

# Regionalisierung (post)suburbaner Faktoren mittels Fuzzy Clusteranalyse am Fallbeispiel des Wiener Umlandes

Marco HELBICH

(Marco HELBICH, Institut für Stadt- und Regionalforschung an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Postgasse 7/4/2, A-1010 Wien, marco.helbich@oeaw.ac.at)

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Artikel befasst sich mit raumstrukturellen Veränderungen im Stadt-Umland von Wien. Im Detail, inwieweit dort „suburbane“ oder aber bereits „postsuburbane“ Entwicklungsprozesse im Bereich der Stadt-Umland-Wanderung der Bevölkerung festzustellen sind und wie sich deren räumliches Verteilungsmuster charakterisieren lässt. Um detaillierte Einblicke in das komplexe Wirkungsgefüge zu erhalten, kam im Zuge der unüberwachten Klassifikation ein auf der Fuzzy Set Theorie basierender Algorithmus (Fuzzy Analysis Clustering) zum Einsatz. Als Datengrundlage dienten dabei zahlreiche mittels Geographically Weighted Regression eruierte Variablenkombinationen idealtypischer sub- und postsuburbaner Charakteristika, die eine hohe Zuzugsrate – als primäres Element der Urbanisierung im Stadt-Umland (Friedrichs und Rohr, 1975) – statistisch am aussagekräftigsten erklären. Die empirische Untersuchung zeigte, dass ausschließlich bei den raumstrukturellen suburbanen Faktoren, d.h. bei den Variablen hohe Zuzugsrate, gute Erreichbarkeit des Wiener Stadtzentrums sowie eines hohen Bodenpreises theoretisch und statistisch brauchbare Strukturen nachgewiesen werden konnten, die auf das gegenwärtige Vorhandensein von suburbanen Raumstrukturen verweisen. Die daraus resultierende Taxonomie des Wiener Stadt-Umlandes lässt eine für suburbane Entwicklungsprozesse typische konzentrische Anordnung erkennen. Desweiteren erstreckt sich diese entlang der radialen Hauptverkehrsachsen weiter ins Hinterland. Außerdem nimmt das „Suburban-Sein“ der Gemeinden mit zunehmender Entfernung zur Kernstadt sowie abseits der Hauptverkehrsachsen kontinuierlich ab. Folglich weicht das räumliche Verteilungsmuster der durch suburbane Entwicklungsprozesse geprägten Gemeinden, deutlich von den idealtypischen Vorstellungen einer postmodernen Stadtstruktur, die etwa durch eine patchwork-artige fragmentierte Raumstruktur gekennzeichnet ist, ab.

## 2 VON SUB- ZU POSTSUBURBIA

### 2.1 ...wie alles begann

Dass sich die derzeitige Stadtregionsentwicklung in einem gravierenden Wandel hinsichtlich ihrer siedlungsstrukturellen und sozioökonomischen Struktur befindet, steht außer Frage. Längst nicht mehr kann eine Stadt als *eine* administrative Einheit, gelöst von ihrem Umland, gesehen werden.

Seit Ende des 20. Jahrhunderts werden die Umländer der Städte von Suburbanisierungsprozessen geprägt und lassen die daraus resultierende Stadtregion als verstädterte Landschaft bzw. verlandschaftete Stadt erscheinen (Sieverts, 1998). Dabei entsprechen die administrativen Grenzen bei weitem nicht mehr den tatsächlichen funktionalen Verflechtungen, was ein Aufbrechen der Dichotomie zwischen Stadt und Land zur Folge hat (empirica, 2002). Dies gilt auch für die Agglomeration Wien, die sich besonders seit den 1980er Jahren aufgrund des damals noch großflächig und zu erschwinglichen Preisen verfügbaren Baulandes, der hohen landschaftlichen Attraktivität u.ä. bei gleichzeitig guten Erreichbarkeitsverhältnissen als Magnet für Bewohner aus der Kernstadt herauskristallisierte. Infolgedessen hat sich das Umland seither zum Zentrum des privaten Lebens, mit all den damit einhergehenden räumlichen Problemen wie etwa erhöhtem Pendleraufkommen infolge der Beibehaltung des Arbeitsplatzes in der Kernstadt, einem massiv ansteigenden Flächenverbrauch oder dem ästhetischen „Verwischen“ der Stadt-Land-Gegensätze, gewandelt (Friedrichs und Rohr, 1975; Friedrichs, 1983; Brake et al., 2001). Der Bevölkerungssuburbanisierung nicht genug, folgten etwas zeitverzögert der (Einzel)Handel und Industriebetriebe, die das räumliche Gefüge im Umland der Agglomerationen komplettierten (Hellberg, 1975). Idealtypisch weist eine von derartigen Prozessen geprägte Raumstruktur eine konzentrische Anordnung suburbaner Gemeinden, in unmittelbarer Nachbarschaft zur Kernstadt, auf (vgl. Abb. 1, links). Funktionale, von der Peripherie ins Zentrum gerichtete Verflechtungserscheinungen in Form von Güter-, Kaufkraft- und Pendlerströmen bestimmen das Erscheinungsbild (Loibl et al., 2002). In Summe ist die suburbane Realität fernab eines (hierarchischen) Polyzentrismus und (meist) monozentrisch konzipiert.

## 2.2 ...und wo es enden könnte

Nach Jahren bzw. Jahrzehnten des unstrukturierten Voranschreitens des Suburbanisierungsprozesses weist die gegenwärtig in den Raumwissenschaften laufende Debatte (z.B. Kling et al., 1995; Sieverts, 1998; Soja, 2000; Bölling und Sieverts, 2004; Schönig und Bodenschatz, 2004; Brake et al., 2005) auf eine gewisse Weiterentwicklung bzw. Neuausrichtung des Stadt-Umlandes zu etwas bis dato nur äußerst vage definiertem und determiniertem „Neuen“ hin. Dieses im Übergangsbereich zwischen Kernstadt und Umland liegende Neue wurde bis dato mit zahlreichen unterschiedlichen metaphorischen Labels bzw. Neologismen etikettiert, so spricht etwa Sieverts (1998) von „Zwischenstadt“, Garreau (1992) von „Edge City“, Kling et al. (1995) von „Postsuburbia“ oder Soja (2000) von „Exopolis“. All diese kreierten Labels haben eines gemeinsam, und zwar verweisen sie auf einen gewissen Reifeprozess im Sinne einer *qualitativen* Weiterentwicklung von Suburbia in den unterschiedlichsten Facetten. Es wird damit versucht, den diversen, teilweise sehr spezifischen, neuen raumwirksamen Charakteristika (terminologisch) Tribut zu zollen. Gleichzeitig wird damit auch auf die gewandelte Form von Urbanität, den sozialen und damit einhergehenden städtischen Wandel hin zu einer allgemeinen postmodernen Gesellschafts- und Stadtentwicklung verwiesen (Wood, 2003). Um terminologischen Unschärfen präventiv entgegenzutreten, wird fortan im Falle der „gereiften Suburbia“ pragmatisch von „Postsuburbia“ bzw. „Postsuburbanisierungsprozessen“ gesprochen, da sich eine solche Begrifflichkeit nicht auf einen gewissen Teilbereich der neuartigen Entwicklung, wie etwa Edge Cities ausschließlich auf Büroflächen, bezieht, sondern allumfassender angelegt ist, unterschiedlichste raumstrukturelle, ökonomische sowie demographische Phänomene umfasst und eine räumliche als auch zeitliche Komponente in sich vereint (lat. post = *nach* (zeitl.), *hinter* (räuml.)).

Ein postmoderner Wandlungsprozess im Bereich der Stadtstruktur ist theoretisch zwar (relativ) fundiert, aber empirisch auf makroanalytischer Ebene im deutschen Sprachraum bis dato nur äußerst limitiert nachgewiesen. Ein solcher kennzeichnet sich durch eine Fragmentierung der metropolitanen Stadtstrukturen in voneinander unabhängige Siedlungsbereiche, städtischen Ökonomien, Gesellschaften sowie Kulturen (Wood, 2003). Demgemäß wendet man sich von den „geordneten homogenen Strukturen“ der klassischen Stadtstrukturmodelle der Moderne, wie etwa jenen der Chicagoer Schule, ab (Hall, 1998). Desweiteren kommt es zu einem Vollständigerwerden bzw. einer funktionalen Anreicherung des Raumes und in weiterer Folge (eventuell) zu einer Emanzipation des Stadt-Umlandes von der Kernstadt (Fassmann, 2004; Brake et al., 2005). Dadurch weichen die ursprünglich radial in das Umland verlaufenden Verflechtungserscheinungen diffusen, tangential verlaufenden Interaktionsströmen (Bodenschatz und Schönig, 2004). Die Kernstadt nimmt dabei, im Gegensatz zur suburban geprägten Raumstruktur, nur mehr eine untergeordnete Rolle ein und ist nur einer von vielen Netzknoten im räumlichen System Stadtregion (vgl. Abb. 1, rechts). Resümierend ist eine idealtypische postsuburban geprägte Raumstruktur gekennzeichnet durch etliche Patches, die ihrerseits wieder spezielle Aufgaben – die nun für die gesamte Stadtregion von Bedeutung sind – übernehmen.

Dass diese neuartigen Prozesse von essentieller Bedeutung für die Raumentwicklung sind und somit eine Analyse solcher legitimieren, belegt die Aussage von Prieb (2001), dass Stadtregionen in einem solchen postsuburbanen Entwicklungsstadium vor weitaus größeren und dramatischeren Herausforderungen stehen als noch bei Suburbia.

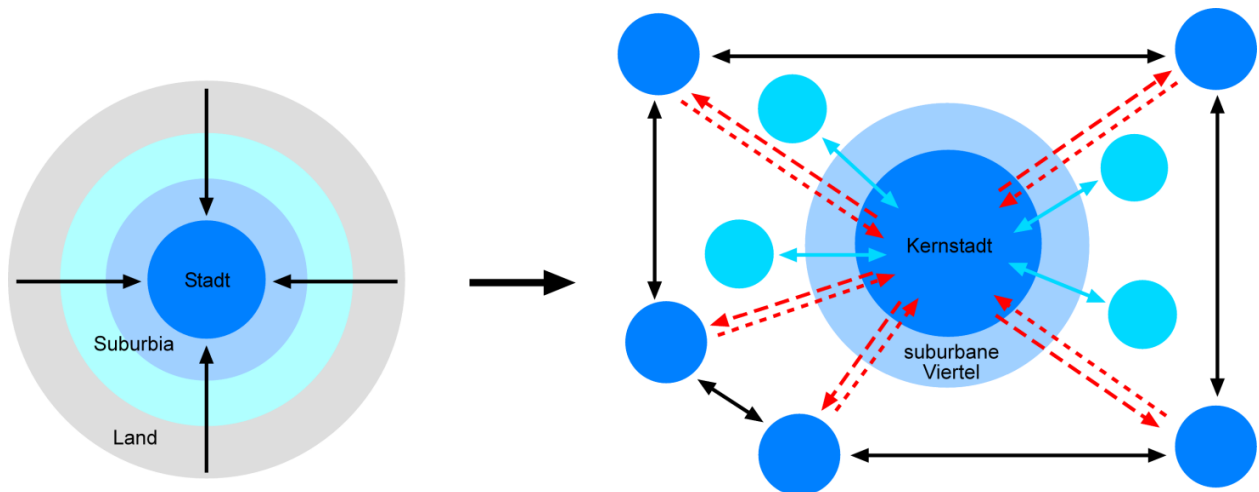


Abbildung 1: Idealtypische Raumstrukturen: Suburbia (links) vs. Postsuburbia (rechts) (nach Borsdorf, 2004)

Auf diesem theoretischen Rahmen aufbauend, lässt sich abschließend festhalten, dass der Fokus dieses Artikels in der Beantwortung der Frage liegt, inwieweit in der Stadtregion Wien (nach der Abgrenzung von Fuchs, 1997) unter dem herangezogenen Analysemaßstab (auf Basis der administrativen Einheit der Gemeinde) im Bereich der Stadt-Umland-Wanderung, bereits gewisse räumliche Teilbereiche postsuburban geprägt sind oder aber noch immer klassische suburbane Prozesse dominieren. Darauf aufbauend wird schließlich eine „unscharfe“ Taxonomie des Stadt-Umlandes erstellt und das daraus resultierende räumliche Verteilungsmuster im theoretischen Kontext von Suburbanisierungs- und Postsuburbanisierungsprozessen diskutiert.

### 3 AUSGANGSLAGE UND DATENGRUNDLAGE

Vor der eigentlichen Deskription der angewandten Methoden und der resultierenden Ergebnisse ist es zum besseren Verständnis von Nöten, vorangegangene Arbeitsschritte von der Variablenbildung bis zur Modellselktion kurz zu skizzieren (Helbich, 2008). Ausgehend von einem Datenpool, der die idealtypischen Charakteristika von sub- bzw. postsuburbanen Prozessen raumstruktureller und gesellschaftlicher Art umfasst, wurden eingangs die (meist qualitativen) Unterschiede von sub- und postsuburbanen Prozessen, gemäß der in der Literatur angeführten Charakteristika (z.B. Brake et al., 2001, 2005), als Fuzzy Sets (Zadeh, 1965) modelliert (Tab. 1). Dieser Schritt ist insofern von Nöten, da beide Prozesse mit (nahezu) identen Variablen beschreibbar sind, sich dabei jedoch im Zuge einer qualitativen Weiterentwicklung der interessierende Wertebereich verschoben hat.

Fuzzy Sets sind dabei ein probates Mittel zur Modellierung unscharfer räumlicher Phänomene bzw. um ein auf der natürlichen Sprache basierendes Wissen in mathematisch exakte Formalismen überzuführen (Leung, 1982). Es bietet eine Möglichkeit, vagen sprachlichen Konzepten bzw. dem Faktum, dass Objektklassen der Realität keine präzise Zugehörigkeit aufweisen, Herr zu werden (Biewer, 1997). Ein zentrales Element der Fuzzy Logic ist die sogenannte „linguistische Variable“, das heißt, es ist eine „variable whose values are words or sentences in a natural or synthetic language“ (Zadeh, 1994, S. 50). Dieser Zugang ermöglicht nun, im Gegensatz zu konventionellen, quantitativen Ausdrücken, eine näherungsweise Charakterisierung und Deskription von komplexen, schlecht definierten Phänomen (Zadeh, 1975). Eine Fuzzy Set  $\tilde{A}$  lässt sich formal nach Zimmermann (1987), wenn  $X$  eine Menge an Objekten  $x$  ist, wie folgt definieren:

$$\tilde{A} = \{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X \} \tag{1}$$

wobei  $\mu_{\tilde{A}}$  die Zugehörigkeitsfunktion und  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  der Grad der Zugehörigkeit im Bereich zwischen 0 und 1 liegend von  $x$  zu einer fuzzy Menge  $\tilde{A}$  ist. Dabei bedeutet ein Zugehörigkeitswert des Elements  $x$  von 0 keine Zugehörigkeit zur unscharfen Menge  $\tilde{A}$  und 1 eine volle Zugehörigkeit zu  $\tilde{A}$ . Der Zugehörigkeitswert  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  beschreibt “[...] the degree to which an event occurs, not just the probability that it occurs” (Openshaw, 1997, S. 278). Als Zugehörigkeitsfunktionen wurden hier einerseits lineare andererseits

sinusförmige Funktionen angewandt (Biewer, 1997; Leung, 1987). Auf diese Art und Weise wurden die *qualitative* Differenzen beider Prozesse (z.B. *gute* vs. *mäßige* Erreichbarkeit), die sich gegenseitig kategorisch nicht ausschließen, quantitativ fassbar. Hierzu wurden die in Tabelle 1 angeführten Fuzzy Sets bzw. Variablen gebildet.

suburbaner Prozess:	postsuburbaner Prozess:	Datenquelle:
<i>hohe</i> Zuzugsrate	<i>hohe</i> Zuzugsrate	Statistik Austria (ISIS)
<i>hohe</i> landschaftl. Attraktivität	<i>mäßige</i> landschaftl. Attraktivität	SRTM-DEM, Tele Atlas
<i>gute</i> Erreichbarkeit per MIV	<i>mäßige</i> Erreichbarkeit per MIV	Tele Atlas
<i>hoher</i> Bodenpreisindex	<i>niederer</i> Bodenpreisindex	SRF TU-Wien
<i>hoher</i> Kaufkraftindex	<i>mäßiger</i> Kaufkraftindex	Michael Bauer Research
<i>hohe</i> Maturanten- & Akademikerquote	<i>keine hohe</i> Maturanten- & Akademikerquote	Statistik Austria (ISIS)
<i>viele</i> Erwerbsspendler n. Wien	<i>viele</i> Stadtregioneinpender	Statistik Austria (ISIS)
<i>kleine</i> durchschn. Haushaltsgr.	<i>viele</i> kleine Privathaushalte	Statistik Austria (ISIS)
	<i>hohe</i> weibliche Erwerbsquote	Statistik Austria (ISIS)

Tabelle 1: Idealtypische Charakteristika von sub- und postsuburbanen Prozessen

Anschließend wurde die Responsevariable „hohe Zuzugsrate“ als primäres Element der Urbanisierung des Umlandes (Friedrichs und Rohr, 1975) mittels sämtlicher Kombinationen der suburbanen sowie postsuburbanen Prädiktoren anhand von Geographisch Gewichteten Regressionsmodellen (Geographically Weighted Regression (GWR); z.B. Brunson et al., 1996; Fotheringham et al., 2002) erklärt. Dies ist insofern von Bedeutung, da die in der vorliegenden Analyse herangezogenen Variablen auf Basis des Akaike-Informationskriteriums (AIC) vorselektiert wurden. Im Folgenden werden ausschließlich jene Modelle bzw. Variablenkombinationen zur Clusteranalyse herangezogen, die den gruppenspezifisch höchsten Erklärungsgehalt des Sub- und Postsuburbanisierungsprozesses besaßen.

Abschließend sei angemerkt, dass man mit der Verwendung solch stark aggregierter Daten wie jenen auf Gemeindeebene zwangsweise mit dem Modifiable Areal Unit Problem (Openshaw, 1984; Fotheringham und Wong, 1991) konfrontiert wird. Dies bedeutet, dass die Analyseergebnisse sensitiv gegenüber dem zugrunde liegenden Aggregationslevel und der Konfiguration der Zonierung reagieren können. Darüber hinaus ist es gemäß Ökologischem Fehlschluss unzulässig, auf Basis von aggregierten Flächendaten Schlussfolgerungen auf Individualebene zu ziehen (Wrigley et al., 1996; Fischer, 2006). Diese Punkte müssen bei der Interpretation nachfolgender Ergebnisse stets berücksichtigt werden.

## 4 FUZZY CLUSTERANALYSE

### 4.1 Methodik

Raumtypisierungen und Regionalisierungen, mit dem Fokus auf der Definition sowie Abgrenzung von Regionen, sind schon seit langer Zeit zentraler Bestandteil empirischer Wissenschaften und somit auch essentieller Bestandteil der geographischen Forschungstradition. Fischer [1982, S. 21] sieht in einer Klassifikation, „nicht nur die Grundlage der gedanklichen Ordnung und Komplexitätsreduktion [...], sondern auch [...] einen ersten wichtigen Schritt zur Hypothesenbildung und –prüfung“. Klassische Verfahren der Datenanalyse erschweren jedoch den Einblick in ein komplexes räumliches Gefüge, da diese reale Sachverhalte oftmals zu stark Vereinfachen. Der Mehrwert einer fuzzy Clusterung liegt in der Berücksichtigung der Tatsache, dass sich Regionen nicht (brauchbar) mit präzisen Demarkationslinien abgrenzen lassen bzw. diese nicht mit der Realität konform gehen. Leung (1987) plädierte aus diesem Grund, Regionsgrenzen als Gradienten zu verstehen und nicht als „clear-cut-Entitäten“, da es sich meist um kontinuierlich variierende Phänomene handelt. Dies hat zur Folge, dass einzelne Regionsgrenzen wie beispielsweise von Suburbia und der des ländlichen Raumes ineinander übergehen und regionale Differenzen nur graduelle Unterschiede sind.

Im Anschluss werden die anhand der GWR eruierten „besten Modelle“ herangezogen und mittels Clusteranalyse auf etwaige Strukturen im Attributraum hin untersucht. Ziel dabei ist es eine möglichst hohe interne Homogenität sowie externe Isolation der einzelnen Cluster zu erzielen (Everitt, 1993). Die Klassifikation erfolgte mittels der folgenden beiden partitionierenden Algorithmen (Kaufman und

Rousseeuw, 1987; Venables und Ripley, 2001), wobei zweiterer ausschließlich zur Validierung herangezogen wurde:

- Fuzzy Analysis Clustering (FANNY)
- Partitioning Around Medoids (PAM).

Die Definition der Objektdissimilarität bzw. -similarität zwischen den 183 Untersuchungsgemeinden erfolgte für beide Algorithmen mittels euklidischer Distanz  $d(i, j)$   $d(i, j)$  zwischen sämtlichen Objektpaaren  $i$  und  $j$ .

$$d(i, j) = \sqrt{\sum_{p=1}^{n=183} (x_{ip} - x_{jp})^2} \tag{2}$$

Im Falle FANNYs kommt es im Anschluss zu der Minimierung folgender Zielfunktion:

$$\sum_{v=1}^k \frac{\sum_{i,j=1}^n u_{iv}^2 u_{jv}^2 d(i, j)}{2 \sum_{j=1}^n u_{jv}^2} \rightarrow \min \tag{3}$$

wobei  $k$  die Anzahl der Cluster und  $u_{iv}$  bzw.  $u_{jv}$  die Zugehörigkeit des Objektes  $i$  bzw.  $j$  zu Cluster  $v$  ist. FANNY hat den Vorteil, dass einzelne Objekte über einen Zugehörigkeitsgrad  $u$ , der zwischen 0 und 1 liegt, einzelnen Clustern  $v$  zugeordnet werden können, d.h. dass ein Objekt zu einem gewissen Teil mit mehreren Clustern in Beziehung stehen kann (formale Fuzzy Set Definition vgl. F. 1) und nicht in einen Cluster gezwängt werden muss. Die Zugehörigkeitsgrade müssen dabei folgende Bedingungen erfüllen (Struyf et al., 1996):

- $u_{iv} \geq 0$  für alle  $i = 1, \dots, n$  und alle  $v = 1, \dots, k$
- $\sum_{v=1}^k u_{iv} = 1$  für alle  $i = 1, \dots, n$ .

Aussagen hinsichtlich der Qualität der resultierenden Partitionierung bzw. deren Unschärfe sind im Falle FANNYs mittels (normalisiertem) Dunn's Partition Coefficient ( $F_k$  bzw.  $F'_k$ ) quantifizierbar (Kaufman und Rousseeuw, 1990), der sich wie folgt berechnet:

$$F_k = \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^k u_{iv}^2 / n \qquad F'_k = \frac{kF_k - 1}{k - 1} \tag{4}$$

Im Falle des normalisierten  $F'_k$  beläuft sich dessen Spannweite auf 0 bis 1, wobei 0 für eine sehr fuzzy Clusterung und 1 für eine stark crisp ähnliche Clusterung steht. Eine quasi „Defuzzifizierung“ der Klassifikation kann im Zuge des „Closest Hard Clustering“ erfolgen. Dabei wird ein Objekt jenem Cluster zugeordnet, bei dem dieses das Maximum an Zugehörigkeit aufweist. Dies ermöglicht schließlich eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen von PAM. Bezüglich detaillierter Informationen zum PAM-Algorithmus sei in diesem Zusammenhang auf Kaufman und Rousseeuw (1990) sowie Struyf et al. (1996) verwiesen. Die Wahl der Clusteranzahl erfolgte über die iterative Maximierung der durchschnittlichen Silhouettenweiten aller Cluster  $\bar{s}(k)$  (Silhouette Coefficient, SC) bzw. dem Silhouetteplot (Rousseeuw, 1987; Struyf et al., 1996). Der Silhouetteplot visualisiert die entsprechenden Silhouettewerte  $s$  eines Objektes  $i$ , die im Bereich zwischen -1 und 1 liegen. Dabei bedeutet eine Objektklassifikation  $s(i)$  von etwa 1 eine gute Klassifikation, im Bereich von 0 eine Klassifikation zwischen zwei Clustern und von rund -1 eine schlechte Klassifikation. Eine alternative Darstellung der Clusterpartition ist der Clusterplot (Pison et al., 1999), bei dem die Mehrdimensionalität mittels der ersten beiden Hauptkomponenten auf eine

zweidimensionale Struktur reduziert wird. Zur Umsetzung wurde die Softwareumgebung R (R Development Core Team, 2007) und das *cluster*-Package (Maechler et al., 2005) verwendet.

## 4.2 Statistische Ergebnisse

Da mit Ausnahme der raumstrukturellen suburbanen Faktoren, bestehend aus den Variablen hohe Zuzugsrate, gute Erreichbarkeit, hoher Bodenpreisindex keine statistisch brauchbaren und dem theoretischen Kontext entsprechenden Ergebnisse erzielt wurden, werden im Folgenden ausschließlich jene näher behandelt. Es stellte sich heraus, dass der SC bei sämtlichen Iterationen stets bei drei Clustern das Maximum von  $\bar{s}(k) = 0.375$   $\bar{s}(k) = 0.375$  aufwies. Nach Kaufman und Rousseeuw (1990) weist ein solcher  $\bar{s}(k)$   $\bar{s}(k)$  auf eine eher schwache, über sämtliche Cluster betrachtete, Struktur hin. Der Grund dafür liegt in der geringen durchschnittlichen Silhouetteweite des zweiten Clusters ( $ave_{i \in C_2}(s_i) = 0.297$ ), der eher dämpfend auf den Gesamtwert wirkt. Im Detail betrachtet, weisen insbesondere Cluster 1 mit einem  $ave_{i \in C_1}(s_i) = 0.468$  und Cluster 3 mit einem  $ave_{i \in C_3}(s_i) = 0.393$  deutlich höhere Silhouettewerte und somit brauchbarere Ergebnisse auf. Eine graphische Visualisierung der Ergebnisse erfolgte einerseits mittels Clusterplot (Abb. 2, links), dessen erste beiden Hauptkomponenten nahezu 95% der Punktvariabilität erklären, andererseits mittels dem Silhouetteplot (Abb. 2, rechts), der die SC-Werte für jedes Objekt wiedergibt. Beide zeigen eine relativ klare Clustertrennung, was durch den normalisierten Dunn's Partition Coefficient (0.504) bestätigt wird.

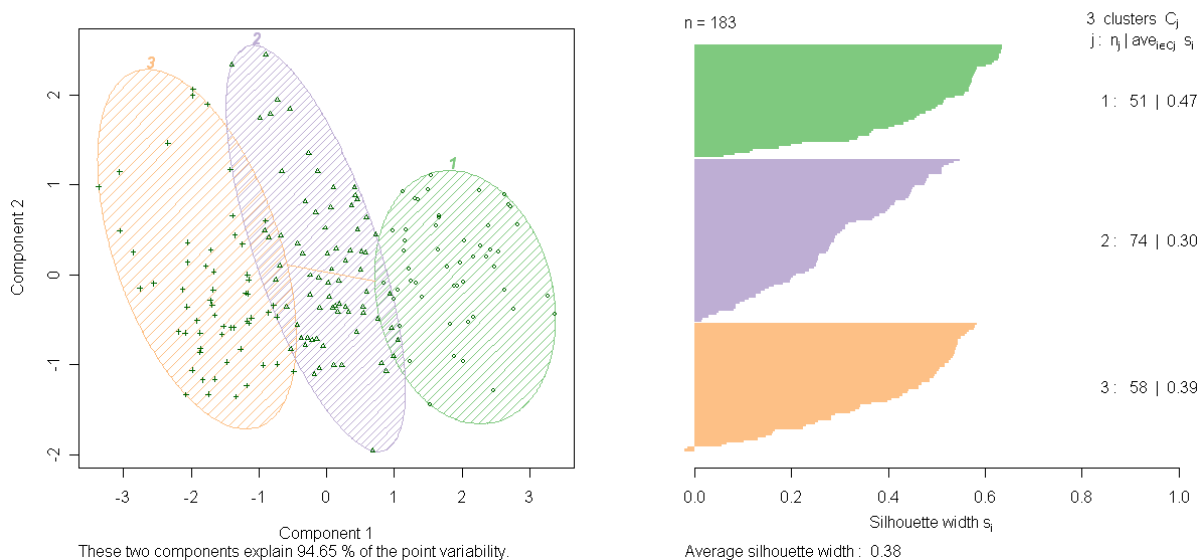


Abbildung 2: Clustervalidierung mittels Cluster- & Silhouetteplot

Zur Validierung des Closest Hard Clustering der FANNY-Klassifikation wurde selbige Analyse mittels PAM durchgeführt und anhand der Cohen's Kappa Statistik  $\kappa$  (Cohen, 1960) auf Reliabilität, d.h. die Zahl der kategorialen Übereinstimmung bezogen auf die Zahl der per Zufall zu erwartenden Übereinstimmungen, geprüft. Der signifikante  $\kappa$ -Wert von 0.958 ( $p \leq 0.001$ ) verweist nach Landis und Koch (1977) auf eine nahezu perfekte Übereinstimmung beider Klassifikationen und bestätigt somit die Validität der FANNY-Resultate. Tabelle 2 fasst sämtliche Maßzahlen bzw. Charakteristika beider Klassifikationsverfahren zusammen.

	FANNY	PAM
$\bar{s}(i)$	0.375	0.376
$\bar{s}(i)_{C1}$	0.468	0.490
$\bar{s}(i)_{C2}$	0.297	0.282
$\bar{s}(i)_{C3}$	0.387	0.408
Medoid <sub>C1</sub>	–	Königsbrunn
Medoid <sub>C2</sub>	–	Strasshof
Medoid <sub>C3</sub>	–	Guntramsdorf

Tabelle 2: Statistische Maßzahlen beider Klassifizierungen<sup>1</sup>

Zur Benennung der einzelnen Cluster kamen die in Abbildung 3 dargestellten Boxplots (Abb. 3) zur Anwendung. Die unterschiedliche Wertebereiche<sup>2</sup> abdeckenden Interquartilsabstände erlauben nun Rückschlüsse auf die Clusterbenennung. Für diese Untersuchung von essentieller Bedeutung ist Cluster 3. Interpretativ lässt sich dieser als *Suburbia* charakterisieren. Diese Gemeinden weisen mit einer hohen Zuzugsrate, guter Erreichbarkeit sowie einem hohen Bodenpreisindex die bereits in der Literatur belegten Attributeigenschaften auf.

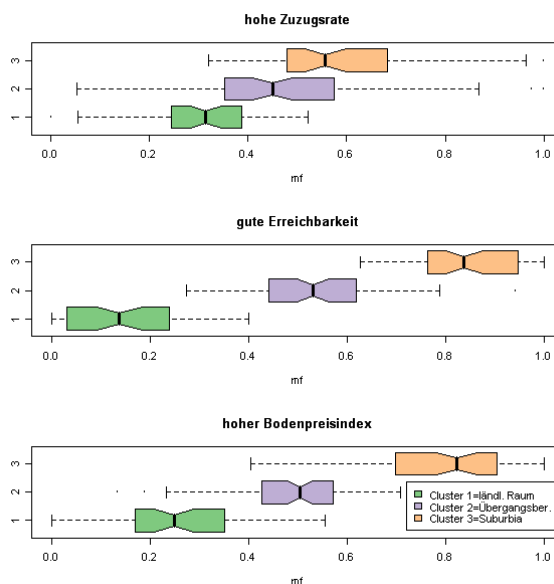


Abbildung 3: Typisierung der einzelnen Cluster mittels Boxplots

### 4.3 Diskussion der Taxonomie des Stadt-Umlandes

Nach dieser kurzen statistischen Charakterisierung stellt sich nun die Frage, ob die einzelnen, zu Cluster aggregierten Objekte ein spezifisches räumliches Muster aufweisen. Abbildung 4 visualisiert dazu einerseits die räumliche Verteilung der Cluster (links oben), bei der jede Gemeinde jenem Cluster mit der höchsten Zugehörigkeit zugewiesen wurde, andererseits die einzelnen Zugehörigkeitswerte je Gemeinde zu den drei Clustern, die bereits eine gewisse räumliche Struktur erkennen lassen.

Die konzentrische Struktur suburbaner Gemeinden, wie sie etwa von theoretischen Stadtregionsmodellen, wie etwa jenem von Boustedt (1970) gepriesen werden, wird infolge der Asymmetrie nach Norden, Osten, Süden und Westen hin durchbrochen. Boustedt (1970) geht in seinen Ausführungen von konzentrisch angeordneten Bereichen um die Kernstadt aus, die sich in eine Ergänzungszone, verstärkte Zone, Randzone und Umland gliedern, dessen Intensitäten an Bevölkerungsdichte, Verflechtungserscheinungen u.ä. sich mit

<sup>1</sup> Medoid = repräsentatives Objekte des Clusters

<sup>2</sup> Für sämtliche Variablen konnte die Nullhypothese ( $H_0 : \mu_a = \mu_b$ ) des t-Tests verworfen und die Alternativhypothese

( $H_A : \mu_a \neq \mu_b$ ) angenommen werden. Aufgrund signifikanter positiver Autokorrelation der Variablen (Moran's *I* Statistiken,  $p \leq 0.001$ ) sind die Testergebnisse verzerrt und es wäre ein modifizierter t-Test z.B. nach Cliff und Ord (1975) von Nöten.

zunehmender Distanz zur Kernstadt reduzieren. Die Ausbuchtung an suburbanen Gemeinden südlich von Wien könnte man im Sinne von Boustedt eventuell als „Suburbia der Trabanten“ – in diesem Fall von Mödling – interpretieren, die ein eigenständiges Subsystem formen. Ein weiterer Punkt, der gegen postsuburbane Entwicklungstendenzen spricht, ist das räumliche Verteilungsmuster. Diese weist dezidiert keine patchwork-artige Struktur á la Postsuburbia auf. Im Gegenteil, es werden nahezu flächendeckend um die Kernstadt hohe Zugehörigkeitswerte zum Suburbia-Cluster erzielt und dies weist wiederum eine deutliche Affinität zur idealtypischen suburbanen Raumstruktur in Abbildung 1 auf.

Im Detail weisen insbesondere die Gemeinden in unmittelbarer Nachbarschaft zu Wien hohe Clusterzugehörigkeitswerte auf und nehmen, einem zentral-peripheren Gradienten folgend, kontinuierlich ab. Da die Zugehörigkeitswerte entlang der radial in das Umland verlaufenden Hauptverkehrsachsen einem weniger rasch abnehmenden Gradienten folgen bzw. der Strukturverlauf der Hauptverkehrswege abgebildet wird, lässt sich eine deutliche Affinität konstatieren. Als Vertreter jener Gemeinden des Clusters 3 in unmittelbarer Nachbarschaft zu Wien seien beispielsweise Groß-Enzersdorf mit einem Zugehörigkeitswert von 0.95, Purkersdorf (0.94) oder Achau (0.94) erwähnt sowie entlang der Achsenverläufe etwa Guntramsdorf (0.95), Korneuburg (0.94) und Biedermannsdorf (0.93). Markant ist zugleich, dass innerhalb der Achsenzwischenräume Suburbia, bei gleichzeitig geringeren Zugehörigkeitswerten im Vergleich zu jenen mit Zugang zum höherrangigen Verkehrsnetz, weniger weit in das Umland ragt. Eine verstärkte Besiedlung der Achsenzwischenräume wäre ein weiteres Indiz für etwaige postsuburbane Entwicklungstendenzen, die abermals nicht antreffbar sind. Es ist aber anzunehmen, dass Gemeinden abseits der Hauptverkehrsadern in Zukunft infolge gewisser Übersättigungserscheinungen der klassischen Suburbanisierungsgemeinden und der dortigen sukzessiven Reduktion des verfügbaren Baulandes bzw. der Baulandreserven sowie den damit gekoppelten immensen Immobilien- bzw. Bodenpreisen u.ä. eine verstärkte Siedlungstätigkeit verzeichnen werden können.

## 5 RESÜMEE UND AUSBLICK

Die Ergebnisse der vorgestellten Analysen zeigen, dass in der Stadtregion Wien bei ganzheitlicher Betrachtung gegenwärtig im Bereich der Stadt-Umland-Wanderung der Bevölkerung ein Suburbanisierungsprozess bestätigt werden kann. Die mittels Clusteranalyse eruierte räumliche Verteilung der als suburban charakterisierten Stadt-Umland-Gemeinden weicht deutlich von einer für Postsuburbanisierungstendenzen charakteristischen patchwork-artigen Struktur ab. Stattdessen konnte eine Vielzahl an Gemeinden identifiziert werden, die „klassische“ suburbane Charakteristika aufweisen und die konzentrisch in unmittelbarer Nachbarschaft zur Kernstadt angeordnet sind. Zurückführend auf die verwendete Maßstabsebene dieser Untersuchung werden etwaige kleinräumige postsuburbane Prozesse bzw. Phänomene (gezwungenermaßen) ausgeklammert, ihre Existenz wie zum Beispiel der Wohnpark Fontana in der Oberwaltersdorf (Görgl 2005) jedoch nicht ignoriert. Es wäre jedoch etwas verwegen zu behaupten, dass die Wiener Stadtregion noch immer im „Suburbia-Paradigma“ verharret, da die Analyse auf die räumliche Standortstruktur des tertiären Sektors erweitert werden muss. Erste Ergebnisse von Punktprozessmodellierungen lassen diesbezüglich bereits neuartige, bis dato noch nicht beobachtete Entwicklungstendenzen erkennen.



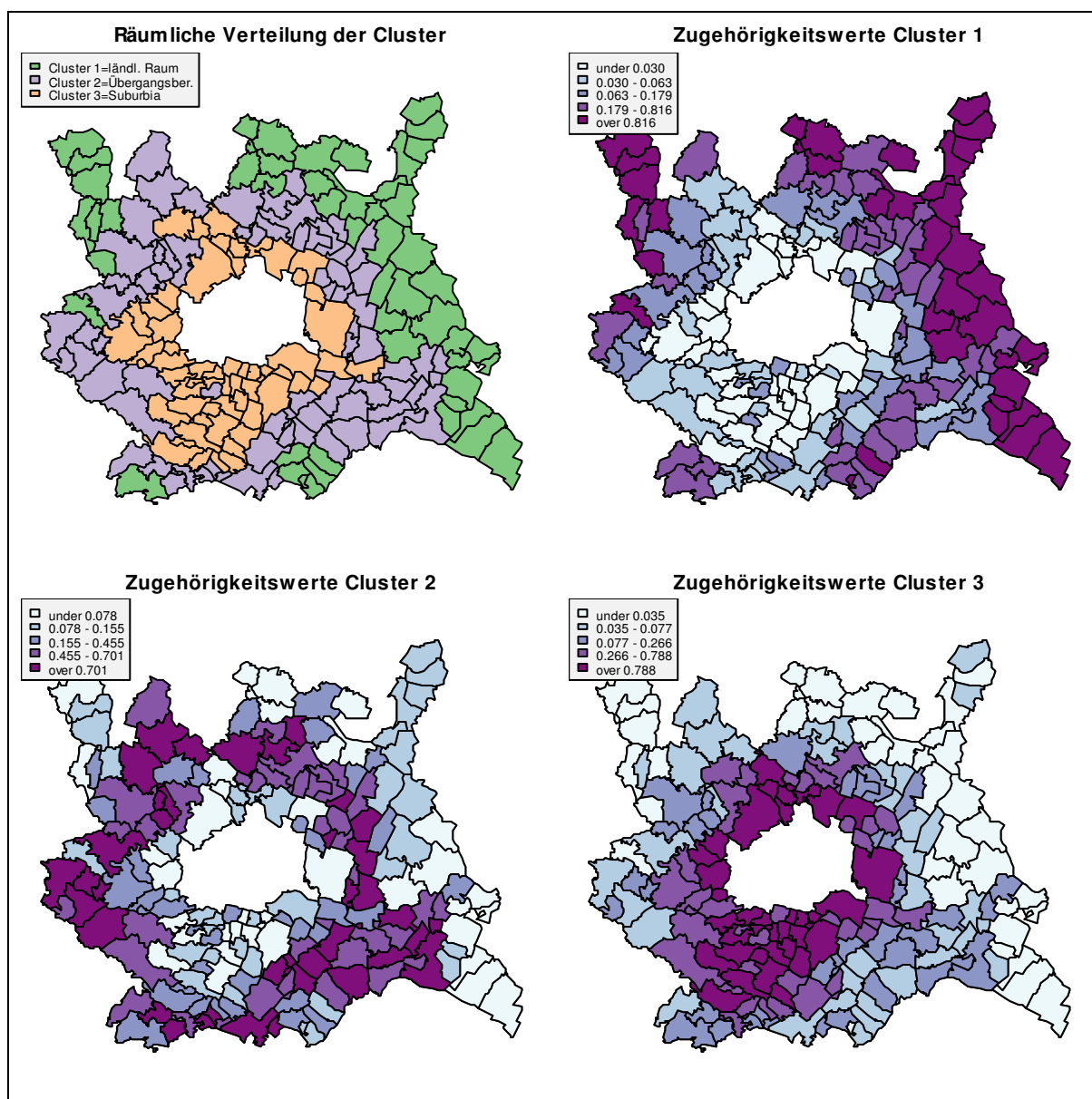


Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Cluster sowie der einzelnen Clusterzugehörigkeitswerte

## 6 LITERATUR

- BIEWER, B: Fuzzy-Methoden. Praxisrelevante Rechenmodelle und Fuzzy-Programmiersprachen. Springer, Berlin, 1997
- BÖLLING, L; Sieverts, T: Mitten am Rand. Auf dem Weg von der Vorstadt über die Zwischenstadt zur regionalen Stadtlandschaft. Zwischenstadt Band 1. Müller + Busmann, Wuppertal, 2004
- Borsdorf, A: Urban Sprawl. Workshop zu Entwicklungstrends im Großraum Wien (21.01.2004), 2004, URL: <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/step/urbansprawl.htm> (6.3.2008)
- BOUSTEDT, O: Stadtregionen. In: Akademie für Raumforschung und Landeskunde (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung, Bd. 2, Jänecke, Hannover, 1970, S. 3207-3237
- BRAKE, K; Dangschat, J; Herfert, G: Suburbanisierung in Deutschland. Aktuelle Tendenzen. Leske + Budrich, Opladen, 2001
- BRAKE, K: Der suburbane Raum als Standorttyp. In: Brake, K (Hrsg.); Einacker, I (Hrsg.); Mäding, H (Hrsg.): Kräfte, Prozesse, Akteure - zur Empirie der Zwischenstadt. Zwischenstadt Band 3. Müller + Busmann, Wuppertal, 2005, S. 9-65
- BRUNSDON, C; Fotheringham, S; Charlton, M: Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity. Geographical Analysis 28(4), 1996, S. 281-298
- CLIFF, A; Ord, J: The Comparison of Means when Samples Consist of Spatially Autocorrelated Observations. In: Environment and Planning A 7(6), 1975, S. 725-734
- COHEN, J: A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. In: Educational and Psychological Measurement 20(1), 1960, S. 37-46
- empirica: Ausmaß und Folgen der Suburbanisierung/Stadt-Umland-Wanderung in Nordrhein-Westfalen, 2002. URL: [http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/GB\\_I/I.1/EK/EKALT/13\\_EK1/EKZukunftStadteNRW\\_Empirica\\_Suburbanisierung\\_2002.pdf](http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/GB_I/I.1/EK/EKALT/13_EK1/EKZukunftStadteNRW_Empirica_Suburbanisierung_2002.pdf) (6.3.2008)
- EVERITT, B: Cluster Analysis. Arnold, London, 1993
- FASSMANN, H: Stadtgeographie I. Allgemeine Stadtgeographie. Westermann, Braunschweig, 2004
- FISCHER, M: Eine Methodologie der Regionaltaxonomie. Probleme und Verfahren der Klassifikation und Regionalisierung in der Geographie und Regionalforschung. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, Bd. 3, Universität, Bremen, 1982

- FISCHER, M: Spatial Analysis in Geography. In: Fischer, M (Hrsg.): Spatial Analysis and Geocomputation. Selected Essays. Springer, Berlin, 2006, S. 17-28
- FOTHERINGHAM, S; Wong, D: The Modifiable Areal Unit Problem in Multivariate Statistical Analysis. In: Environment and Planning A 23(7), 1991, S. 1025-1044
- FOTHERINGHAM, S; Charlton, M; Brunsdon, C: Geographically Weighted Regression. The Analysis of Spatially Varying Relationships. Wiley, Chichester, 2002
- FRIEDRICHS, J; Rohr, H-G: Ein Konzept der Suburbanisierung. In: ARL (Hrsg.): Beiträge zum Problem der Suburbanisierung. Bd. 102. Schroedel, Hannover, 1975, S. 25-37
- FRIEDRICHS, J: Stadtsoziologie. Leske + Budrich, Opladen, 1995
- FUCHS, I: Stadtregionen 1991 - Das Konzept. In: Statistische Nachrichten 2, 1997, S. 76-83
- GÖRGL, P: Structures postsuburbaines dans la region urbane de Vienne. In: Revue Geographique de l'Est 3-4, 2005, S. 133-144
- HALL, T: Urban Geography. Routledge, London, 1998
- HELBICH, M: Suburbanisation of Population and their Spatial-Structural Determinants at the Case Study of the Viennese Hinterland - a Geographically Weighted Regression Approach. (Working Paper), 2008, URL: <http://www.unet.univie.ac.at/~a9947883/hp/home.html> (6.3.2008)
- HELLBERG, H: Der suburbane Raum als Standort von privaten Dienstleistungseinrichtungen. In: ARL (Hrsg.): Beiträge zum Problem der Suburbanisierung Ein Konzept der Suburbanisierung. Schroedel, Hannover, 1975, S. 123-147
- KAUFMAN, L; Rousseeuw, P: Finding Groups in Data. An Introduction to Cluster Analysis. Wiley, New York, 1990
- KLING, R; Olin, S; Poster, M: The Emergence of Postsuburbia: An Introduction. In: Kling, R (Hrsg.); Olin, S (Hrsg.); Poster, M (Hrsg.): Postsuburban California. The Transformation of Orange County since World War II. University of California Press, Berkeley, 1995, S. 1-30
- KUNZMANN, K: Welche Zukünfte für Suburbia? Acht Inseln im Archipel der Stadtregion. In: Brake, K (Hrsg.); Dangschat, J (Hrsg.); Herfert, G (Hrsg.): Suburbanisierung in Deutschland. Aktuelle Tendenzen. Leske + Budrich, Opladen, 2001, S. 213-221
- LANDIS, R; Koch, G: The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. In: Biometrics 33(1), 1977, S. 159-174
- LEUNG, Y: Approximate Characterization of some Fundamental Concepts of Spatial Analysis. In: Geographical Analysis 14(1), 1982, S. 29-40
- LEUNG, Y: On the Imprecision of Boundaries. In: Geographical Analysis 19(1), 1987, S. 125-151
- LOIBL, W; Giffinger, R; Sedlacek, S; Kramar, H; Schuh, B; Buchinger, E: STAU-Wien. Stadt-Umlandbeziehungen in der Region Wien: Siedlungsentwicklung, Interaktionen und Stoffflüsse. CD Exemplar, ARC Seibersdorf Research GmbH, Bereich Systemforschung – Geschäftsfeld Umweltplanung, 2002
- MAECHLER, M; Rousseeuw, P; Struyf, A; Hubert, H: Cluster Analysis Basics and Extensions. R Package, 2005
- OPENSHAW, S: The Modifiable Areal Unit Problem. Concepts and Techniques in Modern Geography, Bd. 38, Geo Books, Norwich, 1984
- OPENSHAW, S: Fuzzy Logic, Fuzzy Systems and Soft Computing. In: Openshaw, S (Hrsg.); Openshaw, C (Hrsg.): Artificial Intelligence in Geography. Wiley, Chichester, 1997, S. 268-308
- Pison, G; Stuyf, A; Rousseeuw, P: Displaying a Clustering with Clusplot. In: Computational Statistics & Data Analysis 30, 1999, S. 381-392
- PRIEBES, A: Postsuburbia - Herausforderungen für stadregionales Management - Einführung zur Tagung. In: AG der Regionalverbände in Ballungsräumen und Kommunalverband Grossraum Hannover (Hg.): Postsuburbia - Herausforderungen für stadregionales Management. Bd. 90, Hannover, 2001, S. 7-11
- R DEVELOPMENT CORE TEAM: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2007. URL: <http://www.R-project.org> (6.3.2008)
- ROUSSEEUW, P: Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. Journal of Computational and Applied Mathematics 20, 1987, S. 53-65
- SCHÖNIG, B; Bodenschatz, H: Smart Growth - New Urbanism - Liveable Communities. Programm und Praxis der Anti-Sprawl-Bewegung in den USA. Müller + Busmann, Wuppertal, 2004
- SIEVERTS, T: Bauwelt-Fundamente. Bd. 118: Zwischenstadt. Zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land. Vieweg, Braunschweig, 1998
- SOJA, E: Postmetropolis. Critical Studies of Cities and Regions. Blackwell, Oxford, 2000
- STRUYF, A; Hubert, M; Rousseeuw, P: Clustering in an Object-Oriented Environment. In: Journal of Statistical Software 1(4), 1996, S. 1-30
- VENABLES, W; Ripley, B: Modern Applied Statistics with S-Plus. Springer, New York, 2001
- WOOD, G: Die postmoderne Stadt: Neue Formen der Urbanität im Übergang vom zweiten ins dritte Jahrtausend. In: Gebhardt, H; REUBER, P; Wolkersdorfer, G: Kulturgeographie. Aktuelle Ansätze und Entwicklungen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2003, S. 131-147
- WRIGLEY, N; Holt, T; Steel, D; Tranmer, M: Analysing, Modelling and Resolving the Ecological Fallacy. In: Longley, P (Hrsg.); BATTY, M (Hrsg.): Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment. GeoInformation International, Cambridge, 1996, S. 25-40
- ZADEH, L: Fuzzy Sets. In: Information and Control 8(3), 1965, S. 338-353
- ZADEH, L: The Concept of a Linguistic Variable and its Applications to Approximate Reasoning I. In: Information Sciences 8(3), 1975, S. 199-249
- ZADEH, L: Soft Computing and Fuzzy Logic. In: IEEE Software 11(1-6), 1994, S. 48-56
- ZIMMERMANN, H-J: Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems. Kluwer, Dordrecht, 1987