



Geo-Toolbox: Von Daten zur Anwendung

Amirmohammad Ghavimi^{1,2}, Jonas Schoo², Tobias Werner², Thomas Brinkhoff², Roland Pesch², Frank Schüssler²

¹ Korrespondierender Autor: amirmohammad.ghavimi@jade-hs.de

² Jade Hochschule, Ofener Str. 16/19, 26121 Oldenburg

Abstract

Gesellschaftliche und umweltrelevante Transformationen verfügen meist über eine zeitliche und räumliche Dimension, die seit dem „spatial turn“ zunehmend in den Fokus auch nicht originär raumbezogener wissenschaftlicher Disziplinen rücken (Soja 1989). Mithilfe Geographischer Informationssysteme (GIS) können die Merkmale von Transformationsprozessen aufgearbeitet, analysiert und visualisiert werden. Dieser Artikel ist ein Beitrag zur Beantwortung der Frage, welche grundlegenden Daten und Instrumente zur GIS-gestützten Analyse von Transformationsprozessen zur Anwendung auf die Region Weser-Ems bereitstehen. Im ersten Abschnitt werden oft verwendete Geodatenbasen vorgestellt. Darauf folgend wird eine Plattform zur Verarbeitung, Visualisierung und Management von raumzeitlichen Daten gezeigt. Im letzten Abschnitt wird eine Geodatenanalyse am Beispiel der fußläufigen Erreichbarkeiten von Hausärzt*innen in Niedersachsen dargestellt.

Schlüsselworte: Geo-Toolbox, Geoinformation, Geodatenanalyse, Open Data, Geostandard, Erreichbarkeit

Zitation: Ghavimi, A.; Schoo, J.; Werner, T.; Brinkhoff, T.; Pesch, R.; Schüssler, F. Geo-Toolbox: Von Daten zur Anwendung. Transformation Dynamics 2024, 1, 4.

Motivation und Ziel

Die Gestaltung von Transformationspotenzialen in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung bedingt die Verarbeitung von Geoinformationen. Dabei ermöglicht der Einbezug von räumlichen und zeitlichen Daten eine systematische Aufarbeitung von Veränderungsprozessen und ihren Auswirkungen. Hierzu zählt in ländlichen Räumen des nordwestlichen Niedersachsens im Speziellen der Strukturwandel, der sich besonders durch regionspezifische Fragestellungen auszeichnet.

Das Ziel dieses Teilvorhabens ist die Unterstützung aller Teilvorhaben des Gesamtprojektes zur Beantwortung von Fragestellungen aus unterschiedlichen Themengebieten wie Regionalentwicklung, Landwirtschaft, Bildung, medizinische Versorgung und Mobilität. Dieser Abschnitt soll daher verfügbare Geodaten und Geodatenquellen aufzeigen, welche eine Relevanz für die Fragestellungen in Bezug auf Transformationsprozesse haben können. Des Weiteren wird die Geo-Toolbox vorgestellt, eine Plattform zur Verwaltung und Visualisierung von Geodaten und Analyseergebnissen. Die Geotoolbox unterstützt die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Teilvorhaben des Verbunds 4N und stellt darüber hinaus Werkzeuge bereit, mit denen die dort erarbeiteten Ergebnisse ausgewertet und in Form webbasierter Karten veröffentlicht werden können. Ein Anwendungsbeispiel aus der Daseinsvorsorge soll dabei die Möglichkeiten aufzeigen, wie mittels Geodaten und Softwarelösungen räumliche Fragestellungen bearbeitet werden können. Derartige Geodatenanalysen sind mit Blick auf die Themen der anderen Teilvorhaben möglich und befinden sich derzeit in der Diskussion.

Ziel ist dieses Kapitels ist es somit, einen Überblick über die Potenziale zur Verwendung von Geodaten und ihren Analysen für Transformationsprozesse in ländlichen Räumen zu geben, um so den Strukturwandel besser verstehen und gegebenenfalls Entscheidungsunterstützungen für Maßnahmen leisten zu können.

Verwendbare Datengrundlagen

Sowohl regionale als auch überregionale Transformationen werden durch Entscheidungsprozesse beeinflusst und gestaltet. Grundlage für Entscheidungsträger ist dabei Wissen, das durch das Zusammentragen, Auswerten und Visualisieren räumlich verorteter Daten (Geodaten) und deren Generalisierung zu Informationen gebildet werden kann. Ein breites Spektrum an verwendbaren (Geo-)Datengrundlagen steht hierfür zur Verfügung. So

existieren auch für den in diesem Beitrag behandelten Untersuchungsraum zahlreiche Datensätze, die entweder offen zugänglich sind oder gekauft werden können. Die Auswahl geeigneter Daten ist dabei stark abhängig von der jeweilig betrachteten Aufgabe bzw. Forschungsfrage und stellt eine Aufgabe der Geo-Toolbox innerhalb des Forschungsverbunds 4N dar. Auf Basis bislang gesammelter Erfahrungen mit anderen Teilvorhaben werden nachfolgend einige sinnvoll einsetzbare Datensätze vorgestellt, die als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen und Analysen in Bezug auf regionale Transformationsprozesse dienen können.

ATKIS- und ALKIS

Die beiden wichtigsten deutschlandweit standardisierten Geobasisdatenbanken stellen das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) sowie das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) dar (Lakes 2009). ATKIS umfasst topografische Informationen wie Verkehrswege, Gewässerkörper, bebaute Gebiete, Vegetation, unterschiedliche Landnutzungen und ihre jeweiligen räumlichen Ausprägungen. Das digitale Landschaftsmodell im Maßstab 1:5000 (Basis-DLM) ist Teil des ATKIS, das vom Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) als Open Data frei als Download zur Verfügung gestellt wird und die topografischen Merkmale der Landschaft im Vektorformat beschreibt. Dieser Datensatz stellt eine wichtige Datenbasis für die Analyse ländlicher Gebiete in der Weser-Ems Region dar. Viele Akteure und deren eingesetzte Instrumente der Raumplanung (s. Beitrag Gestaltung und Gestalter der Transformationen in den ländlichen Räumen des Nordwesten Niedersachsens) verwenden ATKIS als Basis, so etwa zur Modellierung von Einzugsgebieten, Versorgungsgebieten und Infrastrukturen.

Das Basis-DLM wird regelmäßig aktualisiert und gewährleistet eine Lagegenauigkeit der abgebildeten Objekte (Straßen, Gewässer und Schienen) von +/- 3 m (LGLN 2022). Ein Auszug am Beispiel des Themas „Siedlung“ wird in Abb. 1 dargestellt. Das Basis-DLM trägt im Forschungsverbund bislang zur Bearbeitung von Mobilitätsfragen (s. Beitrag Rurban Design und Mobilität) und zur Auswahl von Flächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen bei (s. Beitrag Nachhaltige Lösungen zur Klimawandel-Anpassung - Nutzung von erneuerbaren Energien in der Landwirtschaft und ihre Auswirkungen).

ALKIS-Daten können in Niedersachsen vom LGLN erworben werden. Diese umfassen Flurstücks- und Gebäudegeometrien und sind mit Angaben aus dem Liegenschaftsbuch (z. B. Nutzungsarten) verknüpft. Dieses Kataster er-

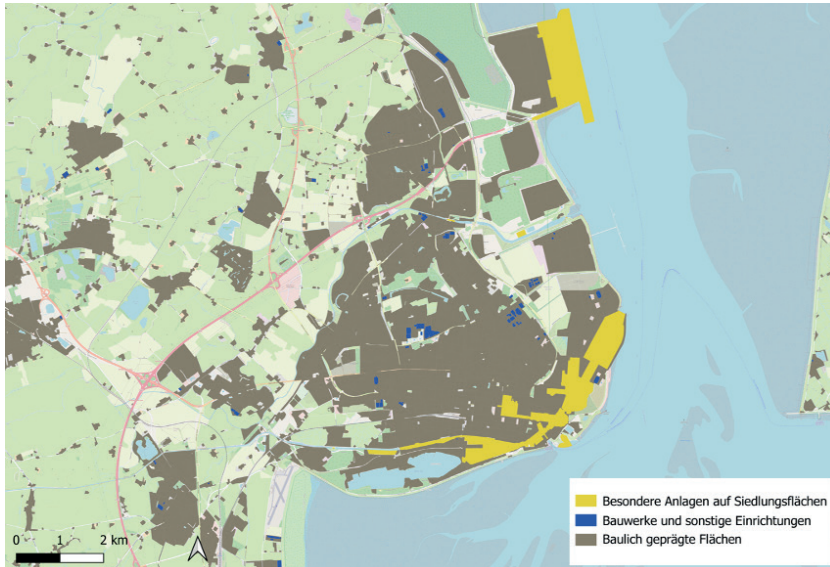


Abb. 1 Auszug aus BASIS-DLM. Eigene Darstellung. Daten: BASIS-DLM von LGLN 2023, Hintergrundkarte von OpenStreetMap o.D.

füllt auch die Funktionen eines Eigentumskatasters (Amtliches Verzeichnis im Sinne der Grundbuchordnung), des Steuerkatasters (Nachweis der amtlichen Bodenschätzung), der Quelle von Auskünften für Bedürfnisse aus Wirtschaft Umwelt- und Naturschutz und dient der Landes- und Bauleitplanung. Zudem beschreibt ALKIS als amtlicher Datensatz verlässlich Liegenschaften, gibt Aufschluss über den tatsächlichen Status von Immobilien (Standort, Größe, Nutzung usw.) und ist für Katasteranalysen unverzichtbar. Im Rahmen des Forschungsverbundes liefert ALKIS einen wesentlichen Beitrag zur Ermittlung von Eigentumskonflikten im Bereich Governance (s. Beitrag Transformationsherausforderungen an der Niedersächsischen Küste und auf den Ostfriesischen Inseln - im Fokus von Tourismus, Klimawandelanpassung und Governance), Stadtplanung und Städtebau.

Die Nutzung von 2D-Katasterdaten ist für die Stadtplanung unerlässlich. Mit neuen Anwendungsfällen sind 3D-Informationen jedoch mittlerweile eine zentrale Anforderung der Stadtplanung in Hinblick auf eine nachhaltige Transformation. 3D-Gebäudemodelle bilden reale Gebäude digital ab und werden vom LGLN in zwei Detaillierungsstufen als Open Data bereitgestellt: Blockmodelle (Flachdächer) in LoD1 (Level of Detail; deutsch: Detaillierungsgrad) und standardisierte Dachformen (Satteldach, Walmdach) in LoD2. Gebäudemodelle in LoD1 und LoD2 für Niedersachsen stehen

flächendeckend zur Verfügung und können von der LGLN-Webseite frei heruntergeladen werden (LGLN 2023). Während für Anwendungen wie die Lärmkartierung 3D-Gebäudeinformationen LoD1 ausreichend sind, benötigen andere Anwendungen eine Modellierung im höheren Detaillierungsgrad LoD2. Ein Beispiel hierfür ist die Ermittlung von Photovoltaikpotenzialen von Gebäuden. Basierend auf derartigen 3D-Daten wurden in vielen Städten Deutschlands sogenannte Stadtmodelle entwickelt (Gruber et al. 2014).

OpenStreetMap

OpenStreetMap (OSM) umfasst eine kostenlose und offene Geodatenbank, die von einer Gemeinschaft von Freiwilligen in offener Zusammenarbeit aktualisiert und gepflegt wird. OSM dient der Entwicklung und Verbreitung kostenloser Geodaten sowie der Bereitstellung von Geoinformationen für die Öffentlichkeit. Die Daten können dabei frei verwendet und weitergegeben werden. Die Beitragenden sammeln Daten aus Vermessungen, digitalisieren diese anhand von Luftbildern und importieren sie aus anderen frei lizenzierten Geodatenquellen. Aufgrund geringer Lizenz einschränkungen wird OSM häufig zur Erstellung digitaler Karten, zur Bereitstellung von Navigationsinformationen und zur Unterstützung humanitärer Hilfe und im Katastrophenschutz verwendet.

OSM ist eine oft verwendete Quelle für die Erstellung von (routingfähigen) Straßennetzen. Aus OSM abgeleitete Straßennetzwerke umfassen auszugswise Informationen über Wegearten, Höchstgeschwindigkeiten, Brücken und Einbahnstraßen. Da die Daten durch Freiwillige in einer öffentlich zugänglichen Datenbank zusammengetragen werden, können Qualität und Vollständigkeit der repräsentierten Objekte nicht gewährleistet werden.

OSM verfügt über Informationen zur Straßeninfrastruktur. Elemente werden mithilfe von Schlüssel-Werte-Paaren beschrieben und erlauben im Falle von Straßen den Aufbau eines Netzwerkes, das u. a. zur Analyse von Erreichbarkeiten verwendet werden kann (s. Kapitel Anwendungsbeispiel: Erreichbarkeit Allgemeinärzte).

Flächennutzungspläne

Ein Flächennutzungsplan (FNP) bildet eine Grundlage für die Entwicklung von Plänen in der Bauleitplanung. Er definiert für das gesamte Gemeindegebiet die Art der Bodennutzung und ist gleichzeitig das Bindeglied zur überörtlichen Planung. Der FNP wird auf Basis der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung und den voraussehbaren Bedürfnissen der Gemeinde erstellt.

Der FNP stellt ein wichtiges Instrument für die Untersuchung zukünftiger Raumnutzungsänderungen und die Betrachtung verschiedener Szenarien dar. Er ist besonders für umfassendere Analysen des Raums geeignet, da er aus offiziellen Plänen für die Region und überörtlichen Plänen abgeleitet ist. Es ist jedoch zu beachten, dass FNPs im Gegensatz zum Basis-DLM nicht zentral bereitgestellt werden. Stattdessen erfolgt dies über die jeweilig verantwortliche Kommune, was in einigen Fällen zu Einschränkungen in ihrer Verfügbarkeit führen kann und somit einen individuellen Beschaffungsprozess erforderlich macht. Der FNP stellt eine umfassende und maßgebliche Datensammlung dar, die ein erhebliches Potenzial für die Gewinnung von Erkenntnissen über künftige Entwicklungen und die Erleichterung fundierter Entscheidungen birgt. Mit ihm können Aspekte der Stadtplanung, Flächen-nutzung und Infrastrukturentwicklung untersucht werden und so verschiedene Szenarien für die künftigen Veränderungen in der Region analysiert und vorhergesehen werden. Tab. 1 fasst die Zugänglichkeit und Nutzungsmöglichkeit der zuvor beschriebenen Datenbasen zusammen.

Tab 1 Zusammenfassung Datengrundlagen Anwendungsfall.

Datenbasis	Frei zugänglich	Beinhaltet
ALKIS	Nein	Genauere Grundstücksgrenzen einschließlich landwirtschaftlicher Flächen und Gebäude
ATKIS	Ja	Aktuelle Bodenbedeckung und Bodennutzung sowie deren Veränderungen in der Vergangenheit
OSM	Ja	Informationen zu verschiedensten Themen. Häufig genutzter Datensatz für Abbildung von Straßennetzen.
FNP	Ja	Beabsichtigte Art der Landnutzung für zukünftige Entwicklungen

INSPIRE

Die Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) ist eine Richtlinie der Europäischen Union (EU), mit der ein Rahmen für die Interoperabilität von Geodaten und -diensten in ganz Europa geschaffen werden soll. Sie legt Standards und Vorschriften für den Austausch, den Zugang und die Nutzung von Geodaten zwischen den EU-Mitgliedstaaten und den Europäischen Freihandelszonen (EFTA)-Ländern fest. INSPIRE ist ein rechtlicher Rahmen, um den Zugriff auf Geodaten zu standardisieren. Diese sollen u. a. einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten und Fragen zur Umwelt und öffentlichen Sicherheit beantworten (European Commission 2023).

Das INSPIRE-Geoportal (<https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>) ist der zentrale europäische Zugangspunkt zu den Daten, die von den EU-Mitgliedstaaten und mehreren EFTA-Ländern im Rahmen der INSPIRE-Richtlinie bereitgestellt werden. Als Gemeinschaftsprojekt des Bundes und der Länder ermöglicht Geoportal.de den Zugriff auf die Inhalte der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI Deutschland). Die Georessourcen aller Bundesländer sind dort zusammengeführt und in leichter Form über eine entsprechende Maske such- und filterbar.

In Niedersachsen bietet das Geoportal Niedersachsen mit dem rechtlichen Hintergrund der europäischen INSPIRE-Richtlinie seit 2007 (LGLN 2023) Zugriff auf Daten. Eine Suchfunktion für die verfügbaren Datensätze des Landes Niedersachsen steht ebenfalls zur Verfügung.

Die 4N Plattform Geo-Toolbox

Transformationsprozesse verfügen meist über eine räumliche Ausprägung. Besonders die Entwicklung eines Transformationsatlas bedient sich geographischer Daten und Methoden (s. Beitrag Transformation in der Region - von der Konzeptentwicklung eines Transformationsatlas -). Die digitale Abbildung und Verarbeitung damit verbundener Geoinformationen benötigen einschlägiges Know-How. Die im 4N-Projekt TV 2 erarbeitete Geo-Toolbox ist eine niederschwellig nutzbare Geodatenplattform, die sich auf die Stärkung interdisziplinärer Forschungsvorhaben und Förderung von Synergiepotentialen konzentriert. Sie integriert etablierte Standardtechnologien in einer Anwendung und reicht weit über die Funktion einer reinen Datendrehscheibe hinaus. Insbesondere konzentriert sich die Geo-Toolbox auf die Bündelung von Methoden und Konzepten zur Verarbeitung und Präsentation von raumzeitlichen Daten. Diese Integration standardisierter Instrumente in einem Werkzeugkasten ermöglicht eine effektive Begleitung der Untersuchung und Umsetzung von Transformationsprozessen.

Aufbau und Struktur

Die Geo-Toolbox verfügt über die Ausprägungen Core und Extended. Dem Core werden alle Basisfunktionen zugeordnet. Darunter fallen alle nicht fachspezifischen, aber obligatorischen Konzepte und Datenverarbeitungsmethoden. Die Ausprägung Extended umfasst alle weiterführenden Fähigkeiten, die über die Basiseigenschaften hinausgehen und zielgerichtet einem thematischen Zweck dienen.

Als Fundament verwendet die Geo-Toolbox das Open-Source-Softwareprojekt GeoNode (Corti et al. 2019). Das Projekt GeoNode zeichnet sich durch die Integration von etablierten, quelloffenen und eigenständigen GIS-Softwarepaketen aus (Gräler u. Bredel 2023). Mithilfe dieses Fundaments bildet die Geo-Toolbox grundlegende Funktionen in Form von Komponenten ab. Eine Übersicht dieser Komponenten ist in Abb. 2 dargestellt.

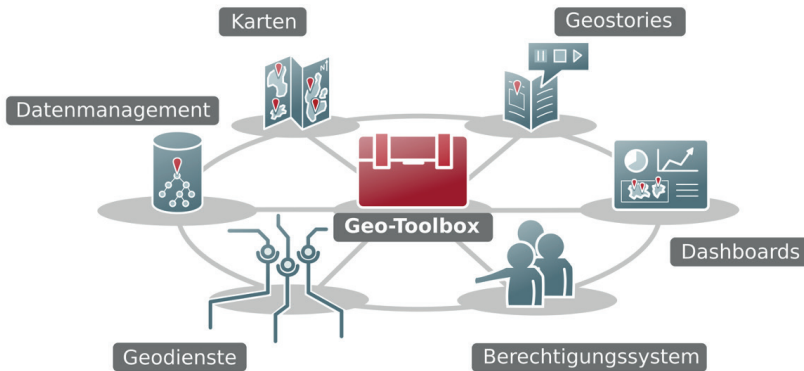


Abb. 2 Komponenten der Geo-Toolbox (Core). Eigene Darstellung.

Geodienste

Eine standardisierte und plattformunabhängige Möglichkeit zum Austausch von und Interaktion mit raumzeitlichen Daten stellen sogenannte Geodienste dar. Ein Geodienst ist eine vereinheitlichte Schnittstelle zum Austausch und Darstellung von Geodaten über Netzwerke wie bspw. das Internet. Spätestens mit Umsetzung von INSPIRE (s.o.) sind Geodienste gesetzlich für die Bereitstellung bestimmter Geoinformationen vorgeschrieben (Arbeitskreis Geodienste der GDI-DE 2019). In die Geo-Toolbox importierte Geodatensätze werden automatisiert aufbereitet und auszugsweise als Geodienst vom Typ Web Map Service (WMS) bereitgestellt. Jede zum WMS-Standard kompatible Anwendung erhält über diese Schnittstelle unmittelbaren Zugriff auf die geographische Ausprägung der abgelegten Datenbasen. Dies bildet eine niederschwellige Möglichkeit zur digitalen Weiterverarbeitung von Daten zu Transformationsprozessen in Endanwendungen aus Forschung, Wirtschaft, Umwelt und Soziales.

Datenmanagement

Die Komponente Datenmanagement der Geo-Toolbox übernimmt eine zentrale Rolle und verwaltet Daten, die als Basis in alle weiteren Komponenten eingehen. Das Datenmanagement umfasst die technischen und organisatorischen Aufgaben, die für eine strukturierte Verwaltung von Basis-, Fach- und Metadaten notwendig sind. Hierfür erfolgt der Einsatz des Datenbanksystems PostgreSQL in Kombination mit der Geo-Erweiterung PostGIS. Diese Kombination stellt neben der Möglichkeit zur Abbildung und Verarbeitung raumzeitlicher Daten auch Methoden und Verfahren zur effizienten Beantwortung räumlicher Fragestellungen zur Verfügung (Brinkhoff 2022). Typische Anwendungsfälle wie das Bereitstellen, Beziehen, Beschreiben, Suchen und Anpassen von raumzeitlichen und konventionellen Daten sind Aufgaben des Datenmanagements und werden durch die Geo-Toolbox abgedeckt.

In Abb. 3 werden die grundlegenden Elemente (rot umrandet) der Plattform auf der Eingangsseite der Geotoolbox hervorgehoben. Das Kernelement des Datenmanagements innerhalb der Geo-Toolbox ist der Datenkatalog. Dieser dient zur Verwaltung von Daten und ist besonders auf die Organisation von Geobasis- und Geofachdaten ausgelegt. Der Katalog unterstützt neben dem Import standardisierter Geodatenformate auch die Einbindung von extern bereitgestellten Geodiensten. Importierte Geodaten werden im integrierten Geodatenbanksystem strukturiert abgelegt. Eingebundene Geodienste werden mit Beobachtungsroutinen ausgestattet, welche die Fähigkeiten der Dienste in regelmäßigen Abständen abgleichen und auf Unregelmäßigkeiten hinweisen. Alle sich im Katalog befindlichen Elemente können als Input in den weiterführenden Komponenten der Geo-Toolbox weiterverwendet werden. Abb. 4 stellt einen Auszug aus dem Katalog der Geo-Toolbox dar.

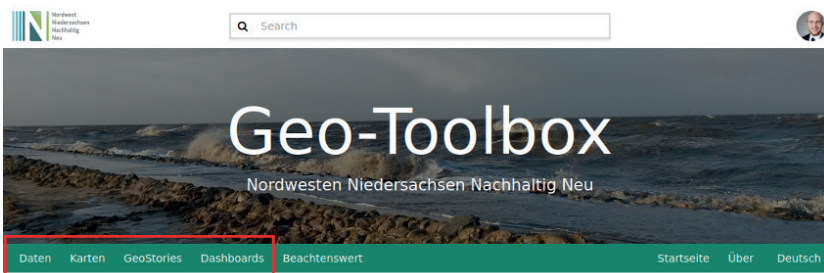


Abb. 3 Elemente der Geo-Toolbox.

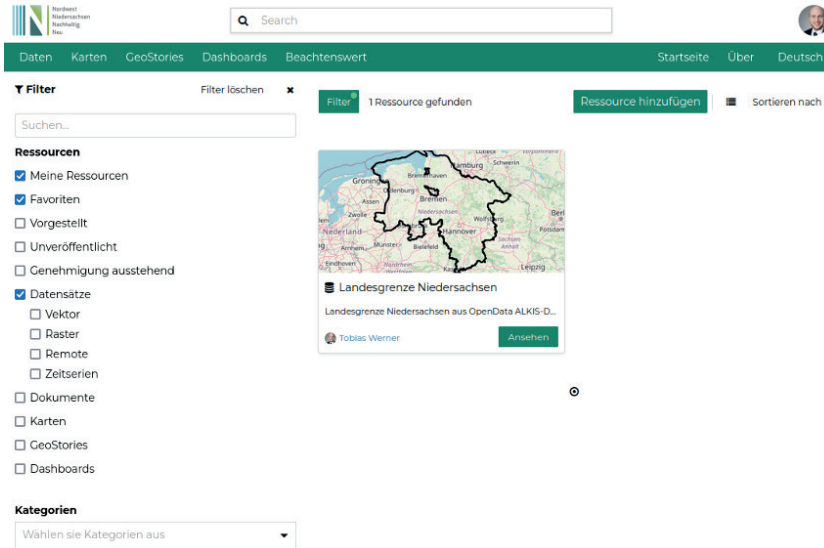


Abb. 4 Katalog der Geo-Toolbox.

Mit Blick auf die Verwaltung von Forschungsdaten besteht die Möglichkeit zur strukturierten Beschreibung von Elementen durch Metadaten (Hoedt 2022). Diese vereinheitlichte Beschreibung erlaubt die Verknüpfung von Datenbeständen in Geoportalen und bildet damit die Grundlage für das gezielte Auffinden von Geodatensätzen.

Karten

Eine Hervorhebung von wesentlichen Merkmalen von Transformationsprozessen und ihrer geographischen Ausprägung ist die Verwendung von digitalen Karten. Die Geo-Toolbox erlaubt das Erstellen und Verwalten solcher Karten. Für diesen Zweck steht ein integrierter Karteneditor bereit, der direkten Zugriff auf das Portfolio des Datenkatalogs besitzt. Besonders signifikante Merkmale und Aussagen aus transformativen Prozessen können visuell über eigene Kartendesigns hervorgehoben werden. Somit können Reichweite und Auswirkung räumlicher Effekte in individueller Form unterstrichen werden.

Geostories

Geostories dienen ebenfalls der Kommunikation raumzeitlicher Informationen. Sie sind auf die Verwendung multimedialer Inhalte ausgelegt und stellen unterschiedliche Aspekte eines Themas in einem geordneten Ablauf miteinander in Beziehung. Geostories eignen sich besonders zur Vermittlung komplexer Inhalte und umfangreicheren Ausarbeitungen, die mehrere Facetten miteinander verknüpfen. Ein integrierter Editor zur Erstellung und Anpassung von Geostories hat unmittelbaren Zugriff auf das Portfolio des Datenkatalogs der Geo-Toolbox. Videos, externe Webseiteninhalte, digitale Karten, Grafiken und Texte können niederschwellig und webbasiert in einer Story hinzugefügt und beliebig platziert werden. Interaktive Elemente können genutzt werden, um signifikante Merkmale besonders hervorzuheben.

Dashboards

Für die Zusammenführung von Geodaten mit alphanumerischen Kennzahlen in einer Übersicht bietet die Geo-Toolbox Dashboards an. Spätestens die COVID-19-Pandemie hat den Nutzen solcher mit geographischen Daten angereicherten Boards herausgestellt (z.B. das Corona-Dashboard des Robert Koch Instituts). Sie ermöglichen eine schnelle Erfassung von Situationen und stellen unter anderem ein Instrument zur Erfassung von Maßnahmen bereit. Als Datenquelle dienen die Elemente des Datenkatalogs, die entweder in Rohform oder in statistisch aufbereiteter Form als Graph oder tabellarischen Darstellung integriert werden können. Ein Beispiel zur Veranschaulichung von räumlichen Klimaindizes des 4N-Untersuchungsraums unter Verwendung eines Dashboards ist in Abb. 5 dargestellt.

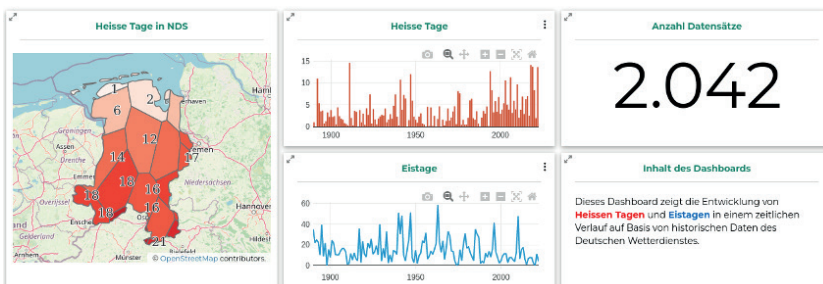


Abb. 5 Dashboard mit Klimaindizes. Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Auszug aus Klimaindizes (Deutscher Wetterdienst 2023).

Berechtigungssystem

Die in der Geo-Toolbox verwalteten Ressourcen unterliegen einem Berechtigungssystem. Sowohl die Sichtbarkeit als auch die Nutzung von Datensätzen, Karten, Dashboards und Geostories können präzise gesteuert werden. Einschränkungen und Freigaben erfolgen dabei auf Account- und Gruppenebene und erlauben eine Zuweisung der Berechtigungsstufen Ansehen, Herunterladen, Bearbeiten und Verwalten. Während der Datenzugriff zentral durch die administrierende Personengruppe innerhalb der Geo-Toolbox koordiniert werden kann, können Ressourcen auch ohne Beschränkungen für den öffentlichen Zugriff freigegeben werden.

Vorteile und besondere Merkmale

Wie bereits zuvor erläutert, basiert die Geo-Toolbox auf GeoNode und kombiniert somit etablierte Open-Source Komponenten in einer Plattform. Diese Quelloffenheit bietet die Möglichkeit zur Anpassung und Erweiterung durch individuell entwickelte Komponenten. Zudem ist ein unabhängiger Betrieb in eigenen IT-Infrastrukturen umsetzbar und kann somit einen Beitrag zur Stärkung der angestrebten digitalen Souveränität (IT-Planungsrat 2021) leisten.

Die intensive Umsetzung und Verwendung von Standards (s. Abb. 6) fördert den interoperablen Zugriff auf Geodaten und gestaltet den Zugriff auf Forschungsdaten und transformationsbegleitender Geoinformationen niederschwellig. Während desktopbasierte GIS-Software oft dateibasiert orientiert ist, verwendet die Geo-Toolbox durchgehend ein Geodatenbanksystem. Limitierungen, die einer dateibasierten Datenverwaltung unterliegen, werden durch effiziente Methoden und Verfahren aufgehoben. Allen voran profitieren Zugriffe und Analyseprozesse von größeren Geodatenvolumina. GeoNode verwendet ein responsive Design und bietet somit Unterstützung für den Abruf von Ressourcen durch unterschiedliche Gerätetypen. Durch diese Geräteunabhängigkeit ist auch eine Verwendung der Geo-Toolbox operativ im Feld möglich.

Anwendungsbeispiel: Erreichbarkeit Allgemeinärzte

Im folgenden Abschnitt wird ein Anwendungsbeispiel aus TV2 dargelegt. Dieses soll einen Eindruck davon vermitteln, wie ausgehend von einer räumlichen Problem- bzw. Fragestellung mithilfe von Geodaten und der Analyse dieser Ergebnisse erzielt werden können. Dieses Beispiel soll daher auch als

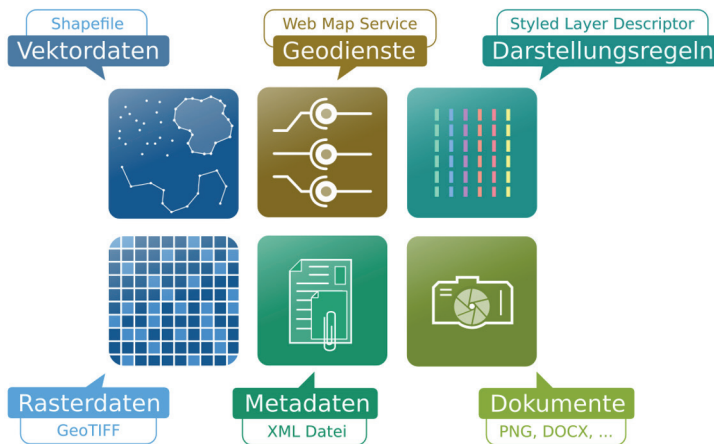


Abb. 6 Unterstützte Standards und Formate. Eigene Darstellung.

Anregung für die anderen Teilvorhaben dienen, wie und in welchem Maße die Geo-Toolbox zur Beantwortung von räumlichen Fragestellungen beitragen kann. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen noch keine konkreten Vorschläge für räumliche Anwendungen aus den anderen Teilvorhaben vor.

Hintergrund und Ziel

Die Herstellung und Sicherstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse ist eine der Leitvorstellungen des Bundes und der Länder Deutschlands (Terfrüchte 2019). Diese Leitvorstellung zielt auf die gleichmäßige Entwicklung aller Teilräume Deutschlands ab, insbesondere hinsichtlich der Daseinsvorsorge, der Einkommen und der Erwerbsmöglichkeiten (Deitelhoff et al. 2020). Die Daseinsvorsorge umfasst dabei Leistungen, die eine angemessene Teilhabe der Menschen am gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Leben gewährleisten sollen. Einig (2015: 45) schreibt: „Die Erhaltung bzw. Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse in allen Teilräumen gehört traditionell zu den wichtigsten Zielen der Raumordnungspolitik von Bund und Ländern und wird vor allem durch die Sicherung der Versorgung mit Leistungen der Daseinsvorsorge zu erreichen versucht.“

Eine übergeordnete Bedeutung im Bereich der Daseinsvorsorge kommt der Gesundheitsversorgung zu. Bei der individuellen Bewertung der Lebensqualität und der Lebensbedingungen wird der Gesundheit eine herausragende Rolle beigemessen (Traub 2004, Herbst et al. 2016). Besonders die haus-

ärztliche Versorgung besitzt nach Voigtländer u. Deiters (2015: 950) eine zentrale Bedeutung bezüglich der Versorgungsqualität der Bevölkerung, da sie „[...] in der Regel den Eintrittspunkt von Menschen in das Versorgungssystem darstellt und wesentlich ist für eine zugängliche, koordinierte, umfassende, kontinuierliche und wirtschaftliche Gesundheitsversorgung.“

Einrichtungen der Daseinsvorsorge sollen zu sozialverträglichen Preisen, in einer bestimmten Qualität und in zumutbarer Erreichbarkeit angeboten werden, wie in Abb. 7 dargestellt.



Abb. 7 Raumordnungspolitische Herausforderungen an die Daseinsvorsorge.

Nach: BBSR 2017.

Städte und Regionen stehen aufgrund wachsender sozialer Ungleichheiten und zunehmender räumlicher Polarisierung allerdings vor großen Herausforderungen bei der Ausstattung mit bestimmten Infrastrukturen. Diese Infrastrukturen sind u. a. die Einrichtungen der Daseinsvorsorge, die aufgrund vielerorts abnehmender finanzieller Handlungsspielräume und der Auswirkungen des demografischen Wandels gerade in dünn besiedelten Räumen, aber auch in Städten und Stadtteilen, nur noch schwer erreichbar sind (Ahlmeyer & Wittowsky 2018, Neumeier 2013). Dabei wird eine dezentrale, flächendeckende und fußläufige Erreichbarkeit angestrebt (BBSR 2017, Einig 2015). In diesem Beitrag soll daher die fußläufige Erreichbarkeit von Hausärzt*innen analysiert und bewertet werden.

Analyse

Das Ziel der Analyse liegt darin, für jeden Einwohner*innenstandort auf Straßenabschnittsebene in Niedersachsen und Bremen die fußläufige Reisezeit zum zeitlich nächstgelegenen Hausärzt*innenstandort zu ermitteln. Auf dieser Basis können einerseits Aussagen über die generelle fußläufige Erreichbarkeit der hausärztlichen Versorgung getroffen werden, andererseits können räumliche Disparitäten aufgezeigt werden.

Datengrundlage

Als Datengrundlage werden Daten zu den Standorten von Hausärzt*innen sowie Daten zu Einwohnerstandorten benötigt. Dazu wurden Einwohnerdaten auf Straßenabschnittsebene von der GfK SE zur Verfügung gestellt, die Standorte der Hausärzt*innen wurden von der Kassenärztlichen Vereinigung Niedersachsen (KVN), der Ärzteauskunft Niedersachsen und der Kassenärztlichen Vereinigung Bremen (KVHB) bezogen. Daraus ergeben sich zwei Datensätze, ein erster mit 333.732 Straßenabschnittspunkten und Informationen zur Einwohnerzahl (GfK SE 2022) sowie ein zweiter Datensatz mit 5.639 Standorten von Hausärzt*innen (Arztauskunft Niedersachsen 2023, KVHB 2023, KVN 2023).

Umsetzung

Die Umsetzung erfolgt nach dem EVAP-Prinzip. Dieses Prinzip beschreibt die vier Schritte der Informationsverarbeitung in geographischen Informationssystemen - Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation (De Lange 2020). Im ersten Schritt wurden die Daten aus den verschiedenen Quellen gesammelt (E: Erfassung). Im zweiten Schritt wurden die erfassten Daten in einer PostgreSQL-Datenbank gespeichert und für die weitere Verwendung aufbereitet (V: Verwaltung). Zur Durchführung der Analyse (A: Analysis) wurde die PostgreSQL-Datenbank mit ArcGIS-Pro verknüpft, um anschließend das Tool Closest Facility des Network Analyst nutzen zu können. Hierbei wird ausgehend von jedem Einwohnerstandort auf Basis des Dijkstra-Algorithmus (Dijkstra 1959) und des routingfähigen Fußwegenetzes die Route zum zeitlich nächstgelegenen Hausarztstandort und die dafür benötigte Zeit ermittelt. Ein Beispiel ist in Abb. 8 dargestellt.

Nach der Verknüpfung der benötigten Zeit mit den Straßenabschnittspunkten liegen somit für jeden Straßenabschnittspunkt die Anzahl der Einwohner und die benötigte Gehzeit zum zeitlich nächstgelegenen Hausarztstandort vor. In einem letzten Schritt werden die Daten wieder in eine PostgreSQL-Datenbank übertragen, aufbereitet und statistisch überprüft. Die Daten können nun auf verschiedene Arten dargestellt werden (P: Präsentation).

Ergebnisse

Abb. 9 zeigt die fußläufige Erreichbarkeit des nächsten Hausarztstandortes in Niedersachsen und Bremen auf Straßenabschnittsebene. Grüntöne stehen für eine gute Erreichbarkeit (0-5 Minuten und 5-10 Minuten), orange und rot für eine schlechte Erreichbarkeit (15-20 und > 20 Minuten).

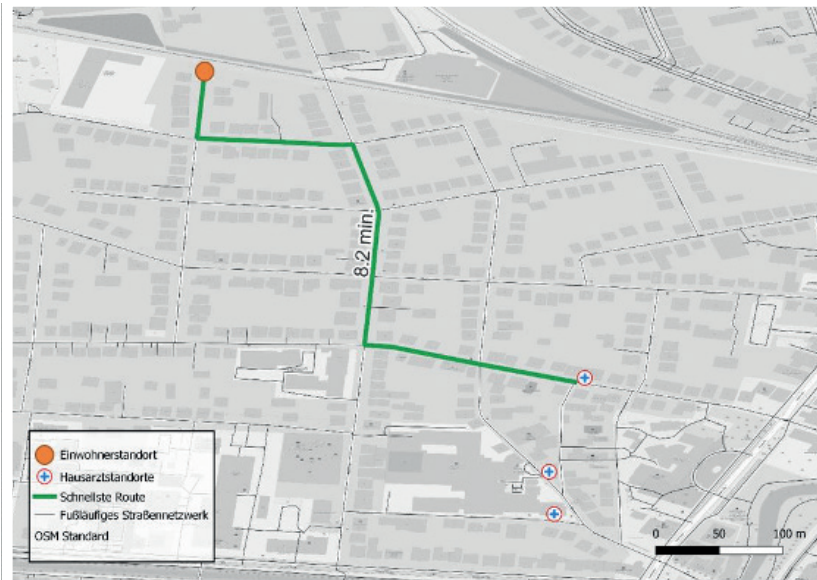


Abb.8 Closest-Facility Analyse am Beispiel des fußläufig zeitlich nächstgelegenen Hausarztstandortes. Eigene Darstellung. Daten: Hausärzt*innenstandorte von Arztauskunft Niedersachsen 2023, KVN 2023, Straßennetzwerk von OpenstreetMap 2023, Einwohnerstandorte von GfK SE 2023.

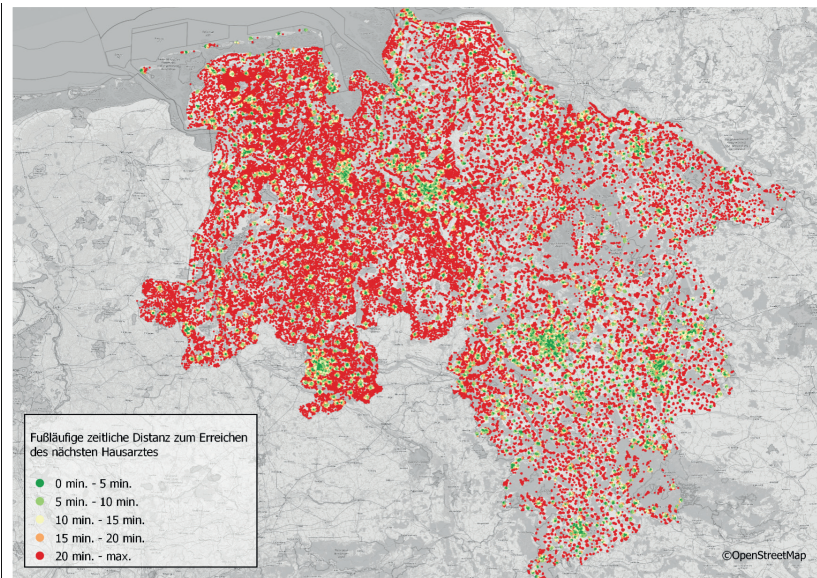


Abb.9 Zeitliche Distanz zum fußläufigen Erreichen des nächsten Hausarzt*innenstandortes. Eigene Darstellung. Daten: Berechnungsgrundlage von Arztauskunft Niedersachsen 2023, KVHB 2023, KVN 2023, OpenStreetMap 2023, Einwohnerstandorte von GfK SE 2023.

Auffallend ist, dass die fußläufige Erreichbarkeit in dieser Betrachtung generell in städtischen Gebieten besser und in ländlichen Gebieten schlechter ist. So fallen die Regionen Hannover, Osnabrück, Oldenburg, Bremen und Bremerhaven, Göttingen und Braunschweig positiv auf. Demgegenüber weisen ländliche Räume wie das Oldenburger Münsterland, Friesland und das Emsland eine eher schlechtere fußläufige Erreichbarkeit des nächsten Hausarztes oder der nächsten Hausärztin auf.

Nachfolgende Tab. 2 zeigt die Verteilung der Einwohner auf verschiedene Zeitintervalle der fußläufigen Erreichbarkeit des nächsten Hausarzt*innenstandortes.

Tab 2 Anzahl und Anteil der Einwohner nach der benötigten fußläufigen Zeit zum Erreichen des nächsten Hausarzt*innenstandortes.

Fußläufige Zeit zum Erreichen des nächsten Hausarzt*innenstandortes	Einwohner	Prozentualer Anteil der Einwohner	Kumulierter Anteil der Einwohner
0 - 5 Minuten	1.843.947	21 %	21 %
5 - 10 Minuten	2.345.569	27 %	48 %
10 - 15 Minuten	1.394.567	16 %	64 %
15 - 20 Minuten	725.095	8 %	73 %
20 - max. Minuten	2.359.208	27 %	100 %

Demnach erreichen ca. 1,84 Millionen Einwohner Niedersachsens und Bremens den nächsten Hausarzt*innenstandort fußläufig in weniger als fünf Minuten, was 21% der Gesamtbevölkerung Niedersachsens und Bremens entspricht. In fünf bis zehn Minuten erreichen weitere 27% (ca. 2,35 Millionen) der Einwohner einen Hausarzt*innenstandort fußläufig. In unter zehn Minuten können somit fast die Hälfte (48%) der Einwohner Niedersachsens und Bremens fußläufig einen solchen Standort erreichen. In maximal 20 Minuten Fußweg können insgesamt 73% der Einwohner der Bundesländer Niedersachsen und Bremen einen Hausarzt*innenstandort erreichen. Mehr als 20 Minuten müssen hingegen 27% der Einwohner aufbringen, um fußläufig zu einem Hausarzt oder zu einer Hausärztin zu gelangen. Im Gesamtdurchschnitt müssen die Einwohner Niedersachsens und Bremens 18,4 Minuten aufbringen, um fußläufig zu einem Hausärztin oder zu einem Hausarzt zu gelangen.

Um Aussagen über die fußläufige Erreichbarkeit von Hausarztstandorten in den verschiedenen Gemeinden Niedersachsens und Bremens treffen zu können, wurden die Ergebnisse der Analyse einwohnergewichtet auf Gemeindeebene aggregiert, wie in Abb. 10 dargestellt.

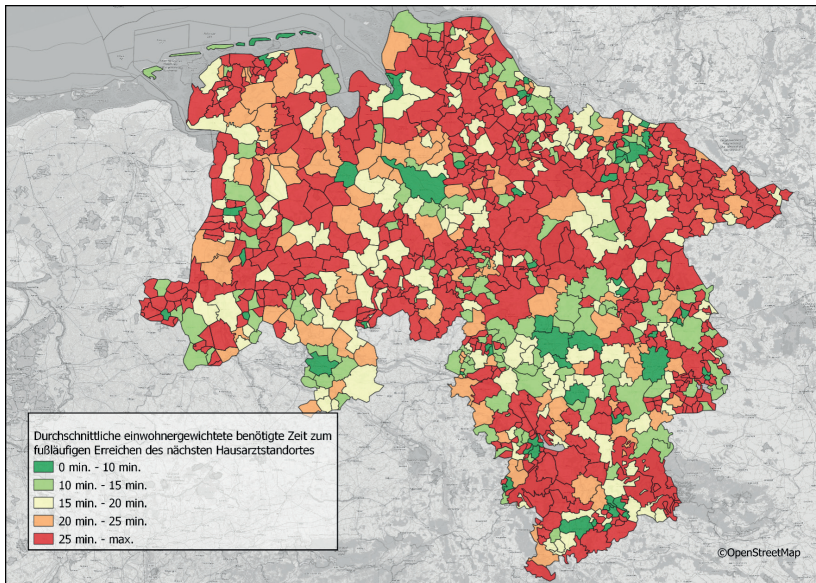


Abb. 10 Durchschnittliche einwohnergewichtete benötigte Zeit zum fußläufigen Erreichen des nächsten Hausarzt*innenstandortes nach Gemeinden. Eigene Darstellung. Daten: Berechnungsgrundlage von: Arztauskunft Niedersachsen 2023, GfK SE 2023, KVHB 2023, KVN 2023, OpenStreetMap 2023, Gemeindegrenzen von BKG 2023.

In insgesamt 62 Gemeinden liegt die durchschnittlich benötigte Zeit, um fußläufig einen Hausarzt*innenstandort zu erreichen bei weniger als zehn Minuten. In weiteren 141 Gemeinden liegt die benötigte Zeit zwischen zehn und 15 Minuten, in 140 Gemeinden zwischen 15 und 20 Minuten. In 104 Gemeinden Niedersachsens und Bremens benötigen Einwohner zwischen 20 und 25 Minuten, in der Mehrzahl der Gemeinden (510) benötigen Einwohner jedoch mehr als 25 Minuten, um fußläufig einen Hausarzt*innenstandort zu erreichen. Eine gute Erreichbarkeit weisen etwa die Region Osnabrück, Bremen und Teile des Umlandes oder die Region Hannover auf. Auch im Rest des Bundeslandes finden sich vereinzelt Gemeinden mit einer sehr guten, guten oder mittleren Erreichbarkeit, oft auch unmittelbar neben Gemeinden mit einer schlechten Erreichbarkeit.

Tab. 3 zeigt die fünf Gemeinden mit mindestens 5.000 Einwohnern in Niedersachsen mit den weitesten Wegen zum nächsten Hausarzt oder zur nächsten Hausärztin.

Tab. 3 Durchschnittlich benötigte Zeit zum fußläufigen Erreichen des nächsten Hausarzt*innenstandortes. Fünf Gemeinden mit den schlechtesten Werten.

Gemeinde	Einwohner	Durchschnittlich benötigte Zeit zum fußläufigen Erreichen des nächsten Hausarzt*innenstandortes
Werlte	10.349	95,7 Minuten
Hagen im Bremischen	11.096	50,4 Minuten
Wittingen	11.357	50,3 Minuten
Bunde	7.630	47,1 Minuten
Ovelgönne	5.260	44,9 Minuten

Auffällig ist hierbei, dass es sich bei den fünf Gemeinden mit den schlechtesten Werten um Gemeinden mit verhältnismäßig wenig Einwohnern ($\sim <12.000$ Einwohner) handelt. Demgegenüber zeigt Tab. 4 die Gemeinden mit der durchschnittlich kürzesten zeitlichen Distanz zum Erreichen einer Hausärztin oder eines Hausarztes. Hier haben von den fünf Gemeinden mit den kürzesten Distanzen zum Hausarzt vier Gemeinden mehr als 100.000 Einwohner.

Tab 4 Durchschnittlich benötigte Zeit zum fußläufigen Erreichen des nächsten Hausarzt*innenstandortes. Fünf Gemeinden mit den besten Werten.

Gemeinde	Einwohner	Durchschnittlich benötigte Zeit zum fußläufigen Erreichen des nächsten Hausarztstandortes
Hannover	534.359	6 Minuten
Göttingen	116.822	6,5 Minuten
Osnabrück	164.262	7,4 Minuten
Stadtoldendorf	5.634	7,4 Minuten
Bremerhaven	110.411	7,6 Minuten

In der Region Hannover benötigen die 534.359 Einwohner durchschnittlich nur sechs Minuten, um fußläufig den nächsten Hausarzt*innenstandort zu erreichen. Es folgen Göttingen mit 6,5 Minuten, Osnabrück und Stadtoldendorf mit 7,4 Minuten sowie Bremerhaven mit 7,6 Minuten.

Der Korrelationskoeffizient zwischen der Einwohnerzahl einer Gemeinde und der durchschnittlichen fußläufigen Erreichbarkeit eines Hausarzt*innenstandort beträgt $-0,21$, was einem schwachen bis moderaten negativen Zusammenhang entspricht (je mehr Einwohner eine Gemeinde hat, desto geringer ist der Zeitaufwand) (Fahrmeir et al. 2016). Daraus kann nicht davon gesprochen werden, dass einwohnerstarke Gemeinden generell eine bessere Erreichbarkeit aufweisen.

Diskussion

Das Kapitel zeigt beispielhaft auf, wie Geodaten und Geodatenanalysen für die Bearbeitung räumlicher Problemstellungen Verwendung finden können. Entsprechendes ließe sich auch für die anderen Teilvorhaben themenspezifisch durchführen. Zu diesem Zeitpunkt liegen allerdings noch keine konkret geäußerten Bedarfe vor.

Die Distanz zum nächstgelegenen Hausarzt oder zur nächstgelegenen Hausärztin gilt als geeignetes Maß zur Messung der Erreichbarkeit von Gesundheitseinrichtungen in ländlichen Gebieten, in denen die Auswahl an Leistungserbringern sehr begrenzt ist und der nächstgelegene Leistungserbringer auch am ehesten in Anspruch genommen wird (Guagliardo 2004). Nach Fryer et al. (1999: 116-117) ist dieses Maß für ländliche Gebiete geeignet, für städtische Gebiete ist es weniger sinnvoll, da es dort oft mehrere Anbieter in ähnlicher Entfernung von einem bestimmten Bezugspunkt gibt.

Die durchgeführte Erreichbarkeitsanalyse weist zudem einige Einschränkungen auf: Die Ergebnisse des vorgestellten Raum-Zeit-Modells spiegeln nicht die Realität wider, sondern, wie bei Modellen üblich, einen idealtypischen Zustand (Gregory et al. 2000). Die Ergebnisse der Analyse stellen kein direktes Abbild von persönlichen Entscheidungssituationen dar: In der Analyse nicht berücksichtigt sind z. B. Kundenentscheidungen hinsichtlich des Angebotspektrums, Wegekettens (d. h. die Verknüpfung von z. B. Arzt- und Apothekenbesuchen), (Versorgungs-)Kapazitäten und reale Einzugsgebiete. Darüber hinaus ist zu beachten, dass sich die in dieser Ausarbeitung dargestellten Erreichbarkeitsverhältnisse im Zeitverlauf verändern können, also dynamisch und nicht statisch sind (Neumeier 2017). Die Ergebnisse stellen somit eine Momentaufnahme der jeweiligen Standortdaten dar, was auch als pragmatische Eigenschaft eines Modells bezeichnet wird (Kühl 2009, Neumeier 2017, Stachowiak 1973).

Die verwendeten Einwohnerdaten spiegeln die Wohnbevölkerung bzw. die Nachtbevölkerung wider, Pendlerströme und die Tagesbevölkerung werden in dieser Analyse nicht weiter berücksichtigt. Darüber hinaus können auch Topologiefehler im Verkehrsnetz dazu führen, dass die berechneten kürzesten Wege nicht den tatsächlichen kürzesten Wegen entsprechen und somit die Erreichbarkeiten an bestimmten Punkten in den Städten falsch dargestellt werden (Neumeier 2017).

In diesem Sinne ist es fraglich, ob Personen in städtischen Gebieten die zeitlich nächstgelegene Arztpraxis aufsuchen oder ob es Präferenzen gibt, eine Arztpraxis in größerer zeitlicher Entfernung aufzusuchen. Zur

konkreteren Bestimmung der räumlichen Erreichbarkeit sind daher kombinierte Maße für den Reiseaufwand (Erreichbarkeit) und das Angebot (Kapazität) erforderlich (Guagliardo 2004, Pieper et al. 2019).

So kann in einem weiteren Schritt auf Basis der bereits erhobenen Daten eine Analyse nach der Two Step Floating Catchment Area Methode (2SFCA) durchgeführt werden. Diese kombiniert die Kapazität sowie die Erreichbarkeit von Hausarztstandorten (Jörg et al. 2019). Auf Grundlage der Ergebnisse der Analyse mit der 2SFCA-Methode könnte die hausärztliche Versorgung in Niedersachsen und Bremen nicht nur anhand der Erreichbarkeit, sondern auch unter Berücksichtigung der Kapazitäten der Hausärzt*innen analysiert werden und so ein noch detaillierterer Einblick in die Versorgungssituation geworfen werden.

Die Ergebnisse der beispielhaft durchgeführten Geodatenanalyse (Closest-Facility-Analyse) geben ein modellhaftes Bild der fußläufigen Erreichbarkeit von Hausärzt*innenstandorten in Niedersachsen und Bremen wieder. Entsprechend der Ergebnisdaten kann - wie zu erwarten war - von räumlichen Disparitäten in der Erreichbarkeit von Hausärzt*innen in Niedersachsen und Bremen gesprochen werden. Insbesondere städtische Räume scheinen eine bessere Erreichbarkeit als ländliche Räume aufzuweisen. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten zeigt hier jedoch nur einen schwachen Zusammenhang, so dass nicht per se davon gesprochen werden kann, dass einwohnerstärkere Gemeinden eine bessere Erreichbarkeit aufweisen. Eine Bewertung der in dieser Analyse gewonnenen Ergebnisse erweist sich als subjektiv, da ein Schwellenwert zur Abgrenzung einer guten von einer schlechten Erreichbarkeit sowohl in der Literatur als auch von politischer Seite fehlt (Neumeier 2017).

Bezug zur Geo-Toolbox

Die Plattform der Geo-Toolbox kann eine wichtige Rolle bei der Informationsverarbeitung mit Geographischen Informationssystemen spielen. In Anlehnung an das bereits erwähnte EVAP-Prinzip kann die Geo-Toolbox vor allem in den Bereichen Datenverwaltung und -präsentation unterstützen.

Ausgehend von den in Abb. 2 dargestellten Komponenten der Geo-Toolbox ist für die Verwaltung von Geodaten das Datenmanagement eine geeignete Komponente, um Basis-, Fach- und Metadaten an einer Stelle zu sammeln und ggf. weiteren Projektbeteiligten zur Verfügung zu stellen. Gerade in einem interdisziplinären Projekt wie dem 4N Projekt ist dies eine geeignete Methode, um Daten allen Beteiligten zur Verfügung zu stellen.

Mit Hilfe von Karten, Geostories und Dashboards können die generierten Ergebnisse dargestellt und dem gesamten Projekt zur Verfügung gestellt werden. Dabei greift die Geostory auf erstellte Karten und Bilder in der Geo-Toolbox zurück und lässt sich beliebig um Informationstexte erweitern. Diese Geostories können geteilt oder auf anderen Plattformen oder Websites eingebettet werden.

Fazit und Ausblick

Regionale und überregionale Transformationen werden durch Entscheidungsprozesse beeinflusst. Geoinformationen können für diese Prozesse eine wichtige Grundlage darstellen. Besonders ALKIS, ATKIS, OSM und INSPIRE stellen umfangreiche Datenbasen dar, die zum größten Teil frei verfügbar sind.

Mithilfe der Plattform Geo-Toolbox steht ein webbasiertes System zur Verwaltung von raumzeitlichen Daten bereit. Basierend auf dem Open-Source Projekt GeoNode bündelt die Geo-Toolbox Methoden und Konzepte zur Bereitstellung, Verarbeitung und Präsentation von Geoinformationen in einer Anwendung. Ein primär verfolgtes Ziel ist die Bereitstellung eines niederschwellig nutzbaren Systems, das ohne spezielles Know-How verwendbar ist und somit Synergieeffekte im interdisziplinär strukturierten Forschungsverbund erzeugt. Standardisierte Geodienste ermöglichen dabei den interoperablen Zugriff auf Geodatensätze, die dadurch für eine Verarbeitung in weiterführenden Systemen wie Geodatenkatalogen und Geoinformationssystemen bereitstehen. Eine weitere Stärke der Geo-Toolbox ist die Möglichkeit zur thematischen Aufarbeitung von Geoinformationen in Form von interaktiven Karten, Geostories und Dashboards. Diese Elemente sind wesentliche Instrumente zur Kommunikation von Aspekten, die über eine raumzeitliche Ausprägung verfügen.

Künftig erfolgt die Identifizierung und Evaluation weiterer relevanter Geodatenbasen, die im Forschungsverbund für die unterstützende Auswertung der in den Teilvorhaben erarbeiteten Ergebnisse Verwendung finden können. Außerdem wird die Geo-Toolbox weiterentwickelt, um auch Methoden zur Lösung komplexer Problemstellungen in niederschwellig nutzbarer Form bereitzustellen.

Literatur

- Ahlmeyer, F., & Wittowsky, D. (2018). Was brauchen wir in ländlichen Räumen? Erreichbarkeitsmodellierung als strategischer Ansatz der regionalen Standort- und Verkehrsplanung. *Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning*, 76(6).
- Arbeitskreis Geodienste der GDI-DE (2019). Architektur der Geodateninfrastruktur Deutschland. Vorgaben der GDI-DE zur Bereitstellung von Darstellungsdiensten. Abgerufen von https://www.geodaten.niedersachsen.de/download/26208/GDI-DE_Vorgaben_fuer_Darstellungsdienste_28.01.2019_.pdf. Zugegriffen am 30.08.2023.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017). Daseinsvorsorge sichern (Stand: Juni 2017). *Raumordnungsbericht / Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Vol. 2017*. Bonn: BBSR.
- Brinkhoff, T. (2022). *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis* (4., überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin/Offenbach: Wichmann.
- Burgdorf, M. (2019, September 10). GIS-gestützte Berechnung von bundesweiten Indikatoren zur Nahversorgung. KBV-Symposium „Geointelligence in der Sicherstellung“. Berlin.
- Corti, P., Bartoli, F., Fabiani, A., Giovando, C., Kralidis, A. T. & Tzotsos A. (2019). GeoNode: an open source framework to build spatial data infrastructures. *PeerJ Preprints* 7:e27534v1. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27534v1>
- Deitelhoff, N., Groh-Samberg, O., & Middell, M. (Eds.) (2020). *Gesellschaftlicher Zusammenhalt: Ein interdisziplinärer Dialog*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269–271.
- Einig, K. (2015). Gewährleisten Zentrale-Orte-Konzepte gleichwertige Lebensverhältnisse bei der Daseinsvorsorge? In BBSR (Ed.), *In: Gleichwertigkeit auf dem Prüfstand: Vol. 1. Information zur Raumentwicklung* (pp. 45–56). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- European Union. (2023). About INSPIRE. Abgerufen von <https://inspire.ec.europa.eu/about-inspire/563>. Zugegriffen am 30.08.2023.
- Fahrmeir, L., Heumann, C., Künstler, R., Pigeot, I., & Tutz, G. (2016). *Statistik: Der Weg zur Datenanalyse* (8. Aufl. 2016). Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint; Springer Spektrum.

- Fryer, G. E., Drisko, J., Krugman, R. D., Vojir, C. P., Prochazka, A., Miyoshi, T. J., & Miller, M. E. (1999). Multi-method assessment of access to primary medical care in rural Colorado. In: *The Journal of rural health: official journal of the American Rural Health Association and the National Rural Health Care Association*, 15(1), 113–121.
- Gräler, B., & Bredel, H. (2023). GeoNode in Forschungsdateninfrastrukturen. Tagungsband FOSSGIS-Konferenz 2023, 158 - 160. <https://doi.org/10.5446/61149>
- Gregory, D., Johnston, R., Pratt, G., Watts, M., & Whatmore, S. (2009). *The Dictionary of human geography* (5th ed.): John Wiley.
- Gruber, U., Riecken, J., & Seifert, M. (2014). Germany on the Way to 3D-Cadastre. *zfv-Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, (zfv 4/2014).
- Guagliardo, M. F. (2004). Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International journal of health geographics*, 3(1), 3.
- Herbst, M., Dünkel, F., & Stahl, B. (2016). *Daseinsvorsorge und Gemeinwesen im ländlichen Raum*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Herget, M., Neumeier, S., & Osigus, T. (Eds.) (2020). *Mobilität - Erreichbarkeit - Ländliche Räume ... und die Frage nach der Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse: Wissenschaftliche Konferenz, 17.-18. März 2020, Braunschweig*. Tagungsband MobilEr 2020. Braunschweig: Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.
- Hoedt, F. (2022). GeoNode als Forschungsdatenplattform. Tagungsband FOSSGIS-Konferenz 2023, 191 - 195. <https://doi.org/10.5446/56812>
- IT-Planungsrat (2021). *Strategie zur Stärkung der Digitalen Souveränität für die IT der Öffentlichen Verwaltung*. Abgerufen von https://www.it-planungsrat.de/fileadmin/beschluesse/2021/Beschluss2021-09_Strategie_zur_Staerkung_der_digitalen_Souveraenitaet.pdf. Zugegriffen am 30.08.2023.
- Jörg, R., Lenz, N., Wetz, S., & Widmer, M. (2019). Ein Modell zur Analyse der Versorgungsdichte: Herleitung eines Index zur räumlichen Zugänglichkeit mithilfe von GIS und Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung in der Schweiz (Obsan Bericht No. 01/2019). Neuchâtel.
- Kahl, W., & Lorenzen, J. (2019). Verfassungsrechtliche Grundlagen der Regionalpolitik in Deutschland. In M. Hüther (Ed.), *IW-Studien. Die Zukunft der Regionen in Deutschland. Zwischen Vielfalt und Gleichwertigkeit* (pp. 49–66). Köln: iW Medien.

- Kühl, S., Strodtholz, P., & Taffertshofer, A. (2009). *Handbuch Methoden der Organisationsforschung: Quantitative und Qualitative Methoden*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Lakes, T. (2009). Geodata. Abgerufen von <https://ssrn.com/abstract=1452635>. Zugegriffen am: 26.09.2023.
- Lange, N. de (2020). *Geoinformatik in Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- LGLN (2023). INSPIRE – Aufbau einer europäischen Geodateninfrastruktur. Abgerufen von: <https://www.geodaten.niedersachsen.de/startseite/inspire/inspire-aufbau-einer-europaeischen-geodateninfrastruktur-149665.html>. Zugegriffen am 30.08.2023
- LGLN (2023). Gebührenfreie Open Geo Data. Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) Abgerufen von: <https://opengeodata.lgln.niedersachsen.de/#bdlm>. Zugegriffen am 28.08.2023.
- Neumeier, S. (2013). *Modellierung der Erreichbarkeit öffentlicher Apotheken: Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung*. Braunschweig: Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.
- Neumeier, S. (2017). *Regionale Erreichbarkeit von ausgewählten Fachärzten, Apotheken, ambulanten Pflegediensten und weiteren ausgewählten Medizindienstleistungen in Deutschland: Abschätzung auf Basis des Thünen-Erreichbarkeitsmodells: Thünen Working Paper No. 77*. Braunschweig: Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.
- OpenStreetMap Contributors (2023.). *Key:highway*. Abgerufen von: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:highway>. Zugegriffen am 28.08.2023.
- Pieper, J., Schmitz, J., Baier, N., Vogt, V., Busse, R., & Schweikart, J. (2019). Geographischer Zugang zur Gesundheitsversorgung versus Patientenwahrnehmung. In J. Strobl, B. Zagal, G. Griesebner, & T. Blaschke (Eds.), *AGIT 5-2019. Journal für Angewandte Geoinformatik (1st ed., pp. 14–24)*. Berlin: Wichmann, H; Wichmann Verlag.
- Soja, E. (1989): *Postmodern Geographies. The Reassertion of Space in Critical Social Theory*. London: Verso.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer Wien New York.
- Traub, K.-P. (2004). Die Untersuchung der räumlichen Verbreitung von Gesundheitseinrichtungen mit GIS am Beispiel Hamburg. In J. Schweikart (Ed.),

Geoinformationssysteme im Gesundheitswesen. Grundlagen und Anwendungen (pp. 241–255). Heidelberg: Wichmann.

Daten

[Datensatz] Arztauskunft Niedersachsen (2023). Such-Service von Kassenärztlicher Vereinigung und Ärztekammer Niedersachsen. Abgerufen von: <https://www.arztauskunft-niedersachsen.de/ases-kvn/>. Zugegriffen am 25.05.2023.

[Datensatz] GfK SE (2022). Einwohnerdaten auf Straßenabschnittsebene.

[Datensatz] Deutscher Wetterdienst (2023). Climate Environment. Abgerufen von: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/annual/climate_indices/kl/historical/. Zugegriffen am 23.05.2023.

[Datensatz] LGLN (2023): Digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM). Abgerufen von: https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/geodaten_karten/topographische_geodaten_aus_atkis/dlm/digitale-landschaftsmodelle-dlm-atkis-144141.html. Zugegriffen am 28.08.2023.)

[Datensatz] Kassenärztliche Vereinigung Bremen (2023). Arztsuche. Bremen: KVHB. Abgerufen von: <https://www.kvhb.de/praxen/artsuche>. Zugegriffen am 04.06.2023.

[Datensatz] Kassenärztliche Vereinigung Niedersachsen (2023). Daten zu allen zugelassenen ÄrztInnen und PsychotherapeutInnen: KVN.

[Datensatz] OpenStreetMap (o.D.). Basiskarte von OpenStreetMap. Cambridge, from Openstreetmap Foundation.

[Datensatz] OpenStreetMap (2023). OpenStreetMap Data Extracts. Cambridge, from Openstreetmap Foundation.