
Zur Analyse der Formkomplexität von Siedlungsstrukturen und ihrer Lage zum Freiraum – Ergebnisse aus Halle (Saale)

Ulrich SCHUMACHER, Anne BRÄUER und Martin BEHNISCH

Zusammenfassung

Für die Ressourceneffizienz von Siedlungsstrukturen wird die stadträumliche Kompaktheit oft als Schlüsselindikator diskutiert. Bei genauer Betrachtung zeigt sich eine deutlich vielfältigere und kontroverse Diskussion, die umwelt- und lebensqualitative Aspekte berücksichtigt sehen will. Vor diesem Hintergrund wird ein Messansatz zunächst mit zwei Indikatoren – Formkomplexität und Kernfläche – zur Analyse der Physiognomie von Siedlungsstrukturen vorgestellt und zu städtebaulichen Leitvorstellungen in Beziehung gesetzt.

1 Problemstellung

Stadträumliche Kompaktheit wird vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Entwicklung und Konzepten zur Stadtplanung und -entwicklung in vielen Disziplinen als Schlüsselindikator für die Ressourceneffizienz von Siedlungsstrukturen diskutiert (WENTZ 2000). Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur stadträumlichen Kompaktheit und Effizienz am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) in Dresden werden ausgewählte Kenngrößen auf ihre Eignung zur räumlichen Charakteristik von Siedlungsstrukturen auf verschiedenen Maßstabebenen untersucht. Hierzu wird auf den Fundus bestehender Indizes aus der landschaftsökologischen Strukturforchung zurückgegriffen und auf den Siedlungsbereich übertragen, wo dies möglich und sinnvoll erscheint (TURNER et al. 2003). Die Erprobung der Indikatoren erfolgt GIS-gestützt mithilfe von Geobasisdaten für ausgewählte und kontrastierende kreisfreie Städte in Deutschland. Erste Ergebnisse – speziell zur Formkomplexität und Kernfläche des Siedlungskörpers bzw. seiner Lage zum Freiraum – werden nachfolgend am Beispiel von Halle (Saale) als größter Stadt in Sachsen-Anhalt präsentiert.

2 Indikatoren und Geobasisdaten

Potenzielle Kenngrößen raumstruktureller Stadtanalysen können auf verschiedene Weise systematisiert werden. So findet man in einer globalen Studie über Megacities beispielsweise fünf Dimensionen urbaner Formen: „compactness, centrality, complexity, porosity and density“ (HUANG et al. 2007). Bezogen auf Mitteleuropa erscheinen folgende Kategorien zur Siedlungsphysiognomie bedeutsam: Formkomplexität, Nachbarschaft, Diversität, Randlinien, Kernflächen, Heterogenität und Zerschneidung, ergänzt um Basiskennzahlen (wie Fläche, Umfang, Dichte). Diese Kategorien wurden in einem interdisziplinären Diskussionsprozess mit Architekten und Stadtplanern vorgeschlagen. Sie scheinen geeignet, neben

dem Aspekt der Kompaktheit andere Aspekte wie die Erreichbarkeit von Erholungsräumen, die Durchgrünung des Siedlungskörpers bzw. städtebauliche Monostrukturen abzubilden. Werden die Leitbilder mit den Kategorien in Matrixform verknüpft, so können daraus Indikatoren abgeleitet werden – wie beispielsweise die Zerlaptheit des Siedlungskörpers zur Charakterisierung seiner Formkomplexität oder bestimmte Randeigenschaften der Kernfläche eines Siedlungskörpers. Damit handelt es sich um eine ähnliche Vorgehensweise wie bei einem Salzburger Projekt zu Entscheidungsgrundlagen für die Raumbewertung und nachhaltige Raumentwicklung (Research Studios Austria 2010) – allerdings stärker physiognomisch und weniger sozioökonomisch orientiert.

Im Rahmen dieses Beitrages wird auf die gesamtstädtische Ebene fokussiert. Hierzu kommen mit dem ATKIS Basis-DLM amtliche topographische Geobasisdaten zum Einsatz. Erfassungsgrundlage für das Basis-Landschaftsmodell in den ostdeutschen Bundesländern ist die Topographische Karte im Maßstab 1:10.000.

3 Konstruktion des Siedlungskörpers

Die Art und Weise der Bildung des planaren Siedlungskörpers hat entscheidenden Einfluss auf die späteren Analyseergebnisse. Der Siedlungskörper soll sich aus geeigneten Objektarten des ATKIS Basis-DLM zusammensetzen, die über GIS-Funktionen miteinander kombiniert, überlagert bzw. verschnitten werden. Dabei stellt die Ortslage die wichtigste Objektart dar – bereits mit einer gewissen Generalisierung (AdV 2003). Für die städtebauliche Hypothese zur Zerlappung wird der Siedlungskörper aus der Vereinigung der Objektarten Ortslage und bebaute Fläche (mit den Komponenten Wohnbau, Industrie/Gewerbe, Mischung sowie besondere funktionale Prägung) bestimmt. Danach erfolgt eine Aggregation dieser Siedlungspolygone mit der entsprechenden GIS-Funktion, wobei orthogonale Bauungsformen erhalten bleiben.

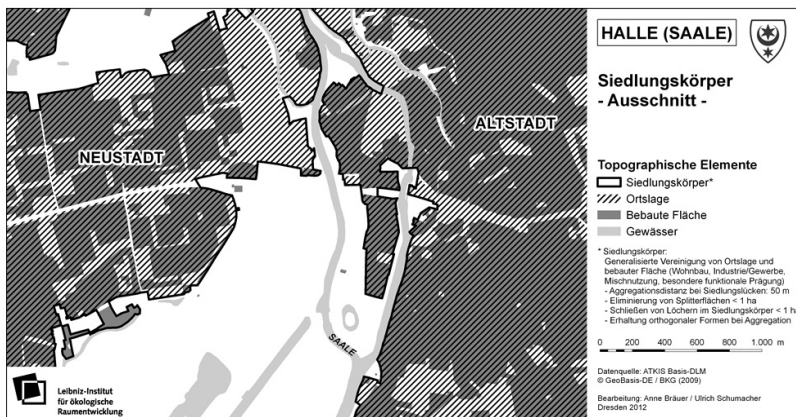


Abb. 1: Konstruktion des Siedlungskörpers Halle (Saale) – Ausschnitt

Hierzu zeigt Abbildung 1 einen Kartenausschnitt für die Stadt Halle. Die Erholungsflächen in der Saaleaue zwischen der historischen Altstadt und der Neustadt sind als Bestandteile

der Ortslage im Siedlungskörper enthalten. Durch die Polygonaggregation werden sowohl Schneisen von Verkehrsstrassen als auch Nebengewässer überbrückt, der Hauptarm der Saale bleibt jedoch als Freiraum außerhalb des Siedlungskörpers erhalten.

4 Analysen zur Siedlungsstruktur

4.1 Formkomplexität

Die städtebauliche Bedeutung der Form des Siedlungskörpers besteht z. B. darin, dass mit zunehmender Zerlapptheit einerseits der spezifische infrastrukturelle Aufwand steigt, andererseits die Auswirkungen auf die Frischluftversorgung sowie die Erreichbarkeit von Erholungsflächen positiv sind. Dabei ist die Ausprägung der Randlinien im Übergang zum Freiraum und somit die Gestalt bzw. Zerlapptheit des Siedlungskörpers von städtebaulicher Relevanz. Bei zahnartigen Auskragungen der bebauten Siedlungsfläche – also ihrer stärkeren Zerlapptheit – werden separate infrastrukturelle Erschließungsmaßnahmen erforderlich. Deshalb erscheint der Indikator Formkomplexität geeignet, Stadtstrukturen in Bezug auf die genannten Ausprägungen zu charakterisieren.

Bei der Formkomplexität spielt das Verhältnis von Randlinienlänge zu Flächeninhalt der betrachteten Polygone (engl. patches) eine zentrale Rolle. Im Allgemeinen gilt: Je stärker die Untersuchungselemente von einer geometrischen Standardform – wie beispielsweise einem Kreis – abweichen, desto größer wird die quantitative Relation. Die Formkomplexität spiegelt die Unregelmäßigkeit bzw. Zerlapptheit der betrachteten Flächen wieder.

Bei Betrachtung der Physiognomie können Landschaftsstrukturen (z. B. Waldbiotope) und Siedlungsstrukturen (z. B. Gewerbegebiete) nach Auffassung der Autoren durchaus mit denselben methodischen Ansätzen untersucht werden. Zur Quantifizierung der Formkomplexität sind einige Kennzahlen verfügbar (siehe MCGARIGAL & MARKS 1995). Im Folgenden wird auf den flächengewichteten mittleren Formindex (engl. Area Weighted Mean Shape Index, *AWMSI*) als dimensionslose Kennzahl fokussiert:

$$AWMSI = \sum_{i=1}^n (0,5 * E_i / \sqrt{\pi A_i})(A_i / A) \quad \text{Wertebereich: } [1; \infty] \quad (1)$$

E_i – Randlinie i -tes Polygon, A_i – Fläche i -tes Polygon, A – Gesamtfläche Polygone

Es wird ein modifiziertes Randlängen-Flächen-Verhältnis betrachtet, wobei größere Flächen mit stärkerem Gewicht als kleinere in die Berechnung einfließen (je komplexer die Struktur, desto größer der Indexwert). Eine günstige Eigenschaft des *AWMSI* ist seine geringe Korrelation zur Größe der Bezugseinheit – im Gegensatz zu anderen Formmaßen (vgl. SCHUMACHER & THINH 2009). Im Vergleich zu fraktalen (logarithmierten) Kenngrößen liefert dieser Index stärker differenzierte Werte für unterschiedlich strukturierte Städte.

4.2 Kernflächenanalyse

Die städtebauliche Bedeutung von Kernflächen im Siedlungskörper besteht darin, dass mit zunehmender Entfernung zum Rand des Siedlungskörpers der Freiraum mit seiner Erholungsfunktion für die Stadtbewohner schwerer erreichbar wird, Effekte auf das Stadtklima

sich ggf. verstärken sowie verschiedene Eigenschaften der städtebaulichen Charakteristik erkennbar werden. Die Konstruktion von Kernflächen erfolgt durch Berechnung eines negativen, nach innen gerichteten Puffers (engl. buffer). Die Größe des Puffers entspricht der Breite des angenommenen Randeffekts (Kernflächendistanz). Für das Fallbeispiel Stadt Halle wird ein gestaffelter Messansatz in 500-m-Schritten gewählt.

Der Verbleib von Kernflächen ist abhängig von den geometrischen Eigenschaften des Siedlungskörpers. Große Ausgangsgeometrien des Siedlungskörpers können relativ große Flächen mit signifikantem Abstand von ihren Außengrenzen beherbergen. Neben der Größe spielt die Form eine entscheidende Rolle für die Ausprägung der Kernbereiche. Lang gestreckte und zerlappte Formen des Siedlungskörpers enthalten einen relativ geringeren Kernbereich als kompakte Formen gleicher Flächengröße. Bei entsprechend komplexer Struktur kann der Siedlungskörper auch in beliebig viele, nicht zusammenhängende (disjunkte) Kernflächen zerteilt werden. Zur Charakterisierung der Kernflächen stehen verschiedene Maßzahlen zur Verfügung (u. a. Anzahl und Flächensumme der Kernflächen). Zwei Messgrößen werden zur Beurteilung der Siedlungsstrukturen und ihrer Randeffekte speziell betrachtet:

Der Kernflächenindex (engl. Core Area Index, *CAI*) setzt die resultierende Kernfläche (*TCA*) mit der Ausgangsfläche des Siedlungskörpers (*CA*) in Beziehung und drückt dieses Verhältnis in Prozent aus.

$$CAI = \frac{TCA}{CA} * 100 \quad \text{Wertebereich: } [0; 100] \quad (2)$$

Der Cority-Index (*CY*) wird als ein integrierendes Maß zur Beschreibung der Wirkung von bestimmten Kernflächendistanzen verstanden. Diese Kennzahl berücksichtigt (im Rahmen der Siedlungsstrukturanalyse) im Zähler die Anzahl der Polygone (*n*) sowie jene Fälle, in denen keine Kernfläche mehr übrig bleibt (*n₀*). Im Nenner steht die Summe aus der Anzahl der Kernflächen (*n_{CA}*) und *n₀*. Der Cority-Index drückt eine Neigung zur Bildung von Kernflächen in Abhängigkeit der geometrischen Eigenschaften des Siedlungskörpers und der gewählten Kernflächendistanz aus. Sein Maximalwert 1 indiziert, dass jeder Teilsiedlungskörper genau eine Kernfläche hat.

$$CY = \frac{n - n_0}{n_{CA} + n_0} \quad \text{Wertebereich } [0; 1] \quad (3)$$

5 Resultate und Fazit

Zur Formkomplexität des Siedlungskörpers wurde für die Stadt Halle der Index *AWMSI* mit dem Wert 4,6 bestimmt, wobei 71 Siedlungspolygone mit einem Flächenanteil von 42 % an der Stadtfläche in die Berechnung eingeflossen sind. Der Indexwert dokumentiert erwartungsgemäß eine Abweichung von der Idealform eines Kreises (*AWMSI* = 1,0) und damit eine entsprechende Zerlapptheit der planaren Physiognomie. Unter der städtebaulichen Prämisse, dass die Erreichbarkeit des Siedlungsrandes bzw. des Freiraums sich positiv auf die Lebensqualität auswirkt, wäre ein relativ niedriger *AWMSI*-Wert möglicherweise anders zu beurteilen.

Für die Analyse weiterer Städte ist es wichtig, vergleichbare Geobasisdaten – in derselben Generalisierungsstufe aufbereitet – zu verwenden. Wird eine bestimmte Landschafts- oder Siedlungsstruktur in größerem Maßstab, höherer Auflösung oder mit geringerer Generalisierung abgebildet, so erreicht der Index höhere Werte als Folge größerer Zerlapptheit der Geometrie.

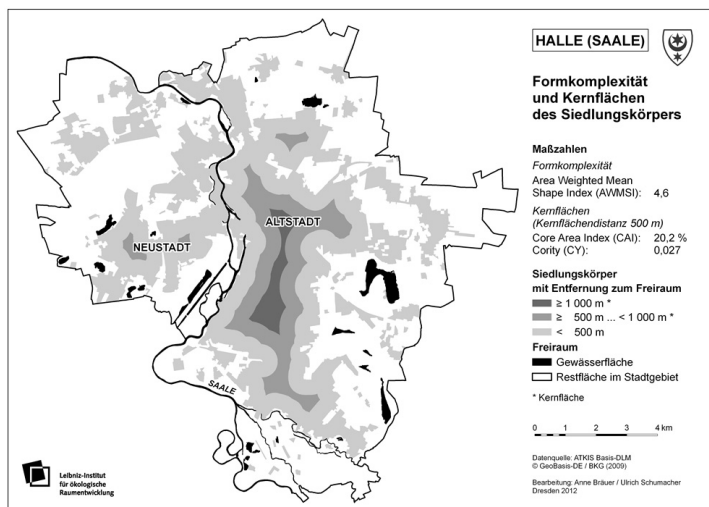


Abb. 2: Formkomplexität und Kernflächen des Siedlungskörpers in Halle (Saale)

Durch eine Kernflächenanalyse des Siedlungskörpers wurden Defizitflächen in Bezug auf die Erreichbarkeit von Freiräumen ermittelt. Die wichtigsten Ergebnisse für die Stadt Halle sind in Tabelle 1 zusammengestellt:

Tabelle 1: Ergebnisse der Kernflächenanalyse des Siedlungskörpers in Halle (Saale)

Kernflächendistanz	Core Area Index (CAI)	Cority (CY)	Kernfläche (TCA)	Anzahl der Kernflächen (n_{CA})
500 m	20,2 %	0,027	1.153,9 ha	4
1.000 m	3,4 %	0,014	196,5 ha	1

Der Cority-Index zeigt, dass nur wenige Teilsiedlungskörper Flächen mit erschwerter Erreichbarkeit des Freiraumes aufweisen. Zahlreiche kleinere Teilsiedlungskörper grenzen unmittelbar an den Freiraum. Die Kernflächen nehmen etwa ein Fünftel des gesamten Siedlungskörpers von Halle ein und sind vor allem in der historischen Altstadt, aber auch in der Neustadt zu finden (siehe Abb. 2). Eine ausführliche Analyse und Wertung der Ergebnisse ist erst im Vergleich mit weiteren Städten möglich.

In größerem Zusammenhang können die Formkomplexität und die Kernflächen des Siedlungskörpers in Verbindung mit weiteren Kenngrößen der Raumanalyse sowie üblichen statistischen Basisinformationen als Bestandteil eines umfassenden „Urban Data Minings“

(BEHNISCH 2009) analysiert werden. Dieser Ansatz eignet sich, logische oder mathematische und zum Teil komplexe Beschreibungen von Mustern und Regelmäßigkeiten in Datensätzen zu entdecken sowie daraus Erkenntnisse abzuleiten und zu bewerten. Die Verwendung von amtlichen Geobasisdaten (ATKIS) bietet die Möglichkeit, Strukturen der Stadt über einen längeren Zeitraum zu beobachten (Monitoring), in ihrer Entwicklung abzubilden sowie über Wirkungsanalysen vor allem im Sinne der Nachhaltigkeit zu bewerten.

Literatur

- AdV (2003), ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Teil D1. Version 3.2. Teilkatalog Basis-DLM. http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/ok_d1.pdf (23.03.2012).
- BEHNISCH, M. (2009), Urban Data Mining. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.
- HUANG, J., LU, X. X. & SELLERS, J. M. (2007), A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. In: *Landscape and Urban Planning* 82 (2007), 184-197.
- LANG, S. & BLASCHKE, T. (2007), *Landschaftsanalyse mit GIS*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B. J. (1995), FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Research Studios Austria – Studio iSPACE (2010), *Räumliche Siedlungsindikatoren. Entscheidungsgrundlagen für Raumbewertung und nachhaltige Raumentwicklung*. Endbericht zum Forschungsprojekt.
- SCHUMACHER, U. & THINH, N. X. (2009), Ein empirischer Analyseansatz zum Zusammenhang von Siedlungsstruktur und Naturraum. In: KOCH, A. (Hrsg.), *Mensch – Umwelt – Interaktion. Überlegungen zum theoretischen Verständnis und zur methodischen Erfassung eines grundlegenden und vielschichtigen Zusammenhangs*. Salzburger Geographische Arbeiten 45, 81-92.
- TURNER, M. G., GARDNER, R. H. & O'NEILL, R. V. (2003), *Landscape Ecology in Theory and Practice – Pattern and Process*. Springer, New York (Corr. 2nd printing).
- WENTZ, M. (Hrsg.) (2000), *Die kompakte Stadt*. Campus Verlag, Frankfurt/New York.