle 28: Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Witterung	74
Tabelle 29: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum (Deutscher Wetterdienst, 2012).....	82
Tabelle 30: Tagestiefsttemperaturen im Untersuchungszeitraum (Deutscher Wetterdienst, 2012).....	84

Abkürzungsverzeichnis

AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
Art.	Artikel
BrSchG	Brandschutzgesetz
CO	Kohlenstoffmonoxid
DLM	Digitales Landschaftsmodell
Fkt.	Funktionen
GB	Gigabyte
GIS	Geographisches Informationssystem
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPS	Global Positioning System
km/h	Kilometer pro Stunde
Ø km/h	Durchschnittliche Kilometer pro Stunde
KW	Kilowatt
microSD	Speicherkarte
m/min	Meter pro Minute
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
ORBIT-Studie	Entwicklung eines Systems zur optimierten Rettung, Brandbekämpfung mit integrierter Technischen Hilfeleistung
OSM	OpenStreetMap
PC	Personal Computer
RDG	Rettungsdienstgesetz
RTW	Rettungswagen
RVS	Rettungsdienst-Verbund Stormarn
StVO	Straßenverkehrsordnung
SWR	Sonder- und Wegerecht

Einleitung

In Zeiten knapper Kassen im Gesundheitswesen und den Sparauflagen in öffentlichen Haushalten wird es immer wichtiger, dass auch die öffentliche Sicherheit und Ordnung nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten aufgestellt wird. Im Zentrum dieser Bachelor-Arbeit stehen hierbei Rettungsdienst und Feuerwehr.

Um einen Rettungsdienst oder eine Feuerwehr angemessen zu dimensionieren wird häufig ein Rettungsdienst- bzw. Brandschutzbedarfsplan erstellt. In diesem werden die örtlichen Risiken und Bedarfe ermittelt sowie eine entsprechende Gefahrenabwehrstruktur mit Standorten und Fahrzeugen geplant. Teil dieses Bedarfsplans ist u.a. die Ermittlung der Abdeckung der Standorte. Anhand der maximalen Reichweiten, die in den vorgegebenen Fristen erreicht werden können, bestimmt sich die Zahl der Standorte und ihre Einsatzbereiche. Je genauer diese Planung mit der Realität übereinstimmt, umso besser können die Standorte geplant und die Zeitvorgaben eingehalten werden.

Bislang wurde diese Fahrzeituntersuchung für die maximale Abdeckung oftmals nur sehr ungenau durchgeführt. Dies geschieht meistens durch einfache Zirkelkreise mit geschätzten Reichweiten oder lediglich mit Unterscheidung der Geschwindigkeit Innerorts und Außerorts. Auch die Methodik der Testfahrten birgt viele Fehlerquellen.

Diese Bachelor-Arbeit stellt daher eine Methodik vor, mit der reelle Geschwindigkeiten für Fahrzeuge mit Sonder- und Wegerecht ermittelt und anschließend verarbeitet werden können. Als Beispiel wurde mit Hilfe des Rettungsdienst-Verbund Stormarn über einen Zeitraum von zwei Monaten reelle Daten von Einsatzfahrten gesammelt und anschließend nach verschiedenen Gesichtspunkten gefiltert und bewertet. Die Erkenntnisse dieser Arbeit können zukünftig helfen, die Bedarfsplanung für Rettungsdienst und Feuerwehr noch genauer durchzuführen.

1 Rechtliche Grundlagen

1.1 Zuständigkeit

Das Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland regelt unter anderem die Zuständigkeiten von Bund und Ländern für die Gesetzgebung im Staat. Nach Artikel 70, Absatz (1) haben die Länder das Recht der Gesetzgebung, soweit das Grundgesetz nicht dem Bund die Gesetzgebungsbefugnisse erteilt (Bundesrepublik Deutschland, 2011). Die ausschließliche Gesetzgebung des Bundes wird in Art. 73 Grundgesetz und die konkurrierende in Art. 74 Grundgesetz festgelegt. Da die Gesetzgebung über die Feuerwehren und den Rettungsdienst in keiner der beiden Artikel genannt wird, fällt die Aufgabe diesbezügliche Gesetze zu erlassen, den einzelnen Bundesländern zu. Dies hat wiederum zur Folge, dass die Regelungen bezüglich Feuerwehr und Rettungsdienst in jedem Bundesland unterschiedlich sind.

Da die Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit in Schleswig-Holstein durchgeführt wurde, soll lediglich auf die entsprechende Gesetzgebung dieses Bundeslandes eingegangen werden. Die übrigen Länder der Bundesrepublik haben jedoch vergleichbare Gesetze erlassen.

1.2 Feuerwehr

Das Feuerwehrwesen wird in Schleswig-Holstein durch das „Gesetz über den Brandschutz und die Hilfeleistung der Feuerwehren (Brandschutzgesetz – BrSchG) vom 10. Februar 1996“ geregelt. Die letzte Aktualisierung erfolgte am 17.12.2010.

Nach §2 des Brandschutzgesetzes sind die Gemeinden „zur Sicherstellung des abwehrenden Brandschutzes und der Technischen Hilfe“ verpflichtet und deshalb „den örtlichen Verhältnissen angemessene leistungsfähige öffentliche Feuerwehren zu unterhalten“ (Land Schleswig-Holstein, 2010).

1.3 Rettungsdienst

Im „Gesetz über die Notfallrettung und den Krankentransport (Rettungsdienstgesetz – RDG) vom 29. November 1991“ wird in Schleswig-Holstein der Rettungsdienst grundsätzlich geregelt. Danach sind laut §6 die Kreise und die kreisfreien Städte die Träger des Rettungsdienstes in ihrem Gebiet. Sie können diese Aufgabe aber auch ganz oder teilweise an Hilfsorganisationen, juristische Personen des öffentlichen Rechts oder an natürliche oder juristische Personen des Privatrechts übertragen (Land Schleswig-Holstein, 1991).

§7 des Rettungsdienstgesetzes schreibt weitergehend vor, dass „die Auswahl der Standorte der Rettungswachen die gleichmäßige Versorgung des Rettungsdienstbereiches zu gewährleisten hat; die Standorte der Rettungswachen benachbarter Träger des Rettungsdienstes sind zu berücksichtigen“ (Land Schleswig-Holstein, 1991).

1.4 Straßenverkehrsordnung

Die Straßenverkehrsordnung (StVO) regelt in Deutschland unter anderem das Verhalten im Straßenverkehr und die Klassifikation der Verkehrszeichen und anderer Verkehrseinrichtungen. Von Relevanz sind hier vor allem §35 Sonderrechte und §38 Blaues Blinklicht und gelbes Blinklicht der StVO.

Nach §35, Absatz (1) sind „von den Vorschriften dieser Verordnung die Bundeswehr, die Bundespolizei, die Feuerwehr, der Katastrophenschutz, die Polizei und der Zolldienst befreit, soweit das zur Erfüllung hoheitlicher Aufgaben dringend geboten ist“ (Bundesrepublik Deutschland, 2011). Des Weiteren gilt nach Absatz (5a): „Fahrzeuge des Rettungsdienstes sind von den Vorschriften dieser Verordnung befreit, wenn höchste Eile geboten ist, um Menschenleben zu retten oder schwere gesundheitliche Schäden abzuwenden“ (Bundesrepublik Deutschland, 2011). Dabei ist zu berücksichtigen, dass nach §35, Absatz (8) „die Sonderrechte nur unter gebührender Berücksichtigung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ausgeübt werden dürfen“ (Bundesrepublik Deutschland, 2011).

Im Abschnitt über Zeichen und Verkehrseinrichtungen ist außerdem die Verwendung von blauem Blinklicht und Einsatzhorn geregelt. §38, Absatz (1) besagt: „Blaues Blinklicht zusammen mit dem Einsatzhorn darf nur verwendet werden, wenn höchste Eile geboten ist, um Menschenleben zu retten oder schwere gesundheitliche Schäden abzuwenden, eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung abzuwenden, flüchtige Personen zu verfolgen oder bedeutende Sachwerte zu erhalten. Es ordnet an: Alle übrigen Verkehrsteilnehmer haben sofort freie Bahn zu schaffen“ (Bundesrepublik Deutschland, 2011).

2 Geographische Informationssysteme

2.1 Geodaten

„Geodaten sind Daten über Gegenstände, Geländeformen und Infrastrukturen an der Erdoberfläche, wobei als wesentliches Element ein Raumbezug vorliegen muss“ (Bill, 1999). Das heißt, dass zu jeder gespeicherten Information eine Georeferenzierung in Form von Koordinaten, Ortsnamen, Straßennamen oder ähnliches vorhanden sein muss. Diese Daten liegen in der Regel in Datenbanken vor und können mit einer geeigneten Software, einem geographischen Informationssystem, weiter verarbeitet und genutzt werden.

Man unterscheidet bei der Erstellung zwischen primären und sekundären Geodaten. Primäre Geodaten (z.B. Topographische Karten vom Vermessungsamt) werden direkt vor Ort, beispielweise durch GPS-Geräte erfasst und gespeichert. Sekundäre Geodaten jedoch werden erst im Nachhinein auf der Grundlage von Primären erstellt (Bill, 1999). Hier wäre beispielweise die Erfassung von Rettungswachenstandorten mit Hilfe der amtlichen Karten zu nennen.

Auch hinsichtlich der Art von Geodaten gibt es eine Unterscheidung. So zählt man insbesondere die Daten der Vermessungsverwaltung (z.B. digitale Karten, Luftbilder, Katasterdaten) zu den Geobasisdaten. Bei von Fachbehörden erhobenen Daten (z.B. Standorte der Rettungswachen) spricht man hingegen von Geofachdaten (Bill, 1999).

Geodaten werden heutzutage von vielen verschiedenen Stellen erfasst, verarbeitet und an andere Stellen abgegeben. Neben den Vermessungsämtern und privaten Anbietern aus der Wirtschaft gibt es inzwischen auch mehrere öffentliche Projekte (z.B. OpenStreetMap, Google Earth, etc.).

2.2 ArcGIS

Um Geodaten effektiv zu bearbeiten und zu nutzen wird spezielle Software in Form von geographischen Informationssystemen (GIS), auch Geoinformationssysteme genannt, benötigt. Seit vielen Jahren bestehen verschiedene Softwarelösungen in diesem Bereich und neben freier Software (z.B. Google Earth) gibt es zahlreiche kostenpflichtige Programme.

Der führende Hersteller von GIS Software ist die Firma ESRI mit einem Marktanteil von 40,7% im Jahr 2010 (ARC Advisory Group, 2011). Ihre modular aufgebaute Software ArcGIS wird in vielen Firmen und Behörden auf der ganzen Welt genutzt. Das Austauschformat „Shape-File“ wurde ebenfalls von ESRI entwickelt und stellt den Standard im Bereich der

GIS Austauschformate dar. Dieses kann von nahezu allen Programmen anderer Hersteller verarbeitet werden.

Neben dem Grundprogramm ArcGIS gibt es zahlreiche Erweiterungen für spezielle Anforderungen und Fragestellungen. Zur Durchführung von Fahrzeitsimulationen wird beispielsweise die Erweiterung „Network Analyst“ benötigt, welche es ermöglicht, aus einfachen Geodaten von Straßen und Wegen ein komplexes routing-fähiges Netzwerk zu erstellen. Dabei können zahlreiche Faktoren wie Einbahnstraßen, Geschwindigkeiten, Durchfahrtshöhen und ähnliche berücksichtigt werden. Anschließend können Simulationen mit unterschiedlichen Vorgaben (Zeitlimitierung, Streckenlimitierung, Fahrzeughöhe, etc.) durchgeführt und die Ergebnisse analysiert werden.

3 Bedarfsplanung

3.1 Feuerwehr

Für die Brandschutzbedarfsplanung für Feuerwehren gibt es in Deutschland keinen einheitlichen Standard. Jedoch haben mehrere Bundesländer Empfehlungen herausgegeben, wie eine Bedarfsplanung durchzuführen ist. Die Empfehlungen gleichen sich in den wesentlichen Punkten, welche hier näher erläutert werden sollen.

Allgemeiner Teil / Rechtliche Grundlagen

Im allgemeinen Teil findet eine grundlegende Beschreibung des Versorgungsgebietes statt. Er beinhaltet eine allgemeine Beschreibung (geographische Lage, Bevölkerungsstruktur und -entwicklung, Verkehrsinfrastruktur, Industrien, etc.), die Benennung der relevanten Rechtsvorschriften und Normen und daraus abgeleitet die Aufgaben der Feuerwehr. Ferner werden die Grundlagen der Brandschutzbedarfsplanung erläutert.

Gefahrenpotenzial / Risikobewertung

In diesem Abschnitt werden die Risiken und Gefahren ermittelt, mit denen die Feuerwehr konfrontiert ist. Bei der Durchführung gibt es jedoch wesentliche Unterschiede. So reicht dies von einer einfachen Beschreibung der Gefahren im Einsatzgebiet (Landesfeuerwehrverband Nordrhein-Westfalen e.V., 2001), über eine Risikoermittlung über ausgewählte Kennzahlen (Grabski, 2000), bis hin zur Ermittlung einzelner Risikoklassen für die verschiedenen Einsatzbereiche Brandschutz, Technische Hilfe, Umweltgefahren und Wassergefahren (Land Hessen, 2008).

Schutzzieldefinition

„Jede Gemeinde muss eigenständig Schutzziele definieren und über das Schutzniveau entscheiden. Diese stehen in engem Zusammenhang mit den Risiken des Gemeindegebiets und sind individuell festzulegen“ (Landesfeuerwehrverband Nordrhein-Westfalen e.V., 2001). Im Bereich der Feuerwehr beziehen sich die Schutzziele auf die Faktoren Hilfsfrist, Funktionsstärke und Erreichungsgrad (AGBF-bund, 1998) und richten sich nach den Empfehlungen der AGBF-bund aus dem Jahr 1998. Abweichungen sind möglich, müssen aber im Einzelfall begründet werden.

SOLL-Struktur

In der SOLL-Struktur werden aus den im Gefahrenpotenzial und in der Schutzzieldefinition ermittelten und festgelegten Faktoren die Anforderungen an die Feuerwehr abgeleitet. Aus dem Gefahrenpotenzial ergibt sich die benötigte Fahrzeugvorhaltung und daraus wiederum

die erforderliche Mannschaftsstärke der Fahrzeuge. Kombiniert mit der Schutzzieldefinition erhält man die Dichte der Standorte (bedingt durch die Hilfsfrist) und die Menge des benötigten Personals an den Standorten (bedingt durch die Funktionsstärke).

IST-Struktur

Da in der Regel bereits Feuerwehrstrukturen vorhanden sind, werden diese in der IST-Struktur untersucht. Von Bedeutung sind hierbei vor allem die Standorte (Lage, Zustand, Einhaltung der Unfallverhütungsvorschriften, bauliche Aufteilung), die Fahrzeuge (Anzahl, Fahrzeugtyp, technischer Zustand, Ausrüstung) und das Personal (Zahl, Alter, Verfügbarkeit, Ausbildung). Ein wichtiger Bestandteil der IST-Struktur stellt die erreichbare Abdeckung der Standorte innerhalb der vorgegebenen Hilfsfrist dar.

Vergleich der Strukturen / Empfohlene Maßnahmen

Nach Festlegung der erforderlichen SOLL- und Ermittlung der vorhandenen IST-Struktur wird ein entsprechender Abgleich vorgenommen, um aus eventuell festgestellten Abweichungen notwendige Maßnahmen zur Erreichung des Schutzzieles abzuleiten. Diese finden Eingang in einen Maßnahmenkatalog, welcher die Ergebnisse des Feuerwehrbedarfsplanes widerspiegelt.

3.2 Rettungsdienst

Im Bereich der Rettungsdienstbedarfsplanung hat sich das Werk „Bedarfsplanung im Rettungsdienst“ von Schmiedel, Behrendt und Betzler (2004) als Standard etabliert. Die nachfolgenden Punkte bilden den Kern jeder Rettungsdienstbedarfsplanung.

Bedarfsplanung Fahrzeugstandorte

Auch im Rettungsdienst wird die Lage der Standorte maßgeblich durch die gesetzliche Hilfsfrist vorgegeben. „Die Hilfsfrist stellt die zentrale Leistungsvorgabe und einen Parameter für die Bedarfsplanung im Rettungsdienst dar, aus der sich der Ausbaustandard der bedarfsgerechten rettungsdienstlichen Infrastruktur der Rettungswachen ableitet“ (Schmiedel, Betzler, & Behrendt, 2004). Die Standorte der Rettungswachen müssen also so gelegen sein, dass alle Bereiche innerhalb der vorgegebenen Hilfsfrist erreicht werden können.

Bedarfsplanung Fahrzeugvorhaltung

„Der Bemessung der Vorhaltung an Notfallkapazitäten wird nicht die durchschnittlich täglich und stündlich zu erwartende Notfall-Nachfrageverteilung zugrunde gelegt, sondern das seltener vorkommende gleichzeitige Auftreten mehrerer Notfalleinfahrten“ (Schmiedel, Betzler, & Behrendt, 2004). Ein Fahrzeug kann an einem Standort mehrere Notfälle bedienen, sofern diese nicht gleichzeitig geschehen. Erst wenn die Häufigkeit von

zeitgleichen Ereignissen einen vorher definierten Schwellenwert erreicht, muss ein weiteres Fahrzeug am Standort vorgehalten werden. Zur Ermittlung der jeweiligen Fahrzeugvorhaltung an den einzelnen Standorten, wird daher eine risikoabhängige Fahrzeugbemessung durchgeführt.

Bedarfsplanung Personal

Die Personalplanung ergibt sich maßgeblich aus den zu besetzenden Funktionen und dem Personalausfallfaktor. Dieser Faktor bestimmt, wie viele Personen benötigt werden um eine Funktion auf dem Rettungswagen rund um die Uhr besetzen zu können. In diesen Faktor werden beispielsweise Abwesenheit durch Urlaub, Krankheit oder Fortbildung eingerechnet. Bei der Bedarfsplanung des Personals muss auch das Arbeitszeitgesetz bei der Gestaltung von Dienstplänen und dem Schichtsystem berücksichtigt werden.

4 Von der Hilfsfrist zur Fahrzeit

4.1 Hilfsfrist

4.1.1 Feuerwehr

Auf Grund mangelnder gesetzlicher Regelungen hat die Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren -Bund- (AGBF) im Jahr 1998 eine Empfehlung für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten herausgegeben. In dieser Empfehlung werden drei Qualitätskriterien definiert: Funktionsstärke, Hilfsfrist und Erreichungsgrad.

Anhand des Standardszenarios „Wohnungsbrand im Obergeschoß eines mehrgeschossigen Gebäudes bei verqualmten Rettungswegen“ (AGBF-bund, 1998) wurden die benötigten Kräfte zur Bewältigung der Lage, die Funktionsstärke, festgelegt. Um eine Menschrettung durchzuführen werden demnach in der Regel zehn Funktionen benötigt und für die Brandbekämpfung um weitere sechs Funktionen verstärkt (nach AGBF, 1998).

Die Hilfsfrist wurde aus einer Untersuchung im Rahmen der sogenannten ORBIT-Studie aus dem Jahr 1978 abgeleitet. Anhand der Entwicklung des Kohlenstoffmonoxid-Gehalts bei einem Wohnungsbrand (Abbildung 1) wurden kritische Zeitgrenzen festgelegt (AGBF-bund, 1998):

- Erträglichkeitsgrenze für eine Person im Brandrauch: ca. 13 Minuten
- Reanimationsgrenze für eine Person im Brandrauch: ca. 17 Minuten
- Zeit vom Brandausbruch bis zum Flash-Over: 18 bis 20 Minuten

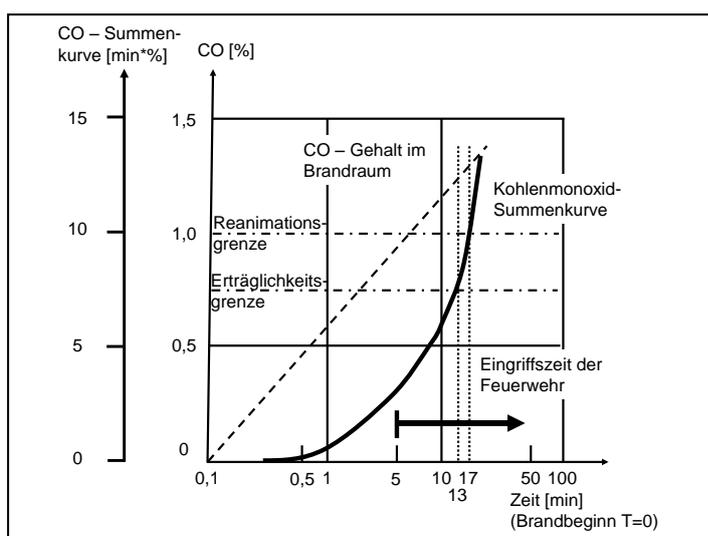
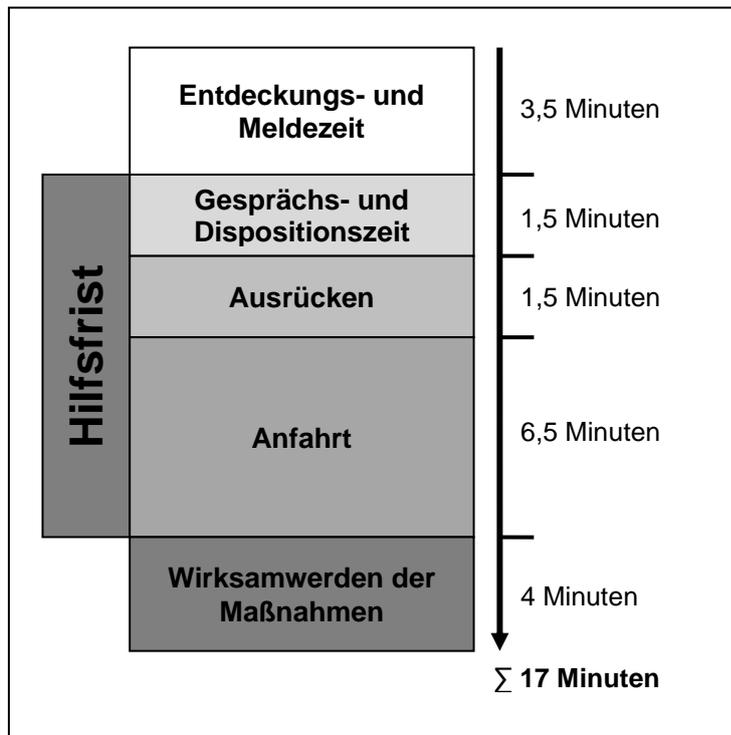


Abbildung 1: Erträglichkeits- und Reanimationsgrenze in Abhängigkeit der Zeit (Porsche AG, Wibera AG, 1978)

Daraus ergibt sich, dass eine Person spätestens 17 Minuten nach Brandausbruch gerettet werden muss, damit die Möglichkeit einer erfolgreichen Reanimation bestehen bleibt. Des Weiteren muss die Brandbekämpfung innerhalb von 18 Minuten eingeleitet sein, um eine



Durchzündung (sogenannte Flash-Over) zu verhindern.

Die AGBF definiert die Hilfsfrist mit den durch die Feuerwehr beeinflussbaren Zeitabschnitten als „die Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der Notrufabfrage – möglichst ab der ersten Signalisierung des ankommenden Notrufes – in der Notrufabfragestelle und dem Eintreffen des ersten Feuerwehrfahrzeuges an der Einsatzstelle“ (AGBF-bund, 1998). Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der Hilfsfrist-Definition durch die AGBF und den dazugehörigen Zeitvorgaben.

In der Empfehlung wird davon ausgegangen, dass „beim kritischen Wohnungsbrand die Melde- und Aufschaltzeit in Städten ca. 3,5 Minuten sowie die Erkundungs- und Entwicklungszeit ca. 4 Minuten betragen“ (AGBF-bund, 1998). Somit verbleiben bis zur Reanimationsgrenze von 17 Minuten noch 9,5 Minuten für die Hilfsfrist, in der die ersten zehn Funktionen an der Einsatzstelle sein müssen.

„Unter „Erreichungsgrad“ wird der prozentuale Anteil der Einsätze verstanden, bei dem die Zielgrößen „Hilfsfrist“ und „Funktionsstärke“ eingehalten werden“ (AGBF-bund, 1998). Der

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Hilfsfrist-Definition

Erreichungsgrad wird durch die Politik festgelegt.

Seit dem Erscheinen der AGBF-Empfehlung wurden weitere Studien hinsichtlich der Hilfsfrist durchgeführt. Seliger und Pleß (2007) kommen in ihrem Forschungsbericht zur Entwicklung von Kohlenmonoxid bei Bränden in Räumen zu dem Schluss, dass „bei einem 70 kg schweren Erwachsenen, der sich in Ruhe befindet, nach etwa 10,5 min mit dem Eintreten der Bewusstlosigkeit sowie nach etwa 12,5 min mit dem Eintreten des Todes zu rechnen ist. Würde dieser Mensch der gleichen CO-Entwicklung unter leichter körperlicher Belastung ausgesetzt sein, wäre nach etwa 3,5 min mit Bewusstlosigkeit zu rechnen und nach gut 5 min mit dem Tod“ (Seliger & Pleß, 2007). Sie kommen somit auf deutlich kürzere Zeiten als bisher in der ORBIT-Studie angenommen. Auch die Zeitangabe für die Erkundungs- und Entwicklungszeit wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit an der Fachhochschule Köln untersucht. In mehreren Versuchsreihen wurden verschiedene Feuerwehren mit dem Standardszenario der AGBF konfrontiert und Zeitmessungen durchgeführt. „Gemessen vom Ausstieg des Einsatzleiters an der Einsatzstelle bis zur Übergabe der geretteten Person mit Rauchgasintoxikation an den Rettungsdienst, benötigte die Feuerwehr beim beschriebenen Versuchsaufbau eine Erkundungs- und Entwicklungszeit von im Mittel 13 Minuten und vier Sekunden“ (Lindemann, 2011). Die tatsächlich benötigte Zeit liegt ebenfalls weit über den von der AGBF angenommenen vier Minuten. Trotz dieser neuen Erkenntnisse, hält die AGBF an ihrer Empfehlung aus dem Jahr 1998 fest. Daher ist diese Empfehlung weiterhin als Planungsgrundlage und faktisch als anerkannte Regel der Technik anzusehen (Knorr, 2012).

Eine Hilfsfrist im Bereich der Feuerwehr ist bis heute nicht in allen Bundesländern gesetzlich festgelegt (Tabelle 1). Zu beachten ist, dass diese in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich definiert sein kann.

Tabelle 1: Übersicht über die Hilfsfristdefinitionen und Zeitvorgaben der Bundesländer im Brandschutz

Bundesland	Definition	Funktionsstärke und Zeitvorgabe
Baden-Württemberg (Landesfeuerwehrverband und Innenministerium Baden-Württemberg, 2008)	Eintreffzeit = Vom Abschluss der Alarmierung bis zum Eintreffen an der Einsatzstelle	9 Fkt. nach 10min 9 Fkt. nach 15min
Bayern (Freistaat Bayern, 1998)	Jede an einer Straße gelegenen Einsatzstelle nach Eingang der Brandmeldung bei der alarmanlösenden Stelle.	10min
Berlin (Berufsfeuerwehr Berlin, 2003)	Eintreffen von 14 Einsatzkräften nach Notrufeingang	15min
Brandenburg	Keine	Keine
Bremen (Freie Hansestadt Bremen, 2011)	Keine	8 Fkt. nach 10min 6 Fkt. nach 15min
Hamburg (Feuerwehr Hamburg, 1994)	Von Alarmierung bis Eintreffen	16 Fkt. je nach Risikoklasse in 5-15min
Hessen (Land Hessen, 2012) (Land Hessen, 2008)	Von Alarmierung bis Eintreffen	6 Fkt. nach 10min
Mecklenburg-Vorpommern	Keine	Keine
Niedersachsen	Keine	Keine
Nordrhein-Westfalen	Keine	Keine
Rheinland-Pfalz (Land Rheinland-Pfalz, 2010)	Von Alarmierung bis Eintreffen	Anzahl Fkt. je nach Risikoklasse in 8min
Saarland	Keine	Keine
Sachsen	Keine	Keine
Sachsen-Anhalt (Land Sachsen-Anhalt, 2001)	Von Alarmierung bis Eintreffen	12min
Schleswig-Holstein (Land Schleswig-Holstein, 2009)	Vom Notrufeingang bis Eintreffen	10min
Thüringen (Freistaat Thüringen, 2009)	Von Alarmierung bis Eintreffen	Anzahl Fkt. je nach Risikoklasse in 10min

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass es zum Teil große Differenzen zwischen den einzelnen Bundesländern gibt. Die Hilfsfrist beginnt je nach Bundesland beim Notrufeingang oder erst mit der Alarmierung der Einsatzkräfte. Im letzteren Fall wird die Gesprächs- und Dispositionszeit in der Leitstelle nicht mit berücksichtigt (z.B. Hessen). Abbildung 3 zeigt deutlich, was diese unterschiedlichen Definitionen bewirken: bei gleicher Zeitvorgabe in Hessen und Bayern, verlängert sich jedoch in Hessen die Zeitspanne von Notrufeingang bis zum Eintreffen der Einsatzkräfte.

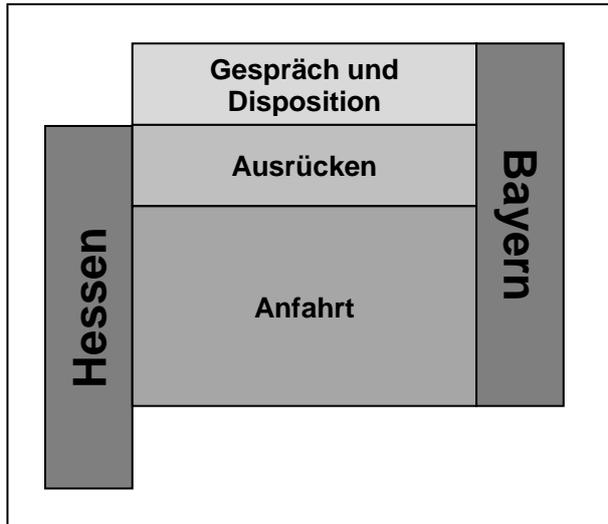


Abbildung 3: Auswirkung der Hilfsfrist-Definitionen

Auch die Festlegung der Zeitvorgabe unterliegt einer hohen Schwankung. So wird diese teilweise, wie von der AGBF empfohlen, an die Zahl der Einsatzkräfte gekoppelt und in zwei Vorgaben aufgegliedert (z.B. Bremen). In anderen Fällen (z.B. Sachsen-Anhalt) gibt es nur eine globale Zeitvorgabe ohne die Festsetzung einer Mindeststärke.

In sechs Bundesländern werden überhaupt keine Vorgaben hinsichtlich der Hilfsfrist gemacht. In diesen gilt die Hilfsfrist aus der AGBF-Empfehlung als anerkannte Regel der Technik (Knorr, 2012).

4.1.2 Rettungsdienst

Lebensbedrohliche Notfälle benötigen schnellstmögliche Hilfe durch den Rettungsdienst. „Idealtypisch gilt für alle Zeitfristen bei einer Notfallrettung die Minimalversion. Wegen der absolut dringlichen Notwendigkeit einer medizinischen Versorgung akut vital gefährdeter Notfallpatienten lautet die Devise, eine schnellstmögliche Notfallversorgung zu gewährleisten“ (Breuer, 1990). Dieser Grundsatz steht im Gegensatz zu wirtschaftlichen Überlegungen, da eine Verkürzung dieser Fristen eine höhere Dichte an Standorten erfordert und somit höhere Kosten verursacht. Eine Halbierung der Hilfsfrist verursacht demnach ungefähr eine Vervierfachung der Kosten (Riediger, 1985). „Die Hilfsfrist im Rettungsdienst stellt also einen Kompromiss dar, zwischen dem wirtschaftlich Machbaren und dem medizinisch Wünschenswerten“ (Wöfl & Matthes, 2010).

Nach einer Sitzung des Fachausschusses Rettungsdienst vom 11.11.1992 wurde folgender Beschluss verfasst: „Die Hilfsfrist ist die Vorgabe für den einzuhaltenden Zeitraum vom Eingang der Notfallmeldung in der Rettungsleitstelle bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes

am Notfallort. Sie soll aus notfallmedizinischen Gründen nicht mehr als 10 Minuten und darf nicht mehr als 15 Minuten betragen“ (Koch & Kuschinsky, 1998).

In den einzelnen Bundesländern ist die Hilfsfrist entweder durch ein Gesetz oder eine Vereinbarung zwischen dem Land und den Trägern des Rettungsdienstes festgelegt. So regelt das Land Schleswig-Holstein in der Landesverordnung zur Durchführung des Rettungsdienstgesetzes, dass „die Standorte der Rettungswachen auch unter Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Kooperation mit benachbarten Trägern des Rettungsdienstes so zu bestimmen sind, dass jeder ausschließlich über eine Straße erreichbare mögliche Einsatzort mit dem Rettungswagen oder mit dem Notarzteinsatzfahrzeug in der Regel innerhalb einer Frist von zwölf Minuten nach Eingang der Notfallmeldung bei der Rettungsleitstelle (Hilfsfrist) erreicht werden kann“ (Land Schleswig-Holstein, 2008). Bei der Verwendung des Begriffes Hilfsfrist ist zu beachten, dass dieser auch hier unterschiedlich definiert sein kann. Gleiches gilt für die Zeitvorgabe (Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht über die Hilfsfristdefinitionen und Zeitvorgaben der Bundesländer im Rettungsdienst

Bundesland	Definition	Zeitvorgabe
Baden-Württemberg (Land Baden-Württemberg, 2010)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	10min; max. 15min
Bayern (Freistaat Bayern, 2010)	Nach Ausrücken bis Eintreffen (= Fahrzeit)	12min; 15min in dünn besiedelten Gebieten
Berlin (Berufsfeuerwehr Berlin, 2003)	Eintreffen eines geeigneten Fahrzeuges nach Notrufeingang	8min
Brandenburg (Land Brandenburg, 2008)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	15min
Bremen (Freie Hansestadt Bremen, 2002)	Von der Eröffnung des Einsatzes bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	10min
Hamburg (Freie und Hansestadt Hamburg, 1992)	Flächendeckend	bedarfsgerecht
Hessen (Land Hessen, 2010)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	10min
Mecklenburg-Vorpommern (Land Mecklenburg-Vorpommern, 1993)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	10min
Niedersachsen (Land Niedersachsen, 1993)	Vom Beginn der Einsatzentscheidung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	15min
Nordrhein-Westfalen (Land Nordrhein-Westfalen, 1992)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	5-8min; 12min im ländlichen Bereich
Rheinland-Pfalz (Land Rheinland-Pfalz, 2007)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	15min
Saarland (Land Saarland, 2004)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12min
Sachsen (Freistaat Sachsen, 2011)	Ende des Notrufgesprächs bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12min
Sachsen-Anhalt (Land Sachsen-Anhalt, 2006)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12min
Schleswig-Holstein (Land Schleswig-Holstein, 2008)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12min
Thüringen (Freistaat Thüringen, 2009)	Vom Eingang der Notfallmeldung bis zum Eintreffen des Rettungsmittels	12min; 15min in dünn besiedelten Gebieten

Die Definition der Hilfsfrist im Rettungsdienst ist in fast allen Bundesländern gleich oder sinngleich formuliert. Ausnahmen bilden hier Bayern, Bremen, Niedersachsen, Sachsen und Hamburg. In Bayern beginnt die Hilfsfrist erst ab dem Ausrücken der Einsatzkräfte und nicht schon mit dem Eingang der Notrufmeldung. Bremen und Niedersachsen schreiben vor, dass die Hilfsfrist erst mit der Eröffnung eines

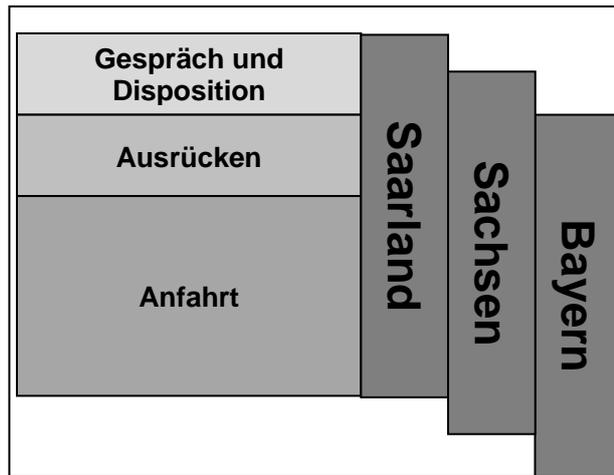


Abbildung 4: Auswirkung der Hilfsfrist-Definitionen

Einsatzes in der Leitstelle beginnt und nicht bereits bei Notrufeingang und im Land Sachsen ist das Gesprächsende der Startpunkt für die Frist. In diesen vier Fällen wird die Gesprächsdauer und teilweise die Zeit für die Disposition nicht berücksichtigt. In Hamburg wird lediglich von „flächendeckend“ gesprochen und gar kein Zeitabschnitt für das Eintreffen des Rettungsdienstes definiert. Auch hier können, bei gleicher Zeitvorgabe im Gesetz, unterschiedliche Zeiten von Notrufeingang bis zum Eintreffen an der Einsatzstelle resultieren (Abbildung 4).

Bei den Zeitvorgaben gibt es je nach Bundesland auch leichte Schwankungen. Hier wird vor allem deutlich, dass für den Rettungsdienst in Ballungsräumen, wie beispielsweise in Berlin oder größeren Städten Nordrhein-Westfalens oder Bayerns, oftmals kürzere Hilfsfristen gelten als in anderen, weniger dicht besiedelten Gebieten. Hier wird der wirtschaftliche Faktor klar ersichtlich, da kürzere Hilfsfristen mehr Standorte erfordern und höhere Kosten verursachen.

4.2 Fahrzeit

Die Hilfsfristen setzen sich aus mehreren Teilen zusammen (Abbildung 5). In der Regel startet die Hilfsfrist mit dem Eingang der Notfallmeldung in der entsprechenden Leitstelle und endet mit dem Eintreffen der Einsatzkräfte am Einsatzort. Die Zeitspanne vor dem Notruf, zum Beispiel bis zur Entdeckung des Brandes oder des

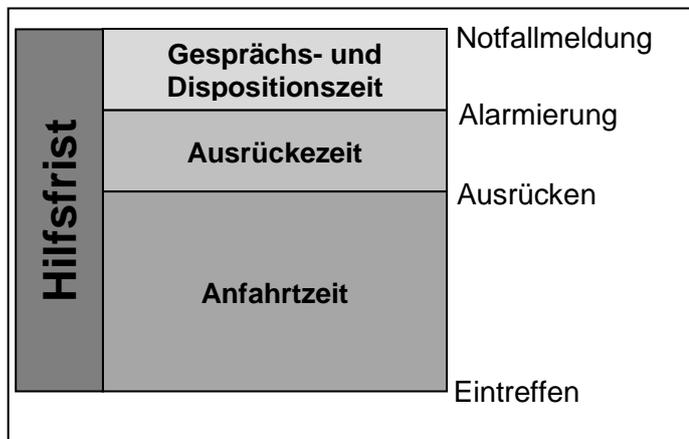


Abbildung 5: Bestandteile der Hilfsfrist

medizinischen Notfalls, kann durch die Feuerwehr oder den Rettungsdienst nicht beeinflusst werden und wird somit nicht von der Hilfsfrist abgezogen.

Gesprächs- und Dispositionszeit

Nach Eingang des Notrufs nimmt ein Disponent den Anruf entgegen und befragt den Anrufer. Anschließend wählt er das nächstgelegene geeignete Rettungsmittel und startet die Alarmierung. Diesen Zeitabschnitt nennt man Gesprächs- und Dispositionszeit (nach AGBF, 1998).

Ausrückezeit

Nachdem die Alarmierung ausgelöst wurde, müssen die Einsatzkräfte ihre Fahrzeuge besetzen und die Wache verlassen. Dieser Zeitabschnitt kann unterschiedlich lang sein, abhängig davon ob eine Feuer- oder Rettungswache dauerhaft besetzt ist (hauptamtliche Wachen) oder die Einsatzkräfte erst von ihrem Wohnhaus oder Arbeitsplatz zur Wache kommen müssen (ehrenamtliche Wachen). Dieser Abschnitt wird als Ausrückezeit bezeichnet (nach AGBF, 1998).

Anfahrtzeit

Nach dem Ausrücken beginnt die Anfahrtzeit. Sie bezeichnet den Zeitraum der benötigt wird, um die Einsatzstelle von der Wache aus zu erreichen. Ausrückezeit und Anfahrtzeit gemeinsam werden auch oft als Eintreffzeit bezeichnet (nach AGBF, 1998).

Die Zeitabschnitte vor dem Ausrücken der Einsatzkräfte sind meistens recht kurz und konstant. Für die Dispositionszeit werden beispielweise 90 Sekunden (AGBF-bund, 1998) angesetzt. Die Ausrückezeit beträgt an hauptamtlichen Wachen ebenfalls ca. 90 Sekunden (AGBF-bund, 1998). An ehrenamtlichen Wachen ist die Ausrückezeit deutlich länger und liegt, abhängig vom Aufenthaltsort der einzelnen Einsatzkräfte, zwischen drei und sechs Minuten.

Die Zeiten für Disposition und Ausrücken können im Rahmen eines Bedarfsplans statistisch ausgewertet werden. Nach Abzug dieser Werte von der Hilfsfrist verbleibt dann eine Zeitspanne für die Anfahrtzeit von der Wache bis zum Einsatzort. Diese Spanne bildet die Grundlage für die Fahrzeitanalyse und die Abdeckung der einzelnen Wachen. Sie ist somit maßgeblich für deren Dichte und die daraus resultierenden Kosten verantwortlich. Je genauer die Erreichbarkeit simuliert wird, umso exakter sind die Ergebnisse. Daher ist es besonders wichtig die Einflussfaktoren, beispielsweise Geschwindigkeit oder Tageszeitabhängigkeit, möglichst genau in die Simulation einfließen zu lassen. Um diese berücksichtigen zu können, müssen sie allerdings vorab analysiert werden, was in dieser Arbeit im weiteren Verlauf beispielhaft geschehen wird.

5 Methoden der Fahrzeitanalyse

5.1 Zirkelmethode

Die einfachste Methode zur Darstellung einer Gebietsabdeckung ist die Verwendung der Zirkelmethode. Diese kann auch ohne den Einsatz von GIS, unter Verwendung handelsüblicher Karten, erfolgen. Ausgehend von einer Geschwindigkeit wird die Erreichbarkeit in Luftlinie berechnet und ein Abdeckungsradius dargestellt.

Diese sehr einfache Methode ist allerdings lediglich eine erste Annäherung an die Realität. Die Verwendung der Luftlinie ignoriert neben dem realen Straßenverlauf auch natürliche Hindernisse wie Flüsse oder Berge. Des Weiteren werden auch die unterschiedlichen Straßenkategorien und der Straßenverkehr nicht beachtet und somit die tatsächlich erreichbaren Geschwindigkeiten nicht abgebildet. Vorteilhaft sind hingegen die schnelle Durchführung der Methode ohne zuvor Daten erheben zu müssen. Durch den Wegfall der Datenerhebung entfällt auch die Gefährdung durch etwaige Realbefahrungen vor Ort.

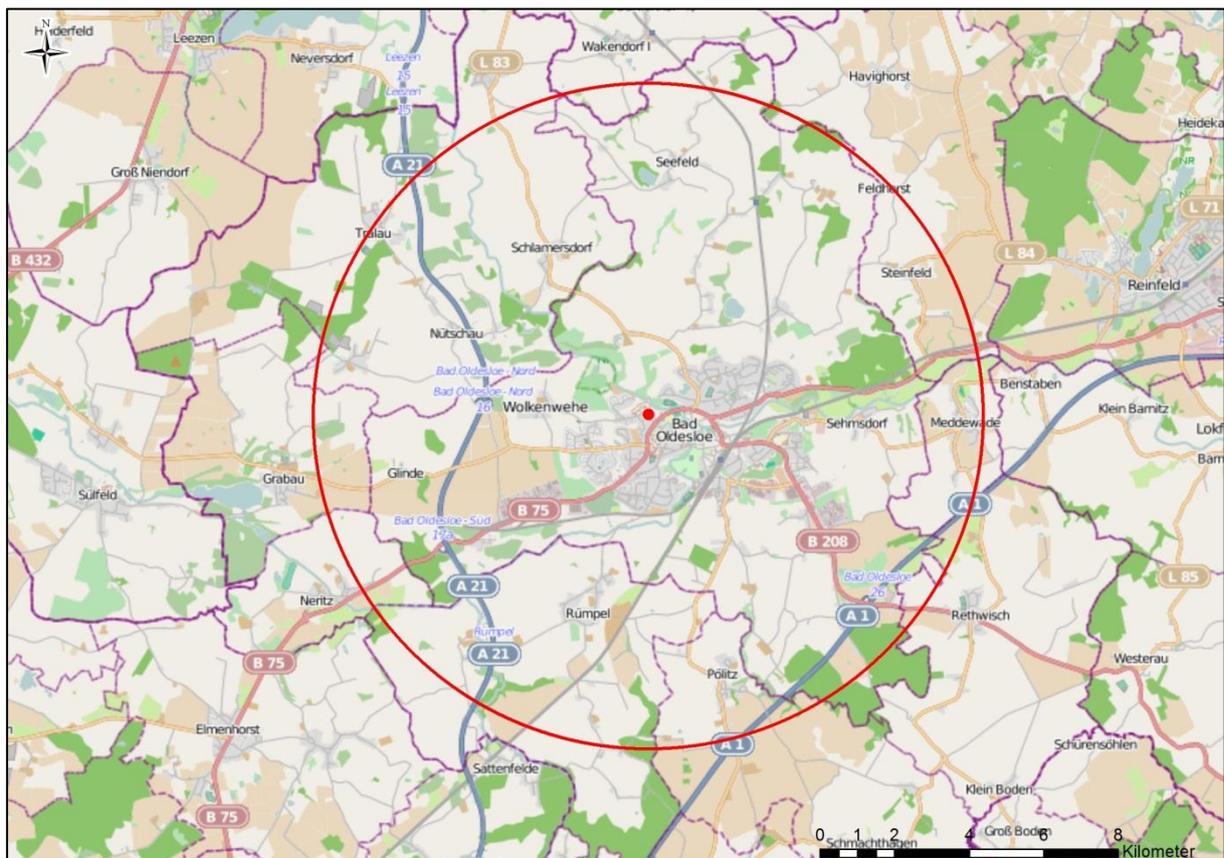


Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung der Zirkelmethode an der Rettungswache Bad Oldesloe

Beispiel

Nach einem Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen ist es zulässig, bei der Rettungsdienstbedarfsplanung aus Vereinfachungsgründen von einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 60 km/h auszugehen (Bundesanstalt für Straßenwesen, 1987). Nach Abzug der Dispositions- und Alarmierungszeit und der Ausrückezeit der Einsatzkräfte, verbleiben von der zwölf minütigen Hilfsfrist in Schleswig-Holstein noch neun Minuten für die Anfahrt zum Einsatzort. In diesen neun Minuten kann bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 60 km/h eine Strecke von neun Kilometern Luftlinie zurückgelegt werden. Abbildung 6 zeigt diesen Abdeckungsradius beispielhaft am Standort der Rettungswache Bad Oldesloe.

Vorteile

- Geringer Zeitaufwand
- Keine Gefährdung durch Realbefahrungen

Nachteile

- Straßenverlauf wird ignoriert
- Geographischen Hindernissen werden nicht berücksichtigt
- Straßentypen haben keinen Einfluss
- Bildet keine tatsächlich erreichbaren Geschwindigkeiten ab

5.2 Einfache Fahrzeitisochronen

Etwas genauer ist die Erstellung von Fahrzeitisochronen mit der Unterscheidung zwischen innerörtlich und außerörtlich, da erfahrungsgemäß außerhalb einer Ortschaft höhere Geschwindigkeiten gefahren werden. Mit Hilfe eines GIS, oder auch von Hand, können für innerorts und außerorts unterschiedliche Geschwindigkeiten angenommen werden.

Diese Methode bildet ebenfalls keine tatsächlich erreichbaren Geschwindigkeiten ab, da es u.a. das Verkehrsaufkommen nicht berücksichtigt. Allerdings findet hier schon eine erste Unterscheidung in Straßenkategorien (inner- und außerorts) statt und die tatsächlichen Straßenverläufe sowie geographischen Hindernisse finden ihre Berücksichtigung. Eine Gefährdung ist auch hier auszuschließen, da keine Realbefahrungen stattfinden.

Beispiel

In seiner Empfehlung zur Brand- und Entwicklungsplanung (2010) gibt der Landesfeuerwehrverband Hessen e.V. Standards für mittlere Fahrgeschwindigkeiten vor. So soll innerorts mit 40km/h und außerorts mit 60km/h geplant werden. Wenn man die Geschwindigkeiten auf Rettungswagen überträgt können diese erfahrungsgemäß um ca.

25% erhöht werden. Abbildung 7 zeigt die Anwendung dieser Geschwindigkeiten (innerorts 50km/h, außerorts 75km/h) beispielhaft am Standort der Rettungswache in Bad Oldesloe und die daraus resultierende Abdeckung.

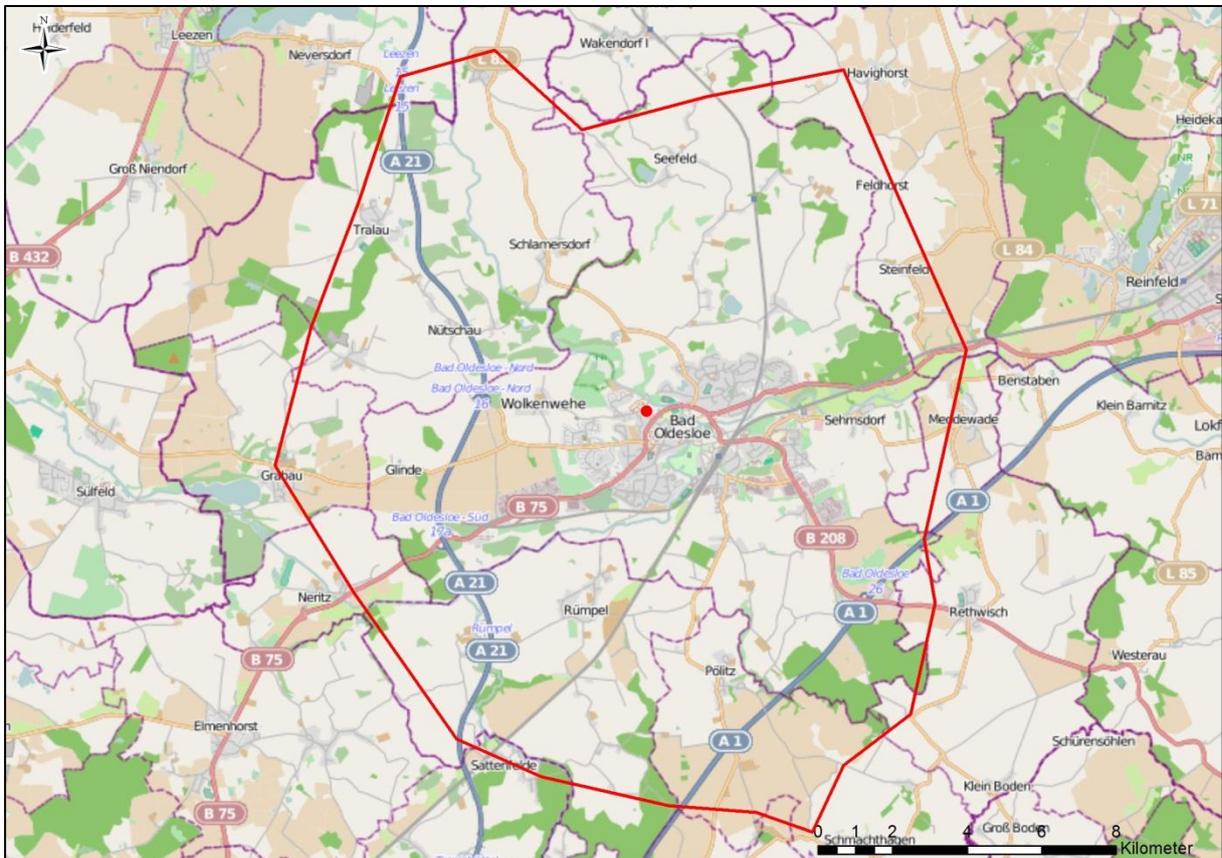


Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung der einfachen Fahrzeitisochronen an der Rettungswache Bad Oldesloe

Vorteile

- Unterscheidung nach Straßentypen
- Beachtung geographischer Hindernisse
- Keine Gefährdung durch Realbefahrungen

Nachteile

- Keine Berücksichtigung von Verkehrsaufkommen
- Bildet keine tatsächlich erreichbaren Geschwindigkeiten ab

5.3 Fahrversuche

Schmiedel, Betzler und Behrendt (2004) beschreiben in ihrem Buch „Bedarfsplanung im Rettungsdienst“ die Fahrversuche zur Ermittlung von tatsächlichen Geschwindigkeiten und Reichweiten. Zu diesem Zweck werden Testfahrten mit Sonder- und Wegerecht durchgeführt und die benötigten Zeiten für die Strecken gestoppt. Anhand eines Messprotokolls können

anschließend durchschnittliche Geschwindigkeiten für verschiedene Straßenkategorien (Autobahn, Bundes-, Landes-, Kreis und Gemeindestraße) ermittelt werden.

Dieses Vorgehen spiegelt die Realität in einem hohen Maße wider. Zum einen bildet es tatsächliche Geschwindigkeiten ab und zum anderen werden hier noch detailliertere Straßenkategorien berücksichtigt. Allerdings birgt das Verfahren auch einige Nachteile. Die Ergebnisse der Testfahrten hängen maßgeblich vom Fahrverhalten der eingesetzten Fahrern ab, da oftmals nur eine oder wenige Fahrten auf gleicher Strecke durchgeführt werden. Extrem vorsichtige oder rasante Fahrer verfälschen die gewonnenen Ergebnisse. Auch die Tageszeit der Testfahrten hat maßgeblichen Einfluss. So

Tabelle 3: RTW-Planungsgeschwindigkeiten nach Schmiedel, Betzler und Behrendt (Gauger, 2011)

Kategorie	Geschwindigkeit
Geschlossene Ortschaft	58km/h
Autobahn und ähnliche Straßen	95km/h
Bundesstraßen	90km/h
Landes- und Kreisstraßen	80km/h
Ortsstraßen	65km/h

herrscht nachts normalerweise weniger Verkehr als in der Rush-Hour und die erreichbaren Geschwindigkeiten liegen vermutlich zumeist höher. Bei der Durchführung solcher Testfahrten sollte auch beachtet werden, dass die Nutzung von Sonder- und Wegerecht nach §35 und §38 StVO, ohne Erfüllung der Voraussetzungen (siehe Kapitel 1.4), rechtlich fragwürdig ist und eine Gefährdung der anderen Verkehrsteilnehmer in Kauf genommen wird.

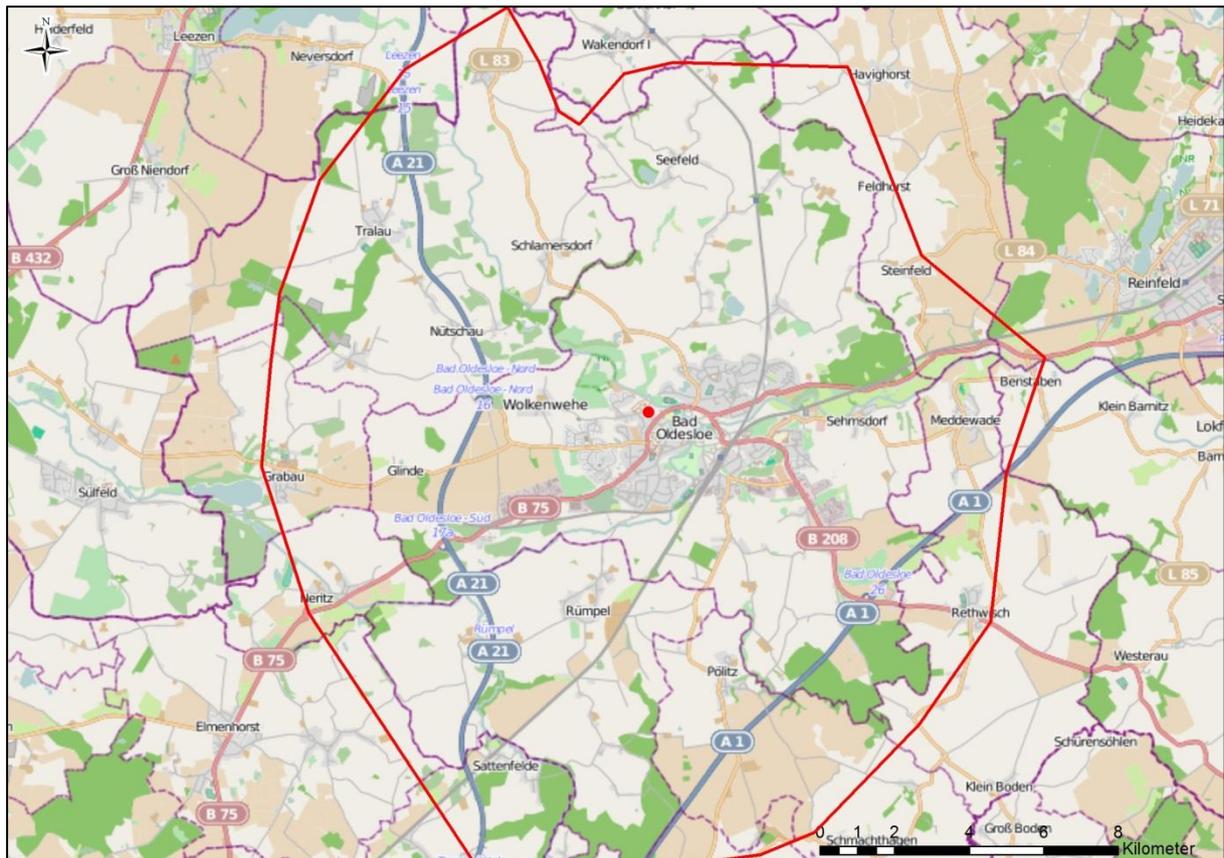


Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung der Fahrversuche

Beispiel

Die ermittelten Geschwindigkeiten nach Schmiedel, Betzler und Behrendt (2004) variieren natürlich von Untersuchungsort zu Untersuchungsort. Gauger beschreibt jedoch typische RTW-Planungsgeschwindigkeiten (siehe Tabelle 3). Diese wurden verwendet um die Abdeckung der Rettungswache Bad Oldesloe in

Abbildung 8 zu simulieren.

Vorteile

- Berücksichtigung von Straßentypen
- Bildet tatsächlich erreichbare Geschwindigkeiten ab

Nachteile

- Hohe Abhängigkeit von eingesetzten Fahrern
- Starker Einfluss des Zeitpunkts der Durchführung
- Verstoß gegen §35 und §38 der StVO
- Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer

5.4 Fahrzeitsimulationen mit GPS-Daten

Die exaktesten Erkenntnisse gewinnt man durch den Einsatz von Fahrzeitsimulationen auf Basis echter GPS-Daten. Hierfür werden über einen bestimmten Zeitraum hinweg die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge mittels GPS-Logger aufgezeichnet. Aus den gewonnenen Daten lassen sich in einem GIS durchschnittliche Geschwindigkeiten für das Untersuchungsgebiet ermitteln.

Die Methode der Simulation mit realen GPS-Daten kombiniert die Vorteile der voran genannten Methoden und hat nur wenige Nachteile. Die gewonnenen Daten bilden real gefahrene Geschwindigkeiten ab und sind so absolut realitätsnah. Da die Aufzeichnung in der Regel über einen längeren Zeitraum und mit verschiedenen Fahrern durchgeführt wird, kann man die Fehlerquellen durch Beeinflussung der Fahrer minimieren. Durch eine rund um die Uhr Aufnahme der Geschwindigkeiten wird auch das Verkehrsaufkommen berücksichtigt. Der größte Vorteil ist jedoch, dass keine zusätzliche Realbefahrung durchgeführt wird und eine weitere Gefährdung für Öffentlichkeit ausgeschlossen wird. Allerdings gibt es auch in diesem Verfahren Nachteile. Zum einen führt die Datenerhebung zu einem erhöhten zeitlichen Aufwand und durch die Datenaufzeichnung in bestimmten gefahrenen Abständen kann es vorkommen, dass Geschwindigkeitsänderungen auf kurzen Strecken (z.B. durch Abbiegemanöver) nicht erfasst werden. Dies muss später bei der Simulation berücksichtigt werden.

Vorteile

- Keine Gefährdung durch zusätzliche Realbefahrungen
- Bildet tatsächlich erreichbare Geschwindigkeiten ab
- Berücksichtigung von Verkehrsaufkommen
- Keine Abhängigkeit von einem eingesetztem Fahrer

Nachteile

- Zeitlicher Aufwand
- Geschwindigkeitsänderungen durch Abbiegevorgänge ggf. nicht erfasst

6 Untersuchungsumgebung

6.1 Rettungsdienst-Verbund Stormarn

Tabelle 4: Standorte und Fahrzeuge des RVS (Rettungsdienst-Verbund Stormarn GmbH, 2012)

Standort	Fahrzeuge
Reinfeld	1 RTW
Bad Oldesloe	3 RTW 1 NEF
Kayhude	1 RTW
Ahrensburg	3 RTW 1 NEF
Trittau	2 RTW
Neuschönningstedt	1 RTW
Reinbek	3 RTW 1 NEF

Der Rettungsdienst-Verbund Stormarn (RVS) ist eine gemeinnützige GmbH, an der neben dem Kreis Stormarn (53% Beteiligung), auch der Arbeiter Samariter Bund (28%) und das Deutsche Rote Kreuz (19%) beteiligt sind (Rettungsdienst-Verbund Stormarn GmbH, 2012). Der RVS führt die Notfallrettung und den Krankentransport mit 17 Fahrzeugen an sieben Standorten (Tabelle 4) in den Landkreisen Stormarn, Segeberg und Herzogtum Lauenburg des Landes Schleswig-Holstein durch (Rettungsdienst-Verbund Stormarn GmbH, 2012). An diesen Standorten wurden im Jahr 2011 insgesamt 35.985 Einsätze durchgeführt, davon 22.707 als Notfalleinsatz unter der Verwendung von Sonder- und Wegerecht

(Zander, 2012).

Der RVS beschäftigt ca. 127 hauptamtliche Mitarbeiter und acht Auszubildende für den Beruf des Rettungsassistenten im Einsatzdienst, die im Schichtdienst die Rettungswagen (RTW) und Notarzteinsatzfahrzeuge (NEF) besetzen (Zander, 2012).

6.2 Standorte der Untersuchung

Die Untersuchung der Fahrzeiten wurde an den Rettungswachen Bad Oldesloe und Reinfeld durchgeführt. Der Rettungsdienst-Verbund Stormarn betreibt in Bad Oldesloe eine Rettungswache neben dem Krankenhaus (Abbildung 9), an der drei RTWs und ein NEF stationiert sind. Die Rettungswache in Reinfeld wird ebenfalls durch Mitarbeiter der Wache Bad Oldesloe besetzt und befindet sich im östlich gelegenen Industriegebiet Reinfelds (Abbildung 10). An diesem Standort wird ein RTW vorgehalten. Das Einsatzaufkommen an diesen beiden Standorten betrug 2011 insgesamt 6.697 Einsätze (Zander, 2012). Davon 1.691 Einsätze mit NEF, 3.089 Notfalleinsätze mit RTW und 3.512 Krankentransporte (Zander, 2012). Die Fahrzeuge an diesen beiden Standorten werden von 33 Mitarbeitern im Schichtdienst besetzt (Zander, 2012).

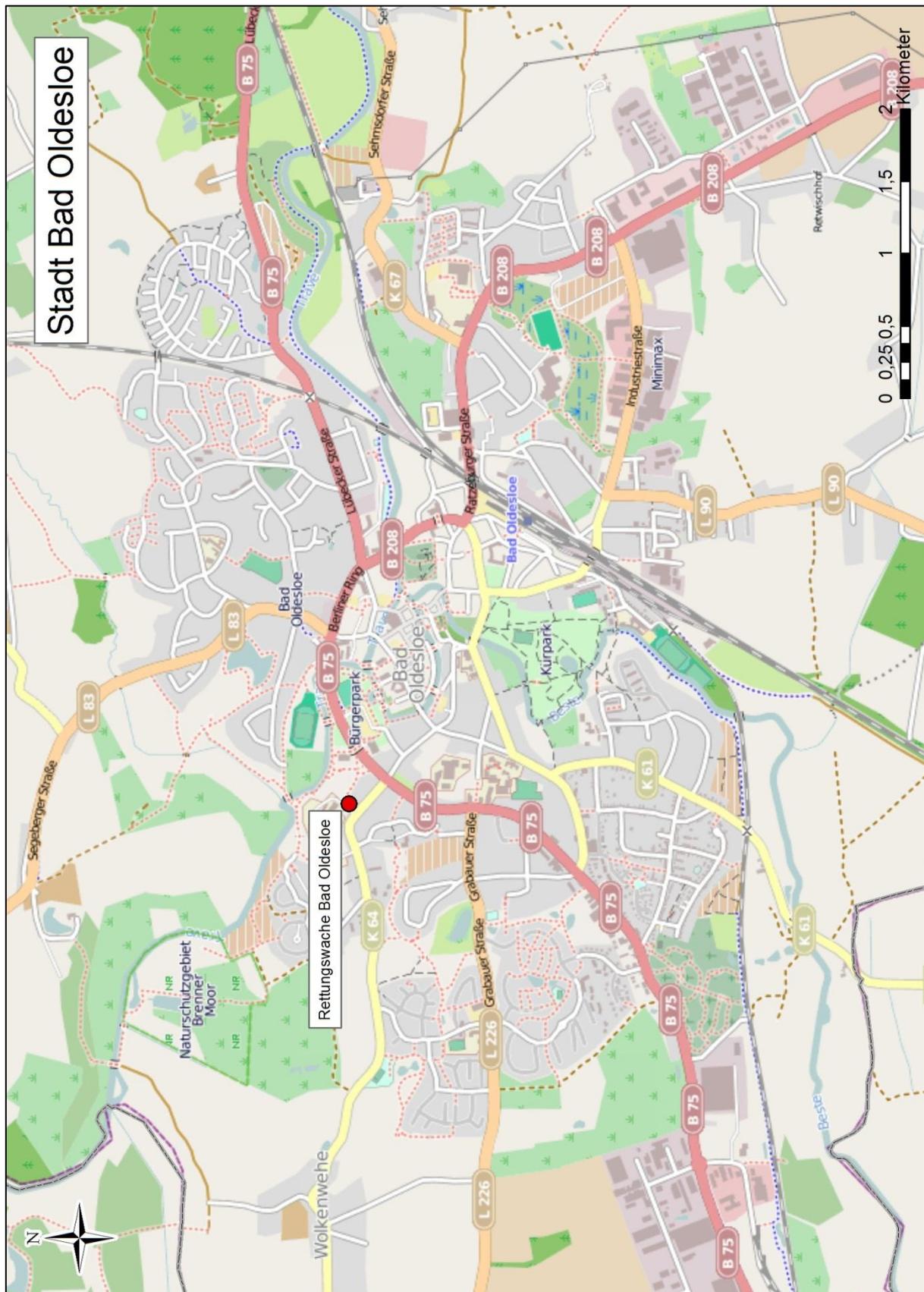


Abbildung 9: Standort der Rettungswache Bad Oldesloe (Hintergrundkarte: OpenStreetMap; abgerufen am: 18.04.2012)

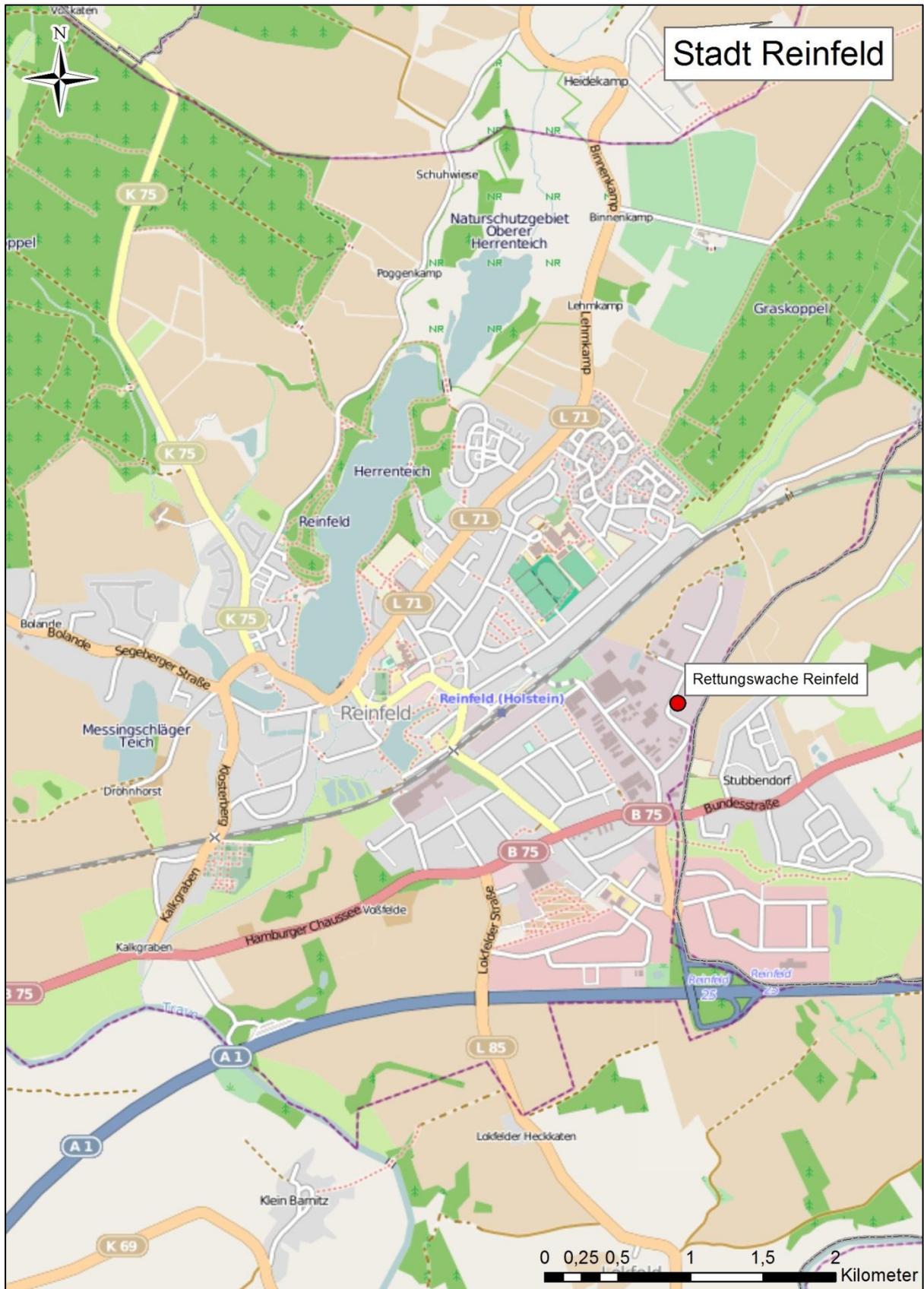


Abbildung 10: Standort der Rettungswache Reinfeld (Hintergrundkarte: OpenStreetMap abgerufen am: 18.04.2012)

Bad Oldesloe



Abbildung 11: Stadtwappen Bad Oldesloe (Stadt Bad Oldesloe, 2012)

Die Stadt Bad Oldesloe wurde unter der Namensform „Todeslo“ 1151 erstmalig erwähnt (Stadt Bad Oldesloe, 2012) und liegt im Landkreis Stormarn im Bundesland Schleswig-Holstein zwischen Hamburg und Lübeck.

Es leben in Bad Oldesloe (Stand 30. September 2011) 24.422 Einwohner (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2011) auf einer Fläche von 52,5 Quadratkilometern (Stadt Bad Oldesloe, 2012). Die Einwohnerzahl wuchs in den vergangenen zehn Jahre um 784 Personen (Stadt Bad Oldesloe, 2012).

Neben den Einwohnern tragen auch die drei Gewerbegebiete und die Verkehrsanbindungen durch Bundesstraßen und Autobahnen zum Einsatzaufkommen von Rettungsdienst und Feuerwehr bei. Des Weiteren ist Bad Oldesloe durch eine Regionalbahn an die Umgebung angebunden.

Reinfeld



Abbildung 12: Stadtwappen Reinfeld (Stadt Reinfeld, 2012)

Im nördlichen Teil des Landkreises Stormarn (Schleswig-Holstein) gelegen, grenzt die Stadt Reinfeld an den westlichen Rand von Lübeck. Seine Existenz verdankt Reinfeld den Zisterziensermönchen, die dort von 1186 bis 1582 ein Kloster führten. Im Verlauf der Geschichte wurde dort sowohl das Kloster als auch das später erbaute Schloss abgerissen und aus dem Flecken Reinfeld wurde 1926 die Stadt Reinfeld (Stadt Reinfeld, 2012).

Auf einer Fläche von 17,36 Quadratkilometern leben, Stand 30. September 2011, 8.590 Einwohner (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2011).

Neben einer Bundesstraße, der Autobahn A1 und der Regionalbahn gibt es fünf Gewerbegebiete als Gefahrenschwerpunkte (Stadt Reinfeld, 2012).

6.3 Fahrzeuge

Die Tracker waren im Untersuchungszeitraum auf allen Einsatzfahrzeugen der Rettungswachen Bad Oldesloe und Reinfeld im Einsatz. Details zu den einzelnen Fahrzeugen finden sich in Tabelle 5. Die eingesetzten Fahrzeuge sind typische Fahrzeuge wie sie in der gesamten Bundesrepublik eingesetzt werden.

Tabelle 5: Übersicht über die eingesetzten Fahrzeuge im Untersuchungszeitraum (Krüger, 2012)

Fahrzeug	Kennzeichen	Modell	Leistung
RTW Reinfeld 20/83-1	OD-RV-3001	906 Mercedes Benz Sprinter	120 KW
RTW Bad Oldesloe 30/83-1	OD-RV-35	906 Mercedes Benz Sprinter	120 KW
RTW Bad Oldesloe 30/83-2	OD-RV-26	Mercedes Benz Sprinter	95 KW
RTW Bad Oldesloe 30/83-3	OD-RV-3002	906 Mercedes Benz Sprinter	120 KW
NEF Bad Oldesloe 30/82-1	OD-RV-82	Hyundai Santa Fe	114 KW

6.4 Zeitraum

Die Aufzeichnung der Daten erfolgte über zwei Monate vom 1. Februar 2012 bis zum 31. März 2012. In diesem Zeitraum gab es einige Tage mit starkem Frost und einige stärkere Regenfälle (Deutscher Wetterdienst, 2012). Sonst gab es im Untersuchungszeitraum keine nennenswerten Ereignisse.

Der GPS-Logger an der Rettungswache Reinfeld war rund um die Uhr in Betrieb. Gleiches gilt für die Logger des NEFs und eines RTWs an der Rettungswache Bad Oldesloe. Die beiden restlichen Logger in Bad Oldesloe waren immer tagsüber von 07:00 Uhr bis 19:00 Uhr in Betrieb.

6.5 Hard- und Software

Für die Untersuchung wurden fünf GPS-Logger der Marke Wintec, Modell WBT-202, eingesetzt (Abbildung 13). Der darin verbaute u-blox 5 Chipsatz ist derzeit einer der leistungsstärksten zivilen GPS-Empfänger. Durch eine 1 Gigabyte MicroSD Speicherkarte können ca. 60.000.000 Datenpunkte gespeichert werden, was bei einer Datenaufzeichnung alle 25 Meter, einer Strecke von ungefähr 1,5 Millionen Kilometern entspricht. Mit Hilfe einer Stromversorgung über die 12 Volt Fahrzeugsteckdose kann ein Dauerbetrieb des Loggers gewährleistet werden. Die technischen Daten des GPS-Loggers finden sich in Tabelle 6.



Abbildung 13: GPS-Logger Wintec WBT-202 (Wintec, 2012)

Tabelle 6: Auszug aus den technischen Daten des GPS-Loggers Wintec WBT-202 (Wintec, 2012)

Spezifikation	Wert
Kanäle (insgesamt)	50
GPS Kanäle	32
Trackingkanäle	18
Chipsatz	u-blox 5
Prozessor Typ	UBX-G5010-ST
Empfangs Code	L1, C/A Code (SPS)
Empfangsfrequenz	1575.42 MHz
Update Rate	1Hz
Gewicht inkl. Akku	55g
Größe	64 x 40 x 17 mm
Dyn. Höhe	ca. -1km bis 18km
Dyn. Geschwindigkeit	515m/Sek.
Eingebaute Antenne	Keramik Patchantenne
Empfindlichkeit	-160dBm
Interner Speicher	Bis zu ca. 260.000 GPS Positionen
microSD Speicher	1GB für bis zu 60 Millionen GPS Positionen
Log Modus	Winkel-, Geschwindigkeits-, Zeit-, Distanz-, Mix-Intervall
Bewegungssensor	horizontal

Um die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge zu ermitteln, wurden im Untersuchungszeitraum auf jedem Fahrzeug ein GPS-Logger hinter der Windschutzscheibe mitgeführt und über die Stromversorgung des Fahrzeugs betrieben. Diese Logger zeichneten alle 25 Meter das Datum und die Uhrzeit, die exakte Position und die aktuelle Geschwindigkeit auf. Die Einstellungen der GPS-Tracker während der Untersuchung können im Anhang 1 eingesehen werden.

Nach Abschluss des Erhebungszeitraums wurden die GPS-Logger anhand der mitgelieferten Software an einem PC ausgelesen und die Daten zwischengespeichert.

Zur Filterung der Daten kam eine, eigens vom Autor programmierte, Software zum Einsatz. Diese Software machte es möglich, die gespeicherten Datensätze in eine Datenbank

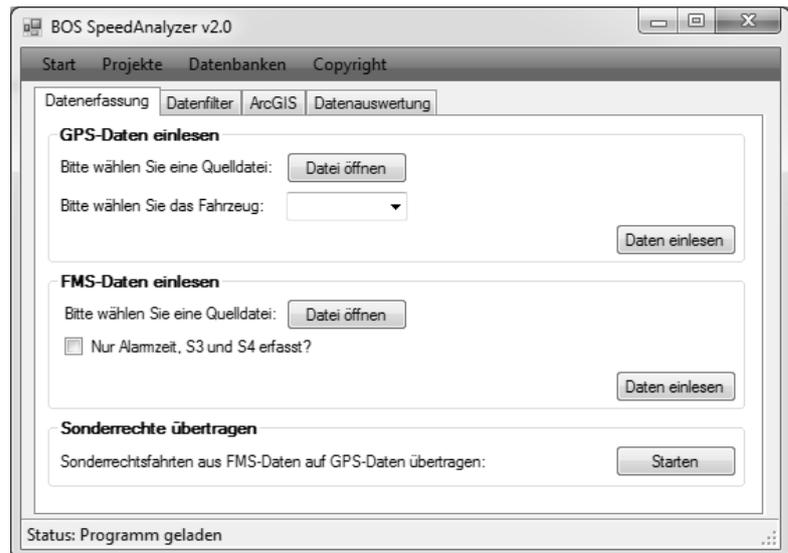


Abbildung 14: Software zur Aufbereitung der GPS-Daten

zu laden und nach der Nutzung von Sonder- und Wegerecht zu filtern (Abbildung 14).

Die Analyse der Daten erfolgte mit dem geographischen Informationssystem ArcGIS der Firma ESRI. Zusätzlich zu dem Grundprogramm wurde die Erweiterung „Network Analyst“ eingesetzt um die Ergebnisse der Analysen in Fahrzeitsimulationen zu testen.

7 Datenaufbereitung

7.1 Auslesen, filtern und aufbereiten der Messdaten

Die aufgezeichneten Daten wurden für jeden Logger einzeln ausgelesen und in separaten Dateien zwischengespeichert. Im einem zweiten Schritt konnten die Daten in eine Datenbank geladen und ihnen der Fahrzeugrufname als weiteres Attribut hinzugefügt werden, um später nachvollziehen zu können, welche Daten mit welchem Fahrzeug erfasst wurden.

Des Weiteren wurde eine Liste aller Einsätze des Untersuchungszeitraums aus dem Computersystem des RVS exportiert. Neben Datum und Uhrzeit des Notfalls enthielt dieser Datensatz auch das eingesetzte Fahrzeug, den Einsatz von Sonder- und Wegerecht sowie Zeitstempel für jede Phase des Einsatzes (Alarmierung, Ausgerückt, Eintreffen am Einsatzort, Transport zum Krankenhaus, am Krankenhaus eingetroffen und frei über Funk oder an der Wache).

Dieser zweite Datensatz bildete die Grundlage, um jene Messpunkte herauszufiltern, welche tatsächlich unter Sonder- und Wegerecht gefahren wurden. Anhand der Fahrzeugidentifizierung in beiden Datensätzen konnten alle GPS Punkte den Einsätzen zugeordnet werden. Wurde ein Einsatz unter Sonder- und Wegerecht gefahren, erhielten alle betroffenen Messpunkte zwischen den Zeitstempeln „Ausgerückt“ und „Eintreffen am Einsatzort“ ein zusätzliches Attribut. Auf diesem Wege konnten für die anschließenden Analysen ausschließlich die Messpunkte mit dem Attribut Sonder- und Wegerecht genutzt werden.

7.2 Straßennetz

Da ein fertiges Straßennetz nicht zur Verfügung stand, wurde für die Analysen das frei zugängliche Geodatenmaterial von OpenStreetMap (OSM) eingesetzt. Als Straßennetz konnte der Layer zu den Verkehrswegen exportiert und weiter verwendet werden.

Das Straßennetz enthält neben den geographischen Daten zur Darstellung sowohl Angaben zur Klassifizierung in Autobahn, Bundesstraße, Landesstraße, Kreisstraße oder Gemeindestraße als auch Attribute für Einbahnstraßen und Geschwindigkeitsbegrenzungen.

Für die Analysen wurde das Straßennetz in folgenden Schritten aufbereitet:

1. *Entfernen der nicht befahrbaren Strecken:* Straßen und Wege, die nicht für den Rettungsdienst befahrbar sind, wurden aus dem Straßennetz entfernt. Dies diente vor allem der Übersichtlichkeit und hatte auf die weiteren Analysen keinen Einfluss.

2. *Hinzufügen des Attributs „innerorts“*: Anhand der Siedlungsstrukturen wurde den Straßen ein zusätzliches Attribut „innerorts“ vergeben. Dies war Voraussetzung, um später Aussagen über die Geschwindigkeitsunterschiede in- und außerhalb einer Ortschaft treffen zu können.

7.3 Zuordnung der Messdaten zum Straßennetz

Um in den Auswertungen Aussagen über den Einfluss von geschlossenen Ortschaften oder Straßenkategorien treffen zu können, mussten die GPS-Punkte dem Straßennetz geographisch zugeordnet werden. Dies wurde erreicht, in dem die Messpunkte mit der nächstgelegenen Straße verknüpft wurden. Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen einen Ausschnitt aus dem Untersuchungsbereich und die Auswirkung der Kategorisierung.

Nach dieser Verknüpfung und den Aufbereitungen aus Kapitel 7.1 verfügten die GPS-Daten über folgende Attribute:

- Koordinaten
- Fahrzeugkennung
- Geschwindigkeit
- Einsatz von Sonder- und Wegerecht
- Zeitpunkt
- Straßenkategorie
- Geschlossene Ortschaft

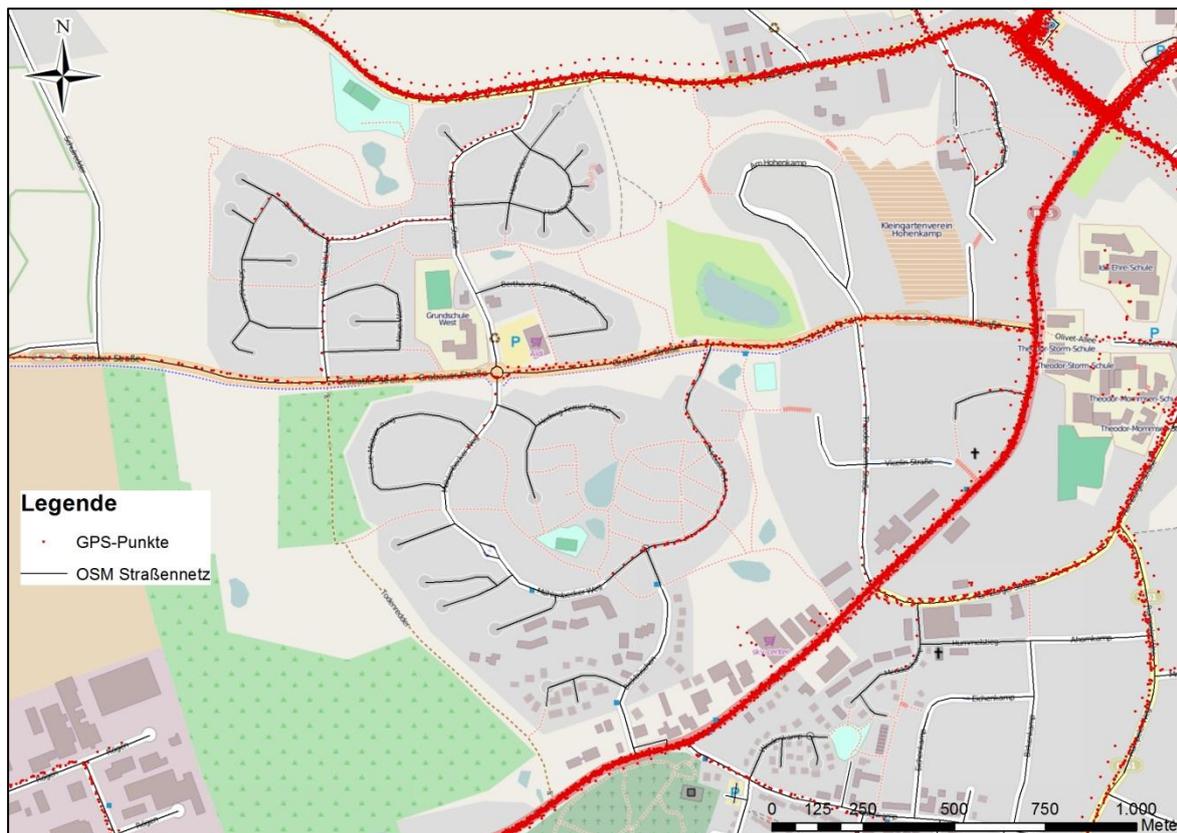


Abbildung 15: GPS-Punkte vor der Straßenkategoriezuordnung



Abbildung 16: GPS-Punkte nach der Straßenkategoriezuordnung

8 Datenauswertung

8.1 Allgemein

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 1489 Einsätze durchgeführt, davon 858 unter Verwendung von Sonder- und Wegerecht (SWR). Dabei entfielen 264 Einsätze auf das NEF und 594 Einsätze auf die vier RTWs (200 an der Rettungswache in Reinfeld und 394 an der Rettungswache in Bad Oldesloe).

Während dieser Einsätze wurden insgesamt 907.120 GPS-Punkte aufgezeichnet. Nach Abgleich mit den Einsatzdaten verblieben 137.182 Punkte

mit SWR, von denen 10.076 außerhalb des Untersuchungsgebietes lagen und nicht in die Analysen mit einbezogen wurden. Es blieben noch 127.106 GPS-Punkte für die Datenauswertung. Die Verteilung der Aufzeichnungspunkte auf die einzelnen Fahrzeuge kann Tabelle 7 entnommen werden.

Eine Auswertung aller gefahrenen Punkte unter SWR ergab eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 76,31 km/h.

Alle Datentabellen und Diagramme zu den Auswertungen können im Anhang eingesehen werden.

8.2 Unterschiede nach Aufzeichnungsort

Annahme

Innerhalb geschlossener Ortschaften kann, bedingt durch Verkehrsfluss, Geschwindigkeitsbegrenzungen und Straßenführung, nur eine geringere Durchschnittsgeschwindigkeit gefahren werden als außerorts.

Tabelle 7: Verteilung der GPS-Punkte auf die Fahrzeuge

Fahrzeug	GPS-Punkte	mit SWR
RTW Reinfeld 20/83/1	188.424	33.069
NEF Bad Oldesloe 30/82/1	197.632	60.166
RTW Bad Oldesloe 30/83/1	338.750	27.263
RTW Bad Oldesloe 30/83/2	107.206	11.153
RTW Bad Oldesloe 30/83/3	75.108	5.531

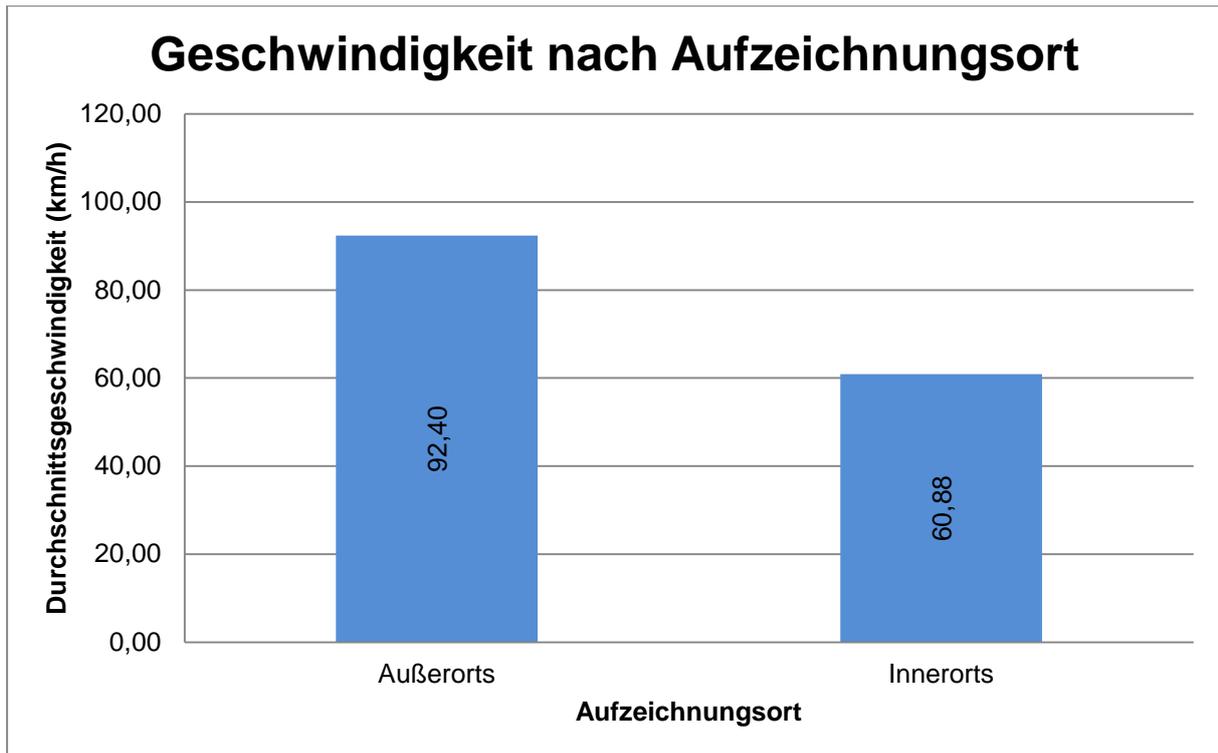


Abbildung 17: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort

Auswertung

Abbildung 17 zeigt deutlich, dass außerhalb geschlossener Ortschaften eine deutlich höhere Durchschnittsgeschwindigkeit gefahren werden kann. Mit 92,40 km/h liegt sie um 56% über der Geschwindigkeit innerhalb geschlossener Ortschaften (60,88 km/h).

8.3 Unterschiede nach Straßenkategorien

Annahme

Auf Grund der verschiedenen Ausbaustufen unterscheiden sich die Geschwindigkeiten auf den verschiedenen Straßenkategorien: Autobahn, Bundesstraße, Landstraße, Kreisstraße und Gemeindestraße. Dies trifft sowohl innerhalb als auch außerhalb geschlossener Ortschaften zu.

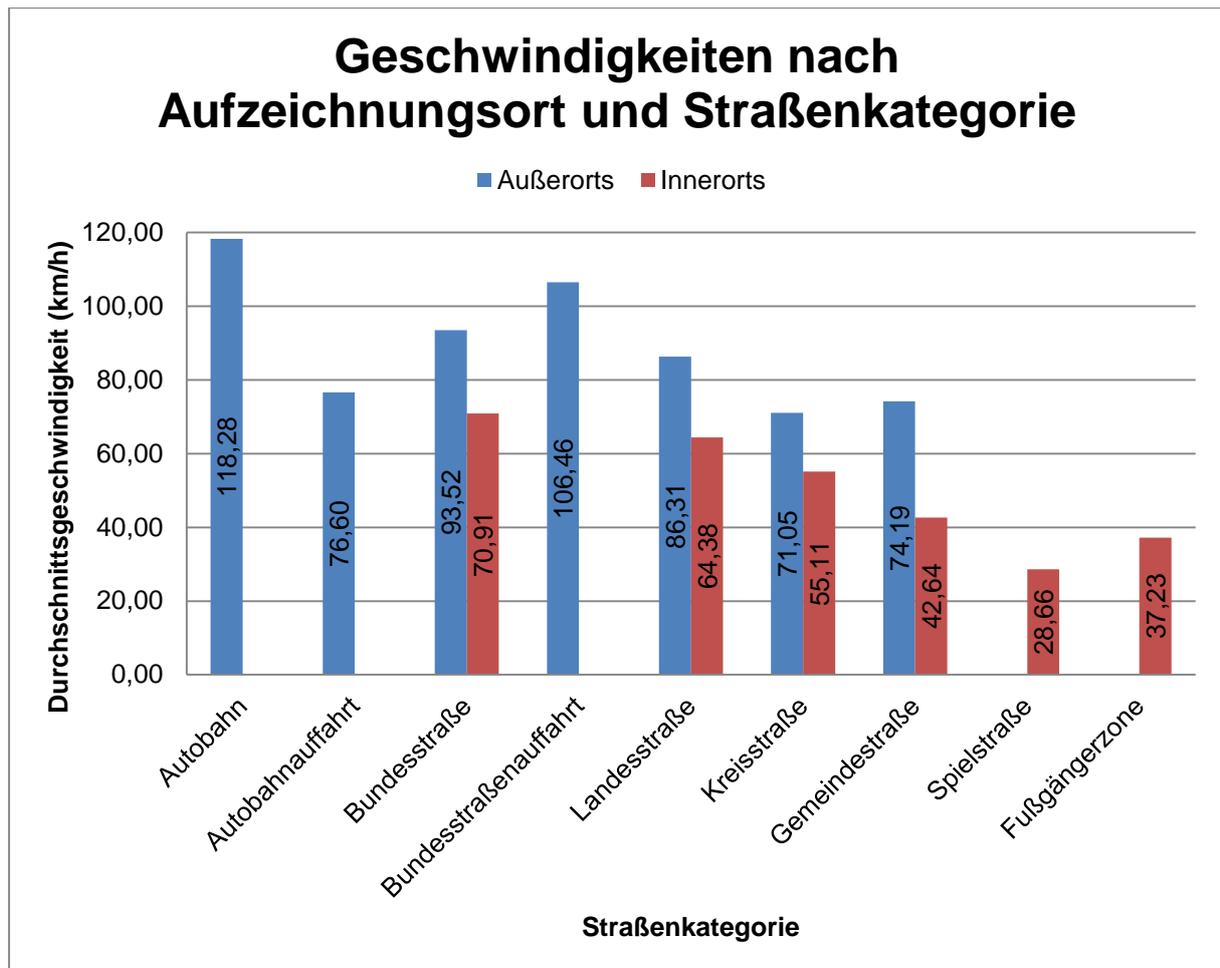


Abbildung 18: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Straßenkategorie

Auswertung

Die Geschwindigkeiten in den einzelnen Straßenkategorien unterscheiden sich wie erwartet teilweise erheblich (von 118,28 bis 28,66 km/h). Mit geringerer Ausbaustufe der Straße, werden auch abfallende Geschwindigkeiten gemessen (siehe Anhang: Seite 77, Abbildung 29). Die Geschwindigkeiten auf Bundesstraßenauffahrten und in Fußgängerzonen haben keine Aussagekraft und fließen nicht in die Auswertung ein, da jeweils nur 20 Datenpunkte aufgezeichnet wurden (siehe Anhang: Seite 66, Tabelle 13).

Wenn man nun die Straßenkategorien innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften betrachtet (Abbildung 18) zeigt sich fast dasselbe Bild. Innerorts fällt die Geschwindigkeit ebenfalls (im Schnitt um 22,3%) je kleiner die Ausbaustufe der Straße ist. Außerorts ist dies etwas weniger stark (im Schnitt um 17,6%) bis zur Kreisstraße auch der Fall. Jedoch ist zu bemerken, dass die durchschnittliche Geschwindigkeit auf der Gemeindestraße wieder leicht ansteigt. Dies könnte darin begründet sein, dass sich die Ausbauart zwischen Kreis- und Gemeindestraße außerorts nur in seltenen Fällen unterscheidet. Die Geschwindigkeiten

innerorts sind aber grundsätzlich niedriger als außerorts, was die Annahme aus Kapitel 8.2 nochmals bestätigt.

8.4 Unterschiede nach Fahrzeugtyp (RTW/NEF)

Annahme

Die als NEF oder RTW eingesetzten Fahrzeuge unterscheiden sich erheblich in ihrer Größe, Wendigkeit, Beschleunigung und maximale Geschwindigkeit. Daher sind unterschiedliche Durchschnittsgeschwindigkeiten bei den Fahrzeugtypen zu erwarten.

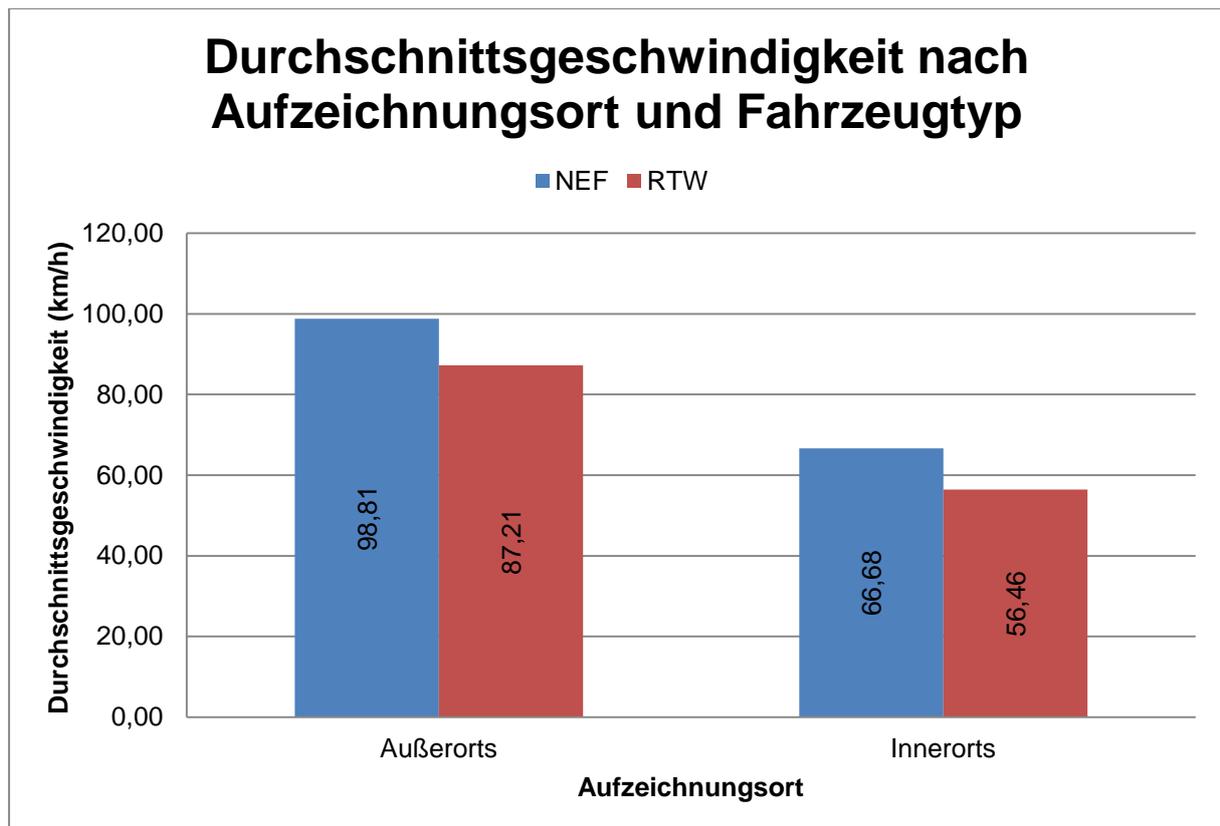


Abbildung 19: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Fahrzeugtyp

Auswertung

Über alle Datenpunkte hinweg betrachtet liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit des NEFs mit 82,68 km/h um 15,9% über der Durchschnittsgeschwindigkeit der RTWs mit 71,32 km/h (siehe Anhang: Seite 66, Tabelle 15). Dies bestätigt die Annahme, dass ein NEF durch seine Bauart begünstigt ist.

Betrachtet man die Ergebnisse im Detail, so stellt man fest, dass der Vorteil innerorts (18,1%) größer als außerorts (13,3%) ist (siehe Anhang: Seite 67, Tabelle 16). Die Wendigkeit und die Beschleunigung im dichten Stadtverkehr scheinen ausschlaggebender zu sein, als die höhere Maximalgeschwindigkeit außerhalb geschlossener Ortschaften.

Auch über die verschiedenen Straßenkategorien hinweg hat das NEF immer einen Geschwindigkeitsvorteil (siehe Anhang: Seite 77, Abbildung 31). Die langsamere Geschwindigkeit in der Fußgängerzone ist auf die mangelnde Datenbasis (2 Punkte NEF, 18 Punkte RTW) zurückzuführen und nicht verwertbar. Gleiches gilt für die Menge der Datenpunkte auf den Bundesstraßenauffahrten (12 Punkte NEF, 8 Punkte RTW).

Unterscheidet man die Straßenkategorien noch weiter nach dem Aufzeichnungsort (siehe Anhang: Seite 77, Abbildung 32) stellt man fest, dass sich die bisherigen Auswertungen außerhalb geschlossener Ortschaften bestätigen. Allerdings findet man innerorts in den Kategorien Gemeindestraße und Spielstraße annähernd gleiche Geschwindigkeiten. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass auf diesen Straßen oftmals nach der richtigen Einsatzstelle gesucht wird und beide Fahrzeugtypen deswegen ähnliche Geschwindigkeiten fahren.

8.5 Unterschiede nach Wochentag

Annahme

Unter der Woche können wegen des Berufsverkehrs geringere Geschwindigkeiten gefahren werden als an Wochenenden.

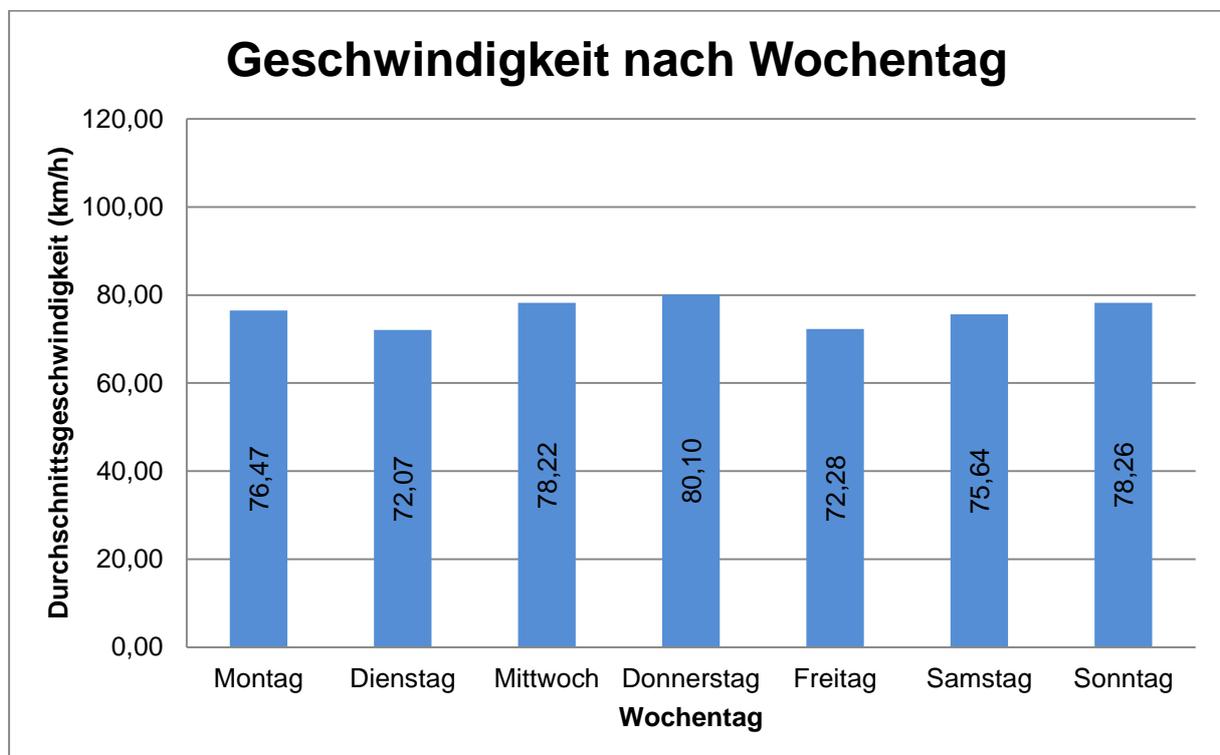


Abbildung 20: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag

Auswertung

Die Auswertung basierend auf dem Wochentag ergibt ein sehr homogenes Bild (Abbildung 20) und eine höhere Geschwindigkeit an Wochenende liegt nicht vor. Weitere Auswertungen nach Aufzeichnungsort (siehe Anhang: Seite 78, Abbildung 33), Fahrzeugtyp (siehe Anhang: Seite 78, Abbildung 34) und Straßenkategorien (siehe Anhang: Seite 79, Abbildung 35) widersprechen der Annahme ebenfalls.

Tabelle 8: Verteilung der GPS-Punkte auf Autobahnen auf die Wochentage

Wochentag	Zahl der GPS-Punkte
Montag	1110
Dienstag	458
Mittwoch	1447
Donnerstag	2992
Freitag	646
Samstag	898
Sonntag	792

Man könnte vermuten, dass die Auswirkungen durch den erhöhten Verkehr nur im Stadtverkehr sichtbar werden. Wenn man jedoch die Straßenkategorien weiter nach dem Aufzeichnungsort aufschlüsselt (siehe Anhang: Seite 79, Abbildung 36 und Seite 80, Abbildung 37) erkennt man auch hier keine signifikanten Geschwindigkeitsvorteile am Wochenende.

Bemerkenswert ist noch, warum ausgerechnet der Donnerstag die höchste Durchschnittsgeschwindigkeit erzielt hat. In Tabelle 8 sieht man, dass donnerstags besonders viele Punkte auf Autobahnen aufgezeichnet wurden. Dadurch kommt es zu einer erhöhten Gesamtdurchschnittsgeschwindigkeit. Von diesen insgesamt 2992 Punkten wurden 1670 an nur einem Tag

(9. März 2012) aufgezeichnet. Es ist zu vermuten, dass dieser Unterschied bei einem längeren Aufzeichnungszeitraum negiert wird.

8.6 Unterschiede nach Uhrzeit

Annahme

Zu unterschiedlichen Tageszeiten (z.B. Rush-Hour) können nur geringere Geschwindigkeiten gefahren werden.

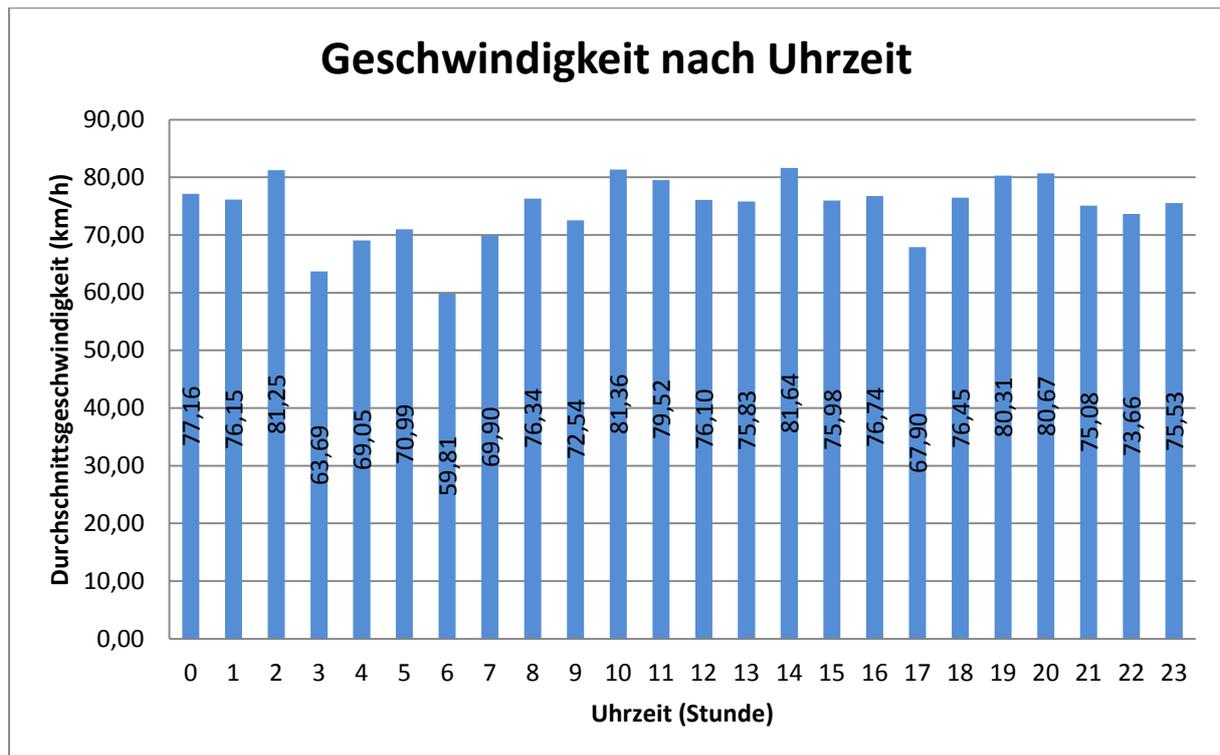


Abbildung 21: Geschwindigkeit nach Uhrzeit

Auswertung

Eine erste Übersicht über die Durchschnittsgeschwindigkeiten zu verschiedenen Uhrzeiten (Abbildung 21) zeigt Geschwindigkeitseinbrüche zu den Zeiten von 03:00 Uhr bis 04:00 Uhr, von 06:00 Uhr bis 07:00 Uhr und von 17:00 Uhr bis 18:00 Uhr.

Die geringen Geschwindigkeiten ab sechs und ab 17 Uhr lassen sich möglicherweise durch das erhöhte Verkehrsaufkommen durch Berufsverkehr erklären. Diese Einbrüche finden sich sowohl außerhalb als auch innerhalb geschlossener Ortschaften wieder (siehe Anhang: Seite 80, Abbildung 38). Das erhöhte Verkehrsaufkommen scheint die Geschwindigkeiten unabhängig vom Aufzeichnungsort zu beeinflussen. Der nächste Schritt zur Validierung der Vermutung ist der Vergleich zwischen Wochenenden und normalen Wochentagen. In Abbildung 39 (siehe Anhang: Seite 81) sieht man den Vergleich zwischen Wochenende (Samstag und Sonntag) und Werktagen (Montag bis Freitag) aufgetragen. Der nicht vorhandene Einbruch am Wochenende um 17 Uhr bestätigt die Annahme, dass die Rush-Hour die Geschwindigkeiten beeinflusst. Jedoch zeigen die Geschwindigkeiten um sechs Uhr ein umgedrehtes Bild und das Gleiche gilt für fünf und sieben Uhr. Allerdings zeigt Tabelle 26 auf Seite 73 (siehe Anhang), dass zu diesen Zeiten ungewöhnlich wenige Punkte aufgezeichnet wurden und die Geschwindigkeiten daher nicht beurteilt werden können. Eine Auswertung nach Fahrzeugtypen (siehe Anhang: Seite 81, Abbildung 40) zeigt die gleichen Geschwindigkeitseinbrüche wie in der Gesamtübersicht. Allerdings sind sie beim NEF weniger stark ausgeprägt als bei den RTWs, was für die Vorteile der Wendigkeit des NEFs

spricht. Eine Auswertung nach einzelnen Straßenkategorien erfolgt nicht, da die Menge der Datenpunkte in den einzelnen Kategorien zu jeder Stunde zu gering für valide Auswertungen ist.

Der nächtliche Einbruch ab drei Uhr ist eventuell auf die Auswirkungen der Müdigkeit der jeweiligen Fahrer zurückzuführen. Es kann vermutet werden, dass die Müdigkeit und die herabgesetzte Konzentration zu der Uhrzeit zu einer vorsichtigeren und langsameren Fahrweise führt. Der Ausschlag nach unten lässt sich in allen vorangegangenen Auswertungen wiederfinden.

8.7 Unterschiede nach Witterung

Annahme

Schlechte Witterungsbedingungen (z.B. Frost oder Regen) führen zu niedrigeren Geschwindigkeiten.

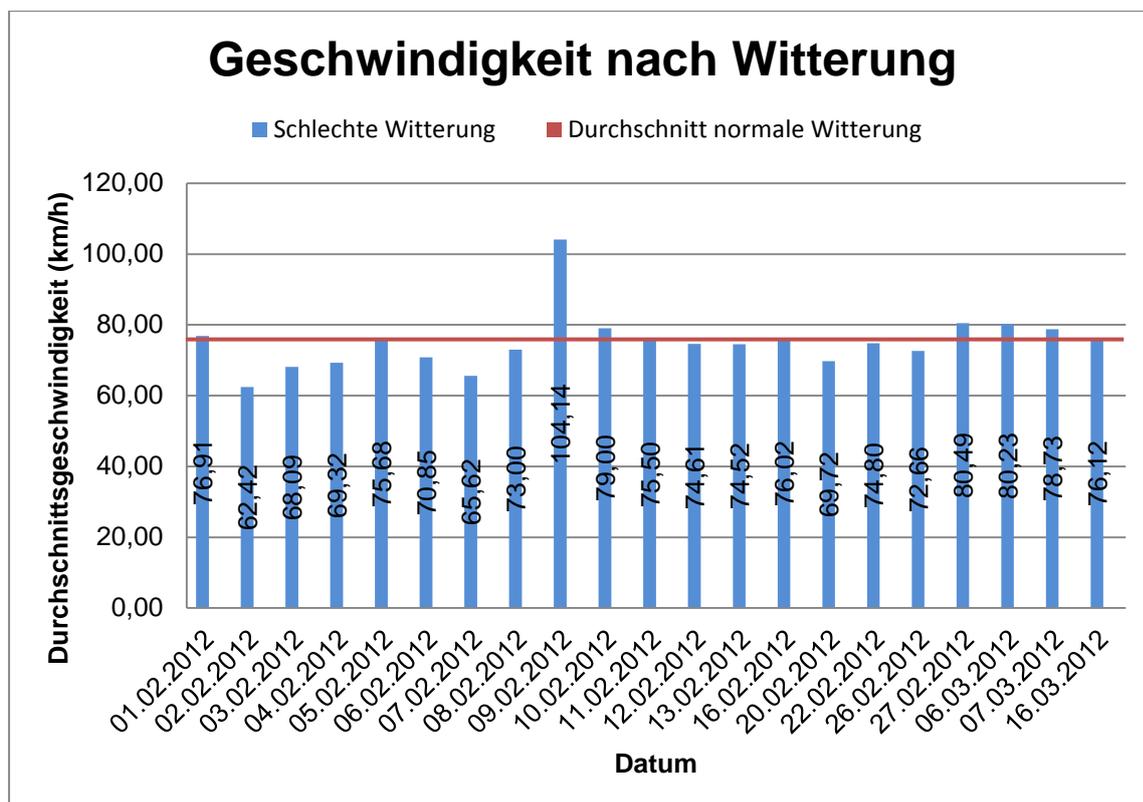


Abbildung 22: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Witterung

Auswertung

Der Deutsche Wetterdienst definiert den Starkregen u.a. mit einer Niederschlagsmenge von mehr als 5mm in 5min (Deutscher Wetterdienst, 2012). Für den Untersuchungszeitraum liegen nur die Niederschlagsmengen pro Tag vor, daher können diese nicht genau nach dem Kriterium des Starkregens gefiltert werden. Vereinfacht sollen solche Tage gewählt werden,

die mindestens 5mm Niederschlag am Tag hatten (siehe Anhang: Seite 83, Abbildung 41, rote Balken). Des Weiteren sollen die Tage mit Frost (Tagestiefsttemperatur unter 0°C) mit in die schlechten Witterungsbedingungen aufgenommen werden (siehe Anhang: Seite 85, Abbildung 42).

Die durchschnittliche Geschwindigkeit an Tagen mit normaler Witterung betrug 76,77 km/h. In Abbildung 22 ist diese zu den Durchschnittsgeschwindigkeiten an Tagen mit schlechter Witterung aufgetragen. Es lässt sich keine Tendenz zu einer langsameren Geschwindigkeit erkennen.

9 Fazit

Nach Auswertung der verschiedenen Kriterien in Kapitel 8 lässt sich feststellen, dass einige Faktoren maßgeblichen Einfluss auf die Durchschnittsgeschwindigkeiten und Sonder- und Wegerecht haben. Grundsätzlich wird auf Straßen innerhalb geschlossener Ortschaften langsamer gefahren als außerhalb. Eine Staffelung der Geschwindigkeit hat sich auch auf den verschiedenen Straßenkategorien ergeben, wobei außerorts grundsätzlich kein Unterschied zwischen Kreis- und Gemeindestraßen feststellbar ist. Einen großen Einfluss hat die Art des Fahrzeuges. Das kleinere, wendigere und schnellere NEF hat immer Vorteile gegenüber den RTWs. Daraus lässt sich ableiten, dass Löschfahrzeuge der Feuerwehr noch langsamere Geschwindigkeiten fahren werden.

Ein Einfluss des Wochentags auf die Durchschnittsgeschwindigkeit konnte in der Untersuchung nicht nachgewiesen werden. An Wochenenden wurden ähnliche Geschwindigkeiten erzielt wie unter der Woche. Das Gleiche gilt für die Auswertung nach Tagen mit schlechten Witterungsbedingungen. Auch an diesen Tagen wurden vergleichbare Geschwindigkeiten gefahren wie an Tagen mit normaler Witterung. Interessant ist die stundenweise Auswertung, in der sich Geschwindigkeitseinbrüche zu Zeiten der Rush-Hour nachweisen ließen. Die Ursache für den nächtlichen Einbruch um drei Uhr kann hingegen nur vermutet werden. Jedoch hat die stundenweise Auswertung keinen Einfluss auf die Hilfsfrist-Abdeckung, da die Zeiträume zu kurz sind, um mit ihnen im Rahmen eines Schichtmodells planen zu können.

Tabelle 9 enthält die nach dieser Untersuchung empfohlenen Durchschnittsgeschwindigkeiten für NEF und RTW für die Simulation der Hilfsfrist-Abdeckung mit einem GIS. Die Geschwindigkeiten ergeben sich aus der Auswertung aus Kapitel 8.4 und finden sich im Detail in Abbildung 32 auf Seite 77 (siehe Anhang). Die Geschwindigkeiten wurden gerundet und für die Kreisstraßen und Gemeindestraßen außerhalb geschlossener Ortschaften der Mittelwert gebildet. Für Löschfahrzeuge müssen die Geschwindigkeiten noch weiter reduziert werden. Da in der Untersuchung keine Löschfahrzeuge aufgezeichnet wurden, können die Geschwindigkeiten nur aus Erfahrung um 25% reduziert werden.

Wenn mit Hilfe eines GIS eine Abdeckungs-Simulation durchgeführt wird, müssen zusätzlich noch Zeitverluste durch Abbiegevorgänge berücksichtigt werden, da diese sich in den empfohlenen Geschwindigkeiten nicht widerspiegeln. Je nach Fahrzeugtyp sollten unterschiedlich hohe Abzüge (Tabelle 10) gewählt werden (Price, 2008).

Auch können bei einer Fahrt mit Sonder- und Wegerecht Einbahnstraßen entgegen der zulässigen Fahrtrichtung durchfahren werden. Allerdings muss dies unter erhöhter Vorsicht und reduziertem Tempo geschehen, sodass in diesen Fällen die halbe Geschwindigkeit angenommen werden sollte.

Tabelle 9: Empfohlene Geschwindigkeiten für die Simulation der Hilfsfristabdeckung

Kategorie	NEF	RTW	Löschfahrzeug (Vorschlag)
Autobahn (außerorts)	135 km/h	111 km/h	83 km/h
Autobahnauffahrt (außerorts)	89 km/h	72 km/h	54 km/h
Bundesstraße (außerorts)	99 km/h	88 km/h	66 km/h
Landesstraße (außerorts)	94 km/h	79 km/h	59 km/h
Kreisstraße (außerorts)	79 km/h	68 km/h	51 km/h
Gemeindestraße (außerorts)	79 km/h	68 km/h	51 km/h
Bundesstraße (innerorts)	75 km/h	67 km/h	50 km/h
Landesstraße (innerorts)	71 km/h	60 km/h	45 km/h
Kreisstraße (innerorts)	59 km/h	52 km/h	39 km/h
Gemeindestraße (innerorts)	43 km/h	42 km/h	32 km/h
Spielstraße (innerorts)	29 km/h	28 km/h	21 km/h

Tabelle 10: Zeitverluste durch Abbiegevorgänge (Price, 2008)

Kategorie	Rechtsabbiegen	Linksabbiegen	U-Turn	Geradeaus
Kein Zeitverlust	0 Sek.	0 Sek.	0 Sek.	0 Sek.
Leichter Zeitverlust	1 Sek.	2 Sek.	10 Sek.	0 Sek.
Mittlerer Zeitverlust	2 Sek.	4 Sek.	20 Sek.	0,5 Sek.
Hoher Zeitverlust	3 Sek.	5 Sek.	30 Sek.	1 Sek.
Sehr hoher Zeitverlust	5 Sek.	10 Sek.	30 Sek.	2 Sek.
Abbiegewinkel, Minimum	30°	210°	150°	330°
Abbiegewinkel, Maximum	150°	330°	210°	30°

Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25 zeigen die Auswirkung der ermittelten Geschwindigkeiten auf die Simulation der Hilfsfrist-Abdeckung im Vergleich zu den bisherigen Methoden. Sowohl die mittleren Zeitverluste für die Abbiegevorgänge als auch die halbierten Geschwindigkeiten bei Durchfahren von Einbahnstraßen entgegen der Fahrtrichtung wurden berücksichtigt.

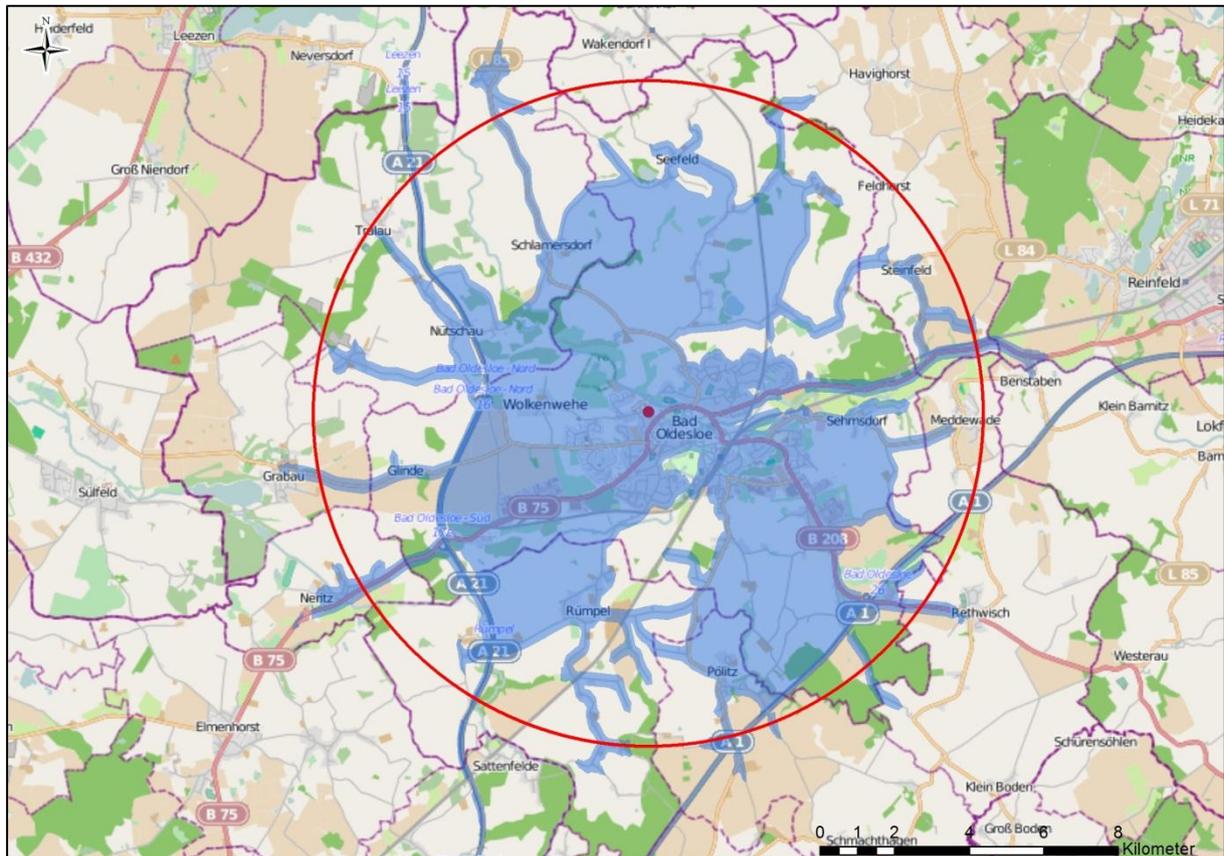


Abbildung 23: GIS-Simulation mit den Untersuchungsergebnissen im Vergleich zur Zirkelmethode

Alle drei Abbildungen zeigen ein ähnliches Bild. Während sich die maximalen Reichweiten bei den bisherigen Methoden und der neuen Simulation recht ähnlich sind ergeben sich bei der Flächenabdeckung erhebliche Unterschiede. Die bisherigen Methoden erwecken den Eindruck, dass die gesamte Fläche innerhalb der maximalen Reichweiten durch einen Standort abgedeckt ist. Bei einer detaillierteren Simulation stellt man jedoch fest, dass dies oft nicht möglich ist. Zum einen gibt es nicht überall Straßen, die von den Rettungskräften befahren werden können und zum anderen reicht an manchen Stellen die zur Verfügung stehende Zeit nicht aus um sie innerhalb der Hilfsfrist zu erreichen.

Die GIS-gestützte Simulation der Hilfsfrist-Abdeckung hat im Vergleich zu den bisherigen Methoden einen deutlich höheren Detaillierungsgrad.

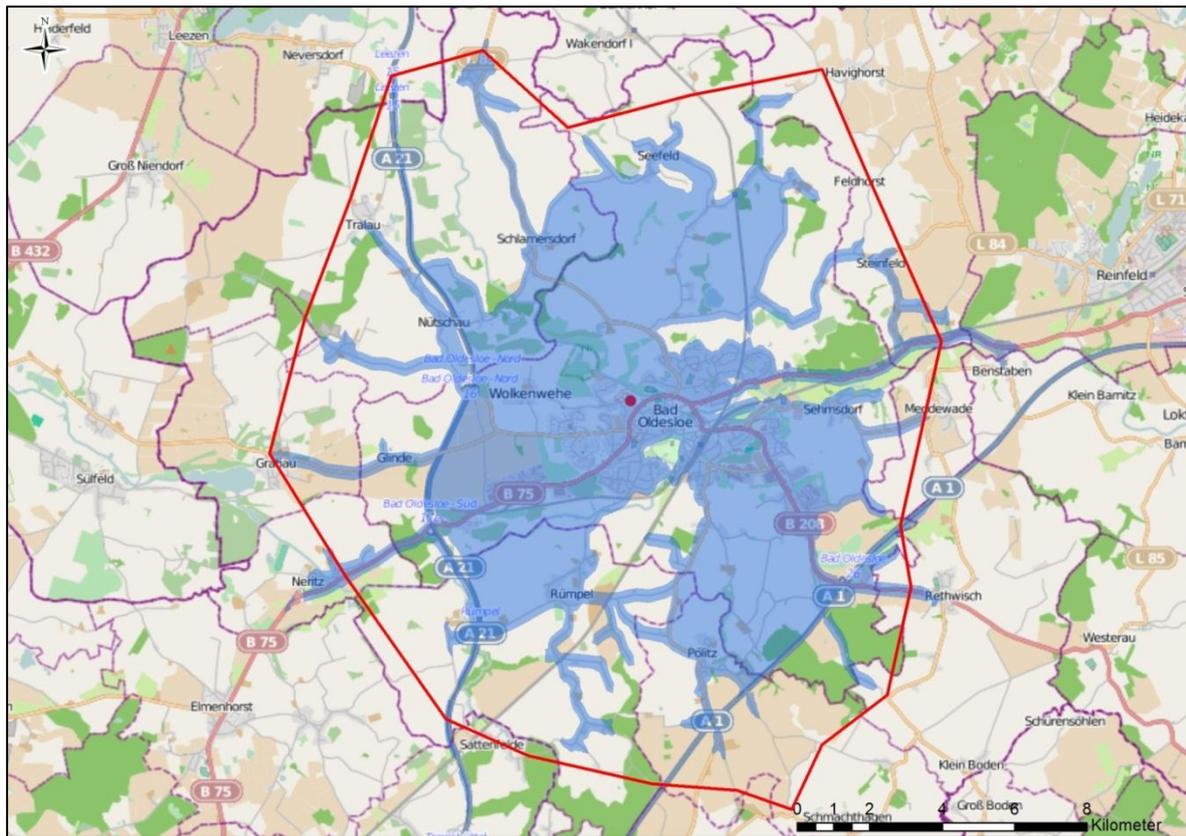


Abbildung 24: GIS-Simulation mit den Untersuchungsergebnissen im Vergleich zu den einfachen Fahrzeitisochronen

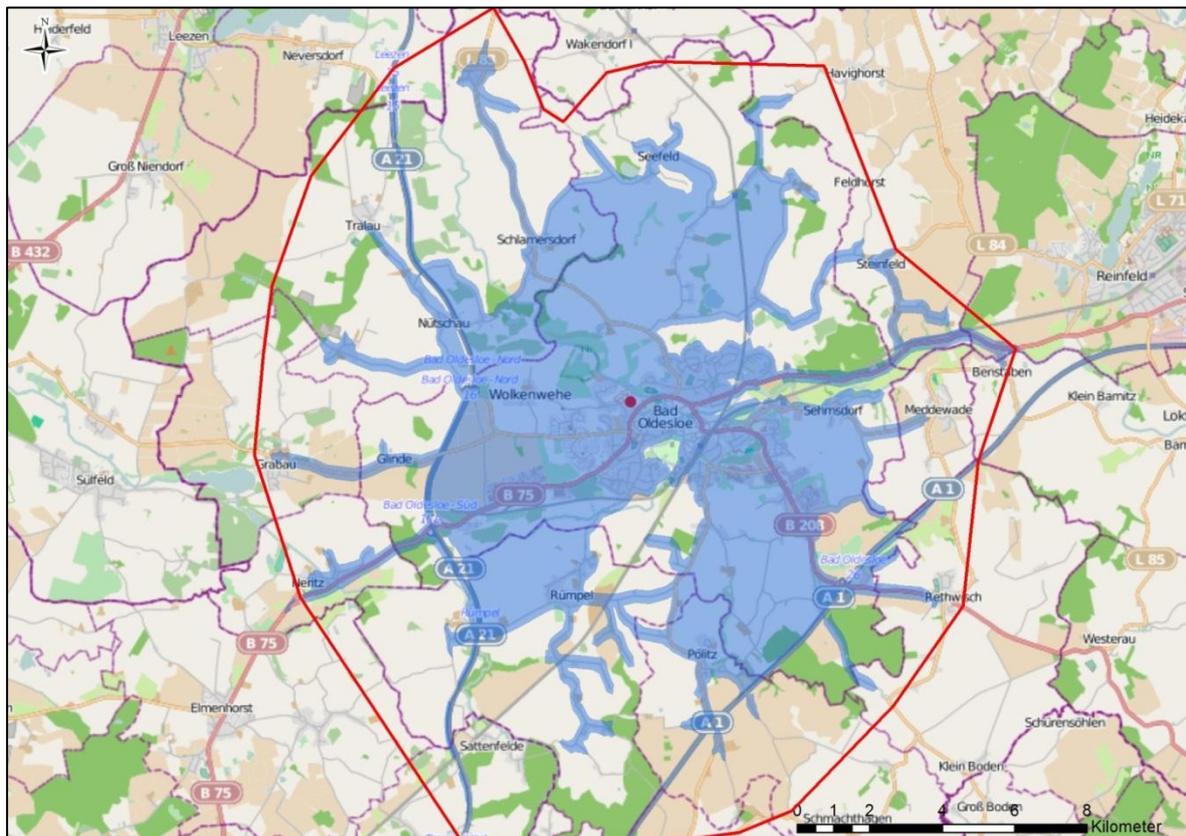


Abbildung 25: GIS-Simulation mit den Untersuchungsergebnissen im Vergleich zu den Fahrversuchen

10 Diskussion

Ziel der GIS-gestützten Fahrzeitsimulation mit GPS-Daten ist die Abbildung der Geschwindigkeiten aller Straßen im Untersuchungsgebiet. In dieser Arbeit war dies nicht möglich, da in dem Untersuchungszeitraum von zwei Monaten nicht alle Straßen befahren wurden. Daher wurden die Straßen hier nach Gemeinsamkeiten untersucht und in verschiedenen Kategorien eingeteilt. Um wirklich für jede Straße ein Geschwindigkeitsprofil erstellen zu können, muss der Zeitraum der Datenaufzeichnung deutlich verlängert werden. Diese Vorgehensweise würde die Genauigkeit der Simulation noch weiter erhöhen. Eine Übertragung auf Kategorien ist vor allem im bergigen Gelände nicht möglich, da trotz gleicher Kategorie teilweise erheblich unterschiedliche Geschwindigkeiten gefahren werden können. Um die Steigungen zu berücksichtigen gibt Price (2008) Fahrzeitmultiplikatoren vor, die allerdings auf Grund von fehlenden Daten zur Steigung in dieser Arbeit nicht angewandt werden konnten.

Ein längerer Untersuchungszeitraum wird ebenfalls benötigt, um valide Aussagen über den Einfluss von Wochentagen und Wetter treffen zu können. Kleinere Ausreißer (z.B. die starke Befahrung der Autobahn an einem Donnerstag) führen hier schon zu verfälschten Ergebnissen. Des Weiteren ist bei den Witterungseinflüssen eine stundenweise Aufschlüsselung der Wetterdaten notwendig um sie mit den gefahrenen Geschwindigkeiten in Verbindung setzen zu können.

Der bei den Realbefahrungen bemängelte Einfluss der Testfahrer kann auch bei dieser Methode nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Die Mitarbeiter der Rettungswachen Bad Oldesloe und Reinfeld wurden aus personalrechtlichen Gründen im Vorfeld über diese Untersuchung informiert und gebeten ihre Fahrweise dadurch nicht beeinflussen zu lassen. Durch die Menge der Fahrer, den langen Zeitraum und der einhergehenden Menge an Fahrten wird der Einfluss der einzelnen Fahrer jedoch minimiert.

Um valide Aussagen zu den Geschwindigkeitsprofilen von Löschfahrzeugen treffen zu können muss eine weitere Untersuchung im Bereich der Feuerwehr durchgeführt werden. Die hier angegebenen Werte können nur als Richtlinie dienen, bis eine weitere Erhebung durchgeführt wurde.

Literaturverzeichnis

- AGBF-bund. (1998). *Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten*. Abgerufen am 16. Februar 2012 von AGBF bund: http://www.agbf.de/pdf/qualitaetskriterien_fuer_bedarfsplanung_von_feuerwehren_in__staedten.pdf
- ARC Advisory Group. (2011). *ARC Advisory Group Report*. Abgerufen am 30. März 2012 von Directions Magazine: <http://www.directionsmag.com/pressreleases/arc-advisory-group-report-esri-a-leading-gis-provider-in-utilities-sector/214997>
- Berufsfeuerwehr Berlin. (2003). *Neues Einsatzkonzept der Berliner Feuerwehr*. Abgerufen am 07. Februar 2012 von Berliner Feuerwehr: http://www.berliner-feuerwehr.de/neues_ek.html
- Bill, R. (1999). *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- Breuer, W. A. (1990). *Planungs- und Entscheidungskriterien zur effizienten Organisation von Notarztsystemen*. Köln: Universität Köln.
- Bundesanstalt für Straßenwesen. (1987). *Bericht 20 - Ermittlung abgestufter Richtwerte für die Bereitstellung von Fahrzeugen im Rettungsdienst*. Bergisch Gladbach.
- Bundesrepublik Deutschland. (2011). *Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23.05.1949*. dtv.
- Bundesrepublik Deutschland. (2011). *Straßenverkehrsordnung*. dtv.
- Deutscher Wetterdienst. (2012). *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst*. Abgerufen am 2. Mai 2012 von Historische Wetterdaten: http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_spezielle_nutzer_energiewirtschaft_historisch&T26606973141161345028578gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2FDaten__Entgelt%2FWESTE%2FW
- Feuerwehr Hamburg. (1994). *Strukturuntersuchung der Feuerwehr 1994*. Hamburg.
- Freie Hansestadt Bremen. (2002). *Bremisches Hilfeleistungsgesetz (BremHilfeG)*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Bremen - Verwaltung online: <http://www.inneres.bremen.de/sixcms/media.php/13/BremHilfeG.pdf>
- Freie Hansestadt Bremen. (2011). *Neue Struktur für die freiwilligen Feuerwehren in der Stadt Bremen*. Abgerufen am 07. Februar 2012 von Der Senator für Inneres und Sport:

http://www.inneres.bremen.de/sixcms/media.php/13/Freiwillige%20Feuerwehren%20Neustrukturierung%20_Konzept%20Stand%2031%2003%202011.pdf

Freie und Hansestadt Hamburg. (1992). *Hamburgisches Rettungsdienstgesetz (HmbRDG)*

Vom 9. Juni 1992. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Hamburger Justiz:

<http://www.landesrecht.hamburg.de/jportal/portal/page/bshaprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jlr-RettDGHA1992rahmen&st=lr>

Freistaat Bayern. (1998). *Vollzug des Bayrischen Feuerwehrgesetzes (VollzBekBayFwG)*.

Abgerufen am 07. Februar 2012 von Bayrisches Staatsministerium des Innern:

http://www.stmi.bayern.de/imperia/md/content/stmi/service/gesetzeundvorschriften/bayfwg_vollzbek_280898.pdf

Freistaat Bayern. (2010). *Verordnung zur Ausführung des Bayerischen*

Rettungsdienstgesetzes (AVBayRDG) Vom 30. November 2010. Abgerufen am 27.

Januar 2012 von Bayrisches Verwaltungsportal: [http://www.gesetze-](http://www.gesetze-bayern.de/jportal/portal/page/bsbayprod.psml;jsessionid=D8561C9D6A855559CC08EC9E1484A47A.jp44?showdoccase=1&doc.id=jlr-RettDGAUBY2010rahmen&doc.part=X&doc.origin=bs)

[bayern.de/jportal/portal/page/bsbayprod.psml;jsessionid=D8561C9D6A855559CC08EC9E1484A47A.jp44?showdoccase=1&doc.id=jlr-](http://www.gesetze-bayern.de/jportal/portal/page/bsbayprod.psml;jsessionid=D8561C9D6A855559CC08EC9E1484A47A.jp44?showdoccase=1&doc.id=jlr-RettDGAUBY2010rahmen&doc.part=X&doc.origin=bs)

[RettDGAUBY2010rahmen&doc.part=X&doc.origin=bs](http://www.gesetze-bayern.de/jportal/portal/page/bsbayprod.psml;jsessionid=D8561C9D6A855559CC08EC9E1484A47A.jp44?showdoccase=1&doc.id=jlr-RettDGAUBY2010rahmen&doc.part=X&doc.origin=bs)

Freistaat Sachsen. (2011). *Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums des Innern über die Rettungsdienstplanung im Freistaat Sachsen (Sächsische Landesrettungsdienstplanverordnung – SächsLRettDPVO)*. Abgerufen am 27. Januar

2012 von sachsen.de:

http://www.sicherheit.sachsen.de/download/Intranet/SaechsLRettDPVO_aktuelleFassung_2011.pdf

Freistaat Thüringen. (2009). *Landesrettungsdienstplan (LRDP) für den Freistaat Thüringen*.

Abgerufen am 27. Januar 2012 von Freistaat Thüringen:

http://www.thueringen.de/imperia/md/content/tim/polizei2/referat45/neufassung_lrdp_2009.pdf

Freistaat Thüringen. (2009). *Thüringer Feuerwehr-Organisationsverordnung*

(ThürFwOrgVO). Abgerufen am 22. Februar 2012 von Serviceportal Thüringen:

<http://landesrecht.thueringen.de/jportal/?quelle=jlink&query=FeuerwOrgV+TH&psml=bsthueprod.psml&max=true&aiz=true>

Gauger, J. F. (2011). *Eine kritische Betrachtung der Entwicklungen im deutschen*

Rettungswesen. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Operations Research.

- Grabski, R. (2000). Methodik einer Risikoanalyse zur Bedarfsermittlung von Feuerwehren. *Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes*, S. 539-570.
- Knorr, K.-H. (2012). Sitzung des Arbeitskreises Grundsatzfragen (AK-G) der AGBF-Bund. *Brandschutz*, 132-133.
- Koch, B., & Kuschinsky, B. (1998). *Handbuch des Rettungswesens*. Witten: Mendel Verlag.
- Krüger, L. (12. Februar 2012). Fahrzeuge des RVS. (M. Steinvord, Interviewer)
- Land Baden-Württemberg. (2010). *Gesetz über den Rettungsdienst (Rettungsdienstgesetz - RDG) in der Fassung vom 8. Februar 2010*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Landesrecht BW Bürgerservice: <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=RettDG+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true&aiz=true>
- Land Brandenburg. (2008). *Gesetz über den Rettungsdienst im Land Brandenburg (Brandenburgisches Rettungsdienstgesetz- BbgRettG)*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Brandenburgisches Vorschriftensystem (BRAVORS): http://www.bravors.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land_bb_bravors_01.c.47078.de
- Land Hessen. (2008). *Feuerwehr-Organisationsverordnung (FwOVO)*. Abgerufen am 22. Februar 2012 von Hessisches Ministerium des Innern und für Sport: http://www.hmdis.hessen.de/irj/servlet/prt/portal/prtroot/slimp.CMReader/HMdl_15/HMdl_Internet/med/93f/93f6d8ef-0db3-131f-012f-31e2389e4818,22222222-2222-2222-222222222222,true
- Land Hessen. (2010). *Hessisches Rettungsdienstgesetz (HRDG) Vom 16. Dezember 2010*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Hessenrecht - Rechts- und Verwaltungsvorschriften: http://www.rv.hessenrecht.hessen.de/jportal/portal/t/2zgt/page/bshesprod.psml?pid=Domokumentanzeige&showdoccase=1&js_peid=Trefferliste&fromdoctodoc=yes&doc.id=jlr-RettDGHE2010rahmen%3Ajuris-lr00&doc.part=X&doc.price=0.0&doc.hl=1
- Land Hessen. (2012). *Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemein Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKG)*. Abgerufen am 22. Februar 2012 von Hessisches Ministerium des Innern und für Sport: http://www.hmdis.hessen.de/irj/servlet/prt/portal/prtroot/slimp.CMReader/HMdl_15/HMdl_Internet/med/c8e/c8e70d47-545e-3301-2892-8f18fc951cbc,22222222-2222-2222-222222222222,true

- Land Mecklenburg-Vorpommern. (1993). *Gesetz über den Rettungsdienst für das Land Mecklenburg-Vorpommern (Rettungsdienstgesetz - RDG M-V) Vom 1. Juli 1993*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Landesrechtssystem:
<http://www.landesrecht-mv.de/jportal/portal/page/bsmvprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jlr-RettDGMVrahmen&doc.part=X&doc.origin=bs&st=lr>
- Land Niedersachsen. (1993). *Verordnung über die Bemessung des Bedarfs an Einrichtungen des Rettungsdienstes (BedarfVO-RettD) Vom 4. Januar 1993*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Niedersächsisches Vorschrifteninformationssystem (NI-VORIS): <http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=RettDBedarfV+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true&aiz=true>
- Land Nordrhein-Westfalen. (1992). *Erläuterung zum Rettungsdienstgesetz, Landtag Nordrhein-Westfalen Drucksache 11/3181 vom 06.02.1992*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Landtag NRW:
<http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMD11-3181.pdf?von=1&bis=0>
- Land Rheinland-Pfalz. (2007). *Landesgesetz über den Rettungsdienst sowie den Notfall- und Krankentransport (Rettungsdienstgesetz - RettDG)*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Rheinland-Pfalz - Ministerium des Inneren, für Sport und Infrastruktur:
<http://www.ism.rlp.de/fileadmin/ism/downloads/sicherheit/rettungsdienst/rettungsdienstgesetz.pdf>
- Land Rheinland-Pfalz. (2010). *Feuerwehrverordnung (FwVO)*. Abgerufen am 22. Februar 2012 von Rheinland-Pfalz - Feuerwehr- und Katastrophenschutzschule:
http://internet.lfks-rlp.de/fileadmin/user_upload/Redakteur/aktuelles/FwVO-25-06-2010-Textfassung.pdf
- Land Saarland. (2004). *Saarländisches Rettungsdienstgesetz (SRettG)*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Saarland Feuerwehrschiele:
http://www.lfws.saarland.de/medien/inhalt/Rettungsdienstgesetz_Stand_150208.pdf
- Land Sachsen-Anhalt. (2001). *Brandschutz- und Hilfeleistungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt (Brandschutzgesetz - BrSchG)*. Abgerufen am 22. Februar 2012 von Landesrecht Sachsen-Anhalt: <http://www.landesrecht.sachsen-anhalt.de/jportal/?quelle=jlink&query=BrandSchG+ST+%C2%A7+23&psml=bssahprod.psml&max=true>

- Land Sachsen-Anhalt. (2006). *Rettungsdienstgesetz Sachsen-Anhalt (RettdG LSA) Vom 21. März 2006*. Abgerufen am 27. Januar 2012 von Landesrecht Sachsen-Anhalt: <http://www.landesrecht.sachsen-anhalt.de/jportal/?quelle=jlink&query=RettdG+ST&psml=bssahprod.psml&max=true&aiz=true>
- Land Schleswig-Holstein. (1991). *Gesetz über die Notfallrettung und den Krankentransport (Rettungsdienstgesetz - RDG) vom 29. November 1991*. Abgerufen am 17. Januar 2012 von Juris. Das Rechtsportal: <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&query=RettdG+SH&psml=bssshoprod.psml&max=true&aiz=true>
- Land Schleswig-Holstein. (2008). *Landesverordnung zur Durchführung des Rettungsdienstes (DVO-RDG) vom 20. November 2008*. Abgerufen am 17. Januar 2012 von Juris. Das Rechtsportal: <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&query=RettdGDV+SH&psml=bssshoprod.psml&max=true&aiz=true>
- Land Schleswig-Holstein. (2009). *Organisationserlass Feuerwehren (OrgFw)*. Abgerufen am 22. Februar 2012 von Landesvorschriften und Landesrechtsprechung: <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&query=VVSH-2135.27-0001&psml=bssshoprod.psml&max=true>
- Land Schleswig-Holstein. (2010). *Gesetz über den Brandschutz und die Hilfeleistung der Feuerwehren (Brandschutzgesetz - BrSchG) vom 10.02.1996*. Abgerufen am 17. Januar 2012 von Juris. Das Rechtsportal: <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&query=BrandSchG+SH&psml=bssshoprod.psml&max=true>
- Landesfeuerwehrverband Hessen e.V. (2010). *Hinweise und Empfehlungen zur Durchführung einer Bedarfs- und Entwicklungsplanung für den Brandschutz und die Allgemeine Hilfe der Städte und Gemeinden*. Kassel.
- Landesfeuerwehrverband Nordrhein-Westfalen e.V. (2001). *Hinweise und Empfehlungen für die Anfertigung von Brandschutzbedarfsplänen für die Gemeinden des Landes Nordrhein-Westfalen*.
- Landesfeuerwehrverband und Innenministerium Baden-Württemberg. (2008). *Hinweise zur Leistungsfähigkeit der Feuerwehr*. Abgerufen am 07. Februar 2012 von Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg: http://www.lfs-bw.de/Fachthemen/RechtOrganisation/Documents/Hinweise_Leistungsfaeahigkeit_Feuerwehr.pdf

- Lindemann, T. (2011). Rettungszeiten der Feuerwehr beim kritischen Wohnungsbrand. *Brandschutz*, 946-952.
- Porsche AG, Wibera AG. (1978). *Feuerwehrsysteem O.R.B.I.T., Entwicklung eines Systems zur optimierten Rettung, Brandbekämpfung mit integrierter Technischen Hilfeleistung im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie, KT7612.*
- Price, M. (Frühling 2008). Slopes, Sharp Turns, and Speed. *ArcUser*, S. 50-57.
- Rettungsdienst-Verbund Stormarn GmbH. (2012). *RVS-online*. Abgerufen am 15. März 2012 von <http://www.rvs-online.org>
- Riediger, G. (1985). *Modellversuch Notfallrettung Unterfranken. Dokumentation Bd. II: Zur Wirtschaftlichkeit und Wirksamkeit des Rettungsdienstes*. Bonn: Deutscher Verkehrssicherheitsrat, Bayerisches Staatsministerium des Innern.
- Schmiedel, R., Betzler, E., & Behrendt, H. (2004). *Bedarfsplanung im Rettungsdienst*. Bonn: Springer.
- Seliger, U., & Pleß, G. (2007). *Entwicklung von Kohlenmonoxid bei Bränden in Räumen, Teil 1*.
- Stadt Bad Oldesloe. (2012). *Bad Oldesloe*. Abgerufen am 19. März 2012 von http://www.badoldesloe.de/Homepage_Stadt_OD/HPCContent_Wirtschaft_Stadtmarketing/wissenswertes_zahlen.php
- Stadt Reinfeld. (2012). *Stadt Reinfeld (Holstein)*. Abgerufen am 22. März 2012 von <http://www.reinfeld.de>
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2011). *Bevölkerungen der Gemeinden in Schleswig-Holstein am 30.9.2011*. Abgerufen am 15. März 2012 von Statistikamt Nord: http://www.statistik-nord.de/uploads/tx_standdocuments/A_I_2_vj311_S.pdf
- Wintec. (2012). *Wintec WBT-202 - Technische Daten*. Abgerufen am 16. März 2012 von Wintec wireless electronics: http://www.wintec-gps.de/wintec_wbt-202_techdata.php
- Wölfl, C., & Matthes, G. (2010). *Unfallrettung: Einsatztaktik, Technik und Rettungsmittel*. Stuttgart: Schattauer.
- Zander, A. (12. April 2012). RVS Jahresstatistik 2011. (M. Steinvord, Interviewer) Bad Oldesloe.

Anhang 1



Abbildung 26: LOG-Modus des Wintec WBT-202

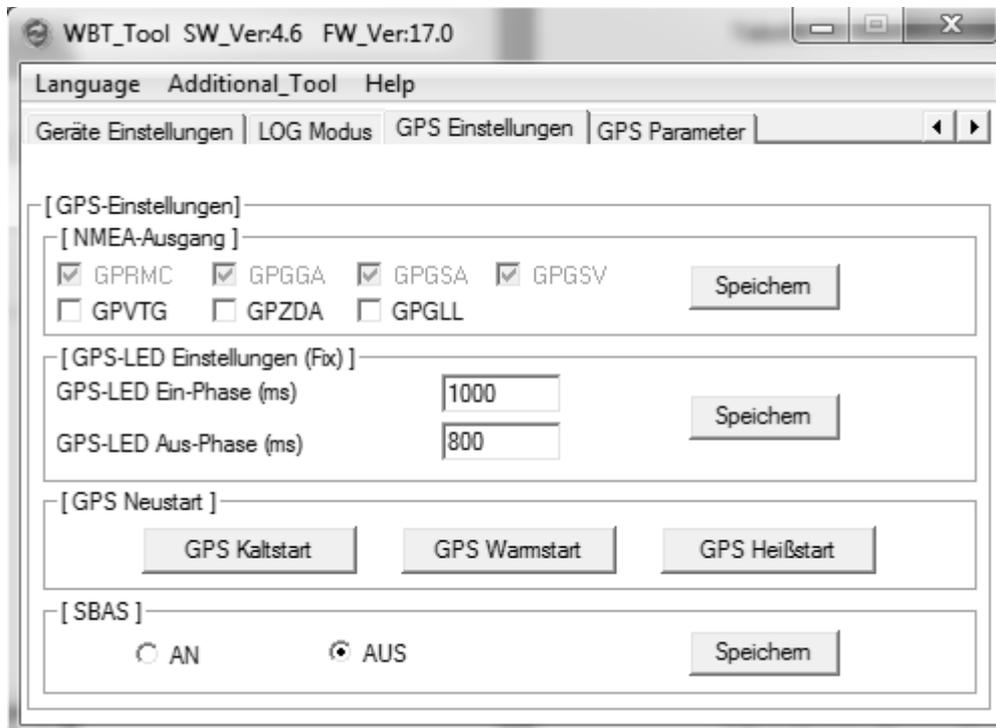


Abbildung 27: GPS-Einstellungen des Wintec WBT-202

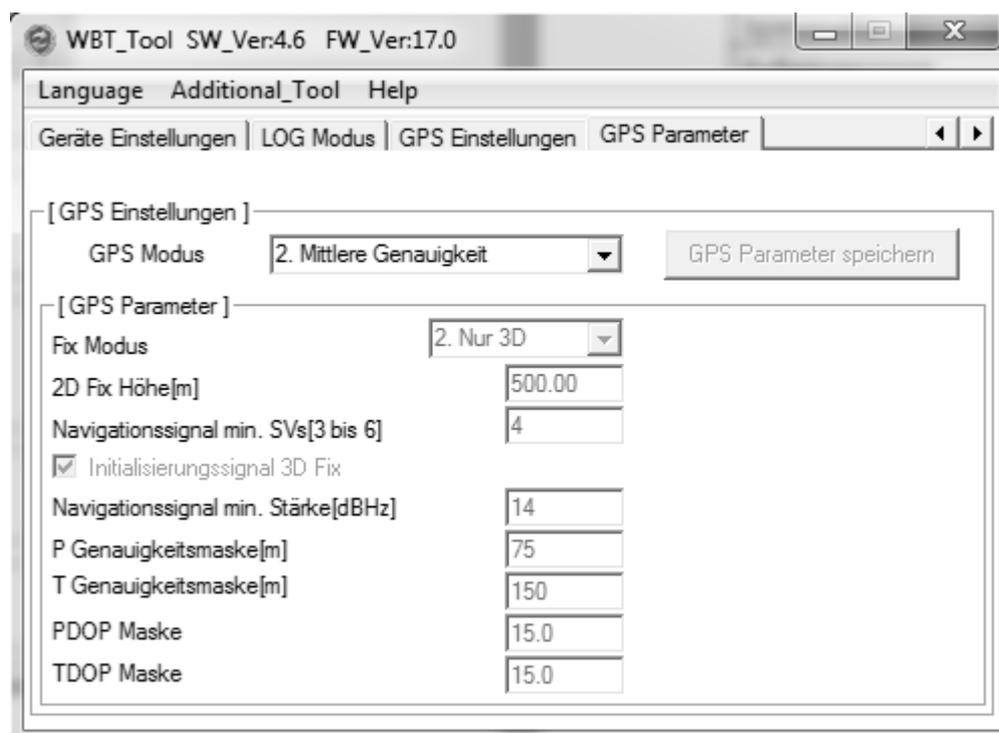


Abbildung 28: GPS-Parameter des Wintec WBT-202

Anhang 2

Tabelle 11: Durchschnittsgeschwindigkeit aller GPS-Punkte

Häufigkeit	Geschwindigkeit
127106	76,31

Tabelle 12: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort

Aufzeichnungsort	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Außerorts	62228	92,40
Innerorts	64878	60,88

Tabelle 13: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie

Straßenkategorie	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Autobahn	8343	118,28
Autobahnauffahrt	1238	76,60
Bundesstraße	62840	83,00
Bundesstraßenauffahrt	20	106,46
Landesstraße	20451	75,90
Kreisstraße	17747	60,32
Gemeindestraße	16197	47,49
Spielstraße	250	28,66
Fußgängerzone	20	37,23

Tabelle 14: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Straßenkategorie

Straßenkategorie	Außerorts		Innerorts	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Autobahn	8343	118,28		
Autobahnauffahrt	1238	76,60		
Bundesstraße	33592	93,52	29248	70,91
Bundesstraßenauffahrt	20	106,46		
Landesstraße	10742	86,31	9709	64,38
Kreisstraße	5807	71,05	11940	55,11
Gemeindestraße	2486	74,19	13711	42,64
Spielstraße			250	28,66
Fußgängerzone			20	37,23

Tabelle 15: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp

Fahrzeugtyp	Häufigkeit	Geschwindigkeit
NEF	55843	82,68
RTW	71263	71,32

Tabelle 16: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Fahrzeugtyp

Aufzeichnungsort	NEF		RTW	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Außerorts	27803	98,81	34425	87,21
Innerorts	28040	66,68	36838	56,46

Tabelle 17: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Fahrzeugtyp

Straßenkategorie	NEF		RTW	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Autobahn	2590	135,36	5753	110,60
Autobahnauffahrt	327	89,44	911	72,00
Bundesstraße	30544	87,91	32296	78,35
Bundesstraßenauffahrt	12	108,79	8	102,96
Fußgängerzone	2	35,48	18	37,43
Gemeindestraße	5295	51,38	10902	45,60
Kreisstraße	7578	64,39	10169	57,29
Landesstraße	9352	84,09	11099	69,00
Spielstraße	143	29,15	107	27,99

Tabelle 18: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort, Straßenkategorie und Fahrzeugtyp

Aufzeichnungsort	Straßenkategorie	Fahrzeugtyp	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Außerorts	Autobahn	NEF	2590	135,36
Außerorts	Autobahn	RTW	5753	110,60
Außerorts	Autobahnauffahrt	NEF	327	89,44
Außerorts	Autobahnauffahrt	RTW	911	72,00
Außerorts	Bundesstraße	NEF	16030	99,24
Außerorts	Bundesstraße	RTW	17562	88,30
Außerorts	Bundesstraßenauffahrt	NEF	12	108,79
Außerorts	Bundesstraßenauffahrt	RTW	8	102,96
Außerorts	Gemeindestraße	NEF	1122	81,47
Außerorts	Gemeindestraße	RTW	1364	68,20
Außerorts	Kreisstraße	NEF	2397	76,12
Außerorts	Kreisstraße	RTW	3410	67,49
Außerorts	Landesstraße	NEF	5325	94,14
Außerorts	Landesstraße	RTW	5417	78,62
Innerorts	Bundesstraße	NEF	14514	75,39
Innerorts	Bundesstraße	RTW	14734	66,50
Innerorts	Fußgängerzone	NEF	2	35,48
Innerorts	Fußgängerzone	RTW	18	37,43
Innerorts	Gemeindestraße	NEF	4173	43,29
Innerorts	Gemeindestraße	RTW	9538	42,36

Innerorts	Kreisstraße	NEF	5181	58,97
Innerorts	Kreisstraße	RTW	6759	52,15
Innerorts	Landesstraße	NEF	4027	70,80
Innerorts	Landesstraße	RTW	5682	59,83
Innerorts	Spielstraße	NEF	143	29,15
Innerorts	Spielstraße	RTW	107	27,99

Tabelle 19: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag

Wochentag	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Montag	13000	76,47
Dienstag	14800	72,07
Mittwoch	18397	78,22
Donnerstag	20784	80,10
Freitag	19634	72,28
Samstag	20222	75,64
Sonntag	20269	78,26

Tabelle 20: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Wochentag

Wochentag	Außerorts		Innerorts	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Montag	5710	97,24	7290	60,20
Dienstag	6684	86,90	8116	59,85
Mittwoch	10000	92,16	8397	61,61
Donnerstag	11195	95,80	9589	61,77
Freitag	9182	87,50	10452	58,91
Samstag	9215	93,67	11007	60,53
Sonntag	10242	93,03	10027	63,17

Tabelle 21: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Wochentag

Wochentag	NEF		RTW	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Montag	7473	82,14	5527	68,81
Dienstag	5853	81,13	8947	66,14
Mittwoch	7218	82,60	11179	75,38
Donnerstag	8846	86,12	11938	75,63
Freitag	8405	77,42	11229	68,43
Samstag	7202	85,85	13020	69,98
Sonntag	10846	83,08	9423	72,70

Tabelle 22: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Wochentag

Straßenkategorie	Wochentag	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Autobahn	Montag	1110	122,64
Autobahn	Dienstag	458	107,26
Autobahn	Mittwoch	1447	118,39
Autobahn	Donnerstag	2992	120,82
Autobahn	Freitag	646	109,20
Autobahn	Samstag	898	115,24
Autobahn	Sonntag	792	119,63
Autobahnauffahrt	Montag	81	95,86
Autobahnauffahrt	Dienstag	159	70,61
Autobahnauffahrt	Mittwoch	330	82,73
Autobahnauffahrt	Donnerstag	268	75,46
Autobahnauffahrt	Freitag	123	68,03
Autobahnauffahrt	Samstag	162	73,09
Autobahnauffahrt	Sonntag	115	70,54
Bundesstraße	Montag	6722	82,15
Bundesstraße	Dienstag	8610	80,42
Bundesstraße	Mittwoch	8303	82,38
Bundesstraße	Donnerstag	8367	82,73
Bundesstraße	Freitag	9924	81,26
Bundesstraße	Samstag	10179	84,13
Bundesstraße	Sonntag	10735	86,82
Bundesstraßenauffahrt	Montag	2	115,68
Bundesstraßenauffahrt	Dienstag	1	99,47
Bundesstraßenauffahrt	Mittwoch	1	120,97
Bundesstraßenauffahrt	Donnerstag	3	105,78
Bundesstraßenauffahrt	Freitag	5	90,90
Bundesstraßenauffahrt	Samstag	5	119,75
Bundesstraßenauffahrt	Sonntag	3	102,25
Fußgängerzone	Montag	3	38,06
Fußgängerzone	Dienstag	4	34,86
Fußgängerzone	Mittwoch	3	37,93
Fußgängerzone	Donnerstag	2	46,68
Fußgängerzone	Freitag	5	33,25
Fußgängerzone	Samstag	1	20,78
Fußgängerzone	Sonntag	2	48,42
Gemeindestraße	Montag	1787	44,53
Gemeindestraße	Dienstag	2288	43,48
Gemeindestraße	Mittwoch	2473	55,61
Gemeindestraße	Donnerstag	2510	48,14
Gemeindestraße	Freitag	2347	43,61
Gemeindestraße	Samstag	2689	46,11
Gemeindestraße	Sonntag	2103	50,12

Kreisstraße	Montag	1605	58,81
Kreisstraße	Dienstag	1476	54,42
Kreisstraße	Mittwoch	2487	61,43
Kreisstraße	Donnerstag	3083	60,24
Kreisstraße	Freitag	3118	61,78
Kreisstraße	Samstag	2672	57,95
Kreisstraße	Sonntag	3306	63,50
Landesstraße	Montag	1673	73,68
Landesstraße	Dienstag	1794	74,39
Landesstraße	Mittwoch	3328	79,60
Landesstraße	Donnerstag	3519	80,42
Landesstraße	Freitag	3440	69,09
Landesstraße	Samstag	3561	77,73
Landesstraße	Sonntag	3136	74,34
Spielstraße	Montag	17	25,90
Spielstraße	Dienstag	10	37,40
Spielstraße	Mittwoch	25	34,78
Spielstraße	Donnerstag	40	22,05
Spielstraße	Freitag	26	20,46
Spielstraße	Samstag	55	29,64
Spielstraße	Sonntag	77	31,64

Tabelle 23: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (innerorts) und Wochentag

Wochentag	Straßenkategorie	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Montag	Bundesstraße	3471	70,96
Montag	Landesstraße	917	61,31
Montag	Kreisstraße	1230	53,34
Montag	Gemeindestraße	1652	42,47
Montag	Spielstraße	17	25,90
Montag	Fußgängerzone	3	38,06
Dienstag	Bundesstraße	3972	69,64
Dienstag	Landesstraße	814	66,37
Dienstag	Kreisstraße	1306	53,05
Dienstag	Gemeindestraße	2010	42,45
Dienstag	Spielstraße	10	37,40
Dienstag	Fußgängerzone	4	34,86
Mittwoch	Bundesstraße	3612	70,30
Mittwoch	Landesstraße	1106	66,79
Mittwoch	Kreisstraße	1734	58,08
Mittwoch	Gemeindestraße	1917	45,82
Mittwoch	Spielstraße	25	34,78
Mittwoch	Fußgängerzone	3	37,93
Donnerstag	Bundesstraße	3969	71,90
Donnerstag	Landesstraße	1633	68,53

Donnerstag	Kreisstraße	1950	55,64
Donnerstag	Gemeindestraße	1995	42,86
Donnerstag	Spielstraße	40	22,05
Donnerstag	Fußgängerzone	2	46,68
Freitag	Bundesstraße	4284	67,90
Freitag	Landesstraße	2114	63,67
Freitag	Kreisstraße	1906	54,50
Freitag	Gemeindestraße	2117	40,47
Freitag	Spielstraße	26	20,46
Freitag	Fußgängerzone	5	33,25
Samstag	Bundesstraße	4988	71,45
Samstag	Landesstraße	1713	62,72
Samstag	Kreisstraße	1983	54,54
Samstag	Gemeindestraße	2267	40,88
Samstag	Spielstraße	55	29,64
Samstag	Fußgängerzone	1	20,78
Sonntag	Bundesstraße	4952	73,61
Sonntag	Landesstraße	1412	61,61
Sonntag	Kreisstraße	1831	55,62
Sonntag	Gemeindestraße	1753	44,21
Sonntag	Spielstraße	77	31,64
Sonntag	Fußgängerzone	2	48,42

Tabelle 24: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (außerorts) und Wochentag

Wochentag	Straßenkategorie	Häufigkeit	Geschwindigkeit
Montag	Autobahn	1110	122,64
Montag	Autobahnauffahrt	81	95,86
Montag	Bundesstraße	3251	94,09
Montag	Bundesstraßenauffahrt	2	115,68
Montag	Landesstraße	756	88,69
Montag	Kreisstraße	375	76,74
Montag	Gemeindestraße	135	69,74
Dienstag	Autobahn	458	107,26
Dienstag	Autobahnauffahrt	159	70,61
Dienstag	Bundesstraße	4638	89,64
Dienstag	Bundesstraßenauffahrt	1	99,47
Dienstag	Landesstraße	980	81,05
Dienstag	Kreisstraße	170	64,92
Dienstag	Gemeindestraße	278	50,96
Mittwoch	Autobahn	1447	118,39
Mittwoch	Autobahnauffahrt	330	82,73
Mittwoch	Bundesstraße	4691	91,68
Mittwoch	Bundesstraßenauffahrt	1	120,97
Mittwoch	Landesstraße	2222	85,98

Mittwoch	Kreisstraße	753	69,13
Mittwoch	Gemeindestraße	556	89,36
Donnerstag	Autobahn	2992	120,82
Donnerstag	Autobahnauffahrt	268	75,46
Donnerstag	Bundesstraße	4398	92,50
Donnerstag	Bundesstraßenauffahrt	3	105,78
Donnerstag	Landesstraße	1886	90,72
Donnerstag	Kreisstraße	1133	68,14
Donnerstag	Gemeindestraße	515	68,57
Freitag	Autobahn	646	109,20
Freitag	Autobahnauffahrt	123	68,03
Freitag	Bundesstraße	5640	91,41
Freitag	Bundesstraßenauffahrt	5	90,90
Freitag	Landesstraße	1326	77,73
Freitag	Kreisstraße	1212	73,23
Freitag	Gemeindestraße	230	72,45
Samstag	Autobahn	898	115,24
Samstag	Autobahnauffahrt	162	73,09
Samstag	Bundesstraße	5191	96,31
Samstag	Bundesstraßenauffahrt	5	119,75
Samstag	Landesstraße	1848	91,64
Samstag	Kreisstraße	689	67,74
Samstag	Gemeindestraße	422	74,20
Sonntag	Autobahn	792	119,63
Sonntag	Autobahnauffahrt	115	70,54
Sonntag	Bundesstraße	5783	98,14
Sonntag	Bundesstraßenauffahrt	3	102,25
Sonntag	Landesstraße	1724	84,76
Sonntag	Kreisstraße	1475	73,28
Sonntag	Gemeindestraße	350	79,69

Tabelle 25: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Uhrzeit

Stunde	Außerorts		Innerorts	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
0	1412	94,19	1630	62,40
1	1160	91,61	1433	63,63
2	916	92,91	641	64,60
3	1205	71,34	1378	57,00
4	937	87,71	1345	56,04
5	798	81,96	711	58,68
6	385	75,11	1153	54,70
7	1263	81,68	1160	57,07
8	3534	90,31	3489	62,18
9	2919	90,25	4194	60,21

10	4004	102,25	4358	62,16
11	3387	98,49	3360	60,39
12	3479	93,07	4160	61,91
13	2440	91,66	2908	62,55
14	4877	96,30	3950	63,53
15	4410	92,01	4530	60,38
16	2451	96,24	3147	61,55
17	2225	84,60	3087	55,87
18	3237	92,61	3329	60,75
19	5008	92,70	3568	62,93
20	4721	94,05	3812	64,11
21	3120	89,17	2765	59,18
22	1094	95,81	1619	58,69
23	3246	91,18	3151	59,41

Tabelle 26: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag und Uhrzeit

Stunde	Wochenende		Wochentag	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
0	1446	81,54	1596	73,18
1	1569	80,15	1024	70,02
2	985	87,17	572	71,07
3	1346	67,72	1237	59,31
4	470	73,91	1812	67,78
5	12	22,74	1497	71,38
6	592	52,94	946	64,11
7	259	52,68	2164	71,96
8	3393	76,73	3630	75,97
9	2480	81,36	4633	67,82
10	1041	64,02	7321	83,82
11	966	79,50	5781	79,52
12	1256	85,79	6383	74,20
13	2556	75,09	2792	76,50
14	3057	74,82	5770	85,25
15	3220	74,87	5720	76,61
16	1845	75,64	3753	77,28
17	2005	78,13	3307	61,70
18	3518	81,13	3048	71,05
19	1578	79,63	6998	80,47
20	1559	79,51	6974	80,93
21	3209	76,16	2676	73,79
22	1344	72,96	1369	74,34
23	785	84,42	5612	74,29

Tabelle 27: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Uhrzeit

Stunde	NEF		RTW	
	Häufigkeit	Geschwindigkeit	Häufigkeit	Geschwindigkeit
0	1014	79,68	2028	75,89
1	1366	78,59	1227	73,43
2	486	89,24	1071	77,63
3	1274	71,65	1309	55,95
4	919	66,89	1363	70,50
5	416	76,59	1093	68,86
6	993	63,99	545	52,20
7	1258	76,20	1165	63,09
8	3957	77,52	3066	74,81
9	3163	82,85	3950	64,28
10	4888	90,65	3474	68,28
11	3056	84,34	3691	75,52
12	3913	81,55	3726	70,39
13	2129	90,01	3219	66,45
14	4014	86,55	4813	77,54
15	3505	81,76	5435	72,26
16	2683	89,08	2915	65,38
17	1590	78,13	3722	63,53
18	2262	83,38	4304	72,82
19	2513	83,01	6063	79,19
20	4527	84,59	4006	76,24
21	2617	83,96	3268	67,98
22	1757	80,60	956	60,91
23	1543	79,17	4854	74,37

Tabelle 28: Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Witterung

Datum	Häufigkeit	Geschwindigkeit
01.02.2012	1720	76,91
02.02.2012	1362	62,42
03.02.2012	4419	68,09
04.02.2012	1765	69,32
05.02.2012	2211	75,68
06.02.2012	892	70,85
07.02.2012	774	65,62
08.02.2012	1107	73,00
09.02.2012	2820	104,14
10.02.2012	1218	79,00
11.02.2012	3191	75,50
12.02.2012	3184	74,61
13.02.2012	2927	74,52
16.02.2012	4034	76,02

20.02.2012	3441	69,72
22.02.2012	1806	74,80
26.02.2012	2591	72,66
27.02.2012	1898	80,49
06.03.2012	1516	80,23
07.03.2012	465	78,73
16.03.2012	2627	76,12

Anhang 3

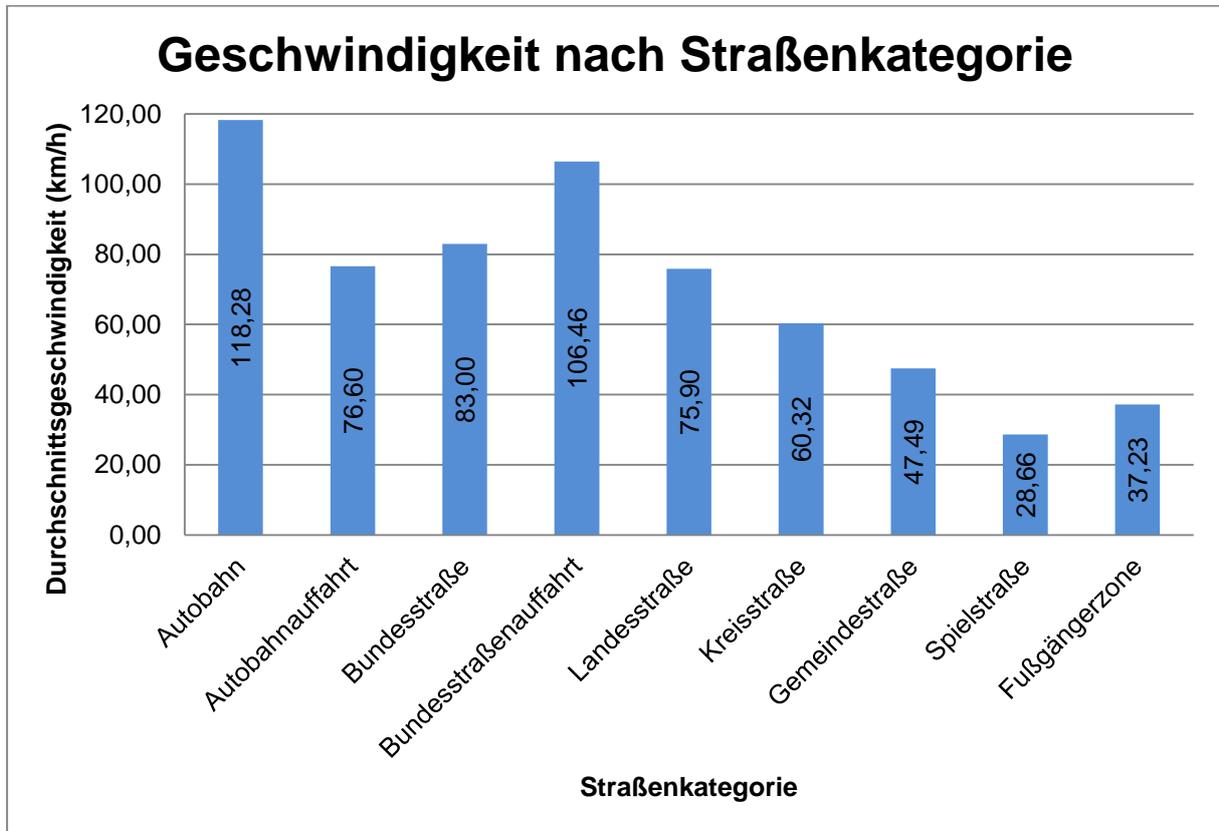


Abbildung 29: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie

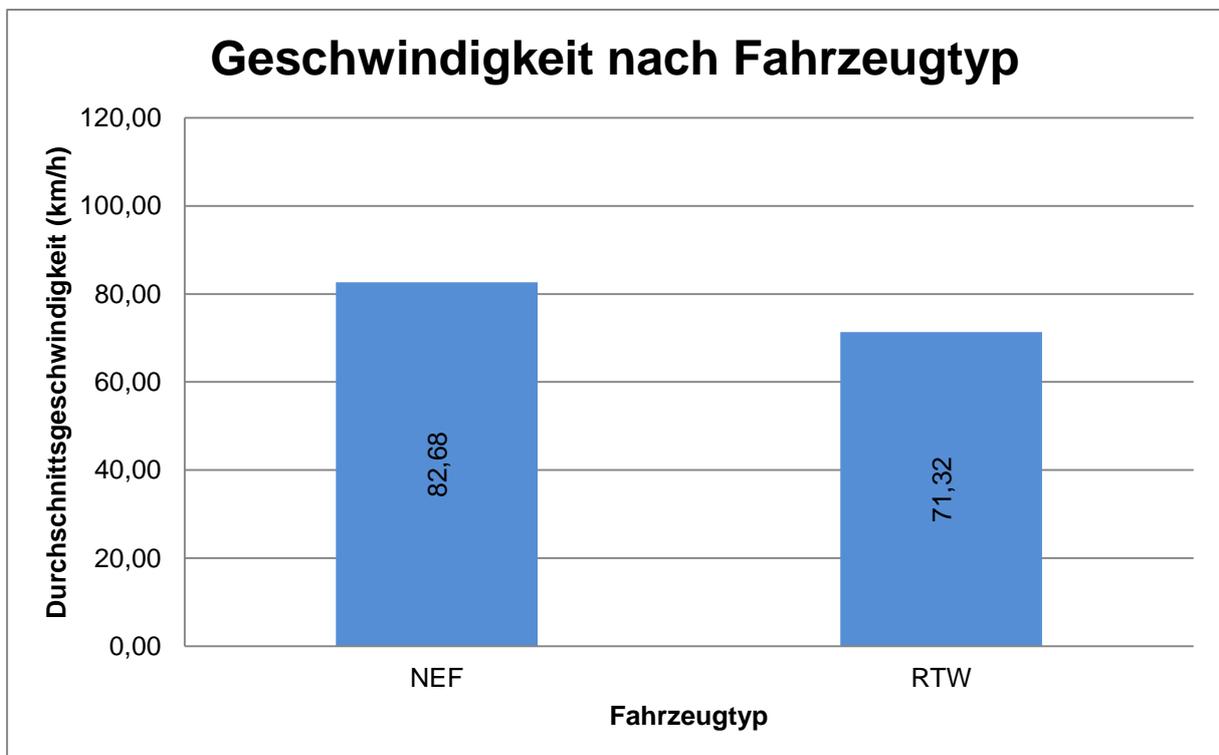


Abbildung 30: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp

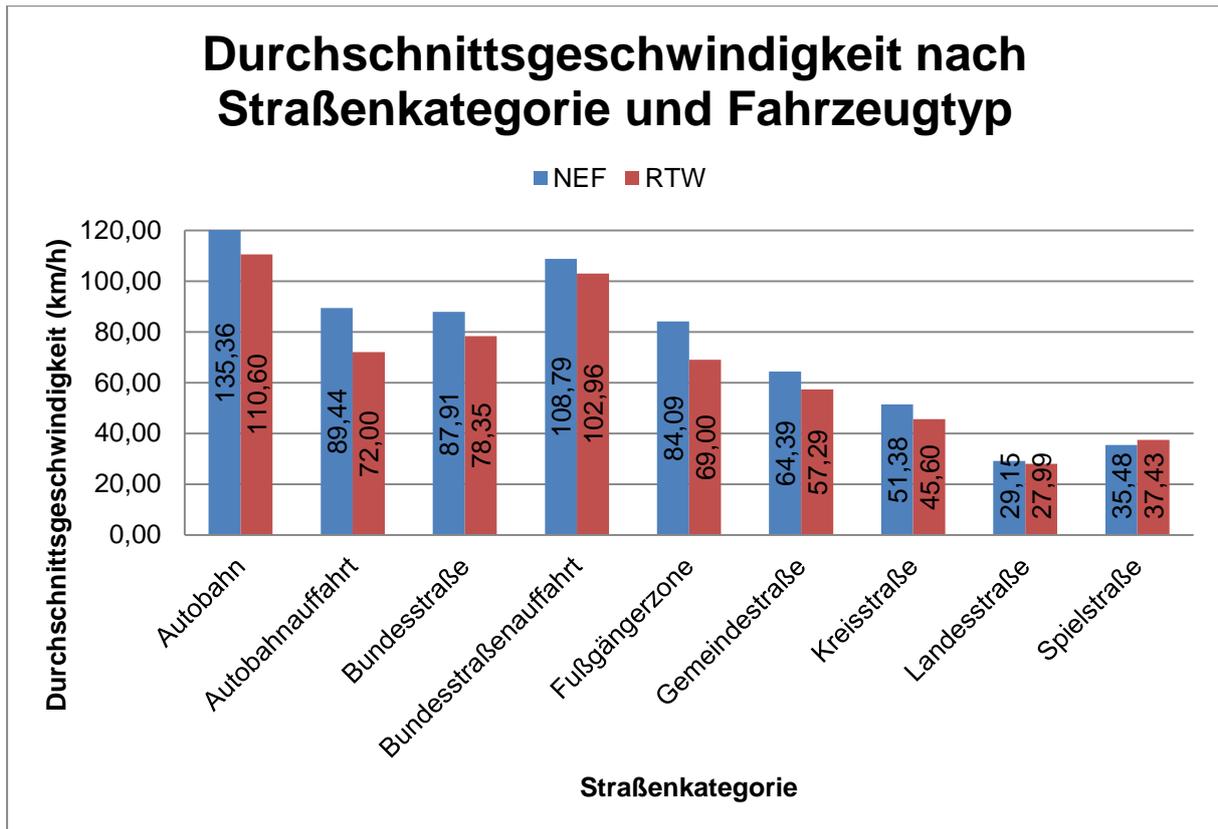


Abbildung 31: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Fahrzeugtyp

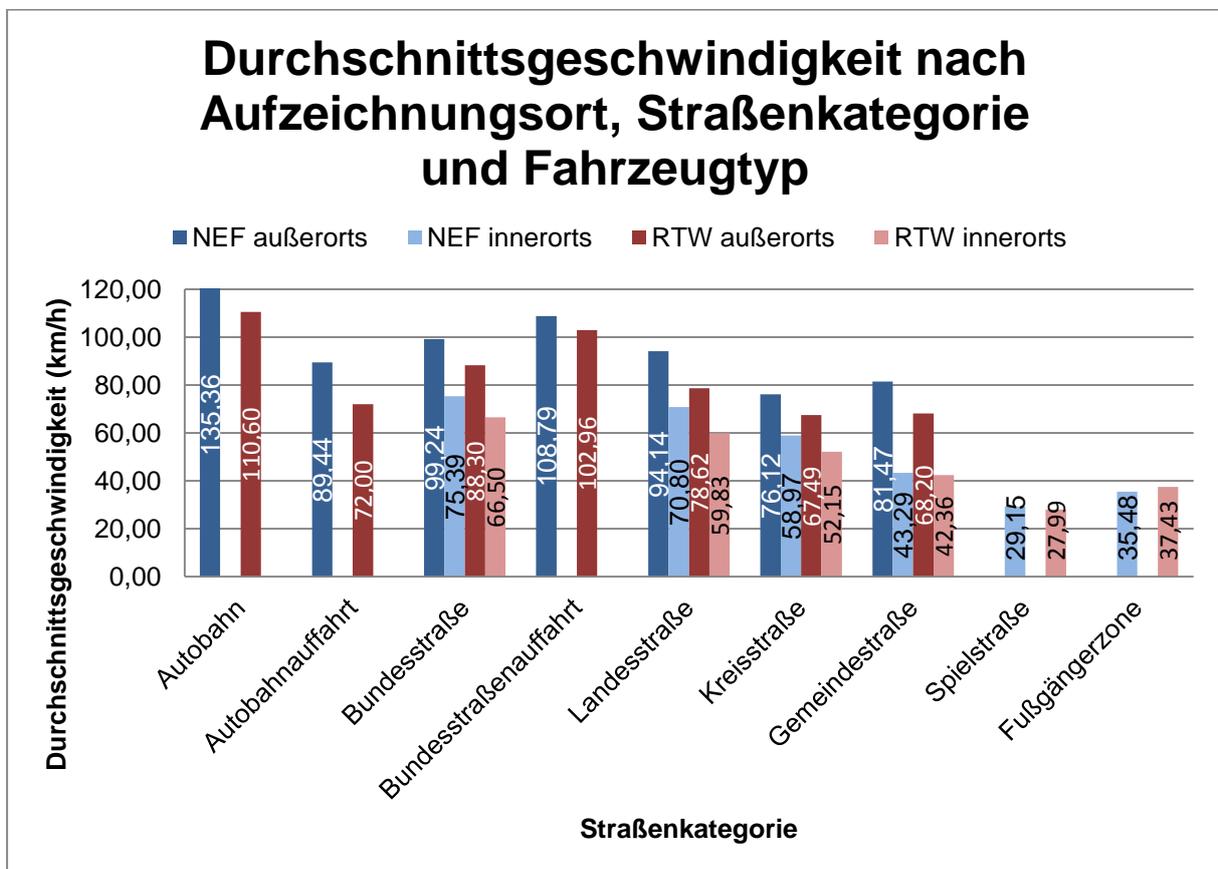


Abbildung 32: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort, Straßenkategorie und Fahrzeugtyp

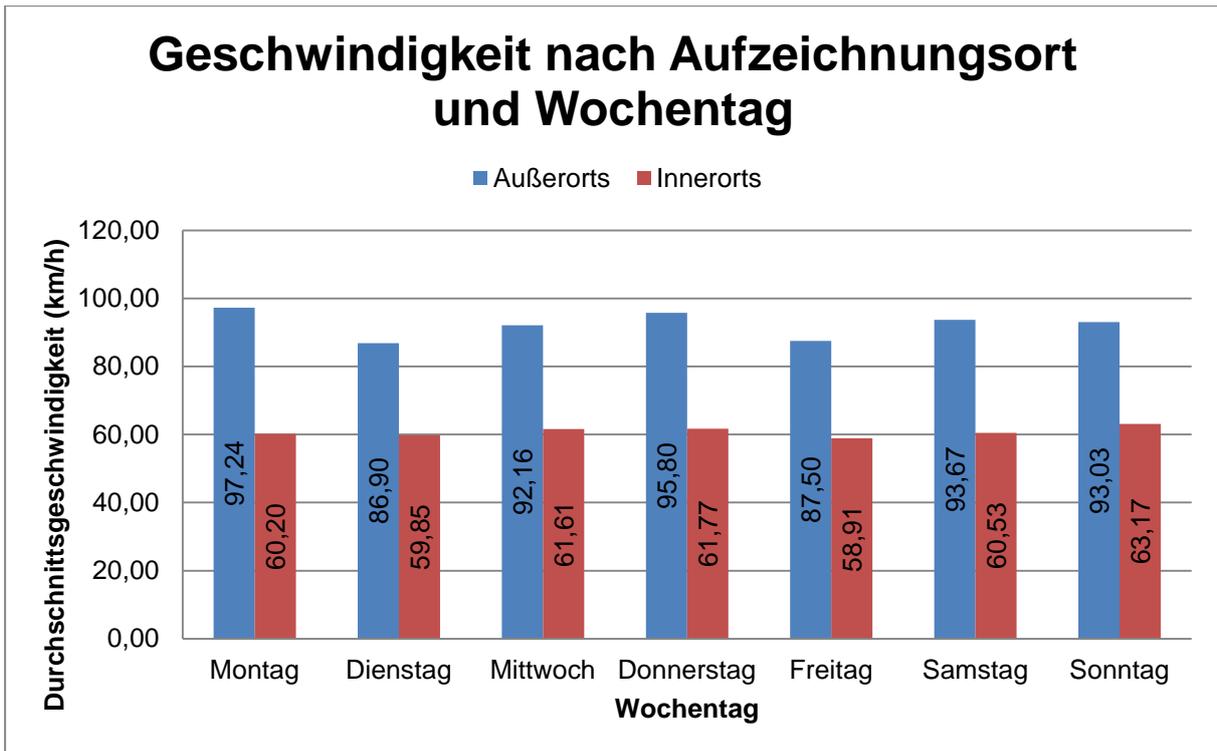


Abbildung 33: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Wochentag

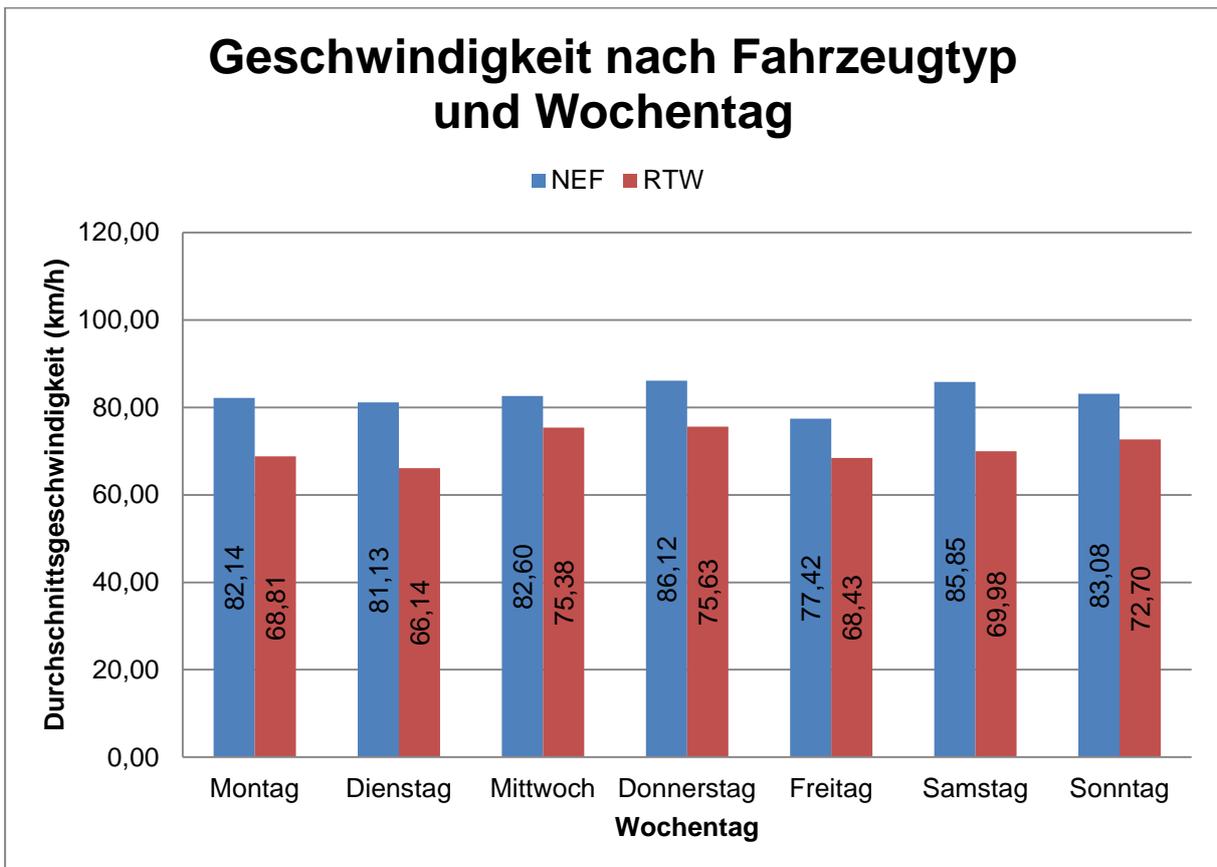


Abbildung 34: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Wochentag

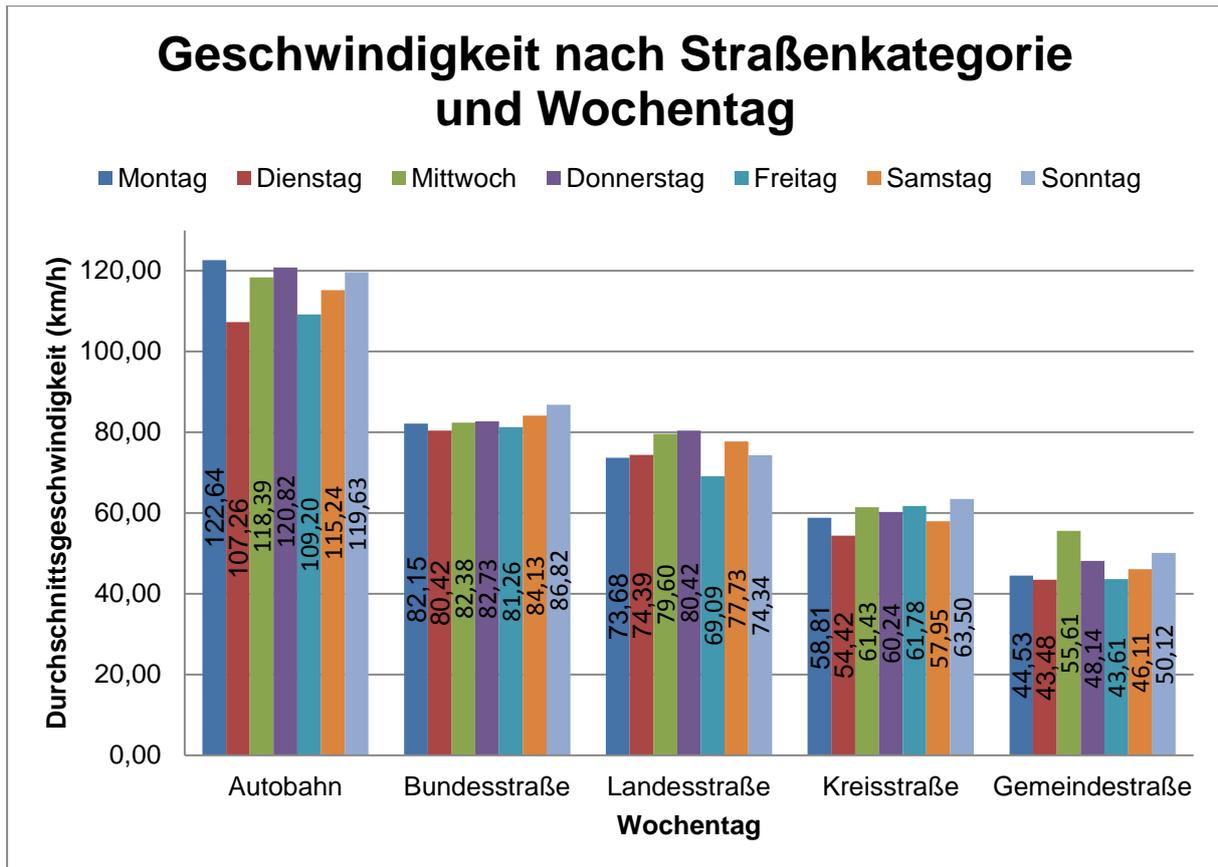


Abbildung 35: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie und Wochentag

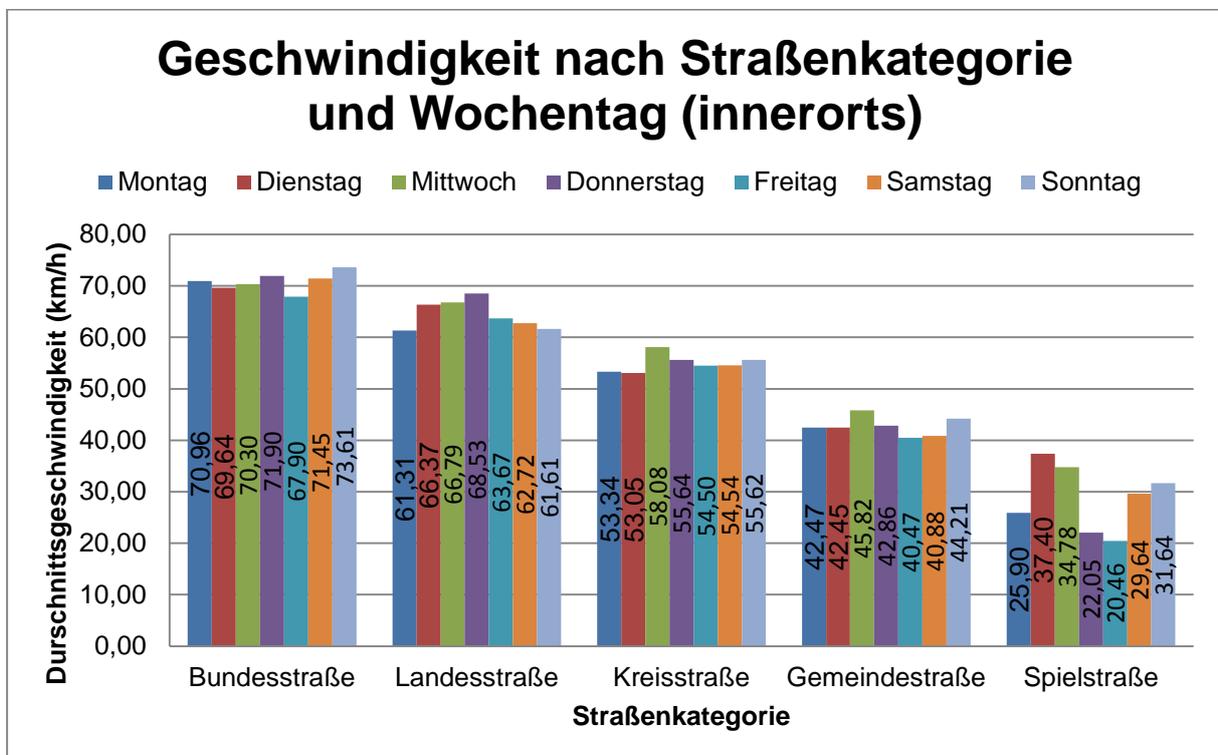


Abbildung 36: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (innerorts) und Wochentag

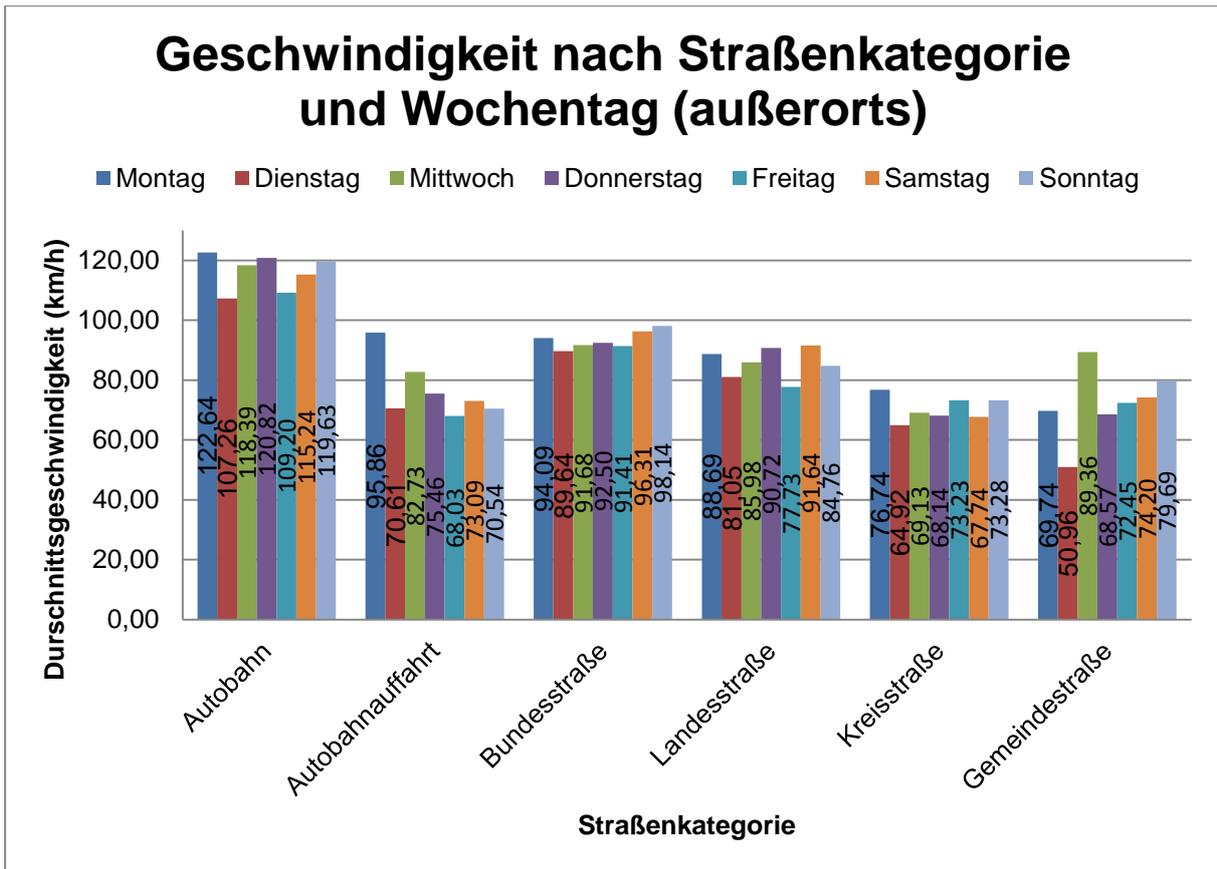


Abbildung 37: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Straßenkategorie (außerorts) und Wochentag

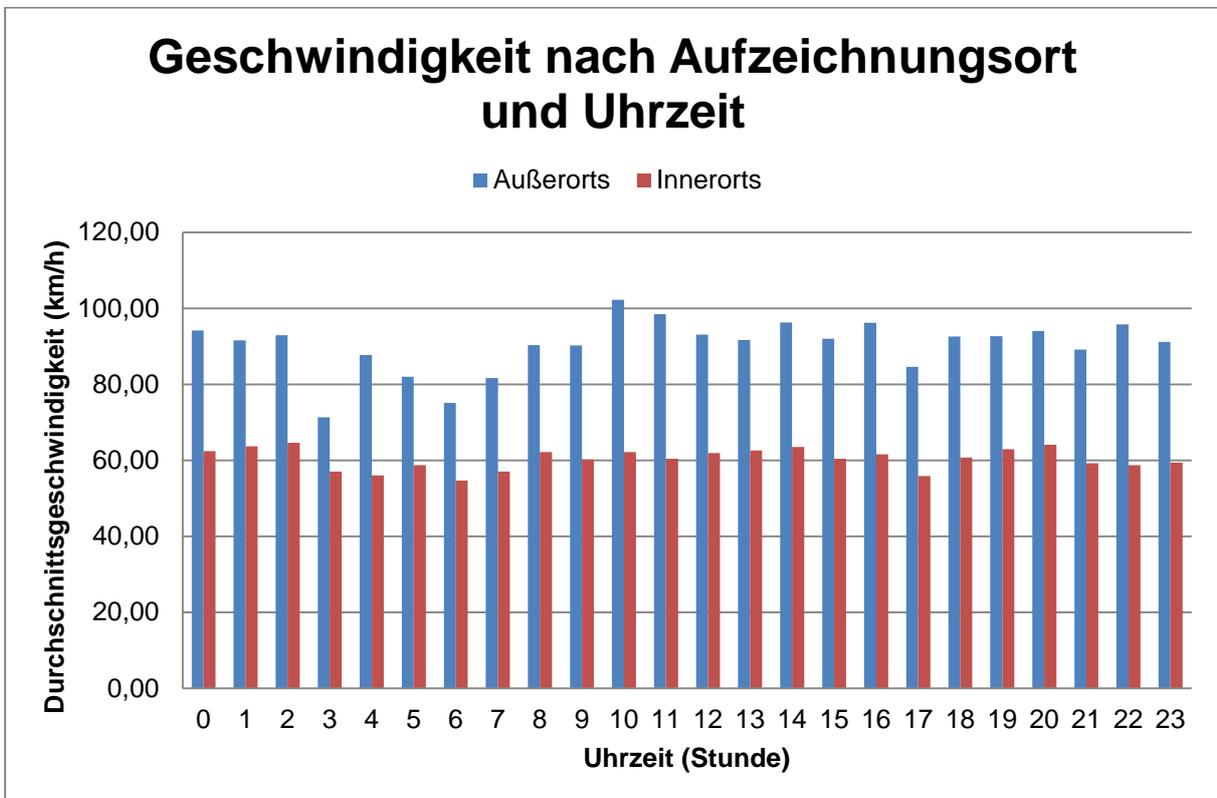


Abbildung 38: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Aufzeichnungsort und Uhrzeit

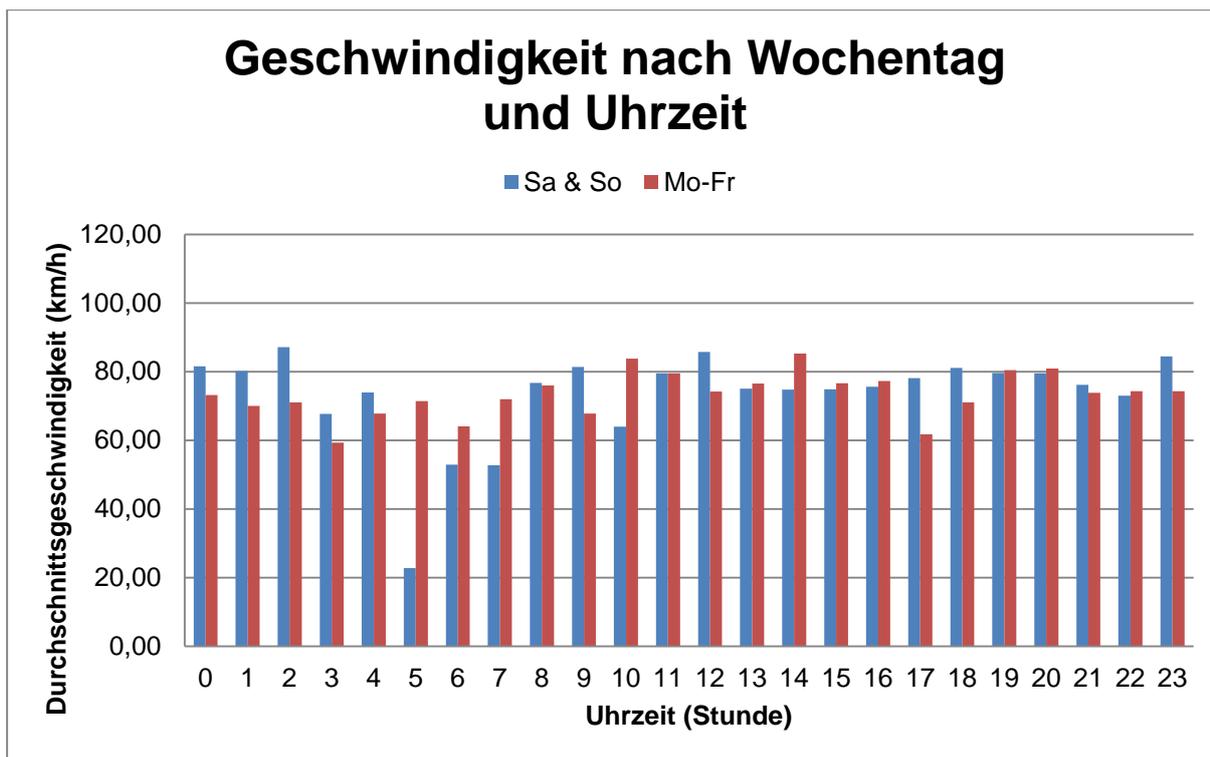


Abbildung 39: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Wochentag und Uhrzeit

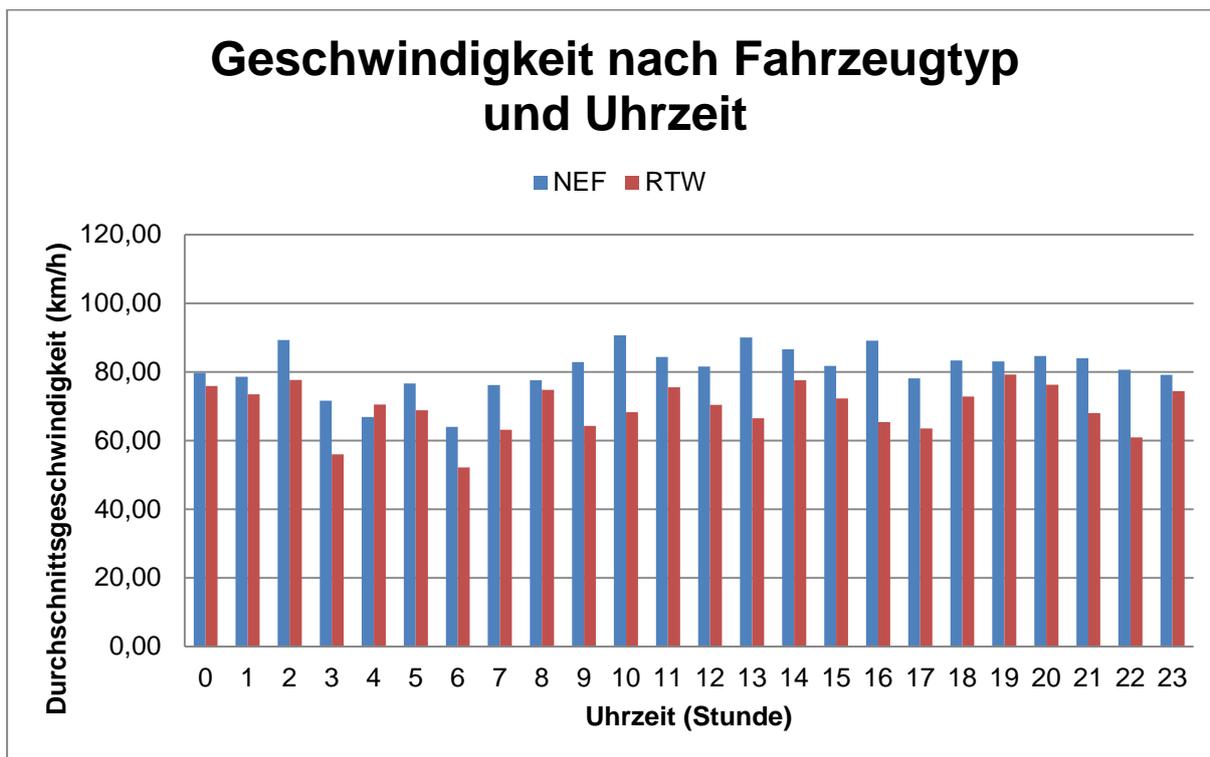


Abbildung 40: Durchschnittsgeschwindigkeit nach Fahrzeugtyp und Uhrzeit

Anhang 4

Tabelle 29: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum (Deutscher Wetterdienst, 2012)

Messstation	Datum	Wert	Einheit
Wittenborn	01.02.2012	0,0	mm
Wittenborn	02.02.2012	1,1	mm
Wittenborn	03.02.2012	0,3	mm
Wittenborn	04.02.2012	0,3	mm
Wittenborn	05.02.2012	0,0	mm
Wittenborn	06.02.2012	0,2	mm
Wittenborn	07.02.2012	0,9	mm
Wittenborn	08.02.2012	0,0	mm
Wittenborn	09.02.2012	0,2	mm
Wittenborn	10.02.2012	0,0	mm
Wittenborn	11.02.2012	0,5	mm
Wittenborn	12.02.2012	0,2	mm
Wittenborn	13.02.2012	0,7	mm
Wittenborn	14.02.2012	2,2	mm
Wittenborn	15.02.2012	0,0	mm
Wittenborn	16.02.2012	5,7	mm
Wittenborn	17.02.2012	0,0	mm
Wittenborn	18.02.2012	4,0	mm
Wittenborn	19.02.2012	0,5	mm
Wittenborn	20.02.2012	2,9	mm
Wittenborn	21.02.2012	4,9	mm
Wittenborn	22.02.2012	7,6	mm
Wittenborn	23.02.2012	1,4	mm
Wittenborn	24.02.2012	0,7	mm
Wittenborn	25.02.2012	1,1	mm
Wittenborn	26.02.2012	0,0	mm
Wittenborn	27.02.2012	1,8	mm
Wittenborn	28.02.2012	0,5	mm
Wittenborn	29.02.2012	0,2	mm
Wittenborn	01.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	02.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	03.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	04.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	05.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	06.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	07.03.2012	6,2	mm
Wittenborn	08.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	09.03.2012	0,4	mm
Wittenborn	10.03.2012	0,0	mm

Wittenborn	11.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	12.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	13.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	14.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	15.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	16.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	17.03.2012	0,2	mm
Wittenborn	18.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	19.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	20.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	21.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	22.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	23.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	24.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	25.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	26.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	27.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	28.03.2012	0,0	mm
Wittenborn	29.03.2012	0,2	mm
Wittenborn	30.03.2012	1,2	mm
Wittenborn	31.03.2012	0,4	mm

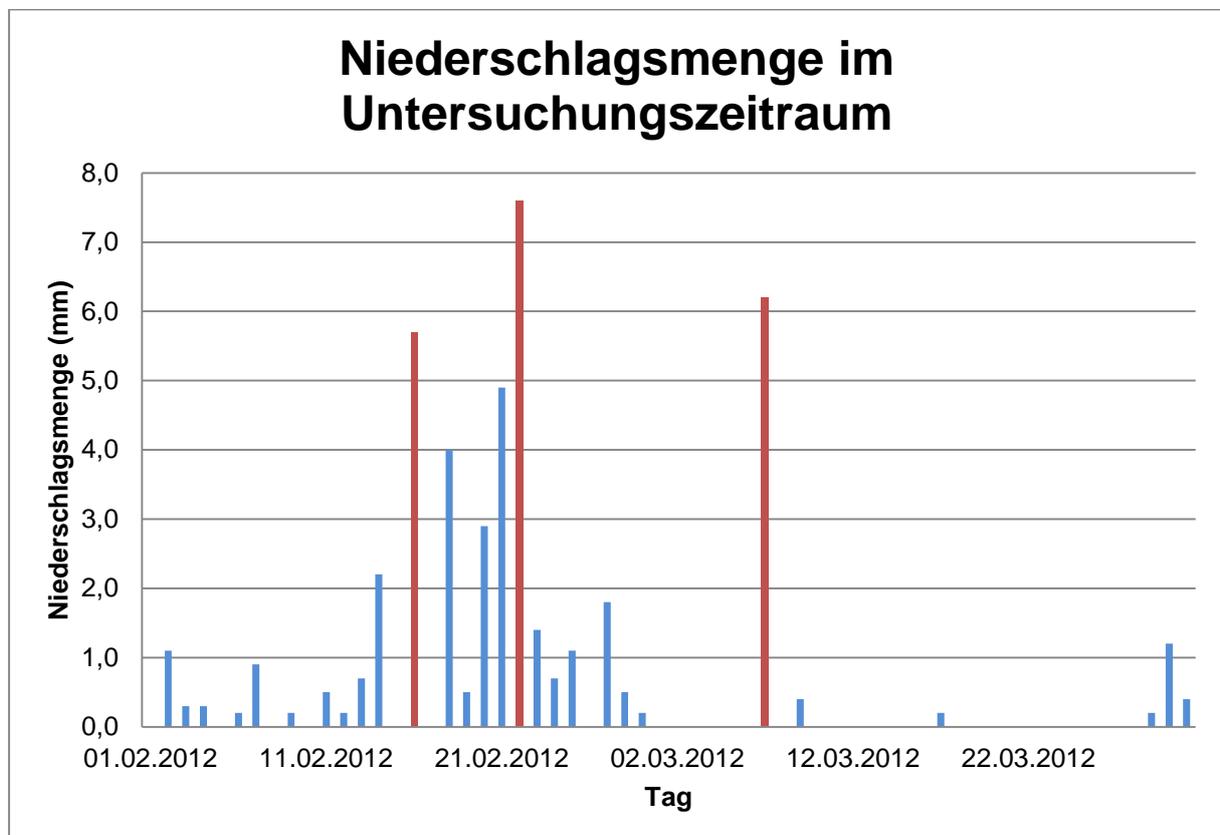


Abbildung 41: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum

Tabelle 30: Tagesstiefsttemperaturen im Untersuchungszeitraum (Deutscher Wetterdienst, 2012)

Messstation	Datum	Wert	Einheit
Wittenborn	01.02.2012	-7,6	Grad C
Wittenborn	02.02.2012	-13,1	Grad C
Wittenborn	03.02.2012	-15,6	Grad C
Wittenborn	04.02.2012	-16,1	Grad C
Wittenborn	05.02.2012	-17,9	Grad C
Wittenborn	06.02.2012	-19,0	Grad C
Wittenborn	07.02.2012	-18,8	Grad C
Wittenborn	08.02.2012	-3,6	Grad C
Wittenborn	09.02.2012	-4,9	Grad C
Wittenborn	10.02.2012	-5,8	Grad C
Wittenborn	11.02.2012	-8,6	Grad C
Wittenborn	12.02.2012	-8,5	Grad C
Wittenborn	13.02.2012	-8,4	Grad C
Wittenborn	14.02.2012	0,0	Grad C
Wittenborn	15.02.2012	-0,1	Grad C
Wittenborn	16.02.2012	-3,7	Grad C
Wittenborn	17.02.2012	1,8	Grad C
Wittenborn	18.02.2012	2,3	Grad C
Wittenborn	19.02.2012	-0,5	Grad C
Wittenborn	20.02.2012	-2,2	Grad C
Wittenborn	21.02.2012	0,6	Grad C
Wittenborn	22.02.2012	4,5	Grad C
Wittenborn	23.02.2012	4,8	Grad C
Wittenborn	24.02.2012	4,5	Grad C
Wittenborn	25.02.2012	2,6	Grad C
Wittenborn	26.02.2012	-1,9	Grad C
Wittenborn	27.02.2012	-1,3	Grad C
Wittenborn	28.02.2012	6,0	Grad C
Wittenborn	29.02.2012	5,9	Grad C
Wittenborn	01.03.2012	4,5	Grad C
Wittenborn	02.03.2012	0,0	Grad C
Wittenborn	03.03.2012	0,2	Grad C
Wittenborn	04.03.2012	3,3	Grad C
Wittenborn	05.03.2012	1,4	Grad C
Wittenborn	06.03.2012	-1,6	Grad C
Wittenborn	07.03.2012	-0,3	Grad C
Wittenborn	08.03.2012	1,6	Grad C
Wittenborn	09.03.2012	0,8	Grad C
Wittenborn	10.03.2012	6,2	Grad C
Wittenborn	11.03.2012	6,4	Grad C
Wittenborn	12.03.2012	6,1	Grad C
Wittenborn	13.03.2012	6,3	Grad C

Wittenborn	14.03.2012	5,5	Grad C
Wittenborn	15.03.2012	0,2	Grad C
Wittenborn	16.03.2012	-1,2	Grad C
Wittenborn	17.03.2012	1,4	Grad C
Wittenborn	18.03.2012	4,3	Grad C
Wittenborn	19.03.2012	3,1	Grad C
Wittenborn	20.03.2012	4,0	Grad C
Wittenborn	21.03.2012	3,7	Grad C
Wittenborn	22.03.2012	-0,3	Grad C
Wittenborn	23.03.2012	2,0	Grad C
Wittenborn	24.03.2012	1,3	Grad C
Wittenborn	25.03.2012	2,1	Grad C
Wittenborn	26.03.2012	0,5	Grad C
Wittenborn	27.03.2012	4,8	Grad C
Wittenborn	28.03.2012	5,1	Grad C
Wittenborn	29.03.2012	6,7	Grad C
Wittenborn	30.03.2012	6,0	Grad C
Wittenborn	31.03.2012	1,3	Grad C

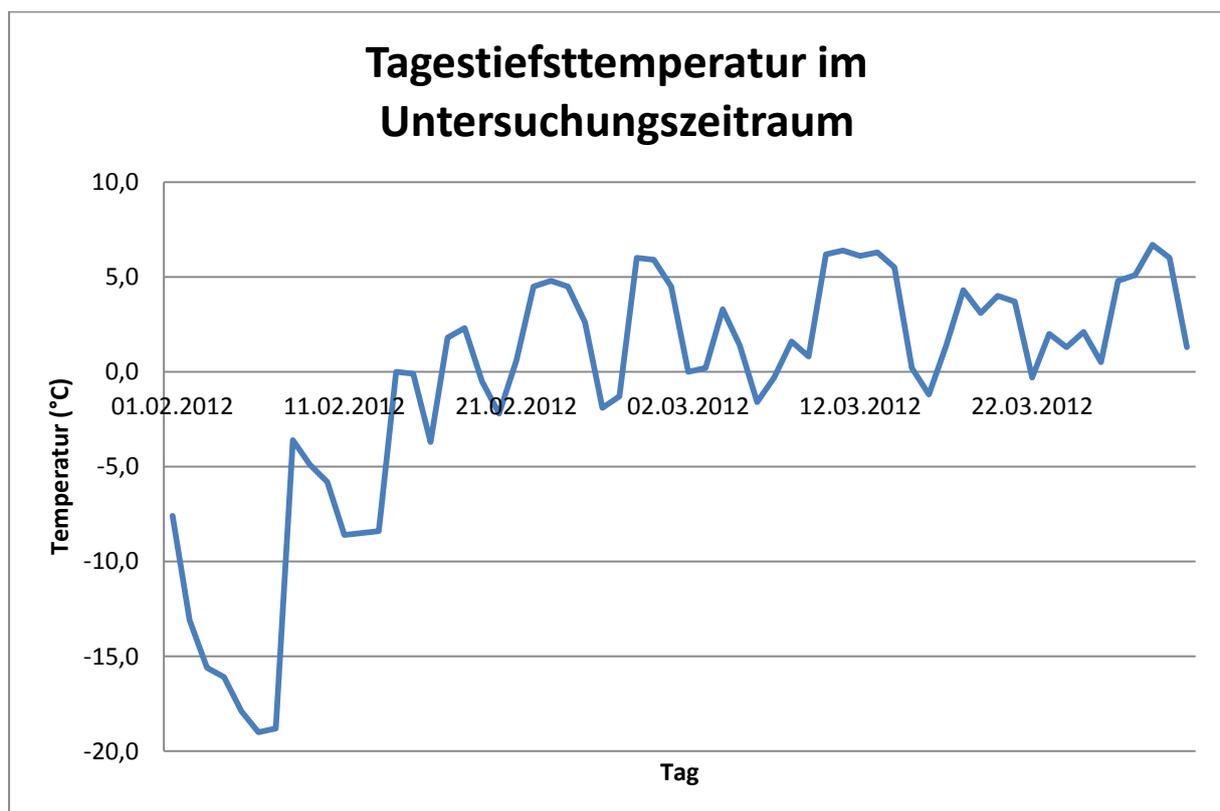


Abbildung 42: Tagestiefsttemperatur im Untersuchungszeitraum

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit mit dem im Ausgabeantrag formulierten Thema ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Datum, Ort

Mark Steinvord