# Zersiedelung -
# Quantifizierung eines mehrdimensionalen Begriffs

Magisterarbeit

Zur Erlangung des Magistergrades
an der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Salzburg

eingereicht von:

Wolfgang Spitzer

Salzburg im Februar 2007

# Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben:

bei meinen Eltern, Helga und Josef, für die Ermöglichung eines Studiums und ihr Vertrauen

bei meinem Betreuer, Herrn Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Josef Strobl, für die interessierte und kompetente Begleitung und für die Entfaltungsfreiheit in der Bearbeitung

bei allen Mitarbeitern der „Research Studios Austria“

bei allen Mitarbeitern des Forschungsstudios „iSpace“, insbesondere bei Herrn Mag. Thomas Prinz für Motivation und Rat in allen Stadien

bei der Jawa und dem Velorex

und besonders bei meiner lieben Petra nicht nur für die Unterstützung des gesamten Unterfangens, sondern vielmehr für das Dasein und Zurseitestehen und das Ertragen von Entbehrungen in dieser - mit mir nicht immer ganz leichten - Zeit

*Grundlagenarbeiten wurden mit Programmmitteln für die „Research Studios Austria“ (RSA) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit gefördert.*

# Inhalt


1. Einleitung ... 1
1.1. Motivation ... 1
1.2. Ziele der Arbeit ... 3
1.3. Siedlungsgeographie und Siedlungsstrukturen ... 3
1.3.1. Maßstabsebene der Objektbetrachtung ... 4
1.3.2. Dynamik und Wirkungstiefe räumlicher Prozesse ... 5
2. Der Begriff „Zersiedelung“ ... 7
3. Siedlungsstrukturelle Prozesse und Trends ... 10
3.1. Ursachen von Zersiedelung ... 13
3.2. Folgen von Zersiedelung ... 14
4. Räumliche Indikatoren ... 16
4.1. Indikatorenentwicklung ... 17
5. Untersuchungsgebiet, Datengrundlagen, Analysemaßstab, GIS ... 19
5.1. Untersuchungsgebiet ... 19
5.2. Maßstabsebene ... 20
5.3. Datengrundlagen ... 20
5.3.1. Zensusdaten ... 21
5.3.2. Verbauungskartierung ... 21
5.3.3. Flächenwidmungsplan ... 21
5.3.4. Straßennetz ... 22
5.3.5. Dauersiedlungsraum ... 22
5.4. GIS, verwendete Software ... 24
6. (Mess-)Dimensionen von Zersiedelung ... 25
6.1. Kriterien zum Gesamtausmaß ... 27
6.1.1. Dimension „Flächenverbrauch“ ... 27
6.1.2. Dimension „Dynamik“ ... 27
6.2. Effizienzkriterien ... 28
6.2.1. Dimension „Nutzungsintensität“ ... 28
6.2.2. Dimension „Konnektivität“ ... 30
6.2.3. Dimension „infrastrukturell abgestimmte Siedlungsentwicklung“ ... 31
6.3. Form- und Strukturkriterien ... 32
6.3.1. Dimension „Konzentration“ ... 32
6.3.2. Dimension „Kontinuität“ ... 32
6.3.3. Dimension „Kompaktheit“ ... 33
6.3.4. Dimension „bandartige Verbauung“ ... 34
6.3.5. Dimension „Nuklearität“ ... 35
6.3.6. Dimension „Zentralität“ ... 35
6.4. qualitative Kriterien ... 36
6.4.1. Dimension „Planungsinkonsistenz“ ... 36
6.4.2. Dimension „Ästhetik“ ... 37

6.4.3. Dimension „Nutzungsmischung“ ... 37

7. Operationalisierung der Messdimensionen von Zersiedelung: Räumliche Indikatoren und Messkonzepte ... 39

7.1. Einflussgrößen / Diskussionspunkte ... 41

7.2. Messkonzepte der Kategorie „Kriterien zum Gesamtausmaß“ ... 42

7.2.1. Indikatoren zur Dimension „Flächenverbrauch“ ... 42

7.2.2. Indikatoren zur Dimension „Dynamik“ ... 45

7.3. Messkonzepte der Kategorie „Effizienzkriterien“ ... 47

7.3.1. Indikatoren zur Dimension „Nutzungsintensität“ ... 47

7.3.2. Indikatoren zur Dimension „Konnektivität“ ... 56

7.3.3. Indikatoren zur Dimension „infrastrukturell abgestimmte Siedlungsentwicklung“ ... 69

7.4. Messkonzepte der Kategorie „Form- und Strukturkriterien“ ... 72

7.4.1. Indikatoren zur Dimension „Konzentration“ ... 72

7.4.2. Indikatoren zur Dimension „Kontinuität“ ... 83

7.4.3. Indikatoren zur Dimension „Kompaktheit“ ... 94

7.4.4. Indikatoren zur Dimension „bandartige Verbauung“ ... 101

7.4.5. Indikatoren zur Dimension „Nuklearität“ ... 103

7.4.6. Indikatoren zur Dimension „Zentralität“ ... 106

7.5. Messkonzepte der Kategorie „qualitative Kriterien“ ... 109

7.5.1. Indikatoren zur Dimension „Planungsinkonsistenz“ ... 109

7.5.2. Indikatoren zur Dimension „Ästhetik“ ... 112

7.5.3. Indikatoren zur Dimension „Nutzungsmischung“ ... 115

8. Zusammenfassung und Ausblick ... 128

9. Verzeichnisse ... 130

9.1. Indikatorenblätter ... 130

9.2. Abbildungsverzeichnis ... 130

9.3. Tabellenverzeichnis ... 134

9.4. Literaturverzeichnis ... 134

# 1. Einleitung

## 1.1. Motivation

Jegliche Formen der Landnutzung und somit ein wesentlicher Bestandteil menschlichen Wirkens - wie Wohnen, Arbeiten, Versorgen und Erholen - nimmt Fläche in Anspruch. Diese augenscheinliche Selbstverständlichkeit birgt jedoch die Gefahr einer gedankenlosen Vergeudung einer sehr schwer regenerierbaren Ressource: Grund und Boden (Lexer 2004).
Immer wieder - und in jüngster Zeit vermehrt - finden sich Schlagwörter in den Medien, gesellschaftlichen, fachlichen und politischen Diskussionen, die im Kontext zu diesem Thema stehen (Rainer 2002). In der Stadt Salzburg wird beispielsweise heftig um den Fall der so genannten „Grünraumdeklaration“ debattiert, wonach durch sie geschützte „grüne“ Landschaftsbereiche der Ausweisung neuer Wohngebiete weichen sollen, die ihrerseits wiederum dringend benötigt werden. Aber nicht nur der eigentliche Verbrauch an Fläche, sondern auch die durch die jeweilige Flächennutzung und deren räumliches Arrangement induzierten Probleme erschweren oder beeinflussen zumindest Politik und Planung und auch das individuelle Leben. Eine bereits Jahrzehnte andauernde Kontroverse ist die allgemeine Verkehrsproblematik[1] mit all ihren ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen und deren schwer abschätzbarer Tragweite (vgl. VCÖ 2005). In geringerem Ausmaß aber nicht weniger beharrlich setzt man sich auch mit nicht nur monetären Kosten und Konsequenzen anderer infrastruktureller Einrichtungen - Ver- und Entsorgungs- und Leitungsinfrastruktur wie Kanalisation, Strom- und Telefonleitungen oder auch das ohnehin umstrittene Mobilfunknetz - auseinander. Aber auch immer wieder in den Medien auftauchende Katastrophenberichte von Naturereignissen (Überschwemmungen, Muren, Lawinen) zeigen, dass die Siedlungsentwicklung vielerorts bereits in Gefahrenzonen vorgedrungen ist (Lexer 2004, Griesser und Redik 2003, Adensam, Bruck und Geissler 2002).
All diese Themenfelder - eine Auflistung dieser wäre noch länger weiterzuverfolgen - sind auch zumindest mittelbarer Gegenstand von Leitlinien und Grundsätzen im Kontext „nachhaltiger Entwicklung“, die u. a. als Grundprinzipien in der Rio-Deklaration, der Agenda 21 und vielen anderen - vor allem auch lokalen und regionalen - Entwicklungsstrategien und -programmen verankert sind. Prinzipiell bereits im 17. Jahrhundert entwickelt, hält der Nachhaltigkeitsgedanke seit der Mitte des 20. Jahrhunderts verstärkt in das politische, wirtschaftliche und auch individuelle Leben Einzug (Bundesregierung Österreich 2002, Oesten 2004). Ein essentielles Element von Nachhaltigkeitsstrategien ist der sorgsame Umgang mit natürlichen Ressourcen und somit auch Grund und Boden (Bundesregierung Österreich 2002). Infolgedessen spielt die Frage wo und wie wir Menschen leben und somit unsere Grundfunktionen und -bedürfnisse wie Wohnen, Arbeiten, Versorgen und Erholen erfüllen und befriedigen, eine ebenso wichtige Rolle. Daher sind nicht nur allein die

[1] Dabei können allerdings für das Verkehrswachstum keineswegs primär siedlungsstrukturelle Prozesse verantwortlich gemacht werden (Krämer-Badoni, T. und G. Wilke, 1997).

eigentliche Flächennutzung und der damit einhergehende Flächenverbrauch sondern vornehmlich auch die räumliche Anordnung von Nutzungen von Tragweite.
Mit dem schwer zu fassenden Begriff „Zersiedelung“ (siehe hierzu Kap. 2) werden nun - nicht nur - diese negativen strukturellen Eigenschaften und Entwicklungen von Siedlungen gerne zusammengefasst und kommuniziert. Eine fehlende sowohl wissenschaftliche als auch alltagssprachliche Konvention zur Bedeutung von „Zersiedelung“ (Siedentop 2005) erschwert die Erstellung einheitlicher und akzeptierter quantitativer Messverfahren zum Zersiedelungsproblem. Solche Messverfahren und Indikatoren können und sollen Fortschritte und Entwicklungen quantitativ belegen, die Entscheidungsfindung transparenter gestalten und optimieren (vgl. Prinz 2006, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992) und einen nachvollziehbaren Vergleich sowie eine Bewertung ermöglichen.
Die indikatorenbasierte Beschreibung und Analyse von Zersiedelung beruht meist auf zwei Datengrundlagen: Zensusdaten der amtlichen Statistiken (vgl. bspw. Malpezzi 1999, Doubek und Zanetti 1999, Galster et al. 2001) oder Fernerkundung (vgl. bspw. Steinnocher und Tötzer 2001, Steinnocher et al. 2005, Sudhira, Ramachandra und Jagadish, 2004, Kent et al. o. D.). Die Vorteile der einen sind jedoch die Nachteile der anderen und umgekehrt: So geben Zensusdaten sehr detaillierte Informationen über verschiedenste zersiedelungsrelevante Themenbereiche (Demographie, Gebäudezahl und -nutzung, Wohnraumanzahl und dgl.) preis, sind bezüglich der Genauigkeit der räumlichen Lage jedoch eher gering oder gar unzureichend auflösend (vgl. Schöpfer 2001, Steinnocher et al. 2006). Grund hierfür ist die aus verschiedenen historisch-praktischen und datenschutzrechtlichen Gründen erforderliche Aggregation auf administrative Einheiten, Zählsprengel oder allenfalls Baublöcke.
Fernerkundungsdaten hingegen repräsentieren die räumliche Komponente bis in den Submeterbereich mit einer hohen Genauigkeit, inhaltlich entbehren sie jedoch aufgrund ihrer Genese komplexeren Informationsgehalts bezüglich siedlungsstruktureller Eigenschaften (bspw. Gebäudenutzung, demographische Merkmale). Es existieren allerdings auch Ansätze zur Kompensation der jeweiligen Schwachpunkte durch entsprechende Integration beider Varianten (Steinnocher und Köstl 2002, Meinel et al. 2000).
Bis zu einem gewissen Grad kompensiert eine - in Österreich neue - Datengrundlage die Schwächen der beiden oben genannten. Die nun von der Statistik Austria eingeführte koordinatengebundene Verspeicherung von Zensusdaten erlaubt nicht nur die Aggregation auf die üblichen administrativen Einheiten wie Zählsprengel oder Gemeinden, sondern auch die flexible Aggregation auf nahezu beliebige Bezugsgebiete (Wonka 2006). So bietet die Statistik Austria hinkünftig Daten der Volks-, Gebäude - und Wohnungszählung, sowie der Arbeitsstättenzählung 2001 auch auf Grundlage von Aggregationsrastern mit Seitenlängen von 125 m aufwärts - abhängig von Datenschutz und Aufgabenstellung - an (Kaminger und Wonka 2004, Prinz, Strobl und Wonka 2004). Damit ergeben sich neue, vielversprechende Möglichkeiten zur quantitativen Beschreibung von Siedlungsstrukturen und auch des Phänomens „Zersiedelung“.
Vorhandene Indikatoren und Messkonzepte zur Analyse von Zersiedelung sind sehr facettenreich und vielfältig. Sie reichen von einfachen Dichte- und Flächenbilanzen bis hin

zur Abbildung struktureller Eigenschaften des Flächennutzungsmusters (Siedentop 2005). Indikatoren sind jedoch stets ein Kompromiss zwischen einer nicht mehr zu bewältigenden Datenflut und einer Informationsverdichtung, deren hoher Abstraktionsgrad eine Interpretation nicht mehr erlaubt (Diefenbacher 2001). Dieser Kompromiss kann daher „nur einen bestimmten Teilaspekt des Gesamtproblems beschreiben, was letztlich zu einer Fülle von Indikatoren führt“ (Meinel et al. 2000 S. 239), die ihrerseits aus Gründen der Praxistauglichkeit ungünstig erscheint. Die Kommunizierbarkeit von Indikatoren in der planungspraktischen Anwendung oder politischen Diskussion und somit der tatsächliche Einsatz wiederum ist von nicht zu unterschätzender Bedeutsamkeit und somit gleichsam ein existenzieller Faktor. Bleibt dies unbeachtet, bleibt auch bzw. verkommt der Begriff „Zersiedelung“ zu einem Schlagwort (siehe auch Rainer 2002), bei dessen Verwendung es daher fachlich-planerischen und politischen Prozessen an Sachlichkeit fehlen kann.

## 1.2. Ziele der Arbeit

Die vorliegende Arbeit versucht, Grundüberlegungen vorhandener Messkonzepte und Indikatoren auf einer mittleren Maßstabsebene (angestrebte Aussagen für Gemeinden) zum Themenkomplex „Zersiedelung“ zu erarbeiten und in einen siedlungsgeographischen Rahmen zu stellen. Für den schwer fassbaren Begriff „Zersiedelung“ muss hierfür eine Konkretisierung im Sinne seiner einigermaßen einheitlich angenommenen Eigenschaften gefunden werden. Letztere ergeben sich aus dem Begriffsverständnis und den verwendeten Messverfahren des vorhandenen einschlägigen Schrifttums. Dabei gilt es als erstrebenswert, einen überschaubaren und strukturierten Katalog an vorhandenen Indikatorenansätze als Diskussionsgrundlage zusammenzutragen, welcher die so abgeleiteten Messdimensionen von Zersiedelung möglichst gut abbildet und operationalisiert, gleichzeitig aber auch Transparenz und somit angemessen leichte Anwendbarkeit bietet. Für die Auswahl dieser Messverfahren ist zudem auch die Bedingung gegeben, dass für das Bundesland Salzburg möglichst keine neuen Daten erhoben werden müssen, sondern vorhandene - ohnehin meist periodisch aktualisierte bzw. neu erhobene - kleinräumige Grundlagen (Statistik Austria, SAGIS etc.) in Wert gesetzt werden können und somit eine einfache Umsetzbarkeit auch in Zukunft gewährleistet ist. Besonderes Augenmerk wird auch auf die Kommunikation von Indikatoren und deren Berechnungsverfahren in Hinblick auf ihre planerische Verwertbarkeit gelegt. Dies wird u. a. mit einem prototypischen Indikatorenblatt versucht, indem die gewohnte Sicht von räumlichen Indikatoren als Karte mit den wichtigsten, für das Verständnis dieser Indikatoren notwendigen, Informationen ergänzt wird. Die Diskussion der Messkonzepte erfolgt sowohl auf einer methodisch-konzeptionellen Ebene als auch teilweise anhand einer exemplarischen Umsetzung. Dabei gilt nicht die Absicht, das Untersuchungsgebiet einer Zersiedelungsanalyse zu unterziehen. Vielmehr soll anhand von Testdaten die Umsetzbarkeit erprobt und die Diskussion der Methoden unterstützt werden.

## 1.3. Siedlungsgeographie und Siedlungsstrukturen

Die Literatur lässt mehrere Ansätze zur Einordnung der Siedlungsgeographie und somit auch der Analyse von Siedlungsstrukturen, zu der sich die vorliegende Arbeit zählen lässt,

innerhalb des Wissenschaftsgebäudes der Geographie zu (siehe hierzu Lienau 2000, Leser 1997, Lichtenberger 1998, Heineberg 2001). Die wesentlichen Gemeinsamkeiten liegen in der Auffassung von Siedlungen als Raumkategorien, Raumtypen oder auch Siedlungstypen, denen eine gewisse räumliche Ausdehnung eigen ist.

Den unterschiedlichen - das Objekt Siedlung behandelnden - Fragestellungen und Aspekten entspricht auch eine Fülle an Betrachtungsperspektiven. Diese reichen von einer historisch-genetischen bis zu einer prognostischen Arbeitsweise (Lienau 2000). Innerhalb der Siedlungsgeographie kann die gegenständliche Arbeit (vgl. hierzu Heineberg 2001, Lienau 2000) am ehesten in den Bereich der quantitativen oder der angewandten Siedlungsgeographie (Raumordnung, Raumplanung und andere in diese Richtung arbeitende Wissenschaften) eingestuft werden.

Mit dem Begriff „Siedlungsstruktur“ wird nun - neben den obigen zeitlichen und wissenschaftstheoretischen Betrachtungsperspektiven - der „Aufbau und das Gefüge einer Siedlung oder der Siedlungen insgesamt im Siedlungsraum“ bezeichnet (siehe Leser 1997). Lienau (2000, S. 17) entsprechend sind die „wichtigsten Aspekte und Forschungsrichtungen zur faktischen, objektiven Raumerfassung“ und somit eine Konkretisierung von Siedlungsstruktur die Größe und Gestalt der Siedlungen und ihrer Nutzflächen, die Funktion, Infrastruktur und sozioökonomische Struktur von Siedlungen, die innere Gliederung der Siedlungen und die Lage und Verteilung der Siedlungen (siehe hierzu auch bspw. Kleimann 1999).

Diese bereits weniger abstrakte Auffassung findet vor allem in konkreten, anwendungsbezogenen Arbeiten ihre hierfür gültige Präzisierung. Interessieren bspw. Infrastrukturkosten (bspw. Doubek und Zanetti 1999 oder Schiller und Siedentop 2005), so werden je nach Maßstabsebene (siehe hierzu Kap. 1.3.1) unterschiedliche Parameter die betrachtete Siedlungsstruktur bestimmen.

### 1.3.1. Maßstabsebene der Objektbetrachtung

Dem Betrachtungsmaßstab - dem räumlichen Bezugssystem - kommt eine entscheidende Rolle bei der siedlungsstrukturellen Analyse zu. Mehrere Maßstabsebenen für siedlungsgeographische Darstellungen lassen sich nach der verfügbaren Literatur (Lichtenberger 1998, Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004, Feng 2004, Heineberg 2001, Lienau 2000) feststellen. Diese reichen neben dem gänzlichen Fehlen eines konkreten Raumbezuges von nationalen und überstaatlichen Betrachtungen bis zur Ebene des individuellen Handelns der Akteure (vgl. Abb. 1).

Hierbei gilt es den Raumbezug für Maßzahlen von der Raumeinheit der Daten zu unterscheiden. Ersterer - der Raumbezug - ist jener räumliche Maßstab, für den Aussagen zu bestimmten Interessen getätigt werden. Dieser Raumbezug kann auf einer Makroebene bspw. die Gesamtstadt, in größeren Maßstäben eine entsprechend kleinere Raumunterteilung (z. B. Kommune) sein. Die Raumeinheit hingegen kommt der Auflösung der Daten gleich, die in die Berechnung einer Maßzahl einfließen, und muss daher in der Regel (mit Ausnahme von bspw. Methoden der räumlichen Disaggregation statistischer Daten (vgl. Steinnocher 2005b)) immer kleiner oder maximal gleich groß dem verwendeten Raumbezug sein.

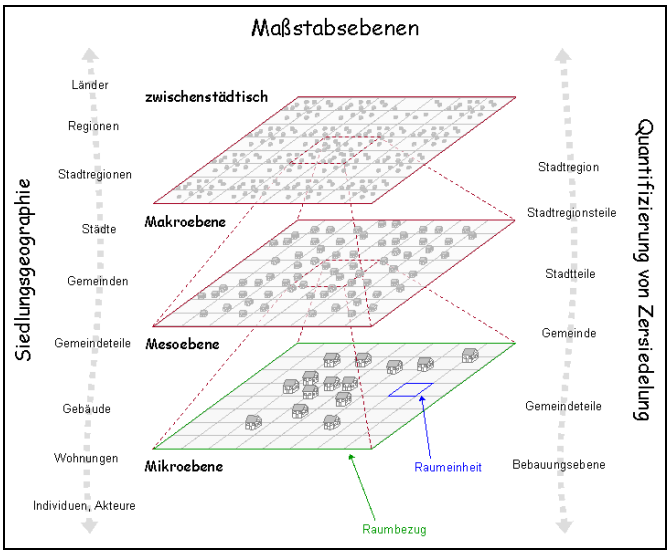



Abb. 1: Maßstabsebenen der siedlungsgeographischen Betrachtung (erstellt nach Lichtenberger 1998, Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004, Feng 2004, Heineberg 2001, Lienau 2000)

Die Auswahl eines geeigneten Analysemaßstabes ist aber nicht nur vom Interesse der Fachdomäne geleitet. Bedingung für eine quantitative Beschreibung siedlungsstruktureller Erscheinungen sind verfügbare, reliable raumbezogene Datengrundlagen (Steinnocher und Tötzer 2001). Daher obliegt die Maßstabsebene einer Analyse sowohl dem Erkenntnisziel des Arbeitsgebietes als auch dem Vorhandensein von Daten, sodass sich diese beiden Seiten einem adäquaten Betrachtungsmaßstab - meist als Kompromiss - annähern müssen. Die einschlägige Literatur zur quantitativen Analyse von Zersiedelung weist viele der möglichen Maßstabsebenen auf. Knaap et al. (2005) verwenden u. a. die verschiedenen Zugänge im Maßstab als Gliederung für eine umfassende Zusammenschau von Quantifizierungsansätzen zum Thema Zersiedelung. Dabei werden als Raumbezug die Maßstabsebene der Stadt-Region, der Stadtteile bzw. Stadtregionsteile, Gemeinden oder Gemeindeteile sowie die Bebauungsebene identifiziert (vgl. Abb. 1).

### 1.3.2. Dynamik und Wirkungstiefe räumlicher Prozesse

Eng mit der schwer reversiblen Eigenschaft menschlicher Siedlungstätigkeit verbunden sehen Franck und Wegener (2003) die Dynamik städtischer Veränderungsprozesse (vgl. hierzu Tab. 1). Um definitorische Probleme (langsamer / schneller Prozess) zu meiden, wurde von den Autoren hierfür eine Anzahl von Beschreibungsdimension (Reaktionszeit, Wirkungsdauer, Wirkungstiefe, Reversibilität) auf der Basis eines Reiz-Reaktionsschemas erstellt, wobei räumliche Prozesse (Reiz) mit ihrem Bestand (Ergebnis des Prozesses) dargestellt werden.

| Ebene | Prozess | Bestand | Reaktions-zeit Jahre | Wirkungs-dauer Jahre | Wirkungs-tiefe | Reversi-bilität |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Langsam | Straßen- und Eisenbahnbau | Straßen, Eisenbahnen | 5-10 | > 100 | niedrig | fast keine |
| | Industriebau Industrie | Industriebauten | 2-3 | 60-80 | niedrig | niedrig |
| | Wohnungsbau | Wohnbauten | 3-5 | 50-100 | niedrig | sehr niedrig |
| 2 Mittlere Geschwin-digkeit | Wirtschaftlicher Strukturwandel | Arbeitsplätze, Arbeitslosigkeit | 2-5 | 10-20 | mittel | hoch |
| | Demographi-scher Wandel | Bevölkerung, Haushalte | 0-70 | 0-70 | mittel | teilweise |
| | Technische Veränderungen | Verkehrsmittel, Kommunika-tionssysteme | 3-5 | 10-15 | mittel | keine |
| 3 Schnell | Betriebs-verlagerungen | Beschäftigung | < 1 | 5-10 | hoch | hoch |
| | Umzüge | Wohnungs-belegung | < 1 | 5-10 | hoch | hoch |
| | Veränderung Aktivitäten | Verkehr, Kommunikation | < 1 | 2-5 | hoch | hoch |

Tab. 1: Dynamik städtischer Veränderungsprozesse (aus Franck und Wegener 2003)

Die Bautätigkeit stellt demnach die langsamsten aber auch persistentesten Prozesse dar. Siedlungen und deren Strukturen resultieren aus generationsübergreifenden kumulativen Bemühungen und werden selbst durch katastrophale Ereignisse im Wesentlichen kaum modifiziert. Veränderungsraten sind gering und deren Resultate kaum umkehrbar. Sozioökonomische, demographische und technische Veränderungen sind Prozesse mittlerer Geschwindigkeit. Sie sind Spiegelbild der Art der Nutzung der Siedlungsstruktur, der Wirtschaftszyklen, Innovationen, Konsumgewohnheiten, individuellen Lebensgestaltung oder sind aber auch exogen vorgegeben und werden mittelfristig wirksam. Zu den schnellen und auch flüchtigsten Veränderungsprozessen werden Bewegungen von Menschen, Gütern und Information gezählt. Langfristig betrachtet sind sie Gewohnheitsmuster und prinzipiell reversibel (Franck und Wegener 2003, vgl. auch Mattanovich 2002 oder Heckl et al. 2003).
Menschliche Siedlungstätigkeit ist also im Wesentlichen von ihrer großen Beständigkeit geprägt, weshalb auch raumplanerischen Maßnahmen ein nicht unwesentliches Gewicht und Bedeutsamkeit im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung beigemessen werden kann.

# 2. Der Begriff „Zersiedelung“

Eine deskriptive Untersuchung von realen Phänomenen - wie sie im Folgenden hier angestrebt wird - erfordert die vorherige Präzisierung eines betrachtungswürdigen Gegenstandes (vgl. Jaeger und Bertiller 2006). Hierbei können in der Regel Definitionen zu Begriffen hilfreich sein.

Bei der Durchsicht der einschlägigen Fachliteratur wird dem Interessenten jedoch zu „Zersiedelung“ ein „beinahe undurchdringliches Begriffsdickicht“ offenbart (vgl. Siedentop 2005, Galster et al. 2001, Reul 2002), was nicht zuletzt auch in einer oft alltagssprachlichen Verwendung gründet. Während nur selten dem Begriff „Zersiedelung“ eine einzige Eigenschaft - wie geringe Dichte oder Flächenverbrauch - zugeschrieben wird, beschreibt der Großteil der Definitionen einen sehr komplexen, aus vielen Einzelbausteinen zusammengesetzten und mit zahlreichen Merkmalen versehenen Terminus. Knaap et al. (2005) bspw. nennen die Betrachtung einzelner Aspekte von Urban Sprawl als leichter verständlich als das Gesamtphänomen. Nachstehende Tabelle (Tab. 2) soll einen auszugsweisen Einblick in die unterschiedlichen Merkmale und Attribute von „Zersiedelung“ gewähren. Die dabei verwendeten - großteils deutsch- und englischsprachigen Quellen - benennen den Begriff naturgemäß unterschiedlich. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um „Zersiedelung“ und „Urban Sprawl“, aber auch „Suburbanisierung“ oder das Phänomen der „Schlafstädte“ (neben vielen anderen) werden mitunter inhaltlich gleichgesetzt. „Urban Sprawl“ kann als die wohl am stärksten negativ behaftete, extremste Form der Zersiedelung angesehen werden. Hinkünftig wird auf eine Unterscheidung dieser Variationen verzichtet und das Phänomen übergreifend schlicht „Zersiedelung“ genannt. Neben Merkmalen von Zersiedelung aus klar umrissenen Definitionen enthält die Auflistung (Tab. 2) auch „working definitions“ und indirekt, über die von den jeweiligen Autoren verwendeten Messkonzepte, gekennzeichnete Eigenschaften des Betrachtungsobjekts.

Zu der begrifflichen Uneinigkeit und den Unzulänglichkeiten (vgl. hierzu Hesse und Kaltenbrunner 2005 oder auch Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004) kommt der Umstand hinzu, dass Zersiedelung sowohl einen Zustand der Flächennutzung und der Siedlungsstruktur beschreibt, als auch eine raumzeitliche Entwicklung dieser kennzeichnet (Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004, Jaeger et al. 2006, Jaeger und Bertiller 2006, Galster et al. 2001).

Die gängigsten Definitionen sind meist eine Vermischung von Ursachen, Folgen und den eigentlichen Merkmalen von Zersiedelung (vgl. bspw. Hess et al. 2001). Oftmals werden auch Beispiele herangezogen, um den Begriff abzugrenzen, mitunter auch das Definieren ausgelassen, wohl nicht zuletzt, weil Zersiedelung zwar visuell wahrnehmbar ist, jedoch schwer zu beschreiben (vgl. Jaeger und Bertiller 2006, Siedentop 2005).

| Definiendum | Definiens / Merkmale | Quelle / Literatur * |
|---|---|---|
| Zersiedelung / Urban Sprawl | • unverhältnismäßige Zunahme des Landverbrauchs gegenüber dem Bevölkerungswachstum | [13], [23], [31], [14], [9], [33] |
| | • geringe Dichte (Gebäudedichte: Einfamilienhäuser, Bevölkerungsdichte etc.) | [31], [23], [9], [5], [15], [12], [13], [7], [6], [32], [2], [10], [21], [18], [29], [11], [26], [16], [25], [30], [24], [14] |
| | • Separation / Segregation von Lebensfunktionen (Wohnen / Arbeiten / Versorgen / Erholen) bzw. Landnutzungen / Nutzungsmischung | [7], [23], [17], [13], [16], [12], [15], [6], [32], [5], [25], [10], [24], [8], [14], [33] |
| | • gering konnektives / ausgedehntes Straßennetz | [13], [6], [23], [25] |
| | • Verkehrsinduktion / Auto-Abhängigkeit / unrentabler ÖV aufgrund geringer Dichte | [6], [23], [9], [31], [17], [7], [21], [8], [19], [26], [16] |
| | • Hoher Flächenverbrauch / sensible Flächen / geringer Anteil öffentlicher, freier Flächen | [21], [22], [18], [23], [19], [17], [14], [13], [31], [16], [28] |
| | • Fehlende Abstimmung von Siedlung und Infrastruktur / Infrastrukturkosten | [17], [13], [7], [21], [5] |
| | • Gestreute, wenig kompakte Strukturen | [7], [17], [6], [31], [21], [4], [16], [27], [30], [8] |
| | • Ästhetik | [31], [10], [9], [7], [33], [14] |
| | • chaotische Urbanisierung | [20] |
| | • planlose Entwicklung / Planungsinkonsistenz | [13], [24], [7], [16], [18], [1] |
| | • Diskontinuität der Verbauung | [21], [10], [12], [7], [4], [13], [2], [26], [32], [14], [1], [15], [22], [31], [30], [23], [28] |
| | • bandartige Entwicklung von kommerziellen Nutzungen entlang von höherrangigen Straßen | [15], [2], [7], [13], [23], [14] |
| | • Dekonzentration der Siedlung über weite Flächen, Declusterung der Siedlungsstruktur | [12], [10], [24], [3], [32], |
| | • geringe Zentralität / Nähe der Siedlungstätigkeiten zum Punkt höchster Dichte (peak) oder CBD | [12], [32], [11], [29], [14], |
| | • geringe Nuklearität, wenige Aktivitätskerne (Siedlung, Beschäftigung) | [12], [6], [10], [32] |
| | • Geringe Nähe zu bestimmten Destinationen / Erreichbarkeit | [12], [32], [5], [31], [14], [25], [10] |

* Quelle / Literatur:
[1]: Amt der Salzburger Landesregierung 2003; [2]: Barnes et al. o. D.; [3]: Braumann 1988; [4]: Carrion-Flores und Irwin 2004; [5]: Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004; [6]: Ewing, Pendall und Chen 2002; [7]: Frenkel und Ashkenazi 2005; [8]: Friedwagner et al. 2005; [9]: Fulton et al. 2001; [10]: Galster et al. 2001; [11]: Ghate 2005; [12]: Hanson und Freihage 2001; [13]: Hasse 2002; [14]: Hess et al. 2001; [15]: Holcombe 1999; [16]: Jaeger und Bertiller 2006; [17]: Lavalle et al. 2002; [18]: Leser 1997; [19]: Lexer 2004; [20]: Lichtenberger 1998; [21]: Malpezzi 1999; [22]: Meinel et al. 2000; [23]: Pim und Ornoy 2005; [24]: Rainer 2002; [25]: Song und Knaap 2004; [26]: Squires 2002; [27]: Steinnocher et al. 2005; [28]: Steinnocher, Knötig und Köstl 2004; [29]: Sudhira, Ramachandra und Jagadish 2003; [30]: Thinh 2003; [31]: Torrens und Alberti 2000; [32]: Wolman et al. 2002, [33]: Lexer und Linser 2005

Tab. 2: Auszugsweise Übersicht an Definitionen, Merkmalen und Attributen zum Begriff „Zersiedelung“ bzw. „Urban Sprawl“

Das Schrifttum enthält auch systematische Gliederungen des vielfältigen Begriffsverständnisses von „Zersiedelung“. So grenzt Siedentop (2005) die Vielzahl auf fünf wesentliche Gruppen von Begriffsdefinitionen ein. Zersiedelung kann nach ihm verstanden werden als

- geringe Dichte, Entdichtung und funktionale Entmischung,
- Dekonzentration von Funktionen und räumliche Expansion,
- räumlich ausgreifende, diskontinuierliche, polyzentrische und disperse Siedlungsstruktur,
- Reaktion auf, und Folgen der Zersiedelung (bspw. Verkehrsinduktion),
- planlose, den Zielen der Raumplanung nicht entsprechende Entwicklung.

Auf ähnliche Weise versuchen auch Galster et al. (2001) die „semantische Wildnis“ des Begriffs zu kategorisieren. Unterschieden werden dabei

- Definition mittels Musterbeispielen („Zersiedelung ist wie Los Angeles“)
- Ästhetik der Siedlungsstruktur
- Auswirkungen der Siedlungsstruktur (bspw. räumliche Separation von Funktionen, Autoabhängigkeit)
- Zersiedelung als Konsequenz fehlender / schlechter Planungsinstrumentarien
- geringe Dichte, Diskontinuität, geringe Nähe, Nutzungssegregation, bandartig straßennahe Siedlungsentwicklungen
- Zersiedelung als flächenverbrauchender Entwicklungsvorgang

Die fehlende Übereinstimmung im Begriffsverständnis, zeigt dem Interessenten jedoch auch, dass bezüglich eines Gesichtspunktes von Zersiedelung trotzdem eine gewisse Einigkeit besteht: Die Mehrzahl der Autoren fasst den Begriff als viele verschiedene Merkmale aufweisendes Phänomen auf. Es kann also eine „Multidimensionalität von Zersiedelung“ konstatiert werden (Frenkel und Ashkenazi 2005, Knaap et al. 2005, Siedentop 2005). Will man nun mit Hilfe von quantitativen Messverfahren die Zersiedelung in einem Raum belegen und indizieren, liegt es nahe, dabei im Wesentlichen die einzelnen Dimensionen, die Zersiedelung ausmachen, zu betrachten.
Der Ansatz, mehrere dieser Dimensionen in ein Messkonzept zu verpacken, erforderte jedoch die eindeutige Konkretisierung auf ein oder zumindest wenige Merkmale in einer klaren Definition. Nicht unwesentliche Aspekte des Phänomens liefen dabei Gefahr, ausgegrenzt und somit im Messkonzept unbeachtet zu bleiben. Zudem kommt, dass die Nachvollziehbarkeit und Transparenz sowohl der mathematischen Formulierung als auch der Ergebnisse eingeschränkt wäre. Kombiniert ein Indikator bspw. die Bevölkerungsdichte und die Verteilung der Bevölkerung im Raum, so ist aus dem Resultat schwer erkennbar, aufgrund welcher dieser beiden Komponenten es zustande gekommen ist.
Aus diesen Gründen scheint es dem Verfasser der vorliegenden Arbeit adäquat, weitere Komplizierungen des ohnehin komplexen Phänomens in der quantitativen Beschreibung möglichst zu vermeiden. Der hierfür gewählte Ansatz, versucht die einzelnen - wie oben angeführten (Tab. 2) - Eigenschaften von Zersiedelung (Mess-Dimensionen von Zersiedelung: Kap. 6) per se mit einer Maßzahl (Kap. 7) zu belegen und in einer Gesamtbetrachtung der Resultate, Erkenntnisse über den Zersiedelungsgrad eines Raumes zu gewinnen.

# 3. Siedlungsstrukturelle Prozesse und Trends

Mittels eines universellen Modells der Veränderungstendenzen der Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung in Agglomerationsräumen werden in der allgemeinen und spezielleren Literatur (bspw. Heineberg 2001, Siedentop et al. 2002) mehrere - nicht zwingend sequenzielle oder obligatorische - Veränderungsphasen (Phasenmodell in Abb. 2) unterschieden. Diese nehmen Bezug auf eine Kernstadt und das strukturell unterschiedliche aber mit dieser funktional zusammengehörige und verflochtene Umland.

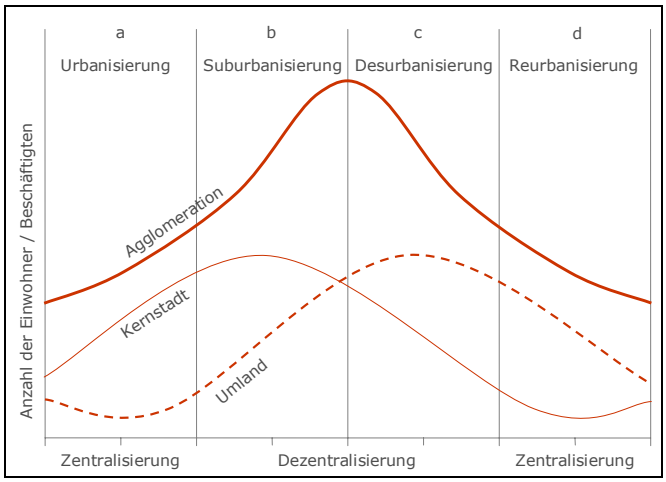



Abb. 2: Phasenmodell der Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung in Agglomerationsräumen (eigener Entwurf in Anlehnung an Heineberg 2001)

**Urbanisierungsphase** (Abb. 2a):
Innerregionale Konzentration von Bevölkerung und Arbeitsplätzen führt zu einem starken Wachstum der Bevölkerungs- und Beschäftigtenzahl in der Kernstadt. Ausgehend von Großbritannien fand diese Entwicklung in Europa und den USA im 19. Jh. statt, hält jedoch bis heute in Schwellen- und Entwicklungsländern - allerdings oft ohne dem damit originär verbundenen wirtschaftlichen Wachstum - an (Heineberg 2001). Mertins (o. D.) unterscheidet unter - Einbezug der Suburbanisierung - demographische, physiognomische, soziale und funktionale Urbanisierung.

**Suburbanisierungsphase** (Abb. 2b):
Eine anhaltend starke Zunahme von Bevölkerung und Arbeitsplätzen im Umlandbereich - mit dem Entstehen sozial und baulich homogener Gebiete - steht einer geringeren im kernstädtischen Bereich gegenüber (innerregionale Dekonzentration). Ursachen sind sowohl Migrationsprozesse und natürliche Bevölkerungsveränderung als auch wirtschaftlicher Wandel (Gründung und Neustrukturierung von Unternehmen), Ausbau der und Abhängigkeit von der Verkehrsinfrastruktur. Der Suburbanisierung können verschiedene Segregationsvorgänge (demographisch, sozioökonomisch, funktional), Nutzungsveränderung oder umländischer Wirtschaftskraftgewinn untergeordnet werden (Heineberg 2001, Giffinger, Kramar und Loibl 2001). Siedentop (Siedentop et al. 2002) unterscheidet nach der räumlichen Ausprägung randstädtische, periphere und ubiquitäre Suburbanisierung. Das Salzburger Landesentwicklungsprogramm (Amt der Salzburger

Landesregierung 2003) versteht Suburbanisierung „als Ausdehnung der Stadt in ihr Umland bzw. die Verlagerung bestimmter städtischer Funktionen in das Stadtumland, ohne dass dafür die nötigen strukturellen Voraussetzungen gegeben sind“.

**Desurbanisierungsphase** (De-, Disurbanisierungsphase) (Abb. 2c):
Reicht die Zunahme im Umland zur Kompensation des kernstädtischen Rückgangs nicht mehr aus, spricht Heineberg (2001) von Desurbanisierung. Frühindustrialisierte Agglomerationsräume (z. B. Bergbau und Montanindustrie) weisen am ehesten derartige Tendenzen auf. Der Sonderfall der Counterurbanisierung (Siedentop et al. 2002) beschreibt den Prozess der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzabnahme zugunsten kleinerer Städte und ländlich geprägter Räume (siehe hierzu auch Steinicke und Hofmann 2004 und Kramer 2000).

**Reurbanisierung** (Abb. 2d):
Eine relativ zum Umland steigende Bevölkerungs- und Arbeitsplatzanzahl in der Kernstadt ist seit den 70er Jahren des öfteren im Zusammenhang mit privaten und öffentlichen Erhaltungs- und Revitalisierungsinvestitionen anzutreffen (Lichtenberger 1998, Heineberg 2001). Damit einhergehend laufen Prozesse wie sozio-demographischer Wandel (Gentrifizierung, Zunahme der Single-Haushalte) oder überproportionales Wachstum des tertiären und quartären Wirtschaftssektors.

Dieses renommierte Phasenmodell liefert einen wichtigen, aber sehr allgemein gehaltenen Überblick über allgemeine siedlungsstrukturelle Vorgänge. Etwas konkreter sind die - nicht nur in Österreich - ablaufenden und beobachtbaren Tendenzen und Trends sowie die für diese großteils ursächlichen Rahmenbedingungen in Tab. 3 dargestellt. Diese übergeordneten Konditionen seien hier nach dem Österreichischen Raumentwicklungskonzept 2001 (Österreichische Raumordnungskonferenz 2002a, Österreichische Raumordnungskonferenz 2002b) und Wiedemann (1998) kurz umrissen:

- Globalisierte Wirtschaftsprozesse und mit ihnen die Ausdehnung von Kapital- und Gütermärkten und der dadurch induzierte Konkurrenzdruck wirken auf die kommunale Ebene zurück und zwingen zu offensiven Stadtentwicklungs-Wirtschaftsförderungsstrategien.
- Veränderte Raum-Zeit-Strukturen mit der Erweiterung der Verkehrs- und Kommunikationsinfrastruktur bewirken den Abbau physischer Barrieren und verändern rasant die Aktions-, Einzugs- und Ausstrahlungsbereiche menschlichen Handelns und Wirtschaftens.
- bedeutsame und weitreichende demographische, soziale, kulturelle und politische Veränderungsprozesse (Bevölkerungsstagnation, Überalterung, Flexibilisierung des Arbeitsmarktes, Europäischer Integrationsprozess)
- gesellschaftlicher Wertewandel (gestiegene Freizeitansprüche, Konsumgesellschaft, Vielfalt an Lebensstilen)

- Gestiegene Anforderungen an eine ökologisch verträgliche und nachhaltige Entwicklung (Rio Deklaration, Agenda 21) fordern Anpassungen von Leitbildern in der Raumplanung.
- Knappe Kassen öffentlicher Haushalte und somit auch eingeschränkte Kommunalfinanzen zwingen zu Einschränkungen öffentlicher Dienste (bspw. Privatisierung).

Eine eindeutige Zu-, resp. Unterordnung der separaten Prozesse aus Tab. 3 zu den angeführten Konditionen wird für die vorliegende Arbeit unterlassen. Diese selektiven Prozesse, die aktuell im Kontext der Siedlungsentwicklung ablaufen, sind weder gereiht noch sollen sie bewertet werden. Eine teilweise Zuordnung zum Thema Zersiedelung (Kap. 2) im Sinne der Konsequenz dieser Vorgänge ist naturgemäß teils möglich (siehe auch unten).

| | | |
|---|---|---|
| Rahmenbedingungen | Globalisierung, wirtschaftliche Veränderungen | [1], [2], [4] |
| | begrenzte öffentliche und kommunale Finanzhaushalte | [1] |
| | gesellschaftlicher Wertewandel | [1], [2], [3], [4] |
| | veränderte Raum-Zeit-Strukturen | [1], [4] |
| | demographische, soziale, kulturelle und politische Veränderungsprozesse | [1], [2], [3], [4], [5], [7] |
| | Forderung nach Nachhaltigkeit und ökologischer Verträglichkeit | [1], [2] |
| Prozesse | Wunsch nach Eigenheim im Grünen, (durch) Verfügbarkeit von Flächen im Umland von Agglomerationsräumen | [1], [2], [3] |
| | Rückgang flächendeckender Versorgung mit Gütern (Handel) | [1] |
| | Europäischer Binnenmarkt, Städte profitieren von Globalisierungsprozessen, Maßstabssprünge bei Betriebsgrößen, Konkurrenzdruck zwischen Regionen oder zwischen Städten | [2], [4], [1] |
| | Erweiterung der Verkehrs- und Kommunikationsinfrastruktur (Abbau physischer Barrieren, Ausdehnung von (Inter-)Aktions-, Einzugs- und Ausstrahlungsbereichen) | [2] |
| | steigende Mobilität von Arbeit und Kapital, Bedeutung qualitativer Standortmerkmale | [2], [4] |
| | Rückzug des Staates aus sozialer Verantwortung | [2], [4] |
| | Flexibilisierung des Arbeitsmarktes, wachsende berufliche Mobilitätsanforderungen (Teilzeitbeschäftigung, geringer dauernde Betriebszugehörigkeit, Arbeitsmobilität) | [2], [3], [4] |
| | stagnierendes natürliches Bevölkerungswachstum, hohe nationale und internationale Migrationsraten, Überalterung der Bevölkerung | [2], [3], [4] |
| | neue Wohnformen, verringerte Haushaltsgrößen, erhöhter Flächenbedarf, Änderung der Lebensstile, höhere Infrastrukturintensität | [2], [3], [4], [6], [7] |
| | kultureller und ethnischer Pluralismus | [2], [3] |
| | soziale Disparitäten, Integrationsprobleme, (soziale) Segregationsprozesse, Wohlstandsdisparitäten | [2], [5], [6], [7] |
| | Regionale Identität, Authentizitätsverlust ländlicher Räume | [2] |
| | gestiegene Freizeitansprüche, Konsumgesellschaft, Vermischung von Versorgen und Erholen, Großformen der Tourismuswirtschaft, monofunktionale Tourismusorte mit zyklischer Überbeanspruchung | [2] |
| | sektoraler Wandel (Informationsgesellschaft) | [2] |
| | Wohnsuburbanisierung, Suburbanisierungsprozesse im sekundären und tertiären Sektor, Einkaufsagglomerationen, Versorgungsgroßformen, Zunehmende Standortverlagerungen zum Stadtrand bzw. ins Umland, Bodenpreisgefälle Stadt - Land | [2], [1], [5], [7] |
| | Reurbanisierungsprozesse | [2], [7] |
| | Verstädterung und Verlust ländlicher Räume, Auflassung und Extensivierung landwirtschaftlicher Nutzflächen | [2] |
| | Zunehmender Individualverkehr, Erhöhung des Pendleranteils und der zurückgelegten Wegstrecken, Konflikte zwischen Verkehrsteilnehmern und Wohnbevölkerung | [2], [3], [4], [6], [7] |
| | Umweltprobleme (Ressourcen-, Flächenverbrauch, klimatische Veränderungen, Landschaftszerschneidung, fragmentierte Freiraumstruktur) | [2], [4], [6] |

[1] Wiedemann 1998, [2] Österreichische Raumordnungskonferenz 2002a, [3] Knoll et al. 2003, [4] Amt der Salzburger Landesregierung 2003, [5] Heineberg 2001, [6] Siedentop et al. 2002, [7] Squires 2002

Tab. 3: Rahmenbedingungen für ausgewählte siedlungsstrukturelle Prozesse

## 3.1. Ursachen von Zersiedelung

Dem uneinheitlichen und mannigfaltigen Bergiffsverständnis von Zersiedelung (Kap. 2) entspricht erwartungsgemäß eine große Zahl an Ursachen und Prozessen, die das Phänomen zur Folge haben. Tab. 4 liefert einen Überblick über die gängigsten Meinungen (v. a. aus dem deutschsprachigen Schrifttum: Österreichische Raumordnungskonferenz 2001, Lexer 2004, Wiedemann 1998, Rainer 2002, Doubek und Winkler 1995, Ottacher und Schrenk 2005, Mayer o. D., Apel et al. 2000, Lexer und Linser 2005, Rennhofer 1994), welche Vorgänge ursächlich mit dem Phänomen Zersiedelung zusammenhängen (Entsprechungen von Tab. 4 und Tab. 3 sind evident). Eine Vielzahl dieser Autoren sieht den Trend zum Wohnen im Grünen mit den damit einhergehenden flächenintensiven Bebauungen (Einfamilienhäuser) neben der an den Siedlungsrändern herrschenden besseren und somit auch günstigeren Verfügbarkeit von Bauland als hauptverantwortlich für die Zersiedelung im Allgemeinen und den Flächenverbrauch im Besonderen. Hinzu kommen Änderungen in den gängigen Lebensstilen (Singlehaushalt, Zweitwohnsitze, Reduktion der Haushaltsgrößen) und damit eine Erhöhung der individuellen Wohnfläche. In ähnlicher Weise ist der wirtschaftliche Strukturwandel u. a. charakterisiert von einem Anstieg des Flächenverbrauchs je Arbeitsplatz (Einkaufszentren, Betriebsneugründungen und -verlagerungen). Dies zieht wiederum eine gewisse Zwangsmobilität nach sich, wobei dementsprechend die Bereitschaft der Bevölkerung zum Zurücklegen größerer Entfernungen für bestimmte Zwecke gestiegen ist. Daneben weisen die Raumordnungspolitik und auch die Förderungspolitik (Wohnbauförderung) Schwächen auf, zudem die Kostenwahrheit (Verursacher trägt auch die Kosten) aufgrund unvorteilhafter Siedlungspolitik verursachter (bspw.) Infrastruktureinrichtungen nicht oder nur wenig gegeben ist.

| | | |
|---|---|---|
| Ursachen von Zersiedelung | Trend zu Singlehaushalten und Zweitwohnsitzen, veränderte Lebensstile | [1], [3], [7], [8], [9] |
| | Zunahme der individuellen Wohnnutzfläche, gehobene Ansprüche an die Wohnsituation / an das Wohnumfeld, Anstieg der Wohnnutzung | [1], [4], [9], [11] |
| | Flächenintensive Bebauungsformen, Ein- und Zweifamilienhäuser, Wohnen im Grünen, dynamische Neubautätigkeit, Siedlungserweiterungen | [1], [3], [4], [6], [7], [8], [9], [10] |
| | Strukturwandel in der Landwirtschaft: Siedlungsränder und ländlcher Raum: Bauflächen zu günstigen Bodenpreisen | [1], [3], [8], [9] |
| | Strukturwandel in der Wirtschaft: Anstieg des Flächenverbrauchs je Arbeitsplatz (Einkaufszentren, Betriebsneugründungen und -verlagerungen), kosteninduzierende Wanderung von Bevölkerung und Arbeitsplätzen in das Umland der Städte und Folgewanderungen zentraler städtischer Funktionen wie Dienstleistungs- und Handelseinrichtungen | [1], [4], [8], [2], [10], [9] |
| | fehlende Kostenwahrheit (Infrastrukturkosten) | [3] |
| | Gemeinden und Regionen konkurrieren um Einwohner, Betriebe und Steuereinnahmen | [1], [8] |
| | fehlende Baulandmobilisierung: Widmungsdruck trotz ausreichend vorhandenem Bauland, Baulandhortung | [1], [3], [9] |
| | Kreislauf (disperse Siedlungsstruktur -> Zwangsmobilität (MIV) -> disperse Siedlungsstruktur) | [1], [7], [8] |
| | Bevölkerungszunahme, Überalterung | [3], [5], [6], [7] |
| | steigende Mobilität und Mobilitätsbereitschaft, flächenintensive Verkehrserschließungen | [3], [7], [8], [10], [11] |
| | Förderungspolitik, Schwächen und Ohnmacht der Raumordnungspolitik | [3], [8], [9] |

[1] Lexer 2004, [2] Wiedemann 1998, [3] Rainer 2002, [4] Doubek und Winkler 1995, [5] Ottacher und Schrenk 2005, [6] Mayer o. D., [7] Apel et al. 2000, [8] Lexer 2005, [9] Rennhofer 1994, [10] Österreichische Raumordnungskonferenz 2001, [11] Steinnocher, Kressler und Köstl 2000

Tab. 4: Ursächlichkeiten für Zersiedelungsprozesse

## 3.2. Folgen von Zersiedelung

Siedlungsstrukturelle Eigenschaften sind ungeachtet ihres positiven oder negativen Einflusses von großer, oft unterschätzter Tragweite auf den Menschen und seine Umwelt. Diese Auswirkungen von bspw. Zersiedelung, dem Gegenstand der vorliegenden Arbeit, in ein klares Schema im Sinne einer eindeutigen Zuordnung zu ökonomischen, ökologischen oder soziokulturellen Bereichen zu bringen, erweist sich ob ihrer wechselseitigen Verflochtenheit (vgl. Rennhofer 1994) als schwierig. In Tab. 5 wurde dessen ungeachtet versucht, eine übersichtliche Zusammenstellung von Zersiedelungsfolgen-Gruppen nach den drei obigen Bereichen zu erstellen. Diese Auflistung enthält einen Querschnitt der gängigen einschlägigen Literatur (z. B. Rennhofer 1994, Rainer 2002, Österreichische Raumordnungskonferenz 2001, Siedentop et al. 2002, Squires 2002, Hasse 2002, Galster et al. 2001, Lexer 2004), kann aber naturgemäß keine Vollständigkeit sicherstellen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Folgen von Zersiedelung | sozio-kulturell | soziale Segregation, fehlende Nachbarschafts-Integration, sozialräumliche Polarisierung, höhere Kriminalität, Entfremdung | [1], [2], [4], [5], [6], [7] |
| | | Lebensqualitätsverlust, durch Mangel an Freiräumen | [1], [6] |
| | | funktionale Segregation, Funktionsverlust von Ortskernen | [1], [2], [4], [6], [7] |
| | | Ästhetik (Ortsbild, Landschaftsbild) Verlust des Siedlungscharakters | [1], [2] |
| | | Nutzungskonflikte, konkurrierende Nutzungsansprüche durch zunehmend begrenzte "unverbrauchte" Räume | [1], [3], [5], [8] |
| | | Verkehrswachstum, eingeschränkte Partizipationsmöglichkeiten immobilerer Bevölkerungsgruppen | [2], [4], [5], [6], [7], [8] |
| | ökologisch | Flächenverbrauch, Lärm, Abgase, Immissionen, Gewässerbelastung, Müllberge, Energieverbrauch, Auswirkungen auf Mikro- und globales Klima, globale negative Auswirkungen auf das Ökosystem, Gesundheitsprobleme | [1], [2], [5], [6], [7], [8], |
| | | Bodenversiegelung, Landschaftszerschneidung, Bodenverdichtung, Artenvielfalt, fragmentierte Freiraumstruktur | [1], [2], [4], [8] |
| | | Verlust landwirtschaftlicher Flächen | [1], [6], [7], [8] |
| | ökonomisch | öffentliche Hand: Erschließungsaufwendungen, Infrastrukturkosten, Erhaltungskosten, Versorgungsdisparitäten, Disparitäten im Steueraufkommen, geringe Rentabilität und Auslastung öffentlicher Einrichtungen | [1], [2], [4], [5], [6], [7], [8] |
| | | höhere individuelle Wohnbaukosten, Erhaltungskosten und Energieverbrauch (Einfamilienhaus) , Baulanderwerbskosten, höherer Bauressourcenverbrauch | [1], [2], [3], [5], [6], [8] |

[1] Rennhofer 1994, [2] Rainer 2002, [3] Österreichische Raumordnungskonferenz 2001, [4] Siedentop et al. 2002, [5] Squires 2002, [6] Hasse 2002, [7] Galster et al. 2001, [8] Lexer 2004

Tab. 5: Negativ behaftete sozio-kulturelle, ökologische und ökonomische Auswirkungen von Zersiedelung

Die wesentlichen - meist als negativ angesehenen - Folgen von Zersiedelung sind Segregationsprozesse zwischen kulturellen oder sozialen Bevölkerungsgruppen aber auch zwischen einzelnen Grundfunktionen der Siedlungsstruktur, eng verbunden mit konkurrierenden Nutzungsansprüchen im folglich begrenzten Raum. Die verkehrsinduzierende Eigenschaft solcher segregierter Nutzungen zieht eine Vielzahl an Folgeerscheinungen (Abgase, Klima etc.) nach sich. Demgegenüber sind weniger mobile Bevölkerungsschichten weniger in der Lage, am Gemeinwesen partizipieren oder ihre Bedürfnisse stillen zu können. Der Verbrauch an Grund und Boden als substantielle Eigenschaft von Siedlung zieht folgenreiche Auswirkungen auf Flora und Fauna (fragmentierte Freiraumstruktur, Bodenversiegelung), aber auch den schlichten (aber dauerhaften) Verlust an landwirtschaftlichen Produktionsflächen nach sich. Zu diesen gesellen sich große monetäre Aufwendungen sowohl im öffentlichen Versorgungsbereich (Infrastrukturbereitstellung und -erhaltung) als auch im individuellen Leben (Wohnbaukosten,

Baulandpreise, Mobilitätsausgaben usw.). Für detailliertere Darstellungen sei in diesem begrenzten Rahmen auf die angeführte Literatur (Tab. 5, insbesondere aber auch Siedentop 2005) verwiesen.

Diese obige pragmatisch-kommunale Sichtweise darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass zersiedelte Strukturen durchwegs auch - meist für einzelne Individuen - positive Eigenschaften aufweisen können (vgl. hierzu auch Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004). So nennen Squires (2002) oder Hasse (2002) in diesem Zusammenhang bspw. die Argumentation der individuellen Entfaltungsmöglichkeit, räumlich separiert von dichten Zentren oder auch Problemen wie Armut oder Kriminalität, die die negativen Auswirkungen in ihrem Wert übertrifft. So sei in dieser Begründung die Zersiedelung das Ergebnis des freien Marktes und ein Abbild der Demokratie.

# 4. Räumliche Indikatoren

Im Zuge der bereits allgegenwärtigen Debatte um Nachhaltigkeit scheint sich die indikatorenbasierte Betrachtung, Beschreibung und Bewertung von Leitbildern wie „nachhaltige Entwicklung“ etabliert zu haben. Eine explizite Forderung zur Anwendung von Indikatoren in diesem Kontext ist bspw. in der AGENDA 21 (Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992) manifestiert.

> „*Es müssen Indikatoren für nachhaltige Entwicklung erarbeitet werden, um eine solide Grundlage für die Entscheidungsfindung auf allen Ebenen zu schaffen und zu einer selbstregulierenden Nachhaltigkeit integrierter Umwelt- und Entwicklungssysteme beizutragen*.“ (Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992, S. 354)

Indikatoren sind im allgemeinsten Fall Hilfsmittel, Messgrößen und Anzeiger, die Aussagen über einen bestimmten Sachverhalt treffen, also Informationen (deskriptiv oder normativ) liefern. Eine Beziehung zwischen dem Indikator und dem interessierenden Sachverhalt (Indikandum) ist Voraussetzung für dessen Zweckmäßigkeit. Idealerweise gestatten diese Messkonzepte komplexe Situationen und Abläufe, die nicht direkt erfasst werden können, zu charakterisieren und aufzuklären und typischerweise ein Erreichen oder Verlassen eines bestimmten Zustandes anzuzeigen. Dies sollte mit nur einem Teil der verfügbaren Information oder Daten möglich sein, wodurch Indikatoren vielschichtige Sachverhalte auf eine konkrete Dimension reduzieren (Birkmann et al. 1999, Heiland et al. 2003, Prinz 2006, Prinz 2005). Zur Eigenschaft der Abbildung von Zuständen gesellt sich der bedeutende, erreichbare Mehrwert durch die laufende Beobachtung der Entwicklung von Indikatoren resp. ihrer Indikanden (temporale Raumbeobachtung, begleitendes Monitoring, kontinuierliches Controlling, Evaluierung vgl. u. v. a. Becker 2003 bzw. Birkmann et al. 1999).
Die Organisation als Sammlung von Indikatoren innerhalb eines gemeinsamen Kontextes ist unter dem Begriff Indikatorenset resp. Indikatorensatz verbreitet. Indikatorensysteme hingegen umfassen neben zumindest einem Set an Indikatoren ein breiteres Spektrum an Information, wie inhaltliche Schwerpunkte, beabsichtigte Zielsetzungen und Funktionen sowie Gliederungssystematiken (Heiland et al. 2003).
Die Vielzahl möglicher Indikatorenansätze zwingen zu einer Auswahl einer überschaubaren Zahl möglichst zielgerichteter, aussagekräftiger Indikatoren. In der Literatur wurden - in ihrer Gesamtheit kaum erfüllbare (Coenen 2000) - idealtypische Anforderungen an Indikatoren formuliert, denen gerecht zu werden bei der Indikatorenbildung bzw. -auswahl versucht werden sollte. Tab. 6 versucht, diese - der einschlägigen Literatur entnehmbaren - an Indikatoren allgemein bzw. Nachhaltigkeitsindikatoren gestellten Ansprüche in Anlehnung an Coenen (2000) nach wissenschaftlichen, datenbezogenen, funktionalen und nutzerorientierten Anforderungsbereichen zu gliedern.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Anforderungen an Indikatoren | wissenschaftlich | Theoriekonformität, Repräsentativität und Adäquanz | [1], [2], [3], [4] |
| | | Transparenz, Validität, Nachvollziehbarkeit, Reproduzierbarkeit | [1], [2], [3] |
| | | Operationalisierbarkeit | [2] |
| | | Exklusivität / Überschneidungsfreiheit / Trennschärfe | [1] |
| | | Offenlegen von Zielkonflikten | [1] |
| | | Offenlegen von Wirkungsursachen, Sensivität gegenüber Wechselwirkungen | [1], [3], [4] |
| | Daten | Datenverfügbarkeit, Datenqualität, vertretbarer Datenbeschaffungsaufwand, Aktualisierungsmöglichkeit (Periodizität) | [1], [2], [3] |
| | | Zeitliche Vergleichbarkeit, zeitliche Sensibilität | [2], [3] |
| | | internationale Kompatibilität | [1], [3], [4] |
| | | Raumbezug, (Räumliche) Vergleichbarkeit, Hierarchie | [1], [2], [4] |
| | funktional | Aufzeigen von Synergieeffekten | [1] |
| | | Erfassung von Entwicklungen und Trends | [3], [4] |
| | | Frühwarnungsfunktion | [3] |
| | Nutzer | überschaubare Anzahl | [1], [4] |
| | | Verständlichkeit | [1], [2], [3], [4] |
| | | Praxistauglichkeit, Adressatenadäquanz, Akzeptanz | [1], [3], [4] |
| [1] Reul 2002, [2] Ruiz 2002, [3] Coenen 2000, [4] Birkmann 1999 | | | |

Tab. 6: Anforderungen an räumliche Indikatoren

## 4.1. Indikatorenentwicklung

Für den Prozess der Operationalisierung von Leitbildern mit Hilfe von Indikatoren wurden zahlreiche, oft sehr ähnliche Modelle (siehe bspw. Birkmann et al. 1999, Dollinger, Prinz und Wonka 2005, Coenen 2000, Reul 2002) entwickelt. Sie zeigen oft eine zweiseitige Herangehensweise im Indikator-Entwicklungsprozess (vgl. Abb. 3).

Die meist abstrakt gehaltenen Leitbilder bzw. Planungsdimensionen lassen oft keine Aussagen zu den konkret gewünschten Zielen zu. Einerseits bedarf diese normative Ebene einer Konkretisierung, andererseits nähert sich die objektive Seite - die Datenebene - unter Einbezug von Methoden (wie räumliche Informationsverarbeitung) den Leitbildern an. Bei dieser sukzessiven Assimilation beider Seiten, der technisch-methodischen und fachlich-planerischen, ist auf einer bestimmten Konkretisierungsstufe die indikatorenbasierte Quantifizierung eines Zieles resp. Operationalisierung eines Leitbildes durchführbar (Prinz 2006).

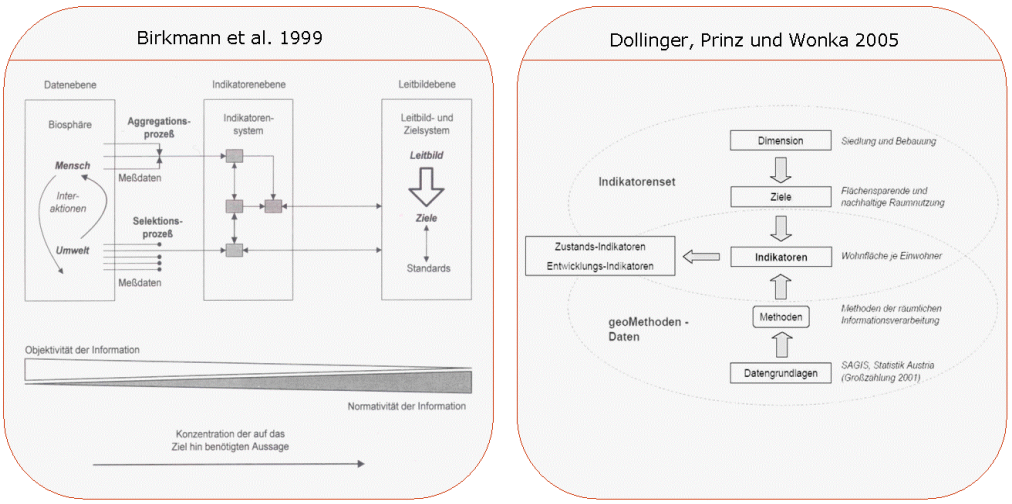



Abb. 3: Konzepte zur Ableitung von Indikatoren (erstellt aus Birkmann et al. 1999 bzw. Dollinger, Prinz und Wonka 2005)

Für die gegenständliche Intention der Arbeit - die dimensionale Analyse von Zersiedelung - erfährt das Indikatorenkonzept, wie es von Dollinger, Prinz und Wonka (2005) erstellt wurde, eine leichte Modifikation (Abb. 4). Ausgehend vom (uneinheitlichen) Begriffsverständnis von Zersiedelung (siehe Kap. 2) werden einzelne „messbare“ Gesichtspunkte als Messdimensionen (Kap. 6) abgeleitet. Datengrundlagen und Methoden der räumlichen Informationsverarbeitung versuchen, sich von der quasi-objektiven Datenebene diesen Messdimensionen anzunähern. Im Schnittbereich dieses Spannungsverhältnisses - der Indikatorebene - ergeben sich schließlich Möglichkeiten zur quantitativen Operationalisierung (Kap. 7) einzelner Aspekte des Themenkomplexes Zersiedelung.

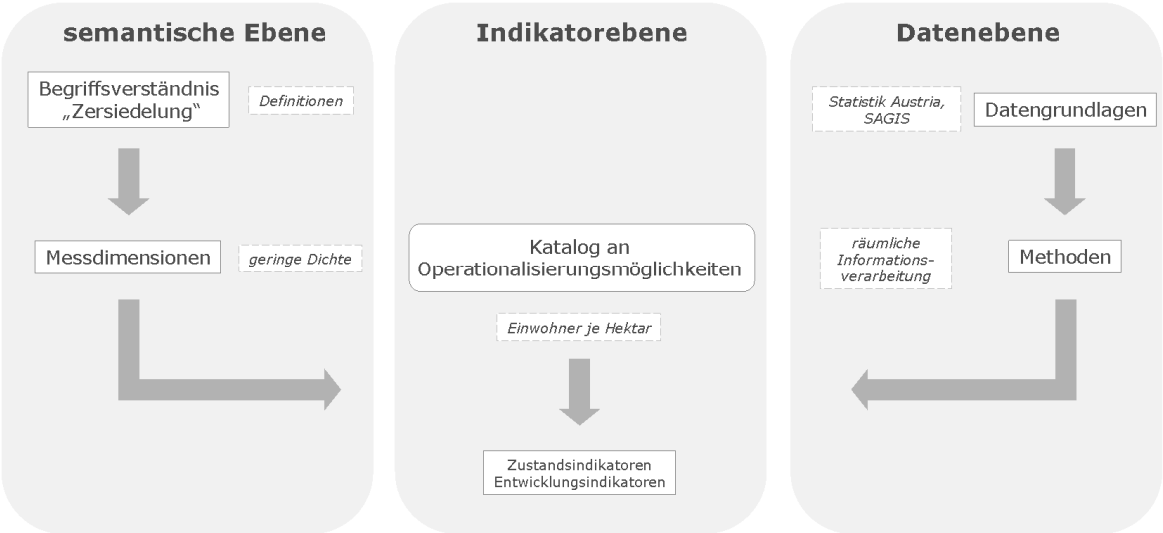



Abb. 4: Indikatorenmodell bzw. Analyseablauf der vorliegenden Arbeit

# 5. Untersuchungsgebiet, Datengrundlagen, Analysemaßstab, GIS

Die vorliegende Arbeit entsteht in einer starken Ausrichtung auf verfügbare Daten in Österreich bzw. das Bundesland Salzburg. Das Ziel dabei ist, einheitliche und ohnedies - zumindest für das Bundesland Salzburg - vorhandene Datengrundlagen mit Indikatoren zum Thema Zersiedelung in Wert zu setzen. Idealerweise kommen dabei Daten zum Einsatz, die einigermaßen standardisiert vorhanden sind. Denn bei fehlender Vereinheitlichung über das gesamte Untersuchungsgebiet hinweg, werden Indikatoren bezüglich der Vergleichbarkeit unzureichend plausible Ergebnisse liefern. Wird bspw. für den einen Raumbezug ein höherer Wert einer Maßzahl gemessen als für einen anderen Raumbezug, so kann dieses relationale Ergebnis nur dann als hinreichend valide angesehen werden, wenn die in die Berechnung einfließenden Daten auf dieselbe Weise und mit denselben Maßstäben erhoben worden sind, was sich in der Praxis oft nicht ganz umsetzen lässt (siehe auch Kap. 7.1). Grund für diese stark datenbezogene Herangehensweise ist das Offenhalten der Möglichkeit, den in Folge vorgestellten Indikatoren-Katalog auf weitere und größere Räume - wie bspw. das Bundesland Salzburg - zu übertragen.

## 5.1. Untersuchungsgebiet

Das Teil- und Untersuchungsgebiet dieser Arbeit ergibt sich aus dem „kleinsten gemeinsamen räumlichen Nenner“ der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen. Dieses Gebiet ist im Bundesland Salzburg südlich der Stadt Salzburg an der Grenze des Flachgaues zum Tennengau situiert. Es umfasst mit einer flächenhaften Ausdehnung von etwa 203 km² (etwa 15 km im Quadrat) die Gemeinden Anif, Puch bei Hallein, Oberalm, Hallein, Adnet und Vigaun zur Gänze und die Gemeinden Grödig, Elsbethen, Ebenau, Faistenau, Krispl, Sankt Koloman und Kuchl teilweise. Abb. 5 zeigt dieses Gebiet und seine Lage innerhalb des Bundeslandes. Die Wahl dieses Raumausschnittes erfolgte hinsichtlich mehrerer Gründe, die eine Bildung bzw. v. a. Anpassung bestehender Messverfahren nicht unbedingt vereinfachen und daher für diese Testregion sprechen.

- historisches Siedlungsgebiet versus intensiver gegenwärtiger Siedlungstätigkeit
- urbane (Hallein) versus ländliche (bspw. Adnet) Prägung
- stark variierende Orographie mit teilweiser großer Einschränkung des besiedelbaren Raumes
- hohe funktionale Verflechtung mit der nahe gelegenen Stadt Salzburg, Verzerrung der zentralörtlichen Funktion von den Gemeinden weg hin zur Stadt Salzburg
- persönliche Affinität zum Untersuchungsraum

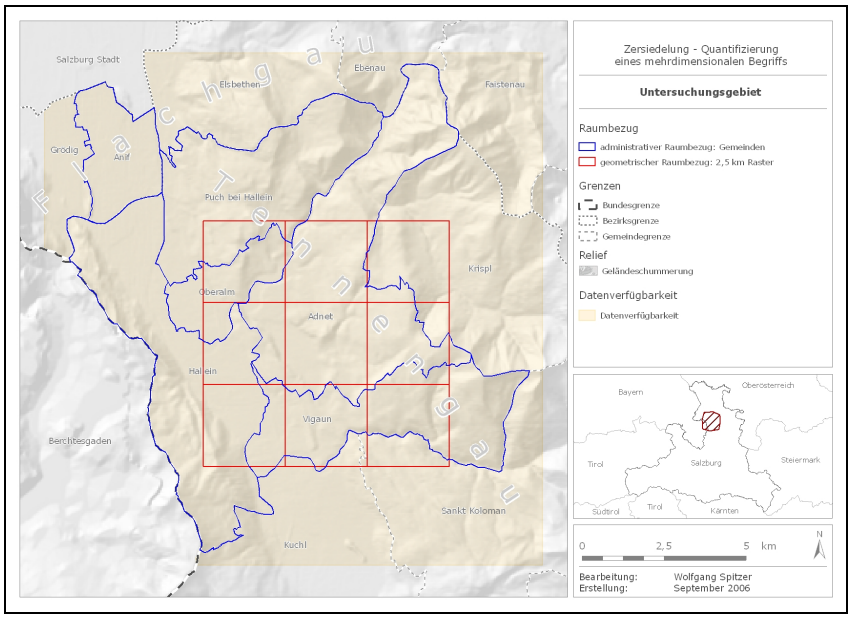



Abb. 5: Untersuchungsgebiet, räumliche Datenverfügbarkeit und Raumbezüge der vorliegenden Arbeit

## 5.2. Maßstabsebene

Für die vorliegende Arbeit wurde ein Analysemaßstab im Bereich von Gemeinden (Mesoebene) als räumlicher Bezug für Maßzahlen gewählt (siehe auch Kap. 1.3.1). Die Auflösung der einfließenden Daten ist von deren Verfügbarkeit abhängig. Für Luftbildderivate wie die Verbauungskartierung und Flächenwidmungen liegt dieser bei einem Erfassungsmaßstab von 1:5000, für statistische Daten (geographische Raster) - in der Regel - bei 250 m Rastergröße. Für diesen Raumbezug auf Mesoebene werden administrative Abgrenzungen (Gemeinden) herangezogen. Die einzelnen räumlichen Bezugsgebiete der Gemeinden ergeben sich aus der lückenlosen Datenverfügbarkeit (Abb. 5). Es sind dies diejenigen Gemeinden, für deren gesamtes Gebiet die einfließenden Daten ausnahmslos vorhanden sind. Angedacht blieben geometrische Gebietsgliederungen (2,5 km Quadrate), die sich aus der Auflösung des statistischen Datenmaterials ergeben. Die 2,5 km Raster als Raumbezug sind in ihrer räumlichen Abgrenzung mit den 250m Rastern kongruent und decken je hundert solche Raumeinheiten ab. Für den administrativen Raumbezug sprechen die leichte Kommunizierbarkeit, und eine gewisse Verantwortlichkeit bezüglich Siedlungsstrukturen. Die einzelnen als Indikatorenblätter umgesetzten praktischen Beispiele verwenden die Gemeinden als Raumbezug. Ein geometrischer Raumbezug hätte Vorteile in der Prozessierung und Interpretierbarkeit von Resultaten (Dichtewerte) und kartographischen Produkten aufgrund seiner stets gleich großen Flächen. Abb. 5 zeigt die sechs Gemeinden (administrativer Raumbezug) und neun geometrischen Raumbezüge für das Untersuchungsgebiet.

## 5.3. Datengrundlagen

Eine Prämisse der gegenständlichen Arbeit ist, wie bereits angesprochen, vorhandene Datengrundlagen für die Abbildung von Zersiedelung heranzuziehen und in Wert zu setzen. Diese Überlegung ergibt sich aus dem Umstand, dass bundes- und landesweit (Statistik Austria, SAGIS) bereits eine große Zahl an brauchbarem Material zur Verfügung steht,

gewartet und revidiert wird und bei der Indikatorenentwicklung u. a. eine zeitliche Fortführbarkeit (vgl. Fritzsche 2000) gewährt sein sollte. Die verwendeten - von Research Studio *i*Space bereitgestellten - Datengrundlagen werden im Einzelnen hinfolgend beschrieben.

### 5.3.1. Zensusdaten

Nationale Statistiken führen umfangreiche Bestände zu demographischen, sozialen und wirtschaftlichen Daten unterschiedlichen räumlichen Detaillierungsgrades. In Österreich haben sich seitens des Angebotes von Statistik Austria neben den traditionellen hierarchischen Gebietsgliederungen - Zählsprengel, Gemeinde, Bezirk - auch geometrische Gebietsgliederungen etabliert. Auf Basis von quadratischen Bezugsgebieten (geographische Raster) mit einer Seitenlänge von 125 m aufwärts (125 m, 250 m, 500 m, 1 km, 2,5 km usw.) werden statistische Daten angeboten (vgl. Abb. 8). Grundlage für diese flexible Aggregation von Daten auf solcherart Bezugsgebiete ist eine koordinatengebundene Verspeicherung von Zensus-Quellenmaterial. Diese damit erzielbare höhere räumliche Auflösung stellt aber auch neue Ansprüche an den Datenschutz. So stehen bei den verwendeten Daten die Fallzahlen (Einwohnerzahl, Beschäftigtenzahl, Gebäudezahl etc.) ab 125 m uneingeschränkt zur Verfügung. Personenbezogene Merkmale zu diesen Fallzahlen - wie Alter oder Geschlecht - werden erst ab 250m und mindestens 31 Einwohnern freigegeben. Für nicht-personenbezogene Merkmale (bspw. die Nutzung von Gebäuden oder die Anzahl der Wohnräume je Wohnung) ist eine Mindest-Fallzahl von vier (Fällen) je Rasterzelle Voraussetzung (Wonka 2006, Prinz, Strobl und Wonka 2004). Erstmals wird diese Form der Datengrundlage für die Großzählung 2001 und Agrarstrukturerhebung 1999 angeboten. Für Daten auf Basis dieser geographischen Raster können daher mangels Verfügbarkeit - 10-jähriges Zensusintervall - (noch) keine Zeitreihen gebildet werden.

### 5.3.2. Verbauungskartierung

Ein Luftbildderivat stellt die Verbauungskartierung von SAGIS (SAlzburger Geographisches InformationsSystem) dar. Dabei handelt es sich um eine im Maßstab 1:5000 digitalisierte Grundlage, die im Wesentlichen durch Gebäude versiegelte Flächen (Gebäude + befestigte und begrünte Baufläche) ohne die für verkehrliche Zwecke verbauten Gebiete beinhaltet, jedoch keine inhaltliche Differenzierung über die Art der Verbauung bzw. Nutzung zulässt. Allein eine zeitliche Auflösung ist gegeben. Für den Untersuchungsraum weist diese Verbauungskartierung (Abb. 7) die Zeitstände von Verbauungen 1977, 1978, 1987, 1992, 1999 und 2002 auf (Metadaten: http://www.salzburg.gv.at/biogis/suche.asp).

### 5.3.3. Flächenwidmungsplan

Der Flächenwidmungsplan (Abb. 8) enthält die gültigen Widmungen der von einer Gemeinde beschlossenen, nach Genehmigung der Landesaufsichtsbehörde rechtswirksamen, Widmungen der Flächennutzung in einer Gemeinde und liegt in der instrumentalen Hierarchie zwischen dem Räumlichen Entwicklungskonzept und den Bebauungsplänen. Die Widmungen stellen die Vorsorge für das Ausmaß an Bebauung, das im Zeitraum von zehn Jahren zu erwarten ist (Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 7 Landesplanung und

Raumordnung 2006 und 2002). Der Flächenwidmungsplan enthält die Widmungen Wohngebiete, Mischgebiete, Betriebsgebiete, Verkehrsflächen, Grünland und sonstige Baulandwidmungen als zusammengefasste Klassen, die in sich noch weiter unterschieden werden können (Metadaten: http://www.salzburg.gv.at/biogis/suche.asp).

### 5.3.4. Straßennetz

Für die Abbildung von verkehrsinfrastrukturrelevanten Sachverhalten werden kommerziell verfügbare Grundlagen der Firmen teleatlas (www.teleatlas.com) und navteq (www.navteq.com) von Research Studio *i*Space zur Verfügung gestellt (siehe Abb. 7). Es kann aus dem kommerziellen Hintergrund der Navigation von einer selektiven Anzahl ausgegangen werden (vgl. Protheroe 2006). Eine Überprüfung der Vollständigkeit und Reliabilität ist in diesem Rahmen nicht vorgesehen. Diese Daten umfassen u. a. hierarchische Abstufungen der Verkehrswege, wie sie für einzelne Messkonzepte förderlich sind.

### 5.3.5. Dauersiedlungsraum

Der Dauersiedlungsraum versteht sich - nach verschiedenen Autoren (Lienau 2000, Lexer 2004, Prinz, Dollinger und Wonka 2006) - als der potenziell für Siedlungszwecke nutzbare (maximal mögliche besiedelbare) Raum, dessen Grenzen sich im Wesentlichen naturräumlich oder auch normativ (Topographie, Landnutzung etc.) definieren. Im Gegensatz zu diesem einigermaßen akzeptierten Verständnis erweist sich die methodische Umsetzung der Abgrenzung des Dauersiedlungsraumes als weniger einfach und viel diskutiert, wenngleich sich in Österreich eine weitgehend angenommene Variante von Statistik Austria etabliert hat (Statistik Austria 2006). Demnach umfasst der Dauersiedlungsraum die „agrarwirtschaftlich, baulich und verkehrsmäßig genutzte Fläche lt. Kataster mit Stand 2004“ (Statistik Austria 2006). Mangels Verfügbarkeit von Daten zum Kataster wird für den Zweck der gegenständlichen Arbeit jedoch eine prototypische Ableitungsvariante des Dauersiedlungsraumes in Anlehnung an jüngere Literatur (Prinz, Dollinger und Wonka 2006, Wonka et al. 2006b) verwendet, die es - ungeachtet von Plausibilitätsprüfungen - erlauben sollte, das Ausmaß der Einschränkung des besiedelbaren Raumes durch die Grenzen der Anökumene (und auch rechtliche Schranken) für die Erstellung von beispielhaften Indikatoren zur dimensionalen Analyse von Zersiedelung modellhaft abzubilden.

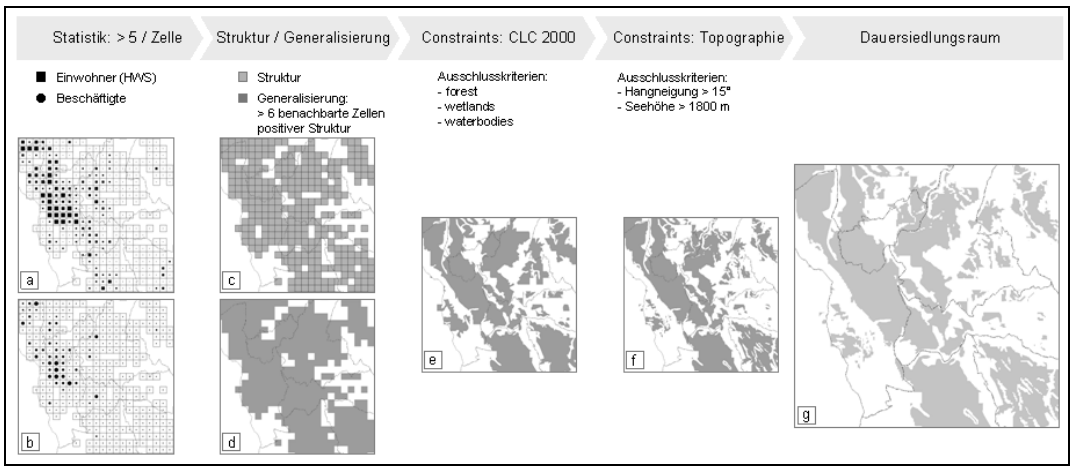



Abb. 6: Prototypische Ableitung eines Dauersiedlungsraumes

Regionalstatistische Kennzahlen - wie Einwohner- und Beschäftigtenzahlen auf der Basis von Rastereinheiten - können in Kombination mit Ausschlusskriterien (Topographie, Landnutzung, Flächenwidmung) die Erfassung eines Dauersiedlungsraumes als Ausgangsbasis unterstützen. Eine dominierende Wohn- oder gewerbliche Nutzung - im Sinne von mehr als 5 Einwohnern (Abb. 6a) oder mehr als 5 Beschäftigten (Abb. 6b) 500 m Zelle eines geographischen Rasters - liefert als Ausgangslage die notwendige Strukturinformation (Abb. 6c). Diese wird in weiterer Folge einer Generalisierung (Glättung) und Regionalisierung unterworfen, indem ein fokaler Operator (moving window) bestimmte Eigenschaften erfüllende Zellen hinzufügt und zusammenfasst. Beispielsweise werden gering oder nicht besiedelte Zellen, die in ihrer Umgebung wenigstens ein bestimmtes Quantum (bspw. mehr als sechs) primär „ausreichend besiedelter“ Zellen aufweisen, ergänzt (Abb. 6d). Als einschränkende Faktoren können die topographische Situation, die Land- und Bodennutzung und auch die Flächenwidmung betrachtet werden. So werden Landnutzungsklassen wie Forest, Wetlands und Waterbodies ebenso ausgegrenzt (Abb. 6e) wie - aus einem digitalen Höhenmodell abgeleitete - Hangneigungen über 15° und Höhenlagen über 1800 m (Abb. 6f).

Der resultierende - durchaus diskutable - Prototyp einer möglichen Dauersiedlungsraum-Abgrenzung ist in Abb. 6g dargestellt. Die einfließenden Zellengrößen der statistischen Raster (250, 500, 1000 m etc.) beeinflussen das Resultat entscheidend durch mehr oder weniger starke Generalisierung, wodurch derartige Ansätze in verschiedenen Maßstabsebenen - hier von statistischen Rastern mit 500 m Seitenlänge ausgehend - Verwendung finden können (vgl. hierzu auch Wonka et al. 2006b, Prinz, Dollinger und Wonka 2006).

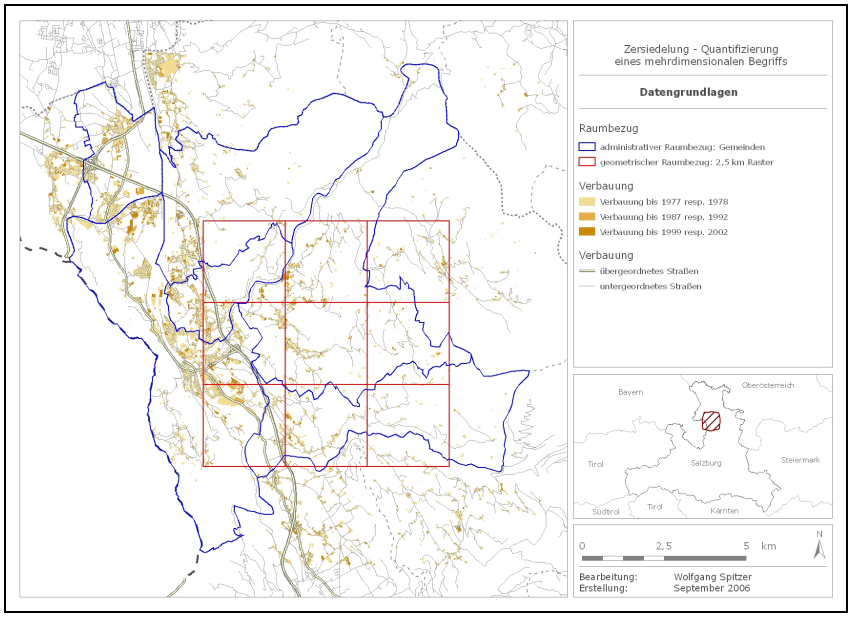



Abb. 7: Datengrundlagen: Verbauungskartierung und Straßennetz

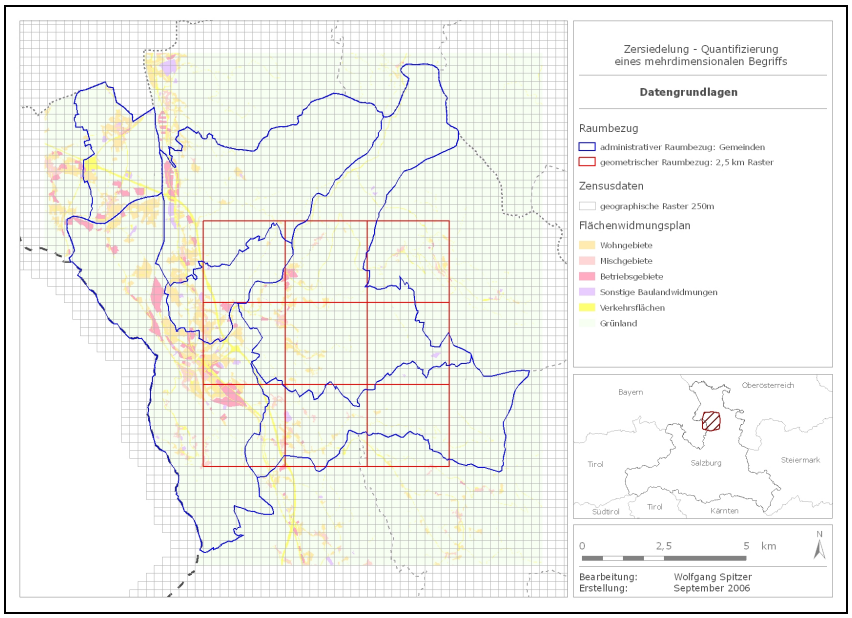



Abb. 8: Datengrundlagen: geographische Raster 250 m und Flächenwidmungsplan

## 5.4. GIS, verwendete Software

Die in Kap. 7 exemplarisch umgesetzte Berechnung der einzelnen Messkonzepte erfolgte unter der Bedingung der verhältnismäßig einfachen Umsetzung in einer gängigen Software aus dem Bereich der geographischen Informationsverarbeitung mit Standardverfahren. Konkret kamen aus diesem Bereich ESRI ArcMap 9.1 und ESRI ArcView GIS 3.3 zur Anwendung. In einzelnen Prozessierungsschritten wurde auf Erweiterungen zu diesen Programmen zurückgegriffen (XTools Pro 3.0.0, Hawth's Analysis Tools 3.04, P/PL Tools V1.2, MemoTools 6.0). Daneben fanden in einzelnen Arbeitsschritten des Datenmanagements und der Visualisierung Office-Produkte (MS Access 2003, MS Excel 2003, MS Visio Professional 2003 und MS PowerPoint 2003) Verwendung.

# 6. (Mess-)Dimensionen von Zersiedelung

In Kapitel 2 wurde versucht, das Begriffsverständnis „Zersiedelung“ und dessen kontextuelle Verwendung zu erarbeiten. Dabei konnte gezeigt werden, dass „Zersiedelung“ keine eindeutige Definition zu- und sich nicht auf einen einzigen Gesichtspunkt reduzieren lässt. Die Vielschichtigkeit des Ausdrucks „Zersiedelung“ - die Mehrdimensionalität des Phänomens (Siedentop 2005) - kann sogar als einzige Gemeinsamkeit der verschiedenen Verständnisse identifiziert werden. In der Tab. 2 konnten 17 mehr oder weniger von einander unabhängige Eigenschaften von Zersiedelung ausgewiesen werden. Nicht alle - vor allem qualitative Eigenschaften wie „chaotische Urbanisierung“ oder „Ästhetik“ - eignen sich auf den ersten Blick für eine quantitative Analyse al Messdimension. Eine Messdimension ist in diesem Zusammenhang eine Attributkategorie oder ein Aspekt des Untersuchungsobjektes, auf den sich der Beobachtungsprozess bezieht. Sie wird durch ihre empirische Realisierungsmöglichkeit - die Operationalisierung - als konkrete Ausprägung (Variable) bestimmt (vgl. Weichhart 2006).

Nachstehend werden die einzelnen aus dem Begriffsverständnis ableitbaren Messdimensionen beschrieben und deren Bedeutung bezüglich Zersiedelung dargestellt. Im Zuge dieser Auflistung sollen gleichzeitig kritische Aspekte in der Konkretisierung der Dimension einerseits und der möglichen Umsetzung über ein Messkonzept andererseits nicht unberücksichtigt bleiben.

Zur Erlangung einer Überschaubarkeit erfolgt dabei eine Zuordnung dieser Messdimensionen zu diskutablen Kriterientypen in teilweiser starker Anlehnung an Siedentop (2005). Der unterschiedlich mögliche Aussagegehalt in der individuellen Interpretation von Indikatorergebnissen erschwert diese Einteilung in Kategorien jedoch erheblich. Trotz dieser darin begründbaren Kritik scheint eine derartige Gliederung jedoch - zumindest im Sinne der Lesbar- und Verständlichkeit der vorliegenden Arbeit - zweckmäßig:

- **Kriterien zum Gesamtausmaß:** Hierbei seien Eigenschaften resp. Dimensionen verstanden, die bezugnehmend auf Quantitäten eine Gesamteinordnung des interessierenden Raumbezuges ermöglichen.
- **Effizienzkriterien:** Eine Kategorie von Eigenschaften, die im - nicht nur - wirtschaftlichen Sinne die Effizienz und Wirksamkeit der Ausprägungen und des Arrangements von Nutzungen thematisiert (vgl. Siedentop 2005).
- **Form- und Strukturkriterien:** Darunter werden Merkmale eingeordnet, die die räumliche Konfiguration - die konkrete räumliche Lage von Nutzung zueinander - ansprechen (siehe auch Siedentop 2005).
- **qualitative Kriterien:** Diese kennzeichnen verstärkt die konkrete Kategorie und die Art der Nutzung von Flächen bezüglich ihrer Güte.

Diese vorsichtige, grobe Kategorisierung liefert auch das Schema für die in Abb. 9 dargestellte Übersicht der in dieser Arbeit behandelten Messdimensionen von Zersiedelung. Den Verweisen auf die jeweiligen Kapitel ist darin (Abb. 9) auch die in diesen beschriebene schematische Skizzierung von meist Extrema der einzelnen Dimensionen illustriert.

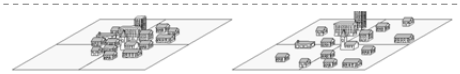
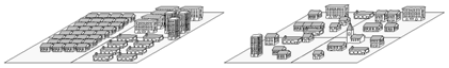
| Kategorisierung | Dimensionen von Zersiedelung | Kapitel | Illustration |
|---|---|---|---|
| **6.1** Kriterien zum Gesamtausmaß | Flächenverbrauch | 6.1.1 | |
| | Dynamik | 6.1.2 | |
| **6.2** Effizienzkriterien | Nutzungsintensität | 6.2.1 | |
| | Konnektivität | 6.2.2 | |
| | infrastrukturell-abgestimmte Siedlungsentwicklung | 6.2.3 | |
| **6.3** Form- und Strukturkriterien | Konzentration | 6.3.1 | |
| | Kontinuität | 6.3.2 | |
| | Kompaktheit | 6.3.3 | |
| | bandartige Verbauung | 6.3.4 | |
| | Nuklearität | 6.3.5 | |
| | Zentralität | 6.3.6 |  |
| **6.4** qualitative Kriterien | Planungsinkonsistenz | 6.4.1 | |
| | Ästhetik | 6.4.2 |  |
| | Nutzungsmischung | 6.4.3 | |

Abb. 9: Kategorisierungsversuch der einzelnen - nachfolgend vorgestellten - Messdimensionen von Zersiedelung

Naturgemäß treten bei der Konkretisierung eines Begriffs in einzelne Dimensionen Korrelationen (bspw. geringe Nutzungsintensität parallel zu einem geringen Maß an Kompaktheit und gleichzeitig hoher Flächenverbrauch) zwischen den verschiedenen Aspekten auf, da sie ja in Summe den Begriff Zersiedelung ausmachen. Im Gegensatz zur Realität sei diesen Messdimensionen aber unterstellt, dass sie prinzipiell unabhängig voneinander auftreten können. Für die Ableitung der konkreten Messdimensionen wurde die einschlägige Fachliteratur (bspw. Hasse 2002, Galster et al. 2001) herangezogen und deren Gliederungen zusammengefasst und erweitert. Die Schwierigkeit bei der Zerlegung eines Betrachtungsgegenstandes in dessen Dimensionen ist, dass letztere für sich wiederum hochdimensional sein können und für präzise Aussagen ebenso in einzelne Aspekte (Dimensionen) gegliedert werden können. Für die nachfolgende Gliederung wurde versucht, ein Mittelmaß für dieses Dilemma zu finden, wobei sich die Anzahl (Tab. 6) der hier vorgestellten Dimensionen sich bereits der Obergrenze in einer praktikablen Umsetzung

annähern dürfte. Der vorgesehene Umfang der Arbeit zwingt zu Einschränkungen (bspw. Präsenz und Ausmaß funktionaler Freiflächen), weswegen die folgende Auflistung nicht als vollständig angesehen werden darf.

## 6.1. Kriterien zum Gesamtausmaß

### 6.1.1. Dimension „Flächenverbrauch“

Untrennbar vom Begriff und Problem Zersiedelung sehen viele Autoren (Lexer 2004, Steinnocher, Knötig und Köstl 2004, Glaeser und Kahn 2003) den Verbrauch an Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke. Dieser ist naturgemäß eng mit der Dimension „Nutzungsintensität“ - umgesetzt als bspw. Einwohnerdichte, Gebäudedichte etc. - verbunden. So wird ein Gebiet mit mehr Einwohnern auch entsprechend mehr Fläche für die Siedlungszwecke aufweisen. Allerdings ist eine große Spannweite der tatsächlich verbrauchten und damit verbauten Fläche bei ähnlicher Einwohnerzahl - u. a. auch in Abhängigkeit von der Bebauungsstruktur - möglich. Dichtewerte informieren im Allgemeinen über die Intensität bzw. Effektivität der Nutzung von Flächen, während die Dimension Flächenverbrauch das Ausmaß der tatsächlich für Siedlungszwecke in Anspruch genommenen Fläche zu beschreiben versucht. Aus diesem Grund der teilweisen Losgelöstheit von der „Nutzungsintensität“ und weil viele Autoren (bspw. Steinnocher, Knötig und Köstl 2004) den Flächenverbrauch als essentiellen Bestandteil von Zersiedelung - teils auch als Zersiedelung selbst - ansehen (vgl. Tab. 2), wird der Land- oder Flächenverbrauch in diesem Rahmen als eigenständige Messdimension der Zersiedelung behandelt.
Zu diesem Zweck stellt die Literatur ausreichend Messkonzepte und Indikatoren zur Verfügung, die i. A. vorzugsweise die (raum)zeitliche Entwicklung (z. B. Steinnocher, Knötig und Köstl 2004) oder aber auch den Status des Flächenverbrauchs beschreiben (z. B. Hasse 2002). Abb. 10 zeigt illustrativ was unter hohem bzw. geringem Flächenverbrauch verstanden werden kann bzw. was einen solchen beeinflusst.

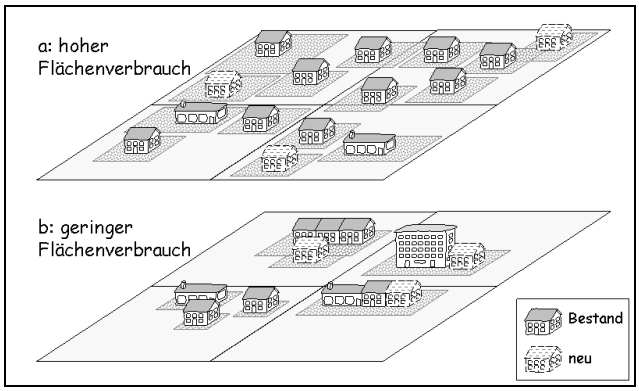



Abb. 10: hoher (a) versus geringem (b) Flächenverbrauch (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.1.2. Dimension „Dynamik“

Der Flächenverbrauch und somit auch - im Sinne des Kapitels 2 - die Zersiedelung werden entscheidend von der demographischen und wirtschaftlichen Dynamik mitbestimmt (Doubek und Winkler 1995). Dies spricht vor allem die zeitliche Veränderung im Sinne einer Wachstumsrate einzelner Attribute - wie Einwohner-, Haushalts-, Wohnungs- oder Arbeitsplatzentwicklung oder auch der verbauten Fläche (Sudhira, Ramachandra und

Jagadish 2004, Hasse 2002) - an. Eine mäßige Entwicklung hinsichtlich solcher Aspekte (siehe Abb. 11) - nimmt also bspw. die Anzahl der Wohnungen in einem Raum innerhalb eines Zeitraumes nur gering zu - schafft und sichert die Möglichkeiten einer raumplanerischen Steuerung und die Vermeidung negativer Entwicklungen. Infrastrukturelle Einrichtungen - wie z. B. Schulen - können angepasst und neu errichtet werden. Eine dynamisch-explosive Entwicklung hingegen findet oft - aus raumplanerischer Sicht - schlecht geeignete Flächen und birgt die Gefahr sozialer Segregationsprozesse und auch landschaftsökologisch betrachtet negativer Entwicklungen (vgl. Hasse 2002, siehe auch Kapitel 3.2).

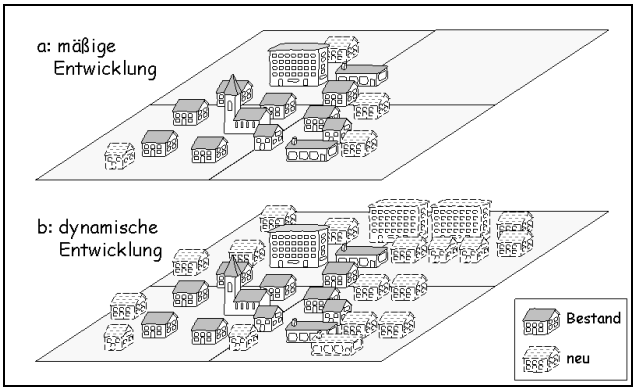



Abb. 11: mäßige und kontrollierte Entwicklung (a) einer Siedlungsstruktur in Gegenüberstellung mit einer dynamischen und explosiven Entwicklung (inspiriert durch Hasse 2002)

Die Literatur weist nicht selten auf die Relation zwischen zwei Komponenten von Wachstum hin. Die beinahe überall feststellbare Zunahme des Pro-Kopf-Flächenverbrauchs (vgl. Kap. 6.1.1 und Kap. 7.3.1.2) ist oft auf ein unverhältnismäßiges Wachstum des Landverbrauchs / der Siedlungsflächen einerseits gegenüber dem Bevölkerungswachstum andererseits zurückzuführen (Steinnocher und Köstl 2002). Die Gegenüberstellung von bspw. diesen beiden Entwicklungen birgt per se schon einen wesentlichen Erkenntnisgewinn in Bezug auf die gegenständliche Dimension und auf Zersiedelung.

## 6.2. Effizienzkriterien

### 6.2.1. Dimension „Nutzungsintensität“

Dichtewerte - wie die Bevölkerungsdichte - haben wohl die längste Tradition in der Beschreibung von Siedlungsstrukturen im Allgemeinen und Zersiedelung im Speziellen. Sie zeigen nicht zuletzt wegen ihrer leichten Verständlichkeit und prinzipiell einfachen Berechnung die breiteste Akzeptanz über alle Fachdomänen hinweg (bspw. Knaap et al. 2005, Galster et al. 2001, Hasse 2002, Wolman et al. 2002, Malpezzi 1999, Torrens und Alberti 2000) indem sie versuchen, die Intensität, Effektivität oder Nutzungseffizienz (Österreichische Raumordnungskonferenz 2001, Siedentop 2005) von siedlungsrelevanten Aktivitäten abzubilden. Meist von Zensusdaten ausgehend wird bspw. die Anzahl der Einwohner oder Wohngebäude durch die Fläche, auf die das Merkmal Bezug nimmt, geteilt. Dichtewerte informieren den Interessenten jedoch nur dann adäquat, wenn eine geeignete Fläche den statistischen Fallzahlen durch Division gegenübergestellt wird. Als Nenner eignet sich je nach Betrachtungsmaßstab der tatsächlich besiedelte (Verbreitungsraum, vgl. Wonka

et al. 2006b) oder der potenziell besiedelbare Raum (Dauersiedlungsraum, vgl. Prinz, Dollinger und Wonka 2006) meist besser als die absolute Fläche der jeweiligen statistischen Bezugseinheit (vgl. Wonka et al. 2006b).

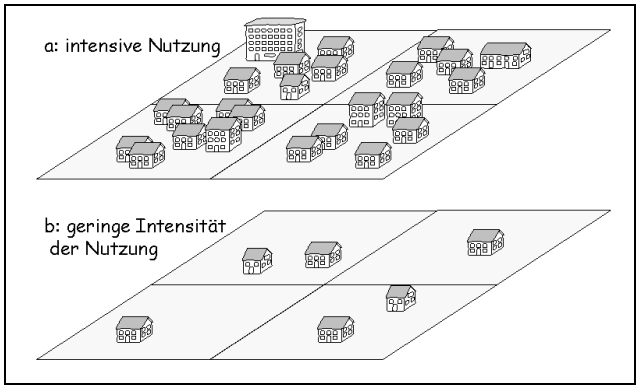



Abb. 12: intensive Nutzung / hohe Dichte (a) im Vergleich zu geringer Intensität / geringer Dichte (b) von Merkmalen - wie hier Gebäude - bezogen auf die Fläche (inspiriert durch Hasse 2002)

Zersiedelung wird in Zusammenhang mit dieser Messdimension oft als Ausdruck geringer Dichte bzw. Intensität der Nutzung (Abb. 12) bzw. auch zeitlich oder räumlich abnehmender Dichte verstanden (Knaap et al. 2005, Galster et al. 2001, Torrens und Alberti 2000, Wolman et al. 2002, Malpezzi 1999). Trotz oder vielleicht wegen des hohen Etablierungsgrades von Dichteberechnungen müssen sich Indikatoren, die diese Intensität und Effizienz behandeln oder einbeziehen, einiger Kritik unterziehen (vgl. Torrens und Alberti 2000). Die Vielfalt an verfügbaren statistischen Merkmalen resultiert in einer nahezu unüberschaubaren Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten dieser mit der Fläche und somit Dichtewerten. Am weitesten verbreitet sind wohl die Bevölkerungsdichte, Gebäudedichte (siehe Abb. 12) oder Beschäftigtendichte, die jedoch ihrerseits wieder zahlreiche Subvarianten ermöglichen. Der Betrachtungsmaßstab hängt eng mit dem Resultat eines Dichtewertes zusammen. Wird bspw. die Bevölkerungsdichte eines Raumausschnittes gemessen, so ändert sich diese entscheidend bei Betrachtung eines allgemeineren oder detaillierteren Ausschnittes. Ähnlich nimmt die Auflösung der Daten - in Abhängigkeit von den statistischen Aggregationseinheiten - beträchtlichen Einfluss auf das Ergebnis einer Dichte.

Zudem können Merkmale oft nicht gleichverteilt über statistische Einheiten betrachtet werden, was zu einer Verfälschung der tatsächlichen Situation führen kann (Prinz 2005, Prinz 2006). Die richtige Wahl des entsprechenden Nenners (statistische Fläche, Dauersiedlungsraum, Siedlungsmaske etc.) ist daher nicht unwesentlich. Gerade in der Raumbeobachtung über verschiedene Zeitstände hinweg spielt die Wahl der Bezugsfläche eine große Rolle. Wird bspw. die Einwohnerzahl auf die gesamte Gebietsfläche (statistische oder administrative Einheiten) bezogen, so bedeutet eine Bevölkerungszunahme im entsprechenden Gebiet immer eine Verdichtung, da die Bezugsfläche konstant bleibt. Die reale Siedlungsfläche entspricht jedoch selten der administrativen Fläche und verändert sich auch im Laufe der Zeit ebenso meist positiv (Steinnocher und Köstl 2002).

Die Verwendung von Dichtewerten zur Charakterisierung unterschiedlichster siedlungsrelevanter Aspekte ist also durchwegs etabliert und essentiell, die Wahl der geeigneten Spezifikationen verkompliziert jedoch die Anwendung. Dichtewerte werden nicht nur per se verwendet um Aussagen zu treffen, sondern dienen oft auch als Grundlage für

weiterführende Indikatoren, die auf dieser aufbauen. Die Einschränkungen bezüglich der Aussagekraft von Dichtewerten werden größtenteils auf daraus abgeleitete Maßzahlen vererbt und unterliegen denselben Vorbehalten.
Zusätzlich zu den einfachen Dichtemaßen werden in dieser Arbeit indirekt diese Intensität und direkt die Nutzungseffizienz ansprechende Eigenschaften der Siedlungsstruktur als Bebauungsstruktur ebenso in dieser Messdimension behandelt. Namentlich die Bebauungsart - wie flächenintensive Bebauungsformen „Einfamilienhaus vs. Geschoßwohnungsbau“ - sind für die Intensität und Effektivität einer Siedlungsstruktur nicht weniger maßgebend. Aber auch gesellschaftliche Lebensstile und Wohnformen im sozioökonomischen Wandel (bspw. Singlehaushalte) schlagen sich in dieser Dimension nieder (Lexer 2004).

### 6.2.2. Dimension „Konnektivität“

Wie auch schon in anderen Kapiteln respektive Messdimensionen angedeutet, spielt die Nähe von Nutzungen, die Erreichbarkeit von bestimmten Einrichtungen eine tragende Rolle in einer Siedlungsstruktur, werden dadurch doch die zurückzulegenden Wege und damit das Verkehrsaufkommen direkt beeinflusst (vgl. VCÖ 2005). Doch selbst eine kompakte, dichte, gut durchmischte und konzentrierte Siedlungsstruktur kann von mangelnder Konnektivität, innerer Verbundenheit und funktionaler Ineffizienz ihrer vorhandenen Verkehrsinfrastruktur gekennzeichnet sein (Hasse 2002).
Rainer (Rainer 2002) diskutiert neben Verkehrswegen auch andere infrastrukturelle Einrichtungen, wie Strom-, Telefonleitungen oder Ver- und Entsorgungskanäle (diese kamen bei anderen (Doubek und Zanetti 1999) auch zur Umsetzung), bevorzugt jedoch aufgrund ihrer leichten Verfügbarkeit und „absoluten infrastrukturellen Notwendigkeit“ Verkehrsinfrastrukturen resp. Gemeindestraßen (siehe Kap. 5.3.4). Abb. 13 versucht diese Dimension von Zersiedelung zu illustrieren. Während Abb. 13a von einer hohen inneren Verbundenheit des Straßensystems gekennzeichnet ist, wodurch potenziell Wege minimiert werden, ist in Abb. 13b die Sackgasse - als ein die Konnektivität minderndes Element - ein zentraler Baustein der Verkehrsinfrastruktur.

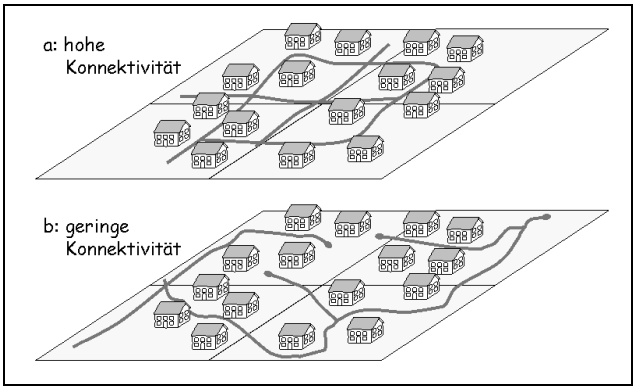



Abb. 13: hohe Konnektivität (a) einer Siedlungsstruktur in Gegenüberstellung zu geringer Konnektivität (b) (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.2.3. Dimension „infrastrukturell abgestimmte Siedlungsentwicklung“

Ein häufig zitiertes Ziel (bspw. Regionalverband Tennengau 2002, Doubek und Zanetti 1999) in raumplanerischen Bestrebungen ist die meist abstrakt gehaltene und somit sehr wenig konkrete Forderung nach einer Abstimmung der Siedlungsentwicklung mit der vorhandenen Infrastruktur oder aber auch umgekehrt die Anpassung der Infrastruktur an die bestehenden Siedlungen (vgl. hierzu Abb. 14). Damit werden in erster Linie technische Infrastruktureinrichtungen (z. B. öffentlicher Verkehr, Straßen, Strom- oder Wasserleitungen) und somit monetäre Kostenfaktoren fokussiert (vgl. hierzu bspw. Katzfey et al. 2004). Jedoch dürfen auch die soziale und kulturelle Infrastruktur (bspw. Bildungs-, Kultur, Gesundheitseinrichtungen) nicht außer Acht gelassen werden (siehe Prinz 2006). Die Abstimmung der Siedlungsentwicklung mit der Infrastruktur weist einen starken Bezug u. a. zur Dimension „Konnektivität“ (Kap. 6.2.2) auf. Die gegenständliche Dimension spricht aber neben der Straßeninfrastruktur auch andere infrastrukturelle Einrichtungen in Bezugnahme zu Siedlung und Bebauung an und ermöglicht, Entwicklungen abzubilden. Besonderer Wert kann hier auf Versorgungsqualitäten und Erreichbarkeiten von bspw. Nahversorgern, Kinderspielflächen, Bildungseinrichtungen etc. gelegt werden (siehe hierzu bspw. Prinz 2006).

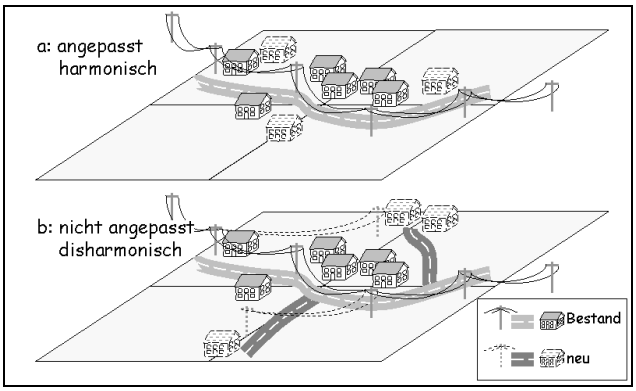



Abb. 14: Siedlungsentwicklung abgestimmt und harmonisch (a) bzw. nicht angepasst und disharmonisch (b) gegenüber der vorhandenen Infrastruktur (inspiriert durch Hasse 2002)

Wie in den Ausführungen des Kap. 6.2.2 und Kap. 7.3.2 bereits erwähnt, sind räumliche Daten zum Straßensystem noch eher verfügbar und zugänglich - unter Ausblendung qualitativer Aspekte -, als bspw. räumlich explizites, verortetes Datenmaterial bezüglich anderer infrastruktureller Einrichtungen (Wasser-, Stromleitungen). Zudem weisen Doubek und Zanetti (1999) auf den Mangel an verfügbaren Statistiken zu Gemeindestraßen, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung hin. Sie ziehen daher Angaben der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach zur Berechnung von Anschlussgraden und durchschnittlicher Wasserleitungslänge je Wohneinheit heran. Stromversorgungsunternehmen wissen bezüglich ihrer Leitungen bzw. deren Längen sehr gut Bescheid. Für die vorliegende Arbeit stehen jedoch solche Daten nicht zur Verfügung.

## 6.3. Form- und Strukturkriterien

### 6.3.1. Dimension „Konzentration“

Eine räumlich disperse, gleichmäßige Verteilung von Merkmalen der Siedlungsstruktur ist ein häufig erwähntes Charakteristikum von Zersiedelung, dessen Gegenstück als Konzentration von Merkmalen dargestellt und verstanden wird (Galster et al. 2001, Wolman et al. 2002, Hasse 2002, Braumann 1988). Betrachtet die Dimension „Kompaktheit“ (Kap. 6.3.3) die flächenhafte Ausdehnung der Siedlungsstruktur und deren Form in Verwendung eines Luftbildderivates (Verbauungskartierung), so fokussiert die gegenständliche Dimension „Konzentration“ nicht die Flächen sondern die statistischen Größen und Merkmale - wie Gebäude oder Einwohner - und deren Verteilung im Raum. Konzentrieren sich Merkmale auf wenige Raumeinheiten innerhalb eines Raumbezuges, so können die Distanzen zwischen diesen als im Schnitt geringer und die Siedlungsstruktur insgesamt als kompakter angesehen werden, als bei einer Gleichverteilung über alle Raumeinheiten hinweg (vgl. Abb. 15). Die absoluten Größen kommen dabei nicht ins Spiel. Gemessen werden die Anteilswerte bzw. Dichtevariationen von Merkmalen innerhalb eines Raumbezuges. Daher sollte es für das Indikatorergebnis unerheblich sein, ob sich Merkmale in einem Raumbezug mit hohen Werten oder mit geringen Werten konzentrieren.

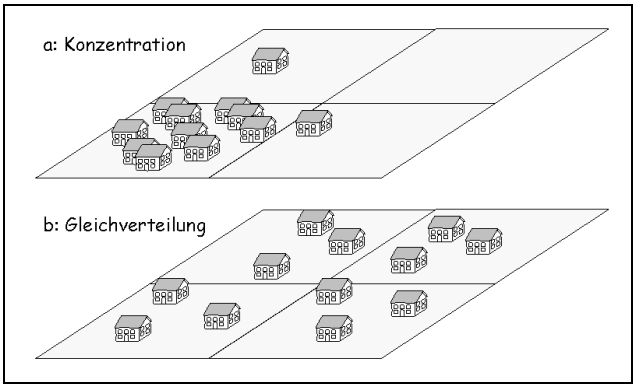



Abb. 15: Konzentration (a) versus Gleichverteilung / Dispersion (b) von Merkmalen (bspw. Gebäude) auf Raumeinheiten (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.3.2. Dimension „Kontinuität“

Zersiedelung wird oft auch als räumlich diskontinuierliche Verbauung verstanden bzw. ist letztere eine oft angeführte Eigenschaft von Zersiedelung (vgl. Galster et al. 2001 und Kap. 2). Diese Diskontinuität oder Kontinuität (siehe Abb. 16) kann unabhängig von anderen Dimensionen - wie Dichtewerten oder Konzentration - verstanden und betrachtet werden und meint eine Siedlungsentwicklung, die nicht kontinuierlich nach außen vor sich geht sondern Bereiche überspringt und somit Baulücken offen lässt. Als dieses Gegenteil einer kontinuierlichen Verbauung hat sich auch der Begriff „leapfrog-development“ („Bocksprung“) vor allem im englischen Sprachraum etabliert.

Dabei ist zu beachten, dass Diskontinuität oft auch nur die Initialphase der Verbauung betrifft (vgl. Torrens und Alberti 2000) und sich mittelfristig oder im Endstadium schließen und zu einer durchwegs kontinuierlichen Verbauung werden kann (Hasse 2002, Siedentop 2005, Meinel et al. 2000). Weiters konkurriert das Streben nach einer räumlich zusammenhängenden - und damit aus Sicht der Zersiedelungsthematik zu bevorzugenden -

Verbauung mit anderen raumplanerischen Leitbildern, wie der Versorgung der Bevölkerung mit Naherholungspotenzial und Grün im Wohnumfeld.
Somit kann einerseits die Kontinuität einer Verbauung im Sinne einer Zustandsbeschreibung erfolgen und andererseits die zeitliche Entwicklung mit dem damit einhergehenden zeitweiligen Entstehen von Baulücken und somit Diskontinuität betrachtet werden.

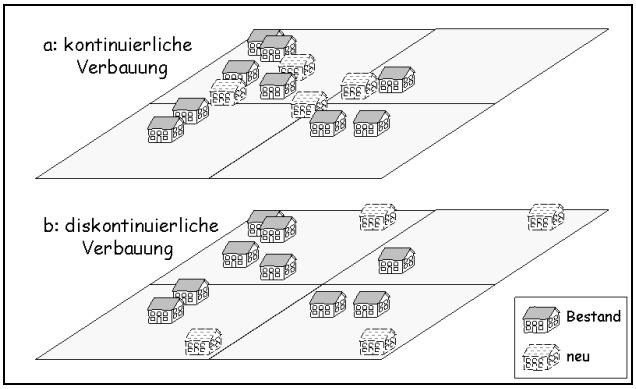



Abb. 16: kontinuierliche (a) versus diskontinuierliche (b) Verbauung (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.3.3. Dimension „Kompaktheit“

Die oft getätigte Forderung nach kompakten Städten, Siedlungen usw. (bspw. Regionalverband Tennengau 2002) erlaubt die Identifizierung eines weiteren Merkmals bzw. Begriffsverständnisses, eine Dimension von Zersiedelung. Den Formeigenschaften einer Siedlung wird eine nicht unwesentliche Bedeutung bezüglich der - aus unterschiedlichsten Gründen - zurückzulegenden Distanzen (Bento et al. 2004), bezüglich des Flächenverbrauchs und nicht zuletzt bezüglich landschaftsökologischer Aspekte (Stichwort Landschaftszerschneidung) zugesprochen. Diese Eigenschaft wird auch von anderen Dimensionen wie bspw. „Kontinuität“ (Kap. 6.3.2) aufgegriffen und in die Argumentation miteinbezogen, allerdings wird dort die eigentliche Form als wesentliche Eigenschaft einer Siedlung außer Acht gelassen und andere Aspekte - wie die Lücken in der Verbauung - werden in den Vordergrund gerückt.
Die vorliegende Dimension widmet sich den Formeigenschaften von Siedlungsflächen. Zerklüftete und komplexe Siedlungsformen wie in Abb. 17b werden eher negativ bezüglich Zersiedelung beurteilt als kompakte (Abb. 17a). Nichtsdestotrotz kann eine in dieser Dimension kompakte Siedlungsform geringe Dichten aufweisen oder bspw. räumlich nicht kontinuierlich oder gleich konzentriert sein. Allerdings ist zu beachten, dass - wie andere Maße auch - die Kompaktheit von Siedlungen sehr abhängig vom für Verbauungs- oder Siedlungszwecke zur Verfügung stehenden Raum (Dauersiedlungsraum) ist. Bspw. wird in Gebirgstälern - wie im Alpenraum - der Siedlungskörper in den seltensten Fällen kreisrund (was in dieser Hinsicht oft als Idealform angesehen wird) sein, sondern sich den natürlichen Grenzen anpassen und eher langgestreckte Formen ausbilden. Der Beachtung der Maßstabsperspektive kommt dadurch eine entscheidende Rolle zu. In Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Daten muss etwa bei einer Verbauungskartierung (zur Verfügung stehendes Luftbildderivat), welche einzelne verbaute Flächen wie Gebäude beinhaltet, eine Generalisierung im Sinne einer Zusammenfassung zu einer zusammenhängenden Siedlungsfläche oder zu einem Siedlungskörper vorgenommen werden. Dadurch wird verhindert, dass die Form der Gebäude und nicht der tatsächliche Siedlungskörper einer

Messung unterzogen wird. Ansonsten wären die Betrachtungsobjekte im Extremfall immer einzelne Gebäude, diese sich bezüglich der Form naturgemäß sehr ähnlich und die Aussagekraft einer Maßzahl zur Kompaktheit einer Siedlungsstruktur nicht gegeben.

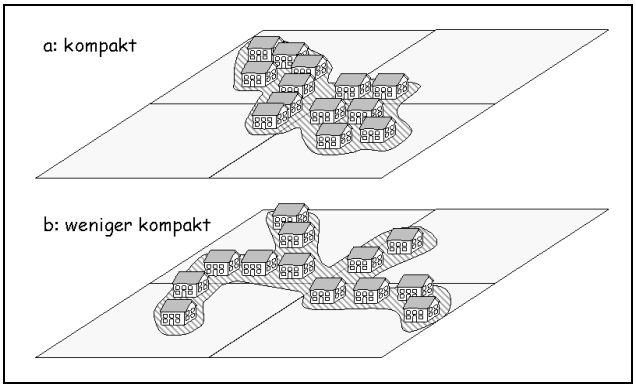



Abb. 17: kompakte (a) Siedlungsform versus zerklüfteter (b) - weniger kompakter bzw. komplexer - Siedlungsform (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.3.4. Dimension „bandartige Verbauung“

Als eine nicht nur die Erreichbarkeit und innere Verbundenheit einschränkende (vgl. hierzu auch Kap. 6.3.2) sondern auch sozial und ästhetisch kritische Dimension von Zersiedelung wird das Phänomen des - etwas schwierig ins Deutsche zu übersetzenden - „Highway-Strip-Development“ oder „Ribbon-Development“ (bspw. Hasse 2002, Torrens und Alberti 2000, Barnes et al. o. D) angesehen. Dabei werden durch diese Begriffe diejenigen Verbauungen und Verbauungsentwicklungen angesprochen, die sich entlang höherrangiger Straßen bandartig außerhalb geschlossener Siedlungsgebiete aufziehen (vgl. hierzu auch Schöpfer 2001). Diese durchgängigen Siedlungsbänder mit ihrem sukzessiven Zusammenwachsen einzelner Ortsgebiete haben aber auch zur Folge, dass bspw. die Anrainer dieser ehemaligen Freilandstraßen nach und nach über Geschwindigkeitsbegrenzungen vor den Gefahren des Straßenverkehrs in Schutz genommen werden müssen. Umgekehrt hat dies wiederum zur Folge, dass die Mobilität von Verkehrsteilnehmern bezüglich ihrer Reisegeschwindigkeit verringert wird. Solche Entwicklungen sind bereits durchwegs im straßenverkehrlichen Alltag wahrnehmbar.

Sowohl eine Wohnbauten als auch eine kommerzielle Verbauungen (Gewerbe, Industrie, Einkaufszentren) beinhaltende „bandartige Verbauung“ ist beobacht- und vorstellbar. Abb. 18 versucht diese Phänomene illustrativ darzustellen. Es darf angenommen werden, dass Indikatoren anderer Dimensionen (vgl. Kap. 6.3.2 oder Kap. 6.3.3, Dimensionen des Kap. 6.2.2 und Kap. 6.2.3 stehen jedoch in einem gewissen Widerspruch zum vorliegenden) ebenso auf derartige Entwicklungen ansprechen. Zudem ist das - als positiv erachtete - Konzept der Entwicklungsachsen, die gebündelt infrastrukturelle Einrichtungen, gewerbliche und industrielle Betriebe, Wohnungen und Versorgungseinrichtungen aufweisen sollen, davon betroffen (siehe hierzu Amt der Salzburger Landesregierung 2003). Dennoch wird im Nachfolgenden speziell auf diese besonders kritisch einzustufenden Tendenzen eingegangen. Der zur Verfügung stehende Raum beeinflusst die Ausbildung bandartiger Verbauungen in nicht geringem Maße. Bspw. sind in Gebirgstälern die Möglichkeiten der Siedlungstätigkeiten durch das begrenzte Vorhandensein von Raum eingeschränkt. Der hier langgezogene potenzielle Siedlungsraum erlaubt oft lediglich eine Einfahrtsstraße, deren

Arrondierung für Siedlungstätigkeit und -erweiterungen naturgemäß genutzt wird und werden muss.

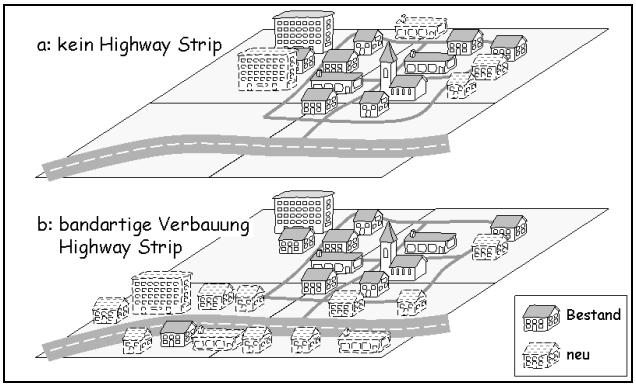



Abb. 18: Siedlungsbestand und -entwicklung im Erschließungsbereich des Gemeindestraßennetzes (a) im Vergleich zu Highway-Strip-Development und einer zunehmenden bandartigen Verbauung (b) (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.3.5. Dimension „Nuklearität“

Ähnlich polyzentraler Verstädterungsformen in einem kleineren Maßstab (Stichwort: „Zentrale Orte Konzept“) sind auch auf der gegenständlichen Betrachtungsebene Siedlungsstrukturen von einem oder mehreren Kernen und Zentren geprägt. Siedlungskerne werden dabei als Konzentration von Grundfunktionen menschlicher Siedlungsaktivitäten wie Wohnen und Arbeiten verstanden. Dabei besteht ein potenziell großer Einfluss der Anzahl dieser Siedlungskerne auf die aus verschiedensten Gründen zurückzulegenden Distanzen der Einwohner und somit auf die Verkehrswirksamkeit der Siedlungsstruktur. Lässt sich ein einziger Siedlungskern in einer Siedlungsstruktur identifizieren spricht man von einer mononuklearen, bei mehreren Kernen von einer polynuklearen Struktur. Ebenso ist jedoch auch das Fehlen eines Nukleus innerhalb einer Siedlungsstruktur oder eines Raumbezuges vorstellbar. Abb. 19 zeigt in zwei Beispielen bildlich, wie sich dieses Konzept verstehen lässt. In Abb. 19a weist die Funktion Wohnen einen einzigen Kern an Aktivität auf, während sich in Abb. 19b drei Kerne - eine polynukleare Struktur - identifizieren lassen (Galster et al. 2001, Amt der Salzburger Landesregierung 2003).

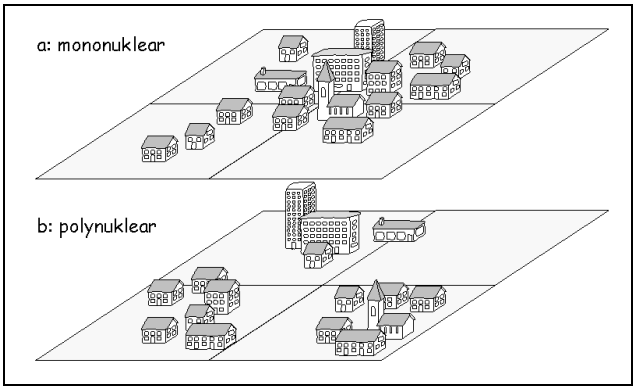



Abb. 19: mononukleare Siedlungsstruktur (a) versus Polynuklearität (b) (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.3.6. Dimension „Zentralität“

Die in Kap. 6.3.1 vorgestellte Dimension „Konzentration“ thematisiert die Verteilungsungleichheit statistischer Größen (Einwohner, Gebäude, Beschäftigte usw.) ohne jedoch auf einen Konzentrationskern und die räumliche Nähe von Nutzungen zu diesem

einzugehen. Die gegenständliche Dimension „Zentralität“ beschreibt nun das Ausmaß der Nähe von Landnutzungen oder siedlungsstrukturellen Merkmalen zu einem - wie auch immer definierten - Zentrum der Siedlungsstruktur (Galster et al. 2001, Hanson und Freihage 2001). Ausgehend vom monozentrischen Modell einer Siedlung werden längere zurückzulegende Distanzen und Verkehrsinduktion als die hauptsächlichen Nachteile dezentraler Siedlungsstrukturen genannt (Bento et al. 2004). Aus Abb. 20 sollte die Bedeutung dieser Dimension ersichtlich werden. Während sich in a die Nutzungen um das Zentrum scharen, ist in b eine geringere Zentralität erkennbar.

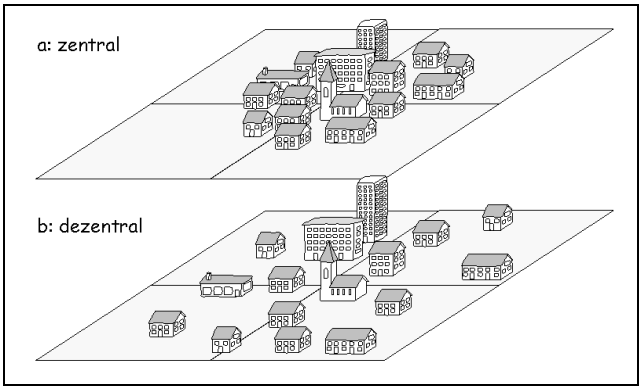



Abb. 20: zentrale (a) und dezentrale (b) Siedlungsstruktur (inspiriert durch Hasse 2002)

## 6.4. qualitative Kriterien

### 6.4.1. Dimension „Planungsinkonsistenz“

Die Art und Weise der Nutzung von Grund und Boden unterliegt meist Regeln, Normen oder auch nur Leitbildern verschiedenster Art. Das Vorhandensein solcher hat jedoch nicht unbedingt deren konsequente Umsetzung zur Folge. Ein salopper Umgang mit Raumplanungsinstrumenten oder großzügige Ausnahmeregelungen oder Einzelgenehmigungen durch die Entscheidungsträger, die meist auf einer unteren Raumplanungsebene agieren oder aber auch dem Wähler verpflichtet scheinen (Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004), haben teils beträchtliche Abweichungen zwischen Ist- und Sollzustand zur Folge. Solche Vorkommnisse werden einerseits als nicht unbedeutendes Charakteristikum von Zersiedelung andererseits oft auch als direktes und einziges Begriffsverständnis von Zersiedelung aufgefasst (siehe Hasse 2002, Siedentop 2005). Eine den raumplanerischen Vorstellungen entsprechende Nutzung (a) ist in Gegenüberstellung mit einer planungsinkonsistenten Nutzung (b) in der Abb. 21 skizziert.

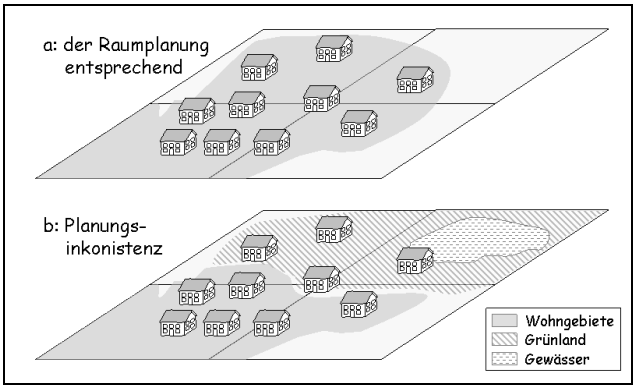



Abb. 21: Siedlungsstruktur und -bestand: konsistent (a) bzw. inkonsistent (b) mit den Raumplanungszielen resp. -widmungen (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.4.2. Dimension „Ästhetik“

Zersiedelung wird fallweise als subsumierender Begriff für alles Schlechte, Unschöne und Hässliche einer Siedlungsstruktur- oder -entwicklung gebraucht (Galster et al. 2001, Mayer o. D.). Qualitative Eigenschaften von Siedlungsstrukturen, wie z. B. Wohnzufriedenheit (siehe Zucha et al. 2005), mit quantitativen Maßzahlen zu belegen, ist im Allgemeinen keine triviale Aufgabe. Sie ist jedoch bewältigbar, wenn eine einigermaßen klare Auffassung, was konkret als kritisch und was als positiv gewertet werden kann, gegeben ist. Umso schwieriger erweist sich dies, wenn bspw. die Ästhetik einer Landnutzung - behaftet mit einer hohen Subjektivität - mit einer Zahl beschrieben werden will (vgl. Torrens und Alberti 2000). Teils sogar als Hauptbestandteil des Problems „Zersiedelung“ angesehen (Torrens und Alberti 2000) kann Ästhetik mehrere Komponenten von Zersiedelung tangieren und weiter konkretisiert werden, wie in geringe Dichte, Streuung, bandartige Verbauung usw. Wenig fassbar - nicht zuletzt aufgrund des Fehlens an Daten - sind „Hässlichkeiten“ wie Neon-Leuchtreklamen. Riesige Parkflächen als Antityp einer „schönen“ Siedlungsstruktur andererseits sind fernerkundlich aufnehmbar und somit in eine quantitative Analyse einbeziehbar. Idealerweise auf Umfrageergebnissen aufbauend könnte wohl die Ästhetik einer Siedlungsstruktur messbar gemacht werden. Diese Prozedur ist jedoch - ob hoher Aufwendungen - wenig praktikabel (Torrens und Alberti 2000).

Ausgedehnte Häusersiedlungen und Gewerbegebiete und somit eine langweilige homogene Form der Siedlungen sind eher quantitativ greifbare Merkmale (Frenkel und Ashkenazi 2005, Seidl 2003). Auf einer Makroebene lässt sich eine solche Uniformität über Gebäudehöhen, -breiten oder Bautypenmix und ähnliches beschreiben (Knaap et al. 2005, auch Hess et al. 2001), Datenverfügbarkeit vorausgesetzt. Abb. 22 versucht eine homogene, uniforme Siedlung versus einer aus ästhetischen Gesichtspunkten positiver zu beurteilenden baulich abwechslungsreicheren Siedlung zu skizzieren.

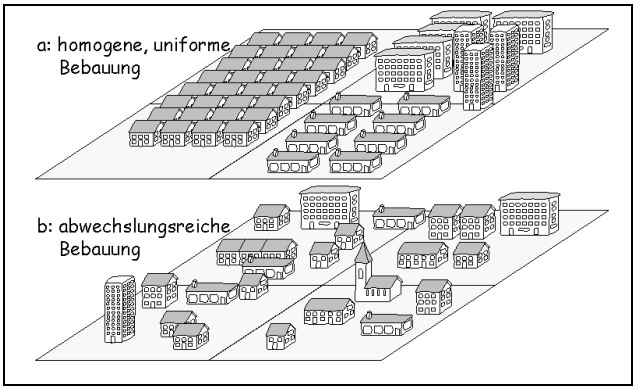



Abb. 22: homogene, uniforme und ästhetisch unansprechende Siedlungsstruktur (a) versus abwechslungsreiche Bebauung (inspiriert durch Hasse 2002)

### 6.4.3. Dimension „Nutzungsmischung“

Eine überaus einseitige Landnutzung bzw. eine geringe Durchmischung unterschiedlicher Nutzungen (Stichwort: „Schlafstädte“) wird gemeinhin gerne als wesentliche Eigenschaft von Zersiedelung verstanden (Galster et al. 2001, Hasse 2002, Song und Knaap 2004, Wolman et al. 2002). Die verkehrsinduzierende Wirkung mit all ihren Nebenerscheinungen (Umweltprobleme) aber auch negative soziale Erscheinungen und Entwicklungen - wie soziale Segregation - (Rennhofer 1994, Rainer 2002, Österreichische

Raumordnungskonferenz 2001) sind die am häufigsten genannten Problempunkte im Zusammenhang mit einer fehlenden Mischung (Diversität) unterschiedlichster Funktionen in einer Siedlungsstruktur. Abb. 23 zeigt schemenhaft die Unterschiede einer stark einseitigen Nutzung in der Siedlungsstruktur in Gegenüberstellung zu einer funktional durchmischten Nutzung.

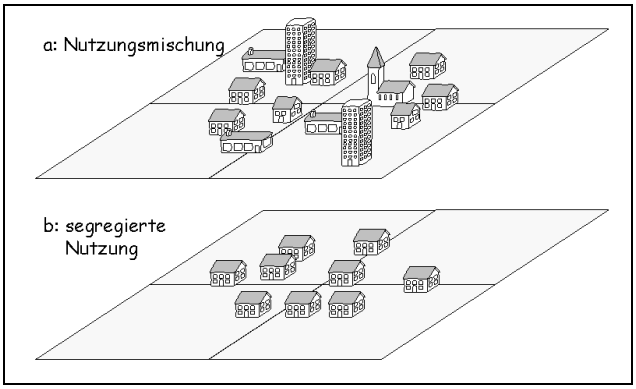



Abb. 23: Nutzungsmischung (a) versus segregierte Nutzung (b) (inspiriert durch Hasse 2002)

# 7. Operationalisierung der Messdimensionen von Zersiedelung: Räumliche Indikatoren und Messkonzepte

Der Begriff Zersiedelung lässt weder eine einheitliche Definition noch eine Reduktion auf eine einzelne Eigenschaft zu. Ausgehend von dieser Erkenntnis aus Kap. 2 und Kap. 6 lassen sich bei Zersiedelung gemäß der Vielzahl an Begriffsverständnissen einzelne, einigermaßen konkrete Messdimensionen differenzieren (siehe Kap. 6, Tab. 2 bzw. Kap. 2). Im Nachfolgenden werden Indikatoren und Messkonzepte zur Operationalisierung (Messbarmachung) dieser Dimensionen erarbeitet und vorgestellt. Ziel ist, dabei jede Messdimension mit zumindest einer Maßzahl zu belegen und - sofern den Rahmen dieser Arbeit nicht sprengend - Alternativen, wie sie in der einschlägigen Literatur Verwendung finden, und die Messdimension ergänzende Indikatoren vorzustellen. Daneben wird versucht, ein Mittelmaß an Komplexitätsreduktion und zu starker Abstraktion von der Messdimension - gemäß den Anforderungen an Indikatoren (Tab. 6) - zu erreichen. Dies beinhaltet auch die Voraussetzung, dass eine Berechnung in gängigen GIS-Systemen mit einfachen Methoden möglich sein soll. Den einzelnen Ableitungen dieser Indikatoren wird eine Interpretation gemäß der jeweiligen Messdimension beigefügt. Gleichzeitig sollen Diskussionspunkte zur Ergebnisqualität angesprochen werden, die allgemein gebündelt im Kap. 7.1 dargestellt werden.
Die in Kap. 6 eingeführte Kategorisierung nach Kriterien (Gesamtausmaß, Effizienz, Form- und Struktur und qualitativ) findet hier ebenso ihre konsequent Übertragung. Aufgrund der Vielfalt der unterschiedlichen Messverfahren wird eine Überblicksdarstellung sogleich vorweggenommen.

| Kategorie | Dimensionen | Messkonzepte / Indikatoren (Varianten) |
|---|---|---|
| Kriterien zum Gesamtausmaß | Flächenverbrauch | Anteil verbauter Fläche (5) |
| | Dynamik | Verbauungsdynamik (1) |
| | | Einwohner-, Beschäftigten- und Gebäudedynamik (1) |
| Effizienzkriterien | Nutzungsintensität | Einwohnerdichte / Gebäudedichte / Beschäftigtendichte (6) |
| | | Flächenverbrauch pro Kopf (1) |
| | | Wohn- und Bebauungsstruktur (3) |
| | Konnektivität | Straßenlänge (2) |
| | | Straßenkreuzungen (3) |
| | | Sackgassen (2) |
| | | Mittlere Maschenweite des Straßennetzes (1) |
| | infrastrukturell-abgestimmte Siedlungsentwicklung | Verbauungen im Nahbereich des öffentlichen Verkehrs (2) |
| Form- und Strukturkriterien | Konzentration | Lorenz-Kurve und Gini-Koeffizient (2) |
| | | Raumeinheiten hoher Dichte (2) |
| | | Variationskoeffizient der Dichte (1) |
| | | Dissimilarity-Index (1) |
| | Kontinuität | Leapfrog Index (1) |
| | | Standortstruktur der Siedlungsentwicklung (1) |
| | | Mean Nearest Neighbor Distance / Nearest Neighbor Index (2) |
| | | Messung von „Kontinuität“ über die Dichte (1) |
| | | Anteil der „Verbauungen in isolierter Lage“ (2) |
| | Kompaktheit | Mean Perimeter-Area-Ratio (1) |
| | | Mean Shape Index (1) |
| | bandartige Verbauung | Highway-Strip Index (1) |
| | Nuklearität | Anzahl der Siedlungs- und Beschäftigungszentren (1) |
| | | Mononuklearität (1) |
| | Zentralität | Distanz von Strukturanteilen (2) |
| qualitative Kriterien | Planungsinkonsistenz | Planungsinkonsistenz Index (1) |
| | Ästhetik | Mittlere Größe reiner Wohngegenden (1) |
| | | Mittlere Größe reiner Einfamilienhausgegenden (1) |
| | Nutzungsmischung | Gewerbe-, Industrie- und öffentliche Flächen je Wohnung (1) |
| | | Erwerbstätige / Arbeitsplätze - Verhältnis (2) |
| | | Dissimilarity-Index (2) |
| | | Anteil der Einwohner mit Betriebs- oder Mischgebieten in ihrer näheren Umgebung (1) |
| | | Segregated Land Use Index (1) |

Abb. 24: Überblicksdarstellung der Messkonzepte und Indikatoren für die einzelnen Messdimensionen

Die Indikatoren und Messkonzepte entsprechen hierbei meist Zustandsindikatoren und können sowohl den zeitlichen Status einer Messdimension beschreiben als auch die Entwicklung dieser über unterschiedliche Zeitstände hinweg - im Sinne von Veränderungsraten. Sowohl die Datenlage als auch das jeweilige Verständnis einer Dimension erlaubt, diese beiden Sichten (Zeitstatus und zeitliche Veränderung) nicht in jedem Fall für die beiden aus Kap. 5.1 und Kap. 5.2 bekannten Raumbezugstypen (administrativer und geometrischer Raumbezug). Die Literatur weist eine Vielzahl verschiedener Ansätze auf, Zersiedelung oder Teilaspekte davon messbar zu machen. Zu dieser Vielfalt kommt eine unüberschaubare Zahl an Varianten an sich sehr ähnlicher Konzepte. Die nachfolgenden Ausführungen versuchen, einen Querschnitt durch das breite

Spektrum gängiger Verfahren zu erstellen. Der begrenzte Umfang der Arbeit zwingt zu einer Reduktion, was vor allem zu Lasten von Indikatoren aus der Familie der Landschaftsstrukturmaße geht. Diese Konzepte werden, obwohl großes Potenzial für den vorliegenden Zweck gesehen wird (siehe Jaeger und Bertiller 2006), in einzelnen Aspekten nur gestreift.

## 7.1. Einflussgrößen / Diskussionspunkte

Indikatoren bzw. deren Ergebnisse laufen Gefahr, bei Nichtbeachtung bzw. Nichteinbezug in die Interpretation bestimmter Einflussgrößen fehlinterpretiert zu werden (vgl. hierzu Blaschke 1999). In diesem Rahmen sollen vor allem diejenigen Wirkungen aufgezeigt werden, die methodische Aspekte ansprechen und von der verwendeten Datenlage abhängig sind. Einige Einflussgrößen, die allgemeiner Natur sind und für die Mehrheit der vorgestellten Indikatoren zutreffen dürften, werden in Tab. 7 gebündelt beschrieben. Bezüglich indikatorenspezifischer Wirkungen wird auf die Erläuterungen zu den einzelnen Maßzahlen in den Kap. 7.3.1 bis 7.4.6 verwiesen. Eine Diskussion der Maßstabsfrage wird in Kap. 1.3.1 geführt.

| Einflussgrößen | Erläuterung |
|---|---|
| Wahl des Raumbezuges | Je nach Größe und Lage des Ausschnittes oder Raumbezuges für Indikatoren können die Ergebnisse starke, inhaltlich oft schwer erklärbare Unterschiede aufweisen. Die Wahl eines geeigneten Raumbezuges zur Quantifizierung von Zersiedelung ist aufgrund der vielfältigen Funktionsverflechtung von Siedlungsstrukturen entscheidend (vgl. Blaschke 1999, Wolman et al. 2002, Walz 1998, Lang 1999). |
| Wahl der Raumeinheiten | Die Größe der Raumeinheiten hat - sofern das Indikatorergebnis nicht durch Aggregation auf den Raumbezug erstellt wird - direkten Einfluss auf das Resultat (vgl. Hasse 2002). |
| Wahl von Schwellwerten | Einige der vorgestellten Indikatoren werden wesentlich von den vom Anwender gewählten Schwellwerten beeinflusst und können daher nur mit dessen Berücksichtigung interpretiert werden. |
| Zuverlässigkeit und Plausibilität der Datengrundlagen | Indikatoren basieren auf Datengrundlagen, deren Korrektheit und Validität vorausgesetzt werden muss und die eine gewisse Generalisierung aus datenschutzrechtlichen oder auch praktischen (Erfassungsmaßstab) aufweisen können, und liefern nur in dem Maße brauchbare Ergebnisse, wie dies mit den Daten möglich ist (vgl. Walz 1998). |
| Anökumene / nicht besiedelbarer Raum | Der potenziell besiedelbare Raum wirkt entscheidend auf Siedlungsstrukturen ein. Umgekehrt bedeutet dies, dass dieser bei der Betrachtung und Bewertung nicht unbeachtet werden darf. Der Einbeziehung des Vorhandenseins von Anökumene ist bis zu einem gewissen Grad möglich (Wolman et al. 2002). |

Tab. 7: Typische bei der Interpretation von Indikatoren zu beachtende Einflussgrößen auf Indikatoren

## 7.2. Messkonzepte der Kategorie „Kriterien zum Gesamtausmaß“

### 7.2.1. Indikatoren zur Dimension „Flächenverbrauch“

Die schwierige definitorische Trennung der beiden Zersiedelungsdimensionen „Nutzungsintensität“ und „Flächenverbrauch“ in Kap. 6.2.1 und Kap. 6.1.1 setzt sich in einer uneindeutigen Zuordnung der Messverfahren fort. Für diese Gliederung werden der vorliegenden Dimension diejenigen Indikatoren zugerechnet, die explizit die für Siedlungszwecke verbrauchte Fläche thematisieren. Sprechen Messkonzepte eher Nutzungsintensitätseigenschaften der Fläche an, so wurden diese dem Kap. 7.3.1 untergeordnet. Nachfolgend findet sich eine Reihe auf diese Weise der gegenständlichen Messdimension zugewiesener Quantifizierungsansätze.

#### 7.2.1.1. Anteil verbauter Fläche

Der Betrag an verbauter Fläche anteilig an der Gesamtfläche wird vorzugsweise in einem Vergleich verschiedener Zeitstände als Änderungsrate erfasst. Meinel et al. (Meinel et al. 2000) nennen diese Änderung „Verstädterungsgrad“ zur ersten Übersichtsgewinnung bei Verstädterungsprozessen, wobei Auswertungen von Fernerkundungsdaten zur Verwendung kommen (siehe hierzu auch Schöpfer 2001). Neben der Gesamtfläche als Bezugsobjekt sind auch der Dauersiedlungsraum - mit seiner nicht trivialen Abgrenzung (Kap. 5.3.5, Prinz, Dollinger und Wonka 2006) - oder auch das zur Verfügung stehende Bauland gebräuchlich (Rainer 2002, Doubek und Winkler 1995). Dergleichen scheint eine große Zahl an Varianten möglich.
Stellvertretend für diese Vielfalt wird in diesem Rahmen auf die drei oben genannten Ansätze näher eingegangen und einer Diskussion unterzogen.

- Anteil verbauter Fläche an der Gesamtfläche bzw. dessen Änderungsrate bei verschiedenen Zeitständen

$$verbaut_{ij} = \frac{vb_{ij}}{A_i} * 100 \qquad verbaut_aenderung_{ij} = \frac{verbaut_{ij} - verbaut_{ij-1}}{verbaut_{ij-1}} * 100$$

*$verbaut_{ij}$* ..... Anteil verbauter Fläche des j-ten Zeitstandes an der Gesamtfläche im i-ten Raumbezug
*$verbaut_aenderung_{ij}$* ..... Veränderungsrate des Anteils verbauter Fläche des j-ten Zeitstandes gegenüber dem j-1-ten Zeitstand an der Gesamtfläche im i-ten Raumbezug
*$vb_{ij}$* ..... Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*$A_i$* ..... Fläche des i-ten Raumbezuges

- Anteil verbauter Fläche am Dauersiedlungsraum resp. Änderungsrate des Anteils verbauter Fläche am Dauersiedlungsraum
Hierbei wird angenommen, dass sich das Ausmaß des Dauersiedelungsraumes je nach dessen Abgrenzungsmethode statisch verhält und keinen (kurzfristigen) Schwankungen unterliegt.

$$verbaut_dsr_{ij} = \frac{vb_{ij}}{A_dsr_i} * 100$$

$$verbaut_dsr_aenderung_{ij} = \frac{verbaut_dsr_{ij} - verbaut_dsr_{ij-1}}{verbaut_dsr_{ij-1}} * 100$$

*verbaut_dsr$_{ij}$* Anteil verbauter Fläche des j-ten Zeitstandes an der Fläche des Dauersiedlungsraumes im i-ten Raumbezug
*verbaut_dsr_aenderung$_{ij}$* Veränderungsrate des Anteils verbauter Fläche des j-ten Zeitstandes gegenüber dem j-1-ten Zeitstand an der Fläche des Dauersiedlungsraumes im i-ten Raumbezug
*vb$_{ij}$* Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_dsr$_i$* Fläche des Dauersiedlungsraumes im i-ten Raumbezug

- Anteil verbauter Fläche am gewidmeten Bauland

Aufgrund fehlender Daten zu unterschiedlichen Zeitständen der Flächenwidmung und damit zum gewidmeten Bauland wird hier - obwohl prinzipiell möglich - auf eine Änderungsrate verzichtet.

$$verbaut_widm_{ij} = \frac{vb_{ij}}{A_widm_{ij}} * 100$$

*verbaut_widm$_{ij}$* Anteil verbauter Fläche des j-ten Zeitstandes an der Fläche des gewidmeten Baulandes des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*vb$_{ij}$* Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_widm$_{ij}$* Fläche des gewidmeten Baulandes des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

Die Bezugsfläche Dauersiedlungsraum entspricht der in Kap. 5.3.5 beschriebenen Abgrenzung. Das gewidmete Bauland als Referenz kann gemäß dem Amt der Salzburger Landesregierung (Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 7 Landesplanung und Raumordnung 2004) als die Summe der Flächen folgender Widmungen des Flächenwidmungsplanes verstanden werden: reine Wohngebiete, erweiterte Wohngebiete, Kerngebiete, ländliche Kerngebiete, Dorfgebiete, Betriebsgebiete, Gewerbegebiete, Industriegebiete, Zweitwohnungsgebiete, Gebiete für Handelsgroßbetriebe, Gebiete für Beherbergungsgroßbetriebe, Sonderflächen. Für genauere Ausführungen zum Thema Bauland sei in diesem Rahmen auf spezifischere Literatur (bspw. Doubek und Zanetti 1999 oder Rainer 2002) verwiesen.

In Abb. 25 finden sich diese drei Zustands- und zwei Entwicklungsindikatoren für ein beispielhaftes Szenario zusammenfassend umgesetzt. Abb. 25a zeigt die Anwendung der Indikatoren „Anteil verbauter Fläche an der Gesamtfläche“ (*verbaut$_{ij}$*) und „Änderungsrate des Anteiles verbauter Fläche an der Gesamtfläche“ aus zwei verschiedenen Zeitständen „alt“ und „neu“ (*verbaut_aenderung$_{ij}$*). Als Bezugsfläche (Divisor) wird die Gesamtfläche des Raumbezuges (bei administrativen Raumbezügen bspw. die Gemeindefläche) gebraucht. In Abb. 25b wird der Dauersiedlungsraum in Bezug zur verbauten Fläche gesetzt mit den resultierenden Werten für *verbaut_dsr$_{ij}$* und *verbaut_dsr_aenderung$_{ij}$*. Der Anteil der verbauten Fläche am gewidmeten Bauland (*A_widm$_{ij}$*) wird in Abb. 25c gezeigt.

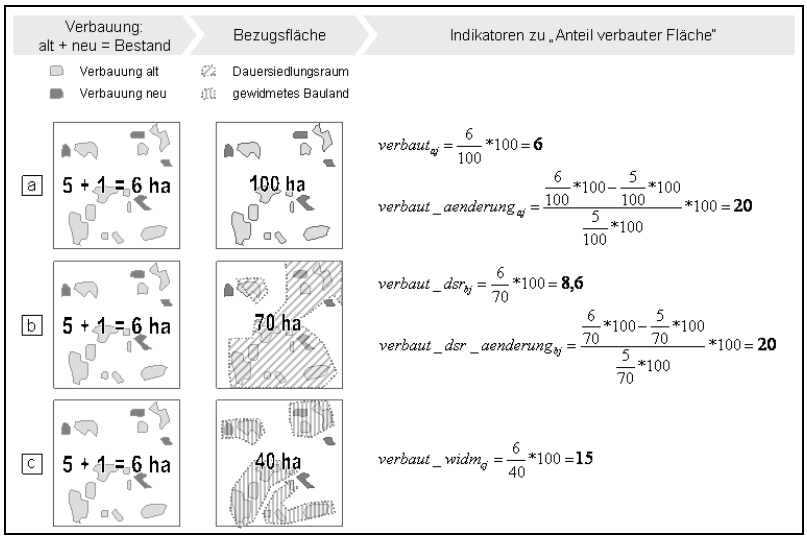



Abb. 25: beispielhafte Umsetzung der vorgestellten Indikatoren zum Messkonzept „Anteil verbauter Fläche"

Sowohl für die Anteile als auch für die Änderungsraten ergeben sich - aufgrund ihrer Berechnungsweise als Prozentwerte - Werteskalen von Null bis 100 (siehe Abb. 26). Die Interpretation in der gegenständlichen Dimension „Flächenverbrauch" erweist sich ähnlich der Berechnung als einigermaßen intuitiv. Große Werte (Prozentanteile oder Veränderungsraten in Prozent) können als hoher Flächenverbrauch allgemein im Raumbezug bzw. hoher zeitlicher Verbrauch an Fläche gedeutet werden. Kleine Werte hingegen sprechen für einen sparsamen Umgang mit Fläche bzw. geringen Zustand an „Flächenverbrauch" im Raumbezug.

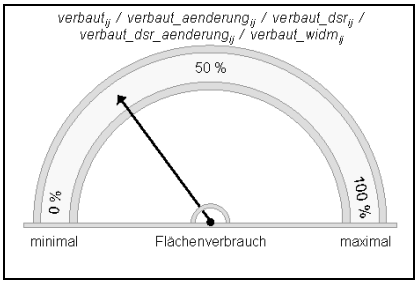



Abb. 26: Wertebereich der fünf Indikatorenansätze zum „Anteil verbauter Fläche" und deren Interpretation im Kontext der Dimension „Flächenverbrauch"

Beispielhaft für die oben beschriebenen Indikatoren findet sich Indikatorenblatt 7.2.1.1 (siehe Kap. 9) der Indikator „Anteil verbauter Fläche am Dauersiedlungsraum" (*verbaut_dsr*$_{ij}$) für die sechs administrativen Raumbezüge umgesetzt. Während in Karte 1 die Datenbasis (Verbauungskartierung, Dauersiedlungsraum) kartographisch visualisiert ist, zeigt Karte 2 das Indikatorresultat je Gemeinde. Die Zuverlässigkeit der Aussagen hängen sehr stark von derjenigen der einfließenden Datengrundlagen ab (Kap. 7.1). Hierfür wird auf die jeweiligen Abschnitte in Kap. 5.3 verwiesen. Neben den Randinformationen zum Indikator sind im Indikatorenblatt 7.2.1.1 auch diagrammatisch die konkreten Ergebnisse von *verbaut_dsr*$_{ij}$ und deren Mittelwert visualisiert. Dies ermöglicht eine Einschätzung des Verhaltens und des tatsächlichen Wertebereichs der Maßzahl.

### 7.2.2. Indikatoren zur Dimension „Dynamik“

In Kap. 6.1.2 wurde versucht, die Relevanz der zeitlichen Dynamik siedlungsstruktureller Aktivitäten zu unterstreichen. Zustandsindikatoren, wie sie in den Kapiteln unter Punkt 0 vorgestellt werden, weisen allesamt - eine entsprechende Datenlage vorausgesetzt - die Möglichkeit auf, in ihrer zeitlichen Veränderung betrachtet zu werden. Das vorliegende Kapitel versucht dennoch die Entwicklungseigenschaften von Siedlungsstrukturen im Kontext von Zersiedelung in den Vordergrund zu stellen und sieht zu diesem Zweck Veränderungsraten als Zustände der Siedlungsstruktur. Entstehen beispielsweise in einem kurzen Zeitfenster genauso viele verbaute Flächen neu wie vor dieser Zeit bereits bestanden haben (siehe hierzu nachfolgendes Kap. 7.2.2.1), so kommt diese sehr dynamische Entwicklung mit Indikatoren aus dem Kap. 7.2.1.1 nur begrenzt zum Ausdruck. Auszugsweise werden nachfolgend gebräuchliche Messkonzepte aus der Vielfalt solcher Ansätze (siehe bspw. Doubek und Winkler 1995 oder Hasse 2002) erläutert.

#### 7.2.2.1. Verbauungsdynamik

Nach Hasse (Hasse 2002) erlaubt der prozentuelle Flächenanteil neuer Verbauungen an der Fläche bereits vorher bestandener Verbauungen Aufschluss über die Dynamik der Entwicklung zur indikatorenbasierten Beschreibung von Zersiedelung. Diese einigermaßen einfach zu vermittelnde und abzuleitende Maßzahl - als Wachstumsrate - lässt sich auf Basis der Daten zur Verbauungskartierung (Kap. 5.3.2) nach folgendem Prinzip berechnen.

$$vb_dynamik_{ij} = \frac{vb_{ij} - vb_{ij-1}}{vb_{ij-1}} * 100$$

$vb_dynamik_{ij}$ prozentueller Anteil der im Zeitfenster j-1 bis j verbauten Fläche an der zum Zeitstand j-1 bereits verbauten Fläche im i-ten Raumbezug

$vb_{ij}$ Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug (in Hektar)

Die Umsetzung des Indikators $vb_dynamik_{ij}$ wird in Abb. 27 gezeigt. Alle drei Beispielsraumbezüge weisen zum Zeitstand j 100 verbaute Flächeneinheiten (bspw. Hektar) auf. Allerdings verteilt sich diese verbaute Fläche in den Beispielen a, b und c verschieden auf die beiden Zeitstände j und j-1. Somit wird Abb. 27a ein verhältnismäßig geringes Wachstum von 11%, Abb. 27b eine Verdoppelung (100%) und Abb. 27c sogar eine Vervierfachung (Wachstumsrate: 400%) zugewiesen.

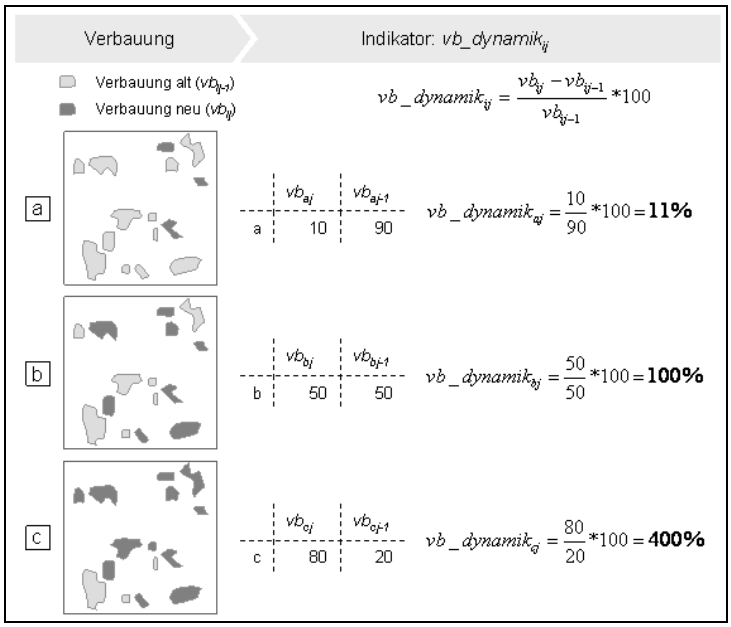



Abb. 27: Indikator $vb_dynamik_{ij}$ in drei verschieden dynamischen Raumbezugsbeispielen

Die möglichen Ergebniswerte des Indikators $vb_dynamik_{ij}$ liegen im Bereich von 0 bis unendlich (Abb. 28) und stellen einfach zu interpretierende prozentuelle Wachstumsraten dar. Kleine Werte deuten auf eine mäßige Entwicklung bezüglich der verbauten Flächen hin, wohingegen große Werte eine sehr dynamische Entwicklung des Raumbezuges kennzeichnen. Der Indikator kann bei Nichtvorhandensein von verbauten Flächen zum Zeitpunkt j-1 aufgrund der dadurch induzierten Division durch Null nicht berechnet werden.

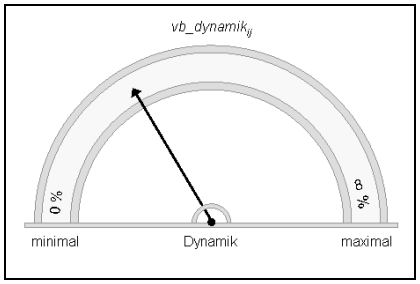



Abb. 28: Wertebereich und Interpretation von $vb_dynamik_{ij}$

### 7.2.2.2. Einwohner-, Beschäftigten- und Gebäudedynamik

In ähnlicher Weise wie in Kap. 7.2.2.1 die verbauten Flächen, können auch statistische Größen (Fallzahlen) in ihrer zeitlichen Entwicklung betrachtet werden (Doubek und Winkler 1995). Die nachfolgenden Ausführungen ähneln als Berechnung einer Wachstumsrate denen aus Kap. 7.2.2.1 und werden gemeinsam für eine exemplarische statistische Fallzahl (FZ) angeführt.

$$FZ_dynamik_{ij} = \frac{FZ_{ij} - FZ_{ij-1}}{FZ_{ij-1}} * 100$$

$FZ_dynamik_{ij}$ _ _ _ Wachstumsrate einer statistischen Fallzahl innerhalb des Zeitraumes j-1 bis j im i-ten Raumbezug in Prozent

$FZ_{ij}$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ statistische Fallzahl des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

Als Betrachtungsobjekt der Dynamik nach obiger Notierung finden in der einschlägigen Literatur hauptsächlich die Zahl der Einwohner, der Haushalte, der Wohnungen, der

Arbeitsplätze und der Beschäftigten Verwendung (Rainer 2002, Doubek und Winkler 1995). Die methodische Ähnlichkeit mit der Verbauungsdynamik aus Kap. 7.2.2.1 macht eine Illustrierung anhand von Beispielen und weitere Detaillierungen entbehrlich. Ebenso werden die Werte (Null bis 100) als Wachstumsraten in Prozent dahingehend interpretiert, dass hohe Werte eine dynamische, geringe Werte eine mäßige Entwicklung kennzeichnen. Im Gegensatz zur Verbauungsdynamik, wo negative Werte in realiter kaum vorkommen, sind hier sehr wohl positive als auch negative Entwicklungen (Raten) möglich.

## 7.3. Messkonzepte der Kategorie „Effizienzkriterien“

### 7.3.1. Indikatoren zur Dimension „Nutzungsintensität“

Ausgehend vom Verständnis der Dimension „Nutzungsintensität“ (Kap. 6.2.1) als Grad der Intensität, Effektivität und Nutzungseffizienz der Siedlungs-Aktivität in einem Raumbezug, werden nachfolgend etablierte Ansätze von Dichteberechnungen vorgestellt und diskutiert. Die Auflistung versucht dabei einen exemplarischen Querschnitt des Reichtums an Möglichkeiten und Varianten zu ziehen. Denkbar wären in einer Erweiterung dieser Dimension bspw. auch die „durchschnittliche Parzellengröße aller gewidmeten Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser“ (Amt der Oberösterreichischen Landesregierung 2004) oder die „Belagsdichte“ als durchschnittliche Wohnungsgröße (Rainer 2002).

#### 7.3.1.1. Einwohnerdichte / Gebäudedichte / Beschäftigtendichte

Die Einwohnerdichte - bspw. gemessen als Einwohner je km² - ist einerseits wohl der Archetyp des Siedlungsstruktur- und daher auch des Zersiedelungsindikators an sich, andererseits dient sie aber auch oft als Basis für die weitere Verarbeitung in anderen Indikatoren. Dichtewerte - als Quotientenbildung einer statistischen Fallzahl und deren flächenmäßiger Ausdehnung - können auf unterschiedlichste thematische Art berechnet werden. Die Einwohnerdichte per se kann bereits wesentliche Aufschlüsse über die Intensität und Effektivität einer Siedlungsstruktur liefern. Hohe Werte sprechen allgemein für eine intensive, nutzungseffiziente (in anderer Interpretation eventuell auch flächensparende) Struktur und vice versa. Die Gegenüberstellung mit der Gebäudedichte hingegen liefert insofern einen zusätzlichen Mehrwert, als dass dadurch auch Aussagen über die Gebäude- bzw. Bebauungsstruktur getätigt werden können. Eine hohe Gebäudedichte mit gleichzeitig niedriger Einwohnerdichte indiziert bspw. einen eher hohen Anteil an Einfamilienhäusern, wobei ein umgekehrtes Dichteverhältnis im Gegensatz dazu eher für eine Mehrfamilienhausstruktur spricht. Solche Annahmen bedingen jedoch eine Differenzierung von Gebäuden nach ihrer Nutzung (Wohngebäude, Betriebsgebäude, landwirtschaftliche Gebäude etc.). Indikatoren wie „Anzahl der Einwohner je Wohngebäude“ oder „Anteil der Gebäude mit bis zu 2 Wohnungen“ tragen dieser Überlegung mit ihrer direkten Ansprache der Bebauungsstruktur Rechnung, werden jedoch separiert in einem eigenen Kapitel (Kap. 7.3.1.3) erarbeitet.

Die scheinbare Trivialität in der Berechnung darf jedoch nicht über die Schwierigkeiten hinwegtäuschen, die sich mit dem Bezug einer statistischen Fallzahl auf die Fläche ergeben. Unabhängig von der als Dividend einfließenden Fallzahl - wie Einwohner, Beschäftigte, Gebäude - spielt die Wahl des Teilers eine große Rolle. Auf die Bedeutung dieser

räumlichen Referenz oder des Verbreitungsraumes wurde in der Literatur bereits häufig hingewiesen (u. a. von Wonka 2006, Wonka et al. 2006b, Steinnocher und Köstl 2002, vgl. Kramer 2000, Steinnocher und Tötzer 2001). Bspw. erzeugt eine Einwohnerzunahme von einem Zeitstand zum nächsten bei gleich bleibender Bezugsfläche (z. B. Gemeindefläche) den Eindruck einer Verdichtung der Siedlungsstruktur. Diese Information wird jedoch realistischer abgebildet, wenn man die statistische Fallzahl auf die reale Siedlungsfläche - dem tatsächlich für Siedlungszwecke in Anspruch genommenen Raum, der in der Regel mit einer Zunahme der Einwohner mitwächst - bezieht (Steinnocher und Köstl 2002). Diese Bezugsflächen für Dichte-Quotienten können auf vielfache Weise definiert werden. Ein Auszug der Vielzahl an, als Divisor in Dichteindikatorenberechnung einfließenden, möglichen Flächenkonzepten wird in (Tab. 8, siehe auch Kramer 2000) gezeigt.

| Bezugsfläche (Divisor) | Beschreibung |
|---|---|
| administrative Fläche / statistische Gebietsgliederungen | hierarchische oder Verwaltungsgliederungseinheiten denen die statistischen Fallzahlen oder Merkmale angehören, z. B. die Fläche einer Gemeinde, eines Zählsprengels |
| Dauersiedlungsraum | potenzieller Siedlungsraum im Sinne des maximal möglichen Besiedlungsraumes |
| Verbreitungsraum | derjenige Raum, in dem die statistischen Fallzahlen oder deren Merkmale tatsächlich situiert vorkommen, Umsetzungsmöglichkeit bei kleinräumiger Statistik: belegte Rastereinheiten geographischer Raster |
| Siedlungsmaske / verbaute Fläche | meist aus Fernerkundungsdaten abgeleitete flächenmäßige Ausdehnung von realen Siedlungsgebieten und tatsächlich für Siedlungszwecke verbauten Flächen |
| gewidmetes Bauland | Fläche der über die Flächenwidmungspläne als Bauland ausgewiesenen bzw. gewidmeten Bereiche |

Tab. 8: auszugsweise Gliederung der als Divisor für Dichteberechnungen heranziehbaren Flächenkonzepte

Mit der nachfolgenden beispielhaften Umsetzung (Abb. 29) soll das Gebaren dieser verschiedenen Möglichkeiten von Bezugsflächen bei der Dichteberechnung noch deutlicher zum Ausdruck kommen. Die Berechnung von Dichtewerten erfolgt unabhängig der einfließenden Größen als Division einer stellvertretenden statistischen Fallzahl oder ihres Merkmals mit der entsprechenden Bezugsfläche nach folgender Formel. Die zeitliche Entwicklung eines Dichtewertes kann dabei über die Veränderungsrate des Zeitstandes i im Vergleich zum Zeitstand i minus 1 dargestellt werden.

$$Dichte_{ij} = \frac{Statistik_{ij}}{A_{ij}}$$

$$Dichte_aenderung_{ij} = \frac{Dichte_{ij} - Dichte_{i\,j-1}}{Dichte_{ij-1}} * 100$$

*Dichte*$_{ij}$ _____ Dichte der statistischen Fallzahl des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*Dichte_aenderung*$_{ij}$ _____ Veränderungsrate der Dichte der statistischen Fallzahl des j-ten Zeitstandes im Vergleich zum Zeitstand j-1 im i-ten Raumbezug
*Statistik*$_{ij}$ _____ absolute statistische Fallzahl des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
$A_{ij}$ _____ Bezugsfläche für *Statistik*$_{ij}$ des j-ten Zeitstandes des i-ten Raumbezugs

Nachstehende Abbildung (Abb. 29) zeigt das Verhalten von Dichtewerten bei Variation der Einflussgrößen. Während in Abb. 29a vierzig Merkmale auf die gesamte Fläche (bspw. Gemeindefläche) bezogen werden, weist der Dichtewert in Abb. 29b bei der Division durch die Fläche des Dauersiedlungsraumes naturgemäß einen höheren Wert auf. Noch weiter erhöht sich der Dichtewert bei der Verwendung des Verbreitungsraumes (hier ausgeführt als belegte Zellen des statistischen Rasters) als Bezugsfläche (Abb. 29c). Eine Siedlungsmaske oder die Fläche der tatsächlich verbauten Gebiete (Abb. 29d) schließlich erhöhen die Dichte weiter. Abb. 29e weist im Vergleich zu Abb. 29a schlicht mehr Merkmale bei gleich bleibender Bezugsfläche auf. Diese Zunahme indizierte eine Verdichtung, wenn nicht eine Siedlungsmaske oder dgl. als Bezugsfläche (Nenner in der Dichtegleichung) Verwendung findet (Steinnocher und Köstl 2002).

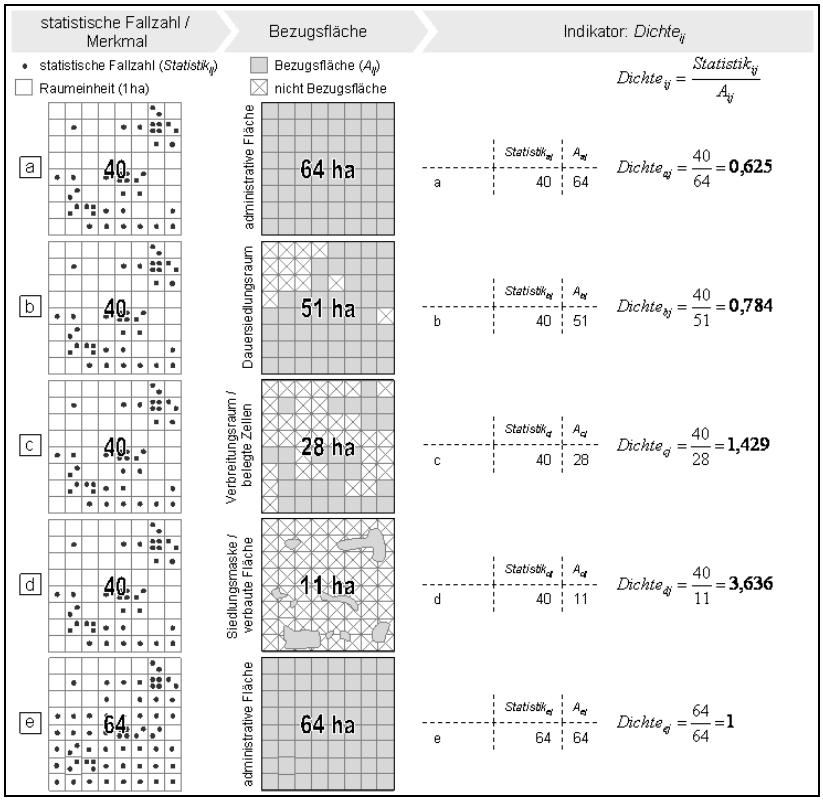



Abb. 29: Dichtewerte mit variierender Bezugsfläche und unterschiedlicher statistischer Fallzahl

In den obigen Ausführungen wurde die Sensibilität von Dichtewerten unabhängig vom inhaltlichen Gegenstand diskutiert. Nach Doubek und Winkler (1995) können demographische, wirtschaftliche und Bebauungseigenschaften der Siedlungsstruktur als maßgebend für Zersiedelung betrachtet werden, weshalb für die folgenden Ausführungen beispielhaft die Anzahl der Einwohner, die Anzahl der Beschäftigten und die Anzahl der Gebäude als Dividend für Dichtewerte herangezogen werden. Als Divisor werden der Verbreitungsraum - vereinfacht dargestellt als die mit dem entsprechenden statistischen Merkmal belegten Raumeinheiten (Rasterzellen des geographischen Rasters) - und die verbaute Fläche aus der Verbauungskartierung gewählt.

- Einwohner mit Hauptwohnsitz je Hektar Verbreitungsraum (*EW_ha_verbr*$_{ij}$)

$$EW_ha_verbr_{ij} = \frac{EW_{ij}}{A_verbr_{ij}}$$

*EW*$_{ij}$ Anzahl der Einwohner (mit Hauptwohnsitz) des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_verbr*$_{ij}$ Fläche des Verbreitungsraumes (durch *EW*$_{ij}$ belegte Raumeinheiten) des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in Hektar

- Einwohner mit Hauptwohnsitz je Hektar verbaute Fläche (*EW_ha_vb*$_{ij}$)

$$EW_ha_vb_{ij} = \frac{EW_{ij}}{A_vb_{ij}}$$

*EW*$_{ij}$ Anzahl der Einwohner (mit Hauptwohnsitz) des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_vb*$_{ij}$ verbaute Fläche des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in Hektar

- Beschäftigte je Hektar Verbreitungsraum (*Besch_ha_verbr*$_{ij}$)

$$Besch_ha_verbr_{ij} = \frac{Besch_{ij}}{A_verbr_{ij}}$$

*Besch*$_{ij}$ Anzahl der Beschäftigten des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_verbr*$_{ij}$ Fläche des Verbreitungsraumes (durch *Besch*$_{ij}$ belegte Raumeinheiten) des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in Hektar

- Beschäftigte je Hektar verbaute Fläche (*Besch_ha_vb*$_{ij}$)

$$Besch_ha_vb_{ij} = \frac{Besch_{ij}}{A_vb_{ij}}$$

*Besch*$_{ij}$ Anzahl der Beschäftigten des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_vb*$_{ij}$ verbaute Fläche des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in Hektar

- Gebäude je Hektar Verbreitungsraum (*Geb_ha_verbr*$_{ij}$)

$$Geb_ha_verbr_{ij} = \frac{Geb_{ij}}{A_verbr_{ij}}$$

*Geb*$_{ij}$ Anzahl der Gebäude des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_verbr*$_{ij}$ Fläche des Verbreitungsraumes (durch *Geb*$_{ij}$ belegte Raumeinheiten) des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in Hektar

- Gebäude je Hektar verbaute Fläche (*Geb_ha_vb*$_{ij}$)

$$Geb_ha_vb_{ij} = \frac{Geb_{ij}}{A_vb_{ij}}$$

*Geb*$_{ij}$ Anzahl der Gebäude des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug
*A_vb*$_{ij}$ verbaute Fläche des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in Hektar

Der Wertebereich von Dichtewerten (Abb. 30) im Allgemeinen reicht von 0 bis unendlich. Die Interpretationsmöglichkeiten sind je nach den einfließenden Merkmalen vielfältig. Während bspw. eine hohe Gebäudedichte in Kombination mit dem dadurch implizierten geringen Gebäudeabstand durchwegs die Bebauungsdichte und somit eine effiziente Nutzung anzeigen kann (vgl. hierzu auch Blotevogel 2001), werden geringe Dichtewerte allgemein als eine wesentliche Eigenschaft von Zersiedelung (nach Kap. 2) verstanden.

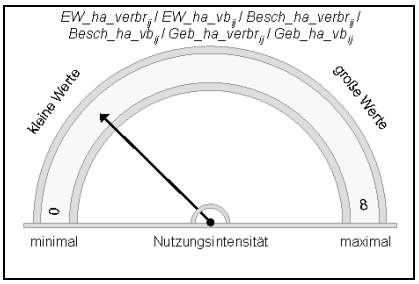



Abb. 30: Wertebereich von Dichteberechnungen und Interpretationsmöglichkeit bezüglich der angesprochenen Dimension

Zur praktischen Umsetzung im Untersuchungsgebiet (siehe Kap. 5.1) kommt die Maßzahl *EW_ha_verbr*$_{ij}$ (Einwohner mit Hauptwohnsitz je Hektar Verbreitungsraum) nach obiger Formulierung im Indikatorenblatt 7.3.1.1 (Kap. 9). Für den administrativen Raumbezug Gemeinde wird auf Basis geographischer Raster (250 Meter) die absolute Anzahl der Einwohner in Karte 1 visualisiert. Karte 2 zeigt das Indikatorergebnis für die sechs Untersuchungsgemeinden. Neben den formalen Erläuterungen im Indikatorenblatt zur Maßzahl ist sowohl die Wertestreuung des Indikators im Untersuchungsgebiet als auch die Werteverteilung auf die Raumeinheiten als Histogramm je Gemeinde dargestellt. Die Fläche des Verbreitungsraumes wurde hier als die Fläche der durch den Dividenden (Einwohner mit Hauptwohnsitz $EW_{ij}$) belegten Raumeinheiten gewählt und entspricht dem Konzept des Verbreitungsraumes nur näherungsweise (vgl. Wonka et al. 2006b). Angemerkt sei auch, dass die Flächengröße dieses Verbreitungsraumes mit zunehmender Größe der Raumeinheiten wächst, was eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen verschiedener Raumbezüge nur bei konsequenter Umsetzung mit derselben Größe der Raumeinheiten ermöglicht.

#### 7.3.1.2. Flächenverbrauch pro Kopf

Ein oft identifiziertes Kernproblem bzw. Phänomen in der Siedlungsentwicklung ist die Loslösung der Bevölkerungsentwicklung von der Wohnungsentwicklung bzw. der dadurch bedurften Flächen (Kanatschnig und Weber 1998, Rainer 2002, Doubek und Winkler 1995, Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 7 Landesplanung und Raumordnung 2006). Selbst gegenläufige Entwicklungen - abnehmende Bevölkerung bei ansteigendem Flächenverbrauch - sind beobachtbar (Doubek und Winkler 1995). Als schlichte Umkehrung von Dichtemaßen (speziell „Einwohner mit Hauptwohnsitz je Hektar verbaute Fläche“ in Kap. 7.3.1.1) - weswegen es sich hier um eine gewisse Redundanz handelt - wird der Flächenverbrauch pro Kopf gerne in einer Zeitreihe ausgewertet. Die vorliegende Datenlage (Volkszählungsdaten auf Basis eines geographischen Rasters) zwingt jedoch in der gegenständlichen Arbeit den räumlichen dem zeitlichen Vergleich vorzuziehen.

Die Maßzahl „Flächenverbrauch pro Kopf“ lässt sich aus unterschiedlichsten Datenquellen herleiten, wobei vor allem die Komponente Land- oder auch Flächenverbrauch einige Varianten möglich macht. So kann der Flächenverbrauch sowohl aus Fernerkundungsdaten (Steinnocher, Knötig und Köstl 2004) als auch aus Daten der amtlichen Statistik - wie Häuser- und Wohnungszählung - (Doubek und Winkler 1995) abgeleitet werden. Im Folgenden wird der Pro-Kopf-Flächenverbrauch in Anlehnung an Steinnocher, Knötig und Köstl (2004), Hasse (2002) und Barnes (o. D) berechnet. Auf eine detailliertere Betrachtung

dieses Aspektes, wie sie von Doubek und Winkler (1995) vollzogen wurde, wird hier verzichtet.

$$verbaut_per_capita_{ij} = \frac{vb_{ij}}{EW_{ij}}$$

*verbaut_per_capita$_{ij}$* ..... durchschnittliche verbaute Fläche des j-ten Zeitstandes pro Kopf (Einwohner mit Hauptwohnsitz) im i-ten Raumbezug
*vb$_{ij}$* ..... Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in m²
*EW$_{ij}$* ..... Anzahl der Einwohner des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

Abb. 31 zeigt die Berechnung und die Sensibilität der Eingangsgrößen des Indikators *verbaut_per_capita$_{ij}$*. Während in Abb. 31a verhältnismäßig viel verbaute Fläche wenigen Einwohnern gegenübersteht und dies in einem Wert von 400 m² durchschnittlich verbauter Fläche je Einwohner resultiert, weisen Abb. 31b und Abb. 31c je nur 200 m² durchschnittlich verbauter Fläche je Einwohner bei größerem Nenner (b) bzw. kleinerem Zähler (c) auf.

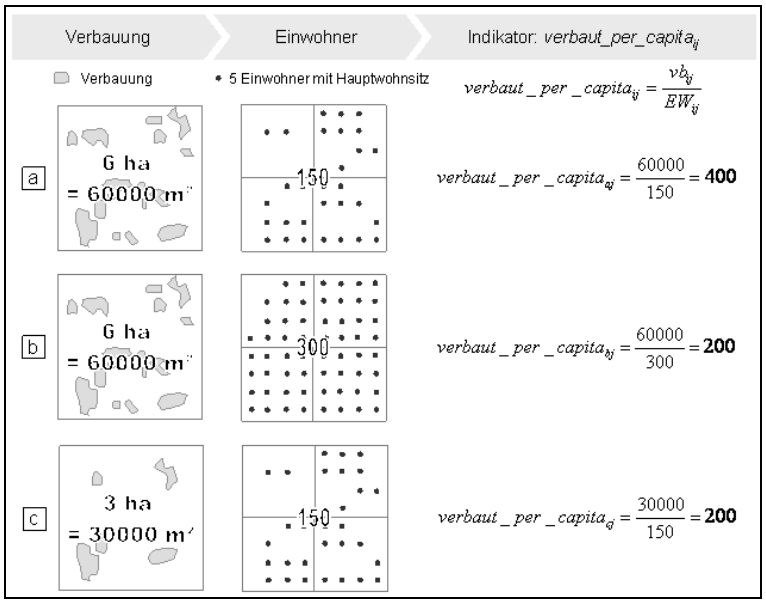



Abb. 31: Ableitung des Indikators *verbaut_per_capita$_{ij}$*

Die Interpretation der möglichen Indikatorwerte - 0 bis unendlich - (vgl. Abb. 32) *verbaut_per_capita$_{ij}$* erweist sich als recht intuitiv. Kleine Werte indizieren eine hohe Nutzungsintensität (oder Effizienz), umgekehrt verhält es sich mit großen Werten des Indikators *verbaut_per_capita$_{ij}$*. Dabei ist sowohl die untere Schranke natürlich immer größer als Null und die obere durch die Größe des Raumbezuges begrenzt. Die Berechnung erweist sich als nicht durchführbar, wenn der Divisor (hier *EW$_{ij}$*) gleich Null ist.

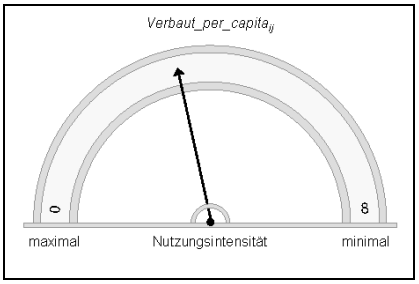



Abb. 32: Wertebereich und Interpretation von *verbaut_per_capita$_{ij}$* bezüglich „Nutzungsintensität“

#### 7.3.1.3. Wohn- und Bebauungsstruktur

Zumindest indirekt haben auch Strukturmerkmale zur Wohn- und Bebauungsstruktur wie bspw. die durchschnittliche Haushaltsgröße, die Wohnfläche je Einwohner, der Anteil der Einfamilienhäuser, Wohnungs- und Flächenanteil der Ein- oder Zweifamilienhäuser an den Wohngebäuden oder der Anteil der Singlehaushalte Einfluss auf die Dimension „Nutzungsintensität“ nach deren in Kap. 6.2.1 angesprochenen Eigenschaften und können zu deren Quantifizierung beitragen. Datengrundlagen von Statistik Austria (Volkszählung, Gebäude- und Wohnungszählung usw.) ermöglichen hier neben anderen vielfältige Kombinationsmöglichkeiten (siehe hierzu bspw. Doubek und Winkler 1995, Steinnocher, Knötig und Köstl 2004, Rainer 2002). Auch Maßzahlen der Raumordnung bzw. Bebauungsplanung - wie Geschoßflächenzahl, Grundflächenzahl etc. - finden Verwendung (vgl. Lichtenberger 1998 oder auch Tappeiner et al. 2002). Beispielhaft werden in diesem Rahmen drei Messkonzepte umgesetzt:

- durchschnittliche Haushaltsgröße ($EW_HH_mean_i$)
- Singlewohnungsanteil ($Single_Whg_rel_i$)
- Ein- oder Zweifamilienhausanteil ($WoGe_1u2fam_rel_i$)

Die durchschnittliche Haushaltsgröße wird als durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Haushalt verstanden (vgl. Steinnocher, Knötig und Köstl 2004).

$$EW_HH_mean_i = \frac{EW_i}{HH_i}$$

$EW_HH_mean_i$ _____ durchschnittliche Anzahl der Einwohner pro Haushalt im i-ten Raumbezug
$EW_i$ _____ Anzahl der Einwohner im i-ten Raumbezug
$HH_i$ _____ Anzahl der Haushalte im i-ten Raumbezug

Nachfolgende Abbildung (Abb. 33) zeigt die Umsetzung des Indikators $EW_HH_mean_i$ nach oben notierter Formel für drei Beispiele. Gegenüber Abb. 33a wurden in b und c einerseits der Dividend, andererseits der Divisor der Berechnungsvorschrift variiert. Dies spiegelt sich in den jeweiligen Ergebnissen wider. Somit erhält a mit relativ vielen Einwohnern bei wenigen Haushalten eine „durchschnittliche Haushaltsgröße“ von 4,3 Personen, wohingegen b und c etwa halb so hohe Werte aufweisen.

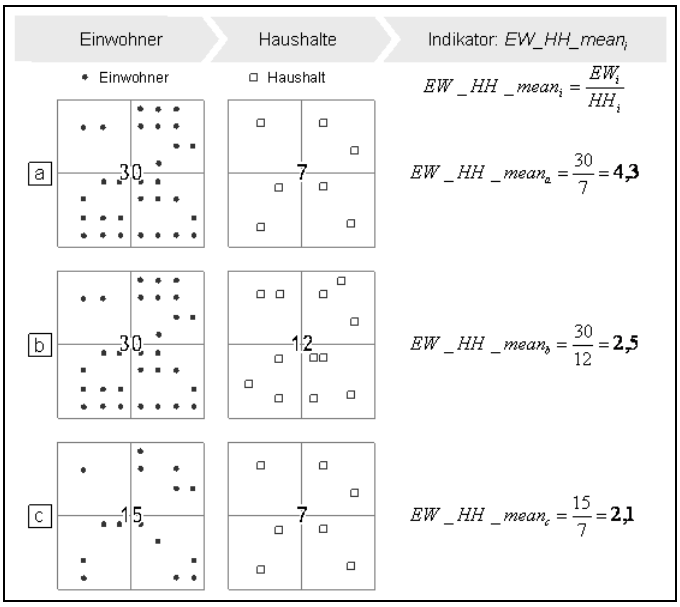



Abb. 33: Ableitung des Indikators *EW_HH_mean$_i$* für drei Szenarien

Der Indikator *EW_HH_mean$_i$* ergibt Werte, die im Bereich von Null bis unendlich denkbar wären, grundsätzlich jedoch kaum unter eins und über zehn liegen dürften (vgl. Abb. 34). Die Werte können dahingehend für die Dimension „Nutzungsintensität“ interpretiert werden, als dass große Werte eine höhere Intensität, Effizienz und Effektivität der Flächennutzung kennzeichnen als kleine Werte.

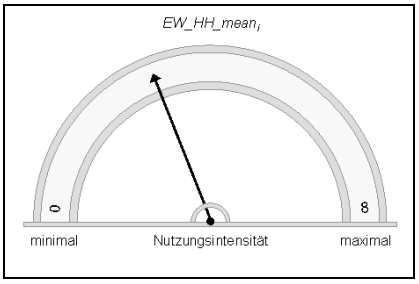



Abb. 34: mögliche Werte von *EW_HH_mean$_i$* und deren Interpretation

Ähnlich dem eben vorgestellten Indikator für die durchschnittliche Haushaltsgröße spricht auch der Singlewohnungsanteil die Wohnstruktur der Bevölkerung an und kann somit auch ein Indiz für die Nutzungsintensität sein. Dieser Singlewohnungsanteil *Single_Whg_rel$_i$* entspricht dem Anteil der Wohnungen mit nur einem Bewohner an der Gesamtzahl der Wohnungen. (vgl. Prinz 2005)

$$Single_Whg_rel_i = \frac{Whg_Single_i}{Whg_i} * 100$$

*Single_Whg_rel$_i$* _ _ _ _ _ _ _ Anteil der Wohnungen mit nur einem Bewohner an der Gesamtzahl der Wohnungen im i-ten Raumbezug
*Whg_Single$_i$* _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Wohnungen mit nur einem Bewohner im i-ten Raumbezug
*Whg$_i$* _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Gesamtzahl der Wohnungen im i-ten Raumbezug

Die Berechnung von *Single_Whg_rel$_i$* lässt sich vergleichsweise einfach mit statistischem Datenmaterial durchführen. Abb. 35 zeigt eine beispielhafte Umsetzung, wobei in a fünf der 25 Wohnungen nur einen Bewohner haben und sich somit ein Wert von 20 Prozent ergibt.

Andere Verhältnisse mit beidenfalls höheren Anteilen an Singlewohnungen werden in b und c exemplarisch dargestellt.

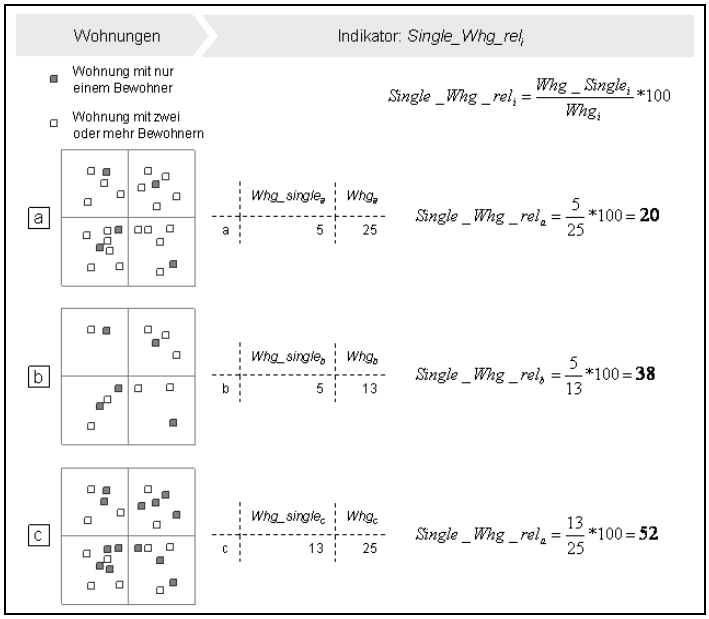



Abb. 35: Berechnung des Singlewohnungsanteils *Single_Whg_rel$_i$* für drei Beispiele an Wohnstrukturen

Die Maßzahl *Single_Whg_rel$_i$* nimmt ihrer Berechnung als Relativwert gemäß Werte zwischen Null und 100 Prozent an (Abb. 36). Eine Interpretation in der Zersiedelungsdimension „Nutzungsintensität“ erweist sich als intuitiv. Kleine Singlewohnungsanteile können eine intensiv genutzte und dichte, große Werte dagegen eine weniger effiziente Wohn- und Bebauungsstruktur kennzeichnen.

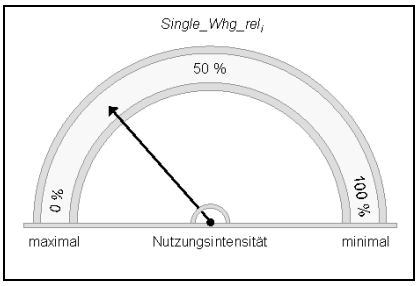



Abb. 36: Wertebereich von *Single_Whg_rel$_i$* und Bedeutung im Kontext der Dimension „Nutzungsintensität“

Der Ein- oder Zweifamilienhausanteil entspricht dem Anteil der Wohngebäude mit ein oder zwei Wohnungen an der Gesamtzahl der Wohngebäude (Rainer 2002, Prinz 2005).

$$WoGe_1u2fam_rel_i = \frac{WoGe_1u2fam_i}{WoGe_i} * 100$$

*WoGe_1u2fam_rel$_i$* _____ Anteil der Wohngebäude mit 1 oder 2 Wohnungen an der Gesamtzahl der Wohngebäude im i-ten Raumbezug
*WoGe_1u2fam$_i$* _____ Anzahl der Wohngebäude mit 1 oder 2 Wohnungen im i-ten Raumbezug
*WoGe$_i$* _____ gesamte Anzahl der Wohngebäude im i-ten Raumbezug

Auf drei Beispiele angewendet zeigt Abb. 37 den Indikator *WoGe_1u2fam_rel$_i$*. Aus a, b und c ist die Wirkung von Änderungen sowohl der Bezugszahl (der Gesamtzahl der Wohngebäude) als auch des Zählers (Zahl der Wohngebäude mit bis zu 2 Wohnungen) auf das Ergebnis des Indikators erkennbar.

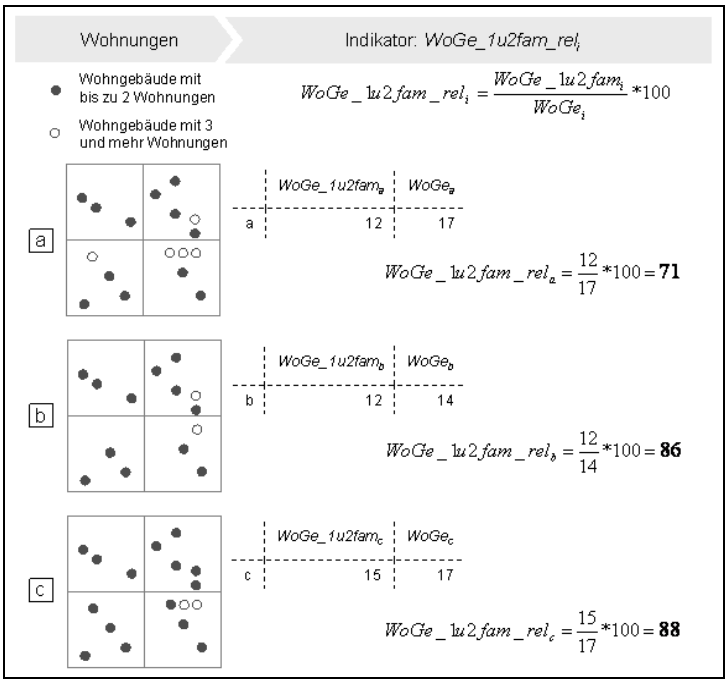



Abb. 37: Berechnung des Indikators *WoGe_1u2fam_rel$_i$* für drei Wohn- und Bebauungsstruktur-Szenarien

Interpretiert werden können die möglichen Werte (Null bis 100) von *WoGe_1u2fam_rel$_i$* - wie aus den obigen Erläuterungen ablesbar - als Anteilswerte. Hohe Anteile sprechen im Deutungskontext der Dimension „Nutzungsintensität“ für eine wenig intensive Nutzung, geringe Anteile für eine hohe Dichte und intensivere, effektivere Struktur. Abb. 38 zeigt den Wertebereich und diese dimensionsgebundene Interpretation.

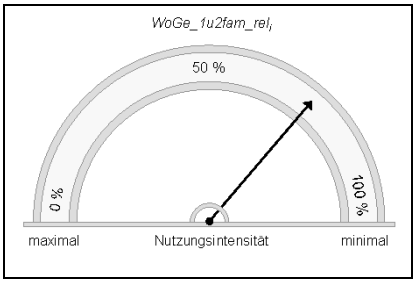



Abb. 38: Wertebereich von *WoGe_1u2fam_rel$_i$* mit Interpretation bezüglich der Dimension „Nutzungsintensität“

### 7.3.2. Indikatoren zur Dimension „Konnektivität“

In Anlehnung an einschlägige Arbeiten (wie bspw. Hasse 2002, Rainer 2002 oder Doubek und Zanetti 1999) werden im Folgenden Möglichkeiten zur Quantifizierung und Operationalisierung der Zersiedelungsdimension „Konnektivität“ vorgestellt. Während die Dimensionen „Kompaktheit“ oder „Kontinuität“ das Arrangement verbauter Flächen zum Gegenstand haben, finden im gegenständlichen Kapitel vor allem die Mobilitätsmöglichkeiten über die Verkehrsinfrastruktur Beachtung. Hierbei sei jedoch angemerkt, dass Quantifizierungen von Erreichbarkeiten und Versorgung in Kap. 7.3.3 Beachtung finden. Angedacht seien für diesen Umfang bspw. auch die mittlere zurückzulegende Netzwerkdistanz zwischen allen Punkten oder Gegenüberstellungen der Netzwerkdistanz und der euklidischen Distanz zwischen zwei Punkten (siehe auch Knaap et al. 2005).

#### 7.3.2.1. Straßenlänge

Eine Gruppe von Messansätzen hat sich in der Fachdomäne etabliert, die in der Literatur in unterschiedlichen Varianten begegnet. Allesamt verfahren nach dem Prinzip, dass wenige Meter jedweder Infrastruktur anteilsmäßig je statistischem Merkmal - wie z. B. Einwohner oder Haushalte - oder auch je bebauter Fläche für höhere Bebauungsdichten und kompaktere Siedlungsstrukturen, effizientere Nutzung und damit Kostenreduktion der Infrastrukturen sprechen (siehe Rainer 2002).

Doubek und Zanetti (1999) berechnen auf Gemeindebasis bezüglich der Ortsnetze und Leitungslängen eine größere Anzahl an Indikatoren. Dazu zählen „Straßenlänge je Einwohner und Arbeitsplatz“ und „Straßenlänge je Wohneinheit“, wobei man sich auf Straßen mit einer inneren Erschließungsfunktion bezieht. Deren Länge wird nicht durch den Erhalter der Straße (Bund, Land, Gemeinde) gekennzeichnet und bestimmt sondern empirisch per Befragung oder Schätzung. Daneben werden noch „Leitungslänge der öffentlichen Trinkwasserversorgung je Einwohner und Arbeitsplatz“ und „Kanallänge der Abwasserentsorgung je Einwohner und Arbeitsplatz“ und deren Anschlussgrade herangezogen. Rainer (2002) zieht u. a. die „Gemeindestraßenlänge pro Haushalt“ als „Infrastrukturindex“ zur Zersiedelungsquantifizierung heran und Hasse (2002 oder Hasse und Lathrop 2003) berechnet die „Straßenlänge pro Wohngebäude“ neuer Verbauungsgebiete.

Kennzeichnend und stellvertretend für diese Vielfalt werden für den gegenständlichen Zweck entsprechend der verfügbaren Daten zwei einfache Maßzahlen vorgestellt, zum einen die „Gemeindestraßenlänge je Einwohner und Beschäftigtem“ als „*infrastruktur1*“ und zum anderen die „Gemeindestraßenlänge je Hektar verbauter Fläche“ als „*infrastruktur2*“.

$$infrastruktur1_i = \frac{gemstr_laenge_i}{EW_i + Besch_i}$$

*infrastruktur1*$_i$ _____ Gemeindestraßenlänge je Einwohner und Beschäftigtem im i-ten Raumbezug

*gemstr_laenge*$_i$ _____ Länge der Gemeindestraßen in Meter im i-ten Raumbezug
*EW*$_i$ _____ Anzahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz im i-ten Raumbezug
*Besch*$_i$ _____ Anzahl der Beschäftigten am Arbeitsort im i-ten Raumbezug

Die Umsetzung der Maßzahl „*infrastruktur1*$_i$“ „Gemeindestraßenlänge je Einwohner und Beschäftigtem“ wird in Abb. 39 für 2 Beispiele gezeigt. Szenario Abb. 39a weist eine deutlich geringere Gemeindestraßenlänge bei doppelt so vielen Einwohnern gegenüber Abb. 39b auf. Der Indikatorwert ist daher mit 67 m je Einwohner und Beschäftigtem im Gegensatz zu 200 entsprechend niedriger.

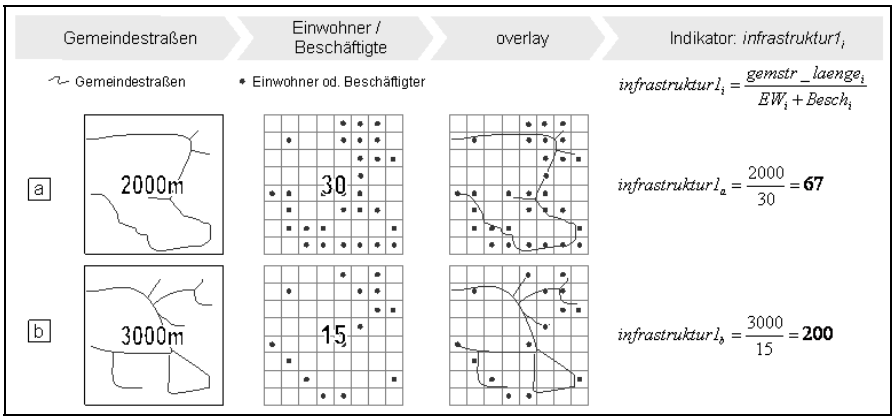



Abb. 39: Umsetzung des Indikators *infrastruktur1$_i$* anhand zweier Beispiele

Interpretiert bezüglich der betrachteten Dimension werden kann der Wert von „*infrastruktur1$_i$*“ so, dass kleine Werte eine größere Konnektivität kennzeichnen, da zur Erschließung einer gewissen Anzahl an Einwohnern oder Beschäftigten mit Verkehrsinfrastruktur geringe Straßenlängen erforderlich sind. Umgekehrt verhält es sich mit höheren Indikatorergebnissen. Für Raumbezüge ohne einen Einwohner- oder Beschäftigtenwert erweist sich der Indikator gemäß der Berechnungsvorschrift als nicht definiert, kann aber als unendlich und somit als Anzeiger für geringe Konnektivität gedeutet werden. Der mögliche Bereich der resultierenden Werte (vgl. Abb. 40) liegt demnach zwischen 0 und unendlich.

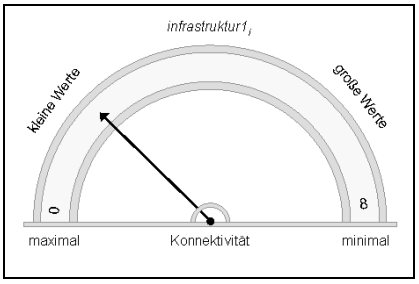



Abb. 40: Wertebereich des Indikators *infrastruktur1$_i$* und Interpretation in der Dimension „Konnektivität“

Die Gemeindestraßenlänge je Hektar verbauter Fläche - *infrastruktur2$_i$* - wird auf ähnliche Weise wie *infrastruktur1$_i$* berechnet. Einzig bei der Verhältnisbildung wird der Nenner durch die Fläche der Verbauungen in Hektar ersetzt (Bento et al. 2004). In formaler Notation bedeutet dies Folgendes.

$$infrastruktur2_i = \frac{gemstr_laenge_i}{A_Verbauung_i}$$

*infrastruktur2$_i$* _ _ _ _ _ _ _ _ _ Gemeindestraßenlänge je Hektar verbauter Fläche im i-ten Raumbezug
*gemstr_laenge$_i$* _ _ _ _ _ _ _ Länge der Gemeindestraßen in Meter im i-ten Raumbezug
*A_Verbauung$_i$* _ _ _ _ _ _ _ _ Fläche der Verbauungen in Hektar im i-ten Raumbezug

In der folgenden Abbildung (Abb. 41) ist die „Gemeindestraßenlänge je Hektar verbauter Fläche“ dreimal exemplarisch umgesetzt. Die innere Verbundenheit bzw. Konnektivität einer Siedlungsstruktur wird durch das Indikatorergebnis repräsentiert. In Abb. 41a kennzeichnet der Wert 400 m / ha eine geringe Anzahl zur Erschließung der Verbauung benötigter Straßenmeter, während in Abb. 41b um die Hälfte mehr erforderlich sind. Bei gleich

bleibender Straßenlänge aber weniger verbauter Fläche in Abb. 41c im Vergleich zu a erhöht sich der Wert auf 1000 m / ha.

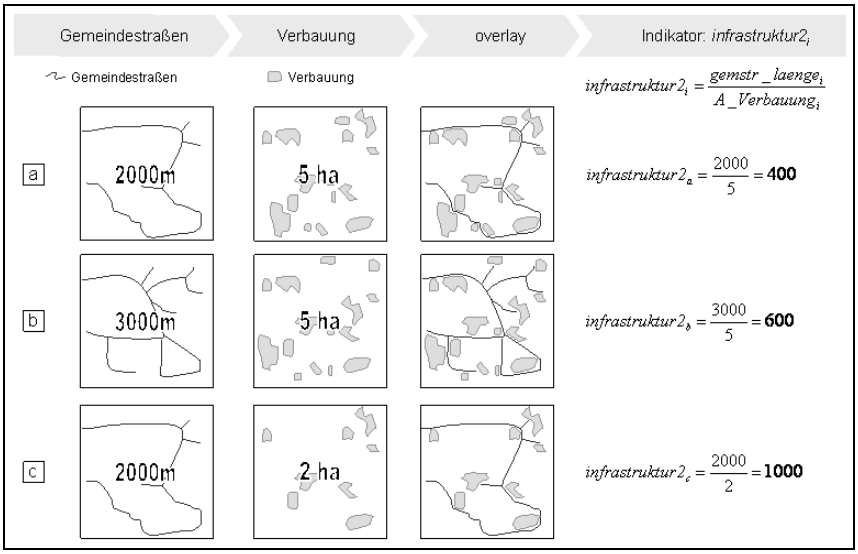



Abb. 41: Indikator *infrastruktur2$_i$* in drei Anwendungsbeispielen

Der Wertebereich (Abb. 42) von *infrastruktur2$_i$* liegt zwischen Null und unendlich. Kleine Werte indizieren eine höhere Konnektivität im Vergleich zu großen Indikatorergebnissen, wobei bei gänzlichem Fehlen von Verbauungsflächen die Berechnung zwar nicht definiert ist, aber der Indikatorwert als sehr hoch betrachtet und demgemäß interpretiert werden kann.

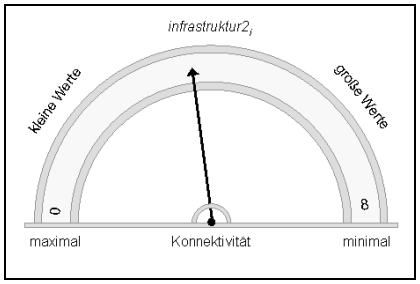



Abb. 42: mögliche Ergebniswerte des Indikators *infrastruktur2$_i$* und deren Deutungsversuch im Kontext der Dimension „Konnektivität“

Die Qualität der Messkonzepte *infrastruktur1$_i$* und *infrastruktur2$_i$* steht und fällt mit der Qualität der einfließenden Daten (Straßennetz). Daneben kann über die Erhaltungshoheit die Ausweisung von Straßen mit innerer Erschließungsfunktion nur bedingt erfolgen und wird in den wenigsten Fällen der Realität entsprechen (Doubek und Zanetti 1999). Zudem kommt, dass die vorliegenden Daten eine Hierarchie aufweisen, die von dieser Erhaltungshoheit - gemäß ihrem Erstellungszweck - abweichen. Die Abhängigkeit der Straßenlängen von den Möglichkeiten der Siedlungsstrukturentwicklung (Anökumene) ist evident. Eine Umsetzung in den sechs Testgemeinden wird obgleich dieser kritischen Umstände im Indikatorenblatt 7.3.2.1 (Kap. 9) für *infrastruktur1$_i$* gezeigt. In Karte 1 ist zu diesem Zweck die absolute Zahl der Gemeindeeinwohner und Beschäftigten am Arbeitsort neben dem untergeordneten Straßennetz (Gemeindestraßen) dargestellt, während das Resultat von *infrastruktur1$_i$* in Karte 2 visualisiert wird.

#### 7.3.2.2. Straßenkreuzungen

Um die innere Verbundenheit oder Konnektivität einer Siedlungsstruktur quantitativ zu belegen, wird auch die Anzahl der Straßenkreuzungen im Untersuchungsraum herangezogen (Hasse 2002, Song und Knaap 2004). Die Ableitung dieser erfordert naturgemäß ein Straßennetz und kann mit verhältnismäßig einfachen Funktionen in einem GIS umgesetzt werden. Eine Indikatorfunktion hat dabei sowohl die absolute Anzahl der Kreuzungen selbst, als auch deren Inbezugsetzen mit der verbauten Fläche, der Zahl der Einwohner als Verhältnisbildung oder eine Anteilsbildung je Raumbezug an der Gesamtzahl der Kreuzungen im Untersuchungsraum (Hasse 2002, Song und Knaap 2004). Die Autoren gehen dabei von der Annahme aus, dass eine höhere Anzahl an Straßenkreuzungen die zurückzulegenden Wege zwischen eventuellen Verkehrsdestinationen verringert und damit die Konnektivität im betrachteten Raum erhöht.

In Anlehnung an die Variantenvielfalt dieses Konzeptes und auszugsweise daraus werden in diesem Rahmen folgende Indikatoren umgesetzt:

- Anzahl der Kreuzungen von Gemeindestraßen

  $kreuz_abs_i$

- Gewichtete Kreuzungen von Gemeindestraßen je Einwohner und Beschäftigtem

  $kreuz_ew_besch_i$

- Gewichtete Kreuzungen von Gemeindestraßen pro Gemeindestraßenkilometer

  $kreuz_km_i$

Dabei gilt es festzustellen, dass Gemeindestraßen (Doubek und Zanetti 1999: Einteilung nach dem Straßenerhalter) nicht ausschließlich die innere Erschließungsfunktion ausüben. Übergeordnete Straßen können ebenso diesen Zweck erfüllen. Darüber hinaus gehören auch diejenigen untergeordneten Straßen und Wege, die wenig oder beinahe keine Bedeutung für die Siedlungen im eigentlichen Sinne haben (Bsp. Erschließung von Schutzhütten) zu den Gemeindestraßen (Doubek und Zanetti 1999). Unter Berücksichtigung dieser Schwächen dürfte jedoch die Hierarchiestufe Gemeindestraße als Grundlage für diese Ansätze die Dimension Konnektivität einigermaßen passend abbilden.

Der Indikator $kreuz_abs_i$ stellt die absolute Anzahl der Kreuzungen von Gemeindestraßen in einem Raumbezug dar. In der Abb. 43 ist diese Anzahl für drei Beispiele illustriert, wobei a mit nur drei Kreuzungen den entsprechenden Wert erhält, Abb. 43b den Wert sieben und ein einigermaßen regelmäßiges, rasterartiges Straßenmuster in c den Wert 19.

$$kreuz_abs_i = kreuz_abs_i$$

$kreuz_abs_i$ _ _ _ _ _ Anzahl der Kreuzungen von Gemeindestraßen im i-ten Raumbezug

Die Interpretation dieser Werte - von Null bis zur maximalen Anzahl an Kreuzungen (Abb. 44) - ist entsprechend der Berechnung sehr einfach. Kleine Werte sprechen für geringe, große Werte für hohe Konnektivität der betroffenen Siedlungsstruktur. Dabei kommt allerdings nicht zum Ausdruck, wie viele Einwohner, Gebäude oder Nutzungen diese Kreuzungspunkte verbinden. Dieser Schwäche wird versucht mit den nachfolgenden Weiterentwicklungen entgegenzuwirken.

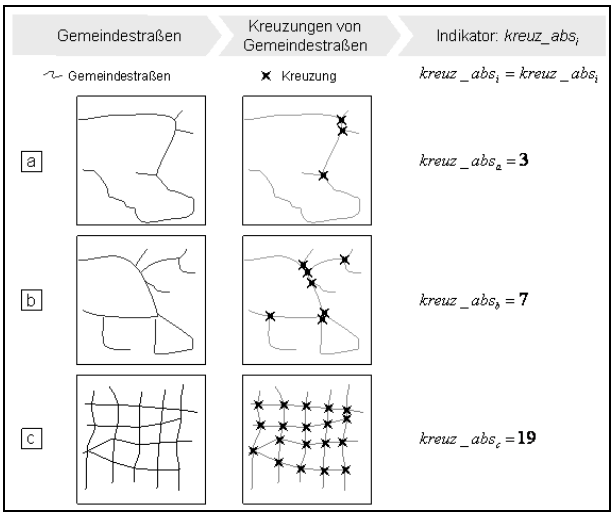



Abb. 43: Absolute Anzahl der Kreuzungen von Gemeindestraßen „*kreuz_abs$_i$*“ in drei Beispielen

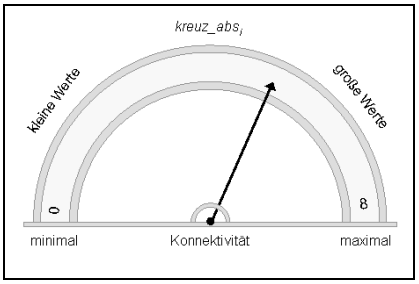



Abb. 44: Wertebereich und Deutung bezüglich „Konnektivität“ der Maßzahl *kreuz_abs$_i$*

Die absolute Anzahl von Kreuzungen (vgl. oben) liefert nur einen groben Überblick über die Situation der inneren Verbundenheit einer Siedlungsstruktur und ist aufgrund der fehlenden Relativierung über andere Siedlungsparameter - wie Einwohner, Gebäude etc. - für den vorliegenden Zweck unzureichend geeignet. Zudem weisen Kreuzungen unterschiedliche Verbindungsqualitäten auf. Der Ansatz *kreuz_ew_besch$_i$* versucht dies einzubeziehen. Dabei erfolgt zunächst eine Gewichtung der Kreuzungen nach ihrer „Verbindungsqualität“ - prototypisch umgesetzt nach der Anzahl der durch sie verbundenen Straßen. Kreuzungen, an denen 3 Straßen verbunden werden, erhalten demnach die Gewichtung 1, bei Verbindung von 4 Straßen den Wert 2 usw. (vgl. Tab. 9). Anschließend werden diese gewichteten Kreuzungen zur allgemein höheren Gewichtung der Kreuzungen quadriert und durch die Zahl der Einwohner und Beschäftigten (entspricht der Zahl der Arbeitsplätze) gebrochen. Dies sollte eine realitätsnähere Einschätzung der Konnektivität in einer Siedlungsstruktur ermöglichen als bspw. die absolute Anzahl an Kreuzungen.

| Kreuzungs-Verbindungsqualität | | Gewicht $G_j$ |
|---|---|---|
| 3 Straßen | | 1 |
| 4 Straßen | | 2 |
| 5 Straßen | | 3 |
| 6 Straßen | | 4 |
| 7 Straßen | | 5 |
| usw. | | usw. |

Tab. 9: Gewichtung der Kreuzungen nach der Kreuzungsverbindungsqualität

$$kreuz_ew_besch_i = \frac{\left(\sum_{j=1}^{n} kreuz_{ij} * G_j\right)^2}{EW_i + Besch_i}$$

*kreuz_ew_besch$_i$* ..... quadrierte gewichtete Anzahl der Kreuzungen von Gemeindestraßen je Einwohner und Beschäftigtem im i-ten Raumbezug
*kreuz$_{ij}$* ..... j-te Gemeindestraßenkreuzung im i-ten Raumbezug
*EW$_i$* ..... Anzahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz im i-ten Raumbezug
*Besch$_i$* ..... Anzahl der Beschäftigten am Arbeitsort im i-ten Raumbezug
*G$_j$* ..... Gewichtung der j-ten Kreuzung gemäß der Anzahl an durch sie verbundenen Straßen (vgl. Tab. 9)

In Abb. 45 findet sich dieser Ansatz für drei Beispiele umgesetzt. Szenario a erhält dabei aufgrund einer geringen Anzahl geringgewichteter Kreuzungen und einer hohen Anzahl an Einwohnern und Beschäftigten den Wert 0,3, während in Abb. 45b eine umgekehrte Relation in einem Wert von 4,3 resultiert. Ein einigermaßen regelmäßiges Straßennetz mit mehr höherrangigen Kreuzungen in Abb. 45c erhält trotz eines großen Divisors einen sehr hohen Indikatorwert.

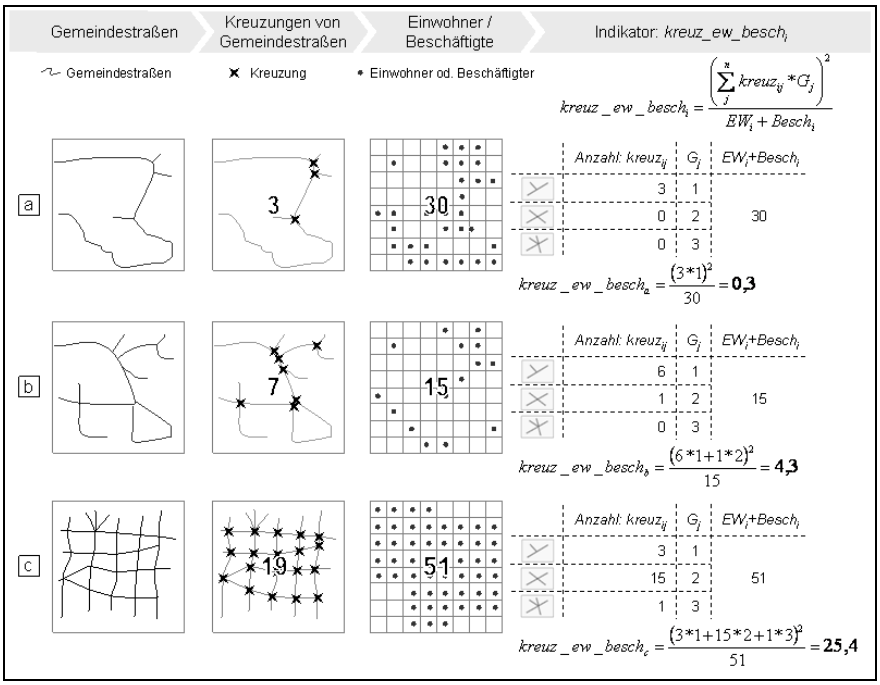



Abb. 45: Berechnung des Indikators *kreuz_ew_besch$_i$* für drei beispielhafte Szenen

Die resultierenden dimensionslosen Werte von *kreuz_ew_besch$_i$* liegen in einem Bereich von Null bis theoretisch unendlich (vgl. Abb. 46). Nicht berechnet werden kann der Index für einen Nenner von Null (keine Einwohner und Beschäftigten). Hohe Werte kennzeichnen - aufgrund von mehr Kreuzungen für weniger Einwohner oder Beschäftigte - eine höhere innere Verbundenheit der Siedlungsstruktur, da die zurückzulegenden Wege dadurch im Schnitt eher geringer sein dürften. Bei kleinen Indikatorergebnissen verhält es sich umgekehrt.

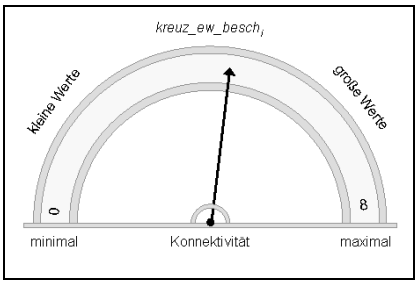



Abb. 46: Wertebereich des Indikators *kreuz_ew_besch$_i$* und Interpretation bezüglich der Dimension „Konnektivität“

Ein ähnlicher Ansatz wird für den Indikator „Gewichtete Kreuzungen von Gemeindestraßen pro Gemeindestraßenkilometer“ „*kreuz_km$_i$*“ verfolgt. Die mit Tab. 9 gewichteten Kreuzungen werden auf die Länge (km) des Gemeindestraßennetzes im entsprechenden Raumbezug bezogen. In einer formalen Notation kann dies gemäß untenstehender Formel geschehen. Der Dividend entspricht dabei dem des Indikators *kreuz_ew_besch$_i$*, erfährt allerdings keine Quadrierung und wird durch die Gemeindestraßenlänge in Kilometern geteilt.

$$kreuz_km_i = \frac{\sum_j^n kreuz_{ij} * G_j}{gemstr_laenge_i}$$

*kreuz_km$_i$* – gewichtete Anzahl an Kreuzungen von Gemeindestraßen pro Gemeindestraßenkilometer im i-ten Raumbezug
*kreuz$_{ij}$* – j-te Gemeindestraßenkreuzung im i-ten Raumbezug
*gemstr_laenge$_i$* – Länge der Gemeindestraßen in Kilometer im i-ten Raumbezug
*G$_j$* – Gewichtung der j-ten Kreuzung gemäß der Anzahl an durch sie verbundenen Straßen (vgl. Tab. 9)

Die Anwendung dieses Konzeptes auf drei Beispiele wird in der Abb. 47 gezeigt. Abb. 47a erhält einen Wert von 1,5 und wird somit als die am geringsten konnektive Siedlungsstruktur bezüglich dieses Index gesehen. Werte von 2,7 in Abb. 47b oder 4,5 in Abb. 47c ergeben sich aus der größeren Anzahl an Kreuzungen trotz mehr Gemeindestraßenkilometern.

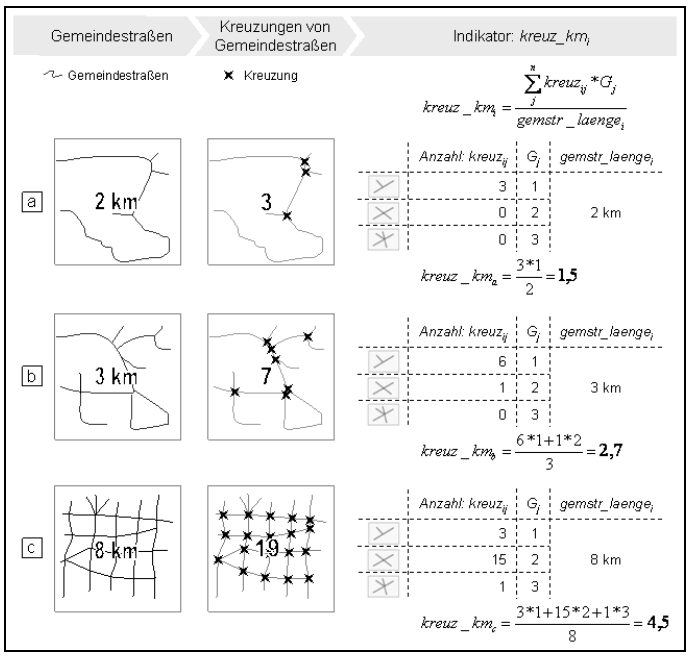



Abb. 47: Übertragung des Konzeptes „*kreuz_km$_i$*“ auf Beispielsgebiete

Die Werte von „*kreuz_km$_i$*“ liegen im Bereich von Null bis unendlich (Abb. 48), wobei Werte näher an der unteren Schranke als geringere innere Verbundenheit der Siedlungsstruktur bzw. geringere innere Erschließungsfunktion des Straßennetzes gedeutet werden können als höhere Werte.

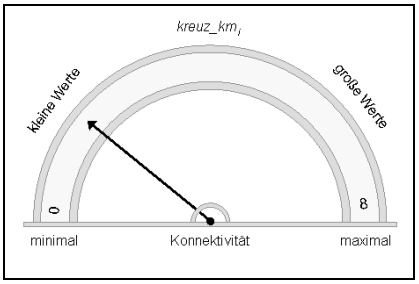



Abb. 48: Illustration des möglichen Wertebereiches des Indikators „*kreuz_km$_i$*“

Zur Umsetzung im Indikatorenblatt 7.3.2.2 (Kap. 9) kommt die Maßzahl *kreuz_ew_besch$_i$* beispielhaft für die vorgestellten Konzepte. Neben den Einflussgrößen in Karte 1 und den Informationen zur Ableitung des Indikators und Interpretationsmöglichkeit im gegenständlichen Kontext, wird in Karte 2 das Resultat veranschaulicht und die tatsächliche Wertestreuung in einem Diagramm dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass sich aus der verwendeten Datenlage eine gewisse Überschätzung der Anzahl der Kreuzungen ergeben kann, da bspw. eine durch Verkehrsinseln gegliederte Kreuzung oder ein Kreisverkehr eine komplexere Linienführung mehrere Schnittpunkte dieser beinhaltet und dadurch mehrmals gezählt wird, während sie in der Wahrnehmung und auch de facto als nur eine Kreuzung erscheint. Maßgeblichen Einfluss auf alle aus dem Straßennetz abgeleiteten Indizes haben die begrenzten Möglichkeiten der Siedlungsentwicklungen (Dauersiedlungsraum).

#### 7.3.2.3. Sackgassen

Sackgassen oder Stichstraßen besitzen die Eigenschaft, die innere Erschließungsfunktion und Verbundenheit des Straßennetzes zu unterbinden und sind Ausdruck einer „autogerechten“ Stadtplanung, wie sie heute seitens nachhaltiger Raumplanung weniger angestrebt wird (vgl. Holzapfel 2004, Brandt, Holzapfel und Hopmeier 2004). Einerseits wirkt eine Sackgasse verkehrsberuhigend - jedoch nur für die durch sie erschlossenen Gebiete, andererseits fördern sie in einer kleinmaßstäbigeren Sichtweise das Verkehrsaufkommen, da die zu überwindenden Distanzen im Schnitt zunehmen. Das Vorhandensein bzw. die Länge von Sackgassen wurde in der Literatur zur Quantifizierung der Konnektivität einer Siedlungsstruktur im Kontext von Zersiedelung verwendet. Hasse (2002) bringt bspw. die Zahl der Sackgassen pro Einwohner, Song und Knaap (2004) den Median der Sackgassenlängen in einem Raumbezug zur Anwendung. Für den gegenständlichen Zweck erfolgt die Operationalisierung von „Konnektivität“ in starker Anlehnung an diese Konzepte.
Nach dem wohl gängigen Begriffsverständnis kann eine Sackgasse oder Stichstraße nicht passiert und nur über ihre Einfahrt wieder verlassen werden; sie endet also blind (Leser 1997). Diese Ansicht muss jedoch in der GIS-Umsetzung und bei der Bestimmung von Sackgassen aus einem Straßennetzwerk näher bestimmt werden, da zumindest drei Auslegungen möglich sind (vgl. Abb. 49). Zum einen kann nur diejenige Straße als

Sackgasse aufgefasst werden, die nur eine Zufahrt hat, wie z.B. in Abb. 49a. Beispiel Abb. 49b zeigt jedoch, dass der in a graue und hier schwarz punktierte Bereich die Länge von Sackgassen durchaus beeinflussen kann. In Abb. 49c wird derselbe Abschnitt wiederum als eigene Sackgasse aufgefasst. Nachfolgend wird mit Abb. 49a die einfachste und wohl weitgehend angenommenste sowie durch den pragmatischen Ansatz in einer GIS-Umgebung aus einem Straßennetz am leichtesten ableitbare Variante gewählt. Allein Straßenabschnitte, die nur einer Kreuzung direkt benachbart sind, werden zur weiteren Indikatorenableitung herangezogen.

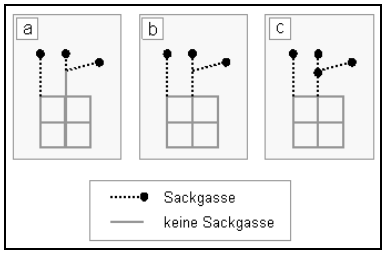



Abb. 49: Beispiele unterschiedlicher Auslegungen des Begriffs „Sackgasse“

Die Maßzahl „Anzahl der Sackgassen je 1000 Einwohner mit Hauptwohnsitz“ (SG_$ew_i$) (vgl. hierzu Hasse 2002) wird formal folgendermaßen angeschrieben.

$$SG_ew_i = \frac{SG_i}{EW_i} * 1000$$

$SG_ew_i$ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Sackgassen im Gemeindestraßennetz je 1000 Einwohner im i-ten Raumbezug
$SG_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Sackgassen im Gemeindestraßennetz im i-ten Raumbezug
$EW_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz im i-ten Raumbezug

Dieser Indikator und dessen beispielhaften Ergebnisse sind in Abb. 50 illustriert. Eine verhältnismäßig große Zahl an Sackgassen (a) resultiert gemäß der Berechnungsvorschrift in einem hohen Indikatorwert, während weniger Sackgassen (c) das Ergebnis verkleinern. Umgekehrt hat die Anzahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz als Divisor Einfluss auf den Quotienten, wobei eine große Zahl den Indikatorwert verringert (vgl. Abb. 50c zu Abb. 50b).

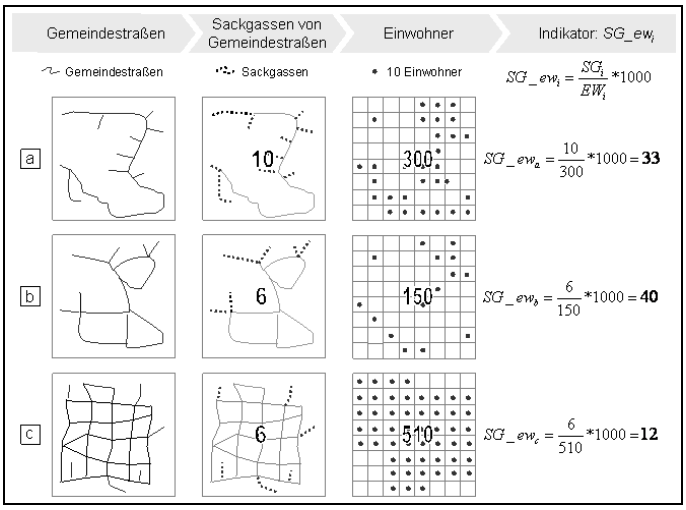



Abb. 50: Indikator $SG_ew_i$ dreier Konnektivitätsszenarien

Der mögliche Wertebereich des Indikators $SG_ew_i$ liegt zwischen Null und unendlich, wird aber je nach Betrachtungsmaßstab bzw. Größe des Raumbezuges kaum über eins

hinausgehen und kann für Raumbezüge ohne Einwohner nicht berechnet werden (siehe Abb. 51). Eine geringe Anzahl an Sackgassen je Einwohner spricht für eine hohe Konnektivität während große Werte eine geringe innere Verbundenheit des Straßennetzes und somit der Siedlungsstruktur andeuten (Hasse 2002).

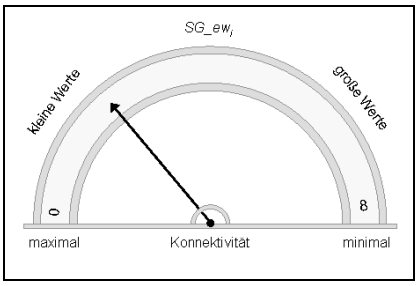



Abb. 51: mögliche Interpretation und Wertebereich des Indikators *SG_ew$_i$*

Auf etwas andere Weise nähern sich Song und Knaap (2004) der Messbarmachung innerer Verbundenheit bzw. Konnektivität. Dabei wird nicht die Anzahl von Sackgassen, sondern deren Länge herangezogen, wie bereits oben erwähnt. Der Medianwert der Längen aller Sackgassen in einem Raumbezug „*SG_median$_i$*“ stellt das Maß für Konnektivität dar, was sich formal folgendermaßen notieren lässt.

- Medianwert bei ungerader Anzahl (N) von Sackgassen in einem Raumbezug:

$$SG_median_i = SG_laenge_{\frac{N+1}{2}}$$

- Medianwert bei gerader Anzahl (N) von Sackgassen innerhalb eines Raumbezuges:

$$SG_median_i = \frac{1}{2}(SG_laenge_{\frac{N}{2}} + SG_laenge_{\frac{N}{2}+1})$$

*SG_median$_i$* ____ Medianwert der Sackgassenlängen im Gemeindestraßennetz im i-ten Raumbezug in Meter
*SG_laenge$_{ij}$* ____ Länge der j-ten Sackgasse im Gemeindestraßennetz im i-ten Raumbezug in Meter
*N* _____ Anzahl der Sackgassen kumuliert nach der Länge im i-ten Raumbezug

Die folgende Abb. 52 zeigt drei - bereits bekannte - Szenen, aus deren Gemeindestraßennetz jeweils die Sackgassen, bzw. deren Längen ermittelt wurden. Der Medianwert für a ist mit 37,5 m relativ gering, trotzdem die größte Anzahl und auch die größten Längen an Sackgassen vorhanden sind. Diese Insensibilität des Medians gegenüber Extremwerten ist der Grund dafür, dass die Szene c, der man intuitiv eine höhere innere Erschließungsfunktion des Straßennetzes zuerkennen würde, einen höheren Medianwert erhält. Abb. 52b gilt mit 45 m bezüglich dieses Messkonzeptes und dieser Dimension als am geringsten konnektiv.

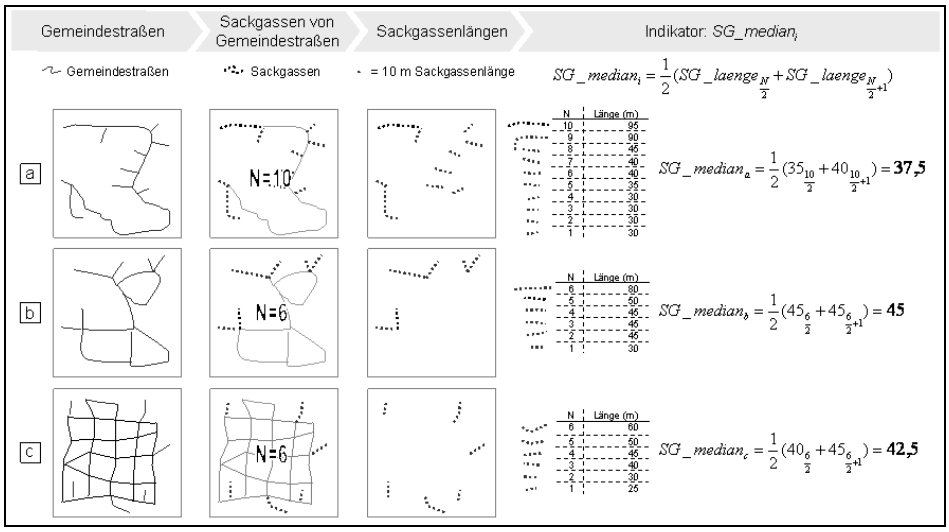



Abb. 52: Konnektivitätsmaß *SG_median$_i$* für drei Beispiele

Der Wertebereich von *SG_median$_i$* - Medianwert der Längen aller Sackgassen in einem Raumbezug - reicht von Null bis theoretisch unendlich (Abb. 53). Sind keine Sackgassen innerhalb des jeweiligen Raumbezuges vorhanden so erhält der Indikator den Wert 0, was nach Song und Knaap (2004) für hohe Konnektivität spricht. Bei zunehmender Länge der Sackgassen steigt der Wert in der Regel und indiziert somit eine geringere innere Verbundenheit (Konnektivität) des Gemeindestraßennetzes.

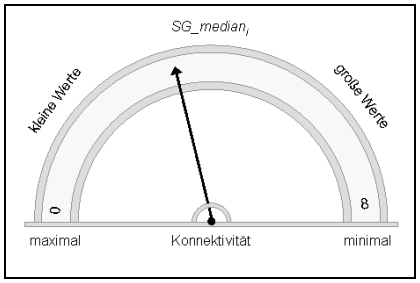



Abb. 53: Möglicher Wertebereich der Maßzahl *SG_median$_i$* und Interpretation

Wie bereits angesprochen, ist der Median ein sehr extremwertresistentes Maß, wodurch die Ergebnisse oft nicht den intuitiven Erwartungen entsprechen können. Das arithmetische Mittel der Gemeindestraßenlängen - als Maßzahl - könnte deshalb zumindest als zusätzliche Information über „Konnektivität“ angedacht werden. In der Ableitung von Sackgassen können - unabhängig von der Datenqualität - weitere Probleme auftreten. So sind Umkehrplätze an den Enden von Sackgassen teils als Schleife digital erfasst und können damit nur über Umwege als Sackgasse identifiziert werden. Daneben beeinflusst sowohl der potenziell besiedelbare Raum als auch kulturhistorische Einflüsse (Straßendorf) die Ausprägung des Straßensystems und somit auch das Vorhandensein von Sackgassen.
Eine exemplarische Umsetzung des Indikators *SG_ew$_i$* ist in Indikatorenblatt 7.3.2.3 (Kap. 9) für die Gemeinden des Untersuchungsgebietes in bekannter Manier visualisiert.

#### 7.3.2.4. Mittlere Maschenweite des Straßennetzes

In der Landschaftsökologie bzw. deren quantitativer Methodologie (landscape metrics) hat sich ein Maß etabliert, das die effektive Maschenweite (mesh size) zur Messung des Zerschneidungsgrades verwendet. Die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Punkte innerhalb eines

unzerschnittenen Gebietes liegen, multipliziert mit der Untersuchungsfläche ergibt einen Flächenwert, dessen Größe den Zerschneidungsgrad angibt (Jaeger 2000). In der quantitativen (Siedlungs)Geographie allerdings wird die „Maschenweite des Straßennetzes“ herangezogen, um bspw. stadträumliche Merkmale herauszuarbeiten (Brandt, Holzapfel und Hopmeier 2004). Andere (Song und Knaap 2004, Ewing, Pendall und Chen 2002) ziehen den Umfang der zusammenhängenden Gebäude- oder Baublöcke heran, was im Wesentlichen ähnliche Resultate haben dürfte. Diesem Prinzip folgend wird hier die „mittlere Maschenweite des Straßennetzes“ (*str_mesh_mean*$_i$) zur Beschreibung der inneren Erschließungsfunktion von Straßen verwendet und prototypisch umgesetzt. Das Gedankenmodell baut auf der Annahme, dass eine geringere Maschenweite die zurückzulegenden Wege im Raum verringert. Die Maschenweite wird dafür in einem ersten Ansatz als Fläche des Polygons in Hektar angenommen.

Zur Ableitung dieser Maschenweite wird zunächst das Straßennetz (als Linienobjekt vorliegend) unter Ausschluss von Autobahnen - diese dürften im betrachteten Maßstab keine Erschließungsfunktion innehaben - in raumfüllende Flächen umgewandelt. Dabei bilden die einzelnen Straßensegmente die Grenzen der Polygone, sofern sie sich zu einer durch sie selbst nicht zerschnittenen Fläche zusammenführen lassen. Sackgassen werden somit nicht in die Maschenerstellung einbezogen. Das Ergebnis dieser - mit gängigen GIS-Funktionen umsetzbaren - Konversion ist eine Landschaft aus größtmöglichen Polygonen, die nicht durch das Straßennetz / eine Straße geteilt werden können. Dies entspricht in einer dichten, städtischen Struktur in etwa der gängigen Auffassung eines Gebäudeblocks. In ländlichen und vor allem in gebirgigen Gebieten können diese Polygone sehr groß werden. Kann bspw. ein Tal nur aus einer Seite erschlossen werden (Talschluss), so führt beinahe zwingend eine Sackgasse in das Tal. Im Tal selbst kann natürlich ein gut verbundenes Straßennetz in der Siedlungsstruktur vorhanden sein, doch die Erschließungssackgasse vergrößert das entstehende unzerschnittene Polygon rundherum oft enorm.

$$str_mesh_mean_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} str_mesh_{ij}}{N_i}$$

*str_mesh_mean*$_i$ ..... Mittelwert der Maschenweiten abgeleitet aus dem Straßennetz (ohne Autobahnen) im i-ten Raumbezug in Hektar

*str_mesh*$_{ij}$ ..... Maschenweite (entspricht der Polygonfläche) der j-ten Masche < 100 Hektar Flächengröße (aus dem Straßennetz abgeleitet) im i-ten Raumbezug in Hektar

$N_i$ ..... Anzahl Maschen < 100 Hektar Flächengröße im i-ten Raumbezug

In der Abb. 54 findet dieses Konzept der Generierung von größtmöglichen - durch das Straßennetz unzerschnittenen - Flächen sowie die daraus abgeleitete mittlere Maschenweite (Flächengröße) exemplarische Umsetzung. Während der Raumbezug a aufgrund seiner meist kleinteiligen Straßenstruktur kleine Flächen bzw. einen verhältnismäßig kleinen Wert von 19,3 erhält, sind in b die Flächen ungleich größer, was sich - nach Ausschluss der Flächen > 100 Hektar in einem Indikatorwert von 66,7 niederschlägt. Abb. 54c zeigt einen Übergangsbereich eines dichten Straßennetzes zu einem wenig dichten, wie es z. B. oft im Stadt-Land-Grenzbereich vorstellbar wäre. Der entsprechende Indikatorenwert spiegelt diese Situation wider.

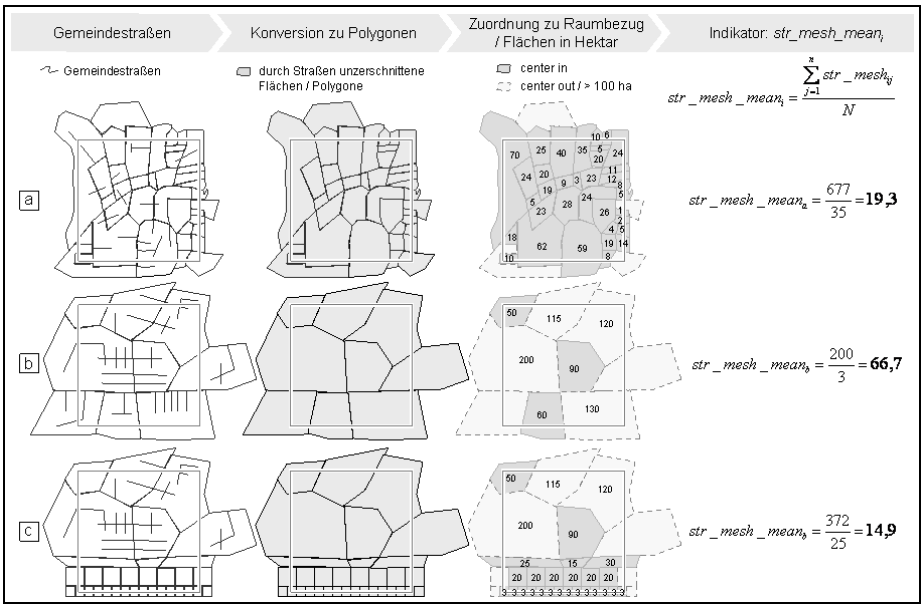



Abb. 54: Anwendung des Indikators *str_mesh_mean$_i$* auf drei beispielhafte Situationen

Wie aus den obigen Ausführungen erkennbar und in Abb. 55 illustriert, kann der prototypische Indikator *str_mesh_mean$_i$* Werte zwischen Null und prinzipiell unendlich annehmen. Die Berechnung ist nicht durchführbar, falls einem Raumbezug keine Fläche zuordenbar ist. Kleine Werte von *str_mean_mesh$_i$* kennzeichnen eine höhere Konnektivität oder innere Erschließungsfunktion des Straßennetzes als große Werte.

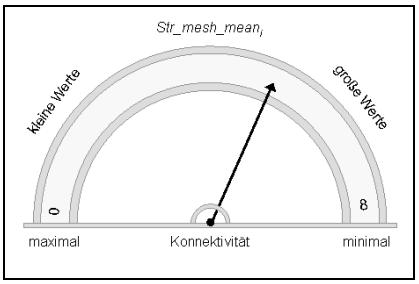



Abb. 55: Wertebereich und Interpretation von *str_mesh_mean$_i$*

Das Konzept *str_mesh_mean$_i$* findet seine Umsetzung im Indikatorenblatt 7.3.2.4 (Kap.9). Wie bereits angeführt wäre der Einbezug der für Straßeninfrastrukturen restriktiven Anökumene anzudenken. Daneben beeinflussen die Qualität der Daten sowie die Schwellwertsetzung die Resultate. Karte 1 zeigt die nach obigem Konzept abgeleiteten Maschen des Straßennetzes mit einer Fläche bis zu 100 Hektar. Dagegen ist in Karte 2 das Ergebnis des Indikators gemeindebezogen dargestellt. Weiters werden die Wertestreuung diagrammatisch sowie die Marginalien zum Indikator selbst in einer Tabelle angeführt.

### 7.3.3. Indikatoren zur Dimension „infrastrukturell abgestimmte Siedlungsentwicklung“

Zur Operationalisierung der Dimension „Siedlungsentwicklung in Abstimmung mit der Infrastruktur“ werden im Folgenden Daten zum Haltestellennetz des öffentlichen Verkehrs herangezogen. Dabei geschieht dies stellvertretend für die große methodische Vielfalt und inhaltliche - aus der vorhandenen Literatur (bspw. Prinz 2006, Song und Knaap 2004, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung 2004 oder Hasse 2002) erkennbare Vielfalt.

#### 7.3.3.1. Verbauungen im Nahbereich des öffentlichen Verkehrs

In methodischer und thematischer Anlehnung an Prinz (2006) wird versucht, eine leicht nachvollziehbare, prototypische Maßzahl zur vorliegenden Dimension abzuleiten. Dabei werden fußläufige Versorgungs- bzw. Erreichbarkeitsgebiete (Schwellwert 500 Meter) von Haltestellen des öffentlichen Verkehrs den Verbauungen gegenübergestellt und der Anzahlsanteil der Verbauungen, die innerhalb dieser Zonen liegen, an der Gesamtzahl der Verbauungen berechnet.

$$Verbauung_ÖV_rel_{ij} = \frac{N_vb_erreichbar_{ij}}{N_vb_{ij}} * 100$$

*Verbauung_ÖV_rel$_{ij}$* ____ Anteil der Zahl der Verbauungen des j-ten Zeitstandes innerhalb einer netzwerkbezogenen Erreichbarkeitsdistanz von 500 Metern zu Haltestellen des öffentlichen Verkehrs an der Gesamtzahl der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug in Prozent

*N_vb_erreichbar$_{ij}$* _____ Zahl der Verbauungen innerhalb einer netzwerkbezogenen Erreichbarkeitsdistanz von 500 Metern zu Haltestellen des öffentlichen Verkehrs des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

*N_vb$_{ij}$* _____ Gesamtzahl der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

Dieses Indikatorenkonzept findet sich in der folgenden Abb. 56 mittels dreier Beispiele umgesetzt. Der Indikator ist im Wesentlichen abhängig von der Anzahl der Haltestellen, dem Straßennetz (mit zunehmender Konnektivität vergrößern sich auch tendenziell die Erreichbarkeitsgebiete) und der Lage der Verbauungen. Beispiel c weist vier Haltestellen in einem hoch konnektiven Straßensystem auf, wodurch eine große Anzahl (88,1 %) der Verbauungen innerhalb 500 m erreichbar sind. Abb. 56a und Abb. 56b unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl der Haltestellen und der Lage der Verbauungen, nicht aber bezüglich des Straßennetzes. Mehr Haltestellen und eine besser an diese angepasste Lage der Verbauungen (oder umgekehrt: besser mit den Verbauungen abgestimmte Haltestellen) haben einen höheren Indikatorwert in c gegenüber b zur Folge.

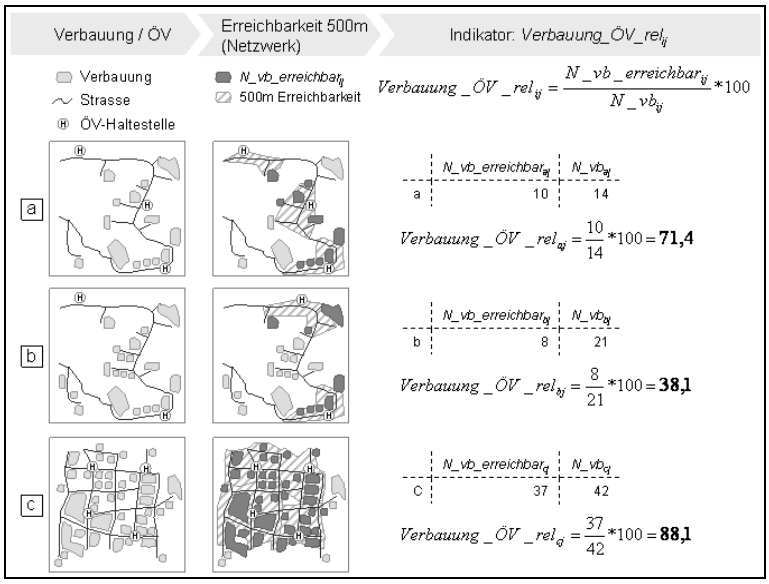



Abb. 56: Indikatorprototyp *Verbauung_ÖV_rel$_{ij}$* für drei Beispielsszenarien der Dimension „infrastrukturell-abgestimmte Siedlungsentwicklung“

Die Werte (siehe Abb. 57) von *Verbauung_ÖV_rel*$_{ij}$ finden sich als Anteil (Prozent) im Bereich von Null bis 100. Hohe Werte können als höhere Anpassung der Verbauung an die Infrastruktur gesehen werden. Aber auch die Lage der Haltestellen spielt eine wesentliche Rolle. Bei Fehlen dieser wird der Indikator gleich Null. Darüber hinaus ist die Wahl einer geeigneten Distanz für die netzwerkbezogene Erreichbarkeit (im obigen Bsp. 500 Meter) von Bedeutung. Als ein Baustein der Indikation der gegenständlichen Dimension kann dieser Ansatz beitragen.

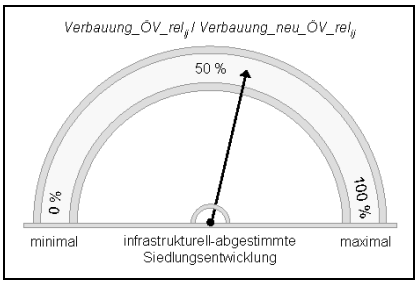



Abb. 57: Möglicher Wertebereich und Interpretation von *Verbauung_ÖV_rel*$_{ij}$ und *Verbauung_neu_ÖV_rel*$_{ij}$

Die Entwicklung des oben vorgestellten Zustandsindikatorenansatzes *Verbauung_ÖV_rel*$_{ij}$ kann die „infrastrukturell-abgestimmte Siedlungsentwicklung“ in seiner zeitlichen Veränderung beschreiben. Dies ermöglicht eine gewisse Unabhängigkeit der Betrachtung von der Ausgangslage der Siedlungsstruktur, erfordert jedoch eine zeitliche Auflösung der einfließenden Daten, die im Falle der Verbauungskartierung gegeben, bei den Haltestellen jedoch nicht vorhanden ist. Aus diesem Grund wird in einfacher Weise derselbe Indikatorenansatz in einer Variante nur auf neue Verbauungen bezogen.

$$Verbauung_neu_ÖV_rel_{ij} = \frac{N_vb_neu_erreichbar_{ij}}{N_vb_neu_{ij}} * 100$$

*Verbauung_neu_ÖV_rel*$_{ij}$ _____ Anteil der Zahl neuer Verbauungen des j-ten Zeitstandes innerhalb der netzwerkbezogenen Erreichbarkeitsdistanz von 500 Metern zu Haltestellen des öffentlichen Verkehrs an der Gesamtzahl der neuen Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

*N_vb_neu_erreichbar*$_{ij}$ _____ Zahl der neuen Verbauungen innerhalb der netzwerkbezogenen Erreichbarkeitsdistanz von 500 Metern zu Haltestellen des öffentlichen Verkehrs des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

*N_vb_neu*$_{ij}$ _____ Gesamtzahl der neuen Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

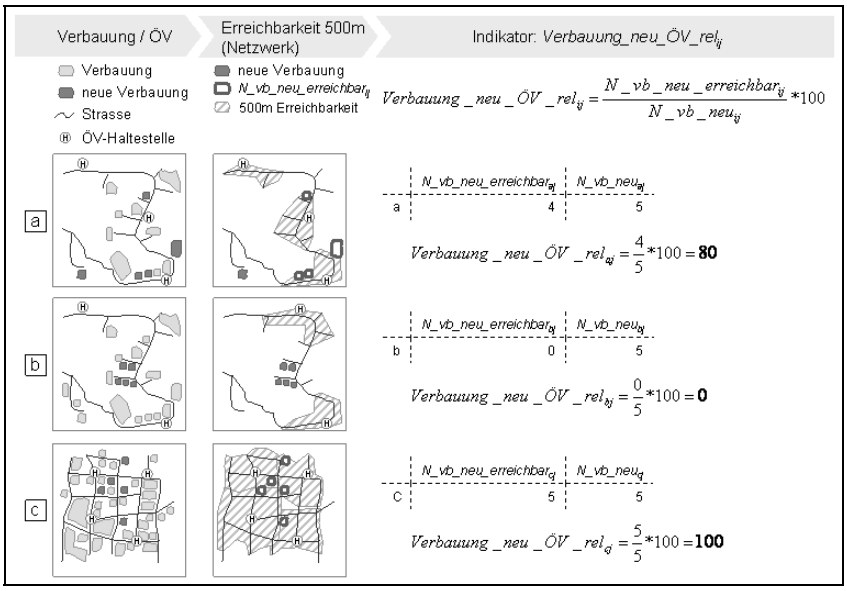



Abb. 58: Umsetzung des Indikatorenkonzeptes *Verbauung_neu_ÖV_rel$_{ij}$* für drei Szenen

Die Interpretation und der Wertebereich (siehe hierzu Abb. 57) des Messkonzeptes *Verbauung_neu_ÖV_rel$_{ij}$* lehnen sich stark an diejenigen des vorhin beschriebenen Ansatzes *Verbauung_ÖV_rel$_{ij}$* an, fließen doch nur unterschiedliche Zeitstände ein. Somit wird aus einem Zustandsindikator eine Maßzahl (*Verbauung_neu_ÖV_rel$_{ij}$*), die Entwicklungen in der Dimension „infrastrukturell-abgestimmte Siedlungsentwicklung“ indiziert.
Unzulänglichkeiten dieses Konzeptes kann mit Tuningmöglichkeiten bezüglich der gewählten Distanzen bzw. inhaltlicher Abstimmungen begegnet werden. So zeigen jüngere Ansätze (bspw. Prinz 2006) zielgruppenorientierte Auswertungen von Bevölkerungserreichbarkeiten und -versorgungen nach demographischen Merkmalen (Altersgruppe) für eine Vielzahl von Themenbereichen. Angedacht seien bezüglich technischer Infrastrukturen noch die Trinkwasser- oder etwa die Stromversorgung (siehe Katzfey et al. 2004). Es sei jedoch hier darauf verwiesen, dass die Umlegung einer Netzwerkdistanz (Linie) auf eine Fläche mit nicht zu vernachlässigbaren Uneindeutigkeiten verbunden sein kann.

## 7.4. Messkonzepte der Kategorie „Form- und Strukturkriterien“

### 7.4.1. Indikatoren zur Dimension „Konzentration“

In den Ausführungen des Kap. 6.3.1 wurde die Dimension „Konzentration“ als das Ausmaß der Verteilung (konzentriert / gleichverteilt) von statistische Fallzahlen - wie Einwohner oder Beschäftigte - identifiziert. Die Operationalisierung solcher Eigenschaften erfolgt in der Literatur auf variantenreiche Weise, denen oft das Konzept eines Streuungsmaßes statistischer Fallzahlen zugrunde liegt. Im Folgenden werden einige Ansätze zur Operationalisierung dieser wesentlichen Zersiedelungsdimension dargestellt. Bezüglich weiterer Möglichkeiten wird auf das einschlägige Schrifttum (bspw. Hanson und Freihage 2001, Knaap et al. 2005) verwiesen. Die Möglichkeiten zur quantitativen Bestimmung der Konzentration oder Regelmäßigkeit von Flächen mit Methoden aus der Familie der

Landschaftsstrukturmaße findet im Umfang dieser Arbeit weniger Behandlung (siehe hierzu bspw. Walz und Berger 2004).

#### 7.4.1.1. Lorenz-Kurve und Gini-Koeffizient

Nach Braumann (1988) kann die Messung des gegenständlichen Zersiedelungsaspektes „Konzentration“ über das Konzentrationsausmaß von Gebäuden in einem Gemeindegebiet auf die darin enthaltenen Ortschaftsbestandteile (Raumeinheiten) erfolgen. Die Quantifizierung der Verteilung von Merkmalen auf Raumeinheiten kann anhand des mathematischen Modells der Lorenz-Verteilung und eines daraus ermittelten Koeffizienten erfolgen (Braumann 1988, Bento et al. 2004, Kramer 2000, Hess et al. 2001, Jaeger 2000, Malpezzi 1999). Die Lorenz-Verteilung ergibt sich aus der Kumulation der - aufsteigend sortierten - in den einzelnen Raumeinheiten (eines übergeordneten Raumbezuges) enthaltenen prozentuellen Anteile einer statistischen Fallzahl oder eines Merkmals. Die diagrammatische Darstellung dieser Kumulation gleicht dabei in der Regel einer konkaven Kurve (Lorenz-Kurve). Es ist dabei nicht von Bedeutung in welchem räumlichen Arrangement sich die einzelnen Raumeinheiten zueinander befinden (Kap. 6.3.1), da keine Distanzen in die Erstellung der Lorenz-Kurve miteinfließen (vgl. Abb. 62 a, b). Zur Berechnung des Gini-Koeffizienten werden zunächst sowohl die prozentuellen Anteile des Wertes der j-ten Raumeinheit an allen Raumeinheiten im i-ten Raumbezug (bspw. bei Gebäudeanzahl: $geb\%_{ij}$) als auch die prozentuellen Anteile einer theoretischen, gleichmäßigen Verteilung der Werte ($gl\%_{ij}$) auf alle Raumeinheiten ($N_RE_i$) im i-ten Raumbezug berechnet.

$$geb\%_{ij} = \frac{geb_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} geb_{ij}} * 100 \qquad gl\%_{ij} = \frac{\frac{\sum_{j=1}^{n} geb_{ij}}{N_RE_i}}{\sum_{j=1}^{n} geb_{ij}} * 100 = \frac{100}{N_RE_i}$$

$geb\%_{ij}$ _____ Anteil der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug an allen Gebäuden im i-ten Raumbezug in Prozent
$gl\%_{ij}$ _____ theoretischer, gleichverteilter Anteil der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug an allen Gebäuden im i-ten Raumbezug in Prozent
$geb_{ij}$ _____ Anzahl der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug
$N_RE_i$ _____ Anzahl der Raumeinheiten im i-ten Raumbezug

Dies Anteile ($geb\%_{ij}$ und $gl\%_{ij}$) werden in einer aufsteigenden Reihenfolge nach ihrem Wert sortiert, sodass in dieser Reihung Folgendes gilt, wobei für $gl\%_{ij}$ ohnehin (Gleichverteilung) jede Sortierung die Bedingung „aufsteigend“ erfüllt.

$$geb\%_{ij} \geq geb\%_{ij-1} \qquad gl\%_{ij} \geq gl\%_{ij-1}$$

$geb\%_{ij}$ _____ Anteil der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug an allen Gebäuden im i-ten Raumbezug in Prozent
$gl\%_{ij}$ _____ theoretischer, gleichverteilter Anteil der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug an allen Gebäuden im i-ten Raumbezug in Prozent

Anschließend werden diese tatsächlichen ($geb\%_{ij}$) und theoretischen ($gl\%_{ij}$) Anteile in der oben beschriebenen ansteigenden Reihenfolge kumuliert, sodass für jede Raumeinheit ein neuer kumulierter Anteil ($kum_geb\%_{ij}$ bzw. $kum_gl\%_{ij}$) entsteht.

$$kum_geb\%_{ij} = geb\%_{ij} + geb\%_{ij-1} \qquad kum_gl\%_{ij} = gl\%_{ij} + gl\%_{ij-1}$$

*kum_geb%$_{ij}$* aufsteigend kumulierter Anteilswert der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug
*kum_gl%$_{ij}$* aufsteigend kumulierter theoretischer, gleichverteilter Anteilswert der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug
*geb%$_{ij}$* Anteil der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug an allen Gebäuden im i-ten Raumbezug in Prozent
*gl%$_{ij}$* theoretischer, gleichverteilter Anteil der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug an allen Gebäuden im i-ten Raumbezug in Prozent

Diese kumulierten Anteile ergeben in einer diagrammatischen Darstellung (vgl. Abb. 59 und Abb. 60) Kurven (Gleichverteilungsgerade und Lorenzkurve), deren - durch sie aufgespannte nach oben hin begrenzte - Flächen (*A_gl$_i$* und *A_geb$_i$*) für die Ableitung des Gini-Koeffizienten benötigt werden.

$$A_gl_i = \frac{kum_gl\%_{ij} - kum_gl\%_{ij-1}}{2} + kum_gl\%_{ij-1}$$

$$A_geb_i = \frac{kum_geb\%_{ij} - kum_geb\%_{ij-1}}{2} + kum_geb\%_{ij-1}$$

$$GINI_i = \frac{A_gl_i - A_geb_i}{A_gl_i}$$

*GINI$_i$* Gini-Koeffizient des i-ten Raumbezuges
*A_gl$_i$* Fläche unter der Gleichverteilungsgerade (= Kurve der aufsteigend kumulierten, theoretisch gleichverteilten Anteile) im i-ten Raumbezug
*A_geb$_i$* Fläche unter der Lorenzkurve (= Kurve der aufsteigend kumulierten Gebäudeanteile) im i-ten Raumbezug
*kum_geb%$_{ij}$* aufsteigend kumulierter Anteilswert der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug
*kum_gl%$_{ij}$* aufsteigend kumulierter theoretischer, gleichverteilter Anteilswert der Gebäude der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug

Die geometrische Konstruktion der Lorenz-Kurve und der Gleichverteilungsgerade wird in Abb. 59 figuriert. Basis dafür sind Merkmale - wie hier 48 Gebäude - verteilt auf 16 Raumeinheiten innerhalb eines übergeordneten Raumbezuges, von denen die jeweilige prozentuellen Anteile für jede Raumeinheit berechnet werden. Diese Anteile werden aufsteigend sortiert und kumuliert, sodass sich letztendlich 100 Prozent ergeben. Die Kumulierungsreihe ist in einem Diagramm als Kurve dar- und der aus einer theoretischen Gleichverteilung der Merkmale auf die Raumeinheiten auf dieselbe Weise abgeleiteten Gleichverteilungsgeraden gegenübergestellt. Letztere weist stets dieselbe Steigung auf (45°), während die Lorenzkurve in der Regel konkav geformt ist und mehr oder weniger stark von der theoretischen Gleichverteilung abweicht.

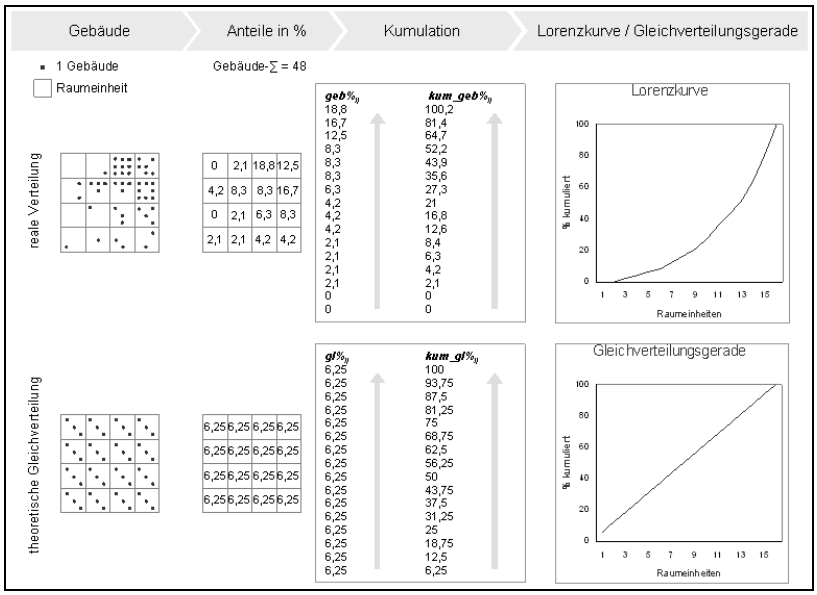



Abb. 59: Beispielhafte Erstellung einer Lorenzkurve und der entsprechenden Gleichverteilungsgeraden

Das Ausmaß dieser Abweichung der Lorenzkurve gegenüber der Gleichverteilungsgeraden kann neben der oben beschriebenen mathematischen Variante auch geometrisch durch das Verhältnis zwischen der Fläche zwischen Lorenz-Kurve und Gleichverteilungsgeraden und der Fläche zwischen Gleichverteilungsgerade, Ordinate und Abszisse ausgedrückt werden (vgl. Abb. 60) und ist in der Literatur als „Gini-Koeffizient“ etabliert (Kramer 2000, Hess et al. 2001, Malpezzi 1999).

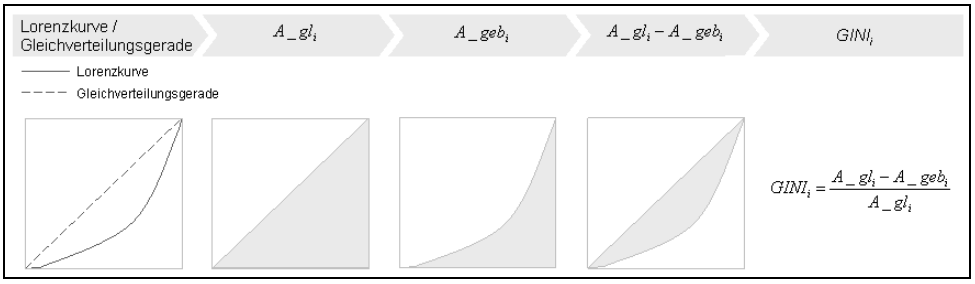



Abb. 60: Ableitung des Gini-Koeffizienten aus der Lorenz-Kurve und der Gleichverteilungsgerade

Der Wertebereich des Gini-Koeffizienten kann demnach zwischen 0 und 1 liegen (vgl. Abb. 61). Werte gegen Null indizieren geringe Konzentration (hohes Ausmaß an Gleichverteilung), wogegen hohe Werte (gegen 1) größere Konzentration der Merkmalswerte auf wenige Raumeinheiten kennzeichnen.

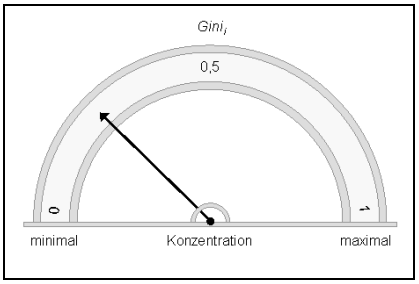



Abb. 61: Wertebereich und Interpretation des Gini-Koeffizienten

Unter der Bezeichnung „Zersiedelungs-Index“ wurde ein ähnliches Maß von Braumann (1988) auf der Basis von Ortschaftsbestandteilen für Gemeinden errechnet. Dessen

Berechnung erfolgt im Wesentlichen auf dieselbe Weise, wobei allerdings das Ergebnis den Kehrwert des Gini-Koeffizienten darstellt, sodass sich lediglich die Ergebnisinterpretation umkehrt (siehe hierzu auch Abb. 60).

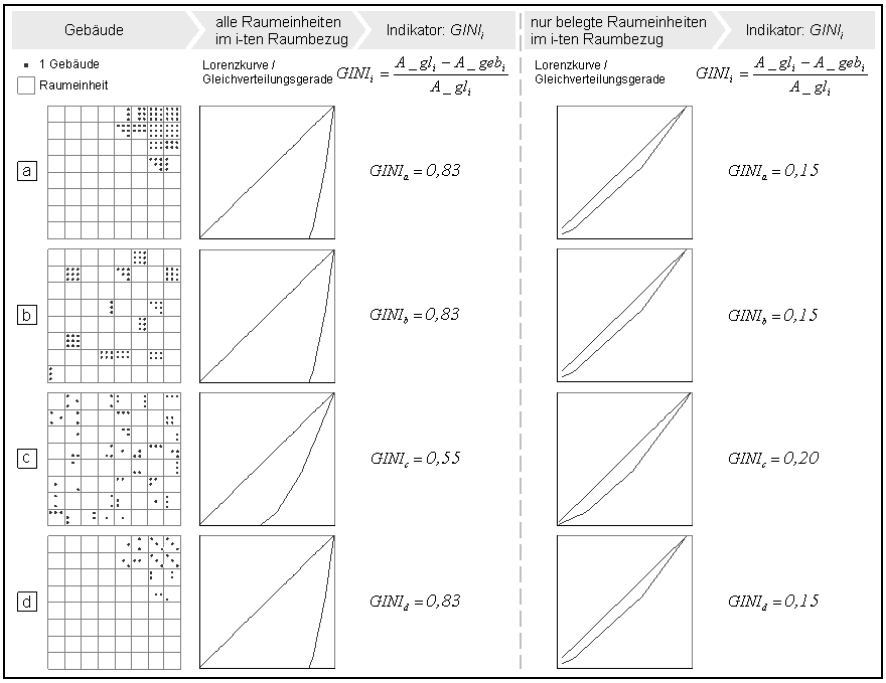



Abb. 62: Lorenzkurve und daraus abgeleiteter Gini-Koeffizient für vier unterschiedliche Szenarien

Abb. 62 zeigt die Anwendung der Konzepte „Lorenzkurve“ und „Gini-Koeffizient“ anhand von vier Beispielen. Wie aus Abb. 62a und Abb. 62b ersichtlich wird, hat das räumliche Arrangement der Raumeinheiten weder Einfluss auf die Lorenzkurve, noch auf den Gini-Koeffizienten. Auch spielen die absolut einfließenden Zahlen keine Rolle. In Abb. 62c wurde bspw. die absolute Zahl der Gebäude je Raumeinheit verglichen mit a und b lediglich gedrittelt. Die Resultate lassen aber keinen Unterschied erkennen, da in die Berechnung Anteilswerte je Raumbezug einfließen. In Abb. 62c hingegen verteilt sich dieselbe Zahl der Gebäude wie in a und b anders auf die Raumeinheiten. Ein entsprechend anderes Indikatorresultat hat dies zur Folge. Abb. 62 verdeutlicht zudem, dass es nicht unerheblich ist, wie mit nicht belegten Raumeinheiten verfahren wird. Die linke - der Berechnungsbasis am nächsten stehende - Lorenzkurve bzw. Gini-Koeffizient sind Ergebnis einer Berechnung, in die alle Raumeinheiten im Raumbezug (belegte und nicht belegte) einbezogen werden. Abb. 62c erhält dabei den geringsten Indikatorwert. Daneben werden Resultate präsentiert, bei deren Berechnung nicht belegte Raumeinheiten ausgeschlossen sind. Die größere Streuung der Merkmalsanteile in Abb. 62c hat nun zur Folge, dass diesem Raumbezug der höchste Wert zugewiesen wird. Bei Vorliegen von geographischen Rastern mit entsprechender Kleinräumigkeit der Raumeinheiten wird es gegenüber Sprengeldaten möglich, nicht besiedelbare oder nicht besiedelte Raumeinheiten auszuschließen.

Als Streuungsmaß von Anteilen in Raumeinheiten innerhalb eines Raumbezuges ist die Lorenzkurve resp. der Gini-Koeffizient äußerst sensitiv. Wird die Größe der Raumeinheiten bei gleichem Raumbezug erhöht, nähert sich die Lorenzkurve zunehmends der Gleichverteilungsgeraden an. Besteht ein Raumbezug aus nur einer Raumeinheit, so wird die betrachtete Struktur je nach Interpretation als entweder sehr konzentriert oder sehr

gleichverteilt angesehen werden. Je kleiner das Ausmaß der bzw. je größer die Zahl der Raumeinheiten in einem Raumbezug ist, desto konzentrierter erscheinen die Resultate der Lorenzkurve und des Gini-Koeffizienten. Braumann (1988) betont die Bedeutung der gemeinsamen Betrachtung der Lorenzkurve und des daraus abgeleiteten Indikators. Unterschiedliche Kurven können dieselben Flächendifferenzen und somit dieselben Indizes ergeben können.

Das Indikatorenblatt 7.4.1.1a (Kap. 9) zeigt die Umsetzung des Indikators $GINI_i$ für die Anzahl der Gebäude basierend auf einem 250 Meter geographischen Raster für die sechs administrativen Raumbezüge. Dabei fließen in die Berechnung (Karte 1) ausschließlich Raumeinheiten ein, die zumindest ein Gebäude enthalten (Verbreitungsraum: siehe Kap. 7.3.1.1). Karte 2 zeigt die Resultate von $GINI_i$ für die Gemeinden, wobei eine geringe Signifikanz der Werte (Tabelle zur Wertestreuung) vermutet wird. Neben den expliziten Erläuterungen zum Indikator finden sich die jeweiligen zum $GINI_i$ gehörenden Lorenzkurven für die untersuchten Gemeinden. Das Verhalten desselben Konzeptes bei Einbezug der nicht belegten Raumeinheiten (keine Gebäude) in die Berechnung wird im Indikatorenblatt 7.4.1.1b gezeigt (Kap. 9).

#### 7.4.1.2. Raumeinheiten hoher Dichte

Konzentration nach Kap. 6.3.1 kann auch über den Anteil von Raumeinheiten mit einer sehr hohen Dichte quantifiziert werden (Galster et al. 2001, Hanson und Freihage 2001). Die Abgrenzung und Bestimmung dieser sehr hohen Dichte - bezogen auf statistische Fallzahlen wie (Wohn-) Gebäude, Beschäftigte, Einwohner usw. - kann über die Abweichung von der mittleren Dichte aller Raumbezüge (bspw. mehr als 1 Standardabweichung) erfolgen.

$$sehr_dicht_rel_i = \frac{N_RE_sehr_dicht_i}{N_RE_i} * 100$$

$sehr_dicht_rel_i$ _____ Anteil von Raumeinheiten mit einer sehr hohen Dichte (Schwellwert: Mittelwert plus 1 oder 2 Standardabweichungen der Dichte aller Raumeinheiten in allen Raumbezügen) an allen Raumeinheiten im i-ten Raumbezug

$N_RE_sehr_dicht_i$ _____ Anzahl der Raumeinheiten mit einer sehr hohen Dichte (Schwellwert: Mittelwert plus 1 oder 2 Standardabweichungen der Dichte aller Raumeinheiten in allen Raumbezügen) im i-ten Raumbezug

$N_RE_i$ _____ Gesamtzahl der Raumeinheiten des i-ten Raumbezuges

Andere Autoren (bspw. Ewing, Pendall und Chen 2002) weisen hingegen auf die Möglichkeit hin, den Anteil der für die Berechnung von sehr dichten Raumeinheiten Verwendung findenden statistischen Fallzahlen als Indikator zu verwenden. So kann etwa der Einwohneranteil in Raumbezügen mit einer Mindesteinwohnerdichte berechnet werden.

$$EW_rel_{sehr_dicht_i} = \frac{EW_{sehr_dicht_rel_i}}{EW_i} * 100$$

$EW_rel_{sehr_dichti}$ _____ Anteil der Einwohner in Raumeinheiten mit einer sehr hohen Dichte (Schwellwert: Mittelwert plus 1 oder 2 Standardabweichungen der Dichte aller Raumeinheiten in allen Raumbezügen) an der Gesamtzahl der Einwohner im i-ten Raumbezug

$EW_{sehr_dichti}$ _____ Anzahl der Einwohner in Raumeinheiten mit einer sehr hohen Dichte (Schwellwert: Mittelwert plus 1 oder 2 Standardabweichungen der Dichte aller Raumeinheiten in allen Raumbezügen) im i-ten Raumbezug

$EW_i$ _____ Anzahl der Einwohner im i-ten Raumbezug

Abb. 63 zeigt modellhaft vier übergeordnete Raumbezüge mit jeweils der gleichen Anzahl an Merkmalen (32 Einwohner). Diese Anzahl je Raumeinheit kann aufgrund der identischen Flächen der Raumeinheiten gleichzeitig als Dichtewert betrachtet werden. Die vier betrachteten übergeordneten Raumbezüge liefern in Summe (Mittelwerts- und Standardabweichungsberechnung erfolgt gemeinsam für alle vier Raumbezüge) mögliche Schwellwerte mit Mittelwert plus eine (2 + 2,69 = 4,69) oder zwei Standardabweichungen (2 + 2 * 2,69 = 7,38). Der prozentuelle Anteil der Raumeinheiten, deren Dichtewerte diese Schwellwerte übertreffen, wird als Indikator abgeleitet. In Abb. 63a und Abb. 63c verteilen sich die Merkmale kongruent auf wenige Raumeinheiten mit daraus resultierenden Anteilen von 19 % resp. 25 %. Die stark disperse Verteilung in Abb. 63b drückt sich in keinerlei Schwellwertüberschreitung (0 %) aus, während eine etwas stärker konzentrierte Verteilung (Abb. 63d) den kleineren Schwellwert übersteigt (12,5 %), den größeren hingegen nicht. Zudem liefert der Indikator $EW_rel_{sehr_dichti}$ den jeweiligen Einwohneranteil in diesen eben bestimmten sehr dichten Raumeinheiten. Diese scheinen mit den Ergebnissen von $sehr_dicht_rel_i$ zu korrelieren.

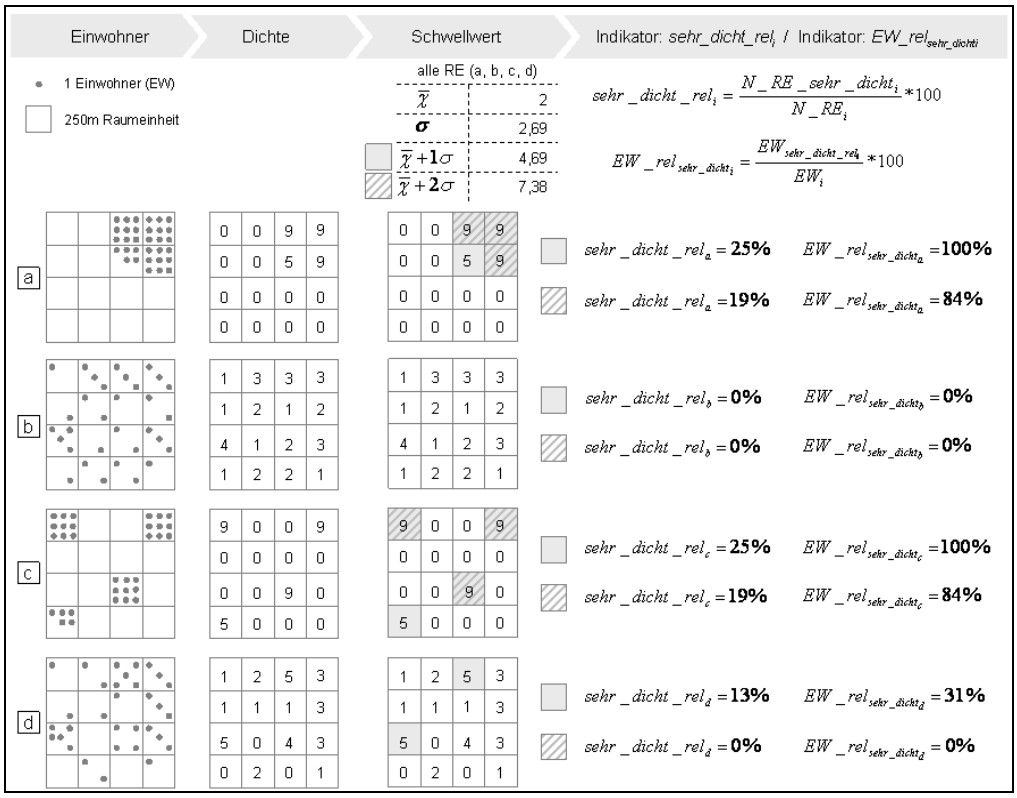



Abb. 63: Ableitung der Indikatoren $sehr_dicht_rel_i$ und $EW_rel_{sehr_dichti}$ für vier Beispielsszenarien

Die Werte von $sehr_dicht_rel_i$ und $EW_rel_{sehr_dichti}$ liegen im Bereich von Null bis 100 (in realiter weit unter 100, vgl. hierzu Abb. 64). Ein hoher Wert von $sehr_dicht_rel_i$ spricht demnach für eine höhere Konzentration von Merkmalen auf wenige Raumeinheiten als ein geringer Wert. Ebenso verhält es sich für $EW_rel_{sehr_dichti}$.

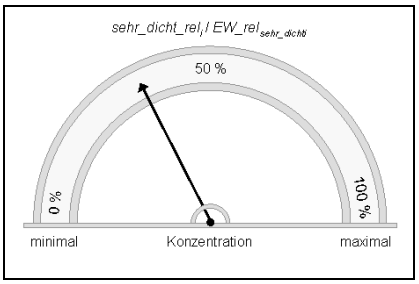



Abb. 64: Wertebereich und Interpretation von *sehr_dicht_rel*$_i$ und *EW_rel*$_{sehr_dichti}$

Der Einfachheit in der Berechnung solch einer Maßzahl stehen jedoch auch einige kritische Punkte gegenüber. Zum einen werden Raumbezüge, deren Dichtewerte unterhalb des Schwellwerts liegen nicht näher differenziert. Zum anderen stellt die Schwellwertbildung selbst den Anwender vor eine überaus subjektive und folgenreiche Entscheidung, da diese Entscheidung das Ergebnis grundlegend beeinflusst (vgl. Kap. 7.1). Die Schwellwertbildung kann über Betrachtung der Häufigkeitsverteilung der Merkmalswerte und nachstehender Ableitung eines entsprechend plausiblen Wertes (Äquidistanz, Quartil, Standardabweichung um den Mittelwert usw.) argumentiert werden. Ein Schwellwert kann jedoch nicht nur aus allen übergeordneten Raumbezügen abgeleitet werden sondern auch vom entsprechenden Raumbezug abhängig sein. Damit wäre - bei entsprechender Wahl des Schwellwertes - garantiert, dass immer Raumeinheiten in einem Raumbezug den Schwellwert übertreffen und Werte für den „Anteil von Raumeinheiten mit sehr hoher Dichte" liefern. Allerdings ginge dies zu Lasten der Vergleichbarkeit und demzufolge der Interpretation. Des Weiteren berücksichtigt ein Maß wie „Anteil von Raumeinheiten mit sehr hoher Dichte" naturgemäß keine Entfernungen gemäß der Dimension „Konzentration". Für das Ergebnis ist es unerheblich, ob dichte Raumeinheiten räumlich benachbart oder disloziert auftreten (vgl. Abb. 63a mit Abb. 63c). Für die Wahl der Größe der Raumeinheiten kann ein ähnliches Verhalten wie bei der Lorenzkurve und dem Gini-Koeffizienten angenommen werden. Kleinere Raumeinheiten liefern tendenziell konzentriertere Werte der Maßzahlen dieses Abschnittes, wohingegen bei zunehmender Größe der Raumeinheiten die Konzentration ab- und die Gleichverteilung zunimmt. Variationsmöglichkeiten ergeben sich nicht nur bezüglich der betrachteten statistischen Fallzahl sondern auch bei Vorlage dieser auf Basis geographischer Raster durch Ausschluss nicht oder gering belegter Raumeinheiten oder bspw. der Anökumene.

#### 7.4.1.3. Variationskoeffizient der Dichte

Ein weiteres, in der Berechnung einfaches Maß zur Beurteilung, ob bestimmte statistische Fallzahlen oder deren Merkmale im Raum eher konzentriert oder eher gleichverteilt auftreten, ist der Variationskoeffizient der Dichte von Raumeinheiten. Dieser kann für übergeordnete Raumbezüge berechnet und interpretiert werden, wobei die betrachteten statistischen Größen bspw. Gebäude, Wohnungen, Beschäftigte etc. sein können (Galster et al. 2001, Malpezzi 1999). Der Variationskoeffizient - Standardabweichung geteilt durch Mittelwert - liefert die Standardabweichung in „Mittelwertseinheiten", relativiert diese und lässt sie somit vergleichbar mit anderen Standardabweichungen erscheinen.

$$VarK_i = \frac{\sigma_i}{\overline{\chi}_i} = \frac{\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n} Dichte_{ij} - \left(\sum_{i=1}^{n} \dfrac{Dichte_{ij}}{n}\right)}{n}}}{\sum_{i=1}^{n} \dfrac{Dichte_{ij}}{n}} \qquad Dichte_{ij} = \frac{Statistik_{ij}}{A_{ij}}$$

$VarK_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ Variationskoeffizient der Dichte (*Dichte*$_{ij}$) im i-ten Raumbezug
$\sigma_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Standardabweichung der Dichte (*Dichte*$_{ij}$) im i-ten Raumbezug
$\chi_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Mittelwert der Dichte (*Dichte*$_{ij}$) im i-ten Raumbezug
$Dichte_{ij}$ _ _ _ _ _ _ _ Dichte der statistischen Fallzahl *Statistik*$_{ij}$ der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug
$Statistik_{ij}$ _ _ _ _ _ _ absolute statistische Fallzahl der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug
$A_{ij}$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Fläche der j-ten Raumeinheit des i-ten Raumbezuges
$n$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Raumeinheiten im i-ten Raumbezug

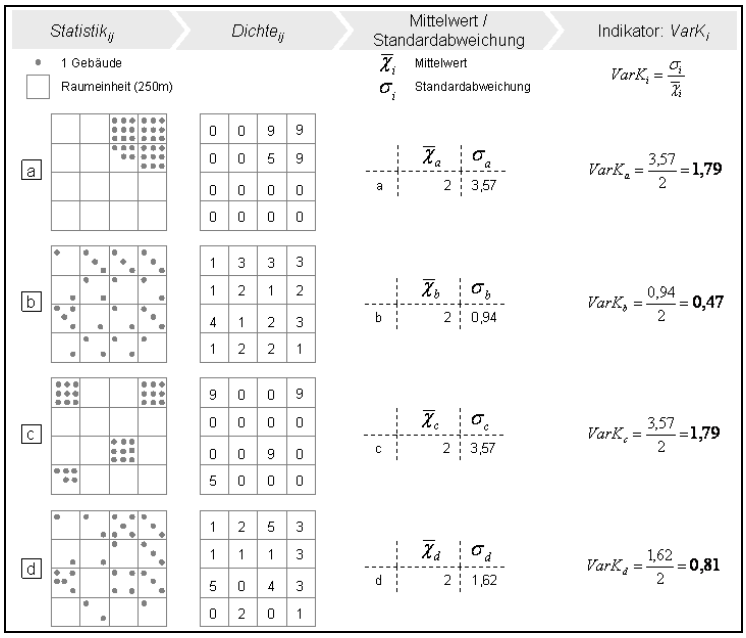



Abb. 65: Ableitung des Variationskoeffizienten der Dichte von Raumeinheiten *VarK*$_i$ für vier Raumbezüge

In Abb. 65 sind vier übergeordnete Raumbezüge mit unterschiedlichem Konzentrationsgrad bezüglich der sich darin befindenden, gleichanzahligen Gebäude veranschaulicht. Abb. 65a und Abb. 65c weisen eine starke sowohl visuell als auch in der Maßzahl „Variationskoeffizient“ (*VarK*$_i$) wahrnehmbare Konzentration der Größen (hier Gebäude) auf wenige Raumeinheiten auf. Die räumliche Anordnung der Raumeinheiten - einziger Unterschied zwischen a und c - nimmt auf *VarK*$_i$ keinen Einfluss. Weniger konzentrierte Merkmale haben erwartungsgemäß kleinere Variationskoeffizienten der Dichte zur Folge (siehe Abb. 65b und Abb. 65d). Zur Diskussion der Sensibilität der Maßzahl bezüglich der einfließenden Größe der Raumeinheiten sei auf Kap. 7.4.1.1 bzw. Kap. 7.4.1.2 verwiesen.
Der Wertebereich des Variationskoeffizienten liegt bei positiven Merkmalsausprägungen zwischen 0 und - zumindest theoretisch - unendlich (vgl. Abb. 66). Die Relativierung der Standardabweichung über den Mittelwert lässt den Variationskoeffizienten jedoch selten sehr hohe Werte erreichen. Hohe Variationskoeffizienten indizieren eine stärkere Konzentration, wohingegen niedrigere Werte eine gleichmäßigere Verteilung auf die Raumeinheiten in einem Raumbezug charakterisieren.

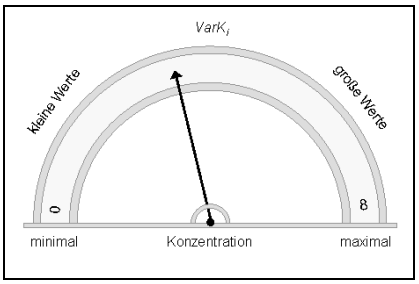



Abb. 66: Wertebereich und Interpretation von $VarK_i$ für die Dimension „Konzentration“

#### 7.4.1.4. Dissimilarity-Index

Im Kontext sozialer Segregation wird in der Literatur häufig der „dissimilarity index“ zitiert und angewandt. Dabei wird die Separation von bspw. Bevölkerungsgruppen über den Anteil dieser, der in andere Raumeinheiten verschoben werden müsste, um eine Gleichverteilung über alle Raumeinheiten hinweg zu erhalten, bestimmt (Bania, Coulton und Leete 2000). Auch in der internationalen Zersiedelung-Sprawl-Debatte wird dieses Konzept aufgegriffen und z. B. auf Gebäude oder Wohnungen und deren Konzentration oder Dispersion übertragen. Galster (2001) berechnet auf diese Weise die Konzentration von “housing units” in Gegenüberstellung zu der zur Verfügung stehenden Fläche. Die weitläufige und lange Verwendung des „dissimilarity Index“ dokumentieren zahlreiche Variationen, denen im Wesentlichen folgendes Prinzip zugrunde liegt. Es wird die Differenz zwischen dem Anteil des einen Merkmals und dem Anteil eines anderen Merkmals je Raumeinheit gebildet und deren Beträge (positive Differenzen) über alle Raumeinheiten je übergeordnetem Raumbezug summiert. Die Hälfte dieses Betrages entspricht dem Anteil an Merkmalen, der die Raumeinheit wechseln müsste, damit dieses Merkmal auf alle Raumeinheiten gleichverteilt auftritt. Formal sieht diese Überlegung für eine statistische Fallzahl ($Statistik_{ij}$) und die Fläche der Raumeinheit ($A_{ij}$) folgendermaßen aus (vgl. hierzu auch Abb. 67).

$$D_i = \frac{1}{2}\sum_{i}^{n}\left|\frac{Statistik_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} Statistik_{ij}}100 - \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} A_{ij}}100\right|$$

$D_i$ _____ Dissimilarity Index einer statistischen Fallzahl ($Statistik_{ij}$) und der zur Verfügung stehenden Fläche ($A_{ij}$) im i-ten Raumbezug

$Statistik_{ij}$ _____ absolute statistische Fallzahl der j-ten Raumeinheit im i-ten Raumbezug

$A_{ij}$ _____ Fläche der j-ten Raumeinheit des i-ten Raumbezuges

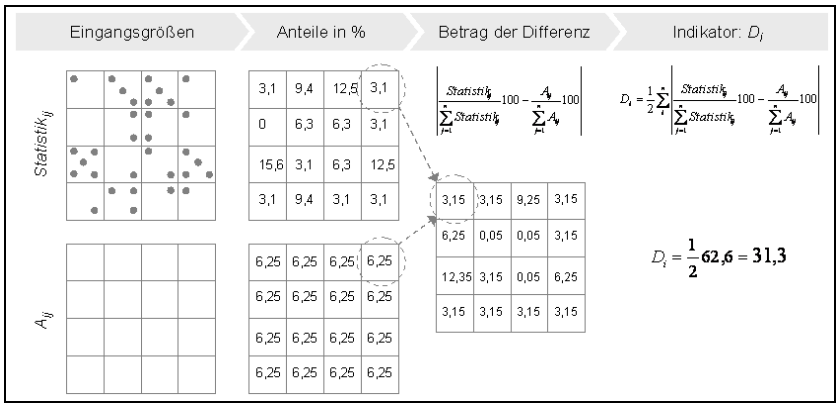



Abb. 67: Ableitung des Dissimilarity Index ($D_i$) einer statistischen Fallzahl ($Statistik_{ij}$) und der zur Verfügung stehenden Fläche ($A_{ij}$)

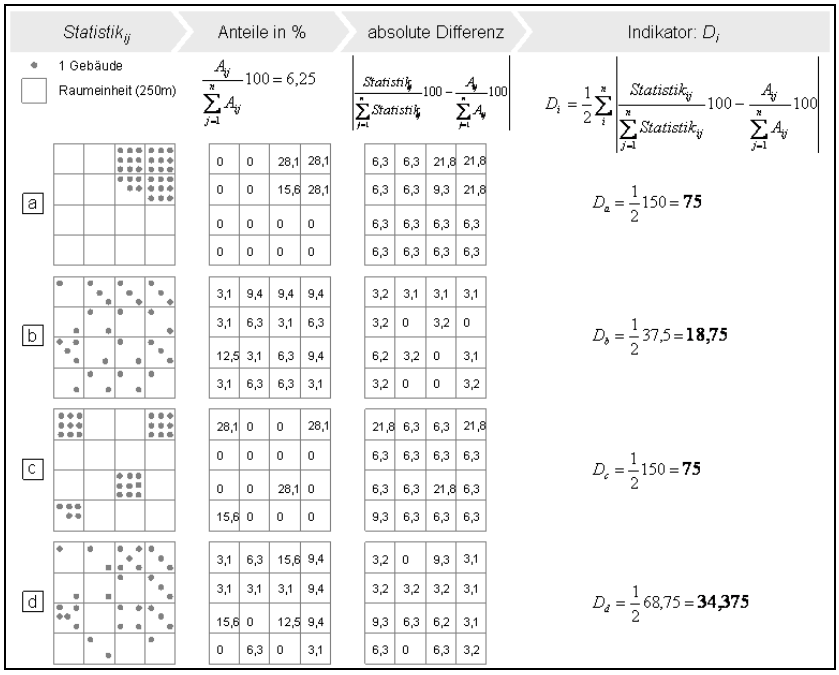



Abb. 68: Dissimilarity Index $D_i$ vier unterschiedlicher Konzentrations-Szenarien

Abb. 68 zeigt vier Raumbezüge mit verschiedenem Konzentrationsgrad bezüglich der darin enthaltenen Gebäude. In Bezug zum - mit 6,25 % je Raumeinheit gleich angenommenen Flächenanteil - wurde ein $D_i$ nach obigem Schema (vgl. Abb. 68) berechnet. Abb. 68a und Abb. 68c weisen dieselben hohen Konzentrationen auf, was in einem entsprechend hohen $D_i$ resultiert. Eher gleichmäßige Verteilungen sind in Abb. 68b und Abb. 68d mit dem jeweiligen $D_i$ dargestellt. Wiederum nehmen Distanzen zwischen den einzelnen Raumeinheiten gemäß dem Verständnis von Konzentration (vgl. Kap. 6.3.1) keinen Einfluss auf das Ergebnis.

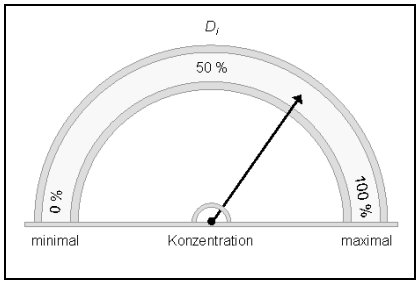



Abb. 69: Wertebereich und Interpretation des „Dissimilarity Index“

Der Wertebereich (Abb. 69) des Dissimilarity Index ($D_i$) liegt zwischen 0 und 100 Prozent. Ein berechneter Wert kann als prozentueller Anteil des Merkmals interpretiert werden, der in andere Raumeinheiten verschoben werden müsste, um Gleichverteilung zu erhalten (Cutsinger et al. 2005). Demnach kennzeichnen hohe Prozentanteile eine hohe Konzentration der Merkmale wohingegen niedrige Dispersion abzeigen.
Sowohl die betrachtete Dimension als auch die Methode weist große Parallelen zum Konzept der Lorenzkurve und des Gini-Koeffizienten auf. Dementsprechend stark korrelieren die Ergebnisse, die Variationsmöglichkeiten und der Einfluss der Größe der Raumeinheiten. Angedacht sei in diesem Rahmen noch die Verwendung der tatsächlichen Verbauungen als Eingangsgröße $A_{ij}$ anstatt der Fläche der Raumeinheiten in der Berechnung des Dissimilarity-Index.

### 7.4.2. Indikatoren zur Dimension „Kontinuität“

Wie im Kap. 6.3.2 beschrieben, wird eine Siedlungsstruktur als räumlich diskontinuierlich betrachtet, wenn die einzelnen Verbauungen wenig räumlichen Zusammenhang bilden. Zur Operationalisierung dieses Zersiedelungsaspektes bietet sich eine Reihe von Indikatoren an. Nachfolgend werden einige gängige Methoden diskutiert, wobei auf eine Reihe interessanter Ansätze (bspw. Jaeger und Bertiller 2006, Jaeger et al. 2006 oder Proximity Indices bzw. Connectivity: Torrens und Alberti 2000, Malpezzi 1999) verzichtet werden muss, um die Arbeit in einem überschaubaren Rahmen zu halten. Eine hohe Anzahl von Verbauungen bei gleichzeitig kleiner mittlerer Flächengröße der Verbauungen könnte ebenso eine gering kontinuierliche Siedlungsstruktur indizieren. Derart einfache Ansätze wären zusätzlich zu den vorgestellten denkbar.

#### 7.4.2.1. Leapfrog Index

Diskontinuierliche Verbauung als zeitliche Entwicklung bedingt naturgemäß verschiedene zeitliche Datenstände. Darauf aufbauend kann über den Abstand einer neuen Verbauung (jüngerer Datenstand) zur nächsten Verbauung des Bestandes (älterer Datenstand) eine Maßzahl gebildet werden. Hasse (2002) konstruiert einen „Leapfrog-Index“ als Kontinuitätsmaß für neue Verbauungen und setzt dabei die Summe dieser Distanz (vgl. oben) innerhalb eines übergeordneten Raumbezuges der Anzahl neuer Verbauungsgebiete durch Division gegenüber. Somit erhält man die mittlere minimale Distanz neuer Verbauungen zu den bestehenden je Raumbezug. Dies entspricht im Wesentlichen dem gängigen Maß der „Mean Nearest Neighbor Distance“ und findet auch in anderen Konzepten Anwendung (siehe Kap. 7.4.2.3).

$$leapfrog_i = \frac{\sum_i D\min_{ij}}{N_i}$$

*leapfrog*$_i$ – Leapfrog-Index des i-ten Raumbezuges
*Dmin*$_{ij}$ – minimale Distanz der j-ten neuen Verbauung im i-ten Raumbezug zum nächsten Nachbarn einer bestehenden Verbauung (nicht nur im i-ten Raumbezug)
$N_i$ – Anzahl neuer Verbauungen des i-ten Raumbezuges

Abb. 70 zeigt drei Szenarien mit Verbauungszuwächsen zwischen zwei Zeitpunkten. Erkennbar sind darin unterschiedliche Ausprägungen bezüglich der räumlichen Kontinuität in der zeitlichen Entwicklung, was sich im resultierenden Leapfrog-Index als mittlere Distanz neuer Verbauungen zum Bestand niederschlägt. Diesem durchaus plausiblen Ergebnis in Abb. 70a und Abb. 70b steht jedoch die starke Abhängigkeit von der tatsächlichen Anzahl der neuen Verbauungen gegenüber, bzw. der Ausgangslage - dem Bestand (dünn oder dicht besiedeltes Gebiet). Abb. 70c mit nur einer neuen Verbauung erhält eben genau diesen Wert als Mittelwert (400) und ist somit in dieser Operationalisierung das diskontinuierlichste der drei Szenarien.

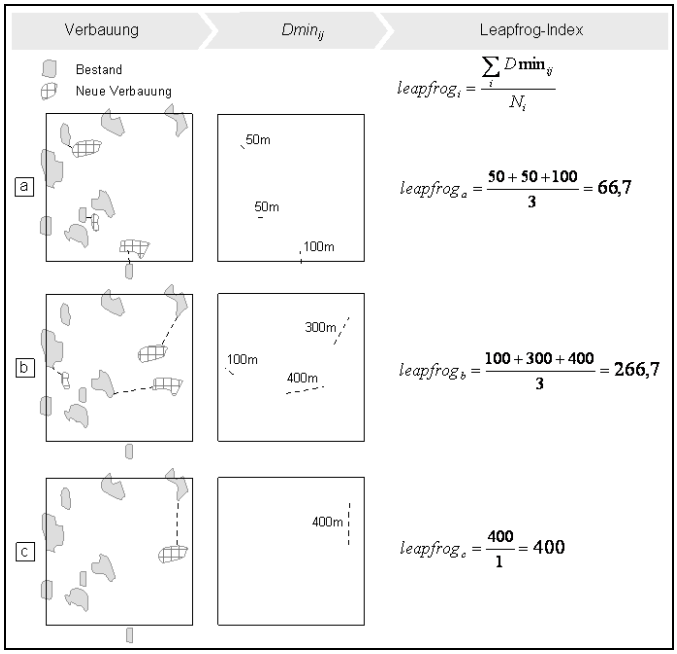



Abb. 70: Leapfrog-Index (*leapfrog$_i$*) dreier unterschiedlicher Kontinuitäts-Szenarien

Die resultierenden Werte (Abb. 71) des Leapfrog-Index befinden sich im Bereich von Null bis unendlich. Die obere Schranke ist jedoch durch die Größe des Raumbezuges in der Regel begrenzt, kann jedoch weit über diese Auflösung hinausgehen, sofern sich der nächste Nachbar einer neuen Verbauung weit außerhalb des Raumbezuges findet. Kleine Werte werden als weniger diskontinuierlich erachtet und vice versa.

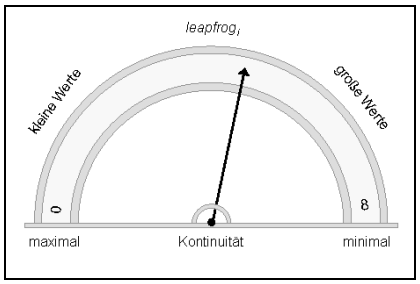



Abb. 71: Wertebereich und Interpretation des Leapfrog-Index (*leapfrog$_i$*)

Das vorgestellte Maß *leapfrog$_i$* als Mittelwert der Distanzen lässt bspw. bei einer einzigen neuen Verbauung weit weg vom Bestand genau deren Distanz zum Indikatorwert werden. Somit werden viele neue Verbauungen im Schnitt mit einem geringeren Wert für *leapfrog$_i$* bewertet als wenige neue Verbauungen. Zudem nimmt der bestehende Verbauungsgrad

Einfluss. Weist ein Raumbezug nur neue und keinen Bestand an Verbauungen auf, so wird der Indikatorwert sehr groß. Diese Aspekte (Bestand und Zuwachs) kommen in den Dimensionen 7.3.1, 7.2.1 und 7.2.2 zur Geltung. Insofern bildet der Leapfrog-Index mit hoher Trennschärfe die Dimension „Kontinuität“ ab. Einzig Distanzen zwischen neuen Verbauungen bleiben unberücksichtigt. Zudem sei hier die Möglichkeit angedacht, die errechneten Distanzen bezüglich des besiedelbaren Raumes (Dauersiedlungsraum) zu korrigieren, wodurch eine bessere Annäherung an die Realität möglich würde. Neben diesen kann wohl der Form und der Größe des Raumbezuges eine große Wirkung auf Distanzen zuerkannt werden.

Die Umsetzung der Maßzahl $leapfrog_i$ wird im Indikatorenblatt 7.4.2.1 (Kap. 9) für zwei Zeitstände (vor 1978: Bestand an Verbauungen, nach 1978: neue Verbauungen) gezeigt. Während Karte 1 die Datenausgangslage zeigt, wird in Karte 2 das Indikatorergebnis für die sechs Gemeinde-Raumbezüge wiedergegeben. Die Bandbreite dieser Resultate ist aus dem Diagramm „Wertestreuung“ ersichtlich. Zudem sind - neben den Informationen zur Indikatorberechnung - die Häufigkeiten der minimalen Distanzen neuer zu bestehenden Verbauungen in den Histogrammen der sechs Gemeinden dargestellt, wobei in jedem Fall die überwiegende Mehrheit der neuen Verbauungen im Bereich von weniger als 10 Metern zum Bestand liegt.

#### 7.4.2.2. Standortstruktur der Siedlungsentwicklung

Als besonders kritisch ist die „bauliche Expansion kleiner, infrastrukturell schlecht erschlossener Gemeinden bzw. Gemeindeteile“ (Meinel et al. 2000) und vor allem die Entwicklung neuer Siedlungsstandorte im Außenbereich ohne Anbindung an bestehende Siedlungsräume zu beurteilen (Meinel et al. 2000). Für eine mittlere Maßstabsebene (Stadt und Stadtumland) wurde zur Abbildung dieser Phänomene der Indikator „Standortstruktur der Siedlungsentwicklung“ von den oben zitierten Autoren erarbeitet. Bezugnehmend auf verschiedene Zeitstände ermöglicht dieser die Einordnung neuer Siedlungsentwicklungen in vier Kategorien. Als Siedlungskernraum wird in einem ersten Ansatz der vorliegenden Arbeit die größte - innerhalb 50 Meter Distanz zusammenhängende - verbaute Fläche herangezogen.

Typ I: Siedlungserweiterung im Siedlungskernraum ($SE_TypI_{ij}$)

Typ II: Siedlungserweiterung am Rand des Siedlungskernraumes ($SE_TypII_{ij}$)

Typ III: Siedlungserweiterung am Rand von Siedlungen außerhalb des Kernraumes ($SE_TypIII_{ij}$)

Typ IV: Siedlungserweiterung ohne Anschluss an den bestehenden Siedlungsraum ($SE_TypIV_{ij}$)

$$SE_TypI_{ij} = \frac{\sum A_vb_TypI_{ij}}{\sum A_vb_{ij}} * 100 \qquad SE_TypII_{ij} = \frac{\sum A_vb_TypII_{ij}}{\sum A_vb_{ij}} * 100$$

$$SE_TypIV_{ij} = \frac{\sum A_vb_TypIV_{ij}}{\sum A_vb_{ij}} * 100 \qquad SE_TypIII_{ij} = \frac{\sum A_vb_TypIII_{ij}}{\sum A_vb_{ij}} * 100$$

*SE_TypI$_{ij}$* Anteil der Flächen des Typ I (Siedlungserweiterung im Siedlungskernraum) im i-ten Raumbezug
*SE_TypII$_{ij}$* Anteil der Flächen des Typ II (Siedlungserweiterung am Rand des Siedlungskernraumes) im i-ten Raumbezug
*SE_TypIII$_{ij}$* Anteil der Flächen des Typ III (Siedlungserweiterung am Rand von Siedlungen außerhalb des Kernraumes) im i-ten Raumbezug
*SE_TypIV$_{ij}$* Anteil der Flächen des Typ IV (Siedlungserweiterung ohne Anschluss an den bestehenden Siedlungsraum) im i-ten Raumbezug
*A_vb_TypI$_{ij}$* Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug, die komplett innerhalb 50 Meter des Siedlungskernraumes des Zeitstandes j-1 im i-ten Raumbezug liegen
*A_vb_TypII$_{ij}$* Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug, die teilweise innerhalb 50 Meter des Siedlungskernraumes des Zeitstandes j-1 im i-ten Raumbezug liegen oder diesen berühren
*A_vb_TypIII$_{ij}$* Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug, die zumindest teilweise innerhalb 50 Meter der Siedlungen außerhalb des Siedlungskernraumes des Zeitstandes j-1 im i-ten Raumbezug liegen oder diese berühren
*A_vb_TypIV$_{ij}$* Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug, die außerhalb 50 Meter von Siedlungen des Zeitstandes j-1 im i-ten Raumbezug liegen
*A_vb$_{ij}$* Fläche der Verbauungen des j-ten Zeitstandes im i-ten Raumbezug

Höhere Flächenanteile der zwei oder drei letzten Typen in einem Raumbezug sind im Sinne der oben (Kap. 6.3.2) abgegrenzten Kontinuität von Verbauungen als negativ zu beurteilen (Meinel et al. 2000). Die Einteilung von Siedlungserweiterungen in die jeweiligen Typen erfolgte dabei nach Distanzen, GIS-analytisch umgesetzt durch Buffer-Berechnungen.

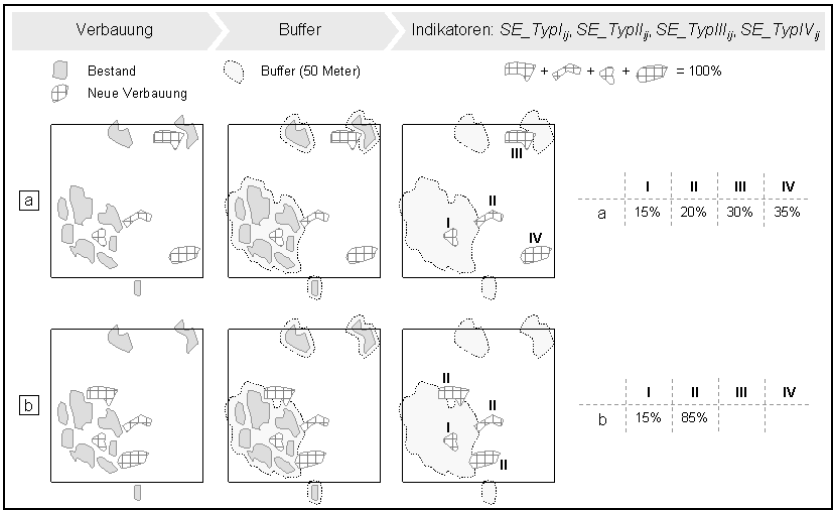



Abb. 72: Ableitung des Indikators „Standortstruktur der Siedlungsentwicklung“ zweier unterschiedlicher Kontinuitäts-Szenarien

Die Zuordnung von Siedlungsentwicklungen zu den vier möglichen Kategorien ist in Abb. 72 illustriert. Abb. 72a zeigt hohe prozentuale Flächenanteile in den Kategorien III und IV. Dies wäre im Vergleich zu Abb. 72b mit geringeren Anteilen in diesen Kategorien als weniger räumlich kontinuierliches Siedlungswachstum zu bewerten. Die möglichen Werte des Indikators „Standortstruktur der Siedlungsentwicklung“ liegen demnach im Bereich von 0 bis 100 Prozent je Standorttyp (Typ I, Typ II, Typ III, Typ IV) (siehe Abb. 73), in Summe je Raumbezug allerdings stets 100 Prozent. Die Interpretation erfolgt über die gemeinsame

Betrachtung dieser Prozentwerte. Höhere Flächenanteile der Typen III und IV indizieren eine eher diskontinuierliche Siedlungsentwicklung und vice versa (Meinel et al. 2000).

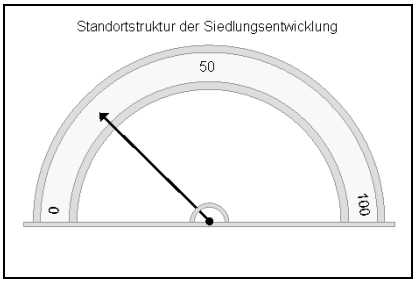



Abb. 73: Wertebereich der Indikatoren $SE_TypI_{ij}$, $SE_TypII_{ij}$, $SE_TypIII_{ij}$, $SE_TypIV_{ij}$

Angedacht sei in diesem Rahmen die Möglichkeit der Gewichtung der vier Einzelindikatoren mit bspw. ihrer Typennummer (1 bis 4) und die nachfolgende Deutung des Wertebereichs, der nun zwischen Null und Vierhundert liegt. Dies ermöglicht eine gemeinsame Betrachtung aller vier Typen über eine einzelne Ergebniszahl. Der Einfluss des oft begrenzten Dauersiedlungsraumes auf die Maßzahl ließe sich ev. über dessen Zusammenschluss mit den Verbauungen des Zeitstandes j-1 und der nachherigen Auswertung der Standortstrukturen nach den Typen entschärfen. Dergleichen sind einige Modifikationsmöglichkeiten (bspw. Gewichtung nach der Flächengröße neuer Verbauungen) gegeben. Die Festlegung des Siedlungskernraumes - hier als größte zusammenhängende Verbauungsfläche - hat zudem direkten Einfluss auf das Ergebnis und weist auch Parallelen zur Dimension Zentralität (Kap. 7.4.6) auf.

Für die sechs Testgemeinden kommt der Indikator „Siedlungserweiterung ohne Anschluss an den bestehenden Siedlungsraum“ ($SE_TypIV_{ij}$) im Indikatorenblatt 7.4.2.2 (Kap. 9) für Verbauungen vor und nach dem Jahr 1978 zur Umsetzung. Darin zeigt Karte 1 die Verbauungen nach den beiden Zeitständen und den hier prototypisch abgeleiteten Siedlungskernraum (größte zusammenhängende Verbauungsfläche). Das Indikatorergebnis ist in Karte 2 abgebildet. Neben der Wertestreuung, dem Mittelwert und den Berechnungsgrundlagen zum Indikator ist eine Gegenüberstellung der Ergebnisse für alle vier Standorttypen - $SE_TypI_{ij}$, $SE_TypII_{ij}$, $SE_TypIII_{ij}$, $SE_TypIV_{ij}$ - diagrammatisch aufbereitet.

#### 7.4.2.3. Mean Nearest Neighbor Distance / Nearest Neighbor Index

Der bereits beschriebene Leapfrog-Index (Kap. 7.4.2.1) bildet die Entwicklung von Siedlungsflächen bezüglich einer kontinuierlichen Verbauung über die Distanzen ausschließlich neuer Verbauungen zu bestehenden Verbauungen ab. Mit ähnlichen Methoden lässt sich jedoch auch die bestehende Verbauung (eines Datenstandes) selbst bezüglich Kontinuität betrachten. So wenden Walz und Berger (2004) bspw. die „Mean Nearest Neighbor Distance“ ($MNN_i$) - im Sinne einer paarweisen Zuordnung - auf u. a. historische Kartengrundlagen für eine Langzeituntersuchung von Flächennutzungsänderungen an und interpretieren eine abnehmende $MNN_i$ für Siedlungen als Verdichtung. Dies erfolgt auf Basis einer gemeinsamen Betrachtung unterschiedlicher Datenstände. Eine geringe mittlere Distanz wird in der Darstellungsweise der vorliegenden Arbeit nicht als Dichteeigenschaft sondern als Kontinuität der Verbauung angesehen, da

durchschnittlich weniger Freiraum zwischen verbauten Flächen (vgl. *leapfrog*$_i$ Kap. 7.4.2.1) vorhanden ist (vgl. auch Sen 1998 und Carrion-Flores und Irwin 2004). Intensitäts- und Effektivitätseigenschaften (Dichte) können in der Interpretation natürlich ebenso abgeleitet werden. Die beschriebenen Verfahren verwenden - wie andere auch (Kap. 7.4.2.1) - die minimalen Distanzen, deren Herleitung für nicht punktförmige Objekte uneindeutig ist.

$$MNN_i = \frac{\sum_i Dmin_{ij}}{N_i}$$

$MNN_i$ _ _ Mean Nearest Neighbor Distance des i-ten Raumbezuges
$Dmin_{ij}$ _ minimale Distanz der j-ten Verbauung im i-ten Raumbezug zum nächsten Nachbarn im i-ten Raumbezug
$N_i$ _ _ _ _ Anzahl der Verbauungen im i-ten Raumbezug

$MNN_i$ kann für sich allein Aussagen über die Dimension „Kontinuität" von Siedlungsflächen liefern. Dabei ist eine größere mittlere Distanz zwischen den Verbauungen und somit ein höherer Wert von $MNN_i$ als weniger kontinuierlich zu verstehen. Dies erfordert jedoch eine gewisse Vergleichsmöglichkeit mit bspw. anderen Raumbezügen oder mit verschiedenen zeitlichen Datenständen (vgl. Abb. 74). Ist keine dieser Möglichkeiten gegeben, so kann der Wert mit der $MNN_i$ einer erwarteten Verteilung - unter der Annahme einer zufälligen Verteilung - verglichen werden. Dieser Nearest Neighbor Index ($NNI_i$) lässt sich wie folgt aufbauend auf $MNN_i$ berechnen (Wellie et al. 1999, Mitchell 2005, Hebeler 2002):

$$MNNrandom_i = 0{,}5\sqrt{\frac{A_i}{N_i}}$$

$MNNrandom_i$ _ _ _ erwartete zufällige Mean Nearest Neighbor Distance des i-ten Raumbezuges
$A_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Fläche des i-ten Raumbezuges
$N_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Verbauungen des i-ten Raumbezuges

$$NNI_i = \frac{MNN_i}{MNNrandom_i}$$

$NNI_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Nearest Neighbor Index des i-ten Raumbezuges
$MNN_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ Mean Nearest Neighbor Distance des i-ten Raumbezuges
$MNNrandom_i$ _ _ _ erwartete zufällige Mean Nearest Neighbor Distance des i-ten Raumbezuges

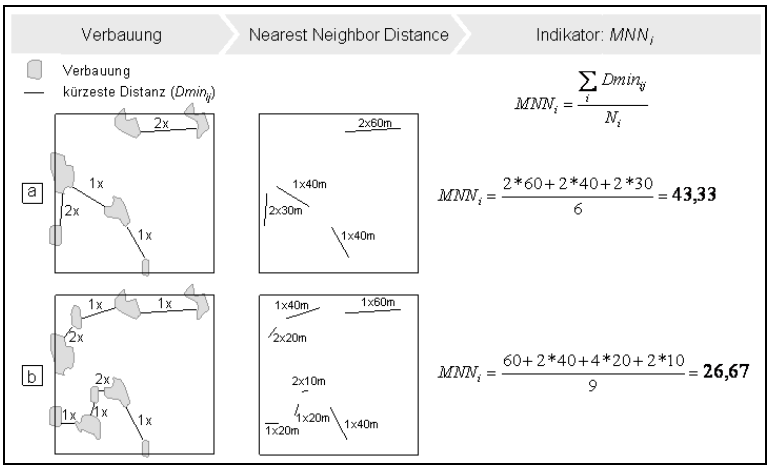



Abb. 74: Ableitung der „Mean Nearest Neighbor Distance" (*MNN*) zweier unterschiedlicher Verbauungszeitstände

In Abb. 74 sind für zwei unterschiedliche Zeitstände (a und b) die jeweilige $MNN_i$ und ihre Herleitung ausgewiesen. Die neuen, den Stand a ergänzenden Verbauungen in b führen zu

einer Verkleinerung der $MNN_i$. Angemerkt sei, dass die Bestimmung von $Dmin_{ij}$ nicht reziprok ist. Dies kann als höhere Kontinuität als in a interpretiert werden. Der Wertebereich (Abb. 75) von $MNN_i$ liegt zwischen 0 und unendlich (faktisch jedoch begrenzt durch die Größe des Raumbezuges). Kleine Werte sind als eher kontinuierlich, große als weniger kontinuierlich zu deuten.

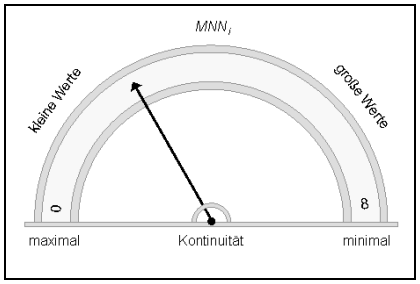



Abb. 75: Wertebereich und Interpretationsansatz zur „Mean Nearest Neighbor Distance“ ($MNN_i$)

Der Nearest Neighbor Index ($NNI_i$) ermöglicht auch eine Interpretation, indem die gemessene MNN mit einer zufälligen Verteilung verglichen wird (Mitchell 2005, Hebeler 2002). In Abb. 76 werden die - aus Abb. 74 bekannten - gemessenen $MNN_i$ der jeweiligen erwarteten mittleren Distanz ($MNNrandom_i$) gegenübergestellt. Das gebildete Verhältnis - der $NNI_i$ - liefert somit ein Maß zum einen für die Konzentration von Verteilungen und zum anderen für die Kontinuität im Vergleich zu den erwarteten Distanzen.

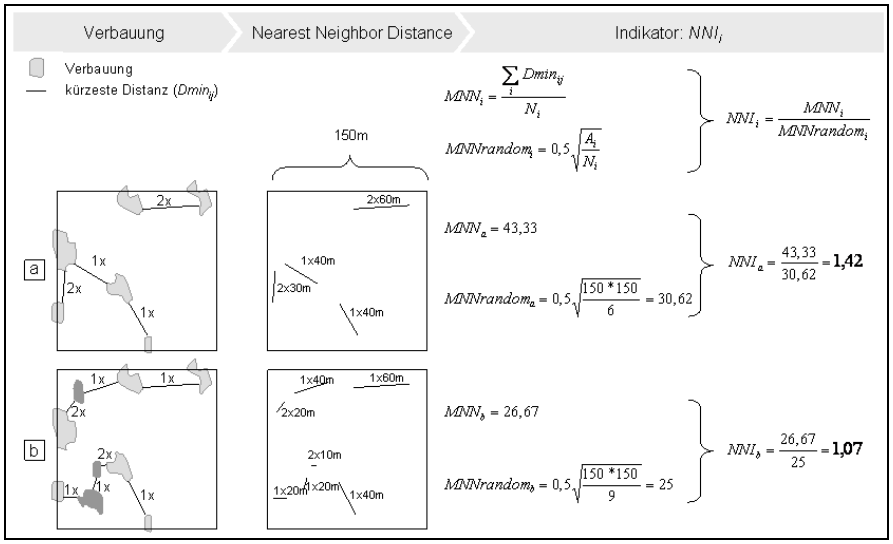



Abb. 76: Ableitung des „Nearest Neighbor Index“ ($NNI$) zweier unterschiedlicher Verbauungszeitstände

$NNI_i$ kann Werte zwischen 0 und 2,15 (2,14951) annehmen. Oft (Wellie et al. 1999, Hebeler 2002) wird eine dreigestufte Deutung bezüglich der Konzentration vollzogen:

| | |
|---|---|
| 0 < NNI < 1 | konzentriert |
| NNI = 1 | zufällig |
| 1 < NNI < 2,15 | regelmäßig |

Im Kontext von Kontinuität - wie im Kap 6.3.2. erläutert - könnte eine Interpretation so erfolgen, dass hohen Werten (1 < 2,15) eine geringere Kontinuität beigemessen wird, kleine $NNI_i$ - Werte (0 < 1) hingegen als kontinuierlicher betrachtet werden können (vgl. Abb. 77). Zur Überprüfung auf Signifikanz der Ergebnisse muss dem $NNI_i$ ein entsprechendes

Verfahren hintangestellt werden (siehe hierzu Mitchell 2005, Dumfarth 2000), worauf in diesem Rahmen nicht näher eingegangen wird.

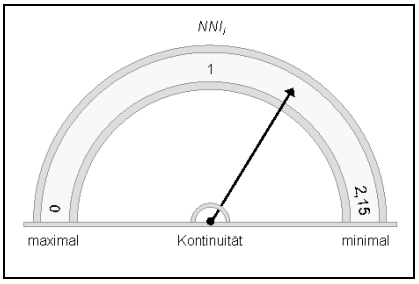



Abb. 77: Wertebereich und mögliche Deutung des „Nearest Neighbor Index“ ($NNI_i$)

Wie in anderen Kapiteln zur Dimension „Kontinuität“ erwähnt, hat die Größe und hier vor allem die Form des Raumbezuges prinzipiell erheblichen Einfluss auf die Berechnung von kürzesten Distanzen. Dies kann einigermaßen entschärft werden, indem bei der Erstellung von minimalen Abständen diejenigen Verbauungen, zu denen diese Distanz gemessen wird, keine Zuordnung zu den einzelnen Raumbezügen erfahren.

#### 7.4.2.4. Messung von „Kontinuität“ über die Dichte

Ob eine Siedlungsstruktur räumlich kontinuierlich entwickelt ist, spiegelt sich auch in dem einfachen Maß der Dichte wieder (Galster et al. 2001). Betrachtet man Raumeinheiten mit Merkmalen wie Anzahl der Gebäude, so erfordert es eine gewisse Mindestanzahl an Merkmalen um Kontinuität zu erreichen. Es wird davon ausgegangen, dass in Raumeinheiten, die viele Merkmale wie Gebäude, Einwohner und Beschäftigte umfassen, diese räumlich näher beieinander liegen müssen und deshalb kontinuierlicher verbaut sind als in geringer belegten Raumeinheiten. Galster (2001) drückt diese Überlegung in einem Maß aus, das von einigermaßen vollständig entwickelten Raumeinheiten - definiert über die Dichte von Gebäuden und Beschäftigten - ausgeht und deren Anteil an allen Raumeinheiten eines übergeordneten Raumbezuges berechnet. Dadurch werden weniger die Verbauung per se - mit ihrem räumlichen Ausmaß - als vielmehr strukturelle Eigenschaften der Siedlung bezüglich „Kontinuität“ betrachtet.

$$REdev_rel_i = \frac{N_REdev_i}{RE_i} * 100$$

*$REdev_rel_i$* _____ Anteil der Raumeinheiten *$REdev_rel_i$* im i-ten Raumbezug an allen Raumeinheiten im i-ten Raumbezug

*$N_REdev_i$* _____ Anzahl der „entwickelten“ Raumeinheiten (> 10 Gebäude oder > 50 Beschäftigte) im i-ten Raumbezug

*$N_RE_i$* _____ Gesamtzahl der Raumeinheiten im i-ten Raumbezug

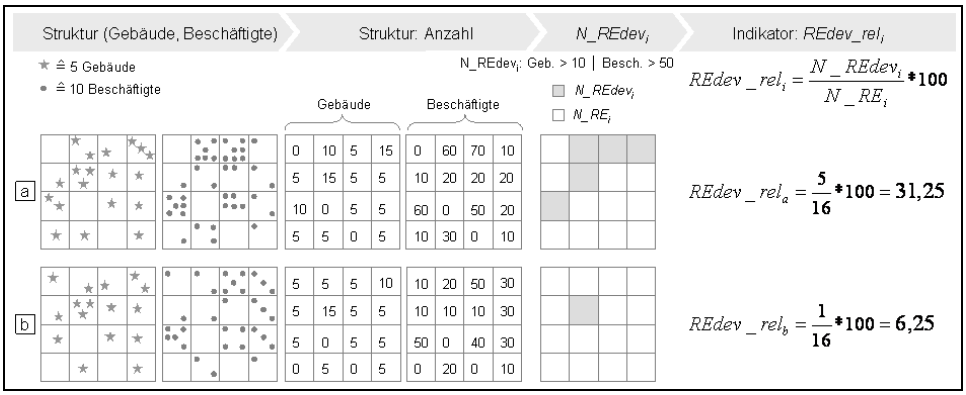



Abb. 78: Ableitung des Kontinuitätsmaßes *REdev_rel$_i$* nach Galster (2001) für zwei unterschiedliche Kontinuitätsszenarien

In Abb. 78 wird ein mehr (a) und ein weniger (b) räumlich kontinuierliches Szenario nach *REdev_rel$_i$* bewertet. Die Bedingung zur Ausweisung einer Raumeinheit als einigermaßen entwickelt - Beinhaltung von mehr als 10 Gebäuden oder mehr als 50 Beschäftigten - wird in a von 5, in b von nur einer Raumeinheit erfüllt. Entsprechend gestalten sich auch die Ergebniswerte. Die Spezifikation einer solchen Bedingung mit ihrer sehr scharfen Grenze muss in der Fachdomäne vollzogen werden und beeinflusst das Ergebnis - neben den übrigen Biasses wie Größe der Raumeinheit oder des Untersuchungsgebietes - maßgeblich. Methodisch eng verwandt mit den Maßzahlen aus 7.4.1.2 könnten Modifikationen durch bspw. die Verwendung nur belegter Raumeinheiten als Divisor oder Variationen im Dividenden durch andere statistische Fallzahlen getätigt werden.

Der Wertebereich von *REdev_rel$_i$* liegt zwischen 0 und 100 Prozent (vgl. Abb. 79). Hohe Werte sprechen aufgrund der höheren Merkmalsdichte für ein eher kontinuierliches Arrangement der Verbauung und weniger Lücken, wohingegen niedrige Werte als weniger kontinuierlich angesehen werden können.

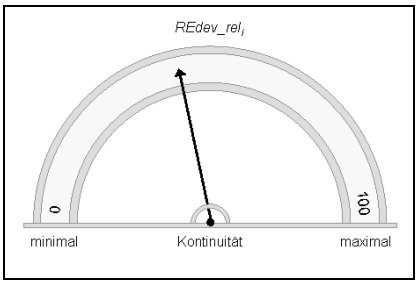



Abb. 79: Wertebereich von *REdev_rel$_i$* mit entsprechender Interpretationsmöglichkeit

### 7.4.2.5. Anteil der „Verbauungen in isolierter Lage“

Der Indikator „Standortstruktur der Siedlungsentwicklung“ (Kap. 7.4.2.2) betrachtet die Entwicklung von Verbauungen bezüglich ihrer räumlichen Kontinuität. In ähnlicher Weise lässt sich auch der Bestand an Verbauungen auf Lücken bzw. Auslassung von Flächen hin überprüfen.

Beispielsweise könnte ein Indikator, der den „Anteil der Wohngebäude im Grünen“ - operationalisiert über die Distanz zur nächsten Verbauung - Aufschluss über den oben genannten Umstand liefern. Aus den vorliegenden Daten (geographische Raster mit Daten der Gebäude- und Wohnungszählung und Verbauungskartierung) lässt sich jedoch nur schwer abschätzen, welche verbauten Flächen tatsächlich Wohngebäude sind bzw. ob

deren isolierte Lage gerechtfertigt oder historisch bedingt ist. Aus diesen Praktikabilitäts- und Transparenzgründen wird in einem ersten Schritt der „Anteil von Verbauungen in isolierter Lage“ betrachtet. Naturgemäß kann prinzipiell jede Fläche als isoliert von den übrigen Verbauungen gesehen werden. Dies erfordert eine Einschränkung derjenigen Flächen, die beurteilt werden, über eine gewisse Mindestgröße ihrer Fläche. Diese Überlegung entspricht der oft gängigen Auffassung, dass gerade kleine schlecht infrastrukturell erschlossene und erschließbare Siedlungstätigkeiten als eher kritisch bewertet werden (vgl. Meinel et al. 2000, Steinnocher, Knötig und Köstl 2004).

Prototypisch werden in diesem Rahmen zwei einfache Maßzahlen - $iso1_i$ und $iso2_i$ - umgesetzt (inspiriert durch Hanson und Freihage 2001 und Steinnocher, Knötig und Köstl 2004). Erstere ($iso1_i$) stellt die Anzahl der verbauten Flächen, die zwischen 50 und 1000 m² Fläche aufweisen und außerhalb eines Buffer-Bereiches (bspw. 100 Meter) größerer Flächen (>= 1000 m²) liegen, dar. Das Maß $iso2_i$ berechnet den Flächenanteil dieser isolierten Verbauungen an der Fläche aller Verbauungen im i-ten Raumbezug.

$$iso1_i = N_{iso_i}$$

$iso1_i$ _ _ _ Anzahl der isolierten Verbauungen (Kontinuitätsmaß „*iso1*“) im i-ten Raumbezug

$N_{isoi}$ _ _ _ Anzahl der Verbauungen zwischen 50 und 1000 m² außerhalb eines 100 m Buffers um Flächen größer gleich 1000 m²

$$iso2_i = \frac{\sum A_{iso_i}}{A_i} * 100$$

$iso2_i$ _ _ _ Anteil der Fläche der isolierten Verbauungen an der Fläche aller Verbauungen (Kontinuitätsmaß „*iso2*“) im i-ten Raumbezug

$A_{isoi}$ _ _ _ Fläche der Verbauungen zwischen 50 und 1000 m² außerhalb eines 100 m Buffers um Flächen größer gleich 1000 m²

$A_i$ _ _ _ _ Fläche aller Verbauungen im i-ten Raumbezug

In Abb. 80 sind drei Szenarien von Siedlungsstruktur exemplarisch dargestellt und die beiden Maßzahlen $iso1_i$ und $iso2_i$ prototypisch umgesetzt. Abb. 80a und Abb. 80c weisen je 5, Abb. 80b weist 3 Verbauungen auf, die die oben beschriebene Spezifikation von isolierten Verbauungen zwischen 50 und 1000 m² Fläche erfüllen. Dies wird durch das Maß $iso1_i$ ausgedrückt. Flächenanteilsmäßig (*iso2i*) erhält Abb. 80c jedoch einen höheren Wert, da in diesem Raumbezug den kleinen isolierten Flächen weniger große Flächen gegenüberstehen als in Abb. 80b.

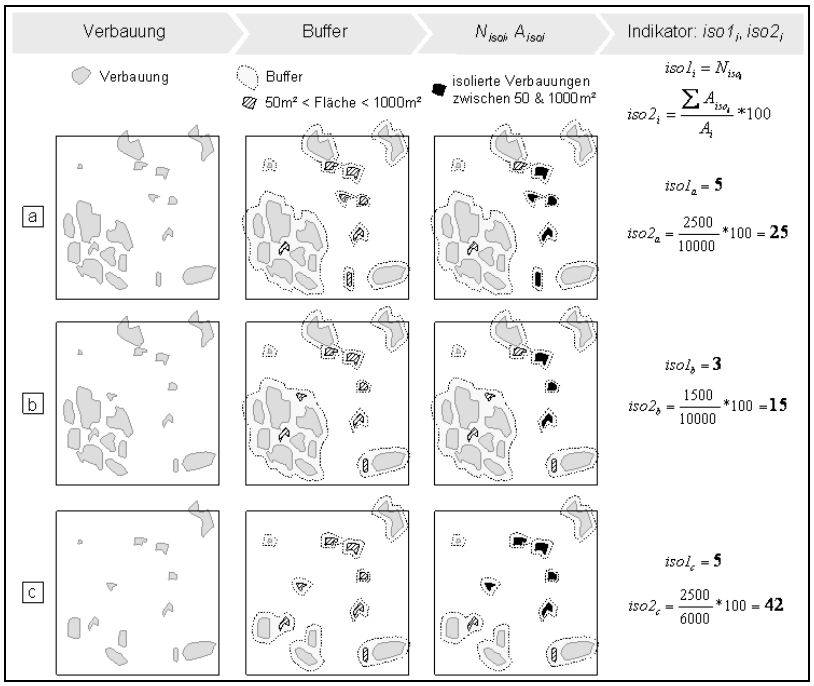



Abb. 80: Ansätze zur Entwicklung eines Kontinuitätsmaßes (*iso1*$_i$ und *iso2*$_i$) für drei verschiedene Kontinuitätsszenarien

Der mögliche Wertebereich (vgl. Abb. 81) von *iso1*$_i$ liegt demzufolge zwischen 0 und unendlich (jedoch begrenzt durch die Größe des Untersuchungsgebietes und der Spezifikation einer Verbauung „*iso*$_i$“). Kleine Werte (geringe Anzahl an „*iso*$_i$“ - Verbauungen) sprechen für eine hohe Kontinuität der Verbauung, wohingegen große Werte ein Indiz dagegen darstellen. Die Werte des Indikators *iso2*$_i$ (vgl. Abb. 82) können zwischen 0 und 100 Prozent liegen. Hohe Werte dieser Flächenanteile kennzeichnen ein geringeres Maß an Kontinuität der Verbauung und umgekehrt.

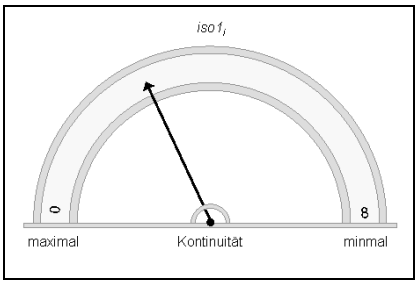



Abb. 81: Wertebereich von *iso1*$_i$ und Deutung bezüglich einer kontinuierlichen Verbauung

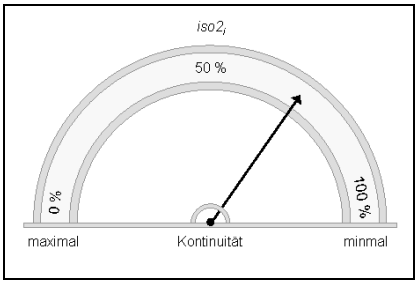



Abb. 82: Wertebereich von *iso2*$_i$ mit möglicher Interpretation

Wie bei anderen Kontinuitätsmaßen auch kommt der Anökumene eine bedeutende Rolle zu, da solche nicht besiedelbaren Räume die Maßzahlen erheblich beeinflussen. Eine

Möglichkeit zu deren Einbezug könnte das Zusammenwachsenlassen von Siedlungsflächen mit diesen restriktiven Flächen in der Phase der Datenvorbereitung sein. Diese Regionalisierung kann bspw. über das Verfahren Dilatation - Erosion erfolgen, was im Grunde einem positiven, expandierenden Buffer und einem darauf folgenden reduzierenden Buffer derselben Distanz entspricht (siehe und vgl. hierzu Kap. 7.4.3.1.) Neben definitorischen Schwierigkeiten stellt vor allem die Schwellwertbildung (Größe der Flächen, Toleranzbereich) Anforderungen an die praktische Anwendung.

### 7.4.3. Indikatoren zur Dimension „Kompaktheit“

Für die Dimension „Kompaktheit“ werden in den anschließenden Ausführungen einfache und etablierte Maßzahlen erarbeitet. Daneben wird im Kap. 7.4.3.1 die für die indikatorenbasierte Abbildung von „Kompaktheit“ notwendige Prozedur der Generalisierung einer Verbauungskartierung, wie sie in der vorliegenden Arbeit Verwendung findet, dargestellt. Vor allem aus dem Bereich der quantitativen Landschaftsstrukturanalyse werden dem Interessenten Möglichkeiten zur Dimension „Kompaktheit“ geboten. Neben den beiden nachfolgend vorgestellten Verfahren nennt die Literatur auch Möglichkeiten der Analyse der Kompaktheit über bspw. die „fraktale Dimension“, das Verhältnis der Ellipsenachsen der Siedlungskörper oder einen - mit folgenden Konzepten enger verwandten - „jaggedness degree“ auf (Torrens und Alberti 2000, Thinh 2003, Frenkel und Ashkenazi 2005, Lang et al. 2002, Meinel, Winkler und Lavalle 2001, Knaap et al. 2005).

#### 7.4.3.1. Aufbereitung / Generalisierung der Verbauungskartierung

Eine sinnvolle Beschreibung der Formen von Siedlungsflächen erfordert bei einer Datengrundlage, wie sie für die vorliegende Arbeit gegeben ist, eine vorherige Generalisierung der Verbauungen zu Siedlungskörpern. Abb. 83 zeigt einen Ausschnitt dieser Grundlage in Unterlagerung eines Orthophotos. Dabei lässt sich erkennen, dass bei der Digitalisierung in der Regel Gebäude und das dazugehörige Grundstück - meist Garten - erfasst wurden (siehe 5.3.2). Der Begriff „Siedlungsköper“ kann als Häuser oder Gebäude einschließlich der daran angrenzenden, eindeutig den Gebäuden zuordenbaren Flächen, bei einer Gesamtfläche von mehr als einem Hektar verstanden werden (Grillmayer et al. 2000). Straßen, Wege etc. sind in der Verbauungskartierung nicht enthalten, gehören aber funktional zum Siedlungskörper. Um nicht die einzelnen Grundstücke einer Formbeschreibung zu unterziehen, müssen aus der Verbauungskartierung homogene, zusammengehörige Siedlungskörper durch ein Zusammenwachsen mit einem gewissen Mindestabstand erstellt werden. Dieses Zusammenfassen ist teilweise in der Digitalisierung bereits erfolgt, wird jedoch noch einer weiteren Generalisierung unterzogen.

Abb. 83: Auszug aus der Verbauungskartierung in Gegenüberstellung mit einem Orthophoto

Die Vereinfachung der Form kann auf unterschiedliche Weise und mit unterschiedlichen Regeln vollzogen werden. Gemeinsam ist den meisten Ansätzen der Einbezug von Distanz zum „Zusammenwachsenlassen“ der einzelnen Flächen.

Jooß (o. D. und 2006) stellt beispielsweise zum Zweck der Abbildung und Erzeugung potenzieller Verbundräume von Biotopen, ein Verfahren vor, welches alle Habitate, die näher als eine gewählte Distanz zueinander liegen, mit dem kleinstmöglichen Umrisspolygon einfasst. Für das gegenständliche Ziel wurde jedoch eine einfacher nachvollziehbare und mit GIS-Standardfunktionalitäten umsetzbare Methode gewählt. Diese basiert auf den aus der Bildbearbeitung bekannten Verfahren der Dilatation und nachfolgender Erosion und wurde bspw. von Syrbe (2004) als Schließungsoperation zur Identifikation von Verbindungsarealen in der Biotopverbundplanung auf Rasterdaten angewendet bzw. vorgestellt. Die Umsetzung dieser Erweiterung (Dilatation) wird mit einem einfachen Buffer nach außen hin erreicht. Die Bufferdistanz entspricht dabei der Hälfte des gewählten Distanzschwellwertes, bis zu dem Verbauungsflächen zu Siedlungskörpern geschlossen werden sollen. Um den durch diese Operation stark vergrößerten Flächeninhalt (neben anderen veränderten Eigenschaften) wieder zurückzusetzen, wird mit dem Verfahren der Erosion (Buffer, der sich mit derselben Distanz nach innen richtet) die entsprechende Reduktion durchgeführt. Abb. 84 zeigt einen Ausschnitt der Verbauungskartierung, auf den das Verfahren „Dilatation - Erosion“ mit 30 m Distanzschwellwert Anwendung fand. Zwischen den einzelnen Buffer-Verfahren muss ein Zusammenfassen der direkt angrenzenden bzw. sich überlagernden Flächen über ein „dissolve“ durchgeführt werden. Als Ergebnis erhält man einen Siedlungskörper (vgl. auch Abb. 85), der sich für die weitere Prozessierung und Analyse bezüglich Kompaktheit besser eignet als die nicht aufbereitete Datenbasis „Verbauungskartierung“.

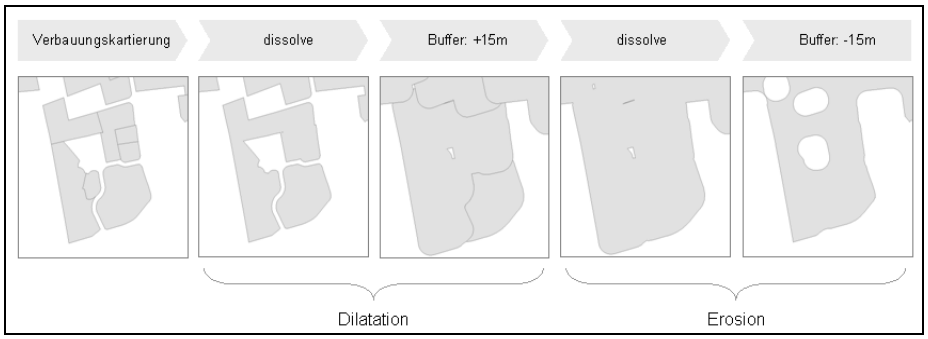



Abb. 84: Generalisierung der Verbauungskartierung mit dem Verfahren „Dilatation - Erosion“ für den Distanzschwellwert 30 Meter (15 Meter Bufferdistanz)

Die Verwendung von einfachen Buffern bietet den Vorteil, dass die Prozessierung transparent und leicht verständlich bleibt und es in beinahe jedem GIS umgesetzt werden kann (Syrbe 2004). Buffer haben jedoch die Eigenart, Ecken und Kanten zu runden und die Form nur näherungsweise wiederzugeben. Dies muss nicht zwingend als Nachteil für anstehende Analysen gesehen werden, da die wesentlichen Gestaltmerkmale unterstrichen und kleine Details oder bspw. Digitalisierungenauigkeiten ausgeglichen werden. Trotzdem sollten abgeleitete Ergebnisse immer unter Berücksichtigung der Art der Datenaufbereitung interpretiert werden.

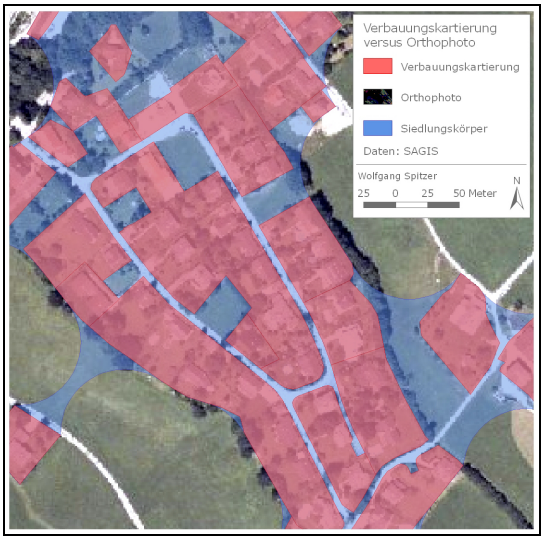



Abb. 85: Siedlungskörper - aus der Verbauungskartierung über das Verfahren „Dilatation - Erosion“ abgeleitet

Aus dieser Methode ergibt sich jedoch eine Schwierigkeit, die auf dem gewählten Distanzschwellwert gründet. So können aus einem generalisierten Siedlungskörper bei Berechnung eines formbeschreibenden Maßes - wie z. B. Mean Shape Index - höchst konträre Ergebnisse entstehen, wenn sich die gewählte Distanz für die Dilatation und Erosion ändert. Die folgende Abbildung (Abb. 86) zeigt, wie unterschiedliche Siedlungskörper je nach Dilatations-Erosions-Distanz resultieren können. Dabei können sowohl die Resultate ziemlich genau den Ausgangsdaten entsprechen (Abb. 86a), wenn eine kleine Distanz gewählt wurde. Bei größeren Buffern wachsen die einzelnen Flächen sukzessive entweder vollständig (Abb. 86b) zu einem sehr kompakten Siedlungskörper, oder auch nur teilweise zu einem sehr komplexen Siedlungskörper (Abb. 86c), der auch Löcher beinhalten kann, zusammen. Dementsprechend ergäbe ein Formmaß für die drei

betrachteten Räume sehr unterschiedliche Ergebnisse, die bei einer nachfolgenden Interpretation bezüglich bspw. Zersiedelung allesamt trotz gleicher Ausgangsdaten unterschiedlich gedeutet würden. Intuitiv und auch in Entsprechung eines Begriffsverständnisses (Grillmayer et al. 2000) wird man wohl eher zu größeren Distanzschwellwerten (im Bereich von etwa 100 m) greifen, da ansonsten kleine Details das Gesamtergebnis zu sehr beeinflussen können (vgl. hierzu auch Syrbe 2004).

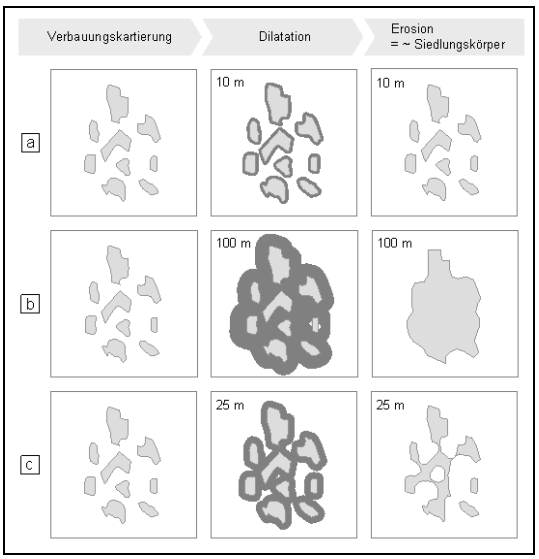



Abb. 86: Dilatation / Erosion mit verschiedenen Buffer-Distanzen und den daraus resultierenden Siedlungskörpern

#### 7.4.3.2. Mean Perimeter-Area-Ratio

Um die Form einer Fläche - bspw. eines Siedlungskörpers - quantitativ zu beschreiben, können recht einfache Maßzahlen Verwendung finden. Ein populäres Verfahren ist das Inbezugsetzen des Umfanges einer Form mit deren Fläche über eine Verhältnisbildung (McGarigal 2002). Das Ergebnis dieser Division ist ein transparentes Maß für die Komplexität einer Form, hat aber den Nachteil, dass keine Standardisierung erfolgt und wird damit von den absoluten, in die Berechnung einfließenden Zahlen beeinflusst (McGarigal 2002). Der Durchschnitt dieses Ergebnisses je Raumbezug kann stellvertretend als Maß der Komplexität der Formen in einem Raumbezug gedeutet werden. Diese Vorgehensweise kann formal wie folgt beschrieben werden.

$$PAR_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{P_{ij}}{A_{ij}}}{n_i}$$

$PAR_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ mittlere Perimeter-Area-Ratio der Siedlungskörper des i-ten Raumbezuges
$P_{ij}$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Umfang des j-ten Siedlungskörpers im i-ten Raumbezug
$A_{ij}$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Fläche des j-ten Siedlungskörpers im i-ten Raumbezug
$n_i$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Siedlungskörper im i-ten Raumbezug

Die folgende Abbildung thematisiert diesen Indikator $PAR_i$ bzw. das Konzept der Perimeter-Area-Ratio in verschiedenen Beispielen. Während den beiden Flächen (Siedlungskörper) in Abb. 87a der Komplexität ihrer Form entsprechend ihre Werte für die jeweilige Fläche ($P_j$ / $A_j$ in der Tabelle) bzw. für den Raumbezug ($PAR_i$) zugewiesen werden, erhalten die Flächen in Abb. 87b, die sich nicht in ihrer Form, jedoch in der Größe unterscheiden, höhere Werte.

Demzufolge können jedoch zwei unterschiedlich kompakte Flächen bei entsprechenden Eingangswerten denselben Indikatorwert erhalten (vgl. hierzu Abb. 87d) Zwei Extrema werden zusätzlich Abb. 87c mit den entsprechenden Indikatorergebnissen gezeigt, wobei A eine sehr komplexe und somit wenig kompakte Form einnimmt, im Gegensatz dazu aber B die Idealform (meist als kompakteste aller möglichen Flächen angesehen) repräsentiert.

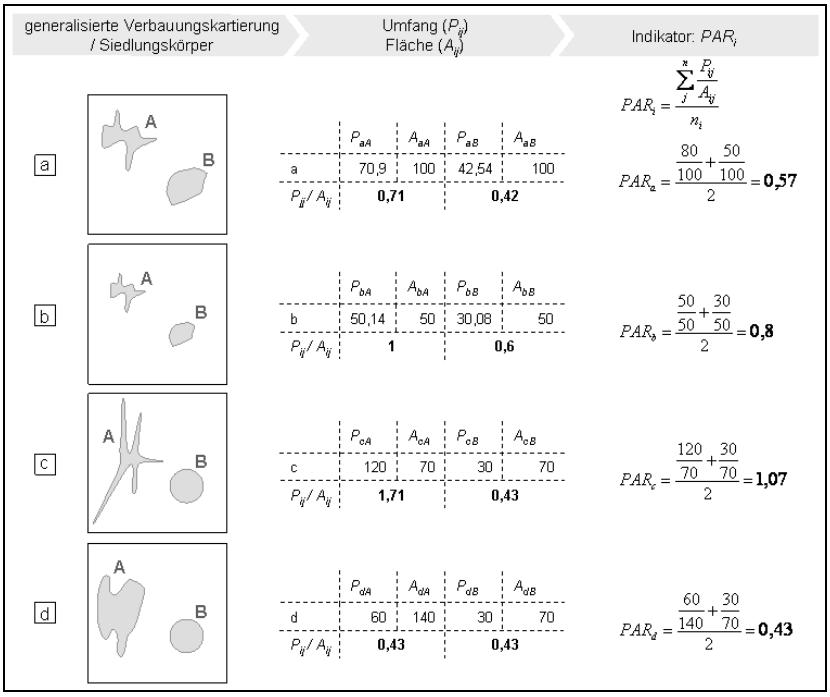



Abb. 87: Perimeter-Area-Ratio ($P_{ij}$ / $A_{ij}$) und $PAR_i$ für unterschiedliche Szenarien

Wie aus der Abb. 88 ersichtlich, sprechen hohe Werte der Perimeter-Area-Ratio bzw. des Indikators $PAR_i$ für eine komplexe, weniger kompakte Form. Niedrige Werte hingegen indizieren einen kompakten, im Idealfall kreisförmigen Siedlungskörper. Die möglichen Werte liegen daher zwischen 0 und unendlich (Abb. 88). Diese sind jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen miteinander vergleichbar. Bei gleichen Flächeninhalten oder auch gleichen Umfängen ist der wechselseitige Vergleich des Indikatorergebnisses möglich. Fließen allerdings unterschiedliche absolute Zahlen in die Berechnung ein, so erweist sich die Interpretation im Vergleich als nur bedingt möglich (vgl. hierzu McGarigal 2002 und Abb. 87d). Der Indikator $PAR_i$ gibt nun den Mittelwert dieses schwierig zu vergleichenden Umfang-Flächen-Verhältnisses wieder, was sich - wie in den obigen Ausführungen beschrieben - als nicht unproblematisch erweist. Zur methodischen Diskussion wird auf Kap. 7.4.3.3 verwiesen.

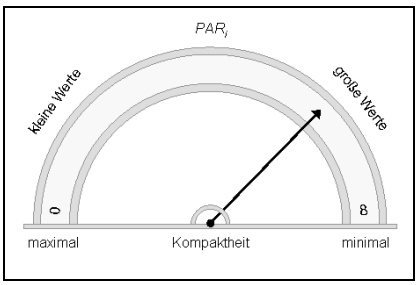



Abb. 88: mögliche Ausprägungen des Indikators $PAR_i$ resp. der Perimeter-Area-Ratio und deren Interpretation

Indikatorenblatt 7.4.3.2 (siehe Kap. 9) zeigt das Konzept $PAR_i$ im Untersuchungsgebiet für sechs Gemeinden umgesetzt. Als Berechnungsbasis (Karte 1) dienen dabei Siedlungskörper, die über das Verfahren Dilatation / Erosion mit 100 einem Schwellwert von 100m bzw. 50m Buffer (siehe Kap. 7.4.3.1) aus der Verbauungskartierung (Stand 2002) erstellt wurden. Neben Erläuterungen zum Indikator ist dessen Ergebnis (Karte 2) und der tatsächliche Bereich der resultierenden Werte visualisiert.

#### 7.4.3.3. Mean Shape Index

Ähnlich der oben (Kap. 7.4.3.2) vorgestellten Perimeter-Area-Ratio ist das Maß „Shape Index“ zur Formbeschreibung von Flächen bezüglich Kompaktheit oder Komplexität geeignet (McGarigal und Marks 1994). Es gelten hier keine Einschränkungen bezüglich der Einflüsse der absoluten Zahlen, da es sich um eine standardisierte Maßzahl handelt (McGarigal 2002). Diese Standardisierung und somit verbesserte Zweckmäßigkeit wird durch die Gegenüberstellung des Umfanges einer Fläche mit dem Umfang einer standardisierten Fläche (Kreis) erreicht (McGarigal und Marks 1994, McGarigal 2002, Walz und Berger 2004). Zum Zwecke der Quantifizierung von Zersiedelung wurde dieser Ansatz bspw. von Steinnocher et al. (2005) oder auch Frenkel und Ashkenazi (2005) angewandt. Zur Indikatorenbildung für einen übergeordneten Raumbezug wird das Mittel der Werte im entsprechenden Raumbezug, der Mean Shape Index „MSI“ nach McGarigal und Marks (1994) herangezogen.

$$MSI_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{P_{ij}}{2 * \sqrt{A_{ij} * \pi}}}{n_i}$$

$MSI_i$ ---------- Mean Shape Index des i-ten Raumbezuges (Mittelwert der Verhältnisse des Umfanges des Siedlungskörpers zum Umfang eines flächenmäßig gleich großen Kreises)
$P_{ij}$ ---------- Umfang des j-ten Siedlungskörpers im i-ten Raumbezug
$A_{ij}$ ---------- Fläche des j-ten Siedlungskörpers im i-ten Raumbezug
$n_i$ ---------- Anzahl der Siedlungskörper im i-ten Raumbezug

Der Term $2 * \sqrt{A_{ij} * \pi}$ drückt dabei den Umfang eines Kreises der Fläche $A_{ij}$ aus und basiert auf der Umformung und Kombination der Formeln für die Fläche und den Umfang eines Kreises.

Abb. 89 zeigt die Umsetzung des Mean Shape Index für vier Beispiele, die sich der Vergleichbarkeit wegen mit denen der Perimeter-Area-Ratio (Abb. 87) decken. Während $PAR_i$ den Umfang mit der Fläche in Bezug setzt, wird bei $MSI_i$ der Umfang mit dem eines Kreises gleicher Fläche verglichen. Dies entspricht einer Standardisierung und bedeutet, dass sich die Werte vergleichen lassen. In a und b werden für dieselben Formen mit derselben Komplexität aber unterschiedlicher Größe die jeweiligen Shape Indizes berechnet. Trotz der unterschiedlichen, absoluten Einflusszahlen erhalten die Formen denselben Indikatorwert. Ein Wert von bspw. 2 des Shape Index bedeutet schlicht, dass der gemessene Umfang der Form doppelt so lang ist als der minimal notwendige Umfang für die jeweilige Fläche. Abb. 89c zeigt zwei Extrema mit ihren Werten und Abb. 89d illustriert im Vergleich zur $PAR_i$, dass unterschiedliche Formkomplexitäten nicht denselben Wert erhalten können.

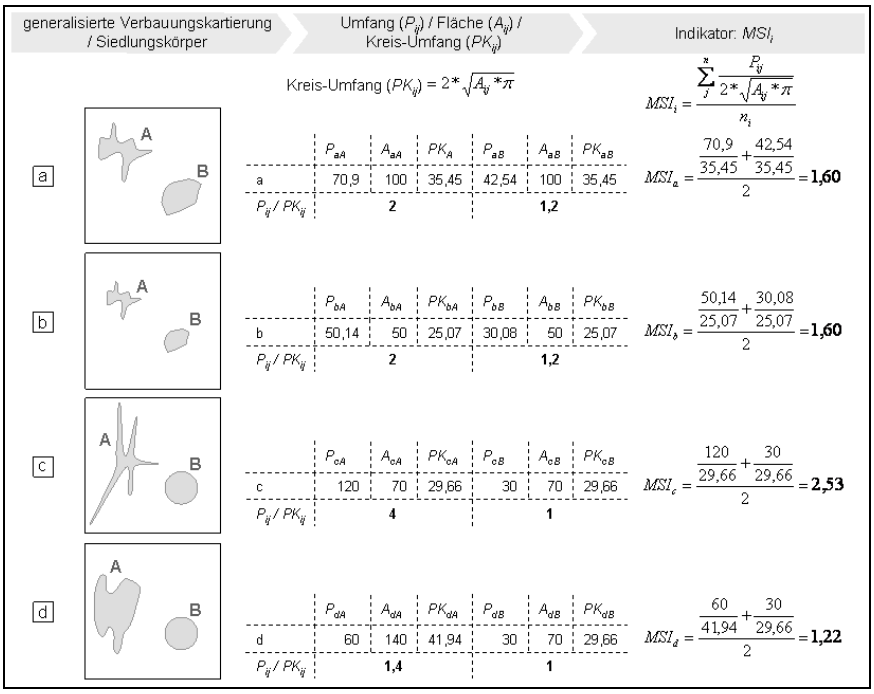



Abb. 89: vier Beispielsszenen & Umsetzung des Konzeptes des Mean Shape Index $MSI_i$

Die Werte des (Mean) Shape Index liegen im Bereich von 1 (als die kompakteste aller möglichen Formen) bis unendlich (siehe Abb. 90). Große Werte kennzeichnen komplexere und weniger kompakte Formen der Siedlungskörper.

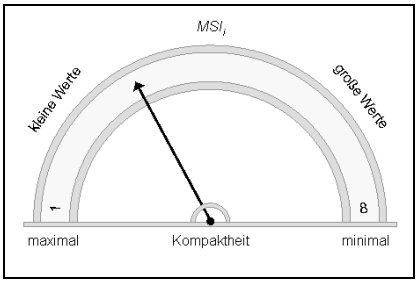



Abb. 90: Wertebereich des Shape Index bzw. des Mean Shape Index ($MSI_i$) und Interpretation bezüglich der gegenständlichen Zersiedelungs-Dimension

Aufgrund seiner Standardisierung verhalten sich die einzelnen Ergebnisse des Shape Index ($MSI_i$) größeninvariant, d. h. die Ergebnisse errechnen sich unabhängig von den absoluten Zahlen (vgl. Abb. 89a und b). Dies erlaubt deren Durchschnittsbildung für einen Raumbezug und den Vergleich besser als dies der Ansatz $PAR_i$ (Kap. 7.4.3.2) vermag.

Indikatorenblatt 7.4.3.3a (Kap. 9) zeigt die Anwendung des $MSI_i$ für die sechs Untersuchungsgemeinden. Neben den Eingangsdaten der Siedlungskörper (Schwellwert 100 Meter) werden die gemeindebezogenen Ergebnisse in Karte 2 dargestellt. Daneben werden Erläuterungen zur Berechnungsmethode sowie zur Wertestreuung angegeben. Aus Sicht der Zersiedelungsproblematik sind jedoch größere wenig kompakte Flächen als kritischer einzuschätzen, was somit keine Berücksichtigung erfährt. In einem ersten Ansatz zur Modifikation können nur Siedlungskörper mit einer Fläche von mehr als einem Hektar gemäß deren Verständnis (Grillmayer et al. 2000) in die Berechnung von $MSI_i$ einbezogen werden. Diese Umsetzung wird in Indikatorenblatt 7.4.3.3b (Kap. 9) als $MSI{>}1ha_i$ veranschaulicht. Zudem schränkt der nicht besiedelbare Raum die Möglichkeit einer kompakten

Siedlungsform ein. Zum Einbezug dieser Umstände und als weitere Modifikationsmöglichkeiten sei in diesem Rahmen die Gegenüberstellung des $MSI_i$ der Siedlungskörper und des $MSI_i$ des Dauersiedlungsraumes, bzw. eine etwaige Gewichtung über die Flächengröße der betrachteten Siedlungskörper nur angedacht. Auf die Einflüsse der Methode der Erstellung eines Siedlungskörpers wurde bereits in Kap. 7.4.3.1 hingewiesen.

### 7.4.4. Indikatoren zur Dimension „bandartige Verbauung“

Das Entstehen durchgängiger Siedlungsbänder wurde in Kap. 6.3.4 als Dimension „bandartige Verbauung“ aus dem gängigen Begriffsverständnis von Zersiedelung abgeleitet. Für dieses Zusammenwachsen bestehender, vorher unzusammenhängender Siedlungen in streifenartiger Form entlang der Hauptverbindungsstraßen haben sich weder ein eindeutiger Begriff, noch ein großes Sortiment an Messverfahren etabliert. Nachfolgend wird ein einfaches Maß als Einstieg vorgestellt, dessen Weiterentwicklung über die Detektion der Verbindungsstraßen und deren angrenzender Verbauungen außerhalb des Siedlungsbestandes ein adäquates Betrachtungsobjekt für diese Dimension ergeben könnte.

#### 7.4.4.1. Highway-Strip Index

In Anlehnung an Hasse (2002) wird an dieser Stelle ein leicht abzuleitendes und somit transparentes Maß für die Dimension „bandartige Verbauung“ vorgestellt und angewandt. Es berechnet den Flächenanteil der Verbauungen im Nahbereich (25 Meter) höherrangiger Straßen, die außerhalb von 25 Metern zu Gemeindestraßen - dem untergeordneten Netz - liegen, an der Gesamtfläche der Verbauungen je übergeordnetem Raumbezug. Durch diese distanzabhängige Selektion werden diejenigen Verbauungsflächenanteile, die in einem ausschließlichen Erschließungsbereich von übergeordneten Straßen liegen, zum Betrachtungsgegenstand der Maßzahl. Diese Überlegung kann formal dergestalt angeschrieben werden:

$$Highway_Strip_Index_i = \frac{A_vb_ueber_i}{A_vb_i} * 100$$

*Highway_Strip_Index$_i$* ___ Anteil der Flächen der Verbauungen innerhalb 25 Meter des übergeordneten Straßennetzes und außerhalb 25 Meter des Gemeindestraßennetzes an der Gesamtfläche der Verbauungen im i-ten Raumbezug in Prozent

*A_vb_ueber$_i$* _____ Fläche der Verbauungen innerhalb 25 Meter des übergeordneten Straßennetzes und außerhalb 25 Meter des Gemeindestraßennetzes im i-ten Raumbezug

*A_vb$_i$* _____ Gesamtfläche der Verbauungen im i-ten Raumbezug

Abb. 91 zeigt diese prototypische Maßzahl *Highway-Strip-Index$_i$* in ihrer Verhaltensweise bezüglich der einfließenden Größen. Abb. 91a weist bei großer Gesamtfläche an Verbauungen zehn Prozent dieser innerhalb von 25 Metern zum übergeordneten Straßennetz aber außerhalb derselben Distanz zum Gemeindestraßennetz auf. Dagegen sind bei gleicher Gesamtfläche in Abb. 91b nur vier Prozent dieser Verbauungen als Highway-Strip-Verbauung (gemäß obigem Begriffsverständnis) einzustufen. In Abb. 91c fallen dieselben Verbauungen wie in a dem gegenständlichen Verbauungstyp zu. Die gegenüber a verminderte Gesamtfläche erhöht das Indikatorresultat jedoch auf 17 %.

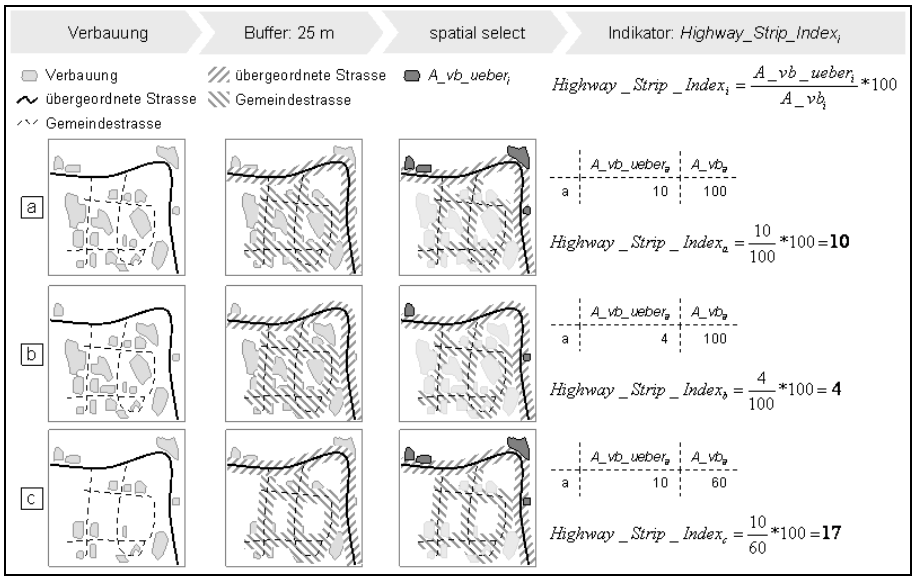



Abb. 91: Anwendung des Indikator-Prototyps *Highway-Strip-Index$_i$* auf drei Szenarien

Der Wertebereich liegt zwischen Null und 100 (vgl. Abb. 92), wobei große Anteile in der Dimension „bandartige Verbauung“ als kritisch zu beurteilen sind. Umgekehrt sind kleine Indikatorenwerte - weniger Verbauungen finden sich im ausschließlichen Erschließungsbereich von übergeordneten Straßen - einzuschätzen. Die Berechnung ergibt bei Fehlen übergeordneter Straßen naturgemäß den Wert Null.

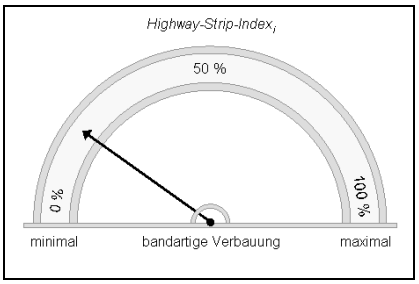



Abb. 92: mögliche Resultate des *Highway-Strip-Index$_i$* und deren Bewertung bezüglich der vorliegenden Zersiedelungsdimension

Die Einfachheit der Berechnung des Indikators darf nicht über seine kritischen Eigenschaften hinwegtäuschen. Einerseits widerspricht die Bewertung einer anderen Dimension (z. B. Kap. 7.3.3, siehe auch Kap. 6.3.4), da Verbauungen in der Nähe vorhandener Infrastruktur auch positiv bewertbar sind. Auf der anderen Seite liefert die vorliegende Datenlage wenig konkrete Information über die innere Erschließungsfunktion einer Straße. So kann bspw. auch eine übergeordnete Straße (Bundesstraße) diese Funktion ausüben, da diese Bezeichnungen (Gemeindestraße, Landesstraße usw.) lediglich Auskunft über den Erhalter der Straße geben. Darüber hinaus wirkt sich die Verwendung von Distanzschwellwerten immer stark das Ergebnis beeinflussend aus (vgl. Kap. 7.1). Modifikationen könnten etwa über die Betrachtung von nur neuen Verbauungen erfolgen (Hasse 2002). Zudem wäre ein Ansatz, wie im Einleitungskapitel 7.4.4 angedacht (Ableitung tatsächlicher Verbindungsstraßen), überlegenswert.

Prototypisch umgesetzt findet sich der Indikator *Highway-Strip-Index$_i$* in Indikatorenblatt 7.4.4.1 (Kap. 9). Neben den kartographischen Visualisierungen der Eingangsdaten und Ergebnisse finden sich Erläuterungen zur Berechnungsweise, Interpretation und zur

tatsächlichen Wertestreuung der Resultate. Dabei erweist sich die Bestimmung von Verbindungsstraßen über die verwendeten Hierarchien als unzureichend. So korreliert das Ergebnis sehr stark mit der Länge der übergeordneten Straßen. Aus diesen Gründen kann *Highway-Strip-Index*$_i$ nur ein vorläufiger Denkansatz zur Weiterentwicklung sein und nur unter Beachtung dieser kritischen Aspekte Anwendung finden.

### 7.4.5. Indikatoren zur Dimension „Nuklearität“

Messkonzepte zur Dimension „Nuklearität“ versuchen das Fehlen, Vorhandensein oder die Anzahl von Zentren oder Kernen von Siedlungsaktivitäten zu indizieren. Was diesen Siedlungsaktivitäten konkret zuordenbar ist, bleibt der jeweiligen Fragestellung vorbehalten. Die folgenden zwei Ansätze versuchen auf Basis kleinräumiger Zensusdaten, einfach ableitbare Methoden zur Identifizierung von Kernen innerhalb einer Siedlungsstruktur und somit zur Operationalisierung dieser Dimension zu illustrieren.

#### 7.4.5.1. Anzahl der Siedlungs- und Beschäftigungszentren

Die Operationalisierung der Dimension „Nuklearität“ - wie viele Kerne oder Zentren menschlicher Siedlungsaktivitäten weist eine Siedlungsstruktur auf - wird im Folgenden in Anlehnung an Galster et al. (2001) und Hanson und Freihage (2001) vorgegangen. Nach diesen kann „Nuklearität“ als die Anzahl der dichtesten (bezüglich der Einwohner und Beschäftigten), räumlich separierten Raumeinheiten innerhalb eines Raumbezuges verstanden werden. Für den vorliegenden Zweck kommt - diesen Gedanken aufgreifend - folgende Berechnungsvariante zur Umsetzung:

$$nuklei_i = N_{nukleus_{ij}}$$

*nuklei*$_i$ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Siedlungs- und Beschäftigungszentren

$N_{nukleusi}$ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der räumlich separierten Raumeinheiten-Komplexe (=Kerne, Zentren) im i-ten Raumbezug, deren Einwohner- und Beschäftigtendichte größer ist als der Mittelwert plus 3 Standardabweichungen der Einwohner- und Beschäftigtendichte (nur belegte Raumeinheiten) im i-ten Raumbezug

In der folgenden Visualisierung (Abb. 93) ist die Umsetzung dieser einfachen prototypischen Vorgangsweise *nuklei*$_i$ anhand dreier Beispiele schematisch illustriert. Abb. 93a weist keine Raumeinheiten auf, die die Bedingung, den Raumbezugsmittelwert plus 3 Standardabweichungen der Dichte zu übertreffen, erfüllen. Im Gegensatz dazu ist in Abb. 93b mit zwei solchen Raumeinheiten eine polynukleare Siedlungsstruktur und in Abb. 93c dadurch, dass diese beiden räumlich nicht disloziert sind, eine mononukleare Siedlungsstruktur auszumachen.

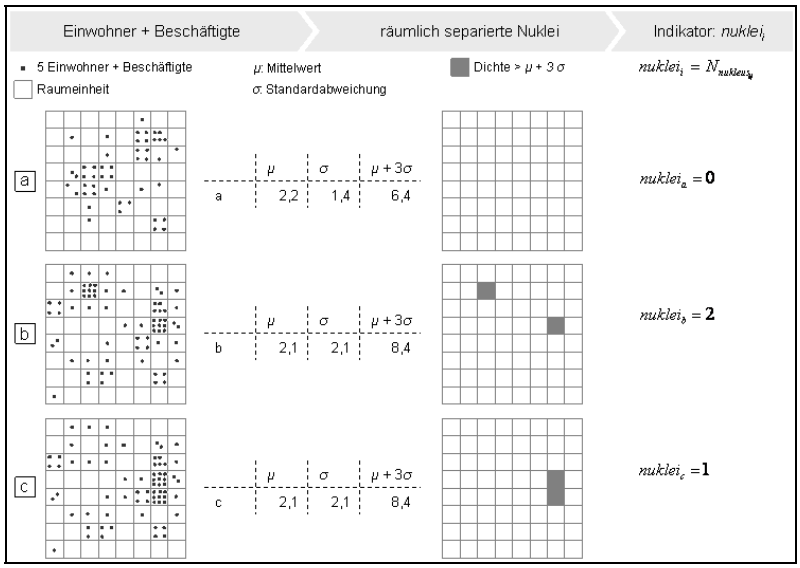



Abb. 93: Anwendung des Indikators *nuklei$_i$* auf drei exemplarische Szenarien

Der Wertebereich des Indikatorenansatzes *nuklei$_i$* liegt in der Theorie zwischen 0 und unendlich (Abb. 94). Die obere Schranke definiert sich jedoch aus der größtmöglichen Anzahl räumlich disloziert vorkommender Raumeinheiten im Raumbezug. Der Indikatorwert Null indiziert das Fehlen eines nach obiger Vorschrift vorhandenen Siedlungs- und Beschäftigungszentrum (nonnuklear), während ein Wert von 1 Mononuklearität und Werte größer als 1 eine zunehmend polynukleare Siedlungsstruktur kennzeichnen. Nach Galster et al. (2001) kann eine polynukleare Siedlungsstruktur unter entsprechenden Umständen und deshalb mit Einschränkungen Entfernungen reduzieren. Die Diskussion um die Wertung bezüglich Zersiedelung muss jedoch in der einschlägigen Fachdomäne geführt werden.

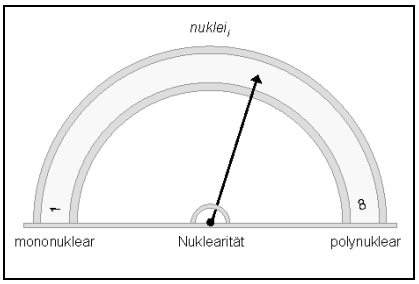



Abb. 94: Wertebereich (abgesehen von *nuklei$_i$* = 0) und Auslegung des Indikators *nuklei$_i$*

Neben der Schwellwertbildung, den einfließenden inhaltlichen Daten und der Größe des Raumbezuges wirkt vor allem die Größe und Anzahl der Raumeinheiten auf das Ergebnis. So wäre bspw. denkbar, dass eine Struktur, die in einer bestimmten Datenauflösung zwei Kerne identifizieren lässt, bei weniger kleinteiligen Raumeinheiten nur mehr einen Kern erkennen lässt, wenn die größere Raumeinheit die beiden Kerne zusammenfasst. Indikatorenblatt 7.4.5.1 (Kap. 9) zeigt die Umsetzung dieses Konzeptes *nuklei$_i$* anhand 250 Meter Raumeinheiten für die Testregion. Die gemeindebezogenen Ergebnisse sind kartographisch (Karte 2) und diagrammatisch dargestellt. Daneben werden Informationen zu Indikatorberechnung, Wertebereich und Datenbasis vermittelt.

#### 7.4.5.2. Mononuklearität

Der im Kap. 7.4.5.1 vorgestellte Indikator *nuklei*$_i$ bestimmt die Nuklearität über die Anzahl der Siedlungszentren. Nach Galster et al. (2001) können die Einwohner- und Beschäftigtenanteile bei Vorhandensein mehrerer dieser Nuklei verwendet werden, um zu spezifizieren, wie sehr sich diese Eigenschaften auf den Hauptnukleus konzentrieren, es sich also um eine eher mono- und weniger polynukleare Siedlungsstruktur handelt. Dabei wird der Anteil der Einwohner und Beschäftigten des dichtesten Nukleus an den Einwohnern und Beschäftigten aller Nuklei in einem Raumbezug berechnet (siehe auch Cutsinger et al. 2005):

$$mononuklearitaet_i = \frac{EW_BESCH_{nukleusmax_i}}{\sum EW_BESCH_{nukleus_{ij}}} * 100$$

*mononuklearitaet*$_i$ Anteil der Einwohner und Beschäftigten im dichtesten räumlich separierten Raumeinheiten-Komplex an allen räumlich separierten Raumeinheiten-Komplexen (nach Kap. 7.4.5.1) in Prozent im i-ten Raumbezug

*EW_BESCH*$_{nukleusmaxi}$ Anzahl der Einwohner und Beschäftigten im dichtesten räumlich separierten Raumeinheiten-Komplex (nach Kap. 7.4.5.1) im i-ten Raumbezug

*EW_BESCH*$_{nukleusij}$ Anzahl der Einwohner und Beschäftigten im j-ten räumlich separierten Raumeinheiten-Komplex (nach Kap. 7.4.5.1) im i-ten Raumbezug

In drei Szenarien findet sich dieser Ansatz in Abb. 95 umgesetzt. In Abb. 95a sind 2 Siedlungskerne nach den in Kap. 7.4.5.1 vorgestellten Bedingungen ausgewiesen, wobei der dichteste 53 Prozent der Einwohner und Beschäftigten einnimmt. Mit 100 % von *mononuklearitaeti* weist Abb. 95b den höchst möglichen Indikatorwert auf, wobei dieses Ergebnis durch das Vorhandensein von nur einem Nukleus bestimmt ist. Im Gegensatz dazu sind in Abb. 95c drei dieser Siedlungskerne vorhanden, die allesamt dieselbe Anzahl an Einwohner und Beschäftigten aufweisen. Dies wird für den gegenständlichen Zweck so gehandhabt, dass der (eben nicht vorhandene) dichteste Nukleus keinen Anteil an den Merkmalen aller Nuklei hat.

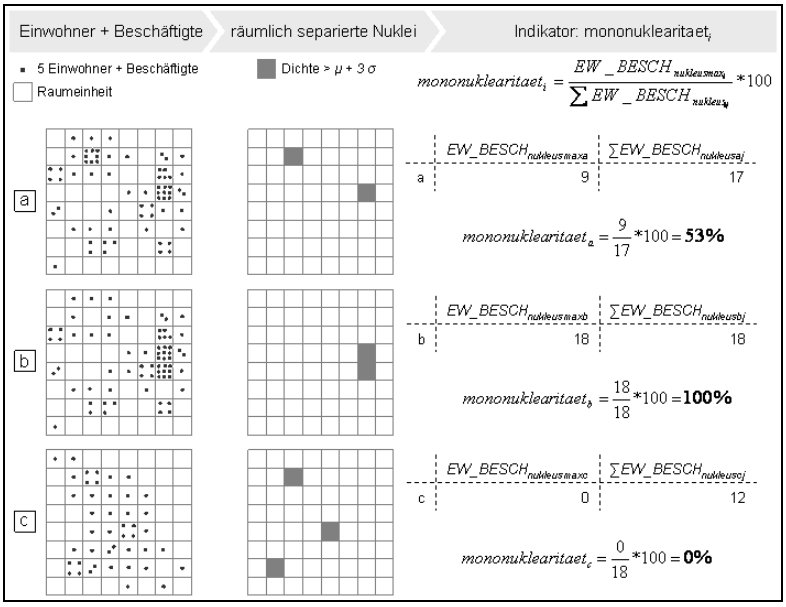



Abb. 95: Umsetzung des Indikators *mononuklearitaet*$_i$ in drei Beispielen

Die Werte bewegen sich im Bereich von 0 bis 100 Prozent (siehe hierzu Abb. 96), wobei kleine Anteile auf weniger Konzentration auf einen einzigen Siedlungskern hinweisen, also Polynuklearität indizieren. Hingegen bedeuten hohe Werte (gegen 100) eine sehr mononukleare Siedlungsstruktur.

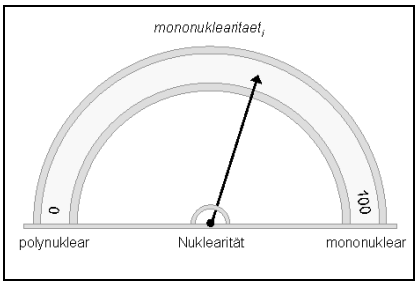



Abb. 96: Wertebereich und Interpretation des Indikators *mononuklearitaet$_i$*

Die Berechnung dieser Maßzahl baut auf den Ergebnissen des Indikators *nuklei$_i$* (Kap. 7.4.5.1) auf und bedingt die Existenz von zumindest einem Nukleus. Als Einflusskriterien auf die Maßzahl kann in diesem Rahmen auf die Diskussion des Indikators *nuklei$_i$* verwiesen werden. Indikatorenblatt 7.4.5.2 (Kap. 9.1) zeigt *mononuklearitaet$_i$* in seiner Anwendung auf die sechs administrativen Raumbezüge im Untersuchungsgebiet.

### 7.4.6. Indikatoren zur Dimension „Zentralität“

Zentralitätsmaße bedingen begreiflicherweise die vorherige Festlegung meist eines Zentrums, zu dem eine Verbundenheit von Landnutzungen oder demographischen Strukturen bestimmt wird (Bento et al. 2004). Galster et al (2001) verwenden hierfür eine Definition des CBD (central business district) als die Adresse des Rathauses oder Gemeindeamtes. Aber auch der geometrische Schwerpunkt von Nutzungen, oder die in den Kapiteln unter dem Punkt 7.4.5 abgeleiteten Nuklei könnten Verwendung finden. Angefangen von Bevölkerungsanteilen innerhalb einer gewissen Distanz (Bento et al. 2004, Ghate 2005) oder umgekehrt der notwendigen Distanz ausgehend von einem Zentrum zur Abdeckung gewisser Strukturanteile (Hanson und Freihage 2001) über Dichtegradienten (Glaeser und Kahn 2003, Malpezzi 1999, Bento et al. 2004, Galster et al. 2001, Ghate 2005, Sen 1998, Mitchell 2005) bis hin zur mittleren Distanz aller möglichen Nutzungen (Lavalle et al. 2001, Galster et al. 2001) zu einem Zentrum liefert das einschlägige Schrifttum verschiedene Ansätze, Zentralität mit einer Zahl zu belegen.

#### 7.4.6.1. Distanz von Strukturanteilen

Aufbauend auf den Ergebnissen der Maßzahlen aus Kap. 7.4.5.1 und Kap. 7.4.5.2 wird der nach diesen Maßstäben abgeleitete Nukleus mit dem überwiegenden Anteil an Einwohnern und Beschäftigten als Zentrum je Raumbezug (Gemeinde) festgesetzt. Angeregt durch Methoden von Galster et al. (2001) und Bento et al. (2004) und stark angelehnt an Hanson und Freihage (2001) wird zunächst diejenige Distanz ausgehend vom Zentrum abgeleitet, innerhalb derer 50 % der Einwohner und Beschäftigten liegen.

Ausgegangen wird dabei von den einzelnen absoluten euklidischen Distanzen jedes im Raumbezug liegenden Zentroids des geographischen Rasters (die Strukturmerkmale zur Ableitung des Hauptnukleus enthaltend) zum Zentrum. Diese Distanzen werden je

Raumbezug aufsteigend sortiert. Nach dieser Sortierung wiederum erfolgt die Kumulation der Strukturanteile. Derjenige Distanzwert der den Wert der Kumulation der Strukturanteile von 50 überschreitet, ist das absolute Indikatorergebnis (*dist_abs_50%$_i$*). Dessen Anteil an der größten vorkommenden Distanz im Raumbezug entspricht dem relativen Indikatorergebnis (*dist_rel_50%$_i$*), wodurch der Einfluss der absoluten Größe des Raumbezuges reduziert wird und die Ergebnisse vergleichbarer werden.

$$dist_abs_50\%_i = dist_StrKum > 50_{ij}$$

$$dist_rel_50\%_i = \frac{dist_StrKum > 50_{ij}}{dist_max_i} * 100$$

*dist_abs_50%$_i$* _____ absolutes Zentralitätsmaß (Meter), entspricht *dist_StrKum>50$_{ij}$*
*dist_rel_50%$_i$* _____ relatives Zentralitätsmaß (relative Distanz von Strukturanteilen)
*dist_StrKum>50$_{ij}$* _____ diejenige Distanz (Meter) zwischen Zentrum (Nukleus (siehe Kap. 7.4.5.1) mit den meisten Einwohnern und Beschäftigten) und den Zentroiden des geographischen Rasters (250 m) im i-ten Raumbezug, innerhalb derer 50 % der Einwohner und Beschäftigten liegen
*dist_max$_i$* _____ größte Distanz (Meter) zwischen Zentrum (Nukleus (siehe Kap. 7.4.5.1) mit den meisten Einwohnern und Beschäftigten) und den Zentroiden des geographischen Rasters (250 m) im i-ten Raumbezug

Zur Veranschaulichung der Messansätze *dist_abs_50%$_i$* und *dist_rel_50%$_i$* sei auf Abb. 97 verwiesen. In die drei darin illustrierten Beispiele fließen als Strukturmerkmale Einwohner und Beschäftigte zur Abgrenzung derjenigen Distanz ein, innerhalb derer die Hälfte der Strukturmerkmale enthalten sind. Eine weniger zentrale Siedlungsstruktur wird in Abb. 97a gezeigt, was sich in einer absoluten Distanz von 750 Metern oder 43 % der Maximaldistanz eines Zentroids zum Zentrum im Raumbezug a niederschlägt. In b sind die Strukturanteile näher um das Zentrum situiert. Innerhalb von 250 Metern oder 14 % kann die Hälfte der Einwohner und Beschäftigten ausgehend vom Zentrum erfasst werden. Abb. 97c weist zu b gegensätzlich eine kleinere maximale Distanz auf, was sich im absoluten Ergebnis nicht, im relativen mit 17 % der maximalen Distanz sehr wohl auswirkt.

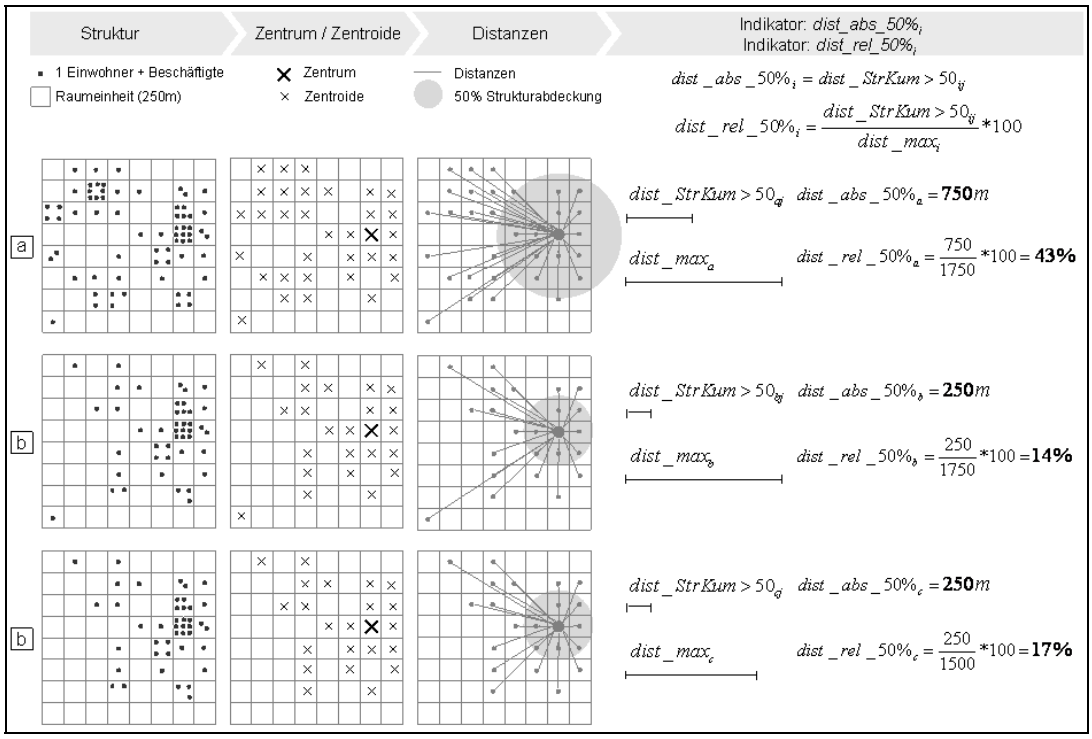



Abb. 97: Anwendung der Messkonzepte *dist_abs_50%$_i$* und *dist_rel_50%$_i$* auf drei Beispiele

Der vorgestellte Indikator *dist_abs_50%$_i$* liefert Werte in der Einheit Meter in einem Bereich von Null bis unendlich (siehe Abb. 98). Die Untergrenze ist in der Regel größer als Null, die obere Werteschranke hingegen durch die Größe des Raumbezuges begrenzt. Höhere Werte kennzeichnen eine dezentralere Siedlungsstruktur als kleinere Werte. Für den Vergleich von Raumbezügen unterschiedlicher Größe ist dieses Maß jedoch nur bedingt geeignet. Hierzu sei verwiesen auf *dist_rel_50%$_i$*.

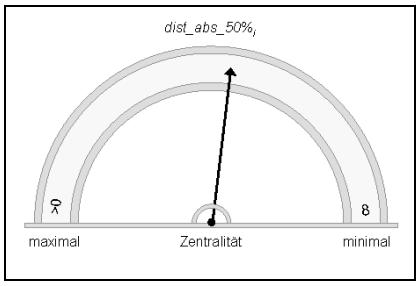



Abb. 98: Wertebereich und Interpretation von *dist_abs_50%$_i$*

Als prozentuelle Anteile liegen die möglichen Ergebniswerte von *dist_rel_50%$_i$* im Bereich von Null bis 100 Prozent. Weder die untere noch die obere Schranke wird jedoch im Regelfall erreicht werden. Interpretiert werden können die Resultate bezüglich Zentralität dahingehend, dass kleine Werte für eine eher zentrale Struktur sprechen, hohe Werte dagegen für Dezentralität.

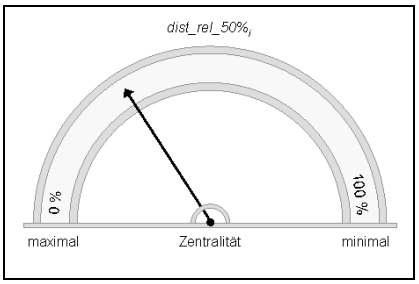



Abb. 99: Wertebereich und Interpretation von *dist_rel_50%$_i$*

Neben den Biasses allgemeiner Natur (siehe Kap. 7.1) wirken sich vor allem die Art und Weise der Identifikation des Zentrums (mit deren vererbten Einflüssen) und dessen Lage im Raumbezug, der Bezugspunkt der Raumeinheiten (Zentroid) und nicht zuletzt die Größe und Form des Raumbezuges auf das Indikatorresultat aus. Als Modifikationsmöglichkeit sei in diesem Rahmen die Verwendung von Netzwerkdistanzen anstatt euklidischer angedacht. Indikatorenblatt 7.4.6.1 (Kap. 9.1) zeigt das relative Maß *dist_rel_50%$_i$* angewandt auf Einwohner und Beschäftigte und auf das via *nuklei$_i$* abgeleitete Zentrum für die Untersuchungsgemeinden. Dabei kommen nicht Buffer - wie in Karte 1 irritierenderweise aber aus Darstellungsgründen illustriert - zum Einsatz, sondern euklidische Distanzen zwischen den Zentroiden der Raumeinheiten und dem identifizierten Zentrum. In Karte 2 des Indikatorenblattes findet sich das gemeindebezogene Ergebnis visualisiert.

## 7.5. Messkonzepte der Kategorie „qualitative Kriterien“

### 7.5.1. Indikatoren zur Dimension „Planungsinkonsistenz“

Die verfügbare Literatur weist - im Gegensatz zu manch anderen Zersiedelungsaspekten - bezüglich dieser Dimension nur wenige Möglichkeiten einer Quantifizierung auf. Nachfolgend wird eine diskutable Möglichkeit vorgestellt, Siedlungsstrukturen bezüglich „Planungsinkonsistenz“ zu indizieren.

#### 7.5.1.1. Planungsinkonsistenz Index

Ein recht einfach umzusetzendes und transparentes Maß zur Indizierung, ob bzw. in wieweit die siedlungsstrukturelle Entwicklung den gegebenen planungsrechtlich-normativen Ordnungsvorstellungen (Siedentop 2005) entspricht, wird von Hasse (2002) vorgestellt. Dieses Maß, das sich auf die zeitliche Entwicklung (neue Verbauungen) bezieht, wird durch einfache Überlagerung der neuen Verbauungen mit gewichteten raumplanerischen Widmungen (Flächenwidmungsplan) erstellt. Sensible Widmungen, wie Grünland erhalten ein höheres Gewicht, als Wohn- oder Gewerbegebietswidmungen. Hohe Werte (für eine neue Verbauung bzw. je Raumbezug) müssen somit im Sinne der Zersiedelungsdebatte als kritisch eingestuft werden und vice versa.

Diesen Gedanken folgend und durch andere (Kirstein 2002, Tappeiner et al. 2002) inspiriert wird für den vorliegenden Zweck gemäß der verfügbaren Datenlage ein prototypischer Indikator entwickelt. Der Anteil neuer Verbauungen in den jeweiligen Flächenwidmungsklassen wird berechnet und gemäß Tab. 10 gewichtet. Die Summe dieser Werte ergibt den Indikatorwert.

| Widmungsklasse | $G_{ij}$ | Gewicht / $G_{ij}$ |
|---|---|---|
| Betriebsgebiete | $G_B$ | 1 |
| Grünland | $G_G$ | 10 |
| Mischgebiete | $G_M$ | 1 |
| Sonstige Baulandwidmungen | $G_S$ | 1 |
| Verkehrsflächen | $G_V$ | 1 |
| Wohngebiete | $G_W$ | 1 |

Tab. 10: Gewichtung der Verbauungen nach Flächenwidmungsklassen

Formal lässt sich die obige Überlegung folgendermaßen notieren.

$$PI_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{A_vb_neu_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} A_vb_neu_{ij}} * G_{ij}$$

$PI_i$ Planungsinkonsistenz Index des i-ten Raumbezuges (Flächenanteil jeder neuen Verbauung an der Fläche aller neuen Verbauungen gewichtet nach seiner Lage in der Flächenwidmungsklasse gemäß Tab. 10)

$A_vb_neu_{ij}$ Fläche einer neuen Verbauung der j-ten Widmungsklasse im i-ten Raumbezug

$G_{ij}$ Gewichtung der Flächen $A_vb_neu_{ij}$ nach der Flächenwidmung gemäß Tab. 10

Abb. 100 illustriert den Indikatoransatz $PI_i$ für drei beispielhafte Szenen. Die Berechnung erfolgt durch die Gewichtung der Flächenanteile neuer Verbauungen gemäß der Widmung (vgl. Tab. 10) und anschließender Summierung. Der Gewichtung kommt dabei eine tragende Rolle zu, da sie letztendlich das Ergebnis bestimmt. Sie bedarf daher der Kalibrierung in der Fachdomäne. Beispielhaft wurde eine intuitive, einfache Gewichtung nach der Tab. 10 aufbauend auf Flächenwidmungsklassen des Flächenwidmungsplanes in Anlehnung an Hasse (2002) gewählt. Grünland erhält den höchsten Wert von zehn, die restlichen Flächenwidmungsklassen werden vorerst mit eins gewichtet. Die Wahl der Höhe der Gewichtung entspricht damit dem Umstand, dass gemäß Widmung weniger erwünschte Verbauungen (z.B. im Grünland) einen größeren Indikatorwert ergeben. Abb. 100a zeigt drei neue Verbauungen, von denen abgeleitet die Flächenanteile - gemäß ihrer Situation im Flächenwidmungsplan gewichtet - berechnet werden. 40 Prozent der neuen Verbauungen befinden sich im Grünland, 10 in Mischgebieten und 50 in Wohngebieten, was insgesamt zu einem Indikatorergebnis von 4,6 führt. Gleiche Flächen in b kommen in anderen Flächenwidmungsklassen zum Liegen, was einen höheren Wert von 5,75 zur Folge hat. In Abb. 100c erfährt eine der drei neuen Verbauungen eine Vergrößerung und liegt großteils in Wohngebieten. Dies wertet die übrigen Flächen (bspw. im Grünland) anteilsmäßig für das Gesamtergebnis ab. Der resultierende Indikatorwert beträgt 2,8.

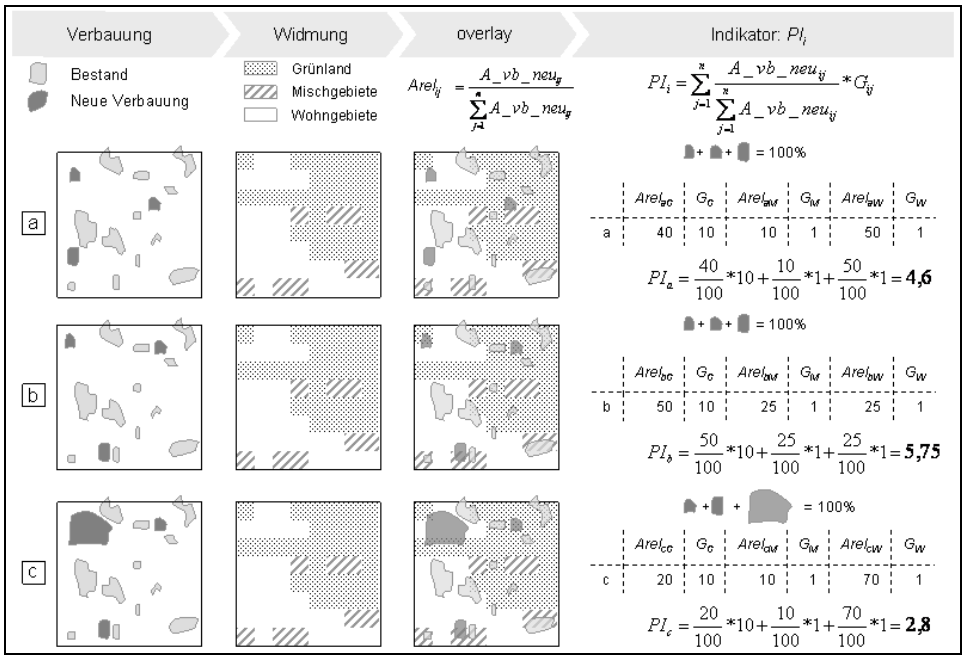



Abb. 100: Ableitung des Indikatoransatzes $PI_i$ in drei Beispielen

Der Indikator-Prototyp $PI_i$ geht von der Annahme aus, dass neue Verbauungen im Grünland aus raumplanerischer Sicht unerwünscht sind. Diese wird aufgrund der Datenlage getroffen, da Verbauungen keine Informationen über ihren Zweck (Nutzung) preisgeben. In der Realität gibt es aber oft auch raumplanerisch getragene Gründe, Verbauungen in der Widmungsklasse Grünland zu errichten. Bspw. sind landwirtschaftlich genutzte Gebäude naturgemäß - und auch sinnvoll - in der Nähe der bewirtschafteten Flächen gelegen. Die Standortwahl von Verbauungen, die ein hohes Konfliktpotenzial mit sich bringen (Lärm, Geruch, Ästhetik) oder auch von Verbauungen des öffentlichen Interesses können durchaus in widmungsfremde Flächen argumentiert werden. Ebenso wäre auch denkbar, dass Widmungen nicht mehr zeitgemäß oder unrealistisch oder einfach nur im Flächenausmaß zu gering gewählt sind. Auch sind implizite Ziele der Planung nicht direkt den Widmungen zu entnehmen. Daneben kann auch durch den Einbezug von prozentualen Flächenanteilen bei Vorhandensein großer Anteile in Wohngebieten die Anzeigekraft des Indikators für kleinere, im Grünland liegende Verbauungen schmälern (vgl. Abb. 100b zu Abb. 100c). Trotz dieser Restriktionen in der Interpretierbarkeit kann der Indikator $PI_i$ den Eindruck über die Entwicklung der Siedlungsstruktur in der Dimension „Planungsinkonsistenz“ vermitteln und so ermöglichen, Entscheidungsträger, Raumplanung und dgl. zu unterstützen.

Der Wertebereich (Abb. 101) ist stark abhängig von der gewählten Gewichtung der einzelnen Widmungsklassen. Ist bspw. die höchste Gewichtung 10, so kann der Indikator maximal den Wert 10 erreichen. Dies bedeutete somit, dass alle neuen Verbauungen in der Widmungsklasse, die am kritischsten eingeschätzt wird, liegen. Der minimale Wert liegt bei 1 und kennzeichnet eine gemäß der Dimension „Planungsinkonsistenz“ positive Situation bzw. positive Entwicklung der Verbauung. Bei Vorhandensein von detaillierten Daten zur Raumnutzung wie Katasterdaten könnte das vorliegende Schema sehr gute Ergebnisse liefern.

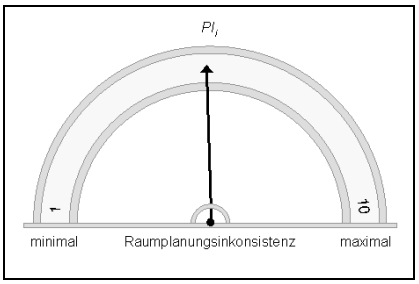



Abb. 101: Wertebereich des Indikators $PI_i$ bei einer maximalen Gewichtung der Widmungsflächen von zehn

In ähnlicher Form könnten natürlich auch die - mitunter seit langem - bestehenden Verbauungen analysiert werden. Hier kommt allerdings die große Unsicherheit der historischen Entwicklung hinzu. Typische Streusiedlungsbereiche würden in der Bewertung eher schlecht abschneiden, wohingegen bspw. Gebiete mit natürlicher Begrenzung des möglichen Siedlungsraumes (Dauersiedlungsraum) eher positiv bewertet werden würden. Über Gewichtungen nach Flächenwidmungstypen könnte eine differenziertere Betrachtung erfolgen. Neben diesen Möglichkeiten der Messbarmachung wären auch Konzepte wie die „Anzahl der Einzelbewilligungen in einem Raumbezug“ und / oder deren Gewichtung nach obigem Schema - eine entsprechende Datengrundlage vorausgesetzt - gangbar.
Im Untersuchungsgebiet für administrative Raumbezüge umgesetzt zeigt Indikatorenblatt 7.5.1.1 (siehe hierzu Kap. 9) diesen Indikator $PI_i$ für die Jahre vor und nach 1978. Neben den aus anderen Indikatorenblättern bekannten Elementen (Karte 1: Eingangsdaten, Karte 2: Indikatorergebnis, Wertestreuung und Informationen zum Indikator) sind die absoluten Flächen der neuen Verbauungen in Hektar nach Flächenwidmungsklassen vergleichend dargestellt.

### 7.5.2. Indikatoren zur Dimension „Ästhetik“

Das Schrifttum beschreibt Methoden, die eine Quantifizierung von Ästhetik auf einer Mikroebene erlauben aber meist auf standardisiert kaum verfügbaren Daten zur Gebäudehöhe und -breite, Art der Fassadengestaltung etc. aufbauen (siehe Hess et al. 2001, Knaap et al. 2005). Im angestrebten Maßstabsbereich eignen sich jedoch vor allem Maße zum Bautypenmix, wie die Anzahl verschiedener Typen an Gebäuden (Knaap et al. 2005). Nachfolgend kommen exemplarisch Ansätze einer Quantifizierung dieser Dimension zur Beschreibung, die zumindest als Diskussionsgrundlage dienen dürften.

#### 7.5.2.1. Mittlere Größe reiner Wohngegenden

Homogene, uniforme Siedlungsteile können als ein Teilaspekt von ästhetisch negativ zu beurteilenden Siedlungsstrukturen identifiziert werden (vgl. Frenkel und Ashkenazi 2005, Seidl 2003, Knaap et al. 2005) und eröffnen somit Möglichkeiten einer quantitativen Beurteilung der Messdimension Ästhetik. In einem ersten Ansatz wird für diesen Zweck prototypisch die mittlere Größe von einheitlich bebauten Gebieten innerhalb eines Raumbezuges herangezogen. Diese einheitlich bebauten Gebiete lassen sich bspw. aus Zensusdaten über die Anzahl der Gebäude und deren Nutzung determinieren. Zum Beispiel können diejenigen benachbarten - zumindest zwei - Zellen (Raumeinheiten) eines geographischen Rasters zusammengefasst werden, die ausschließlich mit mindestens vier

Wohngebäuden bebaut sind und sonst keine weiteren Gebäude aufweisen. Dieser durchaus diskutable Ansatz lässt sich formal derart beschreiben:

$$mean_area_uniform1_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} Area_WoGe_uniform_{ij}}{N_i}$$

*mean_area_uniform1$_i$* ___ mittlere Flächengröße der, aus mindestens 2 benachbarten und mit ausschließlich mindestens 4 Wohngebäuden bebauten Raumeinheiten entstehenden somit homogen bebauten, Siedlungsteile im i-ten Raumbezug in Hektar

*Area_WoGe_uniform$_{ij}$* ___ Flächengröße (Hektar) des, aus mindestens 2 benachbarten und mit ausschließlich mindestens 4 Wohngebäuden bebauten Raumeinheiten entstehenden, j-ten Siedlungsteiles im i-ten Raumbezug

*N$_i$* _____ Anzahl der nach *Area_WoGe_uniform$_{ij}$* bestimmten Siedlungsteile im i-ten Raumbezug

Die Umsetzung dieses Konzeptes findet sich in Abb. 102. Bei einer angenommenen Flächengröße von 1 Hektar je Raumeinheit ergibt sich für a ein Indikatorergebnis von 2,5 ha. In b wachsen dieselben nach *Area_WoGe_uniform$_{ij}$* bestimmten Flächen zu einer zusammen, wodurch deren Mittelwert mit 5 ha naturgemäß gleich der Einzelfläche ist. Für Abb. 102c kann der Indikator aufgrund des Fehlens von Flächen gemäß *Area_WoGe_uniform$_{ij}$* nicht berechnet werden (Division durch Null). Dies wird für den gegenständlichen Zweck aber einem sehr kleinen Indikatorwert gleichgesetzt, da keine „uniformen“ Flächen vorkommen. Ein hoher Indikatorwert ergibt sich im Gegensatz dazu für d mit 3,25 ha.

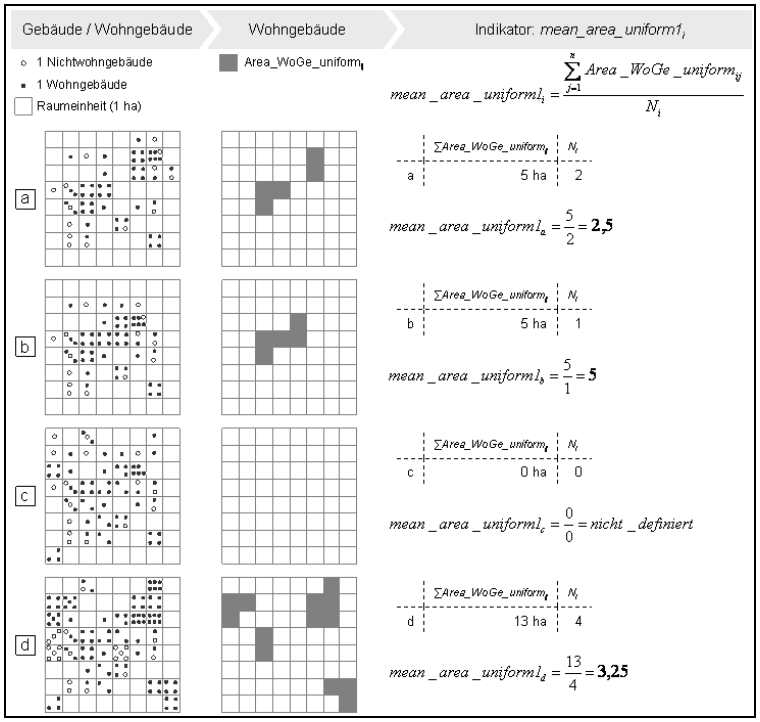



Abb. 102: Prototypischer Indikator *mean_area_uniform1$_i$* in seiner Anwendung auf vier Beispielsraumbezüge

Der Wertebereich (siehe Abb. 103) ist nach unten gemäß seiner Berechnung durch die Größe der Raumeinheiten (untere Schranke: 2-mal Fläche der Raumeinheit) und nach oben durch die Flächengröße des Raumbezuges eingeschränkt. Innerhalb dieser Spannweite indizieren kleine Werte von *mean_area_uniform1$_i$* gering uniforme und wenig homogene

Bebauungen und umgekehrt. Bei Fehlen von Flächen gemäß *Area_WoGe_uniform*$_{ij}$ kann der Indikator nicht berechnet, jedoch wie ein sehr kleiner Wert interpretiert werden.

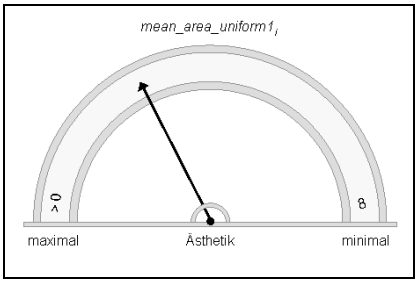



Abb. 103: Wertebereich des Indikator-Prototyps *mean_Area_uniform1*$_i$ und Interpretation der Ergebniswerte bezüglich der Dimension Ästhetik

Für diese Art der Ästhetik-Quantifizierung wird eine hohe Korrelation mit anderen Maßzahlen bspw. der Dimension „Nutzungsmischung“ (Kap. 7.5.3) vermutet. Wie aus Abb. 102 erkennbar wird ein einzelnes großes, uniform bebautes Gebiet durch die Mittelwertsbildung stärker bewertet als bei Hinzugesellung einiger kleinerer Gebiete. Angedacht sei auch ein Bezug der Maßzahl auf die real verbaute Fläche. Dergleichen ergäben sich einige Modifikationsaspekte, die die Bildung eines brauchbar akzeptablen Indikators förderten. Umgesetzt wird dieses Konzept in Indikatorenblatt 7.5.2.1 (Kap. 9), wobei Karte 1 die nach *Area_WoGe_uniform*$_{ij}$ bestimmten Siedlungsteile, Karte 2 hingegen das Ergebnis des Indikators zeigt. Weiters können dem Indikatorenblatt die Streuung der Werte sowie indikatorspezifische Informationen entnommen werden.

#### 7.5.2.2. Mittlere Größe reiner Einfamilienhausgegenden

Ähnlich dem Konzept aus Kap. 7.5.2.1 ließe sich die Dimension „Ästhetik“ bspw. auch über die mittlere Größe reiner Einfamilienhausgegenden abbilden. Bei Vorlage entsprechenden, kleinräumigen statistischen Datenmaterials (geographische Raster) zur Gebäudenutzung resp. Anzahl der Wohnungen je Gebäude kann die Fläche derjenigen Zellen zusammengefasst werden, deren Gebäude ausschließlich maximal eine Wohnung aufweisen und diese Anzahl der Einfamilienhäuser größer als bspw. zehn ist:

$$mean_area_uniform2_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} Area_EF_uniform_{ij}}{N_i}$$

*mean_area_uniform2*$_i$ ..... mittlere Flächengröße der Raumeinheiten, die ausschließlich mit mindestens 10 Wohngebäuden mit je genau einer Wohnung belegt sind, im i-ten Raumbezug in Hektar

*Area_EF_uniform*$_{ij}$ ..... Flächengröße (Hektar) der Raumeinheiten, die ausschließlich mit mindestens 10 Wohngebäuden mit je genau einer Wohnung belegt sind, im i-ten Raumbezug in Hektar

$N_i$ ..... Anzahl der die Bedingung *Area_EF_uniform*$_{ij}$ erfüllenden Raumeinheiten im i-ten Raumbezug

Aufgrund der engen methodischen Verwandtschaft dieses zweifelsohne prototypischen Ansatzes zu demjenigen aus Kap. 7.5.2.1 wird auf eine Visualisierung seiner Verhaltensweise und deren Diskussion verzichtet und auf Abb. 102 bzw. auf das entsprechende Kapitel verwiesen. Ebenso ist der Wertebereich beinahe ident und ähnlich zu interpretieren (siehe hierzu Abb. 103).

### 7.5.3. Indikatoren zur Dimension „Nutzungsmischung“

Die Zersiedelungsdimension „Nutzungsmischung“ bietet eine große Zahl an Operationalisierungsmöglichkeiten. Dabei kann einerseits die Nutzungsmischung innerhalb eines Raumbezuges, andererseits auch die Ausgeglichenheit zwischen Raumbezügen interessieren. Die folgenden Ausführungen versuchen einen Querschnitt dieser großen Bandbreite zu vermitteln, wie sie in der einschlägigen Literatur Verwendung finden.

#### 7.5.3.1. Gewerbe-, Industrie- und öffentliche Flächen je Wohnung

Um die Mischung von Nutzungen zu quantifizieren, entwickelten Song und Knaap (2004) einen Indikator, der den flächenmäßigen Anteil von Gewerbe-, Industrie und öffentlichen Flächen je Wohnung oder Wohngebäude und somit die Mischung von Nutzungen misst. Dabei kann in die tatsächliche und die gewidmete Landnutzung unterschieden werden. Der Einbezug der gewidmeten Landnutzung kann sehr leicht über Flächenwidmungspläne erfolgen. Diese Widmung entspricht jedoch oft nicht der tatsächlichen Nutzung. Einerseits haben Widmungen eine gewisse Nachlaufzeit bis ihr die entsprechende Landnutzung folgt, auf der anderen Seite gibt es immer wieder Abweichungen zwischen Widmung und der endgültigen, konkreten Nutzung von Flächen.

Für das Maß $mix_{widmi}$ wird zunächst eine Verschneidung der bestehenden Verbauungen aus der Verbauungskartierung (siehe Kap. 5.3.2) mit den gewidmeten Flächen (Kap. 5.3.3: Flächenwidmungsplan) durchgeführt, womit die Überschätzung aus dem Flächenwidmungsplan reduziert werden sollte. Die Zuordnung der Flächenwidmungstypen zu Gewerbe-, Industrie-, und öffentlichen Flächen kann nach den Flächenwidmungstypen erfolgen, wird im Folgenden jedoch nicht diskutiert.

$$mix_{widm_i} = \frac{\sum A_{gew_i}, A_{ind_i}, A_{oeff_i}}{N_{whng_i}}$$

$mix_{widmi}$ _ _ _ _ _ _ _ durchschnittliche verbaute Fläche in den Flächenwidmungen „Gewerbegebiete“, „Industriegebiete“ und „öffentliche Flächen“ in Hektar je Wohnung im i-ten Raumbezug

$A_{gewi}$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Fläche von Verbauungen in Gewerbegebieten des Flächenwidmungsplanes im i-ten Raumbezug in Hektar

$A_{indi}$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Fläche von Verbauungen in Industriegebiete des Flächenwidmungsplanes im i-ten Raumbezug in Hektar

$A_{oeffi}$ _ _ _ _ _ _ _ _ _ Fläche von Verbauungen in öffentlichen Flächen des Flächenwidmungsplanes im i-ten Raumbezug in Hektar

$N_{whngi}$ _ _ _ _ _ _ _ _ Anzahl der Wohnungen im i-ten Raumbezug

Prototypisch wurde in Abb. 104 das oben beschriebene Maß $mix_{widmi}$ für drei unterschiedliche Nutzungsmischungsgrade (a, b und c) schematisch umgesetzt. Abb. 104a weist bei gleicher Anzahl von Wohnungen / Wohngebäuden mehr verbaute Flächen in den Widmungsgebieten „Gewerbe“, „Industrie“ und „Öffentlich“ auf als Abb. 104b auf. Dies führt zu einem höheren Wert für a als für b. Die Variation der Anzahl der Wohnungen / Wohngebäude in Abb. 104c im Vergleich zu Abb. 104b hat bei deren Verringerung eine Erhöhung des Indikatorwertes $mix_{widmi}$ zur Folge. Hierbei wird der Umstand deutlich, dass bei keinem Vorhandensein von bspw. Wohnungen der Nenner von $mix_{widmi}$ Null ergibt und somit die Berechnung nicht mehr möglich wird.

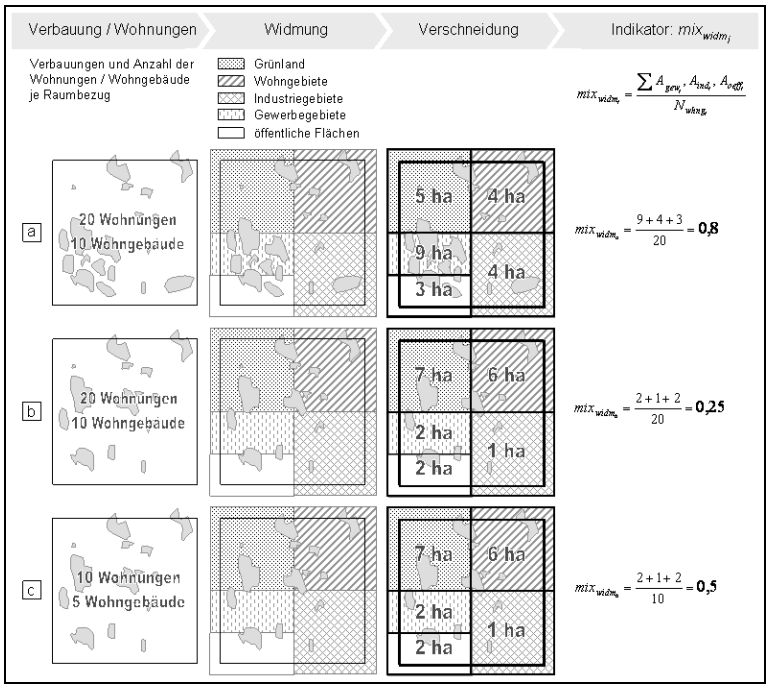



Abb. 104: Umsetzung eines Maßes zur Quantifizierung der Landnutzungsmischung ($mix_{widmi}$) für drei exemplarische Szenarien

Der mögliche Wertebereich (Abb. 105) des Indikators $mix_{widmi}$ liegt zwischen 0 und unendlich. Die obere Werteschranke ist jedoch durch die Größe des Raumbezuges beschränkt. Beispielsweise kann der Indikator maximal einen Wert von 100 erreichen, wenn der Raumbezug ein 1-km-Raster und die einfließenden Widmungsflächen in Hektar vorliegen. Die Berechnung des Indikators ist nicht mehr möglich, wenn der Nenner (bspw. Wohnungen) gleich Null ist. Große Werte können als größere Nutzungsmischung gedeutet werden. Kleine Werte repräsentieren dahingegen weniger Durchmischung.

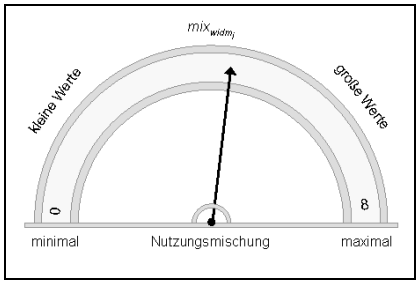



Abb. 105: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikators $mix_{widmi}$

Zur Kompensation der oben erwähnten Unzulänglichkeiten der Datenbasis (Widmung bedeutet nicht tatsächliche Nutzung) kann der Einbezug von Katasterflächen der Statistik Austria, die ihrerseits wiederum Aktualitätsmängel aufweisen (siehe Rainer 2002), oder besser von Fernerkundungsdaten (Landnutzung) für dieses Messkonzept erwogen werden.

#### 7.5.3.2. Erwerbstätige / Arbeitsplätze - Verhältnis

Eine verhältnismäßig einfach zu berechnende, leicht verständliche und deswegen populäre Maßzahl zur Charakterisierung einer Nutzungsmischung bzw. einer einseitigen Landnutzung innerhalb eines Raumbezuges, sind Verhältniszahlen zwischen der Zahl der Erwerbstätigen - bzw. zwischen der Einwohnerzahl - und der Zahl der Arbeitsplätze oder auch zwischen der

Arbeitsplatzanzahl und der Haushaltsanzahl (Ewing, Pendall und Chen 2002, Rainer 2002, Hanson und Freihage 2001, Bento et al. 2004, Prinz 2005).
In der Literatur existieren zahlreiche Varianten der obigen Überlegung. Exemplarisch wird für den gegenständlichen Zweck eine Maßzahl in Anlehnung an Rainer (2002) und Prinz (2005) umgesetzt. Dabei wird der - in der Volkszählung erfassten - Zahl der Erwerbstätigen durch Division die Zahl der Beschäftigten und der Arbeitskräfte in der Land- und Forstwirtschaft, die in Summe als Zahl der Arbeitsplätze verstanden werden kann, gegenübergestellt. Ebenso wären aber auch Daten zur Pendlertätigkeit der Erwerbstätigen denkbar.

$$EWT_AP_ratio_i = \frac{EWT_i}{Besch_i + AK_i}$$

*EWT_AP_ratio$_i$* ..... Anzahl der Erwerbstätigen je Arbeitsplatz (AP: Beschäftigte am Arbeitsort, Arbeitskräfte in der Land- und Forstwirtschaft) im i-ten Raumbezug
*EWT$_i$* ..... Anzahl der Erwerbstätigen im i-ten Raumbezug
*Besch$_i$* ..... Anzahl der Beschäftigten am Arbeitsort im i-ten Raumbezug
*AK$_i$* ..... Anzahl der Arbeitskräfte in der Land- und Forstwirtschaft im i-ten Raumbezug (Erwerbspersonen in den ÖNACE-95-Abschnitten A und B)

Rainer (2002) stellt in ähnlicher Weise die Zahl der Beschäftigten am Arbeitsort der Zahl der wohnhaften Beschäftigte (zuzüglich der Einpendler und abzüglich der Auspendler) gegenüber. Andere (Ewing, Pendall und Chen 2002) ziehen das Verhältnis von Arbeitsplätzen zu den Einwohnern bzw. zu den Einwohnern im erwerbsfähigen Alter zur Charakterisierung der Dimension „Nutzungsmischung“ heran. Durchaus verbreitet ist auch die Maßzahl „Pendlersaldo“, berechnet als Quotient der Erwerbstätigen am Arbeitsort und der Erwerbstätigen am Wohnort in Prozent (vgl. Statistik Austria 2004).
Abb. 106 zeigt in drei Beispielen das Verhalten des Indikators *EWT_AP_ratio$_i$* bei Variation der Einflussgrößen. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Erwerbstätigen und Arbeitsplätzen (Abb. 106a) schlägt sich in einem Indikatorwert um 1 nieder. Eine geringere Anzahl an Erwerbstätigen (Abb. 106b) verringert den Indikatorwert entsprechend, wohingegen eine größere Anzahl (Abb. 106c) diesen erhöht. Umgekehrt verhält es sich bei der Variation des Nenners (Arbeitsplätze). Wird dessen Anzahl kleiner - nähert sich dem Wert Null -, so erhöht sich der Wert des *EWT_AP_ratio$_i$* bis die Berechnung schließlich durch die Division durch Null nicht mehr definiert ist.

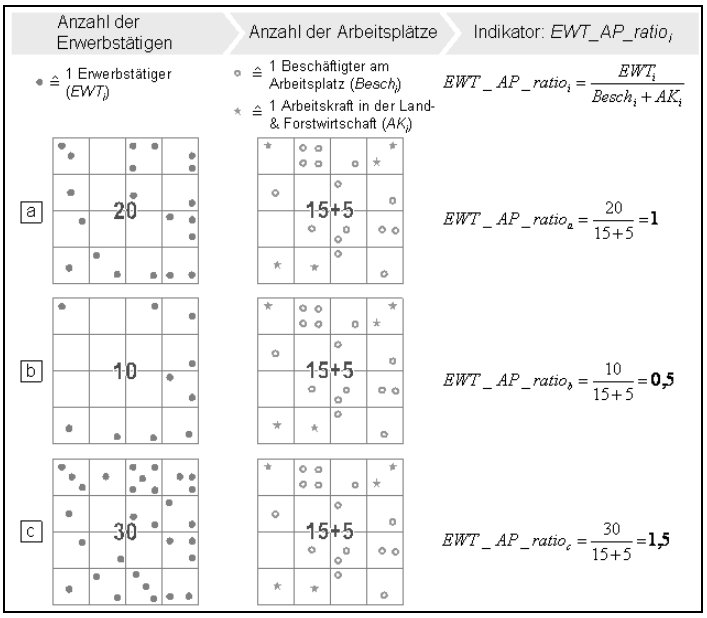



Abb. 106: Umsetzung eines Indikators zur Quantifizierung des „Erwerbstätige / Arbeitsplätze - Verhältnis“ (*EWT_AP_ratio$_i$*) für drei Beispielsszenarien

Wie oben bereits angedeutet, liegen die möglichen Resultate des Indikators *EWT_AP_ratio$_i$* zwischen 0 und der Anzahl der Erwerbstätigen im jeweiligen Raumbezug - in der Regel maximal wenige Zehner als Obergrenze (vgl. Abb. 107). Werte um 1 wären nach Rainer (2002) so zu interpretieren, dass alle Personen, die einen Erwerb ausüben (Erwerbstätige), dies auch in ihrem eigenen Raumbezug zumindest potenziell (adäquate Arbeitsplätze nicht berücksichtigt) tun könnten. Geringere Werte als 1 bedeuten demnach einen Überhang an Arbeitsplätzen und folglich an Einpendlern, Werte > 1 einen Überhang an Erwerbstätigen und Arbeitskräften und daher eine größere Zahl an Auspendlern. Aus Sicht der Zersiedelungsproblematik und ihrer Teildimension „Nutzungsmischung“ sind ausgeglichene Erwerbstätige / Arbeitsplatz Verhältnisse (*EWT_AP_ratio$_i$*) als positiv zu sehen und Abweichungen von diesem Idealtypus als eher kritisch einzustufen.

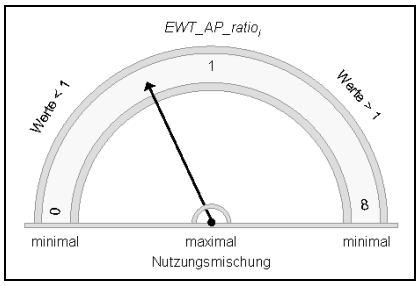



Abb. 107: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikators *EWT_AP_ratio$_i$* bezüglich der Nutzungsmischung innerhalb eines Raumbezuges

Die Skalierung des Indikatorergebnisses *EWT_AP_ratio$_i$* weist eine zweiseitige Skalierung auf. Jede Abweichung von 1 kann bezüglich der Nutzungsmischung als negativ eingestuft werden (vgl. Abb. 107). Will man sich die Möglichkeit offen halten, die Ergebniswerte (bspw. Rangfolge) mit Resultaten anderer Maßzahlen - auch anderer Dimensionen - zu vergleichen, so müssen die Werte auf eine einteilige Skala transformiert werden. Eine Variante einer einfachen Transformation der Werte auf eine Skala von 0 bis unendlich ist in der untenstehenden Formel umgesetzt. Dem Resultat der Verhältniszahl *EWT_AP_ratio$_i$* wird 1

abgezogen und daraus nachfolgend der Betrag (positive Werte) gebildet. Diese Prozedur bewirkt aber auch einen Informationsverlust insofern, als dass keine Aussagen mehr darüber gemacht werden können, wie das Ungleichverhältnis zwischen Erwerbstätigen und Arbeitsplätzen zustande gekommen ist. Rückschlüsse darauf, ob ein Raumbezug mehr Einpendler als Auspendler oder umgekehrt aufweist, sind somit nicht mehr möglich.

$$EWT_AP_ratio_trans_i = \left| \frac{EWT_i}{Besch_i + AK_i} - 1 \right|$$

*EWT_AP_ratio_trans$_i$* auf einseitige Skala transformierte Anzahl der Erwerbstätigen je Arbeitsplatz (AP: Beschäftigte am Arbeitsort, Arbeitskräfte in der Land- und Forstwirtschaft) im i-ten Raumbezug
*EWT$_i$* Anzahl der Erwerbstätigen im i-ten Raumbezug
*Besch$_i$* Anzahl der Beschäftigten am Arbeitsort im i-ten Raumbezug
*AK$_i$* Anzahl der Arbeitskräfte in der Land- und Forstwirtschaft im i-ten Raumbezug (Erwerbspersonen in den ÖNACE-95-Abschnitten A und B)

In der Abb. 108 sind beispielhafte Resultate der Varianten *EWT_AP_ratio$_i$* und *EWT_AP_ratio_trans$_i$* vergleichend dargestellt. Ausgeglichene Verhältnisse zwischen Erwerbstätigen und Arbeitsplätzen ergeben je nach Berechnungstyp den Wert 1 bzw. 0. Aus der Transformationsart wird ersichtlich, dass bei der dadurch erfolgten Übertragung auf eine einseitige Skala die ursprünglichen 0-bis-1-Werte sich wiederum nur im Bereich von 0 bis 1 befinden, die ursprünglichen 1-bis-∞-Werte hingegen im Bereich von 0 bis ∞ zum Liegen kommen. Dadurch leidet die Aussagekraft der Werte (vgl. Abb. 108), da die Rückschlüsse auf die Entstehung nicht mehr möglich sind. Beispielsweise kann der Wert 1 nach *EWT_AP_ratio_trans$_i$* sowohl aus dem Verhältnis 0 Erwerbstätige zu 100 Arbeitsplätzen als auch aus dem Verhältnis 20 Erwerbstätige zu 10 Arbeitsplätzen entstehen. Der gleiche Wert hat also ein unterschiedliches Verhältnis von Nutzungen zueinander zur Ursache.
Eine getrennte Betrachtung der Ergebnisse der ursprünglich zweiseitigen Skalierung (*EWT_AP_ratio$_i$*) oder die separierte Berechnung von *EWT$_i$* / (*Besch$_i$*+*Ak$_i$*) bei Arbeitsplätzen > 0 und (*Besch$_i$*+*Ak$_i$*) / *EWT$_i$* bei Erwerbstätige > 0 kann diese Schwäche entschärfen.

| Indikator: *EWT_AP_ratio$_i$* | Eingangsdaten | | Indikator: *EWT_AP_ratio_trans$_i$* |
|---|---|---|---|
| $EWT_AP_ratio_i = \frac{EWT_i}{Besch_i + AK_i}$ | Erwerbstätige ($EWT_i$) | Arbeitsplätze ($Besch_i + AK_i$) | $EWT_AP_ratio_trans_i = \left\| \frac{EWT_i}{Besch_i + AK_i} - 1 \right\|$ |
| 0 | 0 | 100 | 1 |
| 0 | 0 | 50 | 1 |
| 0,125 | 5 | 40 | 0,875 |
| 0,5 | 10 | 20 | 0,5 |
| 1 | 10 | 10 | 0 |
| 2 | 20 | 10 | 1 |
| 8 | 40 | 5 | 7 |
| n.d. (∞) | 50 | 0 | n.d. (∞) |
| n.d. (∞) | 100 | 0 | n.d. (∞) |

Abb. 108: Vergleich der Ergebnisse des Indikators *EWT_AP_ratio$_i$* mit den Ergebnissen des Indikators *EWT_AP_ratio_trans$_i$*

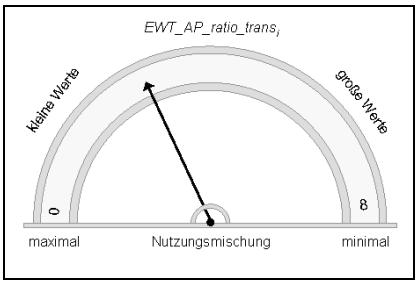



Abb. 109: Wertebereich und mögliche Auslegung (vgl. hierzu Diskussionspunkt oben) des Indikators *EWT_AP_ratio_trans$_i$* bezüglich der Mischung von Nutzungen (Erwerbstätige versus Arbeitsplätze) innerhalb eines Raumbezuges

Indikatorenblatt 7.5.3.2 (siehe Kap. 9) zeigt die Anwendung des prototypischen Ansatzes *EWT_AP_ratio_trans$_i$* zur Indizierung der Dimension „Nutzungsmischung". Mangels Verfügbarkeit kleinräumigerer Daten zeigt Karte 1 als Berechnungsbasis 1 km Raumeinheiten eines geographischen Rasters (Erwerbstätige am Wohnort, Beschäftigte am Arbeitsort, Arbeitskräfte in der Land- und Forstwirtschaft). Die Berechnung von *EWT_AP_ratio_trans$_i$* erfolgte jedoch nach Daten für den Raumbezug Gemeinde. Grundlegende Information zur Berechnung und zur Interpretation der Ergebniswerte sind in tabellarischer Form im linken Bereich festgehalten.

#### 7.5.3.3. Dissimilarity-Index

Die Maßzahlen der Kap. 7.5.3.1 und 7.5.3.2 liefern keine Aussagen darüber, wie sich Nutzungen innerhalb eines Raumbezuges separieren, da die einfließenden Werte als Globalzahl im Indikator repräsentiert werden. Die Bestimmung, inwieweit sich nun Nutzungen innerhalb eines Raumbezuges verhältnismäßig verteilen, kann mit nachfolgenden Ansätzen versucht werden.

Als Maß der Konzentration wurde der Dissimilarity Index bereits im Kap. 7.4.1.4 vorgestellt. Dabei wurde ein statistisches Merkmal (wie bspw. Gebäude oder Einwohner) je Raumeinheit mit der zur Verfügung stehenden Fläche in Beziehung gesetzt und der Anteil an Merkmalen berechnet, der in andere Raumeinheiten verschoben werden müsste um eine Gleichverteilung zu erhalten (vgl. Galster et al. 2001, Bania, Coulton und Leete 2000). Die Auswertung von Raumbezügen bezüglich ihrer Landnutzung (segregiert oder durchmischt) kann in ähnlicher Weise erfolgen. Formal orientiert sich diese Berechnung stark an derjenigen für Konzentration (Kap. 7.4.1.4). Der Dissimilarity Index ergibt sich aus dem halben Betrag des einen Merkmalsanteils je Raumeinheit abzüglich des zweiten Merkmalsanteils je Raumeinheit und entspricht einem prozentuellen Anteil.

Für den gegenständlichen Zweck werden zwei Ansätze vorgestellt. Einmal werden die Flächenanteile der Verbauungen der Flächenwidmung „Betriebsgebiete" denen der „Wohngebiete" gegenübergestellt und einmal die Anzahl der Einwohner im erwerbsfähigen Alter der Anzahl der Arbeitsplätze. In Ermangelung an Daten zur Zahl der Erwerbstätigen in der angestrebten Größe der geographischen Raster (250 Meter) wird behelfsweise auf die Zahl der potenziell erwerbsfähigen Einwohner - Einwohner zwischen 15 und 64 Jahren - zurückgegriffen. Dabei ist es vermutlich prinzipiell unerheblich, ob nun die erwerbsfähige Bevölkerung oder die Gesamtbevölkerung miteinbezogen wird, da diese in der Regel in einem natürlichen Verhältnis zueinander stehen und die Berechnung ohnehin lediglich

Relativwerte verwendet. Die verfügbaren Daten erlauben jedoch die detailliertere Betrachtung über die Altersstruktur, weshalb diese auch Verwendung finden soll.

- Dissimilarity Index: Verbauungen der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ versus „Wohngebiete“

$$D_widm_i = \frac{1}{2}\sum_j^n \left| \frac{b_j}{b_i}100 - \frac{w_j}{w_i}100 \right|$$

*D_widm$_i$* _____ Dissimilarity Index Verbauungen der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ versus „Wohngebiete“ des i-ten Raumbezuges
*b$_j$* _____ Fläche der Verbauungen Widmung „Betriebsgebiete“ der j-ten Raumeinheit
*b$_i$* _____ Fläche der Verbauungen Widmung „Betriebsgebiete“ des i-ten Raumbezuges
*w$_j$* _____ Fläche der Verbauungen Widmung „Wohngebiete“ der j-ten Raumeinheit
*w$_i$* _____ Fläche der Verbauungen Widmung „Wohngebiete“ des i-ten Raumbezuges

- Dissimilarity Index: Anzahl der Einwohner im erwerbsfähigen Alter (15 bis 64) versus die Anzahl der Arbeitsplätze

$$D_ew_job_i = \frac{1}{2}\sum_j^n \left| \frac{ew_j}{ew_i}100 - \frac{ap_j}{ap_i}100 \right|$$

*D_ew_job$_i$* _____ Dissimilarity Index Anzahl der Einwohner im erwerbsfähigen Alter (15 bis 64) versus die Anzahl der Arbeitsplätze des i-ten Raumbezuges
*ew$_j$* _____ Anzahl der Einwohner im erwerbsfähigen Alter (15 bis 64) der j-ten Raumeinheit
*ew$_i$* _____ Anzahl der Einwohner im erwerbsfähigen Alter (15 bis 64) des i-ten Raumbezuges
*ap$_j$* _____ Anzahl der Arbeitsplätze der j-ten Raumeinheit
*ap$_i$* _____ Anzahl der Arbeitsplätze des i-ten Raumbezuges

In Abb. 110 wird die beispielhafte Umsetzung des Indikators *D_widm$_i$* veranschaulicht. Die zu einem Zeitschnitt bestehende Verbauung wird mit der Widmung (aus den Widmungsklassen = zusammengefasste Widmungstypen) verschnitten und die Differenz der jeweiligen Flächenprozentanteile für die Widmung „Wohngebiete“ und „Betriebsgebiete“ je Raumeinheit gebildet. Die Hälfte der Summe dieser Werte - als Absolutzahl - ergibt für einen Raumbezug den Wert für *D_widm$_i$*. Für Szenario a der Abb. 110 erhält man einen Wert von 35, der sich aus den Differenzen rechts in der Tabelle ergibt. Abb. 110b (Änderung der Flächenwidmung bei gleich bleibender Verbauung) weist einen geringeren Wert von 5 auf, da anteilsmäßig nahezu gleichviel Fläche für beide Widmungen in den Raumeinheiten verbaut ist. Um somit eine Gleichverteilung Verbauungen der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ versus „Wohngebiete“ zu erhalten, müssten daher 35 bzw. 5 Prozent der einen oder der anderen Widmung auf andere Raumeinheiten aufgeteilt, bzw. in andere verschoben werden.

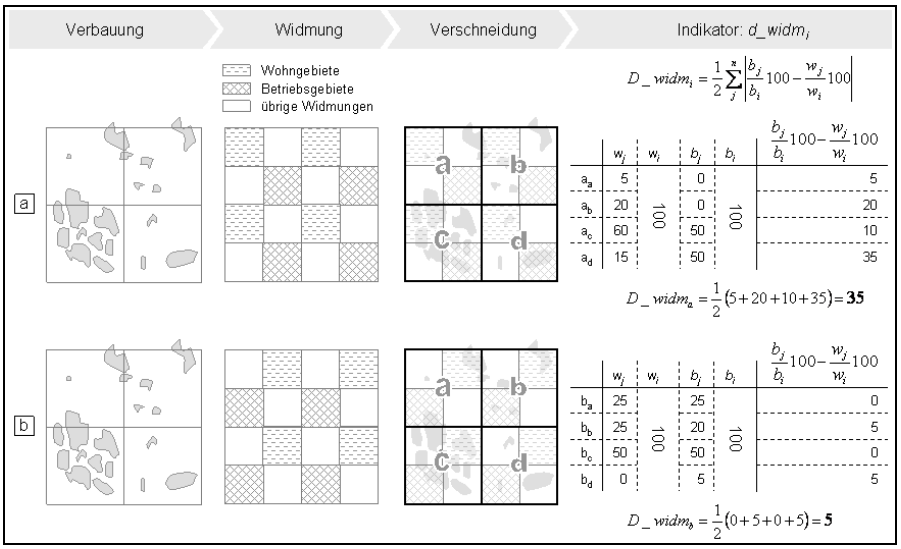



Abb. 110: Umsetzung des Indikators *D_widm$_i$* (Dissimilarity Index: Verbauungen der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ versus „Wohngebiete“) für zwei unterschiedliche Beispielsszenarien

Der Wertebereich (Abb. 111) liegt von *D_widm$_i$* liegt demnach zwischen 0 % und 100 %. Geringe Werte können als geringer Anteil von Nutzungen verstanden werden, die in andere Raumeinheiten verschoben werden müssten, um eine gleichverteilte Nutzung über alle Raumeinheiten hinweg zu erhalten. Große Werte hingegen sprechen für eine segregierte Nutzung bezüglich der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ versus „Wohngebiete“.
Da die Flächenwidmung nicht zwingend der tatsächlichen Nutzung entspricht, kann der Einbezug von Flächen aus dem Kataster bzw. Landnutzungsdaten aus dem Bereich der Fernerkundung überlegt werden (vgl. Kap. 7.5.3.1). Näherungsweise wird jedoch für den gegenständlichen Zweck angenommen, dass Widmungen das Verhältnis von Nutzungen einigermaßen plausibel abbilden.

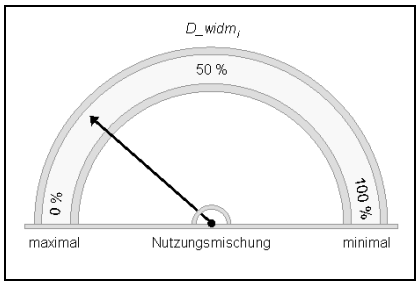



Abb. 111: möglicher Wertebereich des Indikators *D_widm$_i$* und Interpretation bezüglich der Nutzungsmischung in einem Raumbezug

Um innerhalb eines Raumbezuges Aussagen über die Dimension „Nutzungsmischung“ machen zu können, ist das Vorliegen einer räumlichen Gliederung innerhalb des Raumbezuges der einfließenden Daten Bedingung. Die Art und Weise derer Grenzziehung (innerhalb einer Gemeinde bspw. regelmäßige Raster, Sprengel, Baublöcke) und die Größe resp. daraus resultierende Anzahl biassen das Ergebnis. So wird ein Raumbezug bei zunehmender Größe der somit reduzierten Anzahl an Raumeinheiten die Tendenz zur Gleichverteilung der beobachteten Merkmale aufweisen (siehe diesbezüglich auch die Diskussionen unter Kap. 7.4.1).
Die Umsetzung des Indikators *D_ew_job$_i$* nach der oben beschriebenen Vorschrift wird in der Abb. 112 gezeigt. In die Berechnung fließen die Zahl der (potenziell) erwerbsfähigen

Bevölkerung einerseits sowie die Zahl der Arbeitsplätze andererseits je Raumeinheit ein. Für den übergeordneten Raumbezug a ergibt sich ein Indikatorwert von 0, da jede Raumeinheit gleiche Anteile an Einwohnern sowie Arbeitsplätzen beinhaltet. In Abb. 112b ist ein gewisse Segregation dieser beiden Nutzungen dargestellt. Während sich die Einwohner gleichmäßig auf die vier Raumeinheiten verteilen, treten die Arbeitsplätze in nur zwei der vier Raumeinheiten auf, was sich in einem Indikatorwert von 50 niederschlägt. Abb. 112c zeigt die Belanglosigkeit von absoluten Zahlen, die in die Berechnung einfließen, da diese in relative Werte übersetzt werden. Je Raumeinheit nur ein Viertel der Merkmale im Vergleich zu a aufweisend, ergibt sich in c derselbe Indikatorwert von Null.

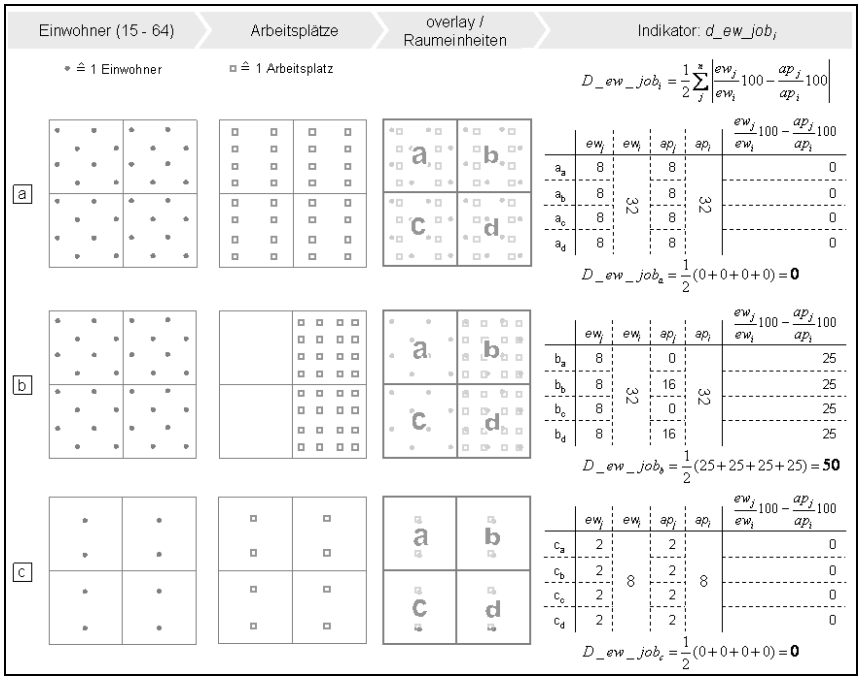



Abb. 112: Umsetzung und Verhalten des Indikators *D_ew_job$_i$* anhand von drei Beispielen

Die möglichen Werte (Abb. 113) von *D_ew_job$_i$* befinden sich genauso wie bei anderen Indikatoren, denen das Prinzip des „Dissimilarity Index“ zugrunde liegt, zwischen 0 und 100 Prozent. Ein geringer Prozentwert kann als eine höhere Mischung von Nutzungen ausgelegt werden, höhere Werte als weniger durchmischte, segregiertere Nutzungssituation.

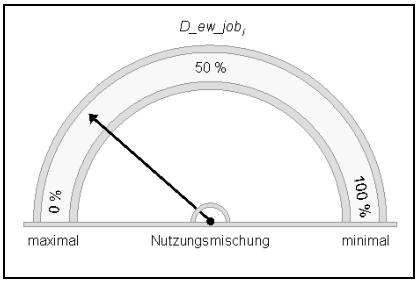



Abb. 113: Wertebereich des Indikators *D_ew_job$_i$* und deren Beurteilung bezüglich Nutzungsmischung in einem Raumbezug

Der Einfluss der Größe von Raumeinheiten - räumliche Auflösung - ist bei Betrachtung der Berechnungsvorschriften und Beispiele einigermaßen evident. Je geringer die Anzahl an Raumeinheiten bei deren Größenzunahme ist, eine desto weniger separierte Verteilung von Nutzungen werden diesen Aspekt behandelnde Indikatoren indizieren.

#### 7.5.3.4. Anteil der Einwohner mit Betriebs- oder Mischgebieten in ihrer näheren Umgebung

Die oben beschriebenen Indikatorenansätze (Kap. 7.5.3.1, Kap. 7.5.3.2 und Kap. 7.5.3.3) beziehen Distanzen zwischen verschiedenen Nutzungs- bzw. Widmungsformen nur über die Betrachtung von Raumeinheiten und Raumbezügen mit ein. Die tatsächlichen potenziell zurückzulegenden Wege von Einwohnern zu eventuellen Arbeitsplätzen werden dadurch nur näherungsweise beschrieben. Die einschlägige Literatur weist jedoch auch Maßzahlen auf, die diesem Umstand gerecht zu werden versuchen und Distanzen realistischer abbilden (Ewing, Pendall und Chen 2002, Prinz 2006). So verwenden Ewing, Pendall und Chen (2002) Schwellwerte von Distanzen zu Bildungseinrichtungen, zur Nahversorgung, zu Gewerbegebieten oder anderen Nicht-Wohn-Nutzungen ausgehend von der Lokation der Einwohner und berechnen somit den Anteil der Einwohner, die innerhalb dieses Distanzschwellwertes liegen.

In Anlehnung an diese Vorgangsweise wird - in Abhängigkeit von der Datenlage - ein prototypischer Indikator erstellt, der den Anteil der Einwohner berechnet, die innerhalb einer euklidischen Distanz von 500 m Verbauungen in den Flächenwidmungsklassen „Betriebsgebiete“ oder „Mischgebiete“ aufweisen.

$$EW_mix500rel_i = \frac{EW_mix500_i}{EW_i} * 100$$

*EW_mix500rel$_i$* – Anteil der Einwohner mit einer Verbauung in der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ oder „Mischgebiete“ innerhalb einer Distanz von 500 m an den gesamten Einwohnern im i-ten Raumbezug

*EW_mix500$_i$* – Zahl der Einwohner mit einer Verbauung in der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ oder „Mischgebiete“ innerhalb einer Distanz von 500 m an den gesamten Einwohnern im i-ten Raumbezug

*EW$_i$* – Zahl der Einwohner im i-ten Raumbezug

In der unten folgenden Abb. 114 wird die vorgestellte - prototypische- Maßzahl *EW_mix500rel$_i$* für drei Situationen (a, b und c) berechnet. Über ein simples Buffer-Verfahren (Schwellwert: z. B. 500 m) der Verbauungen, die in den Flächenwidmungen „Betriebsgebiete“ und „Mischgebiete“ liegen, werden diejenigen Raumeinheiten des geographischen Rasters mit Einwohnerzahlen gezählt, die innerhalb dieser Buffer-Zonen liegen. Im Falle des Szenario a befinden sich 9 der 25 Einwohner und somit 36 % anteilig innerhalb des 500 m Buffers, wohingegen in b 64 % der Einwohner (durch deren Umverteilung) innerhalb sind. Abb. 114c weist dieselbe Anzahl und Verteilung an Einwohnern auf wie a, allerdings wurden die Verbauungen in den „Betriebsgebieten“ und „Mischgebieten“ reduziert, womit weniger Einwohner (24 %) in den 500 m-Bereich fallen.

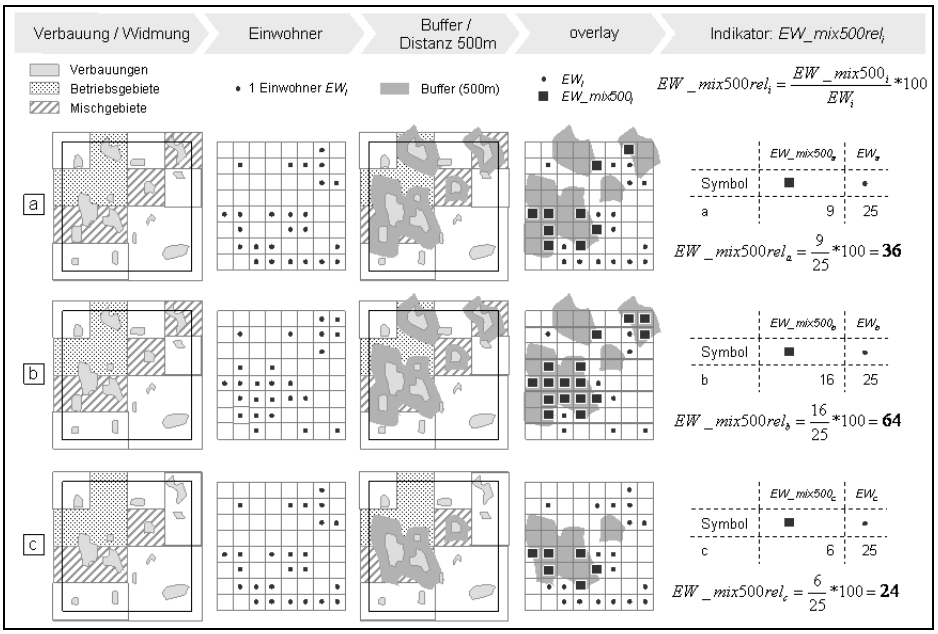



Abb. 114: Prototypischer Index *EW_mix500rel$_i$* für drei verschieden „durchmischte“ Szenarien

Der Wertebereich des Indikators *EW_mix500rel$_i$* (Abb. 115) liegt gemäß der Berechnungsvorschrift zwischen 0 und 100 Prozent. Die Interpretation dieser für den gegenständlichen Zweck der Charakterisierung des Segregationsgrades der Nutzungen eines Raumbezuges kann so erfolgen, dass Werte (kleine Anteile an Einwohnern) für eine segregierte und große Werte für eine eher durchmischte Siedlungsstruktur bezüglich der Nutzungen sprechen.

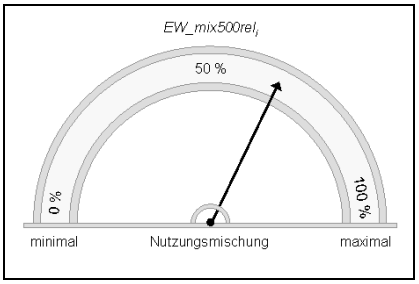



Abb. 115: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikator *EW_mix500rel$_i$* bezüglich der Mischung von Nutzungen oder ihrer Segregation innerhalb eines Raumbezuges

Durch den Einbezug von Flächenwidmungen wird nicht zwingend die tatsächliche Nutzung in die Berechnung eingebracht. Zudem bilden Flächenanteile keine Intensitäten der Nutzungen ab. Angedacht sei hier eine Bewertung der einbezogenen Flächen nach ihrer Beschäftigungsintensität bspw. über Beschäftigtendichtewerte (Kap. 7.3.1) Distanzschwellwerte haben trotz ihrer Praktikabilität in der Anwendung den Nachteil, dass der Schwellwertbestimmung eine entscheidende Rolle zukommt. Bereits kleine Änderungen können konträre Ergebnisse liefern - wie in Kap. 7.1 bereits angesprochen. Verfeinerungen des Konzeptes über den Einbezug einer netzwerkgebundenen Distanz können bei Vorhandensein eines entsprechenden Straßen- und Wegedatensatzes ein realistischeres Abbild liefern. Weiters stehen die über die erweiterten verbauten Flächenwidmungen ermittelten statistischen Fallzahlen (in diesem Fall Einwohner) in - wenn auch kleinräumiger - Aggregation auf Raumeinheiten mit 250 m zur Verfügung. In diesem Bereich und teilweise

darüber hinaus (Aggregation auf Basis der Adressen - nicht der Wohnlokation) unterliegt die vorgestellte Methode Ungenauigkeiten.

#### 7.5.3.5. Segregated Land Use Index

Ein weiterer Index, der versucht die Dimension „Nutzungsmischung“ quantitativ zu beschreiben, wird von Hasse (2002 oder auch Hasse und Lathrop 2003) unter der Bezeichnung „Segregated Land Use Index“ vorgestellt. Dieser zielt auf die zeitliche Entwicklung und somit auf die Beschreibung neuer Verbauungsgebiete bezüglich ihrer Situation in der gegenständlichen Dimension.

Rundum neue Verbauungen wird dabei eine Zone von etwa 500 m euklidischer Distanz erstellt und die Anzahl verschiedener „developed“ Landnutzungen (ohne Grünland, Ödland, landwirtschaftliche Nutzung und dgl.) in dieser Zone erhoben. Die durchschnittliche Anzahl verschiedener Nutzungen ergibt den Indikatorwert für einen übergeordneten Raumbezug. Diese Überlegung kann formal folgendermaßen beschrieben werden.

$$SLU_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} N_LU500NV_{ij}}{N_NV_i}$$

$SLU_i$ _____ Segregated Land Use Index, mittlere Anzahl unterschiedlicher Landnutzungen in einer Umgebung von 500 m zu neuen Verbauungen je neuer Verbauung im i-ten Raumbezug

$N_LU500NV_{ij}$ ___ Anzahl unterschiedlicher Landnutzungen in einer Umgebung von 500 m zur j-ten neuen Verbauung (NV) im i-ten Raumbezug

$N_NV_i$ _____ Anzahl der neuen Verbauungen im i-ten Raumbezug

Der von Hasse (2002, auch Hasse und Lathrop 2003) entwickelte Ansatz wurde für die vorliegende Arbeit entsprechend der Datenlage angepasst. In der Abb. 116 wird ersichtlich, wie die Ableitung des vorgestellten Index vollzogen werden kann. Je drei neue Verbauungen in den gezeigten Raumbezügen erhalten einen Buffer der Distanz 500 m. Anschließend werden die verschiedenen Widmungen der im Buffer enthaltenen Verbauungen gezählt. Diese Anzahl in Summe für den Raumbezug geteilt durch die Anzahl der neuen Verbauungen ergibt die mittlere Anzahl unterschiedlicher Widmungen für neue Verbauungen je Raumbezug. Abb. 116a erhält auf diese Weise einen Wert von 2,67, durch das Näherrücken älterer Verbauungen in b erhöht sich der Wert auf 3,33, wobei bspw. im Bufferbereich C mehrere alte Verbauungen in ein und derselben Widmung nur einmal gezählt werden. Eine weniger gestreute Widmung in Abb. 116c hat zum Ergebnis, dass nur sehr wenige unterschiedliche Widmungen im Buffer-Bereich liegen und den Indikatorwert 1,33 ergeben.

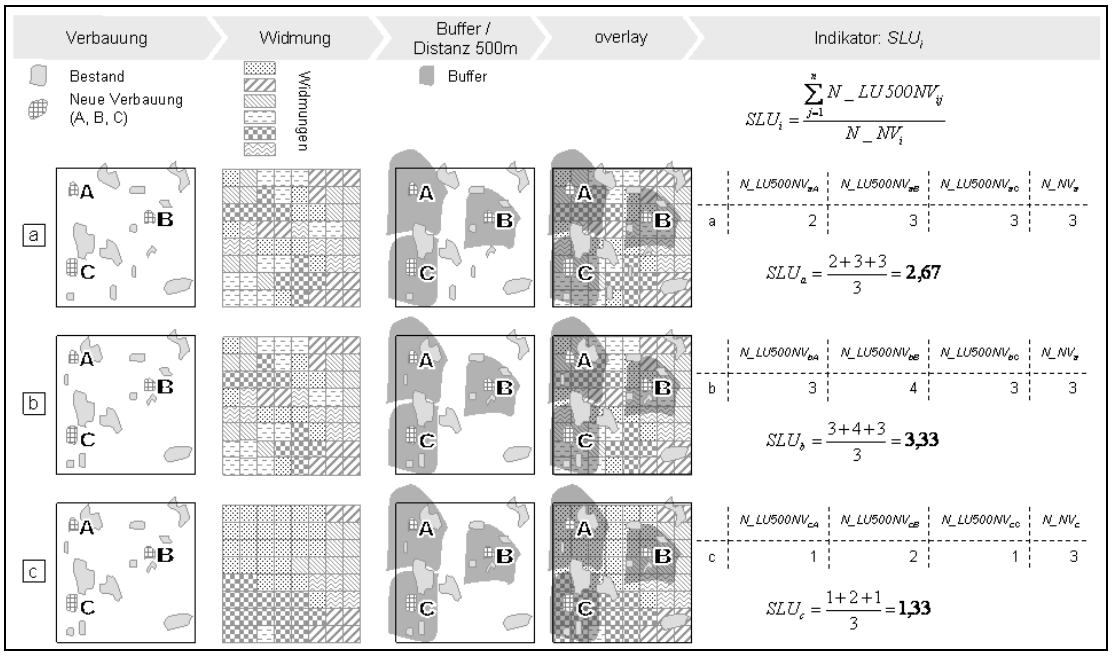



Abb. 116: Ableitung des Indikators $SLU_i$ für drei Szenarien unterschiedlicher Nutzungsmischung resp. Segregation von Nutzungen

Der leicht zu interpretierende Indikator $SLU_i$ hat einen Wertebereich (Abb. 117) von 0 bis zur maximalen Anzahl der unterschiedlichen Widmungen. Kleine Werte bedeuten eine geringe mittlere Anzahl unterschiedlicher Widmungen in der näheren Umgebung von neuen Verbauungen und sind bezüglich dieser Dimension als kritisch einzustufen. Große Werte indizieren eine höhere Mischung von Nutzungen und haben damit positiven Charakter (Hasse und Lathrop 2003).

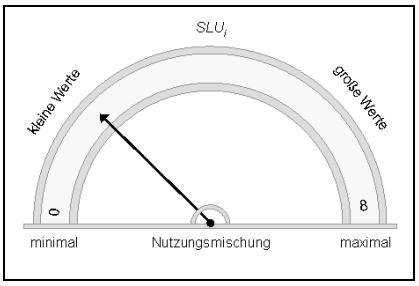



Abb. 117: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikator $SLU_i$ bezüglich der Dimension „Nutzungsmischung“ neuer Verbauungen innerhalb eines Raumbezuges

Wiederum tritt der Missstand zu Tage, dass Widmungen nicht gleich den tatsächlichen Nutzungen verstanden werden dürfen. Unter der Annahme einer rigorosen Raumordnungsexekution wird sich dieser Fehler in Grenzen halten. Denkbar wäre aber auch der Einbezug alternativer Datenquellen, wie Kataster, Fernerkundung (Landnutzung) oder bspw. auch Daten der Statistik. Euklidische bilden gegenüber netzwerkbezogenen Distanzen (Straßen) die tatsächliche Nähe weniger genau ab, erleichtern jedoch die Prozessierung. Allein die Anzahl der unterschiedlichen Nutzungen liefert zudem weder Informationen über die Qualität, das Ausmaß noch die Intensität. Daraus ergeben sich umfangreiche und vielversprechende Modifikationsmöglichkeiten, die in diesem Rahmen allerdings nur Erwähnung finden.

# 8. Zusammenfassung und Ausblick

Das Gesamtphänomen „Zersiedelung“ ist zwar leicht visuell wahrnehm- und in der Landschaft erkennbar, in Worte lässt es sich jedoch nur sehr schwer fassen. Beim Versuch einer quantitativen Beschreibung von Zersiedelung mittels räumlicher Indikatoren erweist sich dieses Fehlen eines einheitlichen Begriffsverständnisses als zentrale Schwierigkeit. Allerdings existieren einigermaßen klare definitorische Vorstellungen, welche einzelnen Eigenschaften der Zersiedelung zugeordnet werden können.

Ausgehend von dieser Erkenntnis aus Kap. 2 wird in der vorliegenden Arbeit in Kap. 6 versucht, diese Eigenschaften von Zersiedelung in konkrete Messdimensionen zu übersetzen, deren Ausprägungen in einer Siedlungsstruktur prinzipiell voneinander unabhängig möglich sein sollten. Für diese Anzahl von vierzehn Dimensionen - gegliedert in vier Kriterienkategorien - werden in Kap. 7 je zumindest ein, in der Regel mehrere Operationalisierungsverfahren mitsamt einigen auszugsweisen Variationsmöglichkeiten, wie sie im gängigen Schrifttum Verwendung finden, erarbeitet und diskutiert. Diese Methoden sollen auf einigermaßen einfache und transparente Weise mit verfügbaren Datengrundlagen eine Quantifizierung der jeweiligen Dimension erlauben. Besonderes Augenmerk wird in dieser Arbeit auf Anschaulichkeit gelegt, weshalb sowohl die Ableitung der Messdimensionen, die Erläuterungen zu den Indikatoren und nicht zuletzt die Testung an Realdaten (Kap. 9.1) mit Illustrationen und bildlichen Prozessabläufen unterstützt wird.

Im Zuge der methodischen Diskussion (Kap. 7) erweist sich die Mehrheit der Messdimensionen als mit einfachen Mitteln ausreichend operationalisierbar. Dennoch sind vereinzelt weitere Konkretisierungsschritte der Dimensionen in ihre Subdimensionen notwendig, um eine zufriedenstellende quantitative Beschreibung über räumliche Indikatoren zu ermöglichen.

Freilich gelten jedoch einige Hauptproblempunkte - wie bspw. der Einfluss des nur eingeschränkt besiedelbaren Raumes oder der siedlungsgenetischen Vorprägung -, die eine Verzerrung der Ergebnisse bewirken und die Vergleichbarkeit mindern, als nach wie vor ungelöst. Ansätze zu deren Abschwächung werden im Zuge des Kap. 7 diskutiert (siehe hierzu auch Doubek und Winkler 1995).

Um Aussagen zum zuvor in Messdimensionen zerlegten Begriff Zersiedelung tätigen zu können, ist die nachherige Integration der Ergebnisse der einzelnen Dimensionen erforderlich. Dabei wird der Interessent manche für mehr, andere für weniger wichtig ansehen und danach auswählen und gewichten. Die Auswahl wird daneben auch nach geringer Korrelation der tatsächlichen Resultate erfolgen, um den Umfang an Indikatoren möglichst überschaubar zu halten.

Möglichkeiten zu dieser Integration ergeben sich sowohl in einer gemeinsamen Betrachtung der Resultate einzelner Dimensionen als auch in einer Gewichtung und rechnerischen Zusammenfassung, nach vorheriger entsprechender Skalierung der Wertebereiche (siehe bspw. Galster et al. 2001 oder Frenkel und Ashkenazi 2005), worauf in dieser Arbeit des begrenzten Umfanges und der Grundintention wegen kaum eingegangen werden kann.

Eine konkrete empirische Betrachtungskonzeption von Zersiedelung mit bspw. räumlichen Indikatoren bedarf zudem einer vertieften Diskussion zum angestrebten Maßstab in zweierlei

Hinsicht (vgl. auch Siedentop 2005). Einerseits ist bezüglich der Datenauflösung zu prüfen, inwieweit deren meist unvermeidliche Aggregation die interessierenden Sachverhalte mittelt oder gar verdeckt. Zum anderen muss der entsprechende Aussagemaßstab - in der gegenständlichen Arbeit Raumbezug genannt - (nicht nur in Abhängigkeit von der Datenverfügbarkeit) gefunden werden.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass es mit dem angestrebten systematischen, dimensionalen Analyseansatz - zumindest konzeptionell - möglich erscheint, ein dem ersten Anschein nach schwierig zu fassendes Betrachtungsobjekt mit Hilfe verhältnismäßig simpler Methoden quantifizierbar zu machen. Ein derartig differenziertes Vorgehen trägt schließlich der Mehrdimensionalität des Phänomens „Zersiedelung“ Rechnung.

# 9. Verzeichnisse

## 9.1. Indikatorenblätter

Indikatorenblatt 7.2.1.1: *verbaut_dsr*$_{ij}$ (Anteil verbauter Fläche am Dauersiedlungsraum)
Indikatorenblatt 7.3.1.1: *EW_ha_verbr*$_{ij}$ (Einwohner mit Hauptwohnsitz je Hektar Verbreitungsraum)
Indikatorenblatt 7.3.2.1: *infrastruktur1*$_{i}$ (Gemeindestraßenlänge je Einwohner und Beschäftigtem)
Indikatorenblatt 7.3.2.2: *kreuz_ew_besch*$_{i}$ (quadrierte, nach der Verbindungsqualität gewichtete, Anzahl der Kreuzungen normiert über Einwohner und Beschäftigte)
Indikatorenblatt 7.3.2.3: *SG_ew*$_{i}$ (Anzahl der Sackgassen je 1000 Einwohner)
Indikatorenblatt 7.3.2.4: *str_mesh_mean*$_{i}$ (mittlere Maschenweite des Straßennetzes)
Indikatorenblatt 7.4.1.1a: *GINI*$_{i}$ (Gini-Koeffizient und Lorenzkurve: Verbreitungsraum)
Indikatorenblatt 7.4.1.1b: *GINI*$_{i}$ (Gini-Koeffizient und Lorenzkurve: alle Raumeinheiten)
Indikatorenblatt 7.4.2.1: *leapfrog*$_{i}$ (mittlere minimale Distanz neuer Verbauungen nach 1978 zu den bestehenden Verbauungen vor 1978)
Indikatorenblatt 7.4.2.2: *SE_TypIV*$_{ij}$ (Standortstruktur der Siedlungsentwicklung Typ IV: Siedlungs-Erweiterung nach 1978 ohne Anschluss an den bestehenden Siedlungsraum vor 1978)
Indikatorenblatt 7.4.3.2: *PAR*$_{i}$ (mittlere Perimeter-Area-Ratio der Siedlungskörper)
Indikatorenblatt 7.4.3.3a: *MSI*$_{i}$ (mittlerer Shape Index der Siedlungskörper)
Indikatorenblatt 7.4.3.3b: *MSI>1ha*$_{i}$ (mittlerer Shape index der Siedlungskörper > 1 Hektar)
Indikatorenblatt 7.4.4.1: *Highway_Strip_Index*$_{i}$ (Anteil verbauter Flächen im ausschließlichen Erschließungsbereich übergeordneter Straßen)
Indikatorenblatt 7.4.5.1: *nuklei*$_{i}$ (Anzahl der Siedlungs- und Beschäftigungszentren)
Indikatorenblatt 7.4.5.2: *mononuklearitaet*$_{i}$ (Mononuklearität)
Indikatorenblatt 7.4.6.1: *dist_rel_50%*$_{i}$ (relative Distanz von Strukturanteilen)
Indikatorenblatt 7.5.1.1: *PL*$_{i}$ (Planungsinkonsistenz Index)
Indikatorenblatt 7.5.2.1: *mean_area_uniform1*$_{i}$ (mittlere Größe reiner Wohngegenden)
Indikatorenblatt 7.5.3.2: *EWT_AP_ratio_trans*$_{i}$ (transformierte Anzahl der Erwerbstätigen je Arbeitsplatz)

## 9.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Maßstabsebenen der siedlungsgeographischen Betrachtung (erstellt nach Lichtenberger 1998, Dangschat, Kratochwil und Schwanter 2004, Feng 2004, Heineberg 2001, Lienau 2000) ..... 5
Abb. 2: Phasenmodell der Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung in Agglomerationsräumen (eigener Entwurf in Anlehnung an Heineberg 2001) ..... 10
Abb. 3: Konzepte zur Ableitung von Indikatoren (erstellt aus Birkmann et al. 1999 bzw. Dollinger, Prinz und Wonka 2005) ..... 17
Abb. 4: Indikatorenmodell bzw. Analyseablauf der vorliegenden Arbeit ..... 18
Abb. 5: Untersuchungsgebiet, räumliche Datenverfügbarkeit und Raumbezüge der vorliegenden Arbeit ..... 20
Abb. 6: Prototypische Ableitung eines Dauersiedlungsraumes ..... 22
Abb. 7: Datengrundlagen: Verbauungskartierung und Straßennetz ..... 23
Abb. 8: Datengrundlagen: geographische Raster 250 m und Flächenwidmungsplan ..... 24
Abb. 9: Kategorisierungsversuch der einzelnen - nachfolgend vorgestellten - Messdimensionen von Zersiedelung ..... 26
Abb. 10: hoher (a) versus geringem (b) Flächenverbrauch (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 27

Abb. 11: mäßige und kontrollierte Entwicklung (a) einer Siedlungsstruktur in Gegenüberstellung mit einer dynamischen und explosiven Entwicklung (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 28
Abb. 12: intensive Nutzung / hohe Dichte (a) im Vergleich zu geringer Intensität / geringer Dichte (b) von Merkmalen - wie hier Gebäude - bezogen auf die Fläche (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 29
Abb. 13: hohe Konnektivität (a) einer Siedlungsstruktur in Gegenüberstellung zu geringer Konnektivität (b) (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 30
Abb. 14: Siedlungsentwicklung abgestimmt und harmonisch (a) bzw. nicht angepasst und disharmonisch (b) gegenüber der vorhandenen Infrastruktur (inspiriert durch Hasse 2002) 31
Abb. 15: Konzentration (a) versus Gleichverteilung / Dispersion (b) von Merkmalen (bspw. Gebäude) auf Raumeinheiten (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 32
Abb. 16: kontinuierliche (a) versus diskontinuierliche (b) Verbauung (inspiriert durch Hasse 2002) ... 33
Abb. 17: kompakte (a) Siedlungsform versus zerklüfteter (b) - weniger kompakter bzw. komplexer - Siedlungsform (inspiriert durch Hasse 2002)..... 34
Abb. 18: Siedlungsbestand und -entwicklung im Erschließungsbereich des Gemeindestraßennetzes (a) im Vergleich zu Highway-Strip-Development und einer zunehmenden bandartigen Verbauung (b) (inspiriert durch Hasse 2002)..... 35
Abb. 19: mononukleare Siedlungsstruktur (a) versus Polynuklearität (b) (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 35
Abb. 20: zentrale (a) und dezentrale (b) Siedlungsstruktur (inspiriert durch Hasse 2002)..... 36
Abb. 21: Siedlungsstruktur und -bestand: konsistent (a) bzw. inkonsistent (b) mit den Raumplanungszielen resp. -widmungen (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 36
Abb. 22: homogene, uniforme und ästhetisch unansprechende Siedlungsstruktur (a) versus abwechslungsreiche Bebauung (inspiriert durch Hasse 2002) ..... 37
Abb. 23: Nutzungsmischung (a) versus segregierte Nutzung (b) (inspiriert durch Hasse 2002)..... 38
Abb. 24: Überblicksdarstellung der Messkonzepte und Indikatoren für die einzelnen Messdimensionen ..... 40
Abb. 25: beispielhafte Umsetzung der vorgestellten Indikatoren zum Messkonzept „Anteil verbauter Fläche“ ..... 44
Abb. 26: Wertebereich der fünf Indikatorenansätze zum „Anteil verbauter Fläche“ und deren Interpretation im Kontext der Dimension „Flächenverbrauch“ ..... 44
Abb. 27: Indikator $vb_dynamik_{ij}$ in drei verschieden dynamischen Raumbezugsbeispielen ..... 46
Abb. 28: Wertebereich und Interpretation von $vb_dynamik_{ij}$ ..... 46
Abb. 29: Dichtewerte mit variierender Bezugsfläche und unterschiedlicher statistischer Fallzahl ..... 49
Abb. 30: Wertebereich von Dichteberechnungen und Interpretationsmöglichkeit bezüglich der angesprochenen Dimension ..... 51
Abb. 31: Ableitung des Indikators $verbaut_per_capita_{ij}$ ..... 52
Abb. 32: Wertebereich und Interpretation von $verbaut_per_capita_{ij}$ bezüglich „Nutzungsintensität“.... 52
Abb. 33: Ableitung des Indikators $EW_HH_mean_i$ für drei Szenarien ..... 54
Abb. 34: mögliche Werte von $EW_HH_mean_i$ und deren Interpretation..... 54
Abb. 35: Berechnung des Singlewohnungsanteils $Single_Whg_rel_i$ für drei Beispiele an Wohnstrukturen..... 55
Abb. 36: Wertebereich von $Single_Whg_rel_i$ und Bedeutung im Kontext der Dimension „Nutzungsintensität“ ..... 55
Abb. 37: Berechnung des Indikators $WoGe_1u2fam_rel_i$ für drei Wohn- und Bebauungsstruktur-Szenarien ..... 56
Abb. 38: Wertebereich von $WoGe_1u2fam_rel_i$ mit Interpretation bezüglich der Dimension „Nutzungsintensität“ ..... 56
Abb. 39: Umsetzung des Indikators $infrastruktur1_i$ anhand zweier Beispiele ..... 58
Abb. 40: Wertebereich des Indikators $infrastruktur1_i$ und Interpretation in der Dimension „Konnektivität“ ..... 58
Abb. 41: Indikator $infrastruktur2_i$ in drei Anwendungsbeispielen ..... 59
Abb. 42: mögliche Ergebniswerte des Indikators $infrastruktur2_i$ und deren Deutungsversuch im Kontext der Dimension „Konnektivität“..... 59

Abb. 43: Absolute Anzahl der Kreuzungen von Gemeindestraßen „*kreuz_abs*$_i$“ in drei Beispielen ..... 61
Abb. 44: Wertebereich und Deutung bezüglich „Konnektivität“ der Maßzahl *kreuz_abs*$_i$ ..... 61
Abb. 45: Berechnung des Indikators *kreuz_ew_besch*$_i$ für drei beispielhafte Szenen ..... 62
Abb. 46: Wertebereich des Indikators *kreuz_ew_besch*$_i$ und Interpretation bezüglich der Dimension „Konnektivität“ ..... 63
Abb. 47: Übertragung des Konzeptes „*kreuz_km*$_i$“ auf Beispielsgebiete ..... 63
Abb. 48: Illustration des möglichen Wertebereiches des Indikators „*kreuz_km*$_i$“ ..... 64
Abb. 49: Beispiele unterschiedlicher Auslegungen des Begriffs „Sackgasse“ ..... 65
Abb. 50: Indikator *SG_ew*$_i$ dreier Konnektivitätsszenarien ..... 65
Abb. 51: mögliche Interpretation und Wertebereich des Indikators *SG_ew*$_i$ ..... 66
Abb. 52: Konnektivitätsmaß *SG_median*$_i$ für drei Beispiele ..... 67
Abb. 53: Möglicher Wertebereich der Maßzahl *SG_median*$_i$ und Interpretation ..... 67
Abb. 54: Anwendung des Indikators *str_mesh_mean*$_i$ auf drei beispielhafte Situationen ..... 69
Abb. 55: Wertebereich und Interpretation von *str_mesh_mean*$_i$ ..... 69
Abb. 56: Indikatorprototyp *Verbauung_ÖV_rel*$_{ij}$ für drei Beispielsszenarien der Dimension „infrastrukturell-abgestimmte Siedlungsentwicklung“ ..... 70
Abb. 57: Möglicher Wertebereich und Interpretation von *Verbauung_ÖV_rel*$_{ij}$ und *Verbauung_neu_ÖV_rel*$_{ij}$ ..... 71
Abb. 58: Umsetzung des Indikatorenkonzeptes *Verbauung_neu_ÖV_rel*$_{ij}$ für drei Szenen ..... 72
Abb. 59: Beispielhafte Erstellung einer Lorenzkurve und der entsprechenden Gleichverteilungsgeraden ..... 75
Abb. 60: Ableitung des Gini-Koeffizienten aus der Lorenz-Kurve und der Gleichverteilungsgerade ... 75
Abb. 61: Wertebereich und Interpretation des Gini-Koeffizienten ..... 75
Abb. 62: Lorenzkurve und daraus abgeleiteter Gini-Koeffizient für vier unterschiedliche Szenarien ... 76
Abb. 63: Ableitung der Indikatoren *sehr_dicht_rel*$_i$ und *EW_rel*$_{sehr_dichti}$ für vier Beispielsszenarien ..... 78
Abb. 64: Wertebereich und Interpretation von *sehr_dicht_rel*$_i$ und *EW_rel*$_{sehr_dichti}$ ..... 79
Abb. 65: Ableitung des Variationskoeffizienten der Dichte von Raumeinheiten *VarK*$_i$ für vier Raumbezüge ..... 80
Abb. 66: Wertebereich und Interpretation von *VarK*$_i$ für die Dimension „Konzentration“ ..... 81
Abb. 67: Ableitung des Dissimilarity Index ($D_i$) einer statistischen Fallzahl (*Statistik*$_{ij}$) und der zur Verfügung stehenden Fläche ($A_{ij}$) ..... 82
Abb. 68: Dissimilarity Index $D_i$ vier unterschiedlicher Konzentrations-Szenarien ..... 82
Abb. 69: Wertebereich und Interpretation des „Dissimilarity Index“ ..... 82
Abb. 70: Leapfrog-Index (*leapfrog*$_i$) dreier unterschiedlicher Kontinuitäts-Szenarien ..... 84
Abb. 71: Wertebereich und Interpretation des Leapfrog-Index (*leapfrog*$_i$) ..... 84
Abb. 72: Ableitung des Indikators „Standortstruktur der Siedlungsentwicklung“ zweier unterschiedlicher Kontinuitäts-Szenarien ..... 86
Abb. 73: Wertebereich der Indikatoren *SE_TypI*$_{ij}$, *SE_TypII*$_{ij}$, *SE_TypIII*$_{ij}$, *SE_TypIV*$_{ij}$ ..... 87
Abb. 74: Ableitung der „Mean Nearest Neighbor Distance“ (*MNN*) zweier unterschiedlicher Verbauungszeitstände ..... 88
Abb. 75: Wertebereich und Interpretationsansatz zur „Mean Nearest Neighbor Distance“ (*MNN*$_i$)..... 89
Abb. 76: Ableitung des „Nearest Neighbor Index“ (*NNI*) zweier unterschiedlicher Verbauungszeitstände ..... 89
Abb. 77: Wertebereich und mögliche Deutung des „Nearest Neighbor Index“ (*NNI*$_i$)..... 90
Abb. 78: Ableitung des Kontinuitätsmaßes *REdev_rel*$_i$ nach Galster (2001) für zwei unterschiedliche Kontinuitätsszenarien ..... 91
Abb. 79: Wertebereich von *REdev_rel*$_i$ mit entsprechender Interpretationsmöglichkeit ..... 91
Abb. 80: Ansätze zur Entwicklung eines Kontinuitätsmaßes (*iso1*$_i$ und *iso2*$_i$) für drei verschiedene Kontinuitätsszenarien ..... 93
Abb. 81: Wertebereich von *iso1*$_i$ und Deutung bezüglich einer kontinuierlichen Verbauung..... 93
Abb. 82: Wertebereich von *iso2*$_i$ mit möglicher Interpretation ..... 93

Abb. 83: Auszug aus der Verbauungskartierung in Gegenüberstellung mit einem Orthophoto ..... 95
Abb. 84: Generalisierung der Verbauungskartierung mit dem Verfahren „Dilatation - Erosion“ für den Distanzschwellwert 30 Meter (15 Meter Bufferdistanz) ..... 96
Abb. 85: Siedlungskörper - aus der Verbauungskartierung über das Verfahren „Dilatation - Erosion“ abgeleitet..... 96
Abb. 86: Dilatation / Erosion mit verschiedenen Buffer-Distanzen und den daraus resultierenden Siedlungskörpern ..... 97
Abb. 87: Perimeter-Area-Ratio ($P_{ij}$ / $A_{ij}$) und $PAR_i$ für unterschiedliche Szenarien..... 98
Abb. 88: mögliche Ausprägungen des Indikators $PAR_i$ resp. der Perimeter-Area-Ratio und deren Interpretation ..... 98
Abb. 89: vier Beispielsszenen & Umsetzung des Konzeptes des Mean Shape Index $MSI_i$ ..... 100
Abb. 90: Wertebereich des Shape Index bzw. des Mean Shape Index ($MSI_i$) und Interpretation bezüglich der gegenständlichen Zersiedelungs-Dimension ..... 100
Abb. 91: Anwendung des Indikator-Prototyps *Highway-Strip-Index*$_i$ auf drei Szenarien ..... 102
Abb. 92: mögliche Resultate des *Highway-Strip-Index*$_i$ und deren Bewertung bezüglich der vorliegenden Zersiedelungsdimension ..... 102
Abb. 93: Anwendung des Indikators *nuklei*$_i$ auf drei exemplarische Szenarien..... 104
Abb. 94: Wertebereich (abgesehen von *nuklei*$_i$ = 0) und Auslegung des Indikators *nuklei*$_i$..... 104
Abb. 95: Umsetzung des Indikators *mononuklearitaet*$_i$ in drei Beispielen ..... 105
Abb. 96: Wertebereich und Interpretation des Indikators *mononuklearitaet*$_i$ ..... 106
Abb. 97: Anwendung der Messkonzepte *dist_abs_50%*$_i$ und *dist_rel_50%*$_i$ auf drei Beispiele..... 108
Abb. 98: Wertebereich und Interpretation von *dist_abs_50%*$_i$ ..... 108
Abb. 99: Wertebereich und Interpretation von *dist_rel_50%*$_i$ ..... 109
Abb. 100: Ableitung des Indikatoransatzes $PI_i$ in drei Beispielen ..... 111
Abb. 101: Wertebereich des Indikators $PI_i$ bei einer maximalen Gewichtung der Widmungsflächen von zehn ..... 112
Abb. 102: Prototypischer Indikator *mean_area_uniform1*$_i$ in seiner Anwendung auf vier Beispielsraumbezüge..... 113
Abb. 103: Wertebereich des Indikator-Prototyps *mean_Area_uniform1*$_i$ und Interpretation der Ergebniswerte bezüglich der Dimension Ästhetik..... 114
Abb. 104: Umsetzung eines Maßes zur Quantifizierung der Landnutzungsmischung ($mix_{widmi}$) für drei exemplarische Szenarien..... 116
Abb. 105: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikators $mix_{widmi}$ ..... 116
Abb. 106: Umsetzung eines Indikators zur Quantifizierung des „Erwerbstätige / Arbeitsplätze - Verhältnis“ (*EWT_AP_ratio*$_i$) für drei Beispielsszenarien..... 118
Abb. 107: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikators *EWT_AP_ratio*$_i$ bezüglich der Nutzungsmischung innerhalb eines Raumbezuges ..... 118
Abb. 108: Vergleich der Ergebnisse des Indikators *EWT_AP_ratio*$_i$ mit den Ergebnissen des Indikators *EWT_AP_ratio_trans*$_i$..... 119
Abb. 109: Wertebereich und mögliche Auslegung (vgl. hierzu Diskussionspunkt oben) des Indikators *EWT_AP_ratio_trans*$_i$ bezüglich der Mischung von Nutzungen (Erwerbstätige versus Arbeitsplätze) innerhalb eines Raumbezuges ..... 120
Abb. 110: Umsetzung des Indikators *D_widm*$_i$ (Dissimilarity Index: Verbauungen der Flächenwidmung „Betriebsgebiete“ versus „Wohngebiete“) für zwei unterschiedliche Beispielsszenarien ... 122
Abb. 111: möglicher Wertebereich des Indikators *D_widm*$_i$ und Interpretation bezüglich der Nutzungsmischung in einem Raumbezug ..... 122
Abb. 112: Umsetzung und Verhalten des Indikators *D_ew_job*$_i$ anhand von drei Beispielen ..... 123
Abb. 113: Wertebereich des Indikators *D_ew_job*$_i$ und deren Beurteilung bezüglich Nutzungsmischung in einem Raumbezug ..... 123
Abb. 114: Prototypischer Index *EW_mix500rel*$_i$ für drei verschieden „durchmischte“ Szenarien..... 125
Abb. 115: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikator *EW_mix500rel*$_i$ bezüglich der Mischung von Nutzungen oder ihrer Segregation innerhalb eines Raumbezuges ..... 125

Abb. 116: Ableitung des Indikators $SLU_i$ für drei Szenarien unterschiedlicher Nutzungsmischung resp. Segregation von Nutzungen ..... 127
Abb. 117: Wertebereich und mögliche Auslegung des Indikator $SLU_i$ bezüglich der Dimension „Nutzungsmischung“ neuer Verbauungen innerhalb eines Raumbezuges ..... 127

## 9.3. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Dynamik städtischer Veränderungsprozesse (aus Franck und Wegener 2003) ..... 6
Tab. 2: Auszugsweise Übersicht an Definitionen, Merkmalen und Attributen zum Begriff „Zersiedelung“ bzw. „Urban Sprawl“ ..... 8
Tab. 3: Rahmenbedingungen für ausgewählte siedlungsstrukturelle Prozesse ..... 12
Tab. 4: Ursächlichkeiten für Zersiedelungsprozesse ..... 13
Tab. 5: Negativ behaftete sozio-kulturelle, ökologische und ökonomische Auswirkungen von Zersiedelung ..... 14
Tab. 6: Anforderungen an räumliche Indikatoren ..... 17
Tab. 7: Typische bei der Interpretation von Indikatoren zu beachtende Einflussgrößen auf Indikatoren ..... 41
Tab. 8: auszugsweise Gliederung der als Divisor für Dichteberechnungen heranziehbaren Flächenkonzepte ..... 48
Tab. 9: Gewichtung der Kreuzungen nach der Kreuzungsverbindungsqualität ..... 61
Tab. 10: Gewichtung der Verbauungen nach Flächenwidmungsklassen ..... 110

## 9.4. Literaturverzeichnis

Adensam, H., M. Bruck und S. Geissler, 2002, Externe Kosten. Externe Kosten der Flächennutzung im Hochbau. Band II. - Wien. - Online: http://www.bmwa.gv.at/NR/rdonlyres/C7D9BF5B-1261-4CE4-A00F-B30461C5FDC5/0/ExterneKosten.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, 2004, LISL. Lokales Indikatorensystem für dauerhafte Lebensqualität. Wegweiser für eine nachhaltige Gemeindeentwicklung. - Linz. - Online: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/SID-3DCFCFC3-7355CE16/ooe/uak_lisl.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 7 Landesplanung und Raumordnung, 2002, Salzburger Raumordnungsbericht 2001. 4. Bericht über den Stand der Raumordnung im Land Salzburg. - Salzburg. - Online: http://www.salzburg.gv.at/themen/bw/raumplanung/rp1_publikationen/rp2_publi_rob.htm, verfügbar am 28. September 2006.

Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 7 Landesplanung und Raumordnung, 2004, Handbuch Raumordnung Salzburg. - Salzburg. - Online: http://www.salzburg.gv.at/haro_9ausgabe_komplett_04.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 7 Landesplanung und Raumordnung, 2006, Salzburger Raumordnungsbericht 2005. 5. Bericht über den Stand der Raumordnung im Land Salzburg. - Salzburg.

Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 7 Landesplanung und Raumordnung, 2006b, Verfahren zur Aufstellung und Änderung von Flächenwidmungsplänen. - Online: http://www.salzburg.gv.at/themen/bw/raumplanung/rp1_oertliche_raumplanung/rp2_verfahrenfwp.htm, verfügbar am 28. September 2006.

Amt der Salzburger Landesregierung, Hrsg., 2003, Salzburger Landesentwicklungsprogramm. Gesamtüberarbeitung 2003. - Salzburg, (= Entwicklungsprogramme und Konzepte, Heft 3).

Apel, D. et al., 2000, Szenarien und Potentiale einer nachhaltig flächensparenden und landschaftsschonenden Siedlungsentwicklung. - Berlin, (= Berichte des Umweltbundesamtes, Band 01/00). - Zusammenfassung Online: http://www.difu.de/publikationen , verfügbar am 24. November 2006.

Bania, N, C. Coulton und L. Leete, 2000, Welfare reform and access to job opportunities in the cleveland metropolitan area. - Cleveland. - Online: http://povertycenter.cwru.edu/urban_poverty/dev/pdf/Fordv4.PDF, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Barnes, K. et al., o. D., Sprawl development: Its patterns, consequences, and measurement. - White Paper. - Online: http://chesapeake.towson.edu/landscape/urbansprawl/download/Sprawl_white_paper.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Becker, H., 2003, Qualitätsmanagement und Politiksteuerung durch Evaluierung und Monitoring. In: Deutsches Institut für Urbanistik, Hrsg., 2003, Strategien für die Soziale Stadt. - Berlin. - Online: http://www.sozialestadt.de/veroeffentlichungen/endbericht, verfügbar am 8. Februar 2007.

Bento, A. et al., 2004, The Impact of Urban Spatial Structure on Travel Demand in the United States. - Washington, (= World Bank Policy Research Working Paper, Nr. 3007). - Online: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=636369, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Birkmann, J. et al., 1999, Indikatoren zur Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltiger Entwicklung. In: Birkmann, J. et al., Hrsg., 1999, Indikatoren für eine nachhaltige Raumentwicklung. Methoden und Konzepte der Indikatorenforschung. (=Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Band 96).

Birkmann, J., 1999, Eckpunkte für ein kommunales Nachhaltigkeitsindikatorensystem - insbesondere für die räumliche Planung. In: Birkmann, J. et al., Hrsg., 1999, Indikatoren für eine nachhaltige Raumentwicklung. Methoden und Konzepte der Indikatorenforschung. (=Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Band 96).

Blaschke, T., 1999, Quantifizierung der Struktur einer Landschaft mit GIS: Potenzial und Probleme. - In: Erfassung und Bewertung der Landschaftsstruktur - Dresden, (= IÖR-Schriften, Band 29), S. 9 - 29.

Blotevogel, U., 2001, Kultur- u. Sozialgeographie. Kap. 06. Verstädterung. - Online: http://www.uni-duisburg.de/FB6/geographie/Studium/Lehrveranstaltungen/WS2001/06_Verstaedterung.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Brandt, H., H. Holzapfel und I. Hopmeier, 2004, EVALO. Eröffnung von Anpassungsfähigkeit für lebendige Orte. Verbundprojekt im Forschungsprogramm „Bauen und Wohnen im 21. Jahrhundert“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Endbericht. Gesamtprojekt. - Kassel. - Online: http://www.uni-kassel.de/fb13/evalo/PDF_Down/EVALO_Endbericht.pdf, verfügbar am 22 Dezember 2006.

Braumann, C., 1988, Siedlungsstruktur und Infrastrukturaufwand. Auswirkungen unterschiedlicher Siedlungsstrukturen auf den Aufwand für die kommunale Infrastruktur, gezeigt an ausgewählten Salzburger Gemeinden. - Salzburg, (= Schriftenreihe des Salzburger Institutes für Raumforschung, Band 9).

Bundesregierung Österreich, 2002, Die österreichische Strategie zur nachhaltigen Entwicklung. Eine Initiative der Bundesregierung. - Online: http://www.umweltnet.at/filemanager/download/7477/, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Carrion-Flores, C. und E. Irwin, 2004, Determinants of residential land use conversion and sprawl at the rural-urban-fringe. In: American Journal of Agricultural Economics, Volume 86 (4), S. 889 - 904.

Coenen, R., 2000, Konzeptionelle Aspekte von Nachhaltigkeitsindikatorensystemen. In: TA-Datenbank-Nachrichten, 9. Jahrgang (2000), Nummer 2, S. 47 - 53.

Cutsinger, J. et al., 2005, Verifying the Multi-Dimensional Nature of Metropolitan Land Use: Advancing the Understanding and Measurement of Sprawl. In: Journal of Urban Affairs, Volume 27, Nummer 3, S. 235 - 259

Dangschat, J., S. Kratochwil und U. Schwanter, 2004, Individuell okay, aber in der Summe problematisch! AkteurInnen rund um Sprawl (ing). - Online: http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung//step/pdf/urbansprawl-basispapier-dangschatt.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Diefenbacher, H., 2001, Die Analyse regionaler Nachhaltigkeit im Vergleich verschiedener Bewertungsmethoden. - Heidelberg. - Online: http://bwplus.fzk.de/berichte/SBer/BWA99006SBer.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Doubek, C. und P. Winkler, 1995, Siedlungsentwicklung in Österreich. Band I: Trends 1971 - 1991. - Wien, (= Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) Schriftenreihe Nr.121).

Doubek, C. und G. Zanetti, 1999, Siedlungsstruktur und öffentliche Haushalte. Gutachten des Österreichischen Instituts für Raumplanung (ÖIR). - Wien, (= Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) Schriftenreihe Nr.143).

Dollinger, F., T. Prinz und E. Wonka, 2005, Entwicklung räumlich flexibler Planungs-Indikatoren - Grundlagen für die Umsetzung einer nachhaltigen Regional- und Ortsplanung. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 2005, Beiträge zum 17. AGIT-Symposium Salzburg. - Heidelberg, S. 118 - 123.

Dumfarth, E., 2000, Geostatistik. Materialien zur Vorlesung Geostatistik. - Institut für Geographie, Universität Salzburg (unveröffentlicht).

Ewing, R., R. Pendall und D. Chen, 2002, Measuring sprawl and its impact. - Washington - Online: http://www.smartgrowthamerica.org/sprawlindex/MeasuringSprawl.PDF, verfügbar am 22 Dezember 2006.

Europäische Kommission. Generaldirektion XI, Hrsg., 1996, Zukunftsfähige Städte in Europa. Schlussbericht. Zusammenfassung. - Brüssel - Online: http://ec.europa.eu/environment/urban/pdf/exsum-de.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Feng, X., 2004, Modelling the spatial pattern of urban fringe. Case study Hongshan, Wuhan. - Enschede, Magisterarbeit am international institute for geo-information science and earth observation - Online: http://www.itc.nl/library/Papers_2004/msc/upla/xu_feng.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Franck, G. und M. Wegener, 2003, Die Dynamik räumlicher Prozesse. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2003. - Wien, S. 19 - 26.

Frenkel, A. und M. Ashkenazi, 2005, Measuring Urban Sprawl; How Can We Deal With It? - In: European Regional Science Association conference papers, 2005 - Wien - Online: http://www.feweb.vu.nl/ersa2005/final_papers/50.pdf, verfügbar am 22 Dezember 2006.

Friedwagner, A. et al., 2005, Verkehrsreduktion durch kompakte Raumstrukturen. In: SWS-Rundschau, Heft 3/2005 S. 386 - 403 - Online: http://homepage.univie.ac.at/martin.heintel/publikationen-Dateien/SWS_2005_3_friedwagner_etal.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Fritzsche, A., 2000, Verfügbarkeit, Gewinnung und Aufbereitung digitaler Daten für Nachhaltigkeitsindikatoren. - Diskurspapier - Online: http://www.isl-projekte.uni-karlsruhe.de/arldiskurs/phasen/arl_diskursphase/arl_indikatoren_diskurs/_indikatoren_diskurs/dietrichs2/fritzsche.pdf, verfügbar am 27. September 2006.

Fulton, W. et al., 2001, Who sprawls most? How growth patterns differ across the U.S.. - Washington - Online: http://www.brookings.edu/es/urban/publications/fulton.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Galster, G. et al., 2001, Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. In: Housing Policy Debate, Volume 12 (4), S. 681 - 717. - Online: http://www.fanniemaefoundation.org/programs/hpd/pdf/HPD_1204_galster.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Ghate, A., 2005, A population density and housing-unit-level approach to chracterizing urban sprawl. Montreal and Toronto - Just how dissimilar? - Online: http://www.milute.mcgill.ca/Research/Students/Ghate/Assignment%201-%20URBAN%20SPRAWL.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Giffinger, R., H. Kramar und W. Loibl, 2001, Suburbanisierung in Österreich: Ein steuerbarer Trend der Siedlungsentwicklung? In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hrsg., Stadt-Umland-Probleme und Entwicklung des großflächigen Einzelhandels in den Ländern Mittel- und Südosteuropa. - Hannover, S. 25 - 50 - auszugsweise Online: http://www.srf.tuwien.ac.at/LVA/MOE/Suburburbanisierung_oesterreich.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Glaeser, E. und M. Kahn, 2003, Sprawl and Urban Growth. (=Harvard Institute of Economic Research, Discussion Paper Nr. 2004). - Online: http://www.economics.harvard.edu/hier/2003papers/HIER2004.pdf, verfügbar am 22 Dezember 2006.

Griesser, H. und M. Redik, 2003, Die neue Planwirtschaft? Staatliche Interventionsmöglichkeiten am Beispiel der Regionalplanung Steiermark oder: Gebundene Hände - das ist das Ende. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2003. - Wien, S. 265 - 267.

Grillmayer, R. et al., 2000, Entwicklung von fernerkundungsgestützten Methoden zur Erfassung und wildökologischen Bewertung von Korridoren, insbesondere Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft, als Grundlage landschaftsplanerisch - naturschutzfachlicher Planungen. Anhang Wildökologische Korridore - Wien - Online: http://ivfl.boku.ac.at/projekte/woek/pdf/anhang.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Hanson, R. und J. Freihage, 2001, Is Maryland Growing Smart? A Growth Indicator and Reporting System for Measuring Achievement of the Goals of Maryland´s Smart Growth Policy. - Baltimore - Online: http://www.umbc.edu/mipar/PDFs/SG_indicatorsreport.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Hasse, J., 2002, Geospatial Indices of Urban Sprawl in New Jersey. - Dissertation. Rutgers Universität. - Online: http://users.rowan.edu/~hasse/dissertation/, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Hasse, J. und R. Lathrop, 2003, A Housing-Unit-Level Approach to Characterizing Residential Sprawl. - In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Volume 69, Nr. 9, S. 1021 - 1030. - Online: http://users.rowan.edu/~hasse/1021-1030.03-918.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Hebeler, F., 2002, Methoden zur objektiven Auswahl repräsentativer Untersuchungsstandorte für bodenkundliche und physiogeographische Fragestellungen mittels Geographischer Informationssysteme GIS. - Giessen, Diplomarbeit, Universität Giessen - Online: http://www.geo.unizh.ch/~fhebeler/hebeler2002_geogrthesis.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Heckl, F. et al., 2003, Grundlagen für die Umsetzung des ökosystemaren Ansatzes des „Übereinkommens über die biologische Vielfalt“. Aspekte des Schutzes und der nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt am Beispiel des österreichischen Waldes. - Wien. (= Umweltbundesamt-Berichte, Band 153).

Heiland, S. et al., 2003, Indikatoren zur Zielkonkretisierung und Erfolgskontrolle im Rahmen der Lokalen Agenda 21. Endbericht. - Online: http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2413.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Heineberg, H., 2001, Stadtgeographie. - Paderborn, München, Wien, Zürich, (=Grundriß Allgemeine Geographie).

Hess, G. et al., 2001, Just What is Sprawl, Anyway? In: Carolina Planning, Volume 26, Nr. 2, S. 11 - 26. - Online: http://www4.ncsu.edu/~grhess/papers/sprawl.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Hesse, M. und R. Kaltenbrunner, 2005, Zerrbild „Zersiedelung". Anmerkungen zum Gebrauch und zur Dekonstruktion eines Begriffs. In: DISP Band 160, S. 16 - 22. - Online: http://www.geog.fu-berlin.de/~teas/forschung/publikationen/160_2.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Hoffmann C., 2001, Gewinnung von Information über wildökologische Korridore aus Fernerkundungsdaten. - Wien, Diplomarbeit, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur. - Online: http://ivfl.boku.ac.at/Projekte/Woek_Austria/pdf/Hoffmann_DA.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Holcombe, R., 1999, In defense of urban sprawl. In: PERC Reports, Volume 17, Nr. 1, S. 3 - 5. - Online: http://www.perc.org/pdf/feb99.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Holzapfel, H., 2004, Feinde der Sackgasse. In: fairkehr, Ausgabe 4 / 2004 - Online: http://www.fairkehr.de/magframeset.html?fair_0404/titel/sackgasse.htm, verfügbar am 22 Dezember 2006.

Jaeger, J, 2000, Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. In: Landscape Ecology, Volume 15, Nr. 2, S. 115 - 130.

Jaeger, J. et al., 2006, Degree of Urban Sprawl in Switzerland. Quantitative analysis 1940-2002 and implications for regional planning. - Online: http://www.nfp54.ch/files/nxt_projects_80/09_02_2006_05_39_15-4_zersiedelung_stoppen_Kienast_e.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Jaeger, J. und R. Bertiller, 2006, Aufgaben und Grenzen von Messgrößen für die Landschaftsstruktur – das Beispiel Zersiedelung. - In: K. Tanner, M. Bürgi und T. Coch, Hrsg., Landschaftsqualitäten - Bern, Stuttgart, Wien, S. 159-184.

Jooß, R., o. D., Kurzvorstellung eines Verfahrens zur GIS-basierten Abbildung von Suchräumen für den Biotopverbund. - Online: http://www.ilpoe.uni-stuttgart.de/team/rj/Verbundraum_ILPOE.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Jooß, R., 2006, Suchräume für den Biotopverbund - ein planungsbezogenes Verfahren zur Verbundanalyse von Flächenkonfigurationen aus tierökologischer Sicht. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. - Heidelberg, S. 257 - 263.

Kaminger, I. und E. Wonka, 2004, Von einer Österreichgliederung nach Gemeinden zu Planquadraten: Statistik Austria erweitert sein regionalstatistisches Angebot. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2004. - Wien, S. 549 - 554.

Kanatschnig, D. und G. Weber, 1998, Nachhaltige Raumentwicklung in Österreich. - Wien. - Online: http://dyn.boku.ac.at/oin/_artikel/OeIN_Bd_4.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Katzfey, J, et al., 2004, Modellnetzverfahren zur Bestimmung kostentreibender Strukturmerkmale. - Online: http://www.vdn-berlin.de/fachaufsaetze_nn.asp, verfügbar am 25. September 2006.

Kent, B. et al., o. D., Sprawl development. Its patterns, consequences and measurement. - White Paper - Online: http://chesapeake.towson.edu/landscape/urbansprawl/download/Sprawl_white_paper.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Kirstein, J., 2002, Analyse und Bewertung des Naturraumpotenzials in der suburbanen Kulturlandschaft mit Methoden der Fernerkundung und GIS. - Leipzig - Online: http://www.ufz.de/data/aloe_Endbericht_Naturraumpotenziale1881.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Kleimann, R., 1999, Siedlungsstruktur und Wohnen. Teil 1: Raumtypisierungen für Baden-Württemberg. In: IAW-Wohnungsmonitor Baden-Württemberg, Ausgabe 3 / 1999. - Online: http://www.uni-tuebingen.de/iaw/womo/pdf/WoMo1999-3.pdf, verfügbar am 23. November 2006.

Knaap, G. et al., 2005, Seeing the Elephant: Multi-disciplinary Measures of Urban Sprawl. - College Park. - Online: http://www.smartgrowth.umd.edu/research/pdf/KnaapSongEwingEtAl_Elephant_022305.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung, 1992, AGENDA 21. - Rio de Janeiro. - Online: http://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf, verfügbar am 9. November 2006.

Kramer, C., 2000, Regionale Ungleichheit: wie lässt sie sich messen, darstellen und in die Sozialberichterstattung integrieren? (= ZUMA Arbeitsbericht, Nr. 2000 / 06). - Online: http://www.social-science-gesis.de/publikationen/berichte/ZUMA_Arbeitsberichte/00/00_06abs.htm, verfügbar am 15. Dezember 2006.

Krämer-Badoni, T. und G. Wilke, 1997, Ökologisch verträgliche Mobilität in Stadtregionen - Optionen und Handlungsstrategien. Städtische Automobilität zwischen Autobesitz und Autolosigkeit. - TA-Datenbank-Nachrichten, 6. Jahrgang (1997), Nummer 3,4. - Online: http://www.itas.fzk.de/deu/TADN/TADN397/schwer.htm#schwer3, verfügbar am 22. Dezember 2005.

Lang, S., 1999, Aspekte und Spezifika der nordamerikanischen landscape metrics innerhalb der Landschaftsökologie und experimentelle Untersuchungen zum Proximity Index. - Salzburg, Diplomarbeit, Universität Salzburg.

Lang, S., et al., 2002, Schritte zu einer zielgerichteten Strukturanalyse im Natura2000-Kontext mit GIS. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV, - Heidelberg, S. 302 - 307. - Online: http://www.geo.sbg.ac.at/larg/089_full.pdf, verfügbar am 19. Dezember 2006.

Lavalle C., et al., 2002, Monitoring, Planning and Forecasting Dynamics in European Areas – The Territorial approach as key to implement European policies. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2002. - Wien, S. 367 - 373.

Leser, H. ,Hrsg. , 1997, Diercke-Wörterbuch Allgemeine Geographie. Überarbeitete Neuausgabe. - Braunschweig.

Lexer, W., 2004, Zerschnitten, versiegelt, verbaut? – Flächenverbrauch und Zersiedelung versus nachhaltige Siedlungsentwicklung. - Online: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Manuskript_Gr_nStadtGrau_Download.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2005.

Lexer, W. und S. Linser, 2005, Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Qualitative Lebensraumveränderung durch Flächenverbrauch. - Online: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/presse/news2006/NNT_Flaechenverbrauch.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Lichtenberger, E., 1998, Stadtgeographie. Band 1. Begriffe, Konzepte, Modelle, Prozesse. - Stuttgart und Leipzig.

Lienau, C., 2000, Die Siedlungen des ländlichen Raumes. - Braunschweig, (= Das Geographische Seminar).

Steinicke, E. und D. Hofmann, 2004, California's High Mountain Regions as New Areas for Settlement. In: Petermanns Geographische Mitteilungen Band 148, S. 16 - 19.

Malpezzi, S., 1999, Estimates of the Measurement and Determinants of Urban Sprawl in U.S. Metropolitan Areas. - Online: http://www.bus.wisc.edu/realestate/pdf/pdf/9906a.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Mattanovich, E., 2002, Raum- und Umweltverträglichkeitsanalyse von Projekten. Vorlesungsunterlagen. - Online: http://www.landscape.tuwien.ac.at/dynamic/download/Skript_RVP_UVP_2002.pdf, verfügbar am 22. November 2006.

Mayer, A., o. D., Die Verscheußlichung des Breisgaus: Über Flächenverbrauch, Zersiedelung & Siedlungsbrei. - Online: http://vorort.bund.net/suedlicher-oberrhein/projekte/flaeche_idx.htm, verfügbar am 22. Dezember 2006.

McGarigal, K. und B. Marks, 1994, FRAGSTATS. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0. - Online: http://www.umass.edu/landeco/pubs/Fragstats.pdf, verfügbar am 1. August 2006.

McGarigal, K., 2002, Fragstats Documentation. Fragstats Metrics. .- Online: http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html, verfügbar am 1. August 2006.

Meinel, G. et al., 2000, Analyse und Visualisierung von Verstädterungsprozessen mit Hilfe von Geoinformationssystemen am Beispiel der Flächenentwicklung Dresdens. In: A. Cremers, und K. Greve, Hrsg., Umwelt-Informatik aktuell; Band 26. - Bonn, Marburg, S. 226 - 239. - Online: http://www.tu-dresden.de/ioer/ioer_publikat/ioerpub.htm, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Meinel, G., M. Winkler und C. Lavalle, 2001, Indicators for the spatial analysis of settlement and open land trends in urban areas - studies on base of five European cities over a 50-year period. In: L. Hilty und P. Gilgen, Umwelt-Informatik aktuell; Band 30 - Bonn, Marburg S.403-410. - Online: http://www.tu-dresden.de/ioer/ioer_publikat/ioerpub.htm, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Mertins, G., o. D., Städtische Entwicklung im globalen Bereich. - Online: http://www.berlin-institut.org/pdfs/Mertins_Stadtentwicklung.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Mitchell, A, 2005, The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 2: Spatial Measurements & Statistics. - Redlands.

Oesten, G., 2004, Nachhaltige Waldwirtschaft – ein Modell für nachhaltige Entwicklung?, Impulsreferat. - Online: http://www.nachhaltigkeitsrat.de/service/download/pdf/impulsvortrag_gerhard_oesten_11-02-04.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Österreichische Raumordnungskonferenz, 2002a, Österreichisches Raumentwicklungskonzept 2001 Beschluss der politischen Konferenz vom 2. April 2002 - Wien - Online: http://www.oerok.gv.at/OEREK2001/start/oerek2001_Beschlusstext.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Österreichische Raumordnungskonferenz, 2002b, Österreichisches Raumentwicklungskonzept 2001. Kurzfassung. - Wien, (= ÖROK-Schriftenreihe, Nr. 163a) - Online: http://www.oerok.gv.at/Publikationen/schriftenreihe/schriftenreihe163a.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Österreichische Raumordnungskonferenz, 2001, Empfehlung Nr. 50. - Wien, (= ÖROK-Empfehlung zur Siedlungsentwicklung. Nr. 50) - Online: http://www.oerok.gv.at/Publikationen/download/empfehlungen/oerok_empfehlung_50.pdf, verfügbar am 11. Oktober 2006.

Ottacher, C. und M. Schrenk, 2005, Räumliches Monitoring - Anwendungsmöglichkeiten und Perspektiven in der Regionalplanung am Beispiel der Region „Centrope“. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2005. - Wien, S. 507 - 511.

Pim, L. und J. Ornoy, 2005, A smart future for Ontario. How to Create Greenways and Curb Urban Sprawl in Your Community. - Toronto. - Online: http://www.ontarionature.org/enviroandcons/smart_growth/index.html, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Prinz, T., J. Strobl und E. Wonka, 2004, Flexible Aggregation regionalstatistischer Erhebungen - Produkte der Statistik Austria. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 2005, Beiträge zum 16. AGIT-Symposium Salzburg. - Heidelberg, S. 556 - 561.

Prinz, T., 2005, Endbericht zum Forschungsprojekt. Indikatoren für Raumbeobachtung und nachhaltige Raumentwicklung I – Grundlagen für die Überarbeitung des Sachprogramms Siedlungsentwicklung und Betriebsstandorte im Salzburger Zentralraum (unveröffentlicht).

Prinz, T., 2006, Arbeitsbericht zum Forschungsprojekt Entwicklung von integrativen Wohnstandort-Attraktivitätsindikatoren (unveröffentlicht).

Prinz, T., F. Dollinger und E. Wonka, 2006, Erfassung von Siedlungsräumen mit Hilfe von statistischer Rasterdaten am Beispiel Salzburgs. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2006. - Wien, S. 419 - 423.

Protheroe, A., 2006, Navteq stellt Geographic Coverage vor. In: Navteq (Hrsg.), 2006, Turningpoint. Der halbjährliche Newsletter für die Geomapping-Welt. - Bourne End, Ausgabe 10, Winter 2006, S. 5. - Online: http://www.navteq-connections.com/news/index.jsp?cid=134, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Rainer, N., 2002, Flächenverbrauch und Zersiedelung in den Gemeinden Oberösterreichs. Quantitative und qualitative Indikatoren zur Erfassung der Bebauungsstruktur und des Flächenverbrauchs. - Innsbruck, Diplomarbeit, Universität Innsbruck.

Regionalverband Tennengau, 2002, Regionalprogramm Tennengau. Kurzfassung. - Salzburg. (=Regionalplanung, heft 5) - Online: http://www.salzburg.gv.at/pdf-sir_ro_rvt_kurzfassung.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Rennhofer, E., 1994, Siedlungsstruktur im Wandel. Zersiedelung und innere Verdichtung dargestellt am Beispiel Niedersulz im Weinviertel. - Steyr, Diplomarbeit, Universität Wien.

Reul, F., 2002, Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie für den Stadtverkehr - das Beispiel Berlin. - Berlin, Dissertation, Universität Berlin. - Online: http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/reul-frithjof-2002-12-17/HTML, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Ruiz, M., 2002, Diskursive Zielanalyse und Indikatorenbildung im Rahmen stadtteilbezogener Controllingsysteme. In: Ziele und Indikatoren in der integrierten Stadtteilerneuerung Dokumentation des Workshops am 15. Juli 2002 in Dortmund. S. 4 - 15. - Online: http://www.ils-shop.nrw.de/down/ziele-indikatoren.pdf, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Schiller, G. und Siedentop, S., 2005, Infrastrukturfolgekosten der Siedlungsentwicklung unter Schrumpfungsbedingungen. In: DISP Band 160, S. 83 - 93. - Online: http://www.ioer.de/PDF/PublikPDF/schiller_siedentop_folgekosten05.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Schöpfer, E., 2001, Die Analyse der Siedlungsentwicklung südlich der Stadt Salzburg anhand multitemporaler Fernerkundungsdaten von 1953 bis 1995. - Salzburg, Diplomarbeit, Universität Salzburg.

Seidl, I., 2003, Siedlungen auf dem Vormarsch. Gefährdung der Biodiversität durch Versiegelung und Zersiedlung. In: Hot Spot. Biodiversität im Siedlungsraum. Biodiversität: Forschung und Praxis im Dialog. Informationen des Forum Biodiversität Schweiz. - Bern, Nr. 8, 2003, S. 15 - 16. - Online: http://www.biodiversity.ch/downloads, verfügbar am 21. September 2006.

Sen, A., 1998, Highways and Urban Decentralization. Final Report. - Chicago - Online: http://www.uic.edu/cuppa/utc/publications/f30.pdf, verfügbar am 17. Dezember 2006.

Siedentop, S. et al., 2002, Siedlungsstrukturelle Veränderungen im Umland der Agglomerations-räume. - Bonn (=BBR-Forschungen, Band 114) - Online: http://www.bbr.bund.de/raumordnung/download/ioer_studie_siedlung.pdf, verfügbar am 7.Dezember 2005.

Siedentop, S., 2005, Urban Sprawl - verstehen, messen, steuern. Ansatzpunkte für ein empirisches Mess- und Evaluationskonzept der urbanen Siedlungsentwicklung. In: DISP Band 160, S. 23 - 35. - Online: http://www.ioer.de/PDF/PublikPDF/siedentop_urban_sprawl05.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Song, Y. und G. Knaap, 2004, Measuring Urban Form. In: Journal of the American Planning Association. - Chicago, Volume 70, Nr. 2, S 210 - 225. - Online: http://www.planning.org/japa/pdf/JAPAsong.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Squires, G., Hrsg., 2002, Urban Sprawl. Causes, Consequences & Policy Responses. - Washington. - auszugsweise Online: http://www.urban.org/pubs/UrbanSprawl, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Statistik Austria, Hrsg., 2004, Volkszählung 2001. Berufspendler. - Wien.

Statistik Austria, Hrsg., 2006, Statistisches Jahrbuch Österreichs 2006. - Wien.

Steinnocher, K. und T. Tötzer, 2001, Analyse von Siedlungsdynamik durch Verknüpfung von Fernerkundungs- und demographischen Daten. In: Umweltbundesamt, Hrsg., Versiegelt Österreich? Der Flächenverbrauch und seine Eignung als Indikator für Umweltbeeinträchtigungen. - Wien, S. 39 - 47. - Online: http://systemforschung.arcs.ac.at/su/Umweltplanung-dt/Publications/pdf/UBA%2001.pdf, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Steinnocher, K. et al., 2001, Beobachtung von Stadtentwicklung mit Fernerkundung. Applikationen und Innovationen. In: Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Volume 89, 3, S 145 - 148. - Online: http://systemforschung.arcs.ac.at/su/Umweltplanung-dt/Publications/pdf/VGI%2001.pdf, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Steinnocher, K. und M. Köstl, 2002, Verdichtung oder Zersiedelung? Eine Analyse des Flächenverbrauchs im Umland von Wien. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2002. - Wien, S. 193 - 200.

Steinnocher, K., G. Knötig und M. Köstl, 2004, Untersuchung der Siedlungsentwicklung in Relation zu Flächenverbrauch und Haushaltsentwicklung im Oberösterreichischen Zentralraum. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2004. - Wien, S. 695 - 700.

Steinnocher, K. et al., 2005, Spatial planning indicators - the geoland approach. In: M. Schrenk, Hrsg., Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP 2005. - Wien, S. 185 - 191.

Steinnocher, K. et al., 2005b, Räumliche Disaggregation von sozio-ökonomischen Daten. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 2005, Beiträge zum 17. AGIT-Symposium Salzburg. - Heidelberg, S. 702 - 707.

Steinnocher K., F. Kressler und M. Köstl, 2000, Erstellung einer Siedlungsmaske aus Fernerkundungsdaten und Integration zusätzlicher Information aus Zensusdaten. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000. - Heidelberg, S. 481 - 488.

Steinnocher, K. et al., 2006, Schätzung der lokalen Bevölkerungsdichte in Stadtgebieten - eine Fallstudie aus Daejon, Korea. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 2006, Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. - Heidelberg, S. 633 - 638.

Sudhira, H., T. Ramachandra und K. Jagadish, 2003, Urban sprawl pattern recognition and modelling using GIS. In: Map India Conference 2003 - online: http://www.gisdevelopment.net/application/urban/sprawl/pdf/142.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Sudhira, H., T. Ramachandra und K. Jagadish, 2004, Urban Sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. In: International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. - Enschede, 5 / 2004, S. 29 - 39.

Syrbe, R., 2004, Buffer metrics. In: Walz, U. et al., Hrsg., Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung. (=IÖR-Schriften, Band 43), S. 65 - 78.

Tappeiner, G. et al., 2002, Heimwert. Ökologisch-ökonomische Bewertung von Siedlungsformen. - Wien (= Berichte aus Energie und Umweltforschung Reihe 25, 2) Online: http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/endbericht_tappeiner_2502.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

Thinh, N., 2003, Contemporary Spatial Analysis and Simulation of the Settlement Development of the Dresden City Region. In: A. Gnauck und R. Heinrich, The Information Society and Enlargement of the European Union. 17th International Conference Informatics for Environmental Protection. Cottbus 2003. Part 1: Concepts and Methods. - Marburg, (= Umwelt-Informatik aktuell, Band31), S. 253 - 261 - Online: http://www2.ioer.de/recherche/pdf/2003_thinh_cottbus.pdf, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Torrens, P. und M. Alberti, 2000, Measuring Sprawl. - London (= CASA Working Paper, Nr. 27) - Online: http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper27.pdf, verfügbar am 22. Dezember 2006.

VCÖ, Hrsg., 2005, In Österreich werden täglich 340 Millionen Kilometer gefahren! factsheet. - Wien (= Verkehr-Aktuell 1 / 2006) - Online: http://www.vcoe.at/publikationen/factsheets/VCOeFactsheetRaumordnung.pdf, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Walz, U., 1998, Ableitung von Indikatoren zur Landschaftsstruktur aus Fernerkundungsdaten und anderen Flächeninformationssystemen. In: J. Strobl, und F. Dollinger, Hrsg., Angewandte Geographische Informationsverarbeitung X, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1998. - Heidelberg, S. 403 - 409.

Walz, U. und A. Berger, 2004, Landschaftsmaße für eine Langzeituntersuchung von Flächennutzungsänderungen in Ostsachsen. In: Walz, U. et al., Hrsg., Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung. (=IÖR-Schriften, Band 43), S. 255 - 242.

Weichhart, P., 2006, Einführung in die empirische Sozialforschung für Geographen. Modul 02/01. Methodische Konzepte und Grundregeln der sozialwissenschaftlichen Datenerhebung. - Vorlesungsmaterialien. - Online: http://homepage.univie.ac.at/peter.weichhart/LVs/EESf/EESG0201.ppt, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Wellie, O. et al., 1999, Explorative räumliche Datenanalyse im Rahmen der Teilstudie München des Nationalen Verbundprojektes "Asthma und Allergien im Kindes- und Jugendalter". In: geoinformatik_online. - Münster, 1/99 - Online: http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg99_1/wellie/asthma_gio.htm, verfügbar am 23. Dezember 2006.

Wiedemann, U., 1998, Elemente für Ziele und Leitbilder der Stadtentwicklung in einer Zeit des Umbruchs: eine Tagung der Friedrich-Ebert-Stiftung am 08. Oktober 1997 in Mannheim. - Bonn, (= Wirtschaftspolitische Diskurse, 107) - Online: http://library.fes.de/fulltext/fo-wirtschaft/00378toc.htm, verfügbar am 7.Dezember 2005.

Wolman, H. et al., 2002, Measuring Sprawl: Problems and solutions. - Baltimore - Online: http://www.culma.wayne.edu/pubs/galster/Sprawl_ACSP_paper10-02.pdf, verfügbar am 7. Mai 2006.

Wonka, E., 2006, Regionalstatistik in Österreich. Von der Tabelle zu räumlicher Analyse und Visualisierung. - Salzburg und Wien. (=Salzburger geographische Arbeiten, Band 39).

Wonka, E. et al., 2006b, Dauersiedlungsraum auf der Basis von geographischen Rastereinheiten als Grundkarte für regionalstatistische Kartendarstellungen. In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner, Hrsg., Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. - Heidelberg, S. 767 - 772.

Zucha, V. et al., 2005, Wohnzufriedenheit und Wohnqualität in Wien. Eine Sonderauswertung von „Leben und Lebensqualität in Wien II“. - Wien - Online: http://www.sora.at/images/doku/SORA_Wohnen_2006.pdf, verfügbar am 7. Dezember 2006.