



# Modellierung von Erreichbarkeiten

Sebastian Rauch

Universität Würzburg

Institut für Geographie und Geologie

Sozialgeographie

# Erreichbarkeitsanalysen an der Professur für Sozialgeographie

- Erreichbarkeit Deutscher Schlaganfallversorgungszentren
- Erreichbarkeit Mobilstationen in Mainfranken

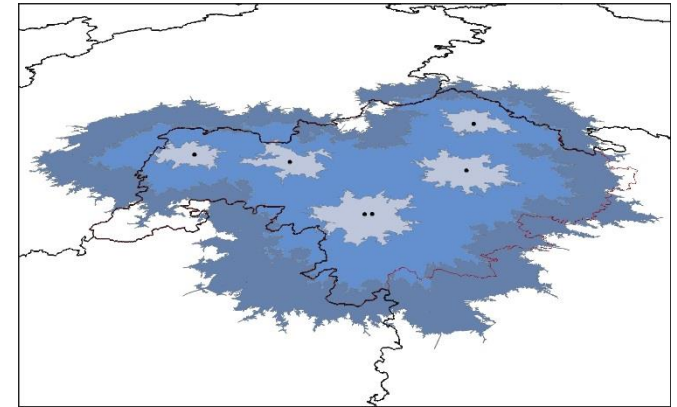


Abb.: 3D Erreichbarkeit (eigene Darstellung)

RAUCH, S & J. RAUH (2016): Verfahren der GIS-Modellierung von Erreichbarkeiten für Schlaganfallversorgungszentren, In: Raumforschung und Raumordnung. October 2016, Volume 74 Number 5, S. 437-450.

# 1 Erreichbarkeit

## Perspektive des Individuums

*Welche Gelegenheiten bieten sich einer Person innerhalb einer bestimmten Wegezeit*

**„access“**

## Perspektive des Zielorts

Wie viele Personen erreichen innerhalb einer bestimmten Wegezeit den potentiellen Zielort

**„Accessibility“**

# 1 Erreichbarkeit

*Vier wesentliche Fragestellungen im Gesundheitswesen*

Anbieter-Bevölkerung  
Verhältnis

Nächstgelegener  
Anbieter

Durchschnittliche  
Entfernung zu diversen  
Anbietern

Gravitationsmodelle von  
Anbietereinflüssen

# 1 Erreichbarkeit

traditionell

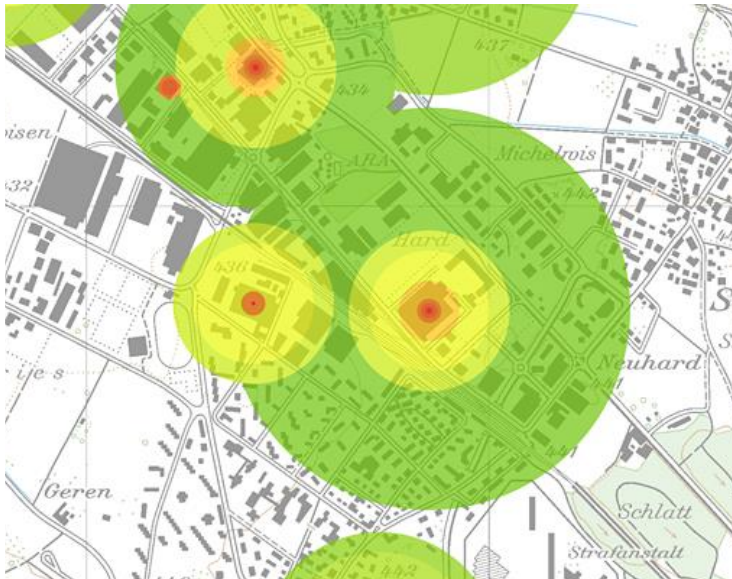


Abb.: radiale Erreichbarkeit (eigene Darstellung)

gegenwärtig

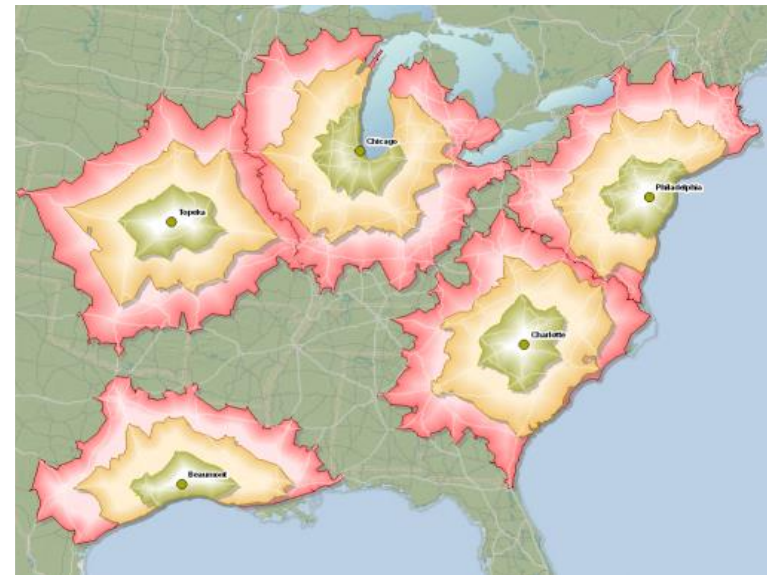
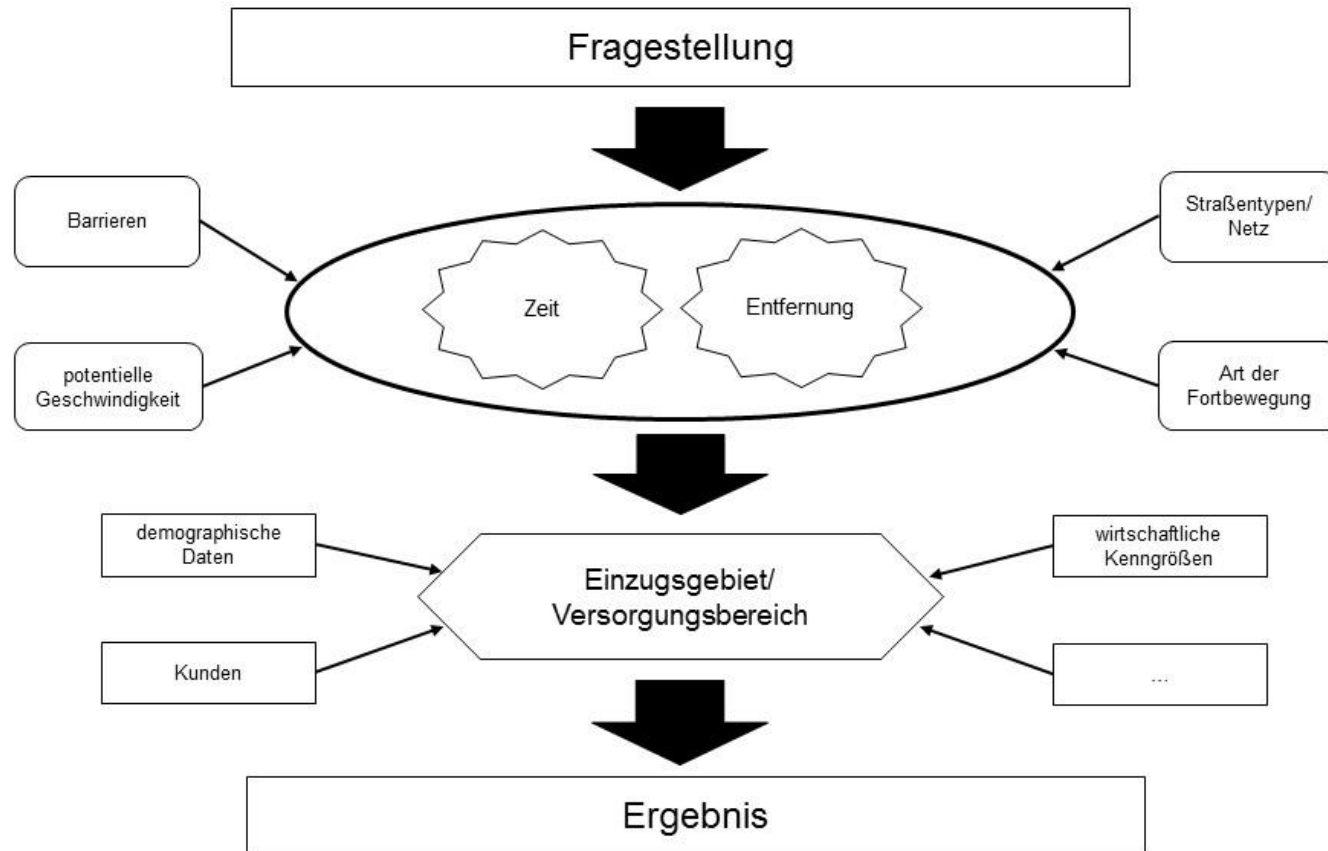


Abb.: Isochrone Erreichbarkeit (ESRI 2016)



# 1 Erreichbarkeit



## 2.1 Datenbeschaffung

Name	Umfang	Daten
<b>OpenStreetMap Data</b>	weltweit	Straßen, Gebäude, Schienennetz, Landnutzung, Flüsse
<b>Dienstleistungszentrum des Bundesamts für Kartographie</b>	Deutschland	DLM, CORINE, DGM, DTK, Verwaltungsgebiete
<b>OpenData Portal der Bayerischen Staatsregierung</b>	Bayern	Radwege, Wanderwege, DTK, Verwaltungsgebiete, DOP, DGM, Freizeitthemen
<b>Esri Deutschland Open Data Portal</b>	Deutschland	diverses

# 2.1 Datenbeschaffung

GEOFABRIK <sup>®</sup>downloads

Download OpenStreetMap data for this region:

## Germany

[\[one level up\]](#)

### Commonly Used Formats

- [germany-latest.osm.pbf](#), suitable for Osmium, Osmosis, imposm, osm2pgsql, mkgmap, and others. This file was last modified 4 hours ago and contains all OSM data up to 2016-11-01T20:28:02Z. File size: 2.8 GB; MD5 sum: [42a7c4ef14e17e0a2455bfabed9fe97](#).
- [germany-latest-free.shp.zip](#) is not available for this region; try one of the sub-regions.

### Other Formats and Auxiliary Files

- [germany-latest.osm.bz2](#), yields OSM XML when decompressed; use for programs that cannot process the .pbf format. This file was last modified 8 days ago. File size: 4.5 GB; MD5 sum: [697c7b9c31828a712ac0f74935778a05](#).
- [.poly](#) file that describes the extent of this region.
- [.osm.gz](#) files that contain all changes in this region, suitable e.g. for Osmosis updates
- [raw directory index](#) allowing you to see and download older files

### Sub Regions

Click on the region name to see the overview page for that region, or select one of the file extension links for quick access.

Sub Region	Quick Links		
	.osm.pbf	.shp.zip	.osm.bz2
<a href="#">Baden-Württemberg</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (399 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Bayern</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (516 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Berlin</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (48.7 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Brandenburg</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (146 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Bremen</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (15.9 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Hamburg</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (31.7 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Hessen</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (200 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Mecklenburg-Vorpommern</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (73 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Niedersachsen</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (284 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Nordrhein-Westfalen</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (610 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Rheinland-Pfalz</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (131 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Saarland</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (30.6 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Sachsen</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (152 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Sachsen-Anhalt</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (83 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Schleswig-Holstein</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (99 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>
<a href="#">Thüringen</a>	<a href="#">[.osm.pbf]</a> (86 MB)	<a href="#">[.shp.zip]</a>	<a href="#">[.osm.bz2]</a>



Not what you were looking for? Geofabrik is a consulting and software development firm based in Karlsruhe, Germany specializing in OpenStreetMap services. We're happy to help you with data preparation, processing, server setup and the like. [Check out our web site](#) and contact us if we can be of service.

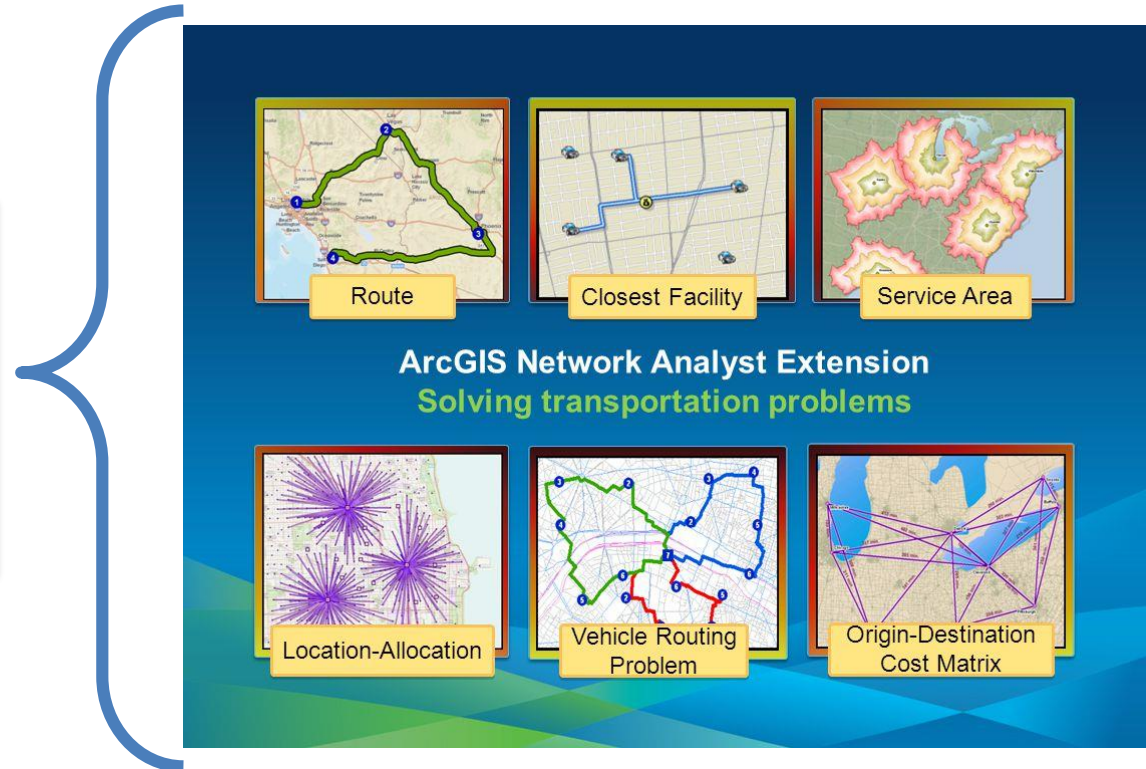
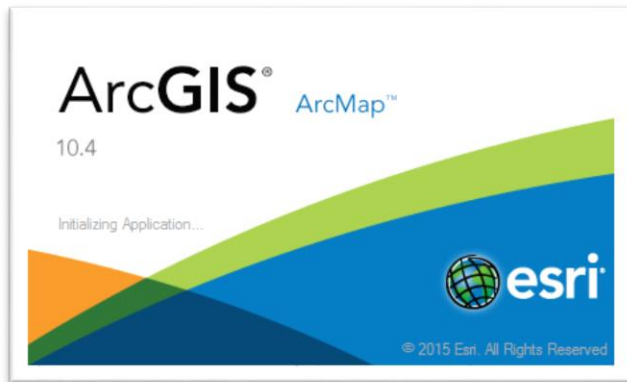
Nicht das Richtige dabei? Die Geofabrik ist ein auf OpenStreetMap spezialisiertes Beratungs- und Softwareentwicklungsunternehmen in Karlsruhe. Gem helfen wir Ihnen bei der Datenaufbereitung, Datenkonvertierung, Serverinstallation und ähnlichen Aufgaben. [Besuchen Sie unsere Webseite](#) und sprechen Sie mit uns, wenn wir Ihnen helfen können.

Abb.: Datenbeschaffung (Geofabrik 2016)

- POI
- Straßen
- Schienen
- Wasserverkehrswege
- Gebäude
- Landnutzung
- Naturräume



## 2.2 Software

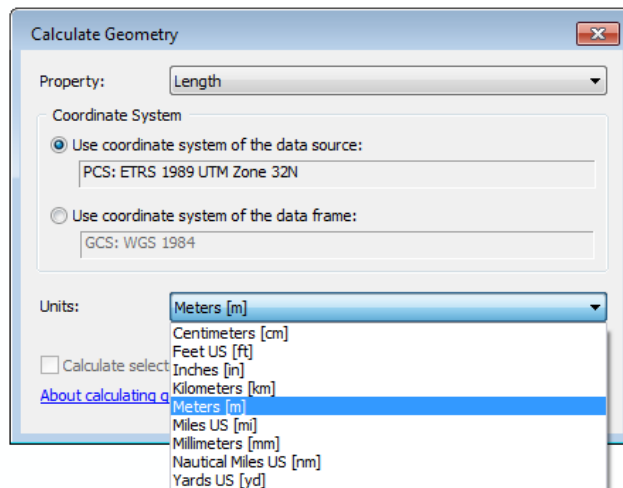


## 2.3 Datenaufbereitung

Berechnung der Entfernung



Auf Basis des zugrunde gelegten Bezugssystems werden die Längen der Vektoren bestimmt



Berechnung der Zeit



Die Zeit eines Weges ergibt sich aus dem Verhältnis von Länge zur potentiellen Geschwindigkeit

osm_id	name	ref	type	oneway	bridge	tunnel	Length	Speed	Time
1677896	Knospsstra ffe		living_street	0	0	0	138,25115202300	30	16,59013824
3164389	Barbarossaplatz		living_street	0	0	0	69,27348461890	30	8,312818154
3264707	Untergasse		living_street	0	0	0	305,63870996600	30	36,6766452
3061397		A 5	motorway	1	0	0	368,07327339200	95	13,94803983
3061400		A 5	motorway	1	0	0	261,09922490100	55	5,894286417
2155848			motorway_link	1	0	0	185,85072034900	35	19,11607409
3127985	Westtangente		primary	0	0	0	182,68262127100	95	6,32709659
2160939		B 500	primary	0	0	0	1747,72512262000	95	66,22958359
3162219	Rheintalstra ffe	B 3	primary	0	0	0	103,54267442400	95	3,92372399
3162790		B 36	primary	0	0	0	70,36608043380	55	2,666504101
3163407		B 3	primary	0	0	0	138,00650728900	95	5,229720276
3185802		B 36	primary	0	0	0	130,42621938000	95	4,942467261
3185806		B 36	primary	0	0	0	193,40421205400	95	7,329021743
3185812		B 36	primary	0	0	0	2537,20341160000	55	96,1466556
3127979		B 3	primary_link	1	0	0	47,14356046910	30	5,657227256
3186591			primary_link	1	0	0	263,74305184200	30	31,64916622
1677967	Gutenbergstra ffe		residential	1	0	0	74,99407391150	40	6,749493652
1677969	Augustenstra ffe		residential	0	0	0	190,30941889900	40	17,1278777
1677892	Reuchlinstra ffe		residential	1	0	0	120,45621338600	40	10,8410592
1677894	Marienstra ffe		residential	1	0	0	125,7331153700	40	11,31399804
1677898	Senefelderstra ffe		residential	1	0	0	255,28275757300	40	22,97544818
1677939	Johannesstra ffe		residential	0	0	0	123,84151010900	40	11,10070351

## 2.3 Datenaufbereitung

### Berechnung der Zeit

osm_id	name	ref	type	oneway	bridge	tunnel	Length	Speed	Time
1677896	Knospstra  fe		living_street	0	0	0	138,25115202300	30	16,59013824
3164369	Barbarossaplatz		living_street	0	0	0	69,27348461890	30	8,312818154
3264707	Untergasse		living_street	0	0	0	305,63870998600	30	36,6766452
3061397		A 5	motorway	1	0	0	368,07327339200	95	13,94803983
3061400		A 5	motorway	1	0	0	261,09922490100	95	9,894286417
2155848			motorway_link	1	0	0	185,85072034900	35	19,11607409
3127985	Westtangente		primary	0	0	0	182,68262127100	95	6,922709859
3160939		B 500	primary	0	0	0	1747,72512262000	95	66,22958359
3162219	Rheintalstra  fe	B 3	primary	0	0	0	103,54267442400	95	3,923722399
3162790		B 36	primary	0	0	0	70,36608043380	95	2,666504101
3163407		B 3	primary	0	0	0	138,00650728900	95	5,229720276
3185802		B 36	primary	0	0	0	130,42621938000	95	4,942467261
3185806		B 36	primary	0	0	0	193,40421265400	95	7,329001743
3185812		B 36	primary	0	0	0	2537,20341160000	95	96,1466556
3127979		B 3	primary_link	1	0	0	47,14356046910	30	5,657227256
3186591			primary_link	1	0	0	263,74305184200	30	31,64916622
1677667	Gutenbergstra  fe		residential	1	0	0	74,99437391150	40	6,749493652
1677669	Augustenstra  fe		residential	0	0	0	190,30941885900	40	17,1278477
1677892	Reuchlinstra  fe		residential	1	0	0	120,45621338600	40	10,8410592
1677894	Marienstra  fe		residential	1	0	0	125,73331153700	40	11,31599804
1677898	Senefelderstra  fe		residential	1	0	0	255,28275757300	40	22,97544818
1677939	Johannesstra  fe		residential	0	0	0	123,34115010900	40	11,10070351

## 2.3 Datenaufbereitung

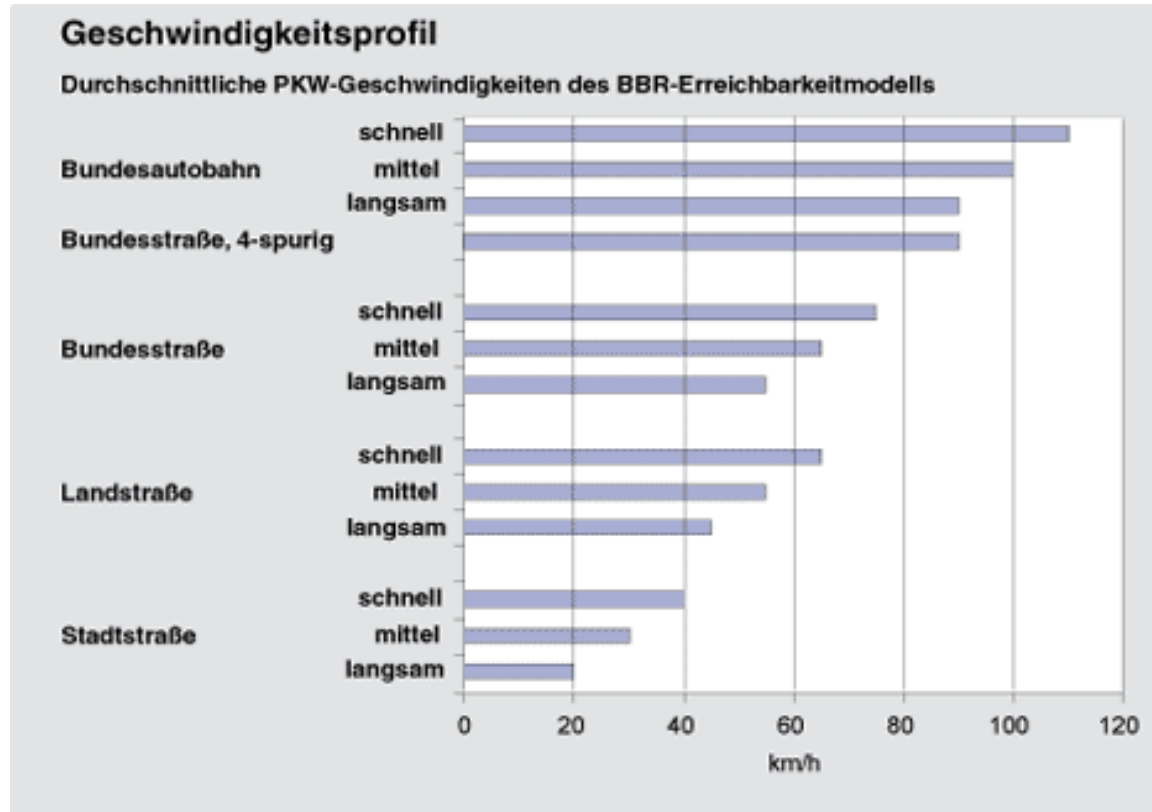


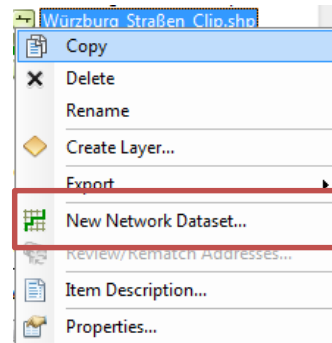
Abb.: BBSR-Geschwindigkeitsklassen (BBSR 2007)

## 2.3 Datenaufbereitung

→ Überführen des Vektor-Datensatzes in ein Netzwerkfile



Shape-File



Network-File



## 2.3 Datenaufbereitung

→ Digitalisieren bzw. Einlesen der Standorte

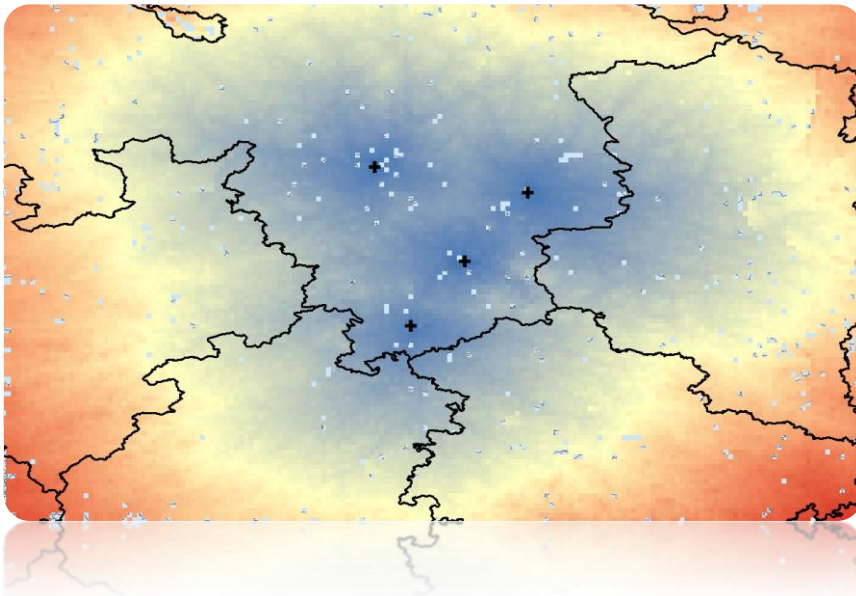


Name	Join ID	certified	POINT X	POINT Y
Klinikum Nürnberg Süd	205		11,146148	49,411415
Klinikum Fürth	92		10,972886	49,484203
Stadtkrankenhaus Schwabach	237		11,011789	49,334011
Krankenhaus Rummelsberg gGmbH	239		11,262618	49,362353
Kliniken des Landkreises Neumarkt i.d.OPF.	197		11,452111	49,287498
Klinikum Altmühlfranken Gunzenhausen	103		10,773092	49,108311
Klinikum Ingolstadt	144		11,375954	48,77096
Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg	223		12,065657	49,016899
medbo - Bezirksklinikum Regensburg	224		12,090578	48,998535
Asklepios Klinik Nord -Heidelberg	118		10,030379	53,67736
Universitätsmedizin Göttingen, Georg-August-Universität	99		9,94191	51,5511
Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH	47		10,544722	52,237147
Asklepios Kliniken Schildautal	241		10,217106	51,883423
Diakoniekrankenhaus Henriettenstiftung gGmbH	125		9,753673	52,369839
Universitätsklinikum Würzburg AöR	278		9,955733	49,803615
Krankenhaus Stiftung Juliusspital Würzburg	277		9,931124	49,798723
Leopoldina-Krankenhaus der Stadt Schweinfurt GmbH	240		10,243577	50,051705
Klinikum Aschaffenburg	9		9,187592	49,977158
Klinikum Main-Spessart, Krankenhaus Lohr	169		9,571418	49,995864
Neurologische Klinik GmbH Bad Neustadt a.d. Saale	15		10,238459	50,324724
Kliniken Südbayern, Klinikum Traunstein	254		12,632879	47,874711
"RoMed Klinikum Rosenheim	227		12,13027	47,860788
Schön Klinik Bad Aibling Klinik für Neurologie	11		12,027467	47,856723
Benedictus Krankenhaus Tutzing GmbH & Co. KG	258		11,276993	47,907923

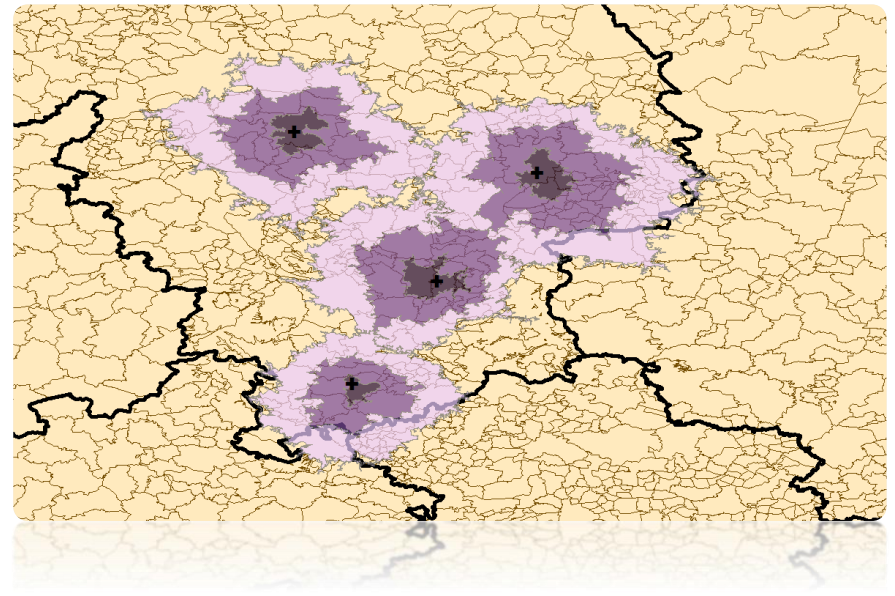


# 3 Methoden

Rasterdaten-Ansatz



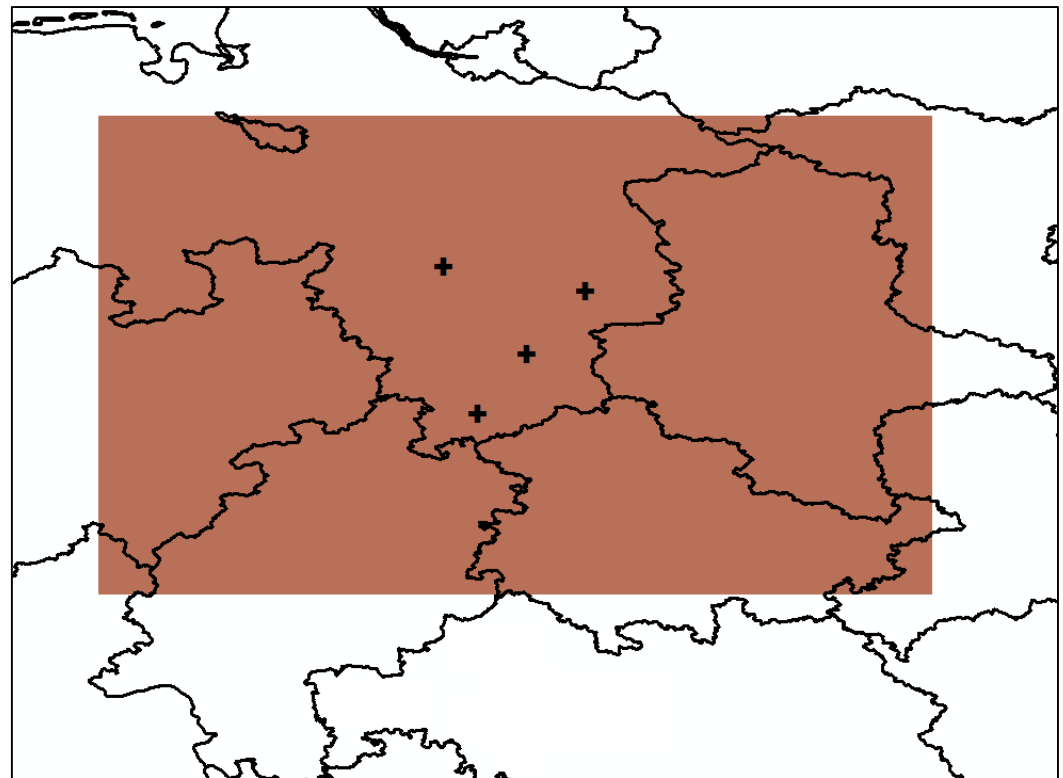
Vektordatenansatz-Ansatz



## 3.1 Erreichbarkeitsmodellierung - Rasterverfahren

Rasterdaten-Ansatz → *Erreichbarkeitsoberfläche*

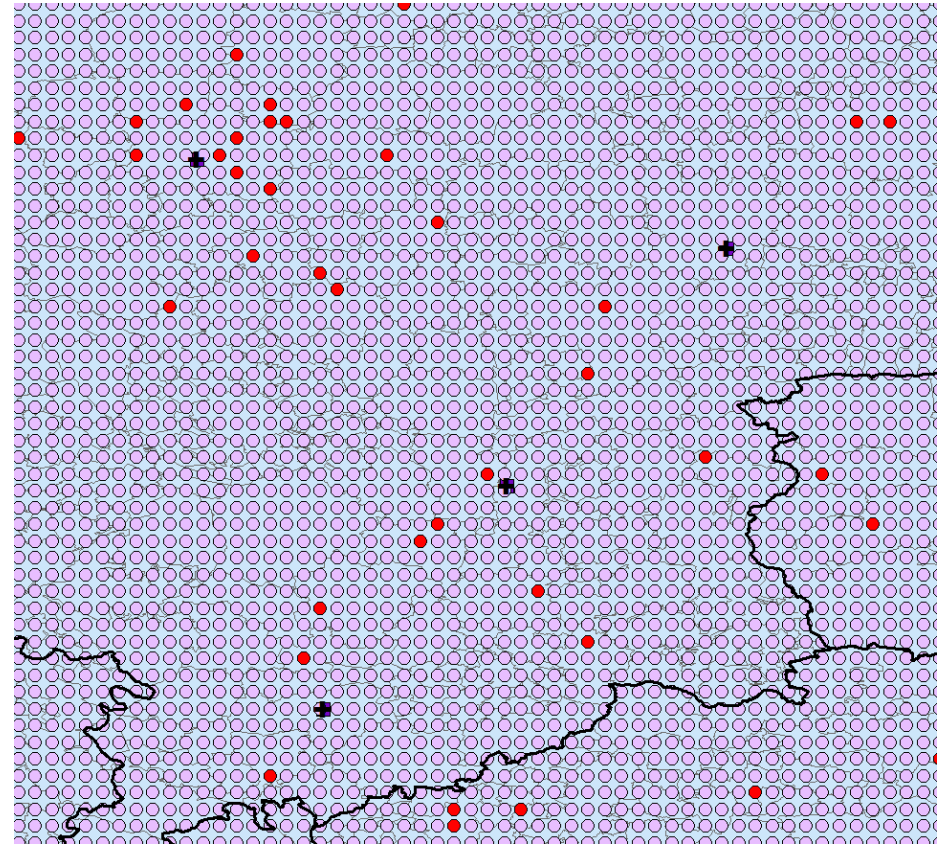
- Festlegen eines Untersuchungsbereiches
- Festlegen der Rastergröße



## 3.1 Erreichbarkeitsmodellierung - Rasterverfahren

Rasterdaten-Ansatz → *Erreichbarkeitsoberfläche*

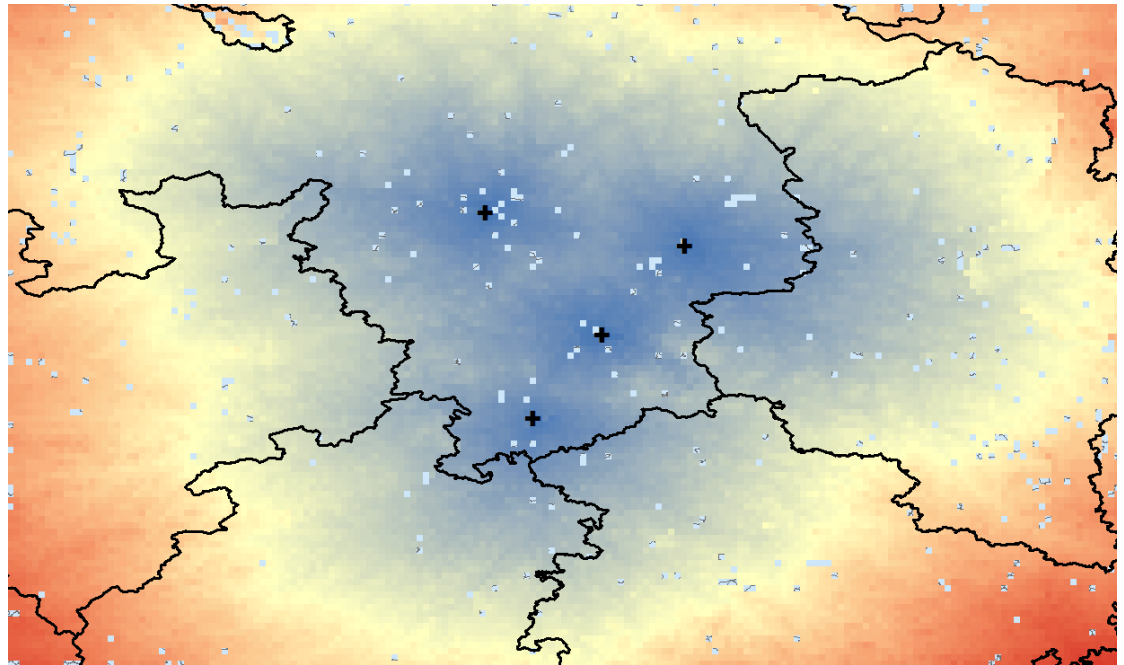
- Erzeugen von Mittelpunkten
- Berechnen der minimalen Zeit vom Mittelpunkt jeder Zelle zum nächsten Zielort (OD-Cost-Matrix) auf Basis des Netzwerks
- Zuweisen des Wertes aus der Berechnung zu den ursprünglichen Rasterzellen



## 3.1 Erreichbarkeitsmodellierung - Rasterverfahren

Rasterdaten-Ansatz → *Erreichbarkeitsoberfläche*

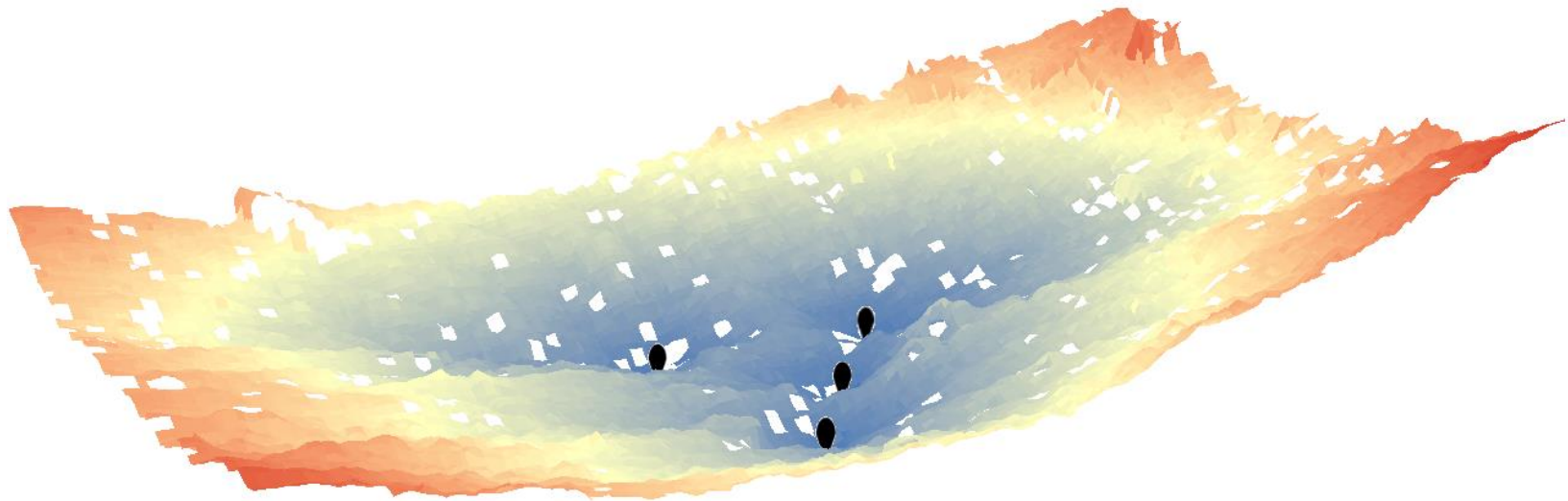
- Jedes Pixel enthält minimalen Zeitaufwand
- Verschneidung der Erreichbarkeitsinformationen mit anderen, rasterbasierenden Daten möglich





## 3.1 Erreichbarkeitsmodellierung - Rasterverfahren

Rasterdaten-Ansatz → *Erreichbarkeitsoberfläche*



# 3.1 Errei

Rasterdaten-Ar

erverfahren

Erreichbarkeit von Autobahnen

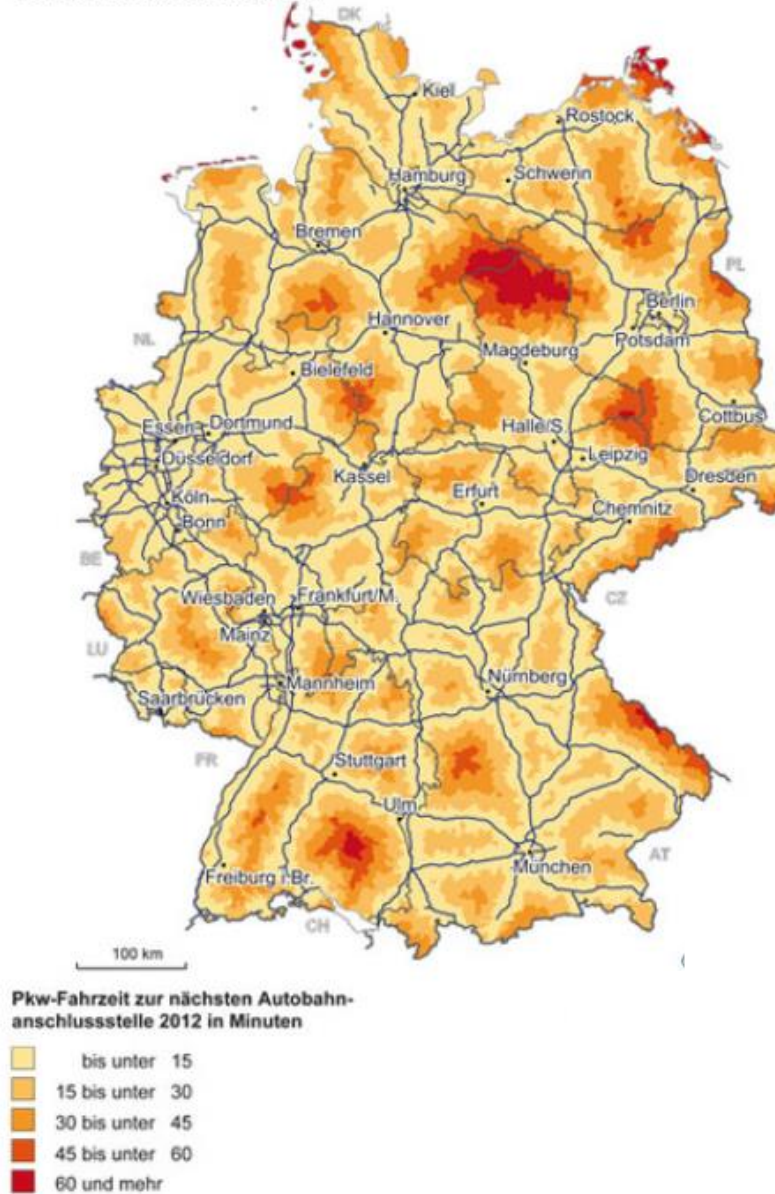


Abb.: Erreichbarkeit Autobahnen (BBSR 2012)



## 3.2 Erreichbarkeitsmodellierung - Vektorverfahren

Vektordaten-Ansatz → *Isochronen*

- Untersuchungsraum definiert sich über die Isochronengrenzen
- Fahrtrichtung entscheidend

Settings

Impedance:

Default Breaks:

Use Time:

Time of Day:

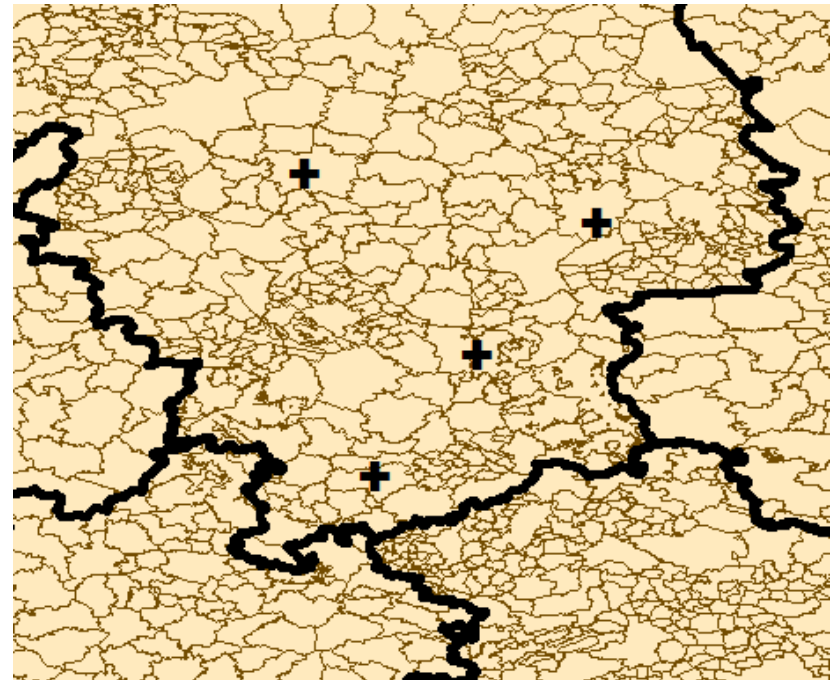
Day of Week:

Specific Date:

Direction:

Away From Facility

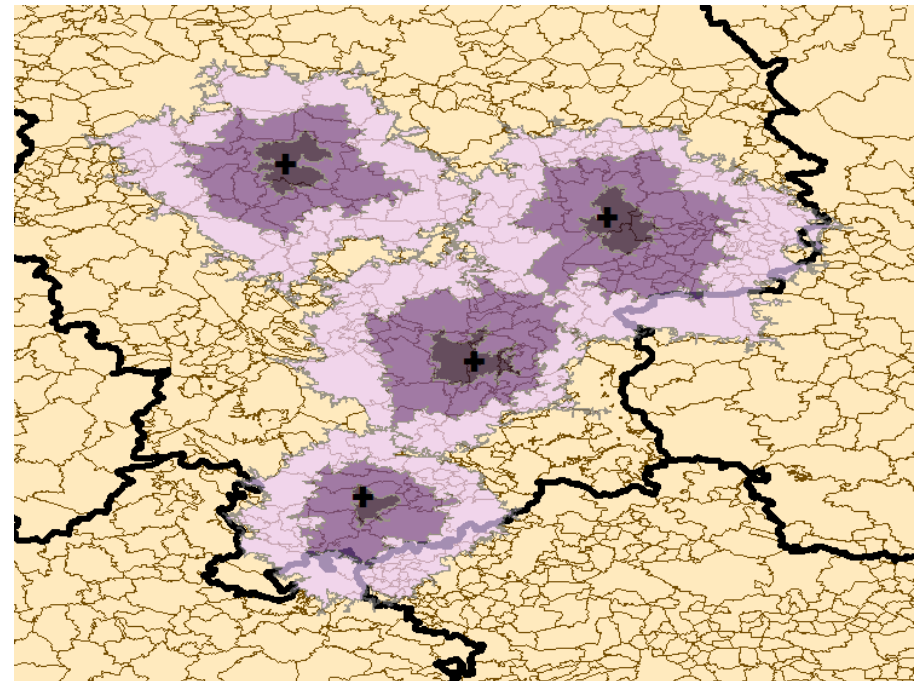
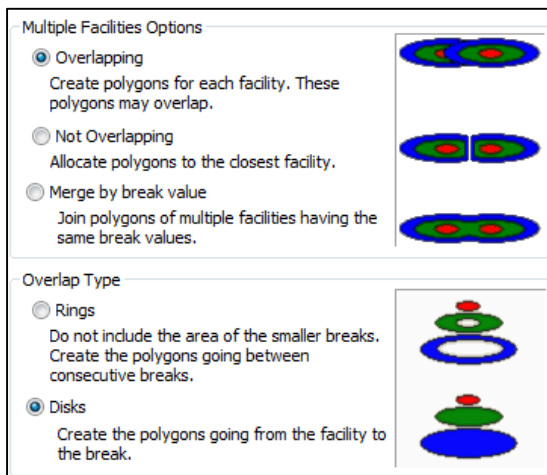
Towards Facility



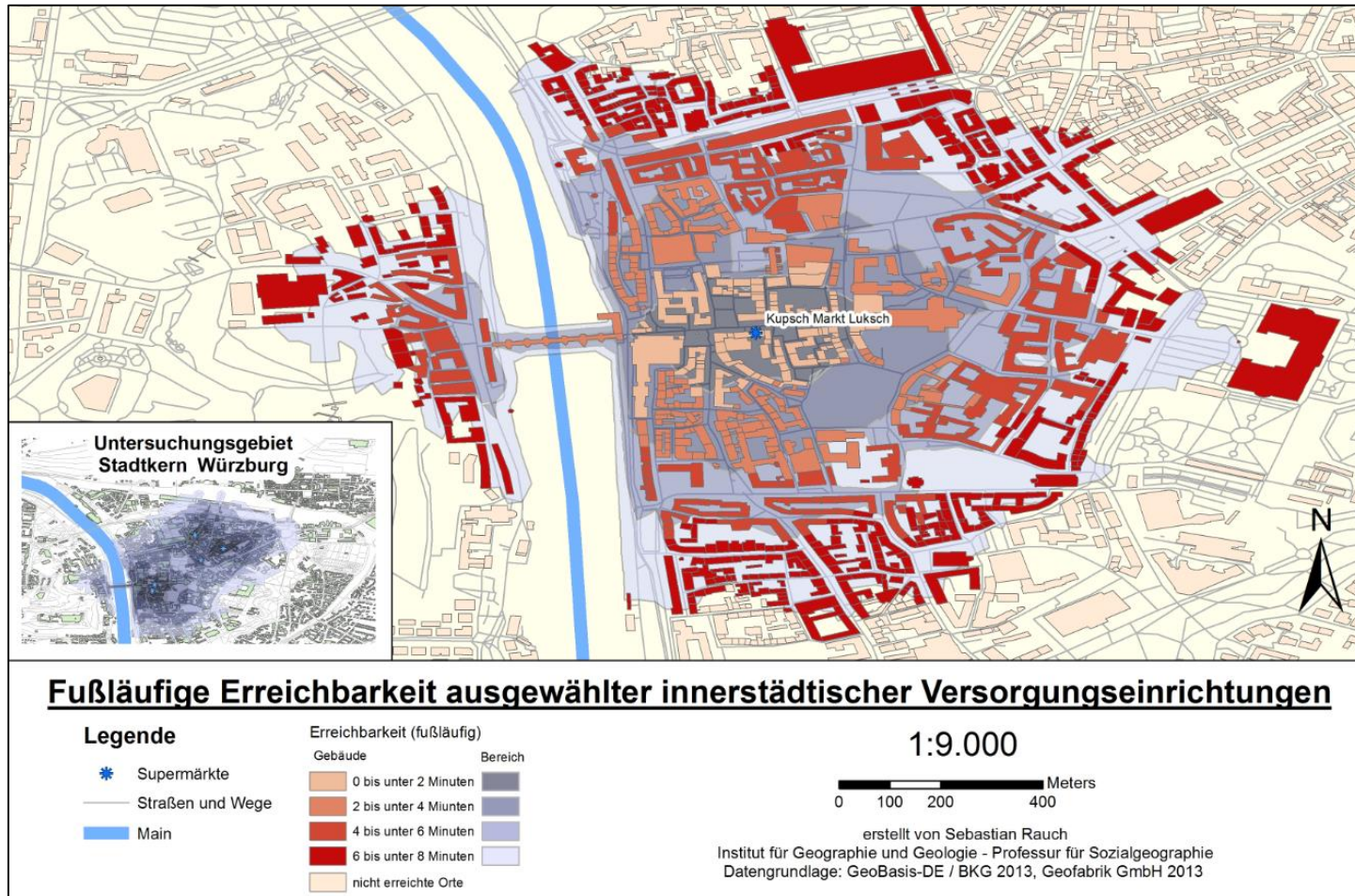
## 3.2 Erreichbarkeitsmodellierung - Vektorverfahren

Vektordaten-Ansatz → *Isochronen*

- Erzeugen eines Polygons entsprechend der gewählten Grenzen (Service Area)



## 3.2 Erreichbarkeitsmodellierung - Vektorverfahren





## 3.2 Erreichbarkeit

## erfahren

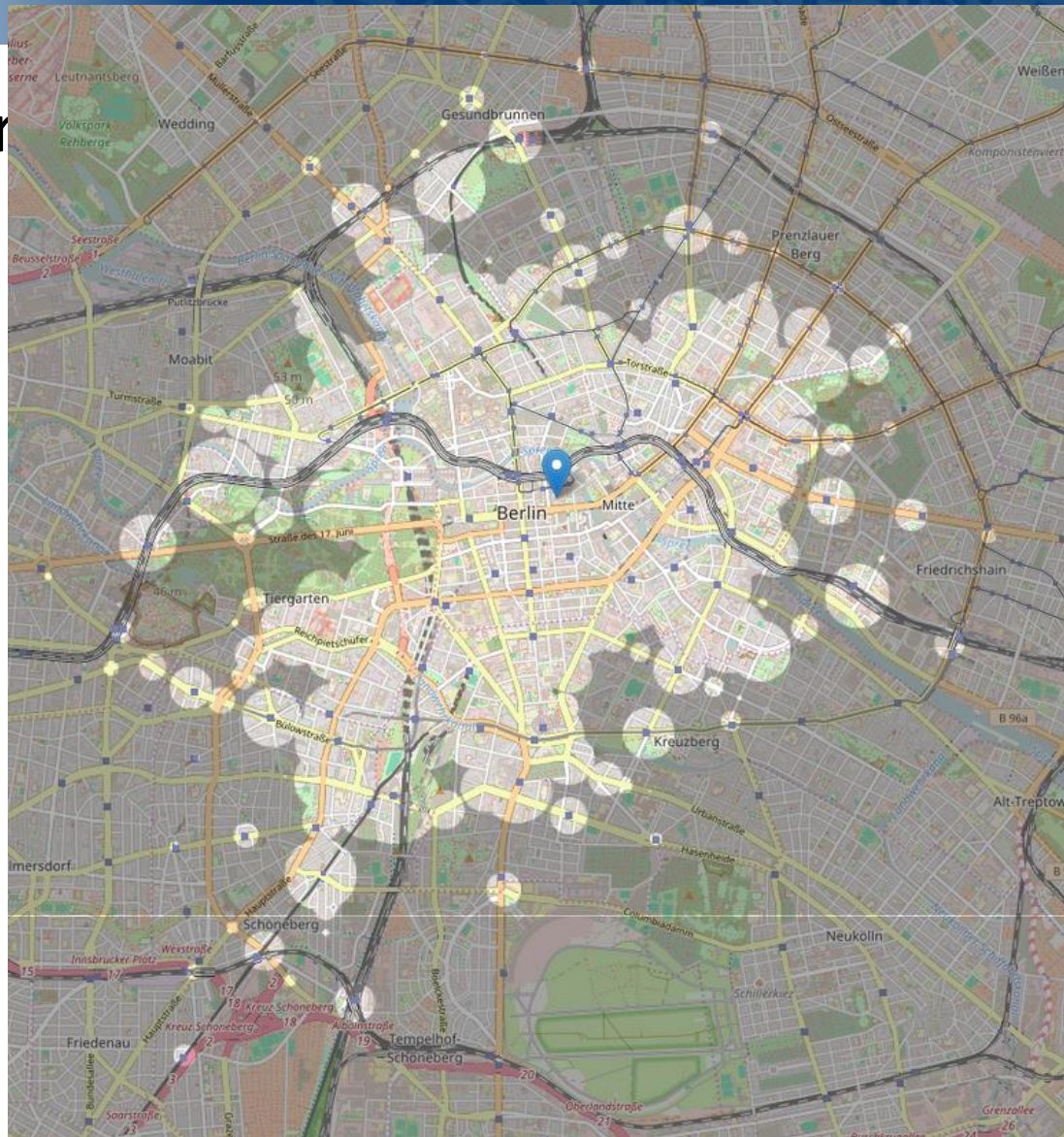
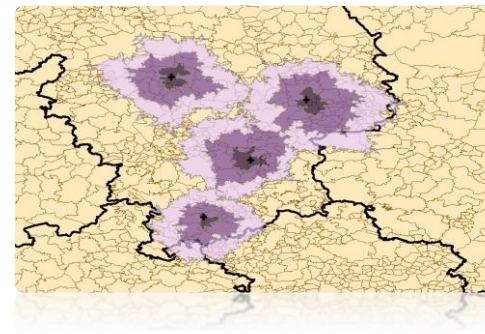
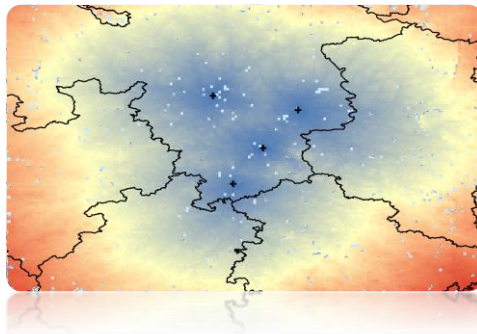


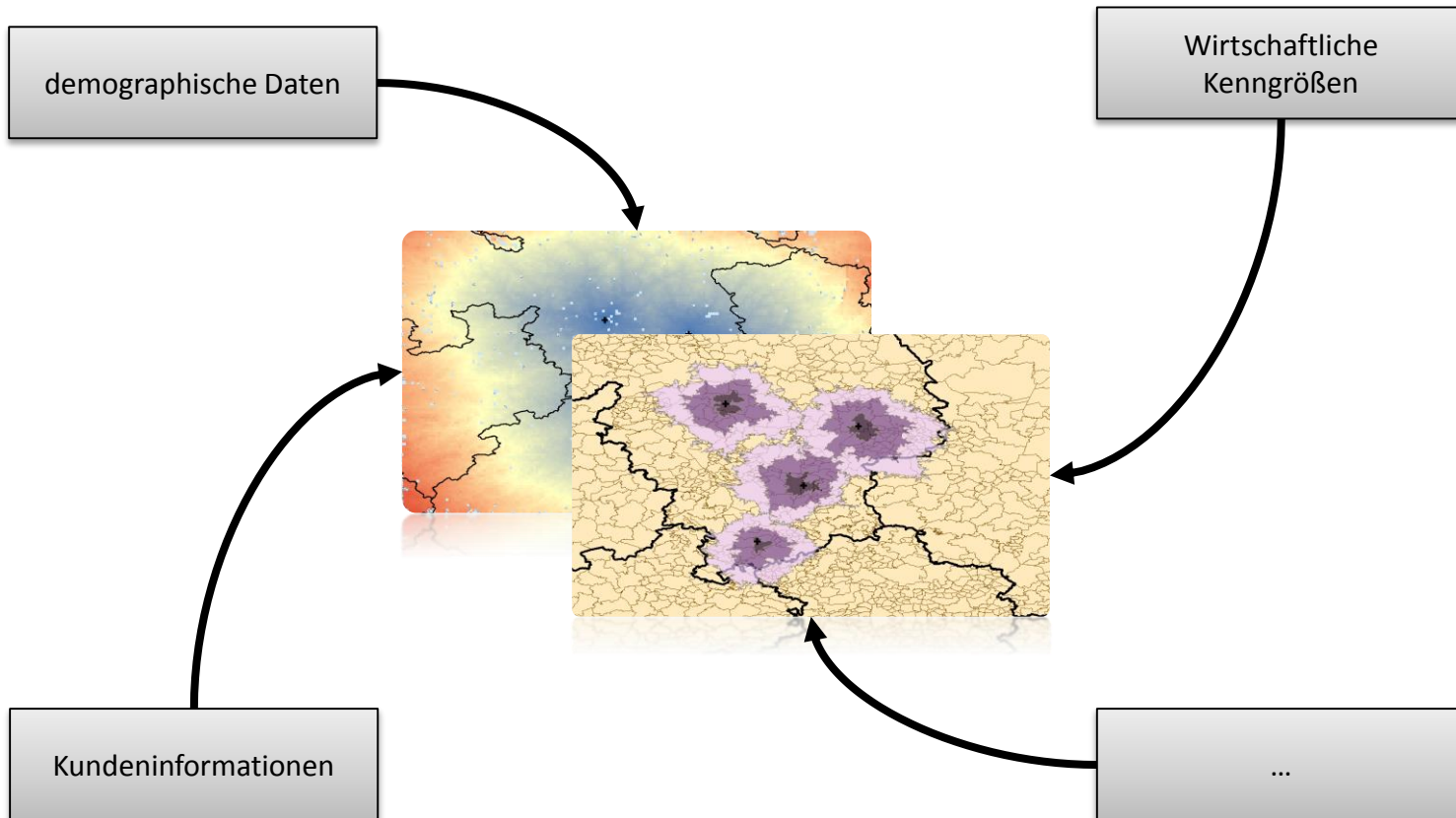
Abb.: Erreichbarkeit fußläufig Berlin (mapnificent 2016)

## 3.3 Vergleich - Raster vs. Vektor

Vorteile Rasterverfahren	Vorteile Vektorverfahren
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stufenlose Raumdarstellung, gute Differenzierungsmöglichkeiten</li> <li>- Flächendeckende Analyse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schnelle &amp; einfache Implementierung</li> <li>- Geringer Datenaufwand</li> <li>- Klare Einzugsbereiche</li> <li>- Geringere Komplexität</li> </ul>



# 4 Datenkopplung

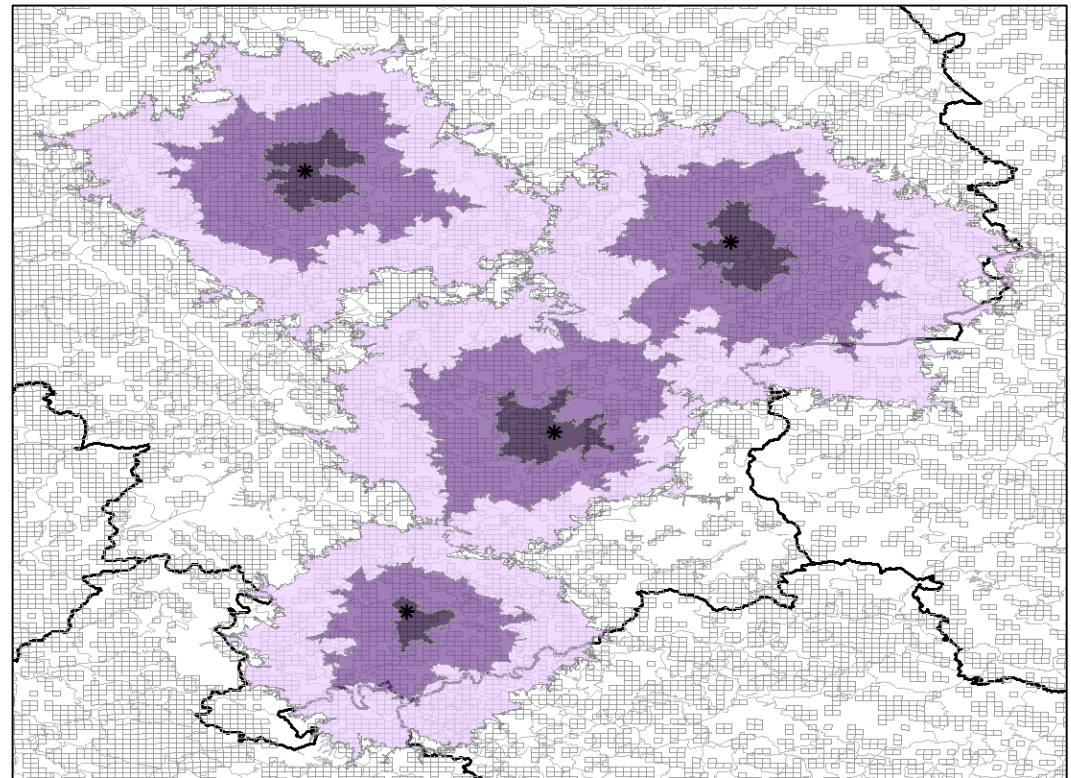
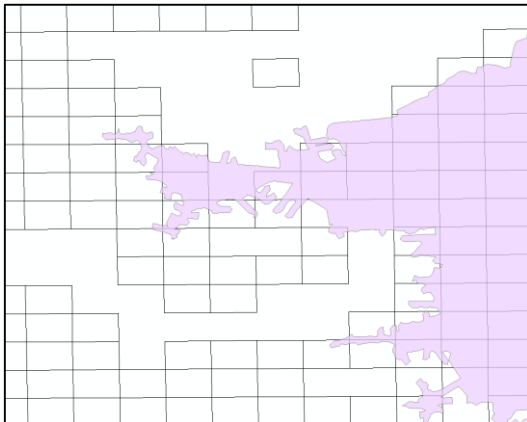




## 4 Datenkopplung

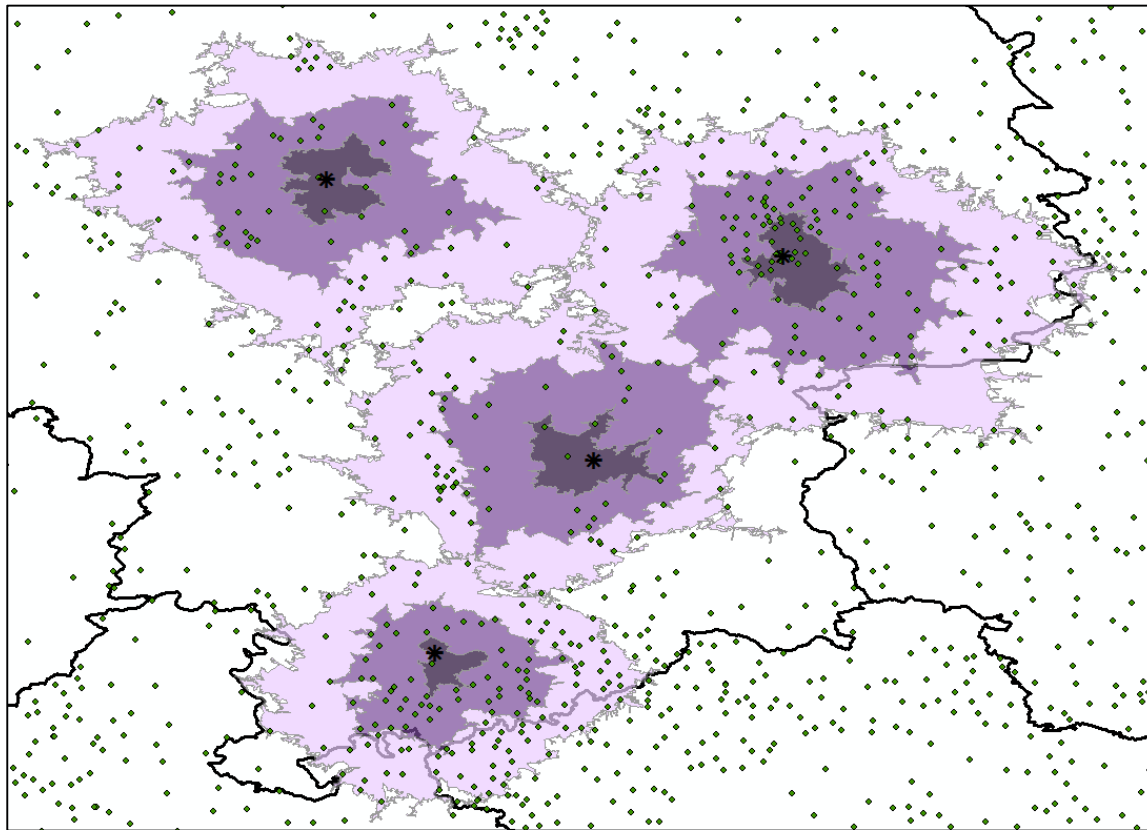
Probleme räumlicher Disaggregation → Punktdaten auf eine Fläche verteilen

- Vektorverfahren zur klaren Festlegung von Versorgungspotentialen
- Bedarf nach kleinstmöglichen Bevölkerungsinformationen



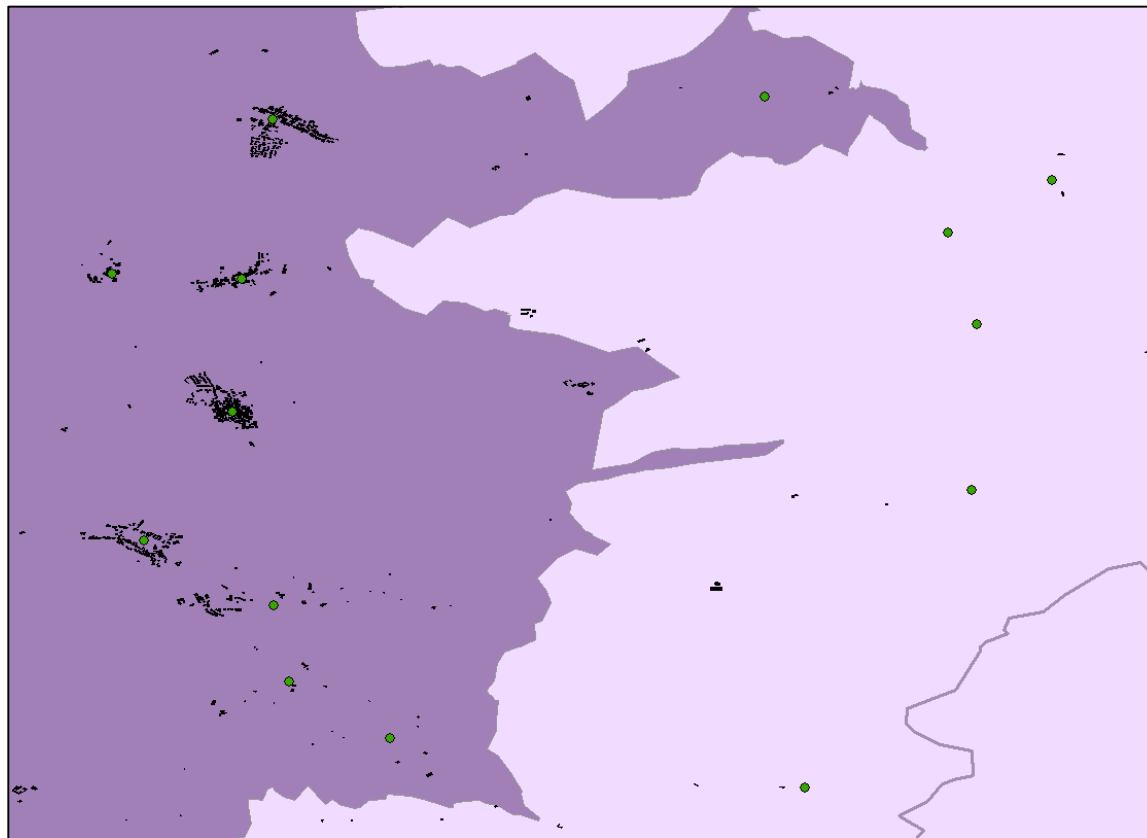
## 4 Datenkopplung

Probleme räumlicher Disaggregation → Punktdaten auf eine Fläche verteilen



## 4 Datenkopplung

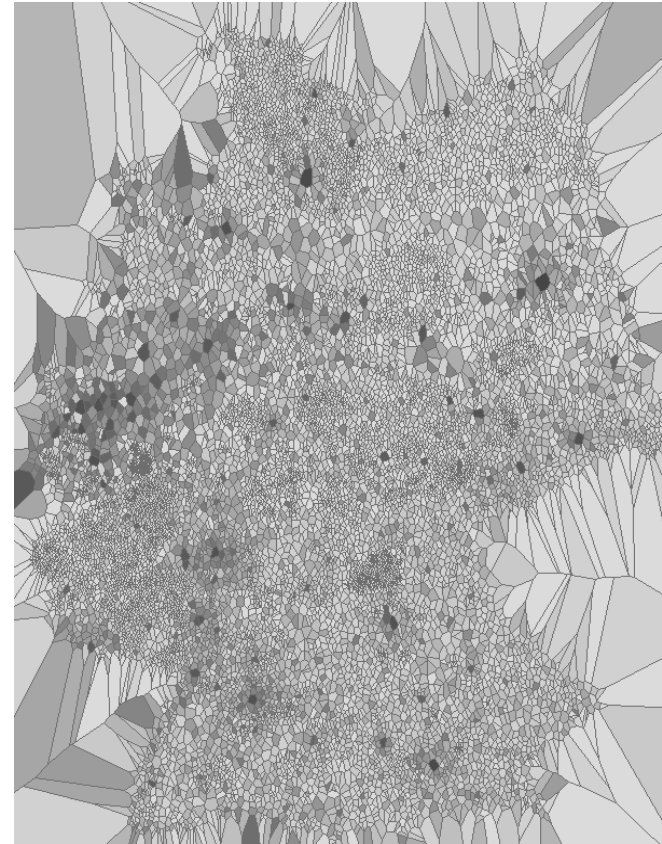
Probleme räumlicher Disaggregation → Punktdaten auf eine Fläche verteilen



## 4 Datenkopplung

Probleme räumlicher Disaggregation → Punktdaten auf eine Fläche verteilen

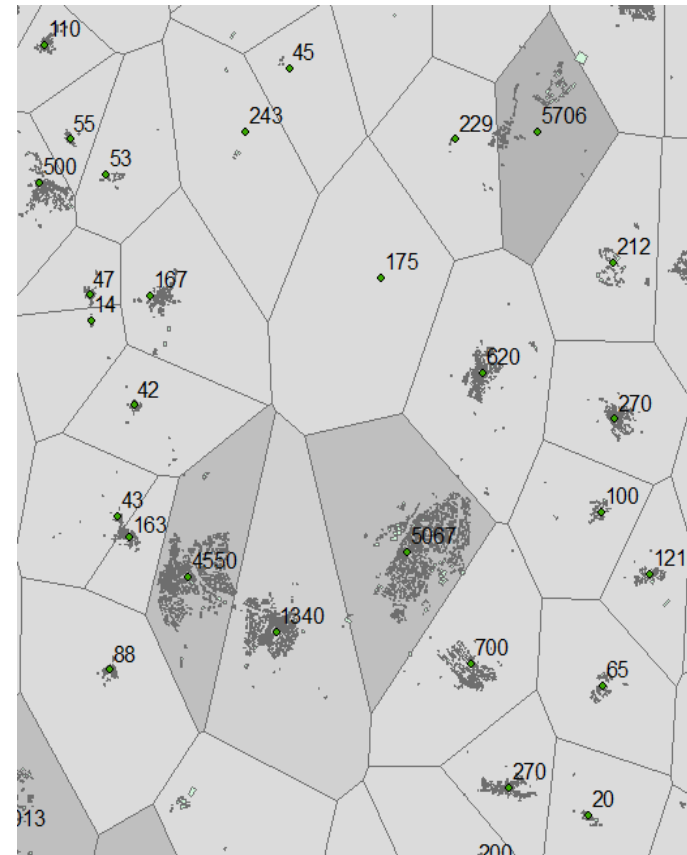
- Interpolation mittels Thiessen-Polygone
- Polygone enthalten den Bevölkerungswert des Mittelpunktes
- Je höher aufgelöst die Datengrundlage, desto besser die spätere Qualität



## 4 Datenkopplung

Probleme räumlicher Disaggregation → Punktdaten auf eine Fläche verteilen

- Jede innerhalb eines Polygons befindliche Gebäudefläche erhält den Wert der Bevölkerung
- Dieser Wert wird dann durch die Anzahl der Gebäudepolygone geteilt



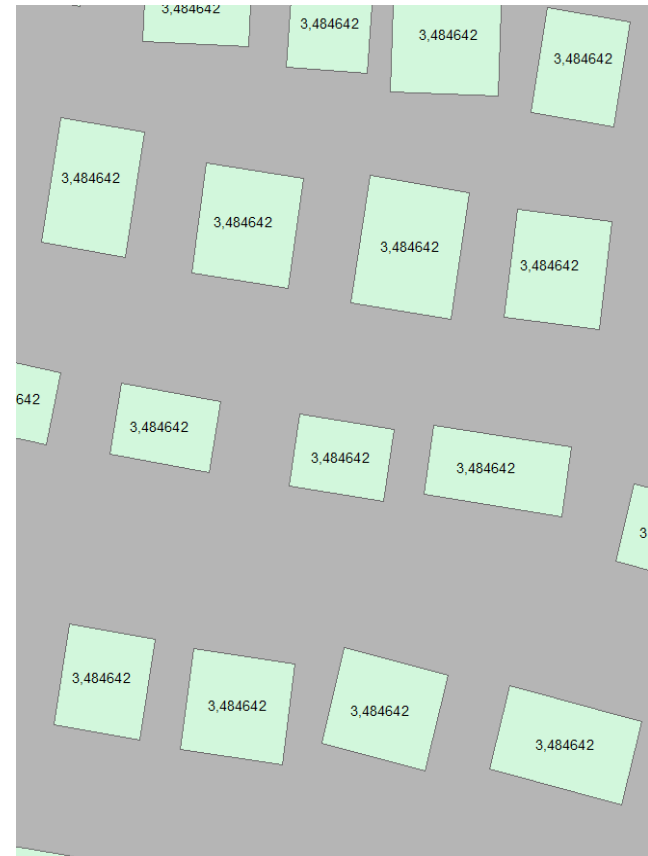
## 4 Datenkopplung

Probleme räumlicher Disaggregation → Punktdaten auf eine Fläche verteilen

- Jede innerhalb eines Polygons befindliche Gebäudefläche erhält den Wert der Bevölkerung
- Dieser Wert wird dann durch die Anzahl der Gebäudepolygone geteilt



*Modellierter Bevölkerungswert pro Gebäude*

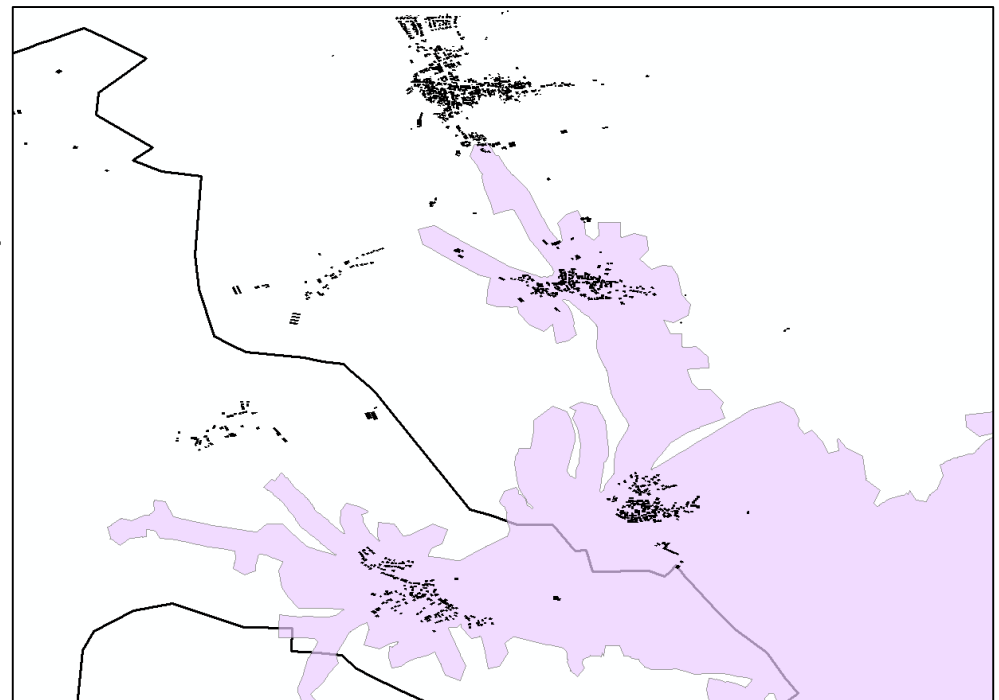




## 4 Datenkopplung

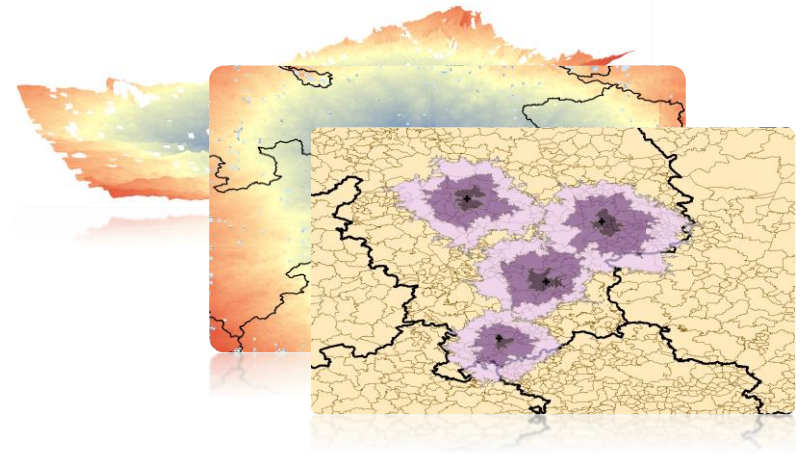
Verschneiden der Bevölkerungsdaten mit der Erreichbarkeitsanalyse

- Klare Teilung von versorgten und nicht versorgten Gebäuden
- Durch Aufsummieren der in einer Isochrone befindlichen Gebäudewerte → Ermittlung von Bevölkerungspotentialen

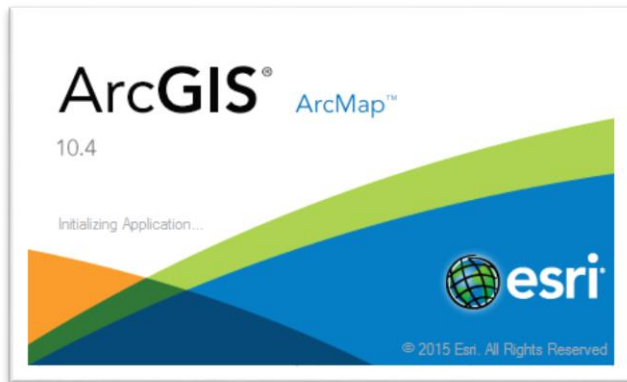


# Fazit

- Aus der Ermittlung von Erreichbarkeitspotenzialen ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten für die medizinische Versorgung
  - Komplexe räumliche Gegebenheiten können analysiert werden
  - Handlungsempfehlungen für unterversorgte Gebiete
  - Optimierungsmöglichkeiten für individuelle Einrichtungen
- Die Wahl der Methodik ist stets abhängig von der zugrundeliegenden Fragestellung sowie den verfügbaren Daten



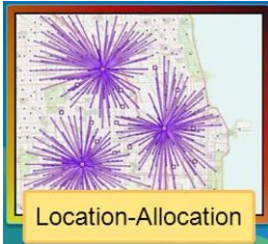
# Ausblick



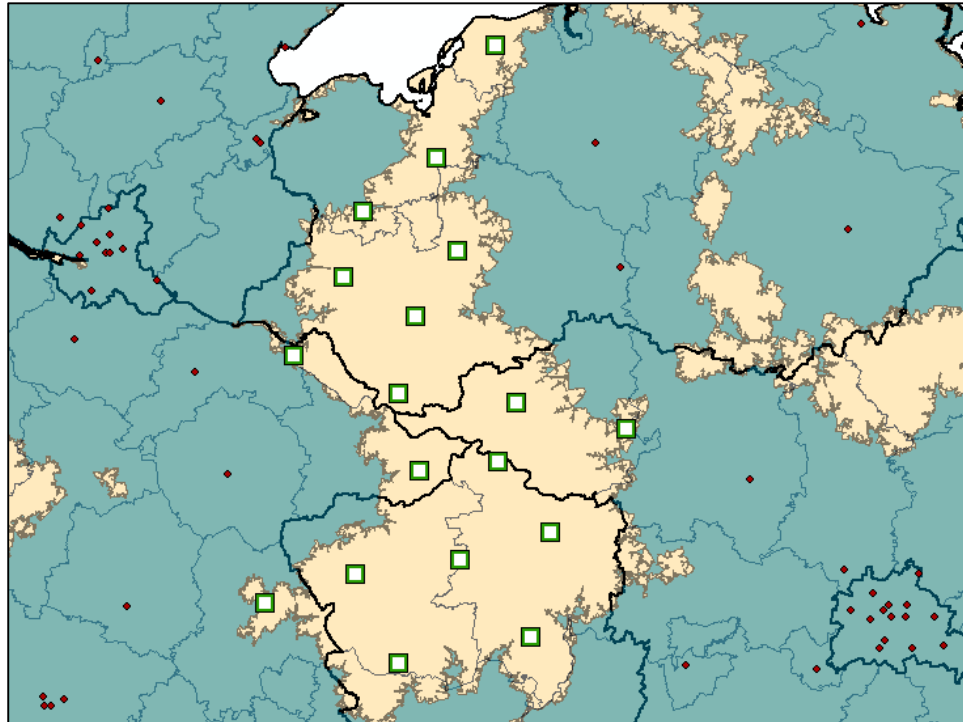
**ArcGIS Network Analyst Extension**  
**Solving transportation problems**

- Route
- Closest Facility
- Service Area
- Location-Allocation**
- Vehicle Routing Problem
- Origin-Destination Cost Matrix

# Ausblick



- Finden optimaler Standorte unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten und umliegender Versorgungssituationen



# Ausblick

- Evaluation der Erreichbarkeiten via GPS Tracking
- Evaluation der Erreichbarkeiten durch Daten der Notfalldienste

