

Große Räume in feinem Korn

Ein Vorschlag zu neuen räumlichen Bezugssystemen und Datengrundlagen für Verkehrsuntersuchungen

Henning KRUG

Arbeitsgruppe Integrierte Verkehrsplanung
Fachbereich Stadtplanung und Landschaftsplanung
Universität Kassel

in: Möltgen, J. und A. Wytzisk (Hrsg.): GI-Technologien für Verkehr und Logistik. Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen. 20./21. Juni 2002. Münster 2002 (= IfGIprints; 13)

Problemstellung

Seit der Abkehr von einer vornehmlich Auto-orientierten Betrachtung von Verkehr steht die Verkehrswissenschaft vor der Aufgabe, die Verkehrsmodelle an die feinkörnigen räumlichen Erschließungs- und Erreichbarkeitsmuster von öffentlichen und nicht-motorisierten Verkehrsmitteln anzupassen. Bislang schien dies weder die Datenlage der amtlichen Statistik noch die Leistungsfähigkeit älterer Rechnergenerationen und -programme zuzulassen. Nach wie vor nivellieren die gängigen räumlichen Bezugssysteme vieler Verkehrsuntersuchungen, mit Gemeinden und/ oder Ortsteilen als kleinster Einheit ("Verkehrszelle"), wesentliche räumliche Unterschiede in Raumausstattung, Verkehrsangeboten und Verkehrsverhalten. Vor dem Hintergrund des heutigen Wissens über die Wechselwirkungen zwischen Siedlung und Verkehr ist dies unbefriedigend.

Mit dem stetigen Wachstum der Rechnerleistung rücken feinkörnigere Bezugssysteme immer mehr in den Bereich des Möglichen. Noch wird dieser Leistungszuwachs jedoch vorwiegend für immer ausgefeiltere und komplexere Routensuch-Verfahren, soziale Disaggregation (verhaltenshomogene Gruppen etc.) o. ä. genutzt, kaum jedoch für eine stärkere räumliche Disaggregation.

Im Rahmen einer laufenden Dissertation werden die räumlichen Wahlmöglichkeiten der Einwohner in Ostwestfalen-Lippe in verschiedenen Szenarien der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung untersucht. Zu diesem Zweck wurde ein Verfahren entwickelt, die Siedlungsstruktur großer regionaler Verkehrsräume ausreichend feinkörnig und integriert abzubilden. Dieses Verfahren soll hier vorgestellt werden. Dem Wahlmöglichkeiten-Ansatz entsprechend wird Siedlungsstruktur dabei als räumliche Verteilung von Gelegenheiten zur Ausübung ortsgebundener Aktivitäten definiert und operationalisiert. Gelegenheiten sind also potentielle Ziele (und Quellen);

eine Übertragung des Verfahrens auf realisierte Ziele und damit auf Nachfragemodelle ist grundsätzlich möglich.

Merkmalsdimensionen und Indikatoren von Gelegenheiten

Gesamtverkehrsbetrachtungen, die sich nicht auf spezifische Wegezwecke beschränken, müssen einen möglichst großen Ausschnitt aus der Vielfalt der Erscheinungsformen von Gelegenheiten bzw. Zielen erfassen. Werden die ortsgebundenen Aktivitäten nach den Grunddaseinsfunktionen Wohnen, Arbeiten, Ausbildung, Versorgung, Erholung unterschieden, zeigt sich die Relevanz bestimmter siedlungsstruktureller Merkmalsdimensionen und Indikatoren für Gelegenheiten (s. Abb.; die unten angegebenen Anteile der Aktivitäten basieren auf einer moderaten Fortschreibung der Entwicklungstrends in das Jahr 2030; die Zuordnung der Bildungs-, Versorgungs- und Erholungsgelegenheiten zu den Verteilungsmerkmalen bzw. Indikatoren ist einstweilen nur geschätzt, die resultierende Gewichtung dementsprechend grob bzw. vorläufig). Es bestätigt sich einerseits die große Bedeutung von Einwohnern und Arbeitsplätzen als Merkmalsdimension von Gelegenheiten. Andererseits sind gerade jene Gelegenheiten, die aufgrund einer sehr hohen Publikumsintensität pro genutzter Fläche eine große Bedeutung für als Gelegenheiten bzw. Ziel haben, mit flächendeckend verfügbaren Strukturdaten kaum erfassbar (Einkaufszentren u.ä.). Da solche Nutzungen sich gerne an zentralen Knoten im Verkehrsnetz konzentrieren, könnte für ihre räumliche Verteilung die Lage im Netz oder "Verkehrszentralität" einen Indikator darstellen. Des weiteren sind siedlungsnahe Freiflächen als Gelegenheit zu interpretieren. Die restlichen Gelegenheiten verteilen sich relativ diffus im Siedlungsraum und sind kaum erfassbar. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich daher auf die feinkörnige Operationalisierung des Hauptindikators Einwohner-Arbeitsplatzdichte.

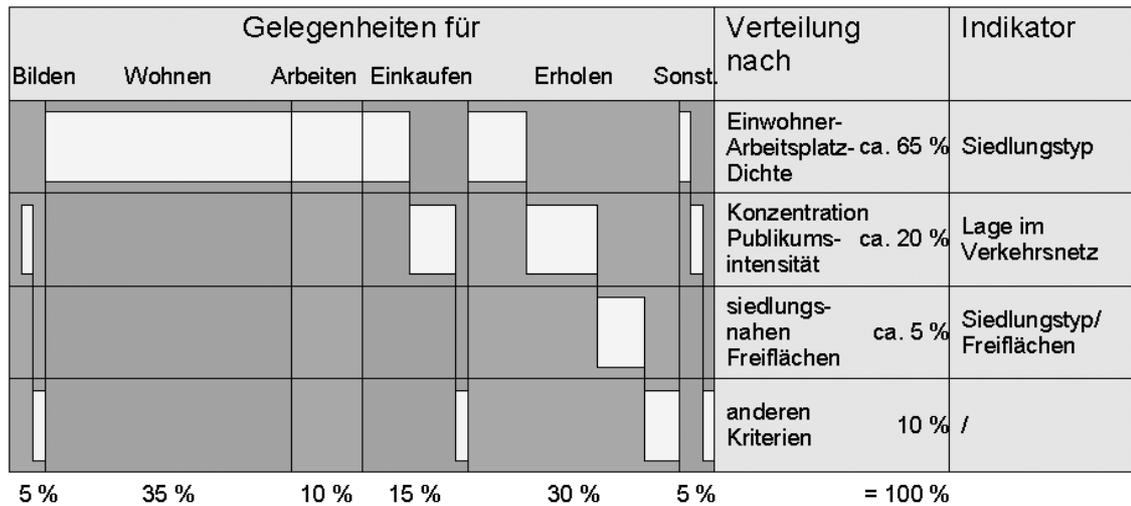


Abb.1: Verteilungskriterien und Indikatoren von Gelegenheiten

Körnigkeit und räumliches Bezugssystem

Das räumliche Bezugssystem von Verkehrsmodellen unterteilt den jeweiligen Untersuchungsraum in "Verkehrszellen". Diese Zellen sind einerseits Träger von Gelegenheiten und andererseits (potentielle) Quelle oder Ziel von Fahrten und Wegen.

Die entscheidende Anforderung an die Körnigkeit eines solchen räumlichen Bezugssystems ergibt sich aus der Maßstäblichkeit der für relevant erachteten Aspekte des Verkehrs. Diese sind zwar je nach Fragestellung andere; Tab. 1 zeigt jedoch, dass Fragen der Angebotsqualitäten und Erreichbarkeiten (Wahlmöglichkeiten) in öffentlichem Verkehr (ÖV) und nichtmotorisiertem Individualverkehr (NMV) als auch Fragen der Belastung durch bzw. Empfindlichkeit gegenüber motorisiertem Individualverkehr (MIV) eine sehr feinkörnig Betrachtung erfordern.

Gleichzeitig erfordert der intensive regionale Verkehrszusammenhang die Abdeckung großer Untersuchungsräume von mehreren Zehn Kilometern Kantenlänge bzw. einigen Tausend Quadratkilometern Größe. Der Aufwand für Datenbeschaffung und -verarbeitung muss dennoch bewältigbar bleiben. Eine Halbierung der Maschenweite von Verkehrszellen vervierfacht die Anzahl an Verkehrszellen (Datenbeschaffung!) und verachtfacht die Anzahl an potentiellen Verkehrsbeziehungen (Datenverarbeitung!). Hier setzt auch die Leistungsfähigkeit aktueller Programmsysteme und Rechnergenerationen nach wie vor Grenzen.

Tab.1 Verkehrsrelevante Merkmale der Siedlungsstruktur nach Maßstabsebenen

	1:500 (50m)	1:5.000 (500m)	1:50.000 (5.000m)
NMV	Bezug Bebauung – Straße Mischung (Tag-/Nachtbev.)	hohe Dichte Mischung (Nähe) Konzentration Publikumsintensität Stadtgrundriss: - durchlässig - integrierte E-Netze - Hierarchie	Nahversorgungsbereich als Siedlungseinheit flächige Addition (Minimierung Randlagen) Freiraumnetze
ÖV	Bezug Bebauung – Straße Mischung (Tag-/Nachtbev.)	hohe Dichte Mischung (ausgeglichene Auslastung) Konz. Publikumsintensität an Haltestellen	H-Einzugsbereich als Siedlungseinheit (punkt-)achsiale Verteilung eng vermaschte Siedlungsnetze
MIV	Abwendung Bebauung – Straße niedrige Dichte (geringe Konflikte MIV- Siedlung)	niedrige Dichte (geringe Konflikte MIV- MIV) getrennte Netze (geringe Konflikte MIV- NMIV)	flächige Besiedlung siedlungsfreie Korridore für Schnellstraßen Konzentration Publikumsintensität an Schnellstraßenknoten
	„lokal“		„regional“

In der Untersuchung aus der hier berichtet wird war der Aspekt der Angebotsqualitäten und räumlichen Wahlmöglichkeiten im öffentlichen Verkehr von besonderer Bedeutung. Daher wurde ein räumliches Bezugssystem gewählt, das in der Lage ist die Entfernungsempfindlichkeit von Fußgängern auf den Wegen von und zur ÖV-Haltestelle und damit Entfernung Unterschiede von wenigen hundert Metern abzudecken. Dies leistet noch ein orthogonales 500 x 500m-Endlosgitter mit einer Zellengröße von 25 ha. Ein solches Bezugssystem ergibt für den Untersuchungsraum Ostwestfalen-Lippe über 3.000 besiedelte Verkehrszellen und mehrere Millionen Verkehrsbeziehungen. Der derzeitige Stand der Untersuchung erlaubt leider noch keine Aussage zu den daraus resultierenden Rechenzeiten komplexer Routensuch-Algorithmien.

Topographische Karten und Satellitenbilder als Datengrundlagen

Die amtliche Statistik führt zwar Einwohnerdaten flächendeckend und für das skizzierte räumliche Bezugssystem ausreichend feinkörnig nämlich parzellenscharf. Da jedoch die Gemeinde "Herr" dieser Einwohnerdaten ist,

ist ihre Beschaffung für regionale Verkehrsräume mit über 50 Gemeinden mit einem kaum vertretbaren Aufwand verbunden. Für Arbeitsplätze fehlt eine solche Datenbasis ohnehin. Es stellt sich daher die Frage nach der Eignung topographischer Karten oder Satellitenbilder als Datengrundlagen. Die in ihnen dargestellten Siedlungsstrukturen, so die im Folgenden zu prüfende Annahme, lassen sich als Indikator für Einwohner-Arbeitsplatzdichte verwenden.

Aus einem Vergleich heute verfügbarer Fernerkundungsprodukte mit ausreichender Aktualität, Flächendeckung und Auflösung geht die Topographische Karte im Maßstab 1:25.000 oder 1:50.000 als mit Abstand günstigste Datengrundlage hervor (siehe Tab.2). Die Wahl fiel letztendlich zum einen auf Rasterdaten (RTK), da ein georeferenziertes Bezugssystem die Arbeit am Bildschirm nahe legt, und zum anderen auf den Maßstab 1:50.000, da sich herausstellte, dass ihre größere Genauigkeit in Gebäudegrößen und Nebengebäuden die Korrelation von Siedlungsstrukturen mit der Einwohner-Arbeitsplatzdichte eher beeinträchtigt als verstärkt.

Bisherige Verwendung der TK25 o. 50 zur Siedlungsstrukturanalyse: Roth, ... im Bereich Energiebedarf Raumwärme oder Arlt, ... im Bereich Versiegelungsgrad oder. Erste Eigene Anwendung (noch ohne empirische Eichung) in Krug...

Tab.2: Karten und Satellitenbilder als Datengrundlagen

Datenart und Quellen	Maßstab	Auflösung (m)	Aktualisierung	Abdeckung NRW	Preis pro qkm (e)	Preis (e) U-Raum
Luftbild, nicht entzerrt	1:13.000 (ca.)	< 0,5	5 Jahre	seit 1978	2,60	14.600,-
Deutsche Grundkarte (DGK 5)	1:5.000	Zeichnung	5 Jahre	ja	2,00	11.000,-
DGK 5 L (= auf Luftbild)	1:5.000	< 0,5 + Zeichnung	5 Jahre	ja	2,30	13.000,-
Orthobild digital	1:5.000	< 0,5	5 Jahre	seit 1988 (2002)	7,50	42.000,-
Topographische Karte (TK)	1:50.000 / 1:25.000	Zeichnung	5 Jahre	ja	0,016 / 0,064	90,- / 360,-
Rasterdaten der TK (RTK)	1:50.000 / 1:25.000	200 l/cm = 2,5/ 1,25	5 Jahre	ja	0,20 / 0,60	1.125,- / 3.375,-
IRS-Satellit (PAN)	/	5,8 (5)	2-4 Tage	seit 1996	ca. 1,50	8.000,-
Ikonos-Satellit	/	1	3 Tage	seit 1999	ca. 20,00	112.000,-

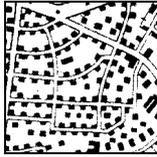
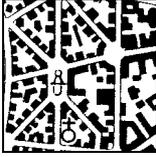
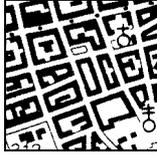
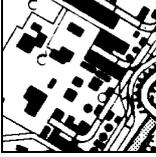
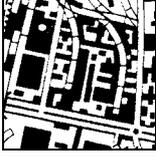
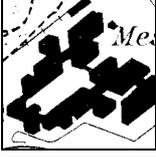
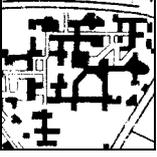
Preise Luftbild, GK und Sat von 2/01, für TK und RTK von 1/02

Korrelationsanalyse

Siedlungsstrukturtyp - Einwohner-Arbeitsplatzdichte

Anhand der Kriterien Größe, Form und Anordnung der Gebäude können in der TK 50 acht Siedlungsstrukturtypen relativ zuverlässig voneinander unterschieden werden (s. Tab.3). Typisierung nach Unterscheidbarkeit, max. Differenzierung. Hauptkriterium: Anzahl/Anteil Gebäudetyp (diff. nach Größe, Form und Stellung). Nebenkriterien: Geschlossenheit von Blockrändern (Blockrand - Blockrand dicht), Überbauungsgrad (Halle - Halle dicht). Mit einem Sample von fünf Städten (Lübeck, Ludwigshafen, Nürnberg, Oldenburg, Paderborn), die ausreichend feinkörnige Einwohner- und Arbeitsplatzdaten zur Verfügung stellen konnten, zumeist aus der Volks- und Arbeitsstättenzählung von 1987, wurde die Korrelation der Einwohner-Arbeitsplatzdichte mit der Siedlungsstruktur getestet. Es wurde dabei eine sehr signifikante Korrelation festgestellt, die eine Verwendung der Siedlungsstruktursignatur der TK 50 als Indikator für Einwohner-Arbeitsplatzdichte ermöglicht (s. Abb. 2 und 3).

Tab. 3: Siedlungstypen in der TK 50

Typ	Bestimmungsmerkmale	Kartenbeispiele			
1 Einzelhaus locker	a) kleinste Gebäudesignatur in sehr aufgelockerter Anordnung (max. 100 Gebäude) oder b) dörfliche Grundrisse (Mischung Einzelhaus - landwirtschaftl. Gebäude)				
2 Einzelhaus	kleinste Gebäudesignatur (max. 10 größere Gebäude)				
3 Einzelhaus- Zeile/Block	a) Mischung von Einzelhausbebauung und größeren Gebäuden (mind. 20 Kleinstgebäude) oder b) sehr kurze Zeilen bzw. Reihen (max. 10 Gebäude 50m (1mm) oder länger)				
4 Zeile	a) überwiegend längere Gebäudezeilen, meist in Gruppen parallel angeordnet oder b) besondere Geometrien bzw. Punkthäuser mit größerem Abstand				
5 Blockrand	a) größere, überwiegend dem Straßenverlauf folgende Gebäude (max. 19 Kleinstgebäude), oder b) kleinstädtische Kerne				
6 Blockrand dicht	a) Blockränder weitgehend geschlossen und mind. vereinzelte Hofbebauung, oder b) Blockränder zu mind. ca. 50% geschlossen und intensive Hofbebauung				
7 Halle	Gewerbe- und Industriebebauung, max. 30-40 % überbaut				
8 Halle dicht + Campus	a) Großgebäude mit starkem Überbauungsgrad oder b) Gebäudekomplex, besondere Geometrien bildend (Messe, Uni-Campus etc.)				

Kartengrundlage: TK 1:50.000; Flächeneinheit: 500x500m = 25ha
(= 1x1cm in der Karte, hier vergrößert auf 2x2cm bzw. 1:25.000)

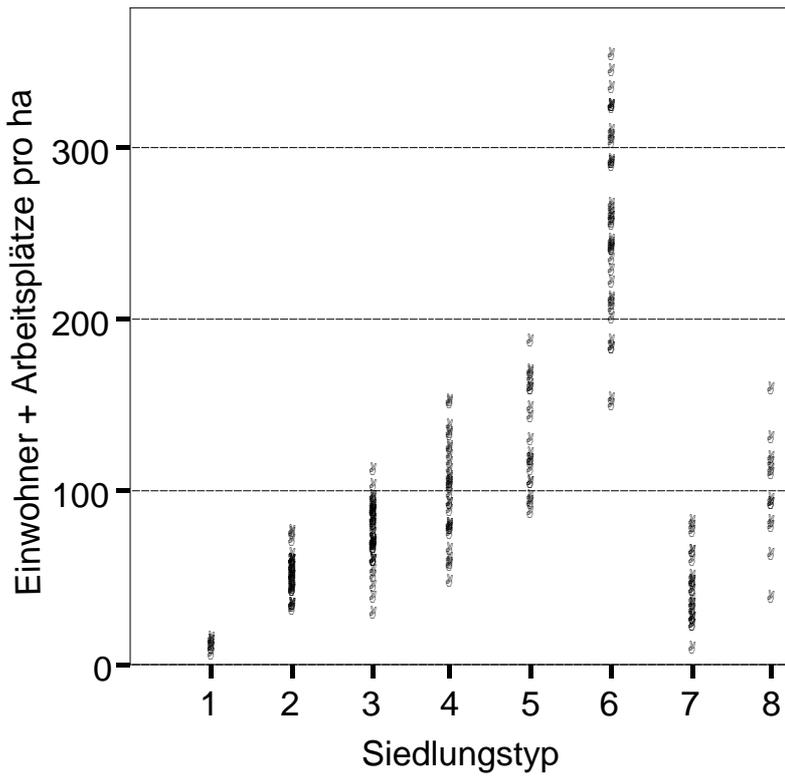


Abb.2: Streudiagramm Einwohner-Arbeitsplatzdichte nach Siedlungstyp

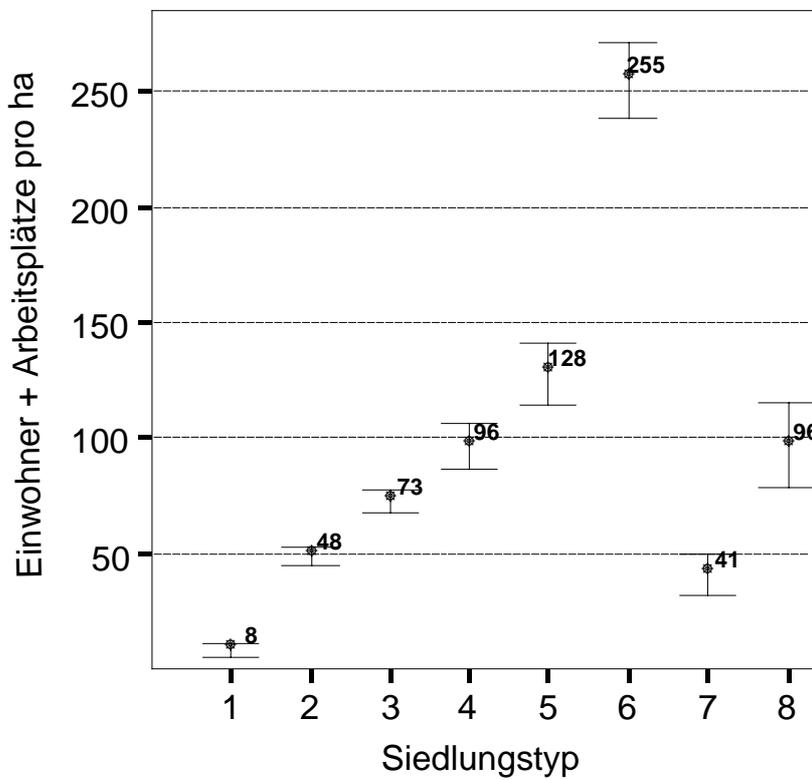


Abb.3: Mittelwerte und 95%-Fehlerbalken

Ergebnis und erste Anwendung

Die signifikante Korrelation von Einwohner-Arbeitsplatzdichte und Siedlungstyp in der TK50 erleichtert die feinkörnige Analyse großer regionaler Verkehrsräume erheblich. Es rücken Aspekte ins Bild, die auf der Basis wesentlich größerer herkömmlicher Verkehrszellen nicht erfasst werden können (siehe Tab.1). Abb.4 zeigt anhand eines Ausschnittes des Lippe-Kreises die wesentlich präzisere Abbildung der Einwohner-Arbeitsplatzdichte (EAD) als ein wichtiges verkehrsrelevantes Siedlungsstrukturmerkmal im Vergleich mit den erheblich größeren Verkehrszellen des Nahverkehrsplans (NVP) Lippe. Gerade Fragen der Angebotsqualitäten im öffentlichen Verkehr können mit den herkömmlichen Verkehrszellen nicht beantwortet werden, da die für hohe Qualitäten notwendige räumliche Konzentration von Einwohnern und Arbeitsplätzen an Haltepunkten nicht ausreichend präzise abbildbar ist.

Weitere Einsatzbereiche und Grenzen

Das beschriebene Verfahren der feinkörnigen Siedlungsstrukturanalyse durch Kombination von 500x500m-Gitter als räumlichem Bezugssystem und TK50 als Datenbasis erweist sich als gangbar und für viele Anwendungen ausreichend genau: Neben der Analyse von Verkehrsbeziehungen und Angebotsqualitäten ist sein Einsatz denkbar etwa bei Raumempfindlichkeits- und Emissionsbewertungen von Regionalflughäfen, Schnellstraßen und Schienentrassen oder bei Markt- und Standortanalysen für diverse Flächennutzungen mit entweder hohem Störpotential oder enger Bindung an Arbeitsmärkte, Kaufkraft und Einzugsbereiche. Die Schwächen des Verfahrens liegen in räumlichen und zeitlichen Veränderungen im Verhältnis von Nutzungs bzw. Einwohner-Arbeitsplatzdichte und baulicher Struktur. Der hier durchgeführte Korrelationstest basiert auf Daten der Volks- und Arbeitsstättenzählung von 1987 aus fünf größeren westdeutschen Städten. Das Verfahren erfordert in der konkreten Anwendung eine Eichung für die jeweilige räumliche und zeitliche Situation anhand von Teilbereichen der jeweiligen Untersuchungsräume. Alternativ könnten die Siedlungstypen als relative Gewichte verwendet werden, nach denen aktuelle grobkörnigere (etwa gemeindebezogene) Einwohner und Arbeitsplatzdaten auf die Zellen aufgeteilt werden. Sein Einsatz in strukturschwachen Räumen mit selektiven Entleerungstendenzen wie in einigen ostdeutschen Siedlungsbereichen ist jedoch eher fraglich.

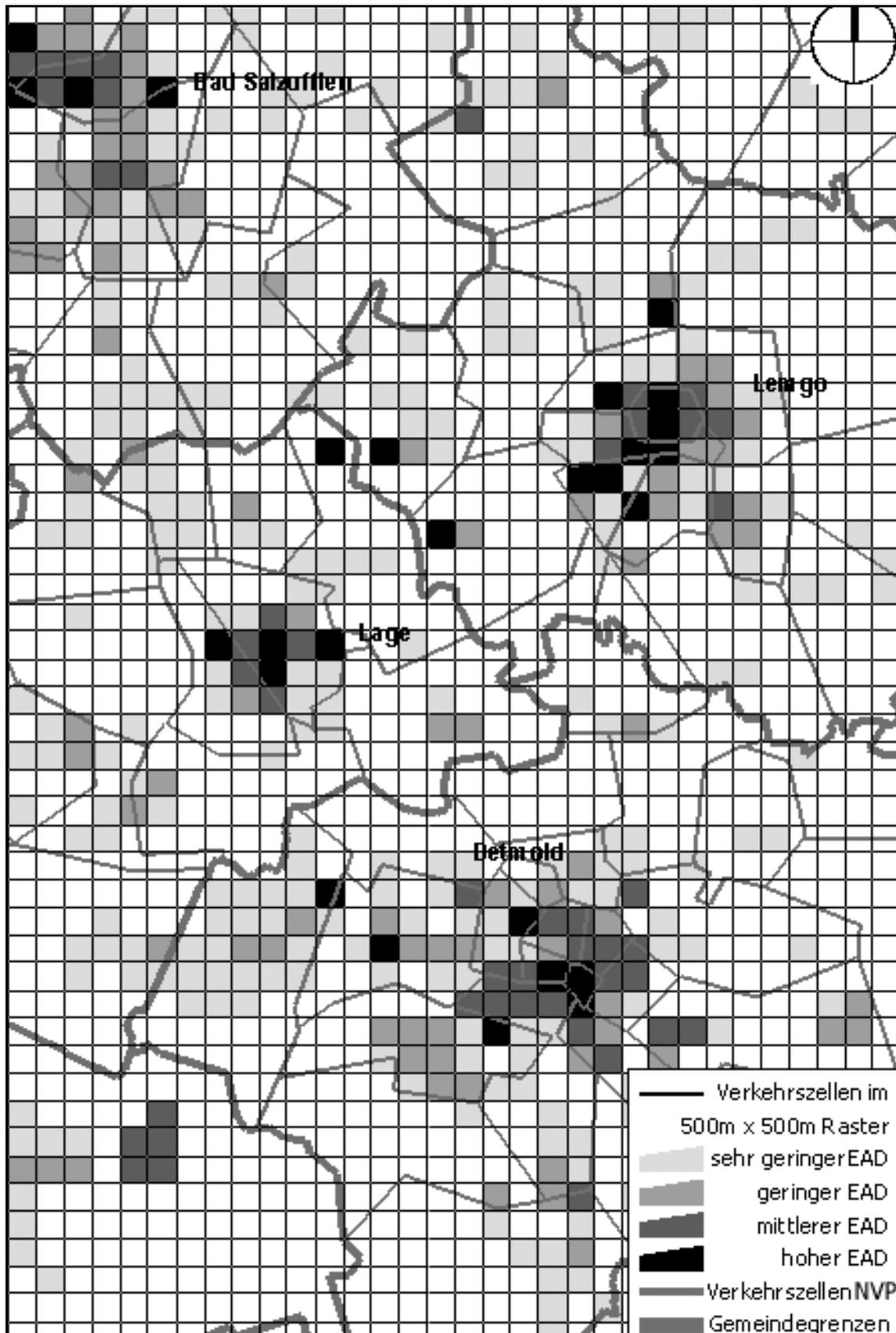


Abb.4: Einwohner und Arbeitsplätze im 500x500m-Raster - Vergleich mit klassischen räumlichen Bezugssystemen