

*Technische Universität Dresden*

# EIN WEBBASIERTES RÄUMLICHES ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNGSSYSTEM FÜR VERSORGUNGSANALYSEN IN DER PLANUNG VON DASEINSVORSORGEINRICHTUNGEN

Falko Krügel, Stephan Mäs, Manfred Klaus, Alexandra Weitkamp

**Zusammenfassung:** Durch die sich stetig verbessernde Verfügbarkeit von (offenen) Geodaten werden für einen großen Nutzerkreis immer komplexere Analysen möglich. Gleichzeitig entstehen daraus auch neue Nutzungspotenziale für Web-GIS-Applikationen. Dieser Beitrag liefert ein komplexes Anwendungsbeispiel, um dies zu veranschaulichen. Am Beispiel multikriterieller Analysemethoden als Teil eines Entscheidungsunterstützungssystems für den Planungsbereich der Daseinsvorsorge wird verdeutlicht, wie komplexe Geoanalysen, die zuvor eher durch GIS-Experten erstellt und durchgeführt werden mussten, nun verstärkt durch Fach- und Raumplanende angepasst und genutzt werden können. Dabei werden spezielle analytische Aspekte in der Daseinsvorsorge besprochen und eine Applikation vorgeschlagen, mit der Planende eigenständig Analysen zur Bewertung der Daseinsvorsorgesituation steuern können.

**Schlüsselwörter:** Multi Criteria Decision Analysis (MCDA), Versorgungsforschung, Daseinsvorsorge, Web-GIS, Entscheidungsunterstützungssysteme

## A WEB-BASED SPATIAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SUPPLY ANALYSES FOR PLANNING SERVICES OF GENERAL INTEREST

**Abstract:** Due to the constantly improving availability of (open) geodata, increasingly complex analyses are possible for many users and new application domains. At the same time, there is also a growing potential for web GIS applications making use of such data. To illustrate this, the article provides a complex analysis example. Therefore, a multi-criteria analysis that is part of a decision support system for public services planning is discussed. It is shown, how complex geoanalysis, which previously had to be created and carried out by GIS experts, can increasingly be modified and used by thematic and spatial planners. Therefore, some specific analytical aspects in public services planning are discussed. With the implemented web application planners can independently control analyses to evaluate the public service situation.

**Keywords:** Multi Criteria Decision Analysis (MCDA), health services research, public services, Web-GIS, decision support systems

### 1 EINFÜHRUNG

Die Verfügbarkeit und Konsistenz freier (raumbbezogener) Daten wächst (Bill et al. 2020). Von der stärkeren Inwertsetzung von

Geodaten und gefestigten technischen Standardlösungen profitieren GIS-Fachexperten im Desktop-Bereich und mit wachsender Tendenz auch Nutzergruppen, die geringe oder keine GIS-Kenntnisse

#### Autoren:

M. Sc. Falko Krügel  
Technische Universität Dresden  
Professur Geoinformatik  
Helmholtzstraße 10  
D-01069 Dresden  
E: falko.kruegel@tu-dresden.de

Dr.-Ing. Stephan Mäs  
Technische Universität Dresden  
Professur Geoinformatik  
Helmholtzstraße 10  
D-01069 Dresden  
E: stephan.maes@tu-dresden.de

M. Sc. Manfred Klaus  
Technische Universität Dresden  
Professur für Landmanagement  
Helmholtzstraße 10  
D-01069 Dresden  
E: landmanagement@tu-dresden.de

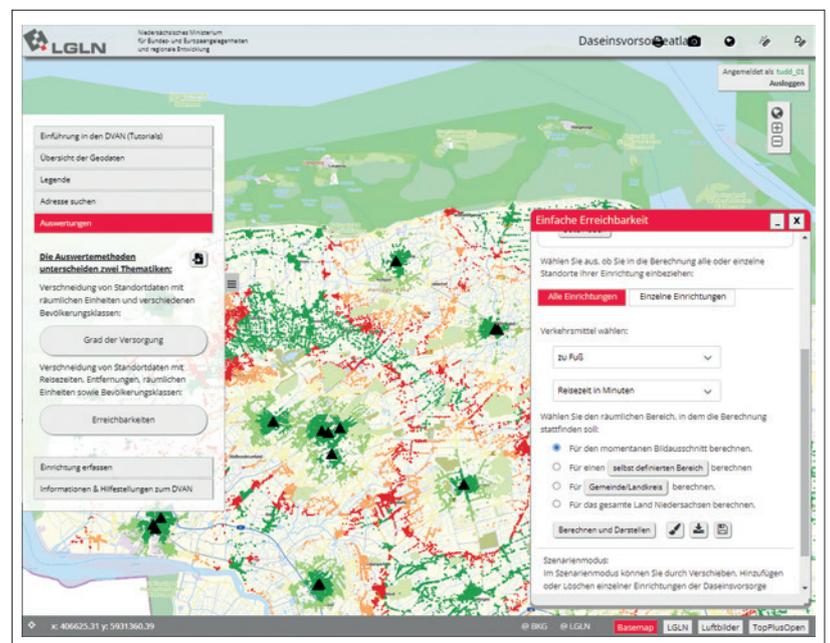
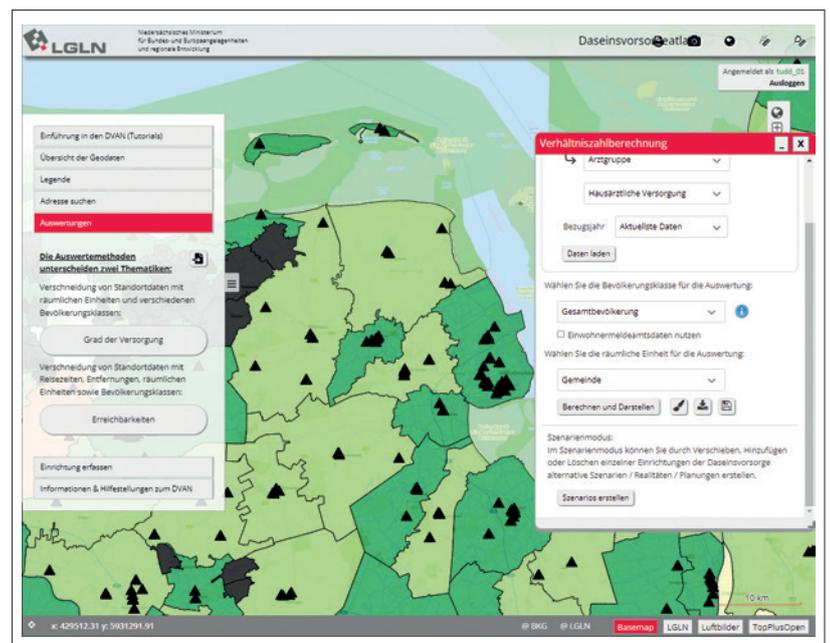
Prof. Dr.-Ing. Alexandra Weitkamp  
Technische Universität Dresden  
Professur für Landmanagement  
Helmholtzstraße 10  
D-01069 Dresden  
E: landmanagement@tu-dresden.de

vorweisen. Insbesondere für den Web-GIS-Bereich gilt, dass die Hürden zur Entwicklung fachspezifischer Anwendungen mit hoher Funktionalität und komplexeren Geoprozessen nie geringer als heute waren. Die Situation ist vergleichbar mit den 2000er-Jahren: Damals entwickelten Firmen wie Google, Microsoft, Yahoo oder MapQuest Web-Kartensysteme und -Routingabfragen mit vergleichsweise geringer, aber häufig genutzter Funktionalität, die dadurch für „Jedermann“ nutzbar wurden (Fu & Sun 2011, S. 21 f.). Für die heutige Zeit resümieren Koller et al. (2020, S. 115 f.) nach der Untersuchung von web-basierten Anwendungsbeispielen geographischer Ansätze von Planungs- und Reportingtools, dass technisch mehr möglich ist, als in aktuellen Anwendungsfällen zum Vorschein kommt. Eine eingeschränkte Datenverfügbarkeit stand dem aber bisher oft im Weg. Allerdings werden die Aussichten, spezialisierte Planungs- und Analysetools einem breiten Publikum an Fach- und Raumplanenden zur Verfügung zu stellen, zunehmend besser, denn sowohl der Zugang zu Daten als auch zu Entwicklungstechnologien ist niederschwelliger denn je zuvor.

Welche Potenziale sich erschließen, wenn raumbezogene Daten aus einem diversifizierten Portfolio zusammenspielen und in einer Anwendung harmonisiert und analysierbar gemacht werden, verdeutlicht beispielsweise die Web-GIS-Applikation „Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen“ (DVAN).

Unter gemeinsamer Leitung der Technischen Universität Hamburg-Harburg mit dem Land Niedersachsen wurde der DVAN im Rahmen der Innovationsgruppe UrbanRural SOLUTIONS konzipiert und als nicht freizugänglicher Prototyp umgesetzt (UrbanRural SOLUTIONS 2019). Damit steht den Nutzern des DVAN eine Bandbreite von Daten der Daseinsvorsorge (u. a. kontinuierlich fortgeschriebene Bevölkerungsdaten, Infrastrukturdaten wie Standorte der Gesundheitsversorgung, Nahversorgung und Bildungseinrichtungen) für die Zwecke der Visualisierung in einer Weboberfläche zur Verfügung. Insbesondere sind die analytischen Funktionen, die dank der zahlreichen Standortdaten und detaillierten Attributinformationen möglich werden, eine besondere Stärke des digitalen Atlases wie auch die verschiedenen interaktiven Erreichbarkeitsberechnungen (siehe Abbildung 1). Diese Werkzeuge führen für GIS-Laien vergleichsweise komplexe Geoprozesse und -berechnungen aus. Die Anwender sind damit für standardisierte Analysen und räumliche Abfragen nicht mehr von ausgebildeten GIS-Experten abhängig.

Bis zu seiner aktuellsten Ausbaustufe zeigte der DVAN einerseits die Zweckmäßigkeit und den Nutzen von offen bereitgestellten Geodaten. Andererseits offenbarte er, welche Potenziale sich aus derartigen GIS-Anwendungen ergeben, wenn mehr Institutionen ihre Daten einem öffentlichen Publikum frei zur Verfügung stellen. Aktuell bieten zwar die freien Geodaten den wichtigen Grundstock der Anwendung, relevante Funktionen, wie die Be-



**Abbildung 1:** Verhältniszahlberechnung (oben) und Erreichbarkeitsberechnungen (unten) mit dem Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen (Stand 2022; Hintergrundkarten bereitgestellt durch BKG und LGLN)

rechnung eines Versorgungsgrads mit Apotheken oder Einzelhandelsstandorten, können aber erst durch die Einspeisung aktuell für die Öffentlichkeit noch nicht frei oder nicht vollständig abrufbarer Geodaten ausgebaut werden. Daneben ließ er keine umfassende Bewertung der Situation durch entsprechende Analyse der Versorgungsfunktion zu, was zu einer Weiterentwicklung des Atlases führte: Funktionalität und Datenlage des DVAN waren essenzielle Grundlagen für die in den Jahren 2019 bis 2023 bestandene Forschungsk Kooperation des Landes Niedersachsen und der Technischen Universität Dresden zur Weiterentwicklung der Anwendung. Sie hatte zum Ziel, ein Analysetool auf Basis einer räumlich-multikriteriellen Analyse zur besseren Entscheidungsunterstützung für Infrastrukturplanungen in den DVAN zu integrieren. Wie nachfolgend ausgeführt wird, handelt es sich bei der

räumlich-multikriteriellen Analyse um einen vielschichtigen „Methodenbausatz“, der je nach fachlicher Ausprägung hohe Anforderungen an die Geoprozessierung stellt.

## 2 ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNGS- UND ANALYSE-INSTRUMENTE FÜR DIE DASEINSVORSORGE

### 2.1 ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNGSSYSTEME

Multikriterielle Analysen im Bereich der Daseinsvorsorge haben den Zweck, Entscheidungen für Maßnahmen an Infrastrukturen einzelner Versorgungsbereiche zu treffen. Workshops mit Planenden haben verschiedene Anwendungszwecke aufgedeckt. Entscheidungen könnten z. B. die Errichtung eines neuen Schulgebäudes mit einer festgelegten Schülerkapazität oder die Planung einer Kindertagesstätte sein. Auch die Festlegung spezifischer Strukturförderprogramme oder -fonds für bestimmte Gebiete ist eine Entscheidung, die auf Basis von Kriterien eines Analyseinstruments zur Detektion von Strukturdefiziten durchzuführen ist. Die Ermittlung stabiler oder gering ausgelasteter Siedlungs- und Versorgungsräume kann bei der Wohngebietsausweisung berücksichtigt werden, auch zugunsten eines geringen Flächenverbrauchs und einer effizienten Auslastung vorhandener Infrastrukturen.

Fragestellungen dieser Art können mit räumlichen Entscheidungsunterstützungssystemen beantwortet werden. Angelehnt an Malczewski & Rinner (2015, S. 8) sind darunter interaktive computerunterstützte Systeme zu verstehen, die Benutzer bei der Lösung eines semistrukturierten räumlichen Entscheidungsproblems unterstützen, eine höhere Effizienz der Entscheidungsfindung zu erreichen. Sie bieten den Vorteil, dass sie kartographische Darstellungen und räumliche Analysen mit entscheidungsbasierten Modellierungsprozessen vereinigen (Sugumaran & DeGroot 2011, S. 67ff.).

Deren Einsatz ist für politische Entscheidungen auch in der Daseinsvorsorge gefragt (vgl. Beiträge in Bill & Zehner 2021a). So werden insbesondere Systeme eingesetzt, die Auswirkungen geplanter Nutzungsänderungen in Flächennutzungsplänen auf Infrastrukturen und Ökosysteme überprüfen (vgl. Hoffmann et al. 2021a/b) oder mithilfe von Geo- und Sozialinformationen unterstützend für Entscheidungen in Sozialverwaltungen zum Einsatz kommen können (vgl. Bukow 2021).

Sugumaran & DeGroot (2011, S. 15) führen unter Bezug auf Keenan (2003) und Kemp (2008) die Eigenschaften räumlicher Entscheidungsunterstützungssysteme auf und merken an, dass eine erfolgreiche Umsetzung der Systeme nur gelingen könne, wenn neben Datenmanagement-, Analyse- und Visualisierungsfunktionen vornehmlich eine einfach anzuwendende interaktive Benutzerschnittstelle umgesetzt wird. Letztere ist wichtig, da wenig intuitive oder umständliche Benutzeroberflächen die Benutzer frustrieren und ein ansonsten gutes System unbrauchbar machen können (vgl. Sugumaran & DeGroot 2011, S. 67). Insbesondere für die Daseinsvorsorge sei angemerkt, dass angesichts fachlich komplexer, multikriterieller sowie multitemporaler und räumlicher Analysemerkmale ein wesentliches Augenmerk auf einer gut strukturierten Nutzerführung liegen muss. Die Nutzenden sollten beim Umsetzen selbst ermächtigter Entscheidungen im Analyseprozess und bei der Abschätzung der Konsequenzen der Analyseentscheidungen auf das Ergebnis unterstützt werden.

### 2.2 AKTUELLER ENTWICKLUNGSSTAND MULTIKRITERIELLER ENTSCHEIDUNGSANALYSEN UND GIS-METHODEN

Wie Malczewski (2006, S. 718) resümierte, konzentrierte sich die Forschung bis dahin primär auf technische Aspekte der Integration von multikriteriellen Entscheidungsanalysen und GIS-Methoden. Seinen Ausführungen folgend war die Lösungsfindung für reale räumliche Probleme ein nachgelagertes Anliegen. In der Zwischenzeit ist eine Vielzahl von Publikationen erschienen, die maßgeblich mithilfe von Methoden der multikriteriellen Entscheidungsanalyse in Kombination mit raumanalytischen Methoden versuchen, räumliche Probleme zu lösen (vgl. Nobrega et al. 2009, Vogel 2010, Sarfo & Karuppanan 2020, Souza et al. 2020, Ajibade et al. 2021, Devarakonda et al. 2021, Zolfaghary et al. 2021, Hoffmann et al. 2021a/b). Mit Blick auf diese Methoden lässt sich ein weiterer Punkt Malczewskis (2006, S. 718) jedoch auch heute noch nicht vollständig entkräften: Einige Verfahren weisen eine Reihe von strengen Annahmen auf, die in realen Situationen schwer zu belegen sind oder methodenbedingt simplifizierte Modelle räumlicher Analyseverfahren anwenden. Aus der Perspektive Malczewskis (2006, S. 718) würden diese Punkte weitgehend ignoriert. Und tatsächlich hielt er in einer Publikation mit Jankowski fest, dass ein Großteil der Studien mit GIS-basierten multikriteriellen Entscheidungsanalysen (weiterhin) räumlich implizit sind (vgl. Malczewski & Jankowski 2020, S. 1258): Es werden insofern Bewertungskriterien definiert, die auf Konzepten der räumlichen Beziehungen wie Nähe, Nachbarschaft und Kontiguität basieren. Beispielsweise kommen deterministische Interpolationsmethoden (z. B. Inverse Distance Weighting) oder stochastische Interpolationsmethoden wie Kriging-Verfahren zum Einsatz. Diese Methoden weisen flächig (Versorgungs-)Werte aufgrund der räumlichen Nähe zu einzelnen Messpunkten zu, ohne Straßenwege, Erreichbarkeiten oder Zugänglichkeit zu den Messpunkten zu berücksichtigen. Obwohl einige aktuelle Arbeiten auf einen Paradigmenwechsel zu räumlich expliziten Analysemethoden hindeuten, ist der Weg zu Verfahren der multikriteriellen Analyse, die eine räumliche Variabilität explizit berücksichtigen, noch nicht vollständig geebnet. Hierfür können Modelle eingesetzt werden, die die Erreichbarkeit über ein Wegesystem modellieren und/oder die Auslastungskapazitäten der Infrastrukturen berücksichtigen.

Zur Abschätzung der Versorgungsleistung im Einzugsgebiet einer Einrichtung ist es üblich, die räumliche Abgewichtung linear und gleichgerichtet (radial) im Versorgungsgebiet durchzuführen. Analysen, die Routing-basierte Einzugsgebiete verwenden, schärfen die Aussagekraft bei der Versorgungsgebietsanalyse, gehen aber zumeist von einem homogenen, respektive gleichverteilten, Zugang innerhalb des Gebiets aus. Die räumliche Interaktion zwischen punktueller Angebotsinfrastruktur und dispers-flächig verteilten Nachfrageorten lässt sich in Modellen noch näher der Realität angleichen, als dies aktuell geschieht (Sarfo & Karuppanan 2020, S. 196). Grundsätzlich ist festzuhalten, dass diverse fachliche Anwendungsfälle von einer stärkeren Fokussierung auf räumlich explizite Analyseverfahren hinsichtlich Qualität und Aussagekraft multikriterieller Analysen profitieren können.

Zudem sind Beispiele realistischer multikriterieller Entscheidungsanalysen mit Aspekten auf eine ganzheitliche Betrachtung der Daseinsvorsorge oder fachlicher Tiefe für einzelne Versorgungsbereiche

in Web-Anwendungen eine Seltenheit. Zumeist werden die Ergebnisse an die adressierten Planenden mittels statischer PDF- oder Druckdokumentensammlungen übergeben. Für einzelne Versorgungsbereiche, z. B. Gesundheit, werden multikriterielle Analysen zur Entscheidungsfindung durch webbasierte GIS-Präsentationsformen zur Verfügung gestellt. Das erlaubt eine erste Stufe der Interaktion, da die Ergebnisse dynamisch in Augenschein genommen werden können (z. B. Bamweyana et al. 2020).

Aktuelle Planungsinstrumente in Deutschland, die umfassend räumliche Daten und räumliche Analysefunktionen über ein Web-Interface einbinden, sind z. B. der Daseinsvorsorgeplaner BVV der PTV AG (BMEL 2021), das Geo Open Accessibility Tool (GOAT) (Klaus et al. 2022, Seisenberger et al. 2023). Diese Werkzeuge stellen jedoch, ebenso wie der bisherige DVAN, lediglich Erreichbarkeitsanalysen für einzelne Infrastrukturen bereit. Mit diesem Beitrag und den entwickelten Prototypen des DVAN wollen wir einen Weg beschreiben, der es einerseits ermöglicht, die Leistung der Daseinsvorsorge im Gesamten zu betrachten, und andererseits auch die Evaluierung je einzelner Infrastrukturtypen erlaubt.

### 2.3 HERAUSFORDERUNG IN DER ANALYTISCHEN BEWERTUNG VON DASEINSVORSORGELEISTUNGEN

Der Daseinsvorsorge liegt oft ein weites Leistungsverständnis zugrunde, welches die Bereitstellung von immateriellen (Dienstleistungen) als auch körperlichen Gütern (Infrastrukturen) für die Allgemeinheit umfasst (Milstein 2018). Zusätzlich wird der Begriff der Daseinsvorsorge in Abhängigkeit von Kontext und Zeit dynamisch bestimmt (vgl. Schäfer 2014, S. 35–40; Kersten 2009, S. 24 ff.), was eine scharfe Definition erschwert (tiefergehende Auseinandersetzung in Milstein 2018, Neu 2009). Gemeinhin wird die Daseinsvorsorge durch Beispiele beschrieben. Häufig wird die Versorgung mit Wasser, Gas und Elektrizität sowie Post, Telekommunikation und öffentlichem Verkehr aufgezählt, aber auch Vorsorgestrukturen im Falle von Krankheit, Alter, Invalidität und Erwerbslosigkeit sind neben Bildung und Kultur häufig geführte Infrastrukturen. Doch wann oder unter welchen Bedingungen sind Räume ausreichend versorgt? Klaus et al. (2020, S. 228) führen als Ergebnis einer Literaturrecherche (Mindest-)Anforderungen und Funktionsparameter auf, die für die Beschreibung von den Versorgungsbereichen Brandschutz, Gesundheitsversorgung, Bildung, Nahversorgung, Post und Telekommunikation herangezogen werden können. Durch das Ausbleiben einer juristischen Legaldefinition fehlt es dem unbestimmten Rechtsbegriff „Daseinsvorsorge“ einer Rechtsvorschrift über Mindestanforderungen an die Versorgungsleistung einzelner Versorgungsbereiche. Lediglich die Forderung nach gleichwertigen Lebensbedingungen deutet auf eine Anforderung hin: „Die Versorgung mit Dienstleistungen und Infrastrukturen der Daseinsvorsorge [...] ist [...] in angemessener Weise zu gewährleisten [...]“ (ROG § 2 Abs. 2 Nr. 3). Durch die fehlenden Vorgaben sind normative Aussagen zum Zustand der Daseinsvorsorge in einer Region tendenziell schwer möglich („Diese Region gilt als unterversorgt.“). Eine objektive Entscheidung zu treffen, an welchen Orten welche Infrastrukturen in welcher Qualität und Quantität aus- oder zurückgebaut werden sollten, um die Daseinsvorsorge zu gewährleisten, ist für Planende und Entscheidung fallende Personen dadurch herausfordernd und unterliegt

dem subjektiven Bewertungsverständnis von Daseinsvorsorge („Diese Region gilt als vergleichsweise unterversorgt.“). Ein System zur Entscheidungsunterstützung muss diesen Sachverhalt im Analyseprozess und in der Ergebnisdarstellung berücksichtigen.

In der Gesamtschau stehen Planende vor großen Herausforderungen, wenn eine Analyse zur Bewertung der Daseinsvorsorge durchgeführt wird und aus dem Ergebnis eine Entscheidung abzuleiten ist:

- ▶ Die Analyse von Versorgungsbereichen erfordert *hohe Aufwände in Datenrecherche und Datenintegration*, denn für ein suffizientes Ergebnis müssen die Datenbestände eine hohe Qualität, Genauigkeit und Aktualität aufweisen. Nicht immer steht zum Zusammentragen der Daten ausreichend Zeit zur Verfügung oder der Zugang zu den Datenquellen ist eingeschränkt.
- ▶ Es ist ein *tiefes Verständnis* der zu berücksichtigenden *Versorgungsbereiche* notwendig, da versorgungsbeeinflussende Parameter von der jeweiligen planerischen Fragestellung abhängen und gegebenenfalls individuell adjustiert werden müssen.
- ▶ Aktuell benötigt eine vollständige Analyse der Daseinsvorsorge über alle Versorgungsbereiche die *Verwendung eines Expertensystems*, mit dem umfangreiche räumliche Datensätze verarbeitet werden können und eine Vielzahl von technischen Möglichkeiten zur räumlichen Analyse verfügbar sind.
- ▶ *Kenntnisse zur Verwaltung, Speicherung und Prozessierung von Geodaten* werden benötigt, um eine erfolgreiche Analyse mit performanter Rechenzeit zu absolvieren.

Bei der Bewältigung dieser Herausforderungen können zentral bereitgestellte Systeme mit maßgeschneiderten Funktionen zur Analyse- und Entscheidungsunterstützung behilflich sein. Außerdem reduzieren die zentrale Beschaffung und Organisation von (Geo-)Daten erheblich den Aufwand der Datenrecherche und Integration für die Nutzenden des Systems.

Der Einsatz räumlicher Entscheidungsunterstützungssysteme eignet sich, wenn Planungsentscheidungen durch eine Analyse abgeleitet werden können, die mehrere räumliche und nicht räumliche Kriterien in Verbindung bringt. Planungsentscheidungen ohne Raumbezug weisen bereits eine hinreichende Komplexität auf, weil entscheidungsrelevante Kriterien zueinander in Konkurrenz stehen können und untereinander abgewogen und gewichtet werden müssen. Bei räumlichen Planungsentscheidungen der Daseinsvorsorge steigert sich die analytische Komplexität noch einmal. Dazu tragen folgende drei Faktoren bei, die jeweils mit einem Beispiel aus dem Bereich Gesundheit unterlegt sind.

#### 1. Räumlich eingebettetes Angebot von Infrastrukturen

Die Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen findet grundsätzlich durch ein räumlich eingebettetes Angebot von Infrastrukturen statt (in der Regel räumlich manifestierte Standorte). Daher sind gewisse raumanalytische Funktionen des Entscheidungsunterstützungssystems notwendig.

So erfolgt beispielsweise die gleichmäßige Verteilung (Zulassung) von hausärztlichen Praxen nach einheitlichen räumlichen und fachlichen Kriterien. Diese werden durch die Bedarfsplanung als Instrument zur Sicherstellung der ambulanten Versorgung vorgegeben. Daraus ergibt sich eine räumliche Angebotsstruktur, welche an eine regionale Nachfragestruktur angepasst sein sollte.

Diese wird durch Verhältniszahlen zwischen Einwohnerzahl pro Arzt in einer fest definierten und abgegrenzten Planungsregion für eine bestimmte Arztgruppe, z. B. Hausärzte, ermittelt (§ 72 SGB V Gesetzliche Krankenversicherung i. V. m. Sundmacher et al. 2018). Das Verhältnis gibt das Soll-Versorgungsniveau eines ärztlichen Angebots in einer Region vor und manifestiert sich räumlich zum Beispiel durch die Verteilung von hausärztlichen Praxen.

## 2. Komplexe, parametergebundene, inhomogene Nachfragebeziehungen nach öffentlichen Gütern

Eine gute räumliche Planungsentscheidung hängt nicht einzig von der Standortlokalisierung und der räumlichen Verteilung ab. Genauso bedeutend sind die Parameter des spezifischen Versorgungsbeitrags des Standorts. Je nach Versorgungsbereich (Schule, Arztpraxis, Einzelhandel etc.) bestehen große Unterschiede zwischen den Bewertungskriterien.

Für das Beispiel der Planungsgebiete der hausärztlichen Versorgung kann die Entscheidung anstehen, ob bei einer (drohenden) Unterversorgung neue Arztsitze in der Region gefördert werden sollen oder ob bei einer Überversorgung Maßnahmen zu ergreifen sind, die zu einer Niederlassungssperre von Ärzten führen. Zusätzlich kann die Situation der hausärztlichen Versorgung einer Region durch weitere Kriterien beeinflusst werden: Demographische Aspekte (hoher oder niedriger Anteil von Kindern oder älteren Menschen) oder die regionale Morbidität (besondere Krankheitslast in einer Region) spielen bei der Entscheidung weiterer versorgungsstützender Maßnahmen eine wichtige Rolle (vgl. Sundmacher et al. 2018, S. 7). Neben der klassischen Arzt-Einwohner-Relation wirken sich Kriterien wie der Beschäftigungsumfang, die Sprechstundenzeiten sowie Versorgungsschwerpunkte der Ärzte auf die Bewertung aus. So hat eine Praxis mit halbem Versorgungsauftrag, also einer zu 50 Prozent hausärztlich tätigen Person in Einzelpraxis, eine geringere Auswirkung auf die Versorgungsleistung als eine Person mit vollem Versorgungsauftrag in Einzelpraxis. Und die Bewertung der regionalen Versorgungssituation kann über das Kriterium der geographischen Verteilung der Praxen (Konzentration) in einem Gebiet einen kleinräumlichen lokalen und qualifikationsbezogenen Sonderbedarf zur Folge haben (vgl. Sundmacher et al. 2018, S. 34).

## 3. Hohe Abhängigkeit von Wegebeziehungen und Angebotsauswahl

Die Güte der Versorgung durch eine Angebotsstruktur (Daseinsvorsorgeeinrichtungen) steht in hoher Abhängigkeit der Wegebeziehungen zum Nachfrageort (z. B. Wohnort) und koppelt sich an eine multimodale Erreichbarkeit (Fuß, Rad, öffentlicher Personennahverkehr, motorisierter Individualverkehr). Ergänzend ist in einer Analyse zu berücksichtigen, dass von einem Nachfragestandort mehrere Angebotsstandorte zur Wahl stehen können und die Häufigkeit bzw. die Wahrscheinlichkeit der Inanspruchnahme der Daseinsvorsorgeeinrichtung mit zunehmender Entfernung abnimmt.

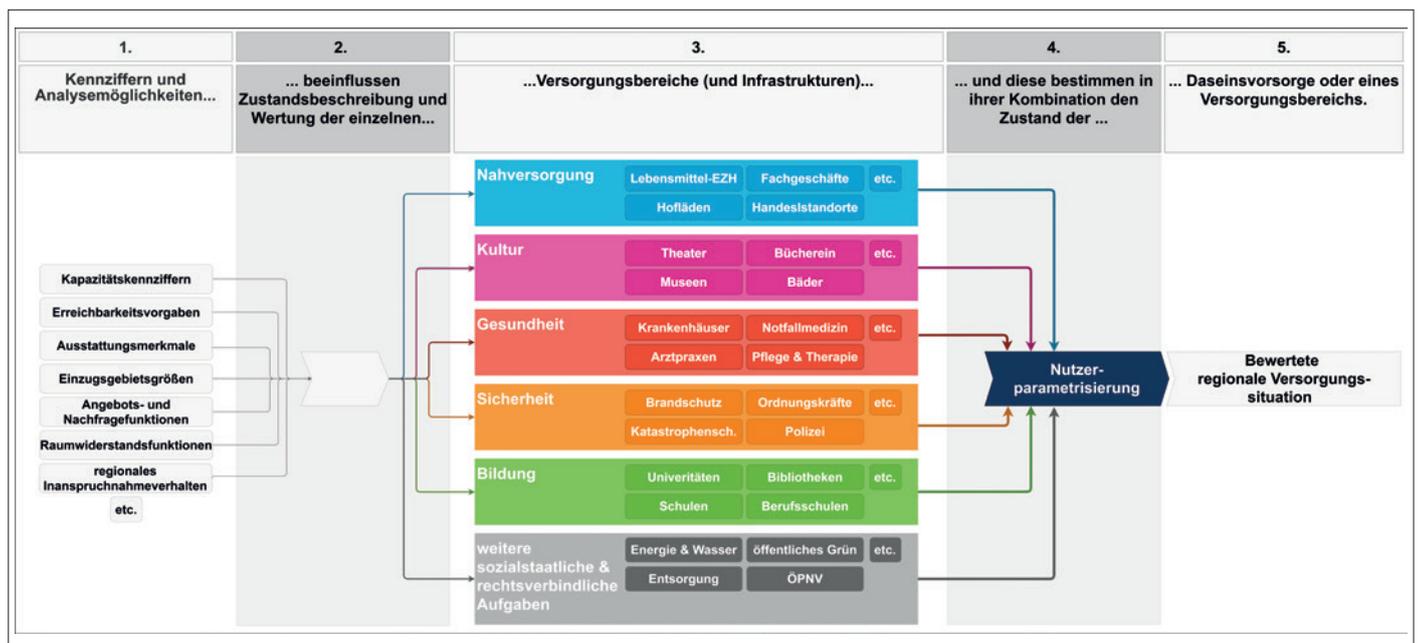
Veranschaulicht an der hausärztlichen Versorgung: Anders als in der formalisierten und eher an administrativen Grenzen orientierten vertragsärztlichen Bedarfsplanung spielt für die Versorgungssituation der Bewohner vor Ort der Zugang und die eingesetzte Zeit zum gewünschten hausärztlichen Standort eine

wesentliche Rolle – unabhängig von administrativen Grenzen (Openshaw 1984). Hier gilt die Annahme: Arztpraxen mit einer größeren Distanz zum Wohnort werden mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit aufgesucht. Dabei kommt der Bewertung der individuellen Versorgungssituation das Überschreiten einer administrativen Grenze (z. B. Gemeinde- oder Planungsgrenze) kein dominanter Stellenwert bei. Jenseits der formalisierten und tendenziell eher grenzscharfen Maßgaben der Bedarfsplanung kann es sich anbieten, regional differenzierte Erreichbarkeiten und Zugangsvoraussetzungen zu Arztpraxen einzubeziehen. Statt zugeschnittene Planungsbereiche zu betrachten, kann die Berücksichtigung von Einzugsgebieten Landes- oder Regionalplanenden ein realistischeres Bild der tatsächlichen Versorgungssituation vor Ort liefern. Dies wird auch zunehmend mehr für die ärztliche Planung gefordert (Bauer et al. 2018, Sundmacher et al. 2018). Damit können über die Planungsbereiche hinaus Faktoren wie Mitversorgungsbeziehungen und infrastrukturbedingte Inanspruchnahme besser als bisher einfließen. Jedoch sind die Konzepte der gleitenden Einzugsbereiche und alle Weiterentwicklungsformen (vgl. Radke & Mu 2000, Luo & Wang 2003, Luo & Qi 2009, Wan et al. 2012, Wang 2018) für die formale, rechtsverbindliche Planung sehr komplex, erfordern ein hohes technisches Verständnis und binden Kapazitäten und Kompetenzen der Planenden und Umsetzenden (vgl. Sundmacher et al. 2018, S. 62). Aktuell kommen derartige Verfahren noch nicht bei der Bewertung der Versorgungssituation im planerischen Kontext zum Einsatz. Ein Modell- und Softwarevorschlag hierfür wird detaillierter in Krügel et al. (2024) diskutiert.

Wie am Beispiel von planerischen Fragestellungen bei der Evaluierung der medizinischen Versorgungssituation gezeigt wurde, werden Analysen der Daseinsvorsorge hinreichend komplex, wenn räumliche und fachliche Faktoren einbezogen werden. Fahrzeitgewichtete Einwohner-Arzt-Verhältnisse inkludieren in einer Analyse per se geographische Strukturen (Zentrenbildung, Wegebeziehungen und Straßennetz, Erreichbarkeitsschranken). Die Komplexität steigt mit jedem weiteren Versorgungsbereich, der in die Analyse einbezogen wird. Umso mehr ist ein strukturiertes Vorgehen notwendig, wenn derartige Analysen zur Beschreibung der gesamten Versorgungssituation erfolgen sollen.

Nachdem einführend darauf Bezug genommen wurde, welche Planungsmethoden für eine realistische Abbildung der medizinischen Versorgungssituation angewendet werden können, ist es wichtig, zu betonen, dass die Daseinsvorsorge neben der Gesundheit aus weiteren Versorgungsbereichen besteht. Sie alle müssen entsprechend der planerischen Fragestellung zur Bewertung der Daseinsvorsorge herangezogen werden. Daraus ergibt sich das folgende Schema in Abbildung 2.

Die zuvor beispielhaft an der Gesundheitsplanung aufgezeigten Kennziffern und Analysemöglichkeiten (1) erlauben eine räumliche Zustandsbeschreibung und Wertung der einzelnen Versorgungsbereiche und deren Infrastrukturen (2). Hier ist anzumerken, dass je nach Versorgungsbereich und Infrastruktur unterschiedliche Kennzahlen und Analysemethoden für eine realitätsnahe Beschreibung gelten (3). Diese Beschreibung der Versorgungssituation eines Versorgungsbereichs kann für sich einzeln stehen oder mit den Bewertungen anderer Bereiche durch multikriterielle Analyseverfahren miteinander in Beziehung gebracht werden (4). Im Ergebnis



**Abbildung 2:** Kennziffern und Analysen beeinflussen die Zustandsbeschreibung einzelner Versorgungsbereiche und diese bestimmen in ihrer Kombination die Daseinsvorsorgesituation in einer Region.

wird die kombinierte Darstellung der einzelnen Versorgungsbereiche in einer Karte und einem Bericht zur Verfügung gestellt und einzelne Einflüsse auf die Gesamtsituation lassen sich analysieren (5). Im Speziellen gelten für die einzelnen Versorgungsbereiche unterschiedliche Richtlinien und Gesetze mit sehr heterogenen Anforderungen und Parametern (vgl. Klaus et al. 2020).

### 3 EIN WEB-GIS ZUR ANALYSE DER DASEINSVORSORGE

#### 3.1 WEB-ANALYSEINSTRUMENT FÜR DIE DASEINSVORSORGE

Um für Planende auf Landes-, Regional- und Fachebene die zuvor beschriebenen Hürden bei der Durchführung ganzheitlicher Analysen abzubauen und bei Infrastrukturentscheidungen zu unterstützen, eignen sich webbasierte GI-Systeme. Durch sie werden mit voreingestellten und änderbaren Parametern Analyseempfehlungen bereitgestellt, womit nicht für jeden Versorgungsbereich tiefgehende Detailkenntnisse seitens der Nutzenden vorliegen müssen. Organisationen können den Kauf von vielen, dezentralen und teuren Expertensystemen für Raumanalysen und/oder Entscheidungsunterstützungen umgehen, wenn ein zentrales System mit den notwendigen technischen Spezifikationen für die dezentrale Nutzung vielen Anwendenden zur Verfügung steht. Die Integration derartiger Systeme in Bundes- oder Landesbehörden ermöglicht Skaleneffekte bei Beschaffung, Verwaltung und Qualitätsmanagement der Geodaten, da diese nicht mehr einzeln durch Fachplanende für eine individuelle Analyse zusammengetragen werden müssen. Gegenüber den Datenlieferanten, in der Regel andere Behörden oder Körperschaften des öffentlichen Rechts, besteht das Potenzial, einige Vorbehalte und Beschränkungen zu reduzieren und Datenlieferungen leichter freizugeben (geringere Bedenken gegenüber Zweckentfremdung, Sicherheitsbedenken und Schutz der Daten). Die Aufbereitung und Bereitstellung von Daten mag initial vergleichsweise hohe zeitliche und personelle Ressourcen binden, jedoch sind an dezentraler Stelle hohe Einsparungs-

potenziale an Zeit und Personal möglich, während gleichzeitig die analytisch verfügbare Datenmenge und -qualität steigt.

#### 3.2 LÖSUNGSANSATZ

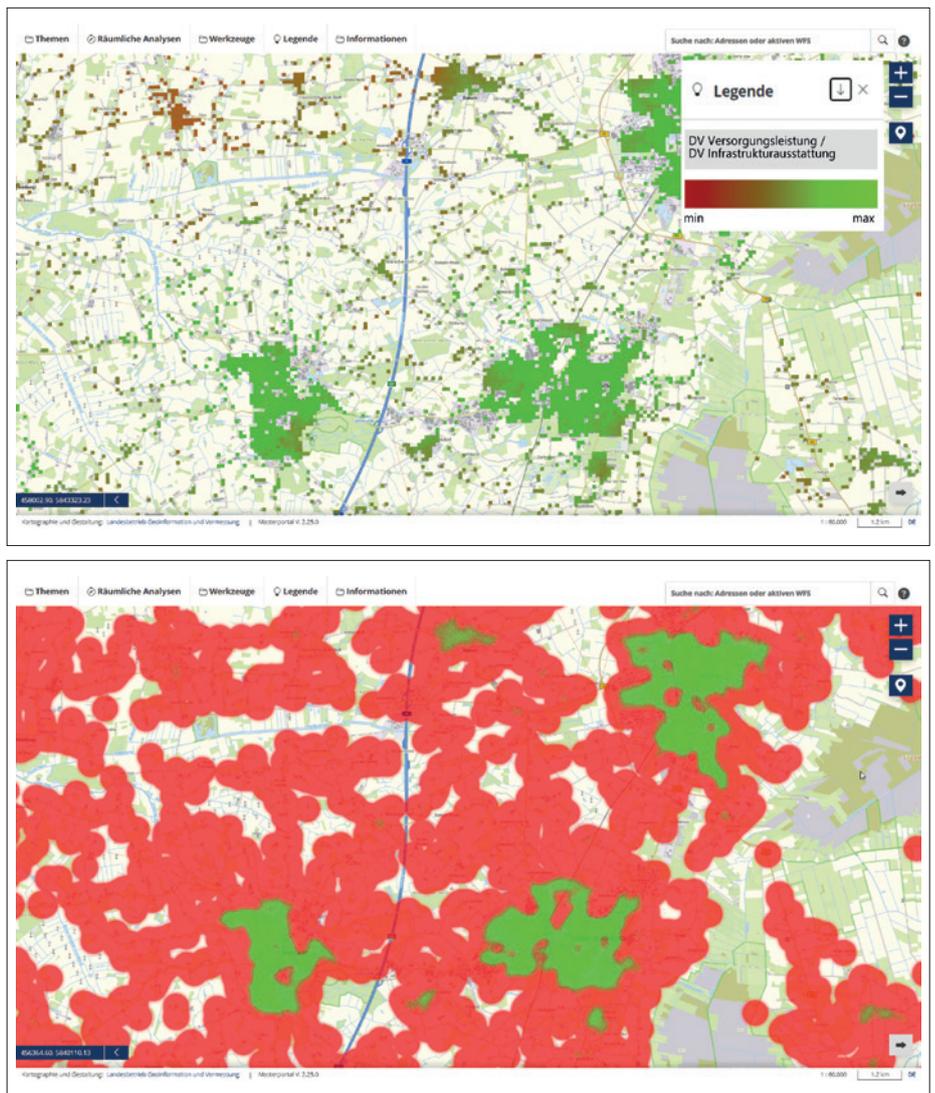
Die hier beschriebene Applikation soll im politisch und emotional oft aufgeladenen Umfeld der Daseinsvorsorge realistische und gut nachvollziehbare Aussagen für Landes- und Regionalplanende und daran angeschlossen politische Entscheidungsträger liefern. Ziel ist die Entwicklung einer Applikation, die im Hintergrund die analytisch-fachlichen Grundlagen und notwendigen Daten bereithält und eine Modellierung der Daseinsvorsorgesituation oder für einzelne Versorgungsbereiche fachlich fundiert ermöglicht. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Modellkomponenten, die zu einer realistischen Darstellung der Versorgungssituation beitragen. Dabei sollen Anwendende durch ein benutzerfreundliches Interface in die Lage versetzt werden, einzelne relevante Parameter entsprechend des jeweiligen Analysefokus anzupassen. Im Idealfall führen Planende die Analyse und Auswertung eigenständig für einen individuellen Raumausschnitt aus und können in Form von Szenarien eigene Anpassungen an Parametern und Modellen vornehmen. Dabei ist es möglich, einzelne Raumausschnitte im Detail auszuwerten, um Versorgungsdefizite und deren Ursachen zu ergründen.

Der hier vorgestellte Lösungsansatz ist für den Einsatz in niedersächsischen Verwaltungen konzipiert. Um langfristig Synergieeffekte zu erzeugen, wird aber bereits eine technologische Basis verwendet, die eine Übertragbarkeit auf andere Verwaltungsgebiete erleichtert. Hierfür eignet sich das durch den Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung der Freien und Hansestadt Hamburg ins Leben gerufene Masterportal. Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass in der weiterentwickelten Version des DVAN somit ein Umzug von der Mapbender-Plattform auf das Masterportal erfolgte. Dank einer seit 2018 bestehenden Implementierungspartnerschaft ist eine unabhängige, nachhaltige und stabile

Weiterentwicklung der Anwendung auf Basis eines MIT-Lizenzmodells möglich. Sie ist insbesondere in Verwaltungen im Einsatz und der Partnerschaft gehören aktuell 46 Mitglieder von öffentlichen Institutionen an (Stand August 2024). Hierzu zählen mehrere Bundesländer, Landkreise und Städte, aber auch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Die enthaltenen Features des Masterportals wachsen kontinuierlich an.

Das entwickelte Tool zur Entscheidungsunterstützung, welches die MCDA enthält, integriert sich in die übliche Nutzeroberfläche des Masterportals. Es ist über eine neu geschaffene Schaltfläche „Räumliche Analysen“ verfügbar, in welcher in der nächsten Menüebene das Tool zur Entscheidungsunterstützung neben weiteren bestehenden DVAN-Tools zu finden ist. Nach dem Anwählen öffnet sich ein separates Fenster, in dem die schrittweise Navigation durch den Prozess zur Entscheidungsunterstützung durchlaufen werden kann. Ohne auf jeden Schritt im Detail einzugehen, werden die Entscheidungen, die im Rahmen einer Versorgungsanalyse getroffen werden müssen, in folgende acht Teilschritte untergliedert:

- ▶ Schritt 1: Tool zur Entscheidungsunterstützung – neue Analyse erstellen oder Einstellungen aus vorhandener Analyse laden.
- ▶ Schritt 2: Untersuchungsgebiet – landesweite Untersuchung oder Gebiet per Gebietsselektion im Kartenfenster festlegen.
- ▶ Schritt 3: Relevante Infrastrukturen – Auswahl von Infrastrukturen, die in die Analyse des Versorgungsgeschehens einbezogen werden sollten (z. B. Nahversorgung mit der Auswahl von Supermarkt, Discounter in optionaler Kombination mit weiteren Einrichtungen aus Gesundheit und Bildung).
- ▶ Schritt 4: Altersgruppe der Bevölkerung auswählen – Auswählen analyserelevanter Altersgruppen am Wohnort, wenn nicht die Gesamtbevölkerung berücksichtigt werden soll.
- ▶ Schritt 5: Erreichbarkeitsberechnung – Festlegen der räumlichen Abgewichtungsfunktion und maximaler Versorgungswirkung der Infrastruktur bzw. Definition individueller Erreichbarkeitschwellenwerte.
- ▶ Schritt 6: Gewichtung – Vergabe von Gewichten zu den einzelnen zuvor erwähnten Infrastrukturen, um die Bedeutung auf die Versorgungssituation zu modellieren.
- ▶ Schritt 7: Zusammenfassung der Eingabewerte – Zusammenfassung der festgelegten Parameter, aktive Speicherung der getätigten Eingaben und aktive Freigabe zur Durchführung der Berechnung.



**Abbildung 3:** Zwei der vielen Möglichkeiten zur Anzeige des Analyseergebnisses eines Untersuchungsgebiets als Screenshot aus der Anwendung (oben: 100 m x 100 m Rasterdarstellung; unten: Heatmap-Darstellung; Hintergrundkarten bereitgestellt durch LGLN)

- ▶ Schritt 8: Ergebnisse – Darstellung der Teilergebnisse (Versorgung durch einzelne Infrastrukturen) und der gesamten Versorgungssituation über alle Versorgungsbereiche. Im achten Schritt ist nicht nur die Einsichtnahme des finalen Ergebnisses möglich, sondern auch die kartographische Betrachtung und Interpretation der Teilberechnungen der jeweiligen Versorgungsbereiche bzw. Infrastrukturen (Abbildung 3). So kann nicht nur die Evaluierung der Daseinsvorsorge als Ganzes eingesehen werden, sondern auch der Einfluss einzelner Faktoren auf die gesamte Daseinsvorsorgesituation. Zudem ist eine Heatmap-Darstellung für Teil- und Gesamtergebnisse integriert, sodass Handlungsfelder für Planende schneller ersichtlich werden.

Das Kartenfenster in Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer räumlich multikriteriellen Analyse der Daseinsvorsorgesituation in einem durch einen potenziellen Anwender selbst gewählten Raumausschnitt um die Stadt Lohne (Oldenburg). Die Darstellung weist damit auf einen planerischen Handlungsbedarf hin oder zeigt auf, wo eine weitere Etablierung von Infrastrukturen keine Verbesserung bewirkt. An dieser Stelle geht es nicht um die inhaltliche Auswertung der Ergebnispräsentation; ohnehin hängt das

präsentierte Ergebnis von den einbezogenen Infrastrukturen und gewählten Parametern (Erreichbarkeitsschwellenwerte, Gewichtung) ab und ist Fachplanenden überlassen. Nach Durchführung der Berechnung ist es möglich, Parameter zu adjustieren und die Berechnung zu wiederholen oder die Parametereinstellung lokal zu Dokumentationszwecken zu speichern, um sie später erneut in die Anwendung zu laden. Infolge repetitiver Analysen unter abgeänderten Parametereinstellungen können Planende Einflüsse auf die lokale Versorgungssituation besser verstehen. Zu einem erweiterten Verständnis trägt bei, dass einzelne thematische Karten der Zwischenberechnungen eingeblendet werden können: Wenn eine Ortschaft als weniger gut versorgt identifiziert wird, kann überprüft werden, ob einzelne fehlende Infrastrukturen hierfür verantwortlich sind oder ob allgemein Zugangsbeschränkungen zu den Einrichtungen für die defizitäre Versorgungslage verantwortlich sind. Hierbei hilft auch ein Pop-up-Fenster, das für den gewünschten Bereich Teil- und Gesamtergebnisse anzeigt.

Aufgrund vieler Steuerungspunkte ist es dem Landes- und Regionalplanenden möglich, eigenständig einen Großteil der Berechnung selbstständig durchzuführen, ohne abhängig von externen Analyseexperten und Versorgungsgutachten zu sein. Dieses Vorgehen soll den Planenden mehr Transparenz im Rahmen der Analyse verschaffen und die Interpretation der analysierten Daseinsvorsorgesituation im gewählten Raumausschnitt erleichtern. Dieser erste prototypische Umsetzungsvorschlag ist Grundlage, um mit Landes- und Fachplanenden in eine Diskussion einzusteigen und fachliche Komponenten weiter zu spezifizieren.

Auf Grundlage des Vorschlags erfolgen Vorstellungs- und Diskussionsrunden mit Vertretern der Planungsdomäne mit dem Ziel, weitere fachliche Anforderungen an das Tool zu identifizieren.

#### 4 FAZIT UND AUSBLICK

Es wurde dargestellt, dass die realistische Analyse und Evaluierung der Daseinsvorsorgesituation von einer soliden Datenbasis, realitätsnahen Modellierungen und Parameteradjustierungen einzelner Infrastrukturen eines Versorgungsbereichs abhängen. Am Beispiel der ambulanten Versorgung wurde aufgezeigt, dass für den jeweiligen Versorgungsbereich Konzepte und Lösungen zur Evaluierung der Versorgungssituation im Grunde vorliegen. Es handelt sich dabei um realitätsnahe und weit entwickelte Verfahren zur Identifizierung der Versorgungssituation, die aktuell nur von spezifischen Expertenkreisen mit darauf zugeschnittenen Instrumenten bearbeitet werden. Die bestehenden Analysekonzepte sind mit hohen Anforderungen an die Gestaltung der Parameter und Geoprozesse verbunden. Hieraus ergibt sich ein Komplexitätsmuster, dass fachlich und analytisch für Planende und Entscheidungstragende über die Bandbreite der Versorgungsbereiche schwer eigenständig umzusetzen ist. Die Adressaten der Versorgungsanalysen werden zumeist nur mit statischen PDF-Karten oder einfachen Web-GIS-basierten Präsentationsformen, wie Dashboards, ausgestattet und nehmen als Konsumenten der Analyseergebnisse eine passive Rolle ein.

Mit der Entwicklung eines Prototyps zur Analyse- und Entscheidungsunterstützung von einzelnen Versorgungsbereichen im Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen werden Landes- und Regionalplanende in die Lage versetzt, daseinsvorsorgerelevante Analysen

eigenständig durchzuführen und Parameter der Analyse selbst zu definieren.

Die Neuerungen dieser Arbeit umfassen

- ▶ den Zugriff auf relevante Daseinsvorsorgeinfrastrukturen innerhalb eines Systems,
- ▶ Versorgungsanalysen zwischen der Wohnortbevölkerung und daseinsvorsorgerelevanten Infrastrukturen mittels fachlich parametrisierbaren Einzugsgebietsanalysen mit individuellen Entfernungsabgewichtungen sowie
- ▶ zentral bereitgestellte, komplexere Methoden zur räumlichen Entscheidungsunterstützung für dezentrale Analysen mit einem breiteren planerischen Anforderungsspektrum.

Somit kann die Evaluierung einer Versorgungssituation mit Daseinsvorsorgeeinrichtungen, die (bisher) keiner normativen und rechtlich einheitlichen Festsetzung unterliegen, objektiver und räumlich vergleichend untersucht werden. Zudem lassen sich durch das neue Instrument planerische Aufgaben unterstützen. Dies schließt die Ausweisung und Überprüfung von zentralen Orten, die Identifizierung von Fördergebieten oder die Ausweisung künftiger Siedlungsgebiete ein.

In der aktuellen Umsetzung lassen sich Infrastrukturen der Nahversorgung (Supermärkte, Discounter, sonstige Lebensmittelgeschäfte), Gesundheit (Kliniken und Krankenhäuser, Fachärzte der hausärztlichen und allgemeinen fachärztlichen Versorgung sowie Apotheken) und der Bildung (Kindertagesstätten, Primärschulen und Bildungseinrichtungen mit dem Angebot der Sekundarstufe 1 und/oder Sekundarstufe 2) in die MCDA-Analyse einbeziehen, um die Qualität der Daseinsvorsorge einzuschätzen.

Künftig stellt sich die Frage, ob die Zugriffsmöglichkeiten auf die Parametrisierungen der Methoden ausreichen oder ob Anwender weitere Einstellungsmöglichkeiten wünschen. Hier gilt es, gemeinsam mit Nutzenden eine angemessene Balance zwischen Eingriffs- und Einflussmöglichkeiten zur Steuerung des Analyseergebnisses und einer möglichst geringen Komplexität und Nutzerfreundlichkeit des Tools zu finden. Weitere Workshops und Einzelgespräche mit aktiv Planenden können helfen, einen guten Kompromiss zu finden. Der Aufbau und Betrieb einer solchen Anwendung sollte an zentraler Stelle erfolgen, da die Datenhaltung und -aktualisierung ein ressourcenintensives Unterfangen sein kann. Dies ist eine wesentliche Hürde für die initiale Inbetriebnahme in weiteren Bundesländern. Um langfristig eine kontinuierliche Aktualität der Daten zu gewährleisten, sind bei der initialen Datenbereitstellung bereits alle lizenz- und datenschutzrechtlichen Fragen zu klären sowie die technische Umsetzung des Datenaustauschs und potenzielle zukünftige Updateintervalle festzulegen. Grundvoraussetzung hierfür ist der (politische) Wille, institutionsübergreifend zusammenzuarbeiten und Daten nutzbar zu machen. Einmal zur Verfügung gestellt, können durch die im Hintergrund eingesetzten Methoden weitere Fachplanungsanwendungen integriert werden, was die Effektivität der eingesetzten Ressourcen erhöht.

Die in dieser Arbeit eingesetzten Methoden wurden im Rahmen einer technischen Transferprüfung auf den Bereich Gesundheit und ambulante Versorgung übertragen (Krügel & Mäs 2023). Die Planenden von Gesundheitsinfrastrukturen sowie Analysten, die im Rahmen des Sicherstellungsauftrags der vertragsärztlichen Versorgung tätig sind, könnten damit in kurzer Zeit präzise und individuell an den fachlichen-planerischen Kontext angepasste

Versorgungsanalysen erstellen. Durch die Berücksichtigung von Auslastungs-, Entfernungs- und Abgewichtungsfunktionen kann die etablierte formelle Planung effektiv durch ein realistisches kleinräumliches Lagebild unterstützt werden.

Die Schulnetzplanung sowie Abdeckungsanalysen mit Einrichtungen zur Brandbekämpfung sind weitere geeignete Anwendungsbereiche. Unter Zuhilfenahme multikriterieller Analysen

eröffnen sich faszinierende Perspektiven für Untersuchungen bezüglich des Zugangs und der Erreichbarkeit von Daseinsvorsorgeinfrastrukturen im bundesweiten Kontext. Hierfür bedarf es weiterführender Maßnahmen, um die Verfügbarkeit bundesweiter Daten zu gewährleisten. Daten von allgemeinem Interesse sollten verstärkt für die breite Öffentlichkeit frei zugänglich gemacht werden.

## Literatur

Ajibade, F. O.; Ajibade, T. F.; Idowu, T. E.; Nwogwu, N. A.; Adelodun, B.; Lasisi, K. H.; Opafola, O. T.; Ajala, O. A.; Fadugba, O. G.; Adewumi, J. R. (2021): Flood-prone area mapping using GIS-based analytical hierarchy frameworks for Ibadan city, Nigeria. In: *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 28 (5-6), S. 283–295. DOI: 10.1002/mcda.1759.

Bamweyana, I.; Okello, D.; Ssengendo, R.; Mazimwe, A.; Ojirrot, P.; Mubiru, F.; Ndungo, L.; Kiyingi, C.; Ndyabakira, A.; Bamweyana, S.; Zabalili, F. (2020): Socio-Economic Vulnerability to COVID-19: The Spatial Case of Greater Kampala Metropolitan Area (GKMA). In: *Journal of Geographic Information System* 12 (4), S. 302–318. DOI: 10.4236/jgis.2020.124019.

Bauer, J.; Maier, W.; Müller, R.; Groneberg, D. A. (2018): Hausärztliche Versorgung in Deutschland – Gleicher Zugang für alle? In: *Deutsche medizinische Wochenschrift* 143(2), S. 9–17. DOI: 10.1055/s-0043-110846.

Bernard, L.; Brauner, J.; Mäs, S.; Wiemann, S. (2016): Geodateninfrastrukturen. In: *Freedeen, W.; Rummel, R. (Hrsg.): Handbuch der Geodäsie*. Springer, Berlin/Heidelberg, S. 1–32.

Bill, R.; Bernard, L.; Blankenbach, J. (2020): Geoinformationssysteme. In: *Kummer, K.; Köter, T.; Ostrau, S. (Hrsg.): Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2020*. Wichmann, Berlin/Offenbach, S. 385–438.

Bill, R.; Zehner, M. L. (Hrsg.) (2021): *GeoForum MV 2021 – Geoinformation in der öffentlichen Daseinsvorsorge*. Tagungsband zum 17. *GeoForum MV*, 1.–2. September 2021, Warnemünde. tredition, Hamburg.

BMEL – Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2021): Erreichbarkeitsmodell nimmt Formen an (Pressemeldung). <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/erreichbarkeitsmodell-nimmt-formen-an-1/?cHash=d5047132951a2f798923238c7d75c015&type=98> (05/2024).

Bukow, G. (2021): Von der Geoinformation zur politischen Entscheidung. In: *Bill, R.; Zehner, M. L. (Hrsg.): GeoForum MV 2021 – Geoinformation in der öffentlichen Daseinsvorsorge*. tredition, Hamburg, S. 7–13.

Devarakonda, P.; Sadasivuni, R.; Nobrega, R. A. A.; Wu, J. (2021): Application of spatial multicriteria decision analysis in healthcare: Identifying drivers and triggers of infectious disease outbreaks using ensemble learning. In: *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 29 (2), S. 23–36. DOI: 10.1002/mcda.1732.

Fu, P.; Sun, J. (2011): *Web GIS. Principles and applications*. ESRI Press, Redlands, CA.

Hoffmann, T.; Mehl, D.; Schilling, J.; Chen, S.; Tränckner, J.; Hinz, M.; Bill, R. (2021a): GIS-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem für die prospektive synergistische Planung von Entwicklungsoptionen in Regiopolen am Beispiel des Stadt-Umlandraums Rostock. In: *gis.Science* 3/2021, S. 69–85.

Hoffmann, T.; Chen, S.; Mehl, D.; Schilling, J.; Tränckner, J.; Hinz, M.; Bill, R. (2021b): GIS-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem für die interkommunale Zusammenarbeit zwischen Stadt- und Landkreis Rostock. In: *Bill, R.; Zehner, M. L. (Hrsg.): GeoForum MV 2021 – Geoinformation in der öffentlichen Daseinsvorsorge*. tredition, Hamburg, S. 15–21.

Keenan, P. B. (2003): Spatial Decision Support Systems. In: *Forgionne, G. A.; Gupta J. N. D.; Mora, M. (Hrsg.): Decision-Making Support Systems*. IGI Global, Hershey, PA, S. 28–39.

Kemp, K. (2008): *Encyclopedia of Geographic Information Science*. SAGE Publications, Thousand Oaks, CA.

Kersten, J. (2009): Wandel der Daseinsvorsorge – Von der Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse zur wirtschaftlichen, sozialen und territorialen Kohäsion. In: *Neu, C. (Hrsg.): Daseinsvorsorge. Eine gesellschaftswissenschaftliche Annäherung*. Springer VS, Wiesbaden, S. 22–35.

Klaus, M.; Käker, R.; Mäs, S.; Weitkamp, A. (2020): Daseinsvorsorge sichern und überwachen: Der Daseinsvorsorge-Atlas Niedersachsen. In: *Flächenmanagement und Bodenordnung* 5/2020, S. 223–234.

Klaus, M.; Krügel, F.; Weitkamp, A. (2022): Steuerung der Daseinsvorsorge. In: *Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt* 28 (2), S. 81–90.

Koller, D.; Wohrab, D.; Sedlmeir, G.; Augustin, J. (2020): Geografische Ansätze in der Gesundheitsberichterstattung. In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 63 (9), S. 1108–1117. DOI: 10.1007/s00103-020-03208-6.

Krügel, F.; Mäs, S. (2023): A Web-Application for Measuring Spatial Accessibility in Health Planning. In: *AGILE GIScience Series* 4 (6). DOI: 10.5194/agile-giss-4-6-2023.

- Krügel, F.; Mäs, S.; Hindorf, P.; Buthmann, E. (2024): An Online Multicriteria-Spatial Decision Support System for Public Services Planning. In: *AGILE GIScience Series*, 4 (6), S. 1–18. DOI: 10.3390/app14041526.
- Luo, W.; Qi, Y. (2009): An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. In: *Applied Sciences* 14 (4), S. 1100–1107. DOI: 10.1016/j.healthplace.2009.06.002.
- Luo, W.; Wang, F. (2003): Measures of Spatial Accessibility to Healthcare in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in Chicago Region. In: *Environment and Planning, B: Planning & Design* 30 (6), S. 865–884. DOI: 10.1068/b29120.
- Malczewski, J. (2006): GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. In: *International Journal of Geographical Information Science* 20 (7), S. 703–726. DOI: 10.1080/13658810600661508.
- Malczewski, J.; Jankowski, P. (2020): Emerging trends and research frontiers in spatial multicriteria analysis. In: *International Journal of Geographical Information Science* 34 (7), S. 1257–1282. DOI: 10.1080/13658816.2020.1712403.
- Malczewski, J.; Rinner, C. (2015): Development of GIS-MCDA. In: Malczewski, J.; Rinner, C. (Hrsg.): *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. Springer, Berlin/Heidelberg, S. 55–77.
- Milstein, A. (2018): Daseinsvorsorge. In: *Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung*. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, S. 361–373.
- Neu, C. (Hrsg.) (2009): *Daseinsvorsorge. Eine gesellschaftswissenschaftliche Annäherung*. Springer VS, Wiesbaden.
- Nóbrega, R. A. A.; O'Hara, C. G.; Sadasivuni, R.; Dumas, J. (2009): Bridging decision-making process and environmental needs in corridor planning. In: *Management of Environmental Quality* 20 (6), S. 622–637. DOI: 10.1108/14777830910990744.
- Openshaw, S. (1984): Ecological fallacies and the analysis of areal census data. In: *Environment & Planning A* 16 (1), S. 17–31. DOI: 10.1068/a160017.
- Plan4Better GmbH (2022): Innovative Planungssoftware GOAT nun deutschlandweit verfügbar (Pressemeldung). [https://plan4better.de/download/press/2022-05-10-Pressemitteilung\\_Marktlaunch.pdf](https://plan4better.de/download/press/2022-05-10-Pressemitteilung_Marktlaunch.pdf) (09/2022).
- PTV Group (2022): Gut erreichbar? Webtool zur Daseinsvorsorge im ländlichen Raum (Pressemeldung). <https://blog.ptvgroup.com/de/mobilitaet-der-zukunft/webtool-daseinsvorsorge-laendlicher-raum> (05/2024).
- Radke, J.; Mu, L. (2000): Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs. In: *Annals of GIS* 6 (2), S. 105–112. DOI: 10.1080/10824000009480538.
- Sarfo, A. K.; Karuppanan, S. (2020): Application of Geospatial Technologies in the COVID-19 Fight of Ghana. In: *Transactions of the Indian National Academy of Engineering* 5 (2), S. 193–204. DOI: 10.1007/s41403-020-00145-3.
- Schäfer, M. (2014): *Kommunalwirtschaft. Eine gesellschaftspolitische und volkswirtschaftliche Analyse*. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Seisenberger, S.; Pajares, E.; Hecht, R.; Rieche, T.; Reiter, D.; Jehling, M. (2023): Entscheidungsunterstützung für die Daseinsvorsorge: Indikatoren für fachübergreifende GIS-Analysen. In: *gis.Science* 4/2023, S. 127–138.
- Souza, M. F.; Pinto, P. H.; Góes, T.; Raphael, B. A.; Nascimento, C. L.; Nóbrega, R. A. (2020): Dry port location optimization to foster sustainable regional development. In: *Sustainability in Debate* 11 (2), S. 208–237. DOI: 10.18472/SustDeb.v11n2.2020.27073.
- Sugumaran, R.; DeGroot, J. (2011): *Spatial Decision Support Systems. Principles and Practices*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL. <http://swb.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=625000>.
- Sundmacher, L.; Schang, L.; Schuettig, W.; Flemming, R.; Frank-Tewaag, J.; Geiger, I.; Franke, S.; Weinhold, I.; Wende, D.; Kistemann, T.; Höser, C.; Kemen, J.; Hoffmann, W.; van den Berg, N.; Kleinke, F.; Becker, U.; Brechtel, T. (2018): Gutachten zur Weiterentwicklung der Bedarfsplanung i. S. d. §§ 99 ff. SGB V zur Sicherung der vertragsärztlichen Versorgung. In: *Gemeinsamer Bundesausschuss (Hrsg.): Anlagen zum Beschluss des G-BA vom 20.08.2018*. [https://www.g-ba.de/beschlusse/3493\(05/2024\)](https://www.g-ba.de/beschlusse/3493(05/2024)).
- UrbanRural SOLUTIONS (2019): *Der Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen. Kurzinformation zum digitalen Planungstool*. <https://produkt Datenbank.innovationsgruppen-landmanagement.de/upload/products/user/23/5dee16d1b9b891575884497.pdf> (09/2023).
- Vogel, R. (2010): GIS-basierte multikriterielle Bewertung der Retentionseignung von Auenflächen – am Beispiel der Elbe. mbv, Berlin.
- Wan, N.; Zou, B.; Sternberg, T. (2012): A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. In: *International Journal of Geographical Information Science* 26 (6), S. 1073–1089. DOI: 10.1080/13658816.2011.624987.
- Wang, F. (2018): Inverted Two-Step Floating Catchment Area Method for Measuring Facility Crowdedness. In: *The Professional Geographer* 70 (2), S. 251–260. DOI: 10.1080/00330124.2017.1365308.
- Zolfaghary, P.; Zakerinia, M.; Kazemi, H. (2021): A model for the use of urban treated wastewater in agriculture using multiple criteria decision making (MCDM) and geographic information system (GIS). In: *Agricultural Water Management* 243, 106490. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106490.