

# Standortbewertung mit räumlichen Interaktionsmodellen – flexible Modellierung von Distanz



STEFAN HERBST

Mag. Stefan Herbst  
Researchstudio iSPACE – Austrian Research Centers – ARC  
Leopoldskronstraße 30  
A-5020 Salzburg  
e-mail: stefan.herbst@researchstudio.at

Diese Arbeit stellt Konzepte räumlicher Interaktions- u. Potenzialmodelle und deren Umsetzungsmöglichkeiten in Geographischen Informationssystemen vor. Dabei handelt es sich um Ansätze zur Generierung von operativen Messgrößen, Quantifizierung räumlicher Wechselbeziehungen zwischen Orten oder zur räumlichen Standortbewertung (Erreichbarkeitsmodelle). Zentrale Bedeutung kommt dabei der Abbildung von Distanzgewichtung („Distance Decay“) zu, die entsprechend dem jeweiligen Anwendungsfall modelliert wird. Eine Applikation, implementiert in ESRI ArcGIS 9.x, zeigt die prototypische Umsetzung der flexiblen Gewichtung von Entfernung mit kontinuierlichen Distanzfunktionen. Ein Beispiel in der Stadt Salzburg veranschaulicht schließlich die Umsetzung eines Potenzialmodells für die Infrastrukturplanung mit der Quantifizierung der Erreichbarkeiten von Haltestellen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV).

Der Begriff „Räumliche Interaktion“ bezeichnet jede Art von Bewegungen und Strömen, die in Zusammenhang mit menschlichen Aktivitäten stehen und raumwirksam sind. Zu häufig untersuchter, räumlicher Interaktion zählt z.B. das Pendeln zwischen Wohn- und Arbeitsstätte, Einkaufsfahrten oder Telekommunikation. Der resultierende räumliche Austausch von Gütern, Personen und Informationen wird durch Wechselbeziehungen zwischen Orten in Form von Kommunikation oder Verkehr kanalisiert (E. ULLMAN, 1956). Die Interaktion ist dabei von den Komponenten Größe / Masse von Standorten (je mehr Masse desto attraktiver) und Distanz abhängig. Zunehmende Distanz wirkt sich dabei meist in zunehmendem Widerstand in Bezug auf Interaktionshäufigkeit und -intensität aus (vgl. Abb. 1).

Mit flexiblen Abbildungsmethoden von Abnahme der Interaktionsintensität mit zunehmender Di-

stanz („Distance Decay“) wird das Interaktionsmodell dem Distanzempfinden der Akteure im Anwendungsfall angepasst. Dazu müssen klassische quantitativ-räumliche Indikatoren geographischer Erreichbarkeitsanalysen (z.B. Buffer, netzwerkbezogenes Einzugsgebiet) mit qualitativer Information (z.B. menschliche Perzeption von Entfernung) kombiniert werden.

## DISTANCE DECAY – MODELLIERUNG VON DISTANZ

„Distance Decay“ bezeichnet die mathematische Modellierung der Abnahme von Attraktivität ausgehend von einem Zentrum. Die Integration dieses Parameters unterscheidet ein räumliches Interaktionsmodell von den rein soziologisch determinierten Modellen (L. MÜLLER-HAGEDORN, 2002). Dabei ist die Distanz keine Variable eines dynamischen Prozesses, sondern trifft Aussagen über räumliche Struktur bzw. Verteilung eines Merkmals.

Der Anspruch der Modelle, unterschiedliche räumliche Relationen abbilden zu können, erfordert flexible Methoden der Abbildung von Entfernungen, da diese durch die unterschiedliche menschliche Perzeption von Entfernung („kognitive Distanz“) sehr variieren können. Absolute Entfernung reicht oft nicht aus, um diesen Einfluss zu modellieren. Abweichungen von dieser linearen Abhängigkeit ergeben sich einerseits durch begrenzte Möglichkeiten der Fortbewegung (zu Fuß, PKW) oder durch Unterschiede in der Wahrnehmung von Distanz. So kommt es je nach Anwendung zur Gewichtung der Distanz, abhängig von Fahrzeiten, Kosten oder Attraktivitätsmerkmalen der Ziele (J. OTERO et al., 1998).

Die Umsetzung von Distance Decay wird entweder mit diskreten Stufen (gewichtete Distanzzonen) oder kontinuierlichen Funktionen umgesetzt. Bei letzterer definiert ein Exponent der Variable  $d_i^p$  die Form der Veränderung mit wachsender Distanz. Die Modellierung solcher kontinuierlichen Übergänge entspricht einerseits viel mehr der menschlichen Wahrnehmung und darauf basierenden Handlungsmustern und mindert andererseits die Problematik der willkürlichen „scharfen“ Abgrenzung. Abbildung 1 zeigt eine Distance Decay Funktion sowie die dadurch modellierte Abnahme der Interaktionsintensität mit zunehmender Distanz („Friction of Distance“).

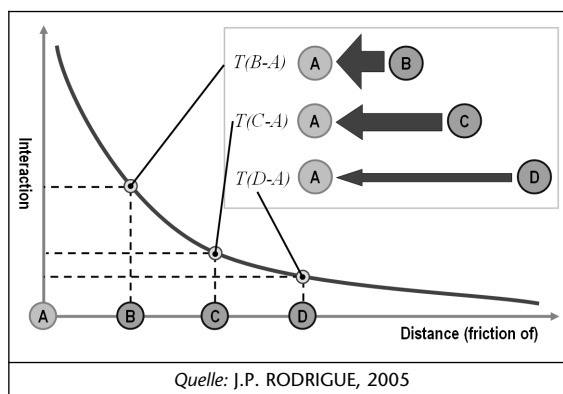


Abb. 1: Distance Decay

Geographische Informationssysteme funktionieren in der Umsetzung als Werkzeug zur Integration räumlicher Information, der Analyse von Wirkungszusammenhängen und zur kartographischen Visualisierung von Ergebnissen. Mögliche Anwendungsfelder der Modelle reichen von raum- u. regionalplanerischen Fragestellungen aus dem öffentlichen Sektor bis zu wirtschaftlichen Entscheidungsprozessen in der Standortplanung. PRINZ untersucht etwa die Modellierung der Erreichbarkeit von Haltestellen des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Dazu wird die Abnahme der Anzahl von Fahrgästen bei zunehmender Distanz des Wohnorts zur Haltestelle gemessen. Untersuchungen verdeutlichen, dass die Bereitschaft potenzieller Verkehrsnachfrager eine Haltestelle anzunehmen, überproportional mit dem zurückzulegenden Anmarschweg sinkt (Th. PRINZ, 2001). Diese Erkenntnis (zu Typ und Parametern der Distance Decay Funktion) wird als Input für die Quantifizierung des „Kundenpotenzials“ von einzelnen Standorten des ÖPNV verwendet werden. Wird dasselbe Modell flächendeckend – auf Basis eines regelmäßigen Rasters – angewendet, so liefert es Werte, die einen Vergleich zwischen Standorten ermöglichen (Abb. 4).

## POTENZIALMODELL – AUTOMATISIERUNG IN ARCGIS 9.x

Im Gegensatz zur Interaktionsberechnung (= die Wechselbeziehung zwischen 2 Orten wird untersucht), bezieht sich der Potenzialansatz auf nur ein Zentrum. Die Quantifizierung des Potenzials erfolgt über die Berechnung von Erreichbarkeit eines Standorts unter Berücksichtigung umgebender Merkmalswerte (z.B. Einwohnerzahl, Zahl der Beschäftigten). Je leichter ein Ort von seiner Umge-

bung erreichbar ist bzw. je leichter man von dem Ort die Bevölkerung erreichen kann, desto stärker werden die Interaktionen sein. Das Potenzial eines Ortes ist umso größer, je mehr Menschen in geringer Entfernung wohnen (G. BAHRENBERG u. E. GIESE, 1975; D.C. RICH, 1980).

U. SCHUMACHER (1989) definiert den Potenzialansatz als „Einfluss eines Ortes einer definierten Umgebung.“ Dieser „Einfluss“ wird meist mit der Gewichtung der beeinflussenden Merkmalswerte in der Umgebung definiert.

ierlichen mathematischen Funktionen zur Distanzgewichtung in ein räumliches Modell (Abb. 3).

Ziel der Applikation ist es, Standorte aufgrund eines punkthaft im Raum verteilten Merkmals (z.B. Einwohnerzahl pro Adresse) in Kombination mit einer entfernungsabhängigen Gewichtung zu bewerten. Wird die gleiche Methode verwendet, lässt der resultierende Potenzialwert dann Vergleiche zwischen mehreren Standorten gleicher Funktion zu.

Zentraler Bestandteil des Tools ist die Modellierung der Entfernung jedes Datenpunktes zum Zentrum mit den Funktionen „linear“, „cosinus“ und „exponentiell“ basierend auf euklidischen bzw. Netzwerkdistanzen. Durch die Möglichkeit der interaktiven Bestimmung der Funktionsparameter ist die gewählte Form des Distance Decay als graphische Illustration zu sehen (Abb. 3).

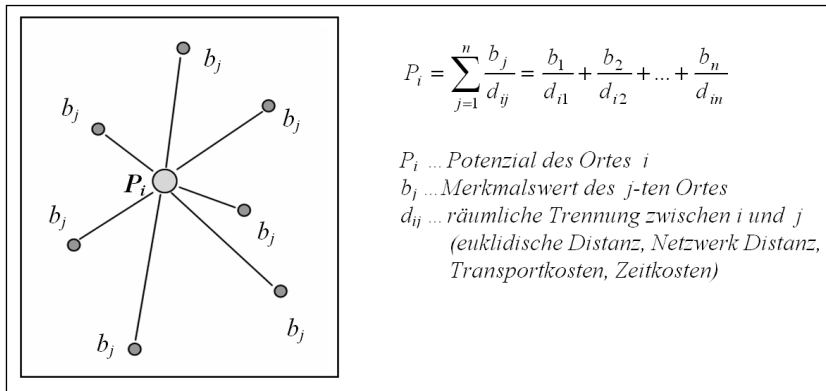


Abb. 2: Potenzialmodell

Im Kontext wirtschaftlicher bzw. öffentlicher Fragestellungen wird oft die Einwohnerzahl als Indikator für die Potenzialberechnung herangezogen. In Verbindung mit einem gewählten Distance Decay Parameter ergibt sich für jeden Merkmalspunkt eine „Realisierungsquote“. In Bezug auf eine Haltestelle des öffentlichen Verkehrs erhält zum Beispiel eine Hausadresse einen Gewichtungswert von 50%, d.h., die Hälfte der Einwohner trägt zum Potenzial des Standorts bei.

Im Rahmen der Diplomarbeit erfolgte die prototypische Umsetzung flexibler Gewichtung von Distanz (Distance Decay) in Anlehnung an L. Riedls „MapModels“ (L. RIEDL u. R. KALASEK, 1998) in einem Potenzialmodell. Die Software ESRI ArcGIS 9.x ermöglicht dabei die Integration von kontinu-

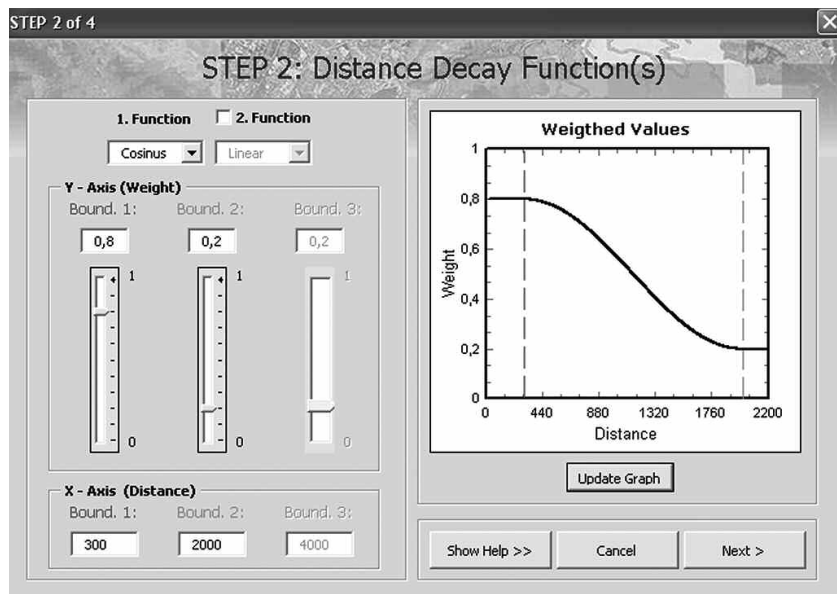


Abb. 3: User-Interface der Applikation: Distanzgewichtung mit kontinuierlichen Funktionen

Ablauf der implementierten Potenzialberechnung:

- Berechnung eines Distanzrasters ausgehend von einem zu bewertenden Standort (z.B. Haltestelle des ÖPNV).
- Schritt 2: (Abb. 3) Die berechneten Distanzwerte werden durch die Gewichtungsfunktionen (Distance Decay) linear, cosinus, exponentiell und die definierten vertikalen („Y-Axis“ > Gewichtung) und horizontalen („X-Axis“ > Distanz) Grenzen in Attraktivitätswerte (Wertebereich zwischen 0 und 1) transformiert.
- Im nächsten Schritt wird für Merkmalswerte (z.B.: Einwohner je Adresse) der Zellwert aus dem Gewichtungsraster extrahiert und in der Attributtabelle gespeichert. Pro Datenpunkt sind nun jeweils ein Gewichtungswert und ein Merkmalswert in dieser Attributtabelle vorhanden.
- Schließlich werden diese beiden Attribute für jeden Punkt multipliziert und die Produkte für den Standort aufsummiert. Das Ergebnis ist der Potenzialwert des Standorts, dessen Wert die „Realisierungsquote“ der Einwohner für den Standort darstellt.

## ANWENDUNG IN DER INFRASTRUKTURPLANUNG

Die Möglichkeit der Umsetzung eines solchen räumlichen Modells besteht in verschiedensten Planungsbereichen, wie der Infrastrukturplanung, um ein mögliches „Kundenpotenzial“ einer Einrichtung zu quantifizieren. Dabei erlauben die vorgestellten Methoden flexibler räumlicher Distanzmodellierung eine dem spezifischen Anwendungsfall angepasste Abbildung.

Die Qualität solcher kleinräumigen Modelle hängt neben den Modellparametern sehr stark von der Datenlage ab. Adresspunkt-bezogene Daten können u.a. aus datenschutzrechtlichen Gründen häufig nicht eingesetzt werden, sodass Aggregate auf bauliche (Baublöcke), administrative (Sprengel) und geometrische Bezugsflächen (Raster) in der Praxis als Alternativen zur Verfügung stehen.

In Österreich stehen von Statistik Austria die Daten aus den Großzählungen (Volks-, Gebäude- und Wohnungszählung sowie Arbeitsstättenzählung) als geographische Raster auf unter-



Abb. 4: Gewichtetes Potenzial der Bevölkerung im Wohnumfeld

schiedlichen Aggregationseinheiten (Rasterzellen ab 125 m Seitenlänge aufwärts) zur Verfügung. Dies bringt den Vorteil der für diese Modelle essentiellen räumlichen Exaktheit der Daten sowie die Unabhängigkeit von bereits bestehenden statistischen und administrativen Gebietsgliederungen (Th. PRINZ, J. STROBL u. E. WONKA, 2004; E. WONKA, 2006).

Abb. 4 zeigt das Ergebnis der Anwendung eines Potenzialmodells auf Basis eines 125 m Bevölkerungsrasters im Süden der Stadt Salzburg. Ausgehend von jeder Rasterzelle findet eine Erreichbarkeitsberechnung unter Anwendung von Methoden der Netzwerkanalyse (Distanzberechnung über Wegentfernung) statt. Als maximale Distanz wurde dabei eine fußläufige Erreichbarkeit von Bushaltestellen im städtischen Umfeld von 700 m angenommen. Die Einwohner werden entsprechend ihrer Distanz gewichtet (je näher, desto höheres Gewicht) und schließlich am Zentrum (Mittelpunkt der Rasterzelle) aufsummiert.

In der Visualisierung lässt sich in Verbindung mit den Haltestellen des öffentlichen Verkehrs der resultierende Wert als „Kunden-Realisierungsquote“ für die jeweilige Zelle interpretieren, die als Indikator in einen Planungsprozess einfließen kann.

Dieser Beitrag basiert auf der Diplomarbeit „Räumliche Interaktionsmodelle – Grundlagen und Umsetzung in geographischen Informationssystemen“, die in Zusammenarbeit mit dem Research Studio iSPACE, einem Bereich der Austrian Research Centers – ARC, erstellt worden ist.

## LITERATUR

- BAHRENBERG, G. u. E. GIESE, 1975, Statistische Methoden und ihre Anwendungen in der Geographie. – (= Teubner Studienbücher der Geographie), Stuttgart.
- FOTHERINGHAM, St. et al, 2004, Quantitative Geography. – London.
- MÜLLER-HAGEDORN, L., 2002, Handelsmarketing. – Kohlhammer, Stuttgart
- OLSSON, G., 1965, Distance and Human Interaction. – Regional Research Institute, Pennsylvania.
- OTERO, J. et al, 1998, Spatial Interaction Models applied to the design of retail trade areas. – L.R. Klein Institute, Madrid.
- PRINZ, Th., 2001, GIS als Instrument zur Standortoptimierung. Am Beispiel von Bushaltestellen in der Stadt Salzburg. – Salzburg (Diplomarbeit)
- PRINZ, Th., J. Strobl u. E. Wonka, 2004, Flexible Aggregation regionalstatistischer Erhebungen – neue Produkte der Statistik Austria, In: J. STROBL, Th. BLASCHKE u. G. GRIESEBNER, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 2004. Beiträge zum 16. AGIT-Symposium Salzburg. – Heidelberg.
- RICH, D.C., 1980, Potential models in human geography, In: CATMOG 26. – London.
- RIEDL, L. u. R. KALASEK, 1998, MapModels – Programmieren mit Datenflußgraphen, In: J. STROBL u. F. DOLLINGER, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 1998, Beiträge zum 10. AGIT-Symposium Salzburg. – Heidelberg.
- RODRIGUE, J.P., 1998-2005, Transport Geography on the Web. Dept. of Economics & Geography, Hofstra University. <http://people.hofstra.edu/geotrans>, 20.11.2005
- SPANS GIS 5.3, 1993, Reference manual. INTERA TYDAC Technologies Inc., Nepean, Canada.
- SCHUMACHER, U., 1989, Zur Anwendung des Potenzialansatzes in der Geographie. Dargestellt im Rahmen eines geographischen Informationssystems. – In: Geographische Berichte, Heft 2, S. 129-137. – Gotha.
- ULLMANN, E., 1956, The Role of Transportation and the Bases for Interaction. – Chicago.
- WONKA, E., 2006, Regionalstatistik in Österreich. Von der Tabelle zu räumlicher Analyse und Visualisierung. – Salzburg und Wien. (= Salzburger geographische Arbeiten, Band 39).