

## Statistischer Monatsbericht für September 2010

25. November 2010

### Statistik macht den Weg frei – von Distanzanalysen, Schulwegen und Einzugsgebieten

Das Amt für Stadtforschung und Statistik (StA) stellt für die Schulentwicklungsplanung wichtige Informationen in Form diverser statistischer Auswertungen bereit (z.B. Schülerprognosen nach Sprengeln). Netzwerk- und Distanzanalysen, Schulwegeoptimierung, Schülerströme, Verteilungs- und Bewegungsmuster, kürzeste Wege und Routingsysteme hingegen werden sicherlich nicht auf Anhieb als kommunalstatistisches Aufgabengebiet wahrgenommen. Dabei kann die Statistik mit den ihr zur Verfügung stehenden Daten, Methoden und Verfahren auch hier wichtige Hilfestellung leisten.

Ausschlaggebend, sich näher mit dem Themenkomplex „Netzwerkanalytik im Kontext Schule – Schüler/-innen“ zu beschäftigen, war eine Anfrage vom Nürnberger „Geschäftsbereich Schule“. Ziel war eine Vereinfachung des Verfahrens bei der Ermittlung des Anspruchs auf Fahrtkostenerstattung bei der Schülerbeförderung. Dieser besteht grundsätzlich, wenn der Schulweg, definiert als Fußweg von der Wohnung zur Schule, bei Schülern/Schülerinnen der Jahrgangsstufen 1 bis 4 in eine Richtung länger als 2 km und bei Schülern/Schülerinnen ab der 5. Jahrgangsstufe länger als 3 km ist. Bei besonders gefährlichen oder beschwerlichen Schulwegen kann es auch bei kürzeren Wegstrecken Ausnahmen von obiger Regelung geben. Ein weiterer Aspekt waren Überlegungen, Einzugsgebiete von Schulen, Schülerströme und Verteilungsmuster der Schüler/-innen bezogen auf einzelne Schulstandorte abzuleiten und zu visualisieren. Diese Informationen können etwa für die Schulentwicklungsplanung wichtige Anhaltspunkte liefern. In mehreren Gesprächen zwischen dem Geschäftsbereich Schule und dem StA galt es im Vorfeld zu klären, welche Daten zur Beantwortung derartiger Fragestellungen benötigt werden und welches technische bzw. methodische Instrumentarium für die Ermittlung von kürzesten Schulwegen geeignet erscheint.

Sehr schnell stellte sich dabei heraus, dass hier nicht mit den überwiegend in

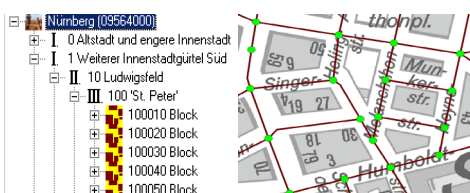
den 1970er Jahren beliebten konzentrischen Luftliniendistanzen gearbeitet werden kann; vielmehr ist es unerlässlich, ein für Schüler/-innen geeignetes „Schulwegenetz“ zu definieren, dessen Struktur der realen Navigation wesentlich näher kommt.

Letztlich erfordern Distanzanalysen drei Eingangsparameter:

- Startpunkt,
- Zielpunkt und
- ein Wegenetz, in welchem die Entfernung errechnet werden soll;

in den vorliegenden Szenarien demnach Schüleradresse, Adresse der zu besuchenden Schule und ein adäquates Schulwegenetz.

Im Raumbezugssystem der Stadt Nürnberg liegt das komplette Nürnberger und Fürther Stadtgebiet ausgehend vom Adressbestand, über Straßen bis hin zu statistischen Blöcken, Distrikten, Bezirken und Stadtteilen sowohl alphanumerisch wie auch geometrisch in Form von Graphen in einem Geoinformationssystem vor (vgl. Abb.).



Dieses von StA verwaltete hierarchische Raumbezugssystem wird laufend aktualisiert. Integraler Bestandteil der sog. „kleinräumigen Gliederung“ ist ein Liniennetz, in welchem jedes einzelne Segment über mehrere Merkmale beschrieben wird. Dies ermöglicht unter anderem auch eine präzise Differenzierung in verschiedene Wegekategorien wie etwa Pfad, Fußweg, Fahrstraße, Hauptstraße oder Autobahn.

Auf Basis dieser Daten ist vom Geschäftsbereich Schule in mühseliger Klein(st)arbeit – teilweise unterstützt durch Feldbegehungen – für jedes einzelne Linienelement ein zusätzliches Merkmal „Schulweg ja/nein“ aufgenommen und für das komplette Nürnberger Stadtgebiet erfasst worden. Autobahnen, Schnellstraßen und vermeintlich

unsichere bzw. gefährliche Wege wurden ausklammert. Teilweise mussten auch zusätzliche Wege oder Wegverläufe modifiziert oder neu angelegt werden.

Die beiden anderen Eingangsparameter Schüleradresse und Schulstandort sowie deren Verortung im Stadtgebiet über ihre jeweiligen Lagekoordinaten sind im Vergleich zur Definition des Wegenetzes weit weniger arbeitsintensiv, da alle Adressen des Nürnberger (und Fürther) Stadtgebietes bereits im Raumbezugssystem von StA enthalten und abgebildet sind. Die vom Geschäftsbereich Schule zur Verfügung gestellten anonymisierten Schüleradressen mit den entsprechenden Angaben zum Schulstandort konnten so problemlos verortet werden.

Im Folgenden soll anhand von zwei ausgewählten Beispielen exemplarisch aufgezeigt werden, was Statistik im Kontext Routing, kürzeste Wege, Aktionsräume und Einzugsgebiete zu leisten vermag.

Auf **Karte 1** ist eine einfache Distanzanalyse im Schulwegenetz visuell aufbereitet. Dargestellt ist der kürzeste Weg von StA (Unschlittplatz 7a) zur Scharrerschule (Scharrerstr. 33), ein mit Absicht für die Schülerbeförderung irreales Beispiel. Die Berechnung des kürzesten Pfades erfolgte dabei auf Grundlage der Graphentheorie mittels des „Algorithmus von Dijkstra“. Dabei wird – ausgehend von den Lagekoordinaten der Start- und Zieladressen – ein Lot auf die der Adresse zugeordneten Straße gefällt und ab dem Schnittpunkt „Adresslot - Straße“ mit der Berechnung des kürzesten Weges begonnen. Die Distanz zwischen den Knotenpunkten (Kreuzungen) entlang der Linien wird aufsummiert und die geringste Distanz aller möglichen Kombinationen als Wegstrecke ausgegeben. Im vorliegenden Beispiel ergibt sich eine Streckenlänge von 3 087 m. Es ist noch gar nicht so lange her, da hätte man an dieser Stelle das Kurvimeter bemüht, um ein mehr oder weniger exaktes und nachvollziehbares Ergebnis zu schätzen.

Fortsetzung letzte Seite

Computergestützte Distanzanalysen bieten hier nicht nur wegen ihrer Reproduzierbarkeit und Geschwindigkeit Vorteile, sondern ermöglichen es auch, Massendaten zu verarbeiten und Weglängen in tabellarischer Form auszugeben. Zusätzlich zur Visualisierung von Einzelrouten sind für alle Adressen des Nürnberger Stadtgebietes – also mehr als 80 000 – die Entfernungen zu 140 Schulen berechnet worden. Das heißt, dass insgesamt mehr als 11 Millionen kürzeste Wege berechnet worden sind, die schließlich in Form einer Kreuztabelle aufbereitet und in weitere Verfahren eingespeist werden konnten. In Ansätzen ist dieses Modell auch für Teile des Fürther Stadtgebiets umgesetzt. Für eine flächendeckende Analyse müsste hierfür aber zunächst, gemäß dem Nürnberger Vorbild, für ganz Fürth auf Basis der bestehenden kleinräumigen Gliederung ein Schulwegenetz definiert werden.

Auf **Karte 2** werden für den Schulstandort des Melanchthon-Gymnasiums verschiedene Entfernungsmaße in Beziehung zu den Adressen der Schüler/-innen gesetzt. Bei näherer Betrachtung des Wegenetzes fällt zunächst auf, dass einige als gefährlich bzw. für einen Schulweg als ungeeignet eingestufte Straßen und Wege nicht enthalten sind. So ist im Südwesten der Frankenschnellweg ebenso wenig berücksichtigt wie einige Nebenstraßen im Knoblauchsland. Auch die Wege im Volkspark Marienberg, im Stadtpark und entlang des Wöhrder Sees sowie um den Dutzendteich fließen nicht in die Netzwerkanalysen ein. Um die Unterschiede zwischen Luftlinien- und Wegenetzdistanzen aufzuzeigen, sind zunächst zwei konzentrische Kreise mit 2 000 m (grün) und 3 000 m (blau) Radius um den Schulstandort erstellt worden. Ausgehend vom Schulstandort sind die Schulwege bis zu einer Wegstrecke von 2 000 m grün, bis 3 000 m Wegstrecke blau eingefärbt.

Die „Distanzzonen im Schulwegenetz“ die auf der Karte rot bzw. gelb transparent angelegt sind, entstehen durch Verbinden der Endpunkte der 2 000 m bzw. 3 000 m Bereiche im Liniennetz. Hier zeigen sich bereits in der visuellen Darstellung deutliche Abweichungen der radialen gegenüber der linearen Zonierung. Dies lässt sich etwa südöstlich von Wöhrd sehr klar erkennen. Hier liegt die Entfernung im Wegenetz bereits über 3 000 m, die radiale Distanz hingegen beträgt noch nicht einmal 2 000 m. Mit Hilfe der vom Geschäftsbereich Schule zur Verfügung gestellten anonymisierten Schüleradressen des Melanchthon-Gymnasiums ist für die jeweiligen Distanzzonen die Verteilung der Schüler/-innen auf die einzelnen Bereiche ermittelt worden. Die Wohnorte der Schüler/-innen sind dabei in der Karte aus datenschutzrechtlichen Gründen ausgeblendet. Die tabellarische Auswertung der ermittelten Schülerzahlen zeigt im Ergebnis die signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Analyse der Schülerzahlen nach Zonentypen auf. Bei einer Gesamtschülerzahl von 667 gibt es im Vergleich zwischen den radialen und linearen Zonen bis 2 000 m eine Differenz von 4,5 %, für den Bereich zwischen 2 000 m und 3 000 m sogar eine Abweichung von fast 11 %. Für die Schüler/-innen, deren Wohnort mehr als 3 000 m vom Schulstandort entfernt liegt, errechnet sich je nach Distanzmaß eine Anzahl von 306 bei radialer und 409 Schülern/Schülerinnen bei linearer Distanz. Die Abweichungen zwischen beiden Distanztypen steigen bei den Schülerzahlen offensichtlich mit zunehmender Entfernung vom Schulstandort. Die hohen Abweichungen zwischen den beiden Distanztypen veranschaulichen, dass bei derartigen Fragestellungen sinnvolle Aussagen nur auf Basis linearer Distanzanalysen in einem Wegenetz möglich sind.

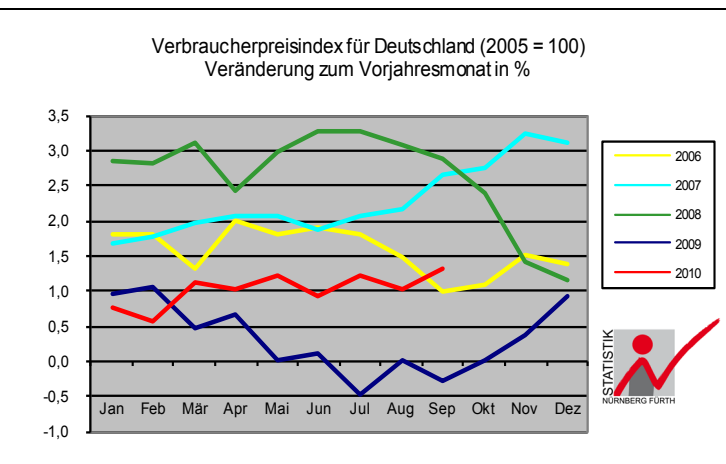
In einem nächsten Schritt sind für alle Schüler/-innen des Melanchthon-Gymnasiums die Weglängen im Schulwegenetz zur Schule ermittelt worden. Die Ergebnisse sind grafisch im Diagramm „Schulwegdistanzen und Schülerzahlen“ aufbereitet. Dabei ist die Anzahl der Schüler/-innen der Distanz im Schulwegenetz gegenübergestellt, welche die Schüler/-innen zurückzulegen haben. Deutlich zeigt sich, dass bis zu einer Entfernung von 4 000 m die Anzahl der Schüler/-innen zunimmt. Bei einer Schulweglänge von 3 000 m haben 100 Schüler/-innen, bei einer Entfernung von 4 000 m 140 Schüler/-innen ihren Wohnort. Ab einer Streckenlänge von mehr als 4 000 m geht die Anzahl stetig zurück, wobei einige Schüler/-innen einen Schulweg von mehr als 8 000 m haben.

Die hier exemplarisch aufgezeigten Beispiele sollen zeigen, dass sich mit den Möglichkeiten des Routing und der Distanzanalysen ein großes Potential für weiterführende Fragestellungen ergibt.

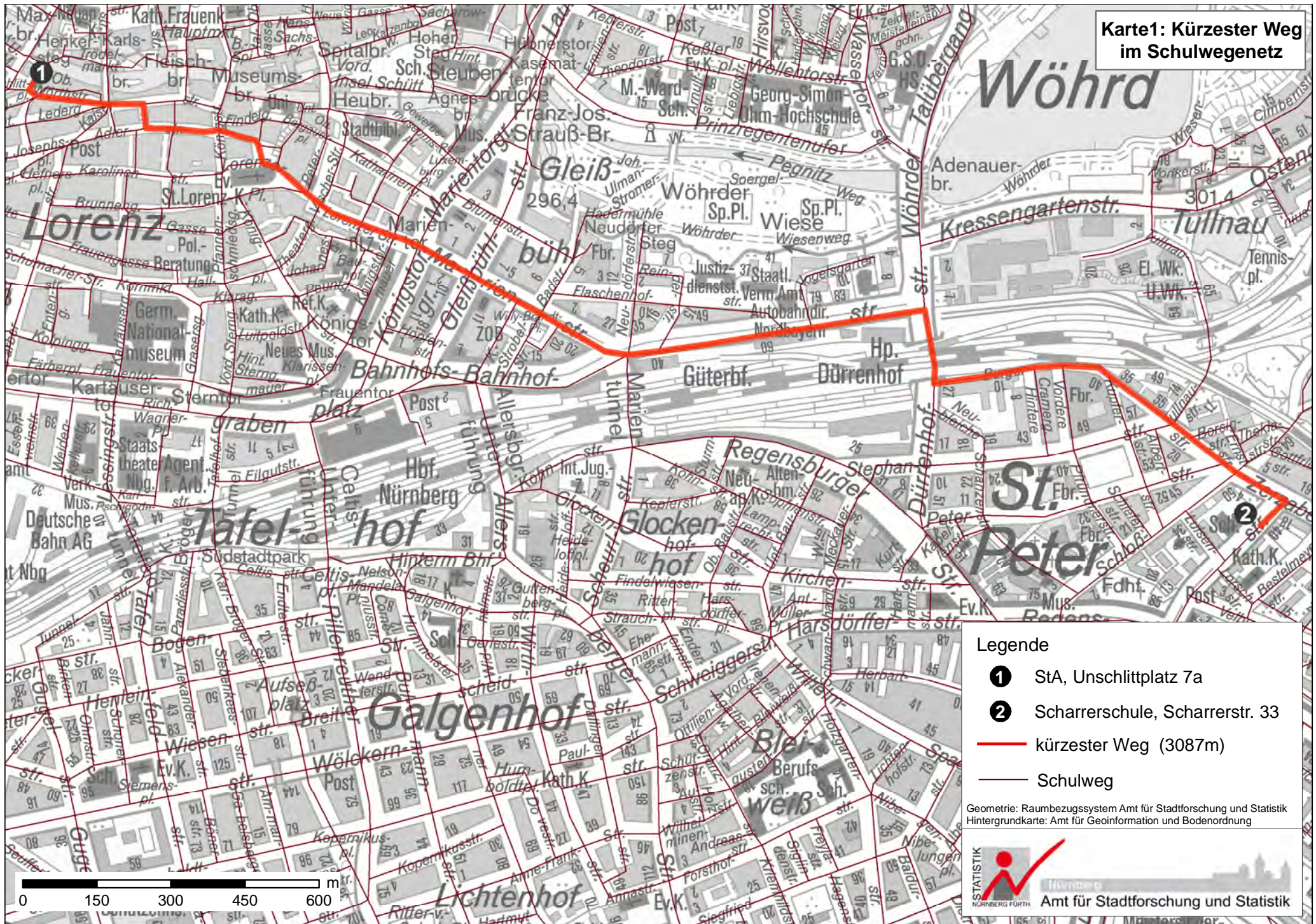
- Schüler/-innen und Einzugsgebiete mehrerer benachbarter Schulstandorte könnten bei sprengelbezogenen Fragestellungen hilfreiche Informationen liefern.
- Auch könnten die hier vorgestellten Methoden Versorgungsbereiche etwa für Kindergärten ermitteln und so Aussagen zu Unter- oder Überversorgung getroffen werden.
- Mit detaillierten Angaben zu Haltestellen und Fahrtzeiten des ÖPNV könnten sehr detaillierte Angaben über tatsächliche Einzugsgebiete getroffen werden (z.B. bei der Planung von Routen für Schulbusse).
- Die aktuellen Überlegungen eines interkommunalen ÖPNV-Netzes (Stichwort: Busverbindung zwischen Nürnberg und Fürth) könnten durch die Erkenntnisse einer Netzwerkanalyse zwischen Nürnberg und Fürth angereichert werden.

Verbraucherpreisindex						
2005 = 100	Juli		August		September	
	2010	2009	2010	2009	2010	2009
...für Deutschland	108,4	107,1	108,4	107,3	108,3	106,9
Veränderung zum						
- Vormonat (%)	0,3	0,0	0,0	0,2	-0,1	-0,4
- Vorjahresmonat (%)	1,2	-0,5	1,0	0,0	1,3	-0,3
...für Bayern	109,1	107,8	109,2	108,0	108,9	104,4
Veränderung zum						
- Vormonat (%)	0,3	0,0	0,1	0,2	-0,3	-3,3
- Vorjahresmonat (%)	1,2	-0,2	1,1	0,3	4,3	-3,0

Quelle: Statistisches Bundesamt und Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung











## Karte 2: Melanchthon Gymnasium Einzugsgebiete und Schülerzahlen

### Legende

● Melanchthon Gymnasium

— Schulwegenetz

### radiale Distanz um Schulstandort

○ 2000 m

○ 3000 m

### Distanz im Schulwegenetz

— bis 2000 m

— > 2000 bis 3000 m

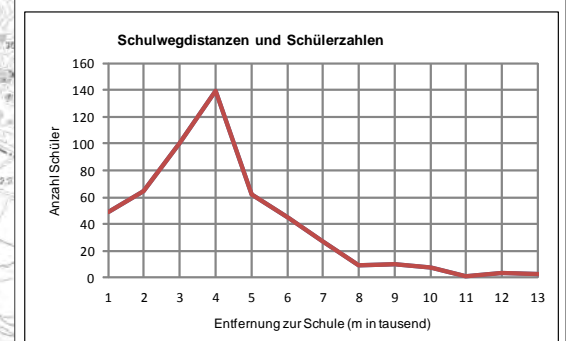
### Distanzzonen im Schulwegenetz

■ 2000 m

■ 3000 m

Zonentyp	Schülerzahlen				linear (im Wegenetz)			
	radial (Luftlinie)							
Distanz	abs.*	kum.	%	% kum.	abs.*	kum.	%	% kum.
bis 2000 m	177	177	26,54	26,54	147	147	22,04	22,04
>2000 bis 3000 m	184	361	27,59	54,12	111	258	16,64	38,68
über 3000 m	306	667	45,88	100,00	409	667	61,32	100,00

\* Zahlen spiegeln nicht die Anzahl der Schüler mit Kostenfreiheit des Schulweges wider.



Geometrie: Raumbezugssystem Amt für Stadtforschung und Statistik  
Schülerdaten: BM3 Geschäftsbereich Schule  
Hintergrundkarte: Amt für Geoinformation und Bodenordnung