

# Modellansatz zur geotopographischen Analyse von Wohngebieten und urbaner grüner Infrastruktur

Ulrich Schumacher<sup>1</sup>, Iris Lehmann<sup>1</sup>, Martin Behnisch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR), Dresden · u.schumacher@ioer.de

**Zusammenfassung:** Kompaktheit, Effizienz und Umweltqualität werden als zentrale Themenfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung wahrgenommen. Bebauungsdichte und grüne Infrastruktur sollten sich komplementär ergänzen. Aufbauend auf dieser Vorstellung wurde ein komplexer methodischer Ansatz zur raumbezogenen Analyse von Groß- und Mittelstädten entwickelt. Dabei sind neben räumlichen Basiskenngrößen modifizierte Indizes aus der landschaftsökologischen Strukturforchung eingeflossen. Die Bestimmung der Kenngrößen und Indizes erfolgt GIS-gestützt auf der Grundlage bundesweit verfügbarer Geobasisdaten. Im Fokus dieses Beitrages steht exemplarisch das Spannungsfeld zwischen städtebaulicher Wohnnutzungsdichte einerseits und urbaner grüner Infrastruktur andererseits. Die Ergebnisse der Analyse werden (karto-)graphisch im Städtevergleich präsentiert.

**Schlüsselwörter:** Topographie, Raumanalyse, Stadtstruktur

**Abstract:** *Compactness, efficiency and environmental quality are perceived as key topics of sustainable urban development. Density and green infrastructure can be a complementary accomplishment. Based on this issue, a complex methodological approach for spatial analysis of large and medium-sized cities was developed. In addition to spatial basic parameters, modified indices of the landscape ecological structure research have been incorporated. The determination of the parameters and indices are GIS-supported on the basis of available nationwide official geodata. The focus of this paper is an example of the tension between urban density residential use on the one hand and urban green infrastructure on the other. The results of the analysis are presented (carto-) graphically in comparison with other cities.*

**Keywords:** *Topography, spatial analysis, urban structure*

## 1 Hintergrund

Kompaktheit, Effizienz und Umweltqualität werden als zentrale Themenfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung wahrgenommen und sind mit unterschiedlichen sozialen und wirtschaftlichen Aspekten der Stadt eng verknüpft. Sie sind Ergebnis menschlichen Handelns und werden sichtbar in den Strukturen der Städte, wie soziale und technische Infrastruktur, Flächennutzungsstruktur und Bebauungsstruktur sowie den daraus resultierenden Phänomenen, wie Bodenversiegelung oder Immissionen.

Kompaktheit, Effizienz und Umweltqualität bedingen einander, stehen aber oft zueinander in Konkurrenz. In diesem Spannungsfeld befinden sich die städtebauliche Dichte der Wohnbebauung einerseits und die urbane grüne Infrastruktur andererseits. Es handelt sich um zwei städtebauliche Merkmale, die eng miteinander verzahnt sind. Beide Merkmale sind Teilaspekte eines komplexen Untersuchungsansatzes, in dem weitere Umwelt- sowie Kompaktheits- und Effizienzmerkmale analysiert werden. Die Analysen erfolgen mithilfe von ausgewählten Indizes und Kenngrößen auf Basis geotopographischer Daten. Die Forschungsarbeit wurde am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) in Dresden durchgeführt.

Die Lage, Größe und räumliche Verteilung (strukturelle Muster) der Flächennutzung sowie der Bebauungs- und Stadtvegetationsstrukturen sind von entscheidender Bedeutung für mögliche Ökosystemleistungen (ÖSL) in einer Stadt und deren städtebaulichen Teilräumen (ARLT et al. 2005). Zwischen Stadtvegetation und stadtökologischer Qualität bestehen enge Zusammenhänge. Die Stadtvegetation übernimmt ökologische und soziale Funktionen, die in der biologischen und mentalen Gesundheit der Menschen, im Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen sowie in der Verringerung der Umweltbelastung gesehen werden (NOHL 1993). Anhand von Modellrechnungen haben LEHMANN et al. (2014) ermittelt, dass die Stadtvegetationsstruktur die Lufttemperatur auf einer offenen – im Vergleich zu einer versiegelten – Fläche verändert.

Dem gegenüber steht die zunehmende Verdichtung der städtischen Strukturen, die mit zunehmender Versiegelung einhergeht und zum Verlust an Ökosystemleistungen, wie z. B. der Regulationsfunktion, führt (SEIWEIT 2015). Andererseits korrespondiert Verdichtung mit räumlicher Nähe und erhöht folglich die Ressourcen- und Nutzungseffizienz. Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine rein quantitative Betrachtung. Diese Näherung an die Nutzungseffizienz sollte künftig mit qualitativen Einflussgrößen – wie sozialer Dichte, Erlebnisdichte, historischer Dichte – kombiniert werden (WESTPHAL 2008).

## 2 Untersuchungsrahmen

Städtebauliche Wirkungszusammenhänge können in Beziehung zu physiognomischen Merkmalen gesetzt und analysiert werden. Der Fokus der folgenden Erörterung liegt auf der Maßstabebene der Gesamtstadt nach ihrer administrativen Abgrenzung. Den Untersuchungsrahmen bilden Groß- und Mittelstädte als Kategorien aus der räumlichen Statistik (BBSR), wobei eine gewisse Mindestgröße des Siedlungskörpers für die GIS-Analyse erforderlich ist. Es wurden sieben strukturell kontrastierende Beispielstädte in Deutschland zur Erprobung des Modellansatzes ausgewählt: Aachen, Dresden, Halle (Saale), Krefeld, Landau in der Pfalz, Neubrandenburg und Oldenburg (Oldb).

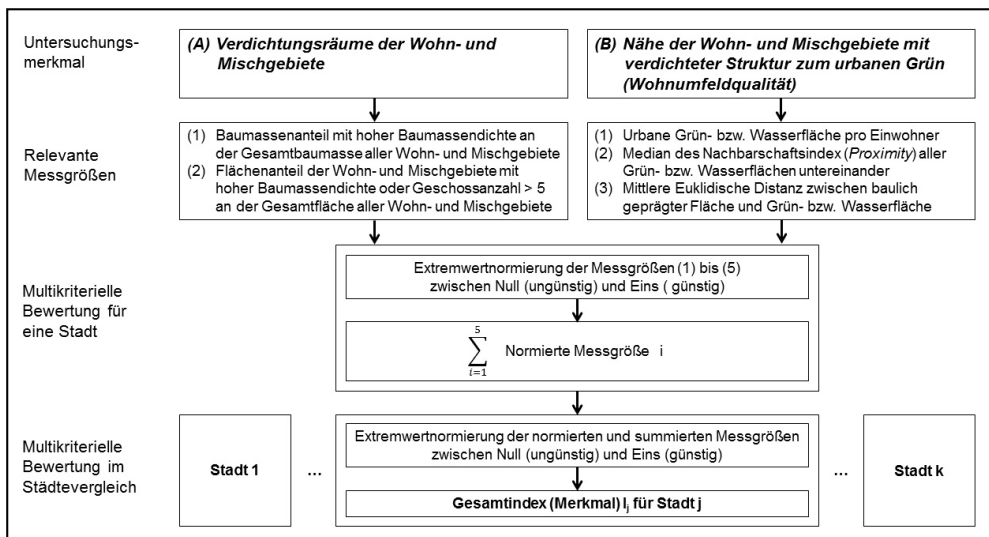
## 3 Geodaten im urbanen Kontext

Wichtigste Datengrundlage beim vorliegenden Ansatz bildet die Geotopographie (ATKIS-Basis-DLM). Damit wird der Siedlungskörper als Hauptkomponente einer funktional orientierten Physiognomie des Siedlungsraumes konstruiert. Der Siedlungskörper ist die generalisierte Vereinigung der ATKIS-Ortslage mit den baulich geprägten Flächen (SCHUMACHER et al. 2012). Für die Analyse spielen zwei Objektarten eine besondere Rolle: die Wohnbaufläche und die Fläche gemischter Nutzung. Außerdem werden die bundesweit verfügbaren Hausumringe (georeferenzierte Umringspolygone von Gebäudegrundrissen) genutzt. Es erfolgt eine Verschmelzung unmittelbar angrenzender Gebäudepolygone jeweils zu einem Gebäudeverbund. Auf der Grundlage von Gebäudetypen (insbesondere zur Wohnnutzung) werden Stadtstrukturtypen abgeleitet, welche auf die baulich geprägten Flächen nach dem Dominanzprinzip übertragen werden.

## 4 Städtebauliche Wohnnutzungsdichte und urbane grün Infrastruktur

Städtebauliche Wohnnutzungsdichte und urbane grüne Infrastruktur sind zwei Leitvorstellungen von Stadt. Einerseits wird der Zusammenhang zwischen Baumassendichte und Geschossigkeit der Bebauungsstrukturen in Wohn- und Mischgebieten sowie der Wohnnutzungsdichte betrachtet. Andererseits geht es um den Zusammenhang zwischen Anzahl und Lage der Grün- und Gewässerflächen im Siedlungskörper, insbesondere zu den verdichteten Bebauungsstrukturen. Dabei gilt es, eine hohe Wohnnutzungsdichte mit einer starken Durchgrünung im Sinne der doppelten Innenentwicklung im Siedlungskörper in Einklang zu bringen. Zur Beschreibung der Situationen werden die Beispielstädte anhand relevanter stadtstruktureller Physiognomien mithilfe der o. g. Geodaten in ihren administrativen Grenzen untersucht.

### 4.1 Methodischer Ansatz



**Abb. 1:** Schematische Darstellung des methodischen Ansatzes: Kombination von städtebaulicher Wohnnutzungsdichte und urbaner grüner Infrastruktur

Es werden zwei Merkmale miteinander kombiniert – städtebauliche Wohnnutzungsdichte und urbane grüne Infrastruktur. Damit werden die Verdichtungsräume der Wohn- und Mischgebiete sowie deren Nähe zu urbanen Grünflächen auf der Basis relevanter Messgrößen bzw. Indizes untersucht. Beide Merkmale können jeweils durch mehrere Messgrößen pro Stadt beschrieben werden. Eine Extremwertnormierung zwischen null und eins sichert die Vergleichbarkeit der Messgrößen. In einem zweistufigen Verfahren werden sie anschließend summiert sowie erneut normiert, um die multikriterielle Bewertung im Städtevergleich (Abb. 1) zu ermöglichen.

## 4.2 Städtebauliche Wohnnutzungsdichte

Die Vorstellungen von Stadt und städtischem Leben werden meist mit hoher baulicher Dichte sowie Mehr- bzw. Vielgeschossigkeit der Gebäude assoziiert. Durch eine hohe städtebauliche Wohnnutzungsdichte kann eine hohe Erschließungs- und Nutzungseffizienz erzielt werden. In solchen Stadtquartieren besteht potenziell eine große Einwohnerdichte und räumliche Nähe zu verschiedenen Infrastruktureinrichtungen. Die quantitative Nutzungsdichte der Wohnbebauung wird durch zwei Messgrößen zur Baumassendichte beschrieben, die zusammen das Merkmal (A) bilden (Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Messgrößen zur Nutzungsdichte der Wohnbebauung in den Beispielstädten

	<b>Baumassenanteil der Wohn- und Mischgebiete mit hoher Baumassendichte <math>&gt; 3,6 \text{ m}^3/\text{m}^2</math> an der Gesamtbaumasse der Wohn- und Mischgebiete</b>	<b>Flächenanteil der Wohn- und Mischgebiete mit hoher Baumassendichte <math>&gt; 3,6 \text{ m}^3/\text{m}^2</math> oder Geschossanzahl <math>&gt; 5</math>, bezogen auf die Gesamtfläche der Wohn- und Mischgebiete</b>
	[%]	[%]
Aachen	29	10
Dresden	20	8
Halle (Saale)	32	13
Krefeld	22	7
Landau i. d. Pfalz	11	3
Neubrandenburg	17	5
Oldenburg (Oldb)	4	1

## 4.3 Urbane grüne Infrastruktur

Die Art und räumliche Verteilung öffentlicher Grünflächen und Gewässer im Siedlungskörper, insbesondere in Bebauungsstrukturen hoher baulicher Dichte, sind Schlüsselfaktoren für mikroklimatische Qualität. Dabei bildet jede Stadt ihre individuelle Struktur aus. Der Einfluss öffentlicher Grünflächen und Gewässer für die Lebensqualität der Menschen in einer Stadt ist davon abhängig, wie diese räumlich verteilt sind – ob sie in der Nähe kompakter, dicht bebauter Strukturen (wie gründerzeitliche Blockrandbebauung) oder in der Nähe aufgelockerter und durchgrünter Strukturen (wie Ein- und Zweifamilienhausbebauung am Stadtrand) liegen.

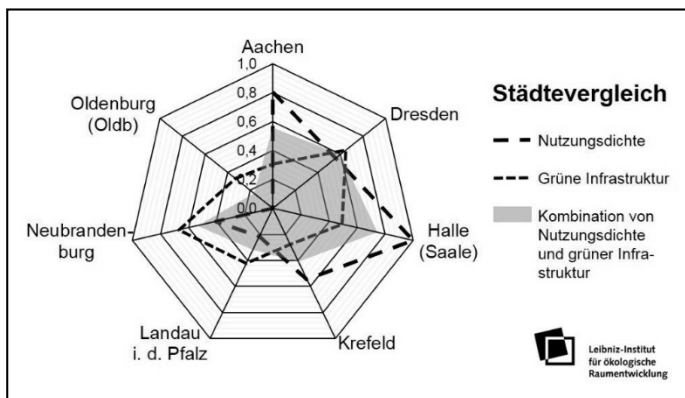
Zur Beschreibung der Situation in den Städten werden deshalb die einwohnerbezogene Fläche der urbanen Grünausstattung sowie zwei Nachbarschaftsindizes mit Bezug zum Grün (Proximity Index und Euklidische Distanz) ermittelt. Der Proximity Index als flächengewichtetes Distanzmaß beschreibt dabei die Anzahl und Größe der Grün- bzw. Gewässerflächen in einem definierten Suchradius. Mit der mittleren Euklidischen Distanz wird die durchschnittliche Entfernung zwischen baulich geprägter Fläche und Grün- oder Gewässerfläche angegeben (Tabelle 2). Je geringer diese Distanz ausfällt, desto ausgewogener ist die Verteilung grüner Infrastruktur über das Stadtgebiet. Diese drei Messgrößen bilden zusammen das Merkmal (B).

**Tabelle 2:** Messgrößen zur urbanen Grünausstattung der Beispielstädte

	Urbane Grün- bzw. Wasser- fläche pro Einwohner [m <sup>2</sup> /EW]	Median des Proximity Index (PX <sub>fg</sub> ) aller Grün- bzw. Wasserflächen untereinander (Suchradius: 750 m) [m]	Mittlere Euklidische Distanz zwischen baulich geprägter Fläche und Grün- bzw. Wasserfläche (Raster: 100 m) [m]
Aachen	23	2.340	184
Dresden	41	4.000	165
Halle (Saale)	25	5.510	169
Krefeld	31	1.520	198
Landau i. d. Pfalz	11	10.470	175
Neubrandenburg	11	16.860	158
Oldenburg (Oldb)	44	1.400	208

#### 4.4 Kombination von Nutzungsdichte und grüner Infrastruktur

Die multikriterielle Bewertung erfolgt auf Grundlage der extremwertnormierten Messgrößen, welche in metrische Skalenwerte zwischen null (ungünstigster Wert) und eins (günstigster Wert) umgewandelt werden. Wie aus dem Netzdiagramm (Abb. 2) erkennbar ist, zeigt Dresden im Vergleich der Beispielstädte die insgesamt ausgewogenste Situation. Die Kombination der normierten Ergebnisse erreicht in Halle den günstigsten Wert – durch vergleichsweise hohe Wohnnutzungsdichte, aber geringere urbane Grünausstattung. Dagegen schneidet Oldenburg bei dieser Kombination ungünstig ab – durch geringe Wohnnutzungsdichte sowie einem moderaten Wert zur urbanen grünen Infrastruktur. Hier wäre außerdem die Verteilung der Bebauungsstrukturtypen (mit jeweils typischer Grünausstattung) zu betrachten, welche im eingangs erwähnten komplexen methodischen Ansatz zur raumbezogenen Analyse von Groß- und Mittelstädten enthalten ist, aber an dieser Stelle nicht näher ausgeführt werden kann.

**Abb. 2:** Ausgewählte Ergebnisse im Städtevergleich

## 5 Fazit

Durch die Schaffung städtebaulicher Strukturen, welche hohe Wohnnutzungsdichten erzielen und gleichzeitig Grün- und Gewässerflächen als ein Netz grüner Infrastruktur in den Siedlungskörper integrieren, können die in ihrem Grundanliegen gegenläufigen städtebaulichen Anforderungen besser miteinander in Einklang gebracht werden. Die vorgestellte Methodik ermöglicht eine weitgehend automatisierte Analyse und gewichtet die Bedeutung der grünen Infrastruktur in Relation zur Bebauungsdichte.

Die Verfügbarkeit geotopographischer Daten mit gesetzlich garantierter Fortschreibung in definierten Aktualisierungszyklen bietet prinzipiell die Möglichkeit zur langfristigen Beobachtung stadtstruktureller Entwicklungen (Stadtmonitoring) in Deutschland. Der vorgestellte Ansatz wäre auf internationaler Ebene dann anwendbar, wenn vergleichbare geotopographische Daten im betreffenden Land verfügbar sind. Beim Monitoring sollte sowohl die städtebauliche Nutzungsdichte als auch die urbane grüne Infrastruktur hinreichend berücksichtigt werden.

## Literatur

- ARLT, G., HENNERSDORF, J., LEHMANN, I. & THINH, N. X. (2005), Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Grünflächen und Grünvolumen. IÖR-Schriften, 47. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (Hrsg.), Dresden.
- LEHMANN, I., MATHEY, J., RÖBLER, S., BRÄUER A. & GOLDBERG, V. (2014), Urban vegetation structure types as a methodological approach for identifying ecosystem services – Application to the analysis of microclimatic effects. *Ecological Indicators*, 42, 58-72. (Elsevier) Special Issue “Modelling urban ecosystems – new approaches to resilience and sustainability. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.036>.
- NOHL, W. (1993), Kommunales Grün in der ökologisch orientierten Stadterneuerung: Handbuch und Beispielsammlung. IMU-Institut für Medienforschung und Urbanistik, Studien, 19, München.
- SCHUMACHER, U., BRÄUER, A. & BEHNISCH, M. (2012), Zur Analyse der Formkomplexität von Siedlungsstrukturen und ihrer Lage zum Freiraum – Ergebnisse aus Halle (Saale). In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2012*. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg, Wichmann, Berlin/Offenbach, 795-800. [http://gispoint.de/fileadmin/user\\_upload/paper\\_gis\\_open/537520084.pdf](http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/537520084.pdf).
- SEIWERT, A. S. (2015), Grüne Infrastruktur. Eine kritische Auseinandersetzung mit der Entstehung, Entwicklung und Bedeutung eines Ansatzes der Raumplanung. Masterarbeit an der Technischen Universität Dortmund, Fakultät Raumplanung, Lehrstuhl Landschaftsökologie und Landschaftsplanung.
- WESTPHAL, C. (2008), Dichte und Schrumpfung. Kriterien zur Bestimmung angemessener Dichten in Wohnquartieren schrumpfender Städte aus Sicht der stadttechnischen Infrastruktur. Dissertation. IÖR Schriften, 45. Dresden.