

Plausible Grenzen ziehen – routingbasierte Erstellung von Gemeindeteilflächen in Bayern

Matthias Lämmer¹, Alexander Vesper¹, Mathias Weber¹

¹INM, Klinikum der Universität München · matthias@laemmer.eu

Zusammenfassung: Im Rahmen der Qualitätssicherung der rettungsdienstlichen Notfallversorgung in Bayern ist eine Unterteilung der Gemeindegebiete erforderlich. Solche Gemeindeteilflächen sind amtlich nicht definiert, es existieren jedoch Gemeindeteile als Punktinformation. Auf Grundlage dieser Punkte wurde ein Algorithmus entwickelt, der sinnvolle Grenzen innerhalb der Gemeindegebiete generiert, und unter Nutzung von ArcPy implementiert. Dabei fließen die Erreichbarkeit im Straßennetz und die Bebauung ein. Dies ermöglicht die automatisierte Berechnung von Gemeindeteilflächen, die natürliche und anthropogene Strukturen berücksichtigen.

Schlüsselwörter: Grenzen, Thiessen-Polygone, Rettungsdienst, Segmentierung, Esri ArcGIS

Abstract: *In the context of quality assurance for the emergency medical services in Bavaria a segmentation of the municipal areas is necessary. Such municipal subareas are not officially defined; however, official submunicipalities do exist as point information. On the basis of these points an algorithm, generating reasonable borders within the municipal areas, was developed and implemented using ArcPy. The algorithm integrates accessibility by road as well as settlement information. This enables the automated calculation of municipal subareas respecting natural and anthropogenic structures.*

Keywords: *Borders, Thiessen polygons, EMS, segmentation, Esri ArcGIS*

1 Einführung und Motivation

Das Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM) des Klinikums der Universität München prüft im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums des Innern, für Bau und Verkehr die Einhaltung der gesetzlichen Fristen zur Notfallversorgung durch den Rettungsdienst. Dabei wird anhand statistischer Auswertungen der Einsatzdaten ermittelt, ob die innerhalb eines sog. „Versorgungsbereiches“ aufgetretenen Notfälle mit den vorhandenen Rettungswagen ausreichend schnell erreicht wurden.

Entsprechend der rechtlichen Vorgaben setzen sich diese Versorgungsbereiche aus Gemeindeteilen zusammen. Zur Durchführung des oben beschriebenen Prüfverfahrens sowie zur Visualisierung der Ergebnisse in Choroplethenkarten ist es somit notwendig, jeden Notfalleinsatz anhand des dokumentierten Einsatzortes bzw. der dokumentierten Geokoordinaten dem Gebiet eines Gemeindeteiles zuzuschlagen.

Es existieren jedoch keine amtlichen Gemeindeteilflächen für ganz Bayern, da die Bayerische Vermessungsverwaltung die Gemeindeteile nur als Punktinformation veröffentlicht (vgl. Abbildung 1). Bislang verwendet das INM Gemeindeteilflächen, die eigens für diesen Zweck von einem Geodatenanbieter erstellt wurden. Diese Gemeindeteilflächen zeigen allerdings an vielen Stellen einen unbefriedigenden Zusammenhang mit der aktuellen Siedlungsstruktur, der Topographie und dem Straßennetz.

Daher sollte ein Algorithmus entwickelt werden, der unter Berücksichtigung sowohl anthropogener Strukturen als auch natürlicher Grenzen auf nachvollziehbare Weise flächendeckend

Gemeindeteilflächen erzeugt und bei Bedarf eine automatisierte Aktualisierung durch das INM ermöglicht.

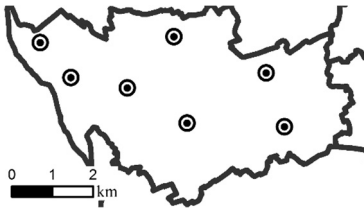


Abb. 1:
Ausgangssituation: Grenzen und Gemeindeteilpunkte einer Gemeinde (hier Senden/Iller)

Zur Gliederung von Gemeindegebieten in Gemeindeteile hat der DEUTSCHE STÄDTETAG (1991) allgemeine Empfehlungen veröffentlicht. Derartige Gliederungen auf Basis von Straßen und Hausnummern werden jedoch nicht einheitlich und nur von größeren Kommunen durchgeführt, sodass die Verwendung solcher Daten nicht infrage kam.

Beim Rettungsdienst handelt es sich im Wesentlichen um ein straßengebundenes System. Deswegen wurde die Erreichbarkeit im Straßennetz als zentrales Kriterium festgelegt, um jeden Punkt innerhalb einer Gemeinde einem Gemeindeteil zuzuordnen. Konzeptionell können die Gemeindeteilflächen als Einzugsbereiche der Gemeindeteilpunkte verstanden werden. Einzugsbereiche können unter Nutzung des „Network Analyst“ in Esri ArcGIS berechnet werden. Die auf diese Weise generierten Einzugsbereiche weisen jedoch Unzulänglichkeiten wie Lücken oder fehlende/ungenau Zuordnungen von Randflächen außerhalb des Straßennetzes auf. Diese lassen sich auch durch Anpassung der vorhandenen Parameter nicht vermeiden (vgl. DELAMATER et al. 2012).

Eine Methode, die diese Nachteile nicht aufweist, wurde von UPCHURCH et al. (2004) entwickelt. UPCHURCH et al. wählten einen rasterbasierten Ansatz, um Einzugsbereiche von Bahnhöfen zu erstellen. Da im INM sämtliche Geodaten als Vektordaten vorliegen und Konvertierungen zwischen Vektor- und Rasterdaten vermieden werden sollten, wurde diese Methode nicht eingesetzt und eine ausschließlich vektorbasierte Methode entwickelt.

2 Methodik

2.1 Grundprinzip

Der Gesamttablauf lässt sich in drei Schritte gliedern, die zusammen mit ihrer maßgebenden Methode in Abbildung 2 dargestellt sind.

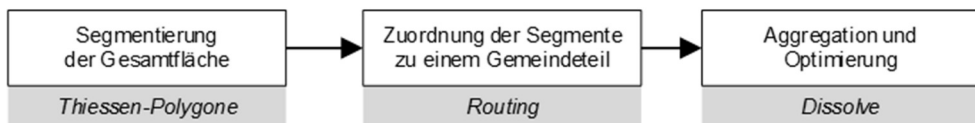


Abb. 2: Schematische Darstellung des Algorithmus

Zunächst wird die Gesamtfläche jeder Gemeinde in viele kleine Segmente unterteilt. Die Segmente werden dann per Routing im Straßennetz einem Gemeindeteil zugeordnet. Alle demselben Gemeindeteil zugeordneten Segmente bilden nach Vereinigung die Fläche eines Gemeindeteils.

2.2 Datengrundlage

Namen und Koordinaten der rund 42.000 Gemeindeteilpunkte sind in der „Gemeindeteiledatenbank Bayern“ enthalten, die vom Bayerischen Landesamt für Statistik bezogen wurde.

Vom Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern wurden die Gemeindegrenzen und die Siedlungsflächen zur Verfügung gestellt. Als Siedlungsflächen wurden die Objekte vom Typ „AX_Ortslage“ aus dem „Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem“ (ATKIS) des Landesamtes herangezogen. „Ortslage“ bezeichnet dort „eine im Zusammenhang bebaute Fläche“ (BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE 2013).

Das bayernweite routingfähige und kategorisierte Straßennetz wurde von der Firma DDS Digital Data Services GmbH erworben. Straßen der Kategorie „Autobahn“ wurden aus dem Netz entfernt, da sie sich wegen ihrer geringen Konnektivität zum restlichen Straßennetz beim Routing (Kapitel 2.4) ungünstig auf die Form der Gemeindeteilflächen auswirken.

2.3 Segmentierung der Gesamtfläche einer Gemeinde

Die Segmente werden aus Thiessen-Polygonen erstellt. Deren zugrundeliegende Punkte werden zum größten Teil auf Basis des Straßennetzes erzeugt (vgl. Abb. 3). Zusätzlich werden die Gemeindeteilpunkte bei der Bildung der Thiessen-Polygone genutzt. Dies gewährleistet, dass auch in ungünstigen Fällen jedem Gemeindeteilpunkt später mindestens ein Segment – sein umgebendes Thiessen-Polygon – zugewiesen wird.

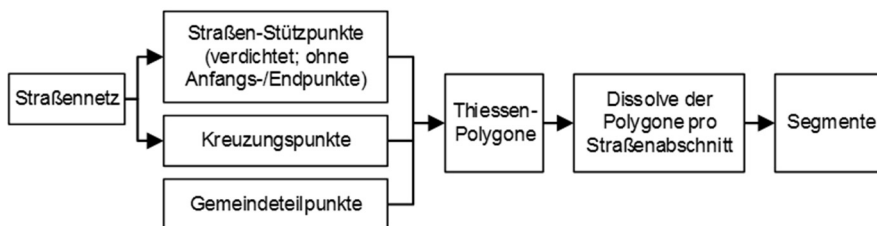


Abb. 3: Erstellung der Segmente

Aus dem Straßennetz werden zum einen die Kreuzungspunkte, zum anderen die verdichteten Stützpunkte der Straßenfeatures (ohne Anfangs- und Endpunkte) für die Thiessen-Polygone herangezogen. Anfangs- bzw. Endpunkte werden weggelassen, da sie an Verbindungen zu anderen Straßenabschnitten miteinander konkurrieren würden. Durch die Verdichtung der Stützpunkte wird die Zahl der Thiessen-Polygone erhöht und eine höhere Detaillierung erreicht. Um den Berechnungsaufwand bei der späteren Zuordnung zu senken, werden außerhalb von Kreuzungen am selben Straßenabschnitt liegende Thiessen-Polygone per „Dissolve“ zusammengefasst. Abbildung 4 zeigt die erstellten Segmente.

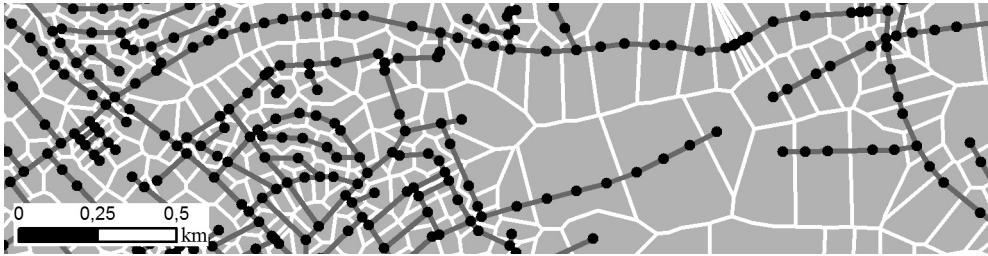


Abb. 4: Straßennetz, zur Erstellung von Thiessen-Polygonen verwendete Punkte und resultierende Segmente

2.4 Zuordnung der Segmente zu einem Gemeindeteil

Die oben beschriebenen Segmente werden anschließend per Routing im Straßennetz einem Gemeindeteil zugeteilt.

Dabei werden die Segmente nicht einfach dem nächstgelegenen Gemeindeteilpunkt zugeordnet. Um auch die Ausdehnung der Gemeindeteile in Gestalt der bebauten Flächen zu berücksichtigen, werden bei der Zuordnung der Segmente zusätzlich die in Kapitel 2.2 beschriebenen Siedlungsflächen herangezogen: An den Schnittpunkten zwischen den Straßen und den Grenzen der Siedlungsflächen werden Punkte erzeugt. Diese dienen in gleicher Weise wie die Gemeindeteilpunkte beim Routing als Ziele (vgl. Abb. 5 und 6). Alle Ziele repräsentieren über eine ID den Gemeindeteil innerhalb dessen bzw. auf dessen Grenze sie liegen.

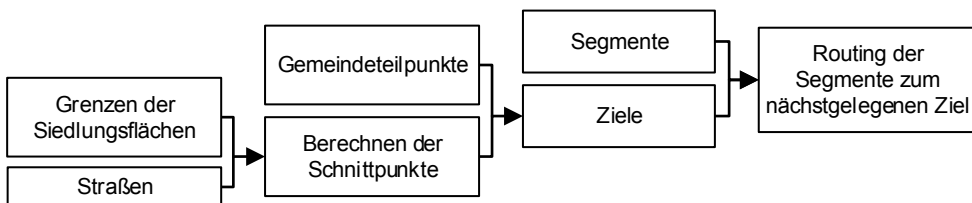


Abb. 5: Zuordnung der Segmente zu einem Gemeindeteil

Wenn die Fahrzeit als Widerstandswert beim Routing genutzt werden würde, würden sich die Straßenkategorien stark auswirken und zu eher unruhigen Grenzverläufen führen. Deswegen dient die Fahrstrecke als Widerstandswert. Abbiegevorschriften und Fahrtrichtungsbeschränkungen werden ebenfalls zugunsten harmonischerer Grenzen aus dem Straßennetz entfernt.

Nach diesen vorbereitenden Schritten erfolgt die eigentliche Zuordnung der Segmente zu einem Gemeindeteil, indem jedes Segment zum nächstgelegenen Zielpunkt geroutet wird.



Abb. 6: Gemeindeteilpunkte und die am Rand der Bebauung erzeugten Punkte dienen als Ziele beim Zuordnen der Segmente

2.5 Aggregation und Optimierung

Im letzten Schritt werden Segmente, die demselben Gemeindeteil zugeordnet wurden, zusammengefasst („dissolve“) und abschließende Optimierungen vorgenommen.

Die entstandenen Polygone werden generalisiert, sodass die Grenzverläufe geglättet werden. Bei Gemeindeteilpunkten mit geringem Abstand zur Gemeindeteilgrenze kann es dazu kommen, dass nach der Generalisierung der Punkt nicht mehr innerhalb seiner Gemeindeteilfläche liegt. In diesem Fall wird an der betroffenen Stelle die Generalisierung rückgängig gemacht.

Bei direkt aneinander angrenzenden Siedlungsflächen verschiedener Gemeindeteile sind deren Grenzen als exakter zu werten als die im vorgestellten Verfahren berechneten Grenzen. Aus diesem Grund werden die Siedlungsflächen über die berechneten Gemeindeteilflächen gelegt; bei Abweichungen im Grenzverlauf wird derjenige der Siedlungsflächen übernommen.

Bei mehrteiligen Gemeindeteilflächen werden die vom Gemeindeteilpunkt isoliert liegenden „Inseln“ entfernt, indem sie dem Nachbargemeindeteil mit der längsten gemeinsamen Grenze zugeschlagen werden.

2.6 Implementierung in Esri ArcGIS

Der Algorithmus wurde in Python unter Nutzung der Esri ArcPy-Bibliothek implementiert. Das Skript kann in Esri ArcGIS for Desktop über eine grafische Benutzeroberfläche gestartet werden. Die Berechnung lässt sich auf einzelne Gemeinden einschränken, sodass im Fall lokaler Veränderungen nicht alle 42.000 Gemeindeteile neu berechnet werden müssen.

3 Fazit

Der beschriebene Algorithmus teilt Gemeindegebiete in flächendeckende, sich nicht überschneidende Gemeindeteilflächen, deren Grenzen plausibel sind. Durch das Routing im Straßennetz werden Barrieren wie Gewässer, Eisenbahnstrecken und topographische Hindernisse berücksichtigt. Gleichzeitig fließen die Siedlungsflächen in den Prozess ein, sodass die über

die Bebauung definierte Ausdehnung der Gemeindeteile berücksichtigt wird. Folglich ergeben sich Grenzen, die sowohl anthropogene als auch natürliche Strukturen abbilden. Diese Faktoren beeinflussten auch die historische Entwicklung vorhandener administrativer Grenzen höherer Ebene in bedeutendem Maß. Aufgrund dessen fügen sich die erzeugten Gemeindeteilflächen gut in die Hierarchie der Verwaltungsgebiete ein.

Abbildung 7 zeigt die erstellten Gemeindeteilgrenzen am Beispiel der Stadt Senden.

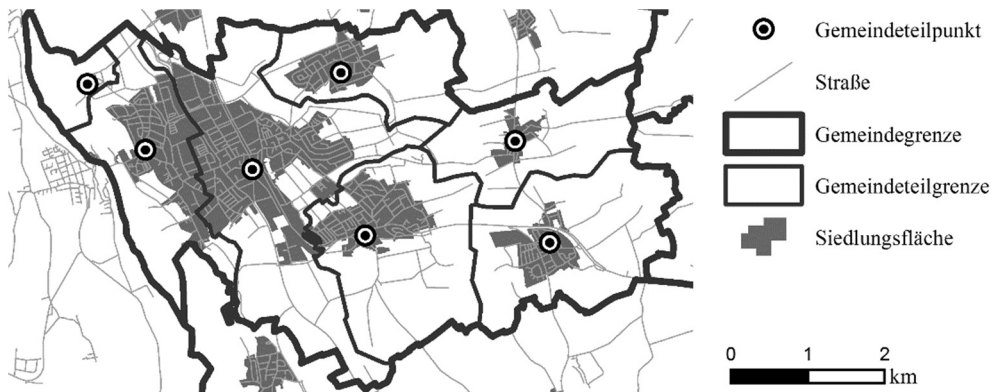


Abb. 7: Gebiet der Stadt Senden mit den erzeugten Gemeindeteilgrenzen

Die Methode ist unabhängig von der hier zugrunde liegenden rettungsdienstlichen Thematik einsetzbar. Sie kann sowohl in ländlichen als auch in dicht besiedelten städtischen Gebieten angewendet werden. In Großstädten mit amtlichen, straßengenau definierten Stadtbezirken kann es jedoch sinnvoll sein, diese allgemein anerkannte Gliederung zu übernehmen und keine eigene Einteilung vorzunehmen.

Literatur

- BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE (2013), Digitales Basis-Landschaftsmodell (AAA-Modellierung). Basis-DLM (AAA). <http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/basis-dlm-aaa.pdf> (01.01.2016).
- DELAMATER, P. L., MESSINA, J. P., SHORTRIDGE, A. M. & GRADY, S. C. (2012), Measuring geographic access to health care: raster and network-based methods. *International Journal of Health Geographics*, 11 (15), 1-18. doi: 10.1186/1476-072X-11-15.
- DEUTSCHER STÄDTETAG (1991), Kommunale Gebietsgliederung. Empfehlungen zur Ordnung des Straßen-, Hausnummernsystems und Gliederung des Gemeindegebiets nach Gemeindeteilen, Blöcken und Blockseiten sowie DV-Organisation, Köln. http://www.staedtestatistik.de/fileadmin/kosis/koris/LeitfadenKG/Kommunale_Gebietsgliederung.pdf (20.01.2016).
- UPCHURCH, C., KUBY, M., ZOLDAK, M. & BARRANDA, A. (2004), Using GIS to generate mutually exclusive service areas linking travel on and off a network. *Journal of Transport Geography*, 12 (1), 23-33. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2003.10.001.