

# Erreichbarkeit mit dem ÖPNV – Eine GIS-gestützte Methode zur Bewertung von Maßnahmen der ÖPNV-Planung

Björn SCHWARZE

(Dipl.-Ing. Björn Schwarze, Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund,  
August-Schmidtstr. 6, 44221 Dortmund, Email: bs@irpud.rp.uni-dortmund.de)

## 1 EINLEITUNG

Mit der Regionalisierung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) hat sich der ordnungspolitische Rahmen zur Gestaltung des ÖPNV in Deutschland gewandelt. Durch die jeweiligen Regionalisierungsgesetze der Länder wurden die zuständigen öffentlichen Verwaltungsstellen für die Planung, Organisation und Finanzierung des ÖPNV neu bestimmt. Das Land Nordrhein-Westfalen übertrug die Aufgaben- und Finanzverantwortung für den ÖPNV den Kreisen und kreisfreien Städten (vgl. RegG NW §3). Diese müssen ein ‚angemessenes‘ ÖPNV-Angebot als gesetzlich verankerte Aufgabe der kommunalen Daseinsversorgung bereitstellen. Zugleich ist die Attraktivität des ÖPNV insbesondere in verdichteten Räumen zu verbessern. Zur Steuerung und Koordination der ÖPNV-Bedienung wurde den Aufgabenträgern das Rechtsinstrument des Nahverkehrsplans (NVP) gegeben. Der Nahverkehrsplan dient als mittelfristiger Rahmenplan vornehmlich zur Sicherung und Verbesserung des ÖPNV-Angebots (vgl. RegG NW §8).

Die Attraktivität des ÖPNV-Angebots bemisst sich aus Bevölkerungssicht aus der Erschließungs- und Verbindungsqualität des ÖPNV-Systems (vgl. Schürmann 1999). Der Zweck eines Transportsystems ist hierbei jedoch nicht die Mobilität per se, sondern der Zugang zu Aktivitäten (O’Sullivan et al. 2000). Originäres Ziel der ÖPNV-Planung ist demnach die Sicherung und Verbesserung der Erreichbarkeit von Aktivitäten mit dem ÖPNV.

Von der kommunalen Aufgaben- und Finanzverantwortung für den ÖPNV erhoffen sich die Gesetzgeber im Zuge eines erstarkten lokalen Engagements eine Renaissance für den ÖPNV. Angesichts der Notwendigkeit zur Sicherung und Verbesserung der Attraktivität des ÖPNV auf der einen, jedoch leerer öffentlicher Kassen auf der anderen Seite, muss die kommunale ÖPNV-Planung möglichst effizient sein. Im Folgenden wird eine neu entwickelte, GIS-basierte Methode vorgestellt, mit der die Wirkungen von Maßnahmen der ÖPNV-Planung dargestellt und verschiedene Planfälle miteinander verglichen werden können. Im Gegensatz zu Verkehrssimulationsmodellen, welche häufig zu kostspielig und aufwendig sind, und zu einfachen Bewertungsindikatoren, welche die Interdependenzen zwischen dem ÖPNV-Angebot und der Flächennutzung nicht abbilden können, kann das originäre Ziel der ÖPNV-Planung, nämlich die Erreichbarkeit von Aktivitäten mit dem ÖPNV, auf einfache Art und Weise ermittelt werden. Die praktische Verwendbarkeit der erörterten Methode wird anhand einer beispielhaften Maßnahme in der Stadt Krefeld demonstriert.

## 2 ERREICHBARKEIT ALS PLANERISCHE KENNGRÖßE

Für die planerische Analyse der Erschließungs- und Verbindungsqualität eines ÖPNV-Systems bedarf es Erreichbarkeitsindikatoren. Zwei verschiedene Konzepte zum Messen von Erreichbarkeit haben sich in der Verkehrsplanung behauptet. Während die Erreichbarkeit eines Standortes im ersten Konzept ausschließlich über Parameter des ihn erschließenden Verkehrssystems abgebildet wird, wird die Erreichbarkeit im zweiten Konzept durch die Gelegenheiten an Aktivitäten, welche über das Verkehrssystem zu erreichen sind, ausgedrückt. Das erste Konzept wird als einfache Erreichbarkeit und das zweite Konzept als integrierte Erreichbarkeit bezeichnet (vgl. Tabelle 1).

	Einfache Erreichbarkeit	Integrierte Erreichbarkeit
Untersuchungsobjekte	Verkehrssystem	Verkehrssystem und Siedlungsstruktur
Untersuchungsergebnisse	Güte des Verkehrssystems	Güte des Verkehrssystems und erreichbare Aktivitätsgelegenheiten
Mögliche Aussagen	„Im Ortsteil A verkehren pro Stunde sechs ÖPNV-Linien.“	„Vom Ortsteil A sind mit dem ÖPNV innerhalb von 20 Minuten Reisezeit 30 000 Arbeitsplätze zu erreichen.“

Tab. 1: Konzepte zum Messen von Erreichbarkeit

Bei der Evaluierung nordrhein-westfälischer Nahverkehrspläne zeigte sich, dass bei der Zustandsanalyse und Maßnahmenbewertung in der verkehrsplanerischen Praxis eine Reihe verschiedener einfacher und integrierter Erreichbarkeitsindikatoren zugleich verwendet wird (vgl. Tabelle 2). Einfache Erreichbarkeitsindikatoren bilden entweder bestimmte Aspekte der Erschließungs- oder bestimmte Aspekte der Verbindungsqualität ab. Durch sie lassen sich Schwachstellen im ÖPNV-System schnell und einfach identifizieren. Da einfache Erreichbarkeitsindikatoren allerdings widersprüchlich sein können<sup>1</sup>, eignen sie sich keinsfalls für ganzheitliche Zustands- oder Maßnahmenbewertungen. Hierzu werden integrierte Erreichbarkeitsindikatoren verwendet. Die in der Praxis angewandten integrierten Erreichbarkeitsindikatoren weisen jedoch methodische Schwächen auf. Sie können das originäre Ziel der ÖPNV-Planung, nämlich die Erreichbarkeit von Aktivitätsgelegenheiten nur unzureichend abbilden, weil sie auf der Annahme beruhen, dass sich sämtliche Aktivitätsgelegenheiten an einem zentralen Ort akkumulieren. Dies entspricht jedoch nicht mehr den realen Raumstrukturen in Stadtregionen, welche durch zunehmend dispers und tangential orientierte Verflechtungsmuster gekennzeichnet sind. Zudem konnten Zahavi et al. (1981) aufzeigen, dass „Individuen bei ihren täglichen Mobilitätsentscheidungen keineswegs, wie es die herkömmliche Theorie des Verkehrsverhaltens unterstellt, den Raumüberwindungswiderstand *minimieren*, sondern vielmehr

<sup>1</sup> Aus Sicht der fußläufigen Erschließung von Haltestellen ist eine hohe Haltestellendichte anzustreben, aus Sicht der Beförderungsgeschwindigkeit ist allerdings eine niedrige Haltestellendichte vorzuziehen.

im Rahmen ihrer für die Raumüberwindung zur Verfügung stehenden Zeit- und Geldbudgets die Zahl der erreichten Gelegenheiten maximieren“ (Wegener 1999).

Aufgabenträger	Verwendete Erreichbarkeitsindikatoren																
	Einfach										Integriert						
	Anzahl der Haltestellen bzw. ÖPNV-Linien	Länge des ÖPNV-Netzes	Anzahl der eingesetzten ÖPNV-Fahrzeuge	Fahrzeug-km-Leistung	Einzugsbereiche von Haltestellen	EW-Nachfragepotenzial an Haltestellen	Erschließungsgrad des ÖPNV im Gesamtgebiet	Fahrzeugfolgezeiten	Bedienungszeitraum	Fahrtzeiten zu Haltestellen des SPNV	Reisezeitverhältnis MIV/ÖPNV	Umsteigenotwendigkeiten	Umsteigewartezeiten	Aufflistung anzubindender Aktivitätsstandorte	Reisezeit zu zentralen Orten/ in die Innenstadt	Reisegeschwindigkeit zu zentralen Orten/ in die Innenstadt	Gewichtete mittlere Reisezeit zu zentralen Orten
Stadt Duisburg		X			X	X	X	X	X	X		X			X	X	
Stadt Krefeld		X			X	X	X	X			X			X	X	X	
Stadt Mönchengladbach					X		X	X	X	X	X	X			X	X	X
Stadt Mülheim a.d. Ruhr	X			X	X			X	X					X		X	
Kreis Neuss	X		X		X			X				X			X	X	
Stadt Oberhausen				X	X			X	X		X	X		X	X	X	
Kreis Viersen	X			X	X	X	X	X		X	X	X					
Kreis Wesel	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	

Tab. 2: In nordrhein-westfälischen Nahverkehrsplänen verwendete Erreichbarkeitsindikatoren

Für ganzheitliche Erreichbarkeitsanalysen und vergleichende Bewertungen von Maßnahmen in der ÖPNV-Planung wird daher empfohlen, einen aktivitätsspezifischen Reisezeitbudgetindikator („Wie viele Aktivitätsgelegenheiten vom Typ x kann man mit dem ÖPNV in y Minuten erreichen?“) zu verwenden. Mit diesem integrierten Erreichbarkeitsindikator kann die Verbesserung der Erreichbarkeit eines Standortes einerseits durch einen Zuwachs an Aktivitätsgelegenheiten als auch andererseits durch eine Optimierung des ÖPNV-Systems abgebildet werden. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn dieses Wachstum in der Nähe des Standortes stattfindet und die ÖPNV-Angebotsverbesserungen auf wichtigen, für den Standort relevanten Beziehungen durchgeführt werden (Ruppert 1975). Um den Anforderungen der kommunalen ÖPNV-Planung gerecht zu werden, muss der Reisezeitbudgetindikator kleinräumig und fahrplangenaу berechnet werden bzw. müssen die Ergebnisse anschaulich dargestellt werden können. Hierzu eignen sich Geoinformationssysteme.

### 3 IMPLEMENTIERUNG IN ARCINFO

Die Ermittlung des Reisezeitbudgetindikators erfolgt mit dem Geoinformationssystem ArcInfo, für das eine einfach zu bedienende, menübasierte Fachschale entwickelt wurde. Als Input werden Fahrplandaten (Excel-Dateien) und Daten über die geographische Lage der Haltestellen (Point-Coverage) sowie zonale sozio-ökonomische Daten mit den Aktivitätsgelegenheiten (z.B. Anzahl der Arbeitsplätze, Schulplätze, Einwohner etc.) (Polygon-Coverage) benötigt.

Anhand der Fahrplandateien und des Haltestellen-Coverages wird ein dreidimensionales Vektormodell (vgl. Thorlacius 1998) generiert, bei dem die Höhe die Zeit abbildet (vgl. Abbildung 1). Die zonalen Daten der Aktivitätsgelegenheiten werden regelbasiert disaggregiert und in ein Point-Coverage transformiert, so dass die Erreichbarkeitsanalyse quasi rasterbezogen erfolgt. Nach der Aufrasterung werden Quell- und Zielaktivitätsstandorte an das generierte 3D-Vektormodell angebunden und Zu- und Abgangszeiten gemäß benutzerspezifischer Eingabeparameter (Gehgeschwindigkeit und Umwegefaktor) bestimmt. Die netzwerkanalytische Berechnung der Beförderungszeiten inklusive der Umsteigezeiten erfolgt fahrplangenaу. Die Wartezeit beim Ersteinstieg wird als eine Funktion der Fahrzeugfolgezeiten geschätzt.

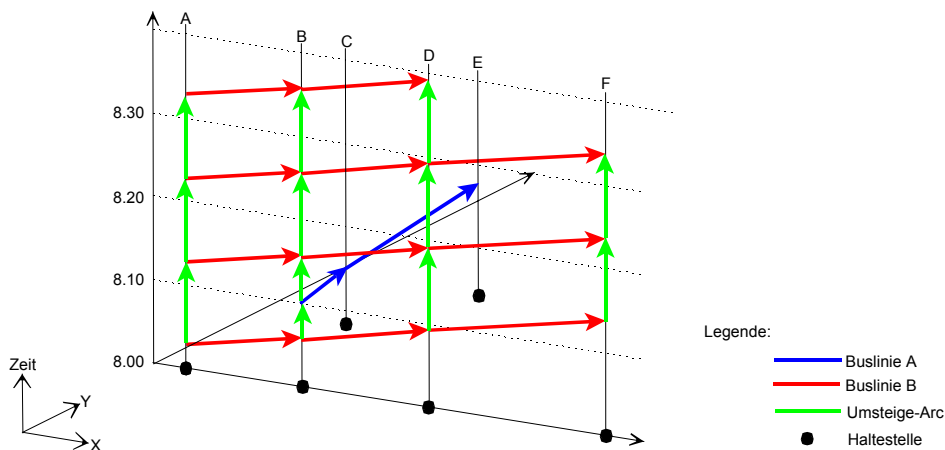


Abb.1: Automatisch generiertes 3D-Vektormodell des ÖPNV-Angebots mit Umsteigebeziehungen

Nach der Berechnung der Reisezeitenmatrix erfolgt die Aufsummierung der innerhalb des vorgegebenen Reisezeitbudgets erreichbaren Aktivitätsgelegenheiten. Das Coverage wird in ein GRID umgewandelt, so dass die Ergebnisse der Berechnung kleinräumig und flächendeckend vorliegen. Der integrierte Reisezeitbudgetindikator bildet damit sowohl die Erschließungs- als auch die Verbindungsqualität des ÖPNV-Systems ab und kann für ganzheitliche Erreichbarkeitsanalysen und Beurteilungen von Maßnahmen verwendet werden. Mit MapAlgebra können vergleichende Bewertungen zwischen verschiedenen Maßnahmen oder Szenarien durchgeführt werden. Die Visualisierung der Verbesserungen und Verschlechterungen in der Erreichbarkeit von Aktivitäten erfolgt mit ArcGIS.

#### 4 ERGEBNISSE

Die oben beschriebene Methode zur Bestimmung der Erreichbarkeit von Aktivitäten mit dem ÖPNV ist am Beispiel der Stadt Krefeld auf ihre Praktikabilität getestet worden. Einige der Ergebnisse sind im Folgenden aufgeführt (ausführlich in Schwarze 2002).

Untersucht wurden die vier Reisezwecke Arbeiten, Einkaufen, Schulbesuch und Besuchsverkehr bei einem angenommenen Reisezeitbudget von 30 Minuten. Abbildung 2 zeigt die gegenwärtige Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem ÖPNV in Krefeld zur werktäglichen Hauptverkehrszeit.

**Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem ÖPNV in Krefeld**

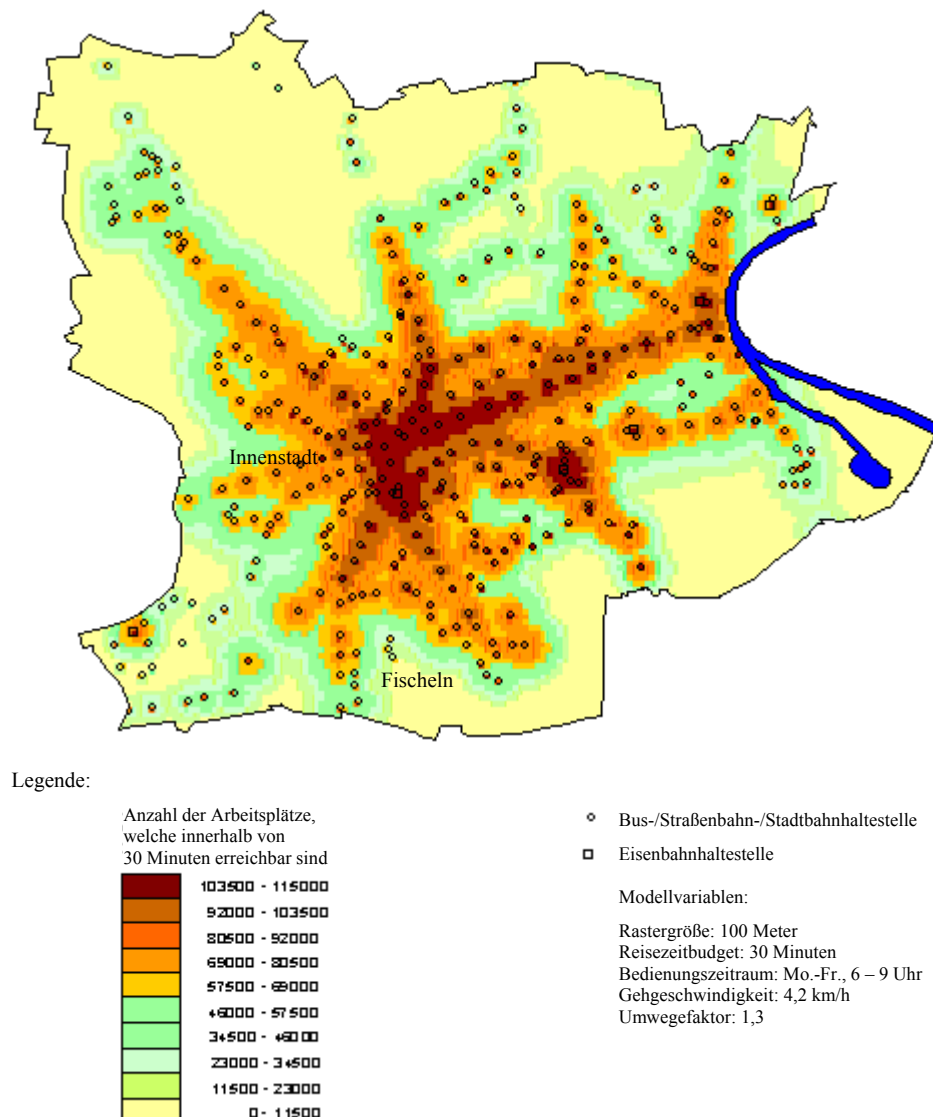


Abb.2: Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem ÖPNV in Krefeld

Anschließend wurden die Auswirkungen geplanter städtebaulicher und verkehrsplanerischer Maßnahmen auf die Erreichbarkeit von Aktivitäten analysiert. Im Ortsteil Fischeln sollen Wohnbauflächen für ca. 2000 Bewohner neu entwickelt werden und im Rahmen dieser Neuansiedlung eine gleichzeitige Umstrukturierung des bestehenden ÖPNV-Liniennetzes stattfinden.

Die Auswirkungen des Planfalls Fischeln auf die durchschnittliche Erreichbarkeit von Aktivitäten mit dem ÖPNV im Stadtgebiet Krefeld sind in Tabelle 3 dargestellt.

	Arbeitsplätze	Verkaufsfläche [m <sup>2</sup> ] im Einzelhandel	Schulplätze	Einwohner
Nullfall	74 101	296 744	19 618	175 580
Planfall Fischeln	+ 4,2 % (+ 3 142)	+ 1,6 % (+ 4 747)	+ 1,5 % (+ 287)	+ 1,6 % (+ 2 783)

Tab. 3: Prozentuale Veränderung der durchschnittlichen Erreichbarkeit von Aktivitätsgelegenheiten je Einwohner in Krefeld

Insgesamt verbessert sich die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV durch die geplanten Maßnahmen für alle Reisezwecke in Krefeld. Im Vergleich zum bisher üblicherweise in der Praxis angewandten Erreichbarkeitsindikator „Reisezeit in die Innenstadt“ können die Auswirkungen des Planfalls Fischeln mit der hier vorgestellten neuen Methode globaler veranschaulicht werden. Zudem lassen sich lokale Verbesserungen und Verschlechterungen der Erreichbarkeit kartographisch darstellen.

Mittels des integrierten Reisezeitbudgetindikators wurde in einer ergänzenden Analyse zum Planfall Fischeln bewiesen, dass eine alleinige Wohnbauflächenausweisung ohne zeitgleiche Modifikation des ÖPNV-Liniennetzes zu einer insgesamt Verschlechterung der Erreichbarkeit von Aktivitäten mit dem ÖPNV in Krefeld führt und daher abzulehnen ist.

## 5 FAZIT

Die hier skizzierte GIS-basierte Methode zur Bestimmung der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV bildet das originäre Ziel der Nahverkehrsplanung ab. Ihre Anwendung trägt dazu bei, dass Verbesserungen und Verschlechterungen in der Erreichbarkeit von Aktivitäten für unterschiedliche Maßnahmen und Szenarien aufgezeigt und anschaulich miteinander verglichen werden können.

Das als ArcInfo-Fachschale konzipierte Planungswerkzeug ist leicht zu handhaben und bedarf eines geringen Datenaufwands. Durch die kleinräumige, fahrplangenaue Berechnung des Reisezeitbudgetindikators können sowohl kostengünstige Maßnahmen wie Fahrplanänderungen als auch große Infrastrukturprojekte auf ihre Systemwirksamkeit untersucht werden. Durch Kartendarstellungen werden die Untersuchungsergebnisse verständlich und kommunikativ.

Der Gebrauch des integrierten Reisezeitbudgetindikators stellt eine Verbesserung der Planungsmethodik dar und kann zu einer Weiterentwicklung des ÖPNV-Angebots beisteuern. Weiterer Untersuchungsbedarf besteht allerdings in der Frage, ob die ermittelten potenziellen Aktivitätsgelegenheiten in der Realität auch tatsächlich wahrgenommen werden.

Im Sinne des umfassenden Leitbilds einer Stadt der kurzen Wege besteht die Erweiterungsmöglichkeit, auch Maßnahmen der Flächennutzungs- und Verkehrsentwicklungsplanung inklusive Individualverkehr mit zu berücksichtigen.

## 6 LITERATUR

- O'Sullivan; Morrison, A.; Shearer, J.: Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: an isochrone approach. In: *International Journal of Geographical Information Science*, Band 14, S. 85-114, 2000.
- Regionalisierungsgesetz Nordrhein-Westfalen (RegG NW): Gesetz zur Regionalisierung des öffentlichen Schienenpersonennahverkehrs sowie zur Weiterentwicklung des ÖPNV in der Fassung der Bekanntmachung vom 7.3.1995 (GV NW, S.196), geändert am 2.7.1996 (GV NW, S.234).
- Ruppert, W.-R.: Erschließungsqualität von Verkehrssystemen. Lagegunstindizes und ihre Anwendung. Batelle-Institut, Frankfurt a.M., 1975.
- Schürmann, C.: Eisenbahn- und Straßenisochronen von Berlin. Institut für Raumplanung (IRPUD), Dortmund, 1999.
- Schwarze, B.: Erreichbarkeit mit dem ÖPNV – Eine GIS-gestützte Analyse zur Ermittlung der Erschließungs- und Verbindungsqualität des ÖPNV, Am Beispiel der Stadt Krefeld. Diplomarbeit, Universität Dortmund, 2002.
- Thorlacius, P.: Time-and-space modelling of public transport systems using the new features of the ArcInfo 7.1 NETWORK module. ESRI user conference, 1998.
- Wegener, M.: Die Stadt der kurzen Wege – müssen wir unsere Städte umbauen? Berichte aus dem Institut für Raumplanung (IRPUD), Band 43, Dortmund, 1999.
- Zahavi, Y.; Beckmann, K.J.; Golob, T.F.: The 'UMOT'/URBAN Interactions. US Department of Transportation, Washington, D.C., 1981.