

# **Untersuchung von Versorgungslücken der Feuerwehr Marburg an ausgewählten Hauptstraßen unter Maßgabe der gesetzlichen Hilfsfrist**

Simone Werkmeister & Martin Monkos - Team 5

## **1. Abstract**

The warranty of the area-wide emergency preparedness and response is designed to protect the general public and must take place within a certain legal determined period. For the spatial identification of the availability within this time limit, availability analyses of geographical information system offer the possibility to determine and evaluate these deadlines in order to show possible supply gaps by relief units. In this thesis, the methodical approach of such analyses is exemplarily presented and discussed.

Keywords: geographical information system (GIS), network, analysis, OpenStreetMap (OSM), firestations

## **2. Einleitung**

Die bedarfsgerechte Planung von abwehrenden Maßnahmen gegen Brände oder anderen Gefahren ist im Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKG) festgeschrieben. Sie ist für Gemeinden eine verpflichtende Aufgabe. In Hessen ist die Einleitung wirksamer Hilfe innerhalb einer Zeitspanne von zehn Minuten (sog. Hilfsfrist) ab dem Zeitpunkt der Alarmierung an jedem Ort des Gemeindegebietes zu gewährleisten (§3 Abs. 2 HBKG). Geoinformationssysteme bieten sich zur Modellierung und Lösung dieser raum-zeitlichen Erreichbarkeitsproblematik an. Sie ermöglichen Aussagen über die Abdeckung eines Raumes unter den Bedingungen Standort, Distanz und Zeit zu treffen.

### **Zielsetzung**

In dieser Projektarbeit soll die Erreichbarkeit der 17 Stadtteilfeuerwachen der Freiwilligen Feuerwehr Marburg auf ausgewählten Hauptverkehrsstraßen untersucht werden um mögliche, durch die räumliche Verteilung der Feuerwachen bedingte, strukturelle Versorgungslücken zu ermitteln, darzustellen und zu qualifizieren.

## **3. Daten und Methoden**

Die Grundlage zur Ermittlung des Versorgungsnetzes bilden Netzwerkmodelle und ihre Analysen. Es wurde ArcGIS verwendet.

### **3.1.1 Netzwerke**

Netzwerke dienen der Modellierung linearer Phänomene (Bill 2016, S. 493). Sie bestehen nach de Lange (2013, S. 373) aus Knoten und Kanten, wobei Kanten aus miteinander linear verbundenen Knoten bestehen und in ihrer Menge in der Regel planare, unregelmäßige, bewertete Graphen bilden. Die Topologie, d.h. die räumliche Beziehung der Knoten-Kanten-Knoten-Beziehung, basiert damit auf dem Vektormodell und unterliegt der Graphentheorie (De Lange 2013, S. 373). Das Vektormodell bezeichnet die Beziehung zwischen einem definierten Anfangsknoten und einem ihm zugewiesenen Endknoten, woraus eine Richtung (Vektor) resultiert.

In ArcGIS wurde das verwendete Netzwerk mit dem Toolset „Netzwerk-Dataset“ (ESRI 2016a) modelliert. Auf diesem Netzwerkmodell basiert die in 3.1.3 genannte Netzwerkanalyse.

### **3.1.2 Netzwerkanalysen in Geoinformationssystemen**

Netzwerkanalysen untersuchen den Zusammenhang von Kanten in einem Netzwerk unter Einbeziehung ihrer „geometrischen als auch Flussbeziehung (...) wie z.B. Widerstände, Durchflussmengen, Wegelänge etc.“ (Bill 2016, S. 493). Die Datenträger dieser Eigenschaften sind im linearen Netzwerk Knoten und/ oder Kanten (ebd.). Nach Bill (zit. nach Kiefer 2016, S. 28) existieren drei grundlegende Netzwerkanalysen: Ermittlung der besten Wege (kürzester Weg zwischen zwei Knoten), Ermittlung des besten Standorts (auf Grundlage absoluter Wegkosten) und das Rundreiseproblem (der kürzeste Weg zwischen mehreren Knoten, wobei der Startknoten dem Zielknoten entspricht) (Kiefer 2016, S. 28).

### **3.1.3 Erreichbarkeitsanalyse**

Eine Erreichbarkeitsanalyse ermittelt unter Einbeziehung von Eigenschaften des Netzwerks, d.h. den Gewichten der Netzwerkkomponenten, die zu einem Standort räumlich relativ gelegenen Zielpunkte. Dabei stellt der ermittelte Bereich um einen Standort die Summe der Kanten mit der geringsten Impedanz dar (Bill 2016, S. 495). So lassen sich Versorgungsnetzwerke modellieren, indem einem Standort bestimmte Netzwerkabschnitte zugewiesen werden (De Lange 2013, S. 375).

Die Netzwerkanalyse der (hier linearen) Einzugsgebiete, unter Einbeziehung von Gewichtungen, wurde mittels des Netzwerkanalyse-Layers „Einzugsgebiet-Analyse“ (ESRI 2016b) durchgeführt.

### **3.1.4 OpenStreetMap (OSM)**

Für die Modellierung des benötigten Analysenetzes und Darstellung der Kartengrundlage eignet sich der lizenzfreie, routingfähige Datensatz des OSM-Straßennetzes, da dessen Aufbau mit Punkten, Kanten und ihren Relationen erfolgt (Bill 2016, S. 260).

Die Daten wurden als Auszug der OSM-Gesamtdatenbank vom Drittanbieter Gisgraphy bezogen und aufbereitet.

### **3.1.5 Weitere Datengrundlagen**

Die Standorte der Stadtteilfeuerwachen wurden recherchiert und eigens digitalisiert, da hierzu keine Daten zur Verfügung standen.

Für die Begrenzung und Darstellung des Ergebnisses wurden Gemarkungsgrenzen von Global Administrative Areas (GADM) verwendet (GADM 2016). Weiterhin fanden Daten zur Landnutzung aus der OSM-Datenbank Verwendung, welche im gleichen Datenpaket des OSM-Straßennetzes enthalten sind.

### **3.1.6 Herstellung der Datenverarbeitbarkeit für ArcGIS**

Für die Verarbeitung der Daten in ArcGIS mussten die im PBF-Format vorliegenden Daten in ein ESRIkonformes Format übertragen werden. Hierzu wurden die mit Osmconvert in ein OSM-Format konvertierten Daten mit der Software JOSM auf das benötigte Gebiet zugeschnitten, um im Anschluss eine Bereinigung der Attribute mit QGIS vorzunehmen, da ArcGIS und SHP-Dateien nur über eine begrenzte Feldverwaltung verfügen. Anschließend konnte der Export aus QGIS in eine ESRI Shapefile zum Import in eine ArcGIS-Geodatabase erfolgen. Die OSM-Landnutzungsdaten wurden in diesem Arbeitsprozess mitverarbeitet.

### 3.1.7 Datenaufbereitung in ArcGIS

Der OSM-Straßendatensatz wurde auf sieben Straßentypen<sup>1</sup> der Hauptverkehrsstraßen, welche innerhalb der Gemarkungsgrenze Marburgs gelegen sind, reduziert (vgl. Tab 1).

Für eine Überprüfung der Netzwerkkonsistenz wurde das Toolset „Geometrisches Netzwerk“ (ESRI 2016c) verwendet, mit dem Ergebnis von Inkonsistenzen (siehe zum Thema Datenqualität Abschnitt 5). Aufgrund der Überschaubarkeit des Datensatzes konnten unter Verwendung der ArcMap-Grundkarte (OSM) nicht routingfähige Kanten, wie beispielsweise Kreisverkehre ohne Knotenrelationen, entfernt und näherungsweise (manuell) über Kantenverlängerungen remodelliert werden. Aus diesem Datensatz wurden nur die für das Projekt relevanten Straßen beibehalten.

Dem hieraus resultierenden Analysedatensatz wurde die Gewichtung „Zeit“ hinzugefügt, indem den jeweiligen Straßentypen Geschwindigkeits- und Längenattribute zugewiesen wurden und anschließend die Zeit pro Strecke<sup>2</sup> berechnet wurde. Die den Straßentypen zugewiesenen Durchschnittsgeschwindigkeiten basieren auf einer Einstufung der Berufsfeuerwehr Frankfurt am Main (Kiefer 2016, S. 43).

Tab. 1: Geschwindigkeit nach Straßentyp (Quelle: Eigene Darstellung nach Kiefer 2016, S. 45)

OSM-Straßentyp	Geschwindigkeitsattribut (km/h)
secondary	35
secondary_link	30
tertiary	35
tertiary_link	30
trunk	60
trunk_link	30
unclassified	25

## 4. Ergebnisse

Die Untersuchung mittels Netzwerk-Dataset und der Einzugsgebiet-Analyse erfolgte unter der Bedingung des Kostenfaktors Zeit mit einem Wert von einer maximalen Reisedauer von fünf Minuten, weil die für die Freiwillige Feuerwehr empfohlene mittlere Ausrückzeit von fünf Minuten angesetzt wurde, womit die in den Ergebnissen berücksichtigte Fahrzeit fünf Minuten entspricht und in der Summe den zehn Minuten der Hilfsfrist (vgl. LFV 2005, S. 7).

Das der Erreichbarkeitsanalyse zugrunde liegende Straßennetz besitzt eine Gesamtlänge von 193,4 km und soll im Optimum von 17 Stadtteilfeuerwachen gänzlich abgedeckt werden. Die Auswertung ergab, dass die Abdeckung lediglich 153,5 km beträgt. Dies entspricht einem Abdeckungsgrad von 79,4%. In Abb. 1 sind die innerhalb der Hilfsfrist erreichbaren und nicht erreichbaren Hauptverkehrsstraßen dargestellt.

Die Summe beider Kategorien entspricht dem verwendeten gesamten Straßennetz.

---

<sup>1</sup> Eine detaillierte Auflistung der OSM-Straßentypen ist einsehbar unter: [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map\\_Features](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map_Features)

<sup>2</sup>  $t=s/v$ ; mit  $t$ =Zeit,  $s$ =Strecke,  $v$ =Geschwindigkeit

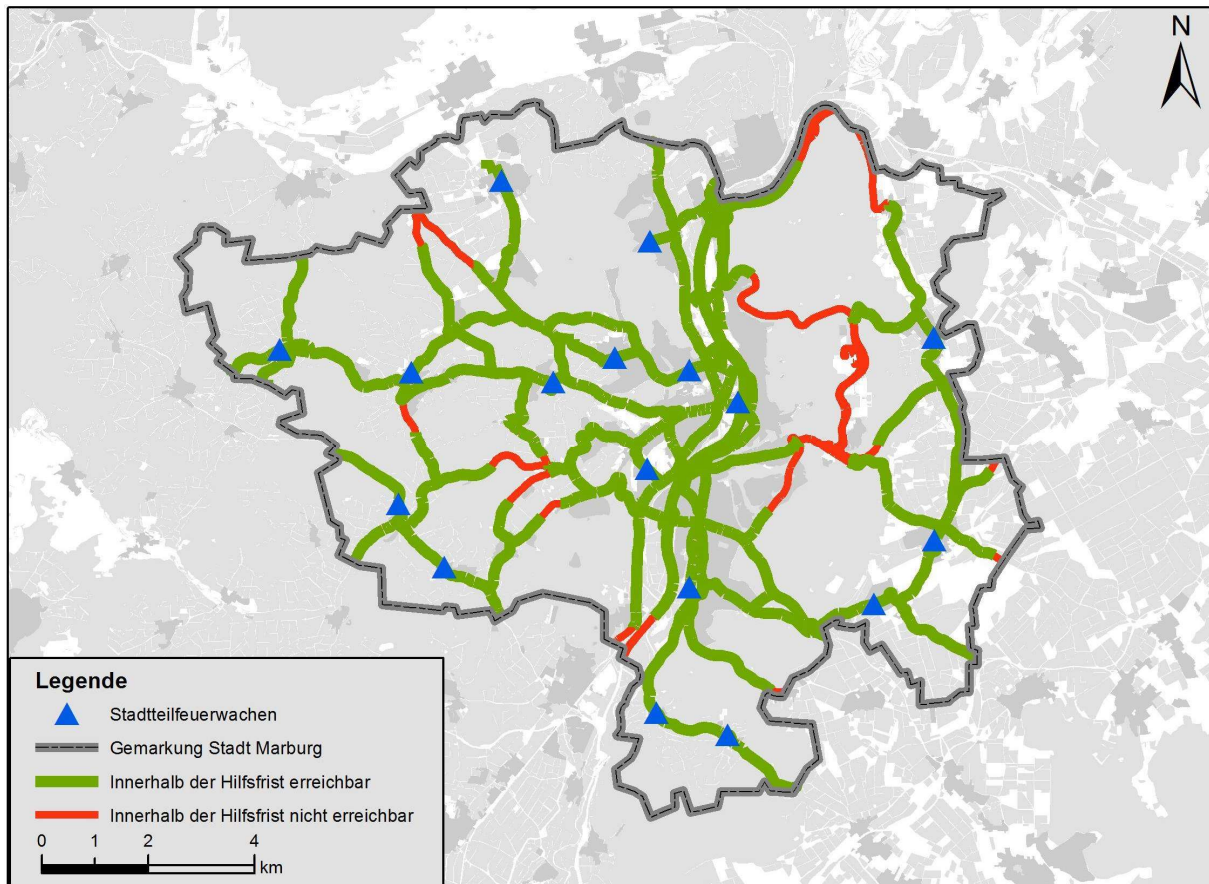


Abb. 1: Erreichbarkeitssanalyse der Stadtteilfeuerwehren Marburgs

## 5. Diskussion

Durch den starken Abstraktionsgrad des Netzwerks kann die vorliegende Analyse lediglich einen Trend aufzeigen, welcher nach Rücksprache mit einem, in der Einsatzplanung der Feuerwehr Marburg, Sachkundigen mit der Praxis korreliert.

Die Analyse ergibt, dass rund 20% des untersuchten Gebiets innerhalb einer fünfminütigen Fahrzeit nicht erreicht werden kann. Somit werden die Hilfsfristmaßgaben des Gesetzgebers nach §3 Abs. 2 HBKG nicht erfüllt. Die nicht abgedeckten Gebiete sind hinsichtlich ihrer Nutzungsart und der damit verbundenen Einsatzwahrscheinlichkeit unterschiedlich zu kategorisieren, um den Versorgungslücken eine qualitative Aussagekraft zu geben. Hierfür wird im Folgenden eine Unterscheidung zwischen dicht- und geringbesiedeltem Raum getroffen und im Rahmen der vorliegenden Analyse als hinreichend betrachtet.

Der größte zusammenhängende, nicht abgedeckte Bereich betrifft das Gebiet unmittelbar östlich des Stadtkerns. Diese Versorgungslücken in den Stadtteilen Waldtal, Oberer Richtsberg und dem Universitätsklinikum sowie dem angeschlossenen Campus der Universität auf den Lahnbergen sind besonders relevant, da sie zu den dichtbesiedelten Räumen mit erhöhtem Gefährdungspotential gehören. Die Versorgungslücken im westlichen Bereich des Stadtgebiets befinden sich überwiegend in geringbesiedeltem Raum mit einem geringen Gefährdungspotential.

In Anbetracht der Gesetzeslage müssen alle Versorgungslücken geschlossen werden. Hierbei wäre das Gebiet der Lahnberge und umliegender Stadtteile vorrangig zu behandeln.

Eine differenzierte Bewertung des Gefährdungspotentials sowie der daraus resultierenden Maßnahmen muss in weiteren Analysen genauer betrachtet werden. Zudem erscheint es sinnvoll für qualitative Auswertungen Einsatzhäufigkeiten mit einzubeziehen.

## Literatur

**BILL, R.** (2016): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. – 6. Auflage. – Wichmann. – Berlin.

**DE LANGE, N.** (2013): Geoinformatik in Theorie und Praxis. – 3. Auflage. – Springer. – Berlin/Heidelberg.

**ESRI** (2016a): Entwerfen des Netzwerk-Datasets.

<<https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/guide-books/extensions/network-analyst/designingthe-network-dataset.htm>> (Zugriff: 18.12.2016).

**ESRI** (2016b): Einzugsgebiet-Analyse. – <<http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/guidebooks/extensions/network-analyst/service-area.htm>> (Zugriff: 18.12.2016).

**ESRI** (2016c): Überblick über das Toolset "Geometrisches Netzwerk".

<<http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/data-management-toolbox/an-overview-of-thegeometric-network-toolset.htm>> (Zugriff: 18.12.2016).

**KIEFER, U.** (2016): Erreichbarkeitsanalyse für Rettungswachen. – Masterarbeit. – Frankfurt University of Applied Science. – Frankfurt.

**LANDESFUEHRVERBAND HESSEN E.V. LFV** (2005): Hinweise und Empfehlungen zur Durchführung einer Feuerwehrbedarfs- und Entwicklungsplanung für die Städte und Gemeinden. – Hofheim.

## Rechtsquellen

**HESSISCHES GESETZ ÜBER DEN BRANDSCHUTZ, DIE ALLGEMEINE HILFE UND DEN KATASTROPHENSCHUTZ** (Hessisches Brand- und Katastrophenschutzgesetz – HBKG) in der Fassung vom 03.12.2013 (GVBl. 2014 S. 26).

## Datengrundlage

**GISGRAPHY PROJECT** (2016): Free opensource geocoder and webservice for geonames and openstreetmap data. – Datensatz: DE.tar.bz2.

<<http://download.gisgraphy.com/openstreetmap/pbf/>> (Zugriff: 08.12.2016).

**GLOBAL ADMINISTRATIVE AREAS (GADM)** (2016): Database of Global Administrative Areas. – Datensatz: Germany/Shapefile. – <<http://www.gadm.org/country>> (Zugriff: 08.12.2016).

## Verwendete Software

**ESRI: ARCGIS FOR DESKTOP.** – Lizenz: Advanced (ArcInfo) Single Use. – Version 10.3.0.4322.

**OPEN SOURCE: QGIS.** – Lizenz: CC BY-SA 3.0. – Version 2.18.1. –

<<http://www.qgis.org/de/site/about/index.html>>

**OPEN SOURCE: OSMCONVERT.** – Programmdatei für Windows 64 bit. Lizenz: GPL. –

<<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmconvert>>

**OPEN SOURCE: JOSM.** – Lizenz: CC BY-SA 3.0. – Version: 11223. – <<https://josm.openstreetmap.de/>>