

Kleinräumige Erreichbarkeitsanalysen mit GIS

Björn Schwarze

Technische Universität Dortmund, Institut für Raumplanung, Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung

Abstract

The main aim of local transport planning is to ensure an efficient urban transport system that guarantees social and economic interaction for all individuals. The necessity of a systematic measure assessment and a strategic monitoring of accessibility should be beyond all question. However, the evaluation of German local transport plans shows several shortcomings in terms of modelling accessibility at a local level. This paper presents a GIS-based method that uses disaggregated accessibility indicators to model local accessibility. They are applied to assess transport projects and to monitor long-time changes in accessibility. The study area is the city of Dortmund.

Einführung

Das Ziel kommunaler Verkehrsplanung ist die Bereitstellung effizienter und leistungsfähiger Verkehrssysteme, die den Bürgerinnen und Bürgern (sowie Unternehmen) soziale und ökonomische Interaktion garantieren sollen. Dies lässt sich vor allen Dingen durch eine räumlich ausgewogene und sozialgerechte Erreichbarkeit entsprechender Aktivitätsgelegenheiten wie Arbeiten, Ausbildung, Einkauf, Freizeit etc. gewährleisten. Gerade in Zeiten steigender Mobilitätsansprüche bei tendenziell schwieriger Finanzierungslage der öffentlichen Haushalte ist die Sicherung der bestehenden Erreichbarkeitsverhältnisse im Sinne einer nachhaltigen Raumentwicklung von essentieller Bedeutung und eine zentrale planerische und politische Aufgabe innerhalb von Stadtregionen. Es sind gerade die kleinräumigen Strukturen auf kommunaler und interkommunaler Ebene, welche die sozial-räumliche Mobilität entscheidend beeinflussen. Im Jahr 2002 betrug die durchschnittliche Wegelänge in Deutschland 13,3 km, wobei Wege in peripheren Regionen tendenziell länger waren als in Siedlungskernbereichen [1]. Kleinräumige Erreichbarkeitsstrukturen bestimmen aber nicht nur die kurzfristigen Mobilitätsentscheidungen im Alltag, sondern sind zugleich auch bestimmend für langfristig wirkende Standortentscheidungen [2]. Raumeignung und Raumüberwindung sind stets eng miteinander verbunden, sie beeinflussen sich wechselseitig. Dem Anspruch einer effizienten und nachhaltigen Raumentwicklung kann letztlich nur eine integrierte Verkehrs- und Flächennutzungsplanung genügen, welche an dem Konzept sozial-räumlicher Erreichbarkeit orientiert ist.

Erreichbarkeit als der wesentliche Nutzeneffekt¹ sollte nicht nur bei der Beurteilung von neuen planerischen Maßnahmen oder Programmen berücksichtigt werden, sondern idealerweise sollte auf der Ebene von Stadtregionen ein beständiges Monitoringsystem aufgebaut werden, mit dem die Entwicklung der Erreichbarkeitsverhältnisse kleinräumig und ganzheitlich beobachtet und analysiert werden kann. Einige Großstädte haben in Deutschland hier bereits eine Vorreiterrolle, jedoch gibt es flächendeckend kaum entsprechend systematische Ansätze. Wie könnte aber nun eine am Konzept von sozial-räumlicher Erreichbarkeit orientierte integrierte Verkehrs- und Flächennutzungsplanung in Stadtregionen aussehen?

¹ neben Verkehrssicherheit, Lärmschutz usw.

Konzepte zum Messen von Erreichbarkeit

Generell existieren zwei unterschiedliche Konzepte zum Messen von Erreichbarkeit: Das Konzept der einfachen Erreichbarkeit und das Konzept der integrierten Erreichbarkeit (vgl. [3,4]). Während Erreichbarkeit im ersten Konzept ausschließlich über einzelne Parameter des Verkehrssystems abgebildet wird, wird Erreichbarkeit im zweiten Konzept durch das Zusammenspiel zwischen der Siedlungsstruktur und dem Verkehrssystem bestimmt. Ein wichtiger Aspekt des Konzepts von integrierter Erreichbarkeit ist, dass es in einem einzelnen Erreichbarkeitsindikator die relevanten Eigenschaften sowohl der Siedlungsstruktur als auch des Verkehrssystems vereint [5]. Die Modellierung erfolgt über die Verteilung der menschlichen Aktivitätsstandorte im Raum, die Leichtigkeit, diese über das Verkehrssystem zu erreichen, und die Anzahl, Qualität und sonstigen Merkmale der dort vorhandenen Aktivitätsgelegenheiten. Eine Verbesserung der Erreichbarkeit kann folglich durch eine Optimierung der Aktivitätsgelegenheitsstruktur im Raum und/oder durch eine Optimierung der Zugänglichkeit über das Verkehrssystem erreicht werden.

Einfache Erreichbarkeitsindikatoren sind infrastrukturbasiert, während integrierte Erreichbarkeitsindikatoren aktivitätsorientiert sind. Abbildung 1 vermittelt einen systematischen Überblick. Bei dem Konzept der integrierten Erreichbarkeit kann zwischen standörtlichen und persönlichen Erreichbarkeitsindikatoren unterschieden werden. Mit den konventionelleren standörtlichen Indikatoren wird die Erreichbarkeit eines Standortes, z.B. einer Zone, im Vergleich zu allen anderen Standorten eines Untersuchungsraumes berechnet. Dies kann sowohl angebots- als auch nachfrageorientiert geschehen. In aller Regel ist allerdings der Wohnstandort Ausgangspunkt der Betrachtung, da er in den meisten Fällen am Anfang einer Wegekette steht.

	Einfache Erreichbarkeit	Integrierte Erreichbarkeit	
Untersuchungsansatz	infrastrukturbasiert	aktivitätsorientiert	
Betrachtungsgegenstand	Erschließungs- oder Verbindungsqualität des Verkehrssystems	Siedlungsstruktur und Verkehrssystem im Zusammenhang	
	<i>Verkehrliche Indikatoren</i>	<i>Standörtliche Indikatoren</i>	<i>Persönliche Indikatoren</i>
Erreichbarkeitsindikatoren	Ausstattungsindikatoren z.B.: - Abfahrten je Richtung u. Tag an einer Haltestelle - Haltestellen je 1.000 Ew. - Autobahnkilometer	Reiseaufwandsindikat. z.B.: - Mittlerer Reiseaufwand zu ausgewählten Aktivitätsstandorten	Raum-Zeit-Indikatoren z.B.: - Individuelle Raum-Zeit-Prismen
	Graphentheoretische Ind. z.B.: - Quotient zw. ÖPNV-Netzlänge und Anzahl der Haltestellen	Reisebudgetindikatoren z.B.: - Anzahl zu erreichender Aktivitätsgelegenheiten innerhalb von 30 Min.	Reisezeitverhältnisindik. z.B.: - Quotient zw. Reisezeit und Aktivitätsdauer
	Konnektivitätsindikatoren z.B.: - Anzahl verkehrender ÖPNV-Linien zwischen Punkt A und B - Durchschnittliche Wartezeiten	Potenzialindikatoren z.B.: - Summe der über den Raumwiderstand gewichteten Aktivitätsgelegenheiten	Aktionsraumindikatoren z.B.: - Anzahl der Aktivitätsgelegenheiten innerhalb des Aktionsraumes (Projektion des Raum-Zeit-Prismas auf die Fläche)

Abbildung 1: Konzepte zum Messen von Erreichbarkeit.

Bei der Berechnung von persönlichen Erreichbarkeitsindikatoren wird berücksichtigt, dass Personen, die am selben Wohnstandort bzw. in derselben Zone wohnen, keinesfalls dieselben zeitlichen Restriktionen oder denselben Zugang zu Verkehrsmitteln haben müssen. Frühere Untersuchungen konnten zeigen, dass sich insbesondere zwischen Frauen und Männern sowie zwischen Personen mit und ohne Pkw-Nutzbarkeit die Fähigkeiten zum Er-

reichen von Aktivitätsgelegenheiten gravierend unterscheiden [6,7]. Der mikroskopische Ansatz, der hinter persönlichen Erreichbarkeitsindikatoren steht, ist vor allem aus wissenschaftlicher Sicht interessant. Die für die Berechnung erforderlichen komplexen und schwierig zu erhebenden Datenmengen und die hauptsächlich nur retrospektiv mögliche Betrachtungsweise machen persönliche Erreichbarkeitsindikatoren für die kommunale Flächennutzungs- und Verkehrsplanung kaum geeignet. Hier sollten vor allem einfach zu erhebende, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren angewandt werden, die nachvollziehbar und gut kommunizierbar sind.

Erreichbarkeitsanalysen nach dem Stand der Planungspraxis

Sollen Erreichbarkeitsverhältnisse in einer Stadtregion analysiert werden, so kann dies nach dem Konzept der standörtlichen integrierten Erreichbarkeit sehr vielschichtig und differenziert erfolgen. So kann je nach Analysezweck nach der zu untersuchenden Verkehrsart (Personen- und/oder Wirtschaftsverkehr), dem Reisezweck, den Verkehrsmitteln, räumlichen und zeitlichen Restriktionen, unterschiedlichen Quellen und Zielen sowie unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen unterschieden werden. Entscheidend und gravierend ist aber, auf welche Arten die Siedlungsstruktur und das Verkehrssystem modelliert werden und welche Erreichbarkeitsindikatoren verwendet werden.

Um herauszufinden, wie der Stand der hauptsächlich kommunalen Planungspraxis bei der Durchführung von Erreichbarkeitsanalysen ist, wurden in einer ersten Voruntersuchung 31 nordrhein-westfälische Nahverkehrspläne ausgewertet [8]. Die Untersuchung zeigte, dass vielerorts noch recht unsystematisch vorgegangen wird. So wurden Erreichbarkeitsindikatoren teilweise zwar erhoben, allerdings flossen sie im weiteren Planungsprozess nicht notwendigerweise in die Bestands- oder Maßnahmenbewertung ein. Auch bei der Bestands- und Maßnahmenbewertung wurden zwar allgemein anerkannte Qualitätsstandards herangezogen, jedoch fehlte es oft an politisch festgelegten raumtypischen Erreichbarkeitsmindeststandards, an denen sich die Planung insbesondere bei der Zustandsbewertung und Wirkungskontrolle orientieren kann.

Hinsichtlich der in der verkehrsplanerischen Planungspraxis verwendeten Erreichbarkeitsindikatoren ist festzuhalten, dass immer eine Reihe verschiedener einfacher und integrierter Erreichbarkeitsindikatoren zugleich angewandt wird. Bis auf wenige Ausnahmen handelte es sich um die im Leitfaden für die Aufstellung von Nahverkehrsplänen empfohlenen Zielindikatoren [9]. Durchschnittlich wurden ca. zehn unterschiedliche Erreichbarkeitsindikatoren berechnet. Einfache Ausstattungsindikatoren wurden am häufigsten erhoben, sie sind zu 97 Prozent in fast allen Studien vorzufinden.

Mit einfachen Erreichbarkeitsindikatoren wurden im Allgemeinen spezifische Aspekte der Erschließungs- oder der Verbindungsqualität eines Verkehrssystems anschaulich dargelegt. Mit ihnen ließen sich jeweils bestimmte Schwachstellen identifizieren und wichtige Hinweise für die Ausarbeitung von Maßnahmen und Handlungskonzepten herleiten. Für ganzheitliche Systemanalysen sind einfache Erreichbarkeitsindikatoren allerdings ungeeignet. Sie lassen keinen eindeutigen Rückschluss auf Verbesserungen der Erreichbarkeitsverhältnisse in der Stadtregion als Ganzes zu, da Verbesserungen in der Erschließungsqualität Verschlechterungen in der Verbindungsqualität nach sich ziehen können und umgekehrt².

Das originäre Ziel der Verkehrsplanung, nämlich die Erreichbarkeit von Aktivitäten, lässt sich nur mit integrierten Erreichbarkeitsindikatoren abbilden. Nur mit ihnen können Gesamtzusammenhänge adäquat erfasst und Disparitäten im Verkehrsangebot klar aufgedeckt wer-

² Aus der Sicht der fußläufigen Erschließung von Haltestellen ist beispielsweise eine möglichst hohe Haltestellendichte erstrebenswert, aus der Sicht der Beförderungsgeschwindigkeit jedoch eine möglichst niedrige.

den. Für gesamtäumliche Zustandsanalysen und Maßnahmenbewertungen sollten bevorzugt integrierte, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren verwendet werden. In den untersuchten Nahverkehrsplänen wurde in 65 von hundert Fällen der Erreichbarkeitsindikator *Reisezeit in das Zentrum/Reisezeit zu zentralen Orten* angewandt, der damit der am häufigsten hierfür verwendete Erreichbarkeitsindikator war. Seine Ergebnisse wurden häufig durch Isochronenkarten veranschaulicht.

Im Vergleich zu kleinmaßstäblichen Erreichbarkeitsanalysen mit einem größeren Untersuchungsraum ist jedoch ein integrierter Erreichbarkeitsindikator, der die Innenstadt oder zentrale Orte zum Ziel hat, auf kommunaler Ebene wenig empfehlenswert, da er auf der fälschlichen Annahme beruht, dass sämtliche relevanten Aktivitätsgelegenheiten an diesen Standorten akkumuliert seien. Die tatsächliche räumliche Lage und Verteilung von Aktivitätsgelegenheiten in Stadtregionen bleibt hierdurch unberücksichtigt und ist lediglich sehr verallgemeinert modelliert. Zwar ist der überwiegende Teil der verkehrlichen Interaktionen nach wie vor auf den Siedlungskernbereich ausgerichtet, es sind aber gleichzeitig „deutliche Tendenzen einer langfristigen Entwicklung hin zu dispersen und tangential orientierten Verflechtungsmustern erkennbar“ [10]. Durch die stete Ausweitung monofunktionaler, spezialisierter Standorte hat sich eine in Stadtregionen heute vorzufindende kleinräumige polyzentrische Siedlungsstruktur herausgebildet, welche die traditionell starke Stellung der Siedlungskernbereiche zunehmend in Frage stellt [11]. Mit radial auf die Siedlungskernbereiche ausgerichteten Reiseaufwandsindikatoren werden die Wechselwirkungen zwischen dem Verkehrssystem und den heutigen Siedlungsstrukturen daher nur noch unzureichend abgebildet.

Kommunale Erreichbarkeitsanalysen sind ein wichtiges Instrument für die Überprüfung der Effizienz unserer Verkehrssysteme und Siedlungsstrukturen in Stadtregionen. Zugleich können sie räumliche Disparitäten und soziale Diskrepanzen aufdecken. Mittelfristig sollte auch in Deutschland auf dieser räumlichen Ebene ein beständiges Monitoringsystem errichtet werden, mit dem Raum- und Verkehrsplaner/innen die Entwicklung der kommunalen Erreichbarkeitsverhältnisse kontrollieren und nachvollziehen können. Hierfür sind geeignete, gut kommunizierbare Erreichbarkeitsindikatoren zu definieren, die ohne übermäßigen personellen und technischen Aufwand berechnet und dargestellt werden können. Ihre Berechnung sollte immer kleinräumig und aktivitätsspezifisch erfolgen.

Berechnung kleinräumiger Erreichbarkeit mit GIS

Um die Potenziale und Hemmnisse kleinräumiger Erreichbarkeitsanalysen zu eruieren, wurde an der Technischen Universität Dortmund im Rahmen eines noch laufenden Dissertationsvorhabens in einem ersten Schritt ein GIS-gestütztes Instrumentarium entwickelt, mit dem standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren disaggregiert berechnet und visualisiert werden können. In der nächsten Projektphase wird die Methode nun intensiv erprobt, um greifbare Handlungsempfehlungen für die Anwendung kleinräumiger Erreichbarkeitsanalysen herleiten zu können. Im Folgenden wird der bestehende methodische Ansatz erläutert, und es werden zu Demonstrationszwecken erste beispielhafte Ergebnisse der Datenaufbereitung und Erreichbarkeitsberechnungen vorgestellt. Untersuchungsgebiet ist die Stadt Dortmund (587.000 Einwohner), wobei die Stadtregion Dortmund mit ihren 26 Gemeinden (2.596.000 Einwohner) als Verflechtungsraum in die Betrachtung mit eingeschlossen ist.

Um die Erreichbarkeitsverhältnisse in der Stadtregion Dortmund kleinräumig berechnen zu können, werden sowohl Daten über die Siedlungsstruktur, also die räumliche Lage und Verteilung der Aktivitätsgelegenheiten, als auch Daten über das Verkehrssystem benötigt. Die Modellierung und Verwaltung der Daten erfolgt durch ein GIS:

Siedlungsstruktur

Daten über die räumliche Lage und Verteilung von Aktivitätsgelegenheiten liegen auf kommunaler Ebene häufig in unterschiedlichen Raumbezugssystemen vor. Aktivitätsstandorte wie Behörden, Schulen, Freizeiteinrichtungen usw. können heutzutage durchaus sehr detailliert und als adressgenaue Koordinatendaten vorliegen. Aktivitätsgelegenheiten, die auf sozio-ökonomischen Strukturdaten beruhen, stehen hingegen aus Datenschutz- und Erhebungsgründen in aller Regel nur auf der Ebene statistischer Zonen, z.B. für Baublöcke, statische Bezirke oder Unterbezirke, zur Verfügung.

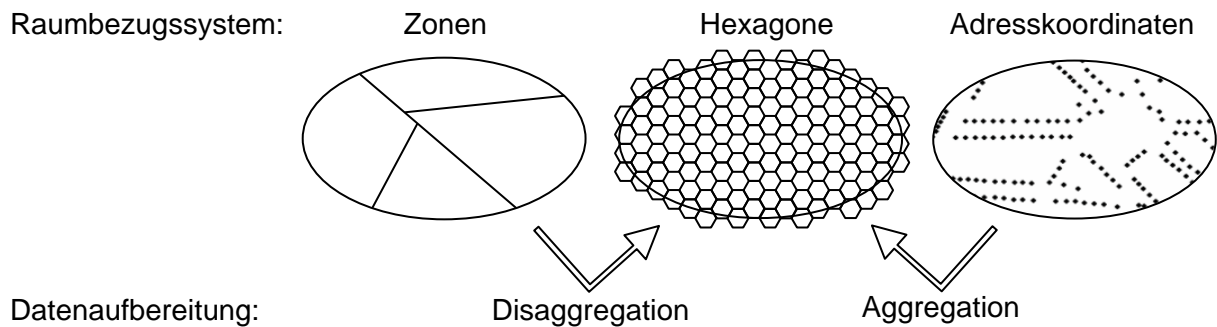


Abbildung 2: Datenaufbereitung von Aktivitätsgelegenheiten mit GIS.

Da statische Zonen einerseits durch ihre ungleichen Flächengrößen und unregelmäßigen Formen Berechnungsergebnisse mitunter stark beeinflussen können, und andererseits für unterschiedliche Inputdaten verschiedenartige Raumeinheiten vorliegen können, bietet es sich an, für kleinräumige Erreichbarkeitsanalysen ein gleichmäßiges Rasterkoordinatensystem zu verwenden.

Die hier beschriebene Methode verwendet als räumliche Grundlage für die Berechnung und Visualisierung ein regelmäßiges Hexagonalsystem, da ein Untersuchungsraum hiermit bestmöglich parkettiert wird. Über die Fläche der Stadtregion Dortmund erstrecken sich insgesamt 13.160 Hexagone mit einem Radius von 250 Metern. Das Stadtgebiet Dortmunds wird durch 2025 Hexagone abgedeckt. Abbildung 2 veranschaulicht schematisch, dass vor der Erreichbarkeitsberechnung die adressscharf vorliegenden Geodaten auf das Hexagonalsystem aggregiert werden. Zonal vorliegende Geodaten werden mit einfachen und komplexeren Methoden im GIS unter Hinzuziehung zusätzlicher Flächennutzungsinformationen verschnitten, räumlich disaggregiert und dem Hexagonalsystem zugeordnet (vgl. [12]).

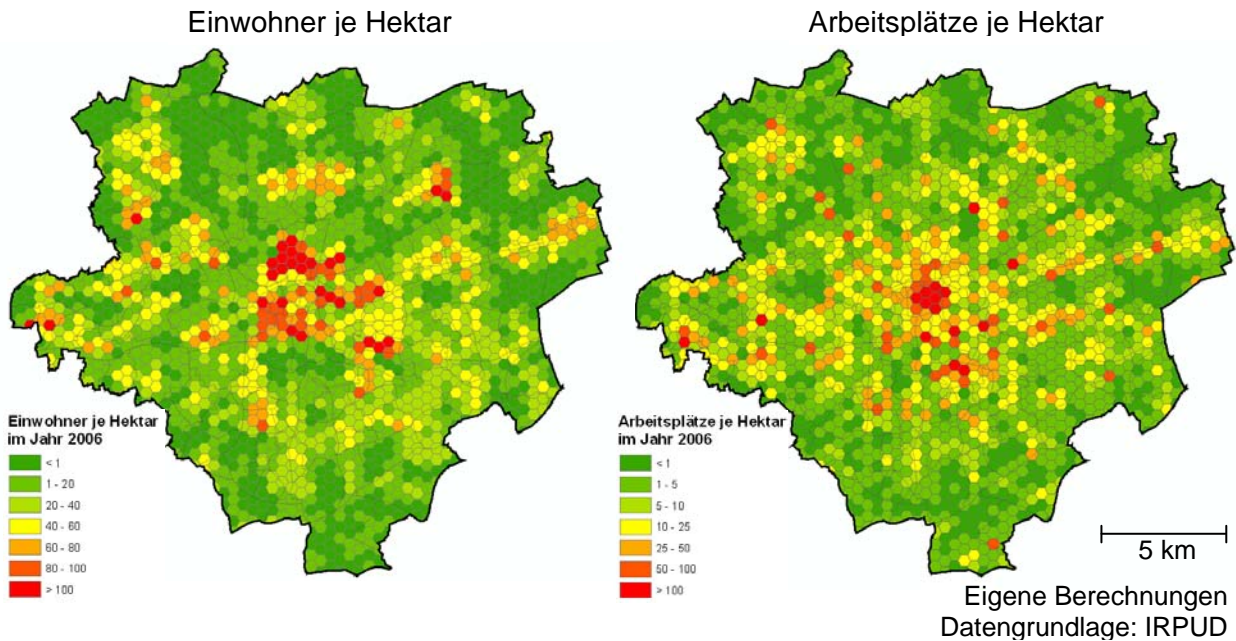


Abbildung 3: Bevölkerungs- und Arbeitsplatzstruktur in der Stadt Dortmund.

Bei der Aufbereitung von Daten ist mit dem entwickelten GIS-Verfahren eine hohe Flexibilität gewährleistet. Unterschiedliche Datenquellen können problemlos integriert werden. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der Datenaufbereitung für die Bevölkerungsstruktur und das Arbeitsplatzangebot in der Stadt Dortmund.

Verkehrssystem

Für die Berechnung der Raumwiderstände wurden im GIS die jeweiligen Verkehrsnetze der Individualverkehre und des ÖPNV modelliert. Abbildung 4 zeigt die für das Dortmunder Stadtgebiet erfassten Verkehrsnetze. Im IV-Netz (28.611 Kanten und 12.451 Knoten) sind alle Straßen (inklusive Annahmen über die zulässige Höchstgeschwindigkeit), Radwege, Fußwege und Stauschwerpunkte enthalten. Das ÖPNV-Netz enthält sämtliche Haltestellen ($n=911$) und ÖPNV-Linien ($n=51$) inklusive Fahrplandaten. Die Abbildung der Verkehrsnetze für die übrigen Gemeinden der Stadtregion ist weniger feingliedrig und genau. Die Berechnung der Raumwiderstände erfolgt mit dem Dijkstra-Algorithmus nach dem Bester-Weg-Prinzip unimodal jeweils für die verschiedenen Verkehrsmodi MIV, ÖPNV, Rad- und Fußverkehr. Für jede Relation wird die kürzeste Reisezeit ermittelt. Die gespeicherten Distanz- bzw. Reisezeitenmatrizen sind Grundlage für die Erreichbarkeitsberechnungen. Die Integration von Kostenaspekten ist erst zu einem späteren Zeitpunkt geplant.

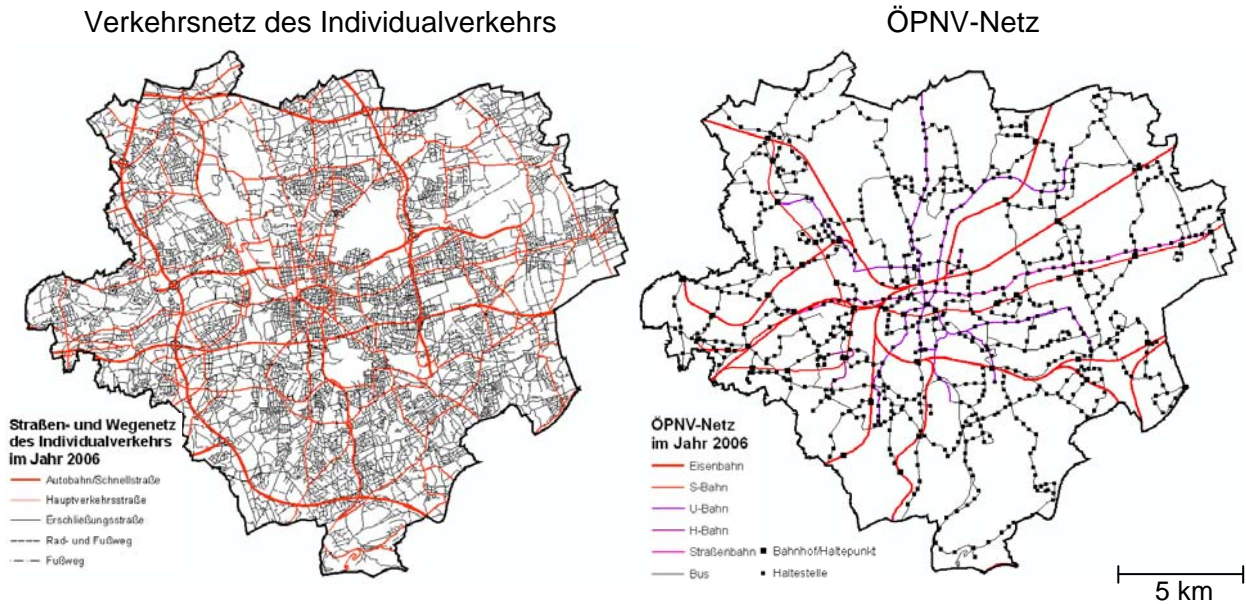


Abbildung 4: Verkehrsnetze des Individualverkehrs und des ÖPNV in der Stadt Dortmund.

Die Bestimmung der Reisezeiten des ÖPNV erfolgt auf der Basis von Fahrplandaten unter Berücksichtigung realer Umsteigewartezeiten. Die Zugangszeiten vom Quellstandort zur Einstiegshaltestelle und die Abgangszeiten von der Zielhaltestelle zum Aktivitätsstandort werden über das Fußwegenetz berechnet. Wartezeiten beim Ersteinstieg werden mit einer statistischen Funktion bestimmt, in der die vorhandenen Verbindungsmöglichkeiten für einen Zeitraum abgebildet sind. Werden ÖPNV-Reisezeiten nicht für ein vordefiniertes Zeitintervall, also z.B. für die morgendliche Hauptverkehrszeit oder für die abendliche Schwachverkehrszeit, berechnet, so findet eine Mittlung der Reisezeiten repräsentativer Tageszeitintervalle statt.

Zum derzeitigen Stand ist die Erreichbarkeitsanalyse auf die Perspektive von Wohnstandorten beschränkt. Als Quellstandorte fungieren die Zentroide der 2025 Hexagone, die in der Stadt Dortmund liegen. Die Anzahl der Zielstandorte variiert jeweils abhängig vom untersuchten Reisezweck. Bei der Analyse der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen wird die gesamte Stadtregion Dortmund als relevanter Nachfrage- und Verflechtungsraum einbezogen. Wird die Erreichbarkeit von Schulen oder die nähräumliche Einzelhandelsversorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs betrachtet, so werden nur die Stadt Dortmund und ihre unmittelbar angrenzenden Bereiche berücksichtigt.

Erste Ergebnisse

Die ersten kleinräumigen Erreichbarkeitsberechnungen mit dem entwickelten Instrumentarium lieferten viel versprechende Ergebnisse. Auf ihnen aufbauend wird der Ansatz von nun an methodisch erweitert und vertieft. Im Folgenden werden einige Zwischenergebnisse zur Veranschaulichung in knapper Form präsentiert.

Für die einfache Berechnung der kleinräumigen Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen wurde ein Reisezeitbudgetindikator verwendet, mit dem bestimmt wird, wie viele Arbeitsplätze über ein Verkehrssystem innerhalb einer bestimmten Reisezeit potenziell zu erreichen sind. Der Reisezeitbudgetindikator bildet als integrierter Indikator zum einen die Interdependenzen zwischen der Siedlungsstruktur und dem Verkehrssystem ab und zum anderen sind seine Ergebnisse einfach zu interpretieren und zu kommunizieren. Seine theoretischen Hintergründe hat er in der Aktionsraumtheorie und in der Theorie von der Konstanz des Reisebudgets [vgl. 13]. Bei seiner Anwendung ist ein Reisezeitbudget zu definieren. Studien zum Verkehrsverhalten ermittelten eine durchschnittliche Wegedauer von ca. 20 Minuten für die Fahrt mit dem Pkw zur Arbeit [vgl. 1]. Die Erreichbarkeitsberechnungen mit dem Reisezeitbudgetindikator zeigen für die Stadt Dortmund für den Reisezweck Arbeiten, dass bei einer Reisezeitgrenze unterhalb von 20 Minuten vor allem die dicht bevölkerten Randbereiche um die Innenstadt die höchste Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem Pkw aufweisen. Die Ergebnisse des Reisezeitbudgetindikators sind allerdings stark von der angenommenen Reisezeitgrenze abhängig. Ab einer Reisezeitgrenze von 30 Minuten verlagern sich die Bereiche bester Lagegunst deutlich in den Dortmunder Westen. Von hier aus sind vor allem mehrere westlich von Dortmund gelegene Großstädte des Ruhrgebiets und ihre Arbeitsplatzzentren über das dichte Autobahnnetz gut zu erreichen. Abbildung 5 veranschaulicht diese Effekte am Beispiel der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem Pkw innerhalb von 20 und 40 Minuten Reisezeit.

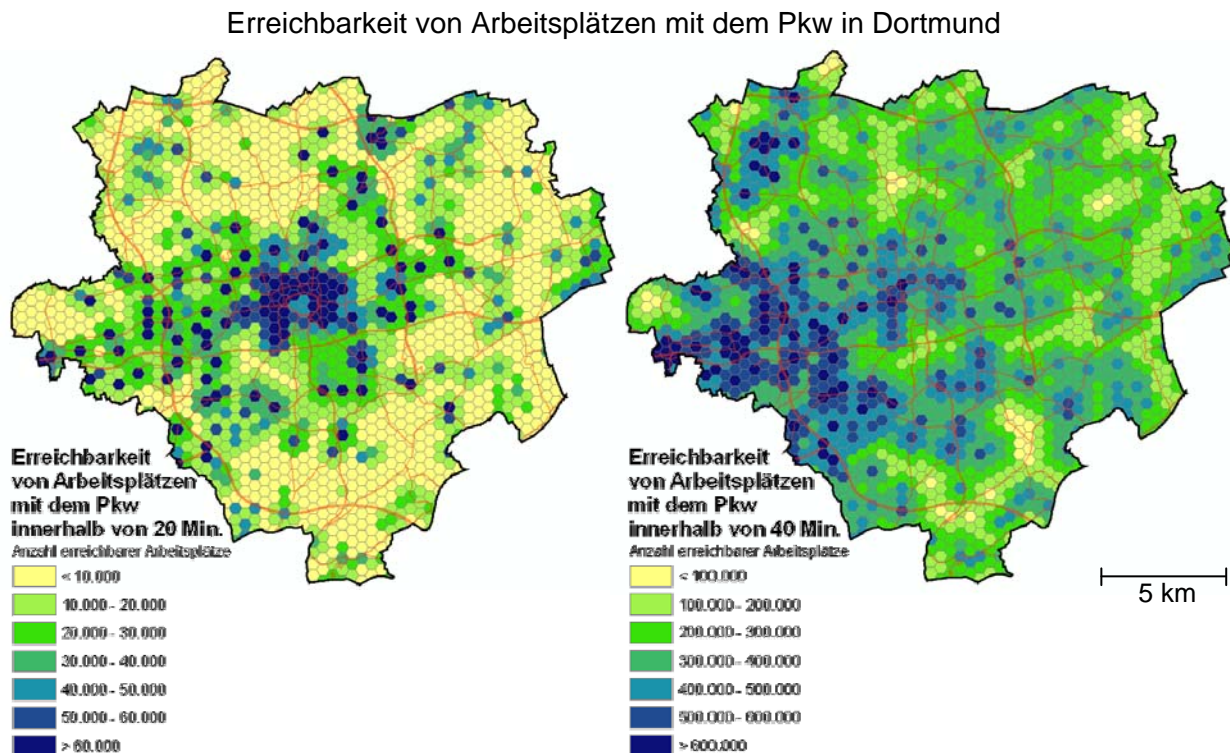


Abbildung 5: Anwendung des Reisezeitbudgetindikators mit unterschiedlichen Reisezeiten.

Mit dem Potenzialindikator lassen sich derartige Sprungeffekte vermeiden, da sein Berechnungsergebnis nicht durch eine festgelegte Grenze in der Aktivitäts- oder Widerstandsfunktion, sondern durch eine entfernungsabhängige Akzeptanzwahrscheinlichkeit bestimmt ist. Im Vergleich zu Reiseaufwands- und Reisebudgetindikatoren wird das Verkehrsverhalten dadurch besser abgebildet. Potenzialindikatoren werden zurzeit jedoch vorwiegend im kleinmaßstäblichen Bereich und auf wissenschaftlicher Ebene verwendet. Nachteilig für eine Anwendung in der kommunalen Planungspraxis sind die notwendige Kalibrierung und ihr nicht einfach zu interpretierendes Ergebnis, das aus keiner prägnanten, absoluten Maßeinheit besteht. Der Frage, inwieweit Potenzialindikatoren in der kommunalen Planung für klein-

räumige Erreichbarkeitsanalysen dennoch gut anwendbar und sinnvoll sind, wird derzeit näher nachgegangen.

Ein auf Anhieb verständliches und aussagekräftiges Ergebnis liefert der Vergleich der Erreichbarkeiten für den ÖPNV und den MIV. Gerade im anhaltenden Wachstum und Verkehrsaufkommen des MIV liegen die wesentlichen Konflikte in den Kommunen im Bereich Verkehr. Vorzufindende Erreichbarkeitsunterschiede beeinflussen die Verkehrsmittelwahl und auch die Entscheidung, ob sich ein Haushalt einen (weiteren) Pkw anschafft oder nicht. Aus Nachhaltigkeitsaspekten wird daher eine modale Verkehrsverlagerung vom MIV auf den ÖPNV angestrebt. Durch den Vergleich der Erreichbarkeitsverhältnisse kann die Konkurrenzfähigkeit des ÖPNV gegenüber dem MIV kleinräumig dargestellt werden. Das intermodale Erreichbarkeitsverhältnis V für einen Standort i wird berechnet als

$$V_i = \frac{A_i^{\text{ÖPNV}} - A_i^{\text{MIV}}}{A_i^{\text{ÖPNV}} + A_i^{\text{MIV}}}, \quad (1)$$

wobei $A_i^{\text{ÖPNV}}$ die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV und A_i^{MIV} die Erreichbarkeit mit dem MIV ist [14]. Der Index ist auf den Wertebereich von -1 bis +1 standardisiert. Ein ausgeglichenes intermodales Erreichbarkeitsverhältnis liegt bei einem Wert von Null vor. Ist der Wert kleiner als Null, ist die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV schlechter als mit dem MIV. Ist der Wert größer als Null, ist die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV besser als mit dem MIV.

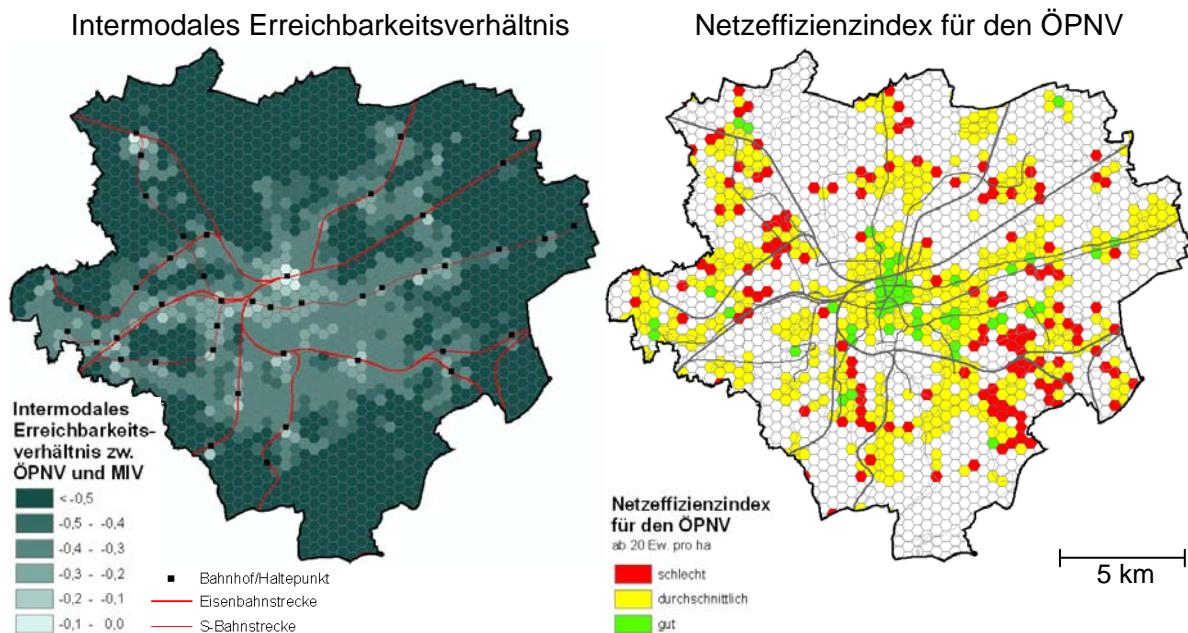


Abbildung 6: Intermodales Erreichbarkeitsverhältnis und ÖPNV-Netzeffizienz in Dortmund.

Auf der linken Seite der Abbildung 6 sind die Ergebnisse der Berechnungen des intermodalen Erreichbarkeitsverhältnisses für die Stadt Dortmund für den Reisezweck Arbeiten dargestellt. Zwar kann der ÖPNV auf ausgewählten Relationen eine bessere Erreichbarkeit als der MIV aufweisen, in der Summe zu allen Aktivitätsstandorten ist der ÖPNV jedoch klar unterlegen. Überall ist die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV niedriger als mit dem Pkw.

Ein anderes generelles Problem bei der Berechnung von Erreichbarkeitsverhältnissen stellt der immanent vorhandene Einfluss der geographischen Position auf die Ergebnisse dar. Standorte, die weiter entfernt von den zentralen Aktivitätsstandorten liegen, haben naturge-

mäß eine schlechtere Erreichbarkeit als nah liegende Standorte. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch nicht notwendigerweise, dass die Verkehrsinfrastruktur und das Verkehrsangebot an peripheren Standorten schlecht oder ineffizient sind. Um den Handlungsbedarf für verkehrliche Maßnahmen verräumlichen zu können, kann ein Netzeffizienzindikator verwendet werden, bei dem der Effekt der geographischen Lage neutralisiert wird, in dem bei der Erreichbarkeitsanalyse nicht der Raumwiderstand als solcher, sondern die relative Leichtigkeit des Zugangs zu Standorten, und damit die Effizienz eines Verkehrsnetzes, bemessen wird [15]. Der als Problemindikator zu verwendende Netzeffizienzindex NE wird berechnet als

$$NE_i = \left(\sum_{j=1}^n \frac{N_{ij}}{E_{ij}} O_j^\alpha \right) \cdot P_i^\beta \quad (2)$$

wobei N der Netzwidestand zwischen i und j , E die euklidische Entfernung zwischen i und j , O die Aktivitätsgelegenheiten am Zielstandort j und P die Bevölkerungszahl am Quellstandort i sind. Die Erreichbarkeit des Standortes wird mit der Bevölkerungsdichte gewichtet. Auf der rechten Seite der Abbildung 6 sind beispielhaft die Ergebnisse des Netzeffizienzindex für die Stadt Dortmund für Standorte mit einer Bevölkerungsdichte von mindestens 20 Personen je Hektar dargestellt.

Schlussüberlegungen

Die disaggregierte Berechnung und Darstellung integrierter Erreichbarkeitsindikatoren kann wertvolle Hinweise für die kommunale Verkehrs- und Flächennutzungsplanung liefern. So können bereits in einem frühen Stadium eines Planungsprozesses verschiedene Maßnahmen bewertet und miteinander verglichen werden, um sich im weiteren Verlauf auf die viel versprechendsten Optionen beschränken zu können. Neben der prospektiven Maßnahmenanalyse sollten im Sinne einer zukünftigen „Erreichbarkeitsplanung“ die kleinräumigen Erreichbarkeitsverhältnisse und ihre Veränderungen auch retrospektiv in der Form eines Monitorings überwacht werden. Bei Bedarf könnte, den politischen Willen vorausgesetzt, eine integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsplanung steuernd einwirken.

Gegenstand dieses Aufsatzes war die Beschreibung und Darlegung der Anwendbarkeit eines GIS-gestützten Instrumentariums, mit dem die auf der Ebene von Stadtregionen notwendigen disaggregierten Erreichbarkeitsberechnungen durchgeführt werden können. Die erforderlichen GIS-Methoden für die Datenverwaltung und –modellierung sowie für die Visualisierung der Ergebnisse sind prototypisch implementiert und einsatzfähig. Kleinräumige Erreichbarkeitsanalysen können nun ohne weiteren, größeren Aufwand für die Beispielregion Dortmund mit unterschiedlichen Erreichbarkeitsindikatoren realisiert werden.

Die genaue Definition und notwendige Konkretisierung methodisch geeigneter Erreichbarkeitsindikatoren stehen nun als nächste Arbeitsschritte an. Die Indikatoren sind zu kalibrieren und mit dem Instrumentarium im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit zu erproben. Die jüngst entwickelten Ansätze für die Analyse und das Monitoring lokaler Erreichbarkeiten [vgl. 16] gilt es zu berücksichtigen und im Bezug auf ihre Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse zu eruieren.

Referenzen

- [1] Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH (infas), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): “ *Mobilität in Deutschland, Ergebnisbericht der KONTIV 2002*“, Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Bonn und Berlin, (2004).
- [2] M. Wegener: “ *Die Stadt der kurzen Wege – müssen wir unsere Städte umbauen?* “ Berichte aus dem Institut für Raumplanung, Band 43, Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD), Dortmund, (1999).
- [3] D. R. Ingram: “The concept of accessibility: A search for an operational form”, *Regional Studies*, Band 5, S. 101-107, (1971).
- [4] M. Wegener, H. Eskelinen, F. Fürst, C. Schürmann, K. Spiekermann: “ *Geographical Position*“, Study Programme on European Spatial Planning, Working Group 1.1, Final Report, Part 1, Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD), Dortmund, (2000).
- [5] K.B. Davidson: “Accessibility in transport/land-use modelling and assessment”, *Environment and Planning A* 9(12), S. 1401 – 1416, (1977).
- [6] M. Hillman, I. Henderson, A. Whalley: “Transport realities and planning policy”, *Broadsheet 567, Political and Economic Planning*, London, (1976).
- [7] J. Black, M. Conroy: “Accessibility measures and the social evaluation of urban structure”, *Environment and Planning A* 9(12), S. 1013 – 1031, (1977).
- [8] B. Schwarze: *Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung*, Arbeitspapier 184, Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD), Dortmund, (2005).
- [9] Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MWMEV): *Leitfaden für die Aufstellung von Nahverkehrsplänen in NRW*, Düsseldorf, (1997).
- [10] A. Kagermeier: *Siedlungsstruktur und Verkehrsmobilität: eine empirische Untersuchung am Beispiel von Südbayern*, Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund, S. 28, (1997).
- [11] K. Brake, J.S. Dangschat, G. Herfert (Hrsg.): *Suburbanisierung in Deutschland, Aktuelle Tendenzen*, Leske und Budrich, Opladen, (2001).
- [12] K. Spiekermann, M. Wegener: “Freedom from the tyranny of zones: towards new GIS-based models”, In: A.S. Fotheringham, M. Wegener (Hrsg.): *Spatial Models and GIS: New Potential and New Models*, GISDATA 7, Taylor & Francis, London, S. 45-61, (2000).
- [13] Y. Zahavi: “*Travel Time Budgets and Mobility in Urban Areas*”. Report FHW PL-8183, US Department of Transportation, Washington, D.C., (1974).
- [14] R. C. W. Kwok, A. G. O. Yeh: “The use of modal accessibility gap as indicator for sustainable transport development”, *Environment and Planning A*, Volume 36, S. 921 – 936, (2004).
- [15] J. Gutiérrez, A. Monzón, J.M. Pinéro: “Accessibility, network efficiency, and transport infrastructure planning”, *Environment and Planning A*, Volume 30, S. 1337 – 1350, (1998).
- [16] Department for Transport: “ *Technical Guidance on Accessibility Planning in Local Transport Plans*“, London, (2006).