

Horn, Sören; Schomacker, Ronny; Schweikart, Jürgen; Wolfram, Erik & Christine Hapig-Tschentscher (2013): Vergleich realer und modellierter Einzugsgebiete Potsdamer Grundschulen. In: Strobl, J., Blaschke, T. & G. Griesebner (Hrsg): Angewandte Geoinformatik 2013. Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann, 326–331.

Vergleich realer und modellierter Einzugsgebiete Potsdamer Grundschulen

Sören HORN¹, Ronny SCHOMACKER¹, Jürgen SCHWEIKART¹,
Erik WOLFRAM² und Christine HAPIG-TSCHENTSCHER²

¹Beuth Hochschule für Technik Berlin · soeren-horn@gmx.net

²Stadtverwaltung Potsdam

1 Einleitung und Problemstellung

Eltern in Potsdam können die Grundschule für ihre Kinder frei auswählen. Jedoch gibt es keine Garantie, dass die Anmeldungen erfolgreich sind. Die Kapazität an den Grundschulen beschränkt die freie Schulwahl. Übersteigt die Zahl der Anmeldungen die Aufnahmekapazität einer Schule regelt nach dem Brandenburgischen Schulgesetz die Nähe der Wohnung zur Schule die Auswahl der Kinder (LANDESHAUPTSTADT POTSDAM 2011).

Die Stadt Potsdam weist seit 2002 ein positives Bevölkerungssaldo auf. Sowohl das natürliche als auch das Wanderungssaldo ist positiv. Der Bevölkerungszuwachs zeigt sich in der Altersstruktur. Es ist davon auszugehen, dass in den nächsten sechs Jahren rund 10.000 Kinder eingeschult werden, jedoch verlassen in der gleichen Zeit nur rund 8.100 Kinder die Grundschule (LANDESHAUPTSTADT POTSDAM 2012, 42). Neben neuen Wohnungen wird auch die soziale Infrastruktur benötigt, u. a. Plätze in Krippen und Kindergärten, in Grundschulen und Horten. Der Ausbau dieser Infrastruktur hat große Bedeutung, um weiterhin eine lebenswerte Stadt und ein attraktiver Arbeitsort zu bleiben. Um die Entwicklung zielgerichtet und nicht an den tatsächlichen Bedürfnissen vorbei zu realisieren, bedarf es belastbarer Daten und einer darauf basierenden, abgestimmten Planung der unterschiedlichen Fachressorts. Damit der Neu- und Ausbau effizienter gesteuert werden kann, sind Kenntnisse über die zu erwartenden Einzugsgebiete notwendig.

Um die Planung der sozialen Infrastruktur zu verbessern, wurde die Wegeanalyse der Potsdamer Kinder zu den jeweiligen Grundschulen mittels GIS durchgeführt. Ziel war es, die tatsächlichen Wegelängen zu den Einrichtungen zu ermitteln. Einbezogen wurden nicht nur Wege entlang von Straßen, sondern auch Wege, die beispielsweise durch Park- und Kleingartenanlagen führen und zu Fuß oder per Rad genutzt werden können. Diese Erkenntnisse spielen z. B. beim Thema Schulwegesicherung eine große Rolle, können aber auch Grundlage für den Ausbau bisher noch nicht benutzbarer Wegeverbindungen sein. Ziel der Arbeit ist es, mithilfe der realen Schülerdaten theoretische Einzugsgebiete der Schulen, auf euklidischer und netzwerkbasierter Basis, mit den realen Einzugsgebieten in Potsdam zu bewerten. Endabsicht ist es, ein effizientes Verfahren auszuwählen, das die Planer der zukünftigen Grundschulversorgung unterstützt. Dabei wurden folgende Teilziele verfolgt:

- Distanzbezogene, quantitative Unterschiede zwischen euklidischen und realen Einzugsgebieten darzustellen,
- Distanzbezogene, quantitative Unterschiede zwischen netzwerkbasierten und realen Einzugsgebieten zu beschreiben und

- statistische Unterschiede zwischen euklidischen und netzwerkbasierten Einzugsgebieten in Bezug auf die realen Einzugsgebiete herauszuarbeiten.

Die Bevölkerung nimmt in Potsdam nicht gleichmäßig über das gesamte Stadtgebiet zu. Es gibt Stadtteile mit stagnierenden Bevölkerungszahlen und Stadtteile mit einer hohen Dynamik, sowohl im Bestand als auch durch Neubau. Die ermittelten Wegelängen und die Ableitung von Vorzugsräumen für Aus- und Neubauten bieten eine sehr gute Grundlage für neue Standortplanungen bzw. den Ausbau vorhandener Grundschulen. Diese Planung hilft, kostenträchtige Fehlplanungen zu vermeiden.

2 Methoden

2.1 Datengrundlagen

Die Analyse basiert im Wesentlichen auf der Grundlage von zwei Datensets: Dem Netzwerk der Straßen und Fußwege in Potsdam, den Standorten der Grundschulen sowie den Adressen der zugeordneten Schüler. Beides ist die Basis um theoretische und reale Einzugsgebiete zu erstellen.

Seitens der Stadtverwaltung Potsdam ist kein vollständiges Straßennetzwerk erhältlich. Deshalb werden die kostenfreien OpenStreetMap(OSM)-Daten als Grundlage verwendet, um ein Netzwerk zu erstellen. Deren Dokumentation ist im Vergleich zu amtlichen Objektartenkatalogen schlecht, es fehlt eine Versionierung des Datenmodells und es gibt keine einheitliche Möglichkeit die Datenqualität festzustellen (DREESMANN 2012, 30). Dennoch ist es sinnvoll, OSM-Daten für diese Studie nicht nur aufgrund fehlender amtlicher Alternativen zu nutzen. Die Daten enthalten eine Vielzahl an Fußwegen in Parkanlagen sowie Wohngebieten, die für den täglichen Fußweg von Grundschulern wichtig sind. Des Weiteren sind die Straßen der Neubaugebiete enthalten, die bei den amtlichen Daten bisher nicht vollständig nachgeführt sind. Vor allem in diesen Siedlungen leben viele junge Familien mit grundschulpflichtigen Kindern.

Mit ArcGIS wurde aus den OSM-Daten ein Netzwerk erstellt, das alle Wege Potsdams und einen um zwei Kilometer erweiterten Bereich enthält. Es werden zwar nur Schülerinnen und Schüler innerhalb der Grenzen von Potsdam berücksichtigt, diese bewegen sich jedoch auch außerhalb der Grenzen Potsdams, um ihre Schule zu erreichen. Es wurde ein Straßennetzwerk für Fußgänger und für PKW erstellt. In jedem der beiden Netze sind die spezifischen Einschränkungen berücksichtigt. Das ÖPNV-Netz wurde nicht abgebildet. Für alle öffentlichen Grundschulen in Potsdam wurden vom Bereich Stadtentwicklung-Verkehrsentwicklung der Stadtverwaltung Potsdam die Standorte der 22 Grundschulen und die dazugehörigen, klassenweise geordneten Adressen der über 7400 Grundschul Kinder bereitgestellt. Laut Statistischem Jahresbericht (Landeshauptstadt Potsdam 2012:137ff) besuchten im Schuljahr 2010/2011 weitere knapp 2000 Schüler Schulen mit freier Trägerschaft. Um die Daten zu georeferenzieren, wurde der programminterne Locator von ArcGIS verwendet. Die darin verwendeten NAVTEQ-Daten vom dritten Quartal 2011 erwiesen sich als nicht geeignet. Die Geokodierung lieferte z. T. ungenaue Ergebnisse und einige Adressen wurden nicht zugeordnet. Bessere Resultate wurden mit den Daten der ALK im aktuellen Stand vom Mai 2012 erzielt. Die Qualität der Geokodierung kann als sehr gut eingestuft werden. Lediglich für 0,27 % der Schüleradressen, die innerhalb der Stadt Potsdam liegen,

wurde keine Koordinate ermittelt. Schülerdaten außerhalb der Stadtgrenze sind für die Zielrichtung der Studie nicht relevant.

2.2 Analysetechniken

Es werden drei Einzugsgebiete modelliert: das reale Einzugsgebiet und zwei statistisch ermittelte Gebiete. Eines auf der Grundlage der konstruierten Netzwerke und eines auf der Grundlage von Thiessen-Polygonen.

Um die realen Einzugsgebiete zu ermitteln, werden den Schülerinnen und Schülern die Entfernungen zur besuchten Schule zugeordnet. Es werden zwei Distanzen berechnet: die Entfernung auf dem Fußgängernetzwerk und auf dem PKW-Netzwerk. Falls der Schulweg über zwei Kilometer beträgt, wird davon ausgegangen, dass die Schülerinnen und Schüler motorisiert zur Schule kommen und die Wegedistanz auf Grundlage des PKW-Netzwerkes zugeordnet wird. Auf dieser Datengrundlage wird das reale Einzugsgebiet modelliert.

In den gängigen GI-Systemen sind standardgemäß zwei Werkzeuge implementiert, um Einzugsgebiete zu modellieren. Zum einen mithilfe der euklidischen Distanzen, indem Thiessen-Polygone („near feature“) gebildet werden, zum anderen durch netzwerkbasierte Einzugsgebiete („service area“). Beide Verfahren wurden angewendet und die Ergebnisse mit den realen Einzugsgebieten verglichen.

Es werden zwei distanzbezogene Indikatoren für jeden Schüler berechnet. Diese haben die Aufgabe die Differenzen zwischen den modellierten Einzugsgebieten und den real gewählten Schulen zu quantifizieren. Dabei wird die nächstgelegene Schule ($w_{closest}$) nach den beiden zu untersuchenden Modellen bestimmt. Immer mit dem Ziel herauszufinden, welches Modell bessere Ergebnisse liefert bzw. geringere Fehler aufweist.

$$(1) I_{ext} = \frac{d_{real}}{d_{closest}} \quad \forall w_{real} \neq w_{closest}$$

$$(2) I_{int} = \frac{d_{real}}{d_{2^{nd}closest}} \quad \forall w_{real} = w_{closest}$$

I_{ext}	Indikator außerhalb der modellierten Einzugsgebiete
I_{int}	Indikator innerhalb der modellierten Einzugsgebiete
d_{real}	Distanzmaß im Modell für Schüler für die besuchte Schule
$d_{closest}$	Distanzmaß im Modell für Schüler für die nächstliegende Schule
$d_{2^{nd}closest}$	Distanzmaß im Modell für Schüler für die zweitnächst liegende Schule
w_{real}	Geometrie, die der Schüler im Modell für die besuchte Schule zurücklegt
$w_{closest}$	Geometrie, die der Schüler im Modell für die nächstliegende Schule zurücklegt

Der erste Indikator I_{ext} (1) wird für alle Schüler berechnet, die in dem jeweiligen Modell, d. h. „near feature“ bzw. „service area“, nicht die nächstgelegene Schule besuchen. Dabei wird die Entfernung der gewählten Schule zur nächstliegenden Schule ins Verhältnis gesetzt. Der Indikator schwankt zwischen dem Wert 1 und ∞ . Ist er genau 1, ist die besuchte Schule die nächstliegende und liegt unabhängig vom Modell auf der Grenze des theoretischen Einzugsgebietes.

sehen Einzugsgebietes. Ist der Indikatorwert größer 1, ist es der Multiplikator, der den Mehraufwand im Verhältnis zur Strecke zur nächstliegenden Schule beziffert.

Der zweite Indikator I_{int} (2) wird für die Schüler berechnet, die die nächstgelegene Schule besuchen. Dabei wird die Entfernung zur gewählten Schule zur zweitnächst liegenden Schule ins Verhältnis gesetzt. Dieser Indikator schwankt zwischen den Werten größer 0 und 1. Ist er genau eins, ist die besuchte Schule genauso weit entfernt wie die zweitnächst liegende und liegt im Modell auf der Grenze des Einzugsgebietes. Der unter eins liegende Indikatorwert stellt den reziproken Multiplikator von dem dar, was der Schüler gegenüber der zweitnächsten Schule einspart. Es könnte angenommen werden, je kleiner dieser Wert ist, desto stärker müssten die nicht distanzbasierten Argumente der anderen Schulen überwiegen, um sich gegen die gewählte Schule zu entscheiden.

Die Indikatoren sind für beide Einzugsgebietsmodelle verwendbar. Bei beiden Indikatoren ist der Wert 1 und die beinhalteten Multiplikatoren unabhängig von Schuldichte und richtungsabhängigen Ausdehnungen des Einzugsgebietes sowie dem angenommenen Transportmittel.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Lage und Wahl der Grundschulen

Es wurden die Wegedaten von 6810 Kindern berechnet. Dabei hat sich gezeigt, dass etwa 4400 Kinder die nächstgelegene Schule und rund 1000 Kinder die zweitnächste Schule besuchen (vgl. Abb. 1). Als durchaus nicht zu erwartendes Ergebnis kann festgehalten werden, dass knapp 35 % nicht die nächstgelegene Schule besuchen. Knapp 21 % der Kinder besucht weder die nächst-, noch die zweitnächstgelegene Schule. Dafür gibt es mehrere Erklärungsansätze. Zum einen gibt es Familien, die nach der Einschulung des Kindes umgezogen sind und einen Schulwechsel vermeiden wollten oder es gibt individuelle Präferenzen bei der Schulwahl aufgrund spezifischer Schulmerkmale. Dabei können konfessionelle Ausrichtung oder das Image eine Rolle spielen.

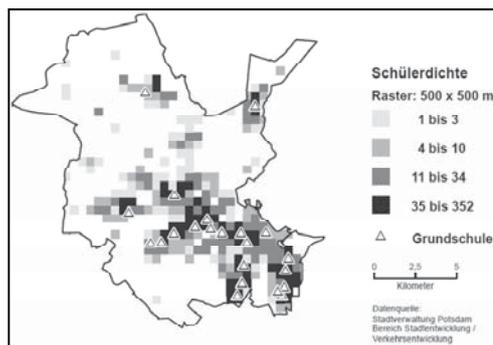


Abb. 1: Schülerdichte und Lage der öffentlichen Grundschulen in Potsdam (Quelle: eigener Entwurf)

Abbildung 1 zeigt die Lage der Schulen und die Dichte der Grundschüler. Beide folgen weitestgehend der Siedlungsstruktur mit einem Zentrum-Peripherie-Gefälle und weisen im Stadtgebiet eine sehr unterschiedliche Dichte für die Schulen von Potsdam auf.

3.2 Vergleich Thiessen-Polygone und reale Wege

Die euklidische Distanz zur besuchten Schule beträgt durchschnittlich 1,17 km und ist damit knapp doppelt so hoch wie die modellierte von 0,61 km. 4407 (64,7 %) Schüler besuchen dabei die nächstliegende Schule. 2403 Schüler werden durch die entsprechenden Thiessen-Polygone falsch zugeordnet.

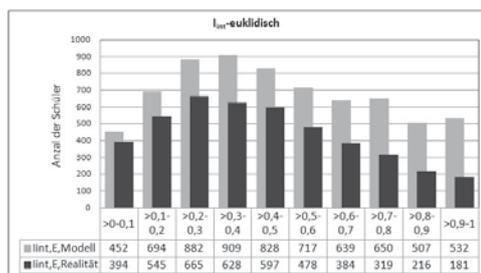


Abb. 2: I_{int} klassifiziert für Thiessenmodell

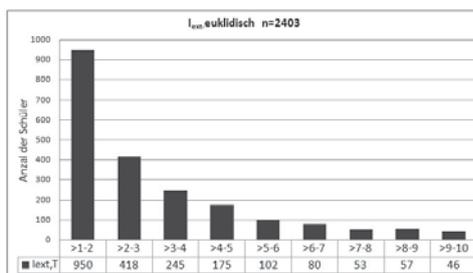


Abb. 3: I_{ext} klassifiziert für Thiessenmodell

In Abbildung 2 sind die absoluten Werte des Indikators I_{int} klassifiziert für das Thiessenmodell dargestellt. Die Anteile liegen zwischen 6,6 % ($I_{int}=0-0,1$) und 13,3 % ($I_{int}>0,3-0,4$). Verglichen dazu werden die beobachteten I_{int} -Werte. Diese Verteilung hat ihr Maximum in der Klasse $>0,2-0,3$. Die relativen Verluste zwischen Modell und Realität nehmen innerhalb der Klassen mit zunehmendem Indikatorwert nahezu linear von 12,8 % ($>0-0,1$) auf 66,0 % ($>0,9-1$) zu. Insgesamt ergibt sich ein globaler Verlust von 2403 Schülern (35,3 %). 277 Schüler haben einen Indikatorwert von über zehn und wurden nicht mehr dargestellt.

In Abbildung 3 sind die absoluten Häufigkeiten für den I_{ext} -Indikator für die euklidischen Distanzen dargestellt. In diesem Diagramm gehen alle Schüler ein, die nicht die nächstgelegene Schule besuchen. Sie zeigen die Gewinne der nicht nächstgelegenen Schulen abhängig zur Distanz. Sie entsprechen in der Zahl den Verlusten aus dem linken Diagramm. Mit wachsendem Indikatorwert nimmt die Häufigkeit exponentiell ab.

3.3 Vergleich Netzwerkmodell und reale Wege

Die durchschnittliche Schulweglänge beträgt im Netzwerk 1,49 km und ist damit fast doppelt so hoch wie die durch Service Areas modellierte von 0,81 km. 4432 (65 %) der Schüler besuchen die nächstliegende Schule und 2378 (35 %) werden durch die Service Area falsch zugeordnet.

In Abbildung 4 sind die Absolutwerte des Indikators I_{int} klassifiziert (Klassenbreite 0,1) für die Service Area dargestellt. Die Anteile schwanken zwischen 5,8 % ($I_{int}=0-0,1$) und 13,4 % ($I_{int}\Rightarrow>0,2-0,3$). Verglichen dazu werden die beobachteten I_{int} -Werte der Schüler. Diese Verteilung hat ihr Maximum ebenfalls in der Klasse $>0,2-0,3$. Die relativen Verluste zwischen Modell und Realität nehmen innerhalb der Klassen mit zunehmendem Indikatorwert nahezu linear von 13,5 % ($>0-0,1$) auf 63,8 % ($>0,9-1$) zu.

In Abbildung 5 sind die absoluten Häufigkeiten für den I_{ext} -Indikator für die netzwerkbaasierten Distanzen dargestellt. In diesem Diagramm gehen alle Schüler ein, die nicht die Service Area-Schule besuchen.

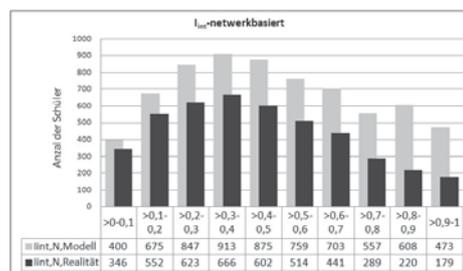


Abb. 4: I_{int} klassifiziert für Service Area

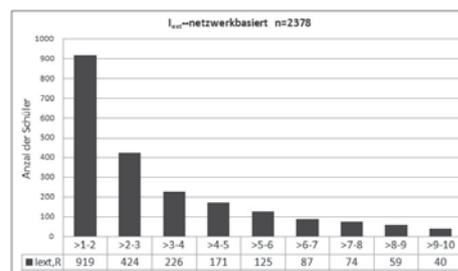


Abb. 5: I_{ext} klassifiziert für Service Area

4 Vergleich der Modelle

Thiessenpolygone und Service Areas sind in der geometrischen Ausprägung grundverschieden. In der globalen Aussage für Potsdam sind sie dennoch erstaunlich ähnlich. Beide Modelle bewirken, dass 35 % der Schüler falsch zugeordnet werden würden. Die durchschnittliche reale Schulweglänge wird bei beiden Modellen um nahezu das Zweifache unterschätzt.

Werden die jeweiligen Diagramme von I_{int} und I_{ext} im jeweiligen Modell zusammen betrachtet, wird festgestellt, dass mit zunehmender relativer Distanz zur modellierten Schule die Verluste zum Einzugsgebietsrand wachsen und die Zugewinne (I_{ext}) aus anderen Einzugsgebieten mit zunehmender relativer Distanz immer geringer werden. Die Indikatorwerte bestätigen die Vermutung, dass die Einzugsgebiete sich gegenseitig überlappen. Bei Übertragung der globalen Relationen in den Raum, ergibt sich eine glockenförmige Anteilentwicklung der eingezogenen Schüler einer Schule zur richtungsabhängigen, jeweiligen nächst liegenden Schule. Im Zentrum ($I_{\text{int}} < 0,1$) besuchen eine Schule im Schnitt über 80 % der dort wohnenden Schüler. Zum Einzugsgebietsrand ($I_{\text{int}} > 0,9$: Wegersparnis zur zweitnächsten Schule maximal 10 %) verringert sich dieser Wert auf 40 %. Im grenznahen Nachbargebiet ($I_{\text{ext}} < 2$: ein- bis zweifache Entfernung zur nächstliegenden Schule) werden demgegenüber 14 % Gewinne erzielt, die sich rasch verringern.

Literatur

- DREESMANN, M. (2012), Wie gut sind OpenStreetMap-Daten? Vermessung Brandenburg, 1 (17), 30-32.
- LANDESHAUPTSTADT POTSDAM (HRSG.) (2011), Bildung schafft Chancen. Bildungsangebote der Grundschulen und der Primarstufen an weiterführenden Schulen. Potsdam. vv.potsdam.de/vv/Broschuere_Grundschulen_2012-2013.pdf (12.01.13).
- LANDESHAUPTSTADT POTSDAM (HRSG.) (2012), Statistischer-Jahresbericht 2011. Potsdam. http://www.potsdam.de/cms/dokumente/10101316_513412/f89dad60/Statistischer%20Jahresbericht%20der%20Landeshauptstadt%20Potsdam%202011.pdf (27.01.13).